

Masterarbeit

Eigenschaften und Verwendung des Holzes des Götterbaums (*Ailanthus altissima*)

Visuelle Bewertung von Götterbaum im Vergleich zu
fünf ringporigen Holzarten

Daniel Berki

01.04.2014

**Verfasst an der Universität für Bodenkultur Wien,
Institut für Holztechnologie und nachwachsende Rohstoffe**

Betreuung: Prof. Dr. Alfred Teischinger

Co-Betreuung: Priv. Doz. Dr. Ulrich Müller

**Technische Universität München,
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt**

Zweitbetreuer: Prof. Dr. Cordt Zollfrank

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iii
Abstract.....	iv
Vorwort	v
1. Einleitung.....	1
2. Thematischer Hintergrund	3
2.1 Abstammung, Einfuhr, Geschichte, Nutzung.....	3
2.2 Kennzeichen, Morphologie, Standortbedingungen und Lebenszyklus	6
2.3 Bedenken hinsichtlich Ökologie, Naturschutz und wirtschaftliche Auswirkungen.....	10
2.4 Physikalische, mechanische Eigenschaften des Holzes	12
2.5 Hypothesen.....	15
2.6 Testansätze	16
3. Material und Methoden	17
3.1 Der Versuch – visuelle Evaluierung.....	17
3.2 Auswahl der Holzarten	19
3.3 Messtechniken	20
3.3.1 Texturbehebung.....	20
3.3.2 Farbmessung	21
3.3.3 UV-Bestrahlung	24
3.3.4 Probandenauswahl	24
4. Ergebnisse	26
4.1 Physikalische Messungen der Farbwerte.....	26
4.2 Auswertung der Ergebnisse der Evaluierung durch Probandengruppen ...	29
4.2.1 Evaluierung der Texturen.....	30
4.2.2 Evaluierung der Farben	36
4.2.3 Evaluierung der Holzproben	47
4.2.4 Evaluierung der Referenzuntersuchung.....	57

5. Diskussion.....	60
5.1 Visuelle Eigenschaften	60
5.1.1 Farbmessung	60
5.1.2 Farbevaluierung	61
5.1.3 Texturevaluierung	61
5.1.4 Evaluierung der Holzproben	62
5.1.5 Evaluierung der Referenzuntersuchung.....	62
5.2 Wirkung der Farbänderung auf die Wahrnehmung	62
5.2.1 Laien vs. Holzexperten	63
5.2.2 Frauen vs. Männer.....	64
6. Schlussfolgerungen und Ausblick	65
7. Anhang	67
7.1 Tabellen.....	67
7.2 Grafiken.....	69
7.2.1 Ausgewählte Grafiken – Vergleiche einzelner Holzproben	69
7.2.2 Textur – Vergleich nach Probandengruppen	70
7.2.3 Farbe – Vergleich nach Probandengruppen	73
7.2.4 Holz – Vergleich nach Probandengruppen	79
7.2.5 Referenz – Vergleich nach Probandengruppen.....	85
8. Literaturverzeichnis:.....	87
8.1 Quellen aus dem Internet:	88

Zusammenfassung

Im Fokus der vorliegenden Arbeit liegt der Versuch den Ansatz für eine alternative Verwertungsmöglichkeit für das Holz des Götterbaums im Bereich der Holztechnologie zu untersuchen. Es wird der ästhetische Aspekt betrachtet und dafür Probenstücke des invasiven Neophyten mit fünf weiteren ringporigen Holzarten Esche (*Fraxinus excelsior*), Ulme (*Ulmus glabra*), Eiche (*Quercus robur*), Kastanie (*Castanea sativa*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*) verglichen. Die absoluten Farben im CIE-L*a*b*-Spektrum und die Texturen im Grauton, sowie die Probenstücke selbst werden zwei Gruppen von Probanden vorgeführt, Holzspezialisten und Laien beurteilen ganz intuitiv je nach eigenem Empfinden auf einer Skala. Der Versuch wird nach einer UV-Bestrahlung der Holzproben wiederholt und die Bewertung nach den Kriterien „kalt/warm“, „künstlich/natürlich“, „eher unangenehm/angenehm“ durchgeführt. Es wird die Ähnlichkeit des Holzes von Götterbaum zu dem der Esche durch eine Referenzprobe ermittelt, um zu bestätigen, dass die visuellen Eigenschaften der beiden Holzarten nur geringe Abweichungen aufweisen, und damit die neue Nutzungsmöglichkeiten in Frage kommen können.

Keywords: Holz, visuelle Interaktion, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus* sp., Esche, Götterbaum, Holzfarbe, Holztextur, UV-Bestrahlung, ringporig

Abstract

In the focus of the present work is an attempt to approach for an alternative utilization option for the timber of tree of heaven to investigate in woodtechnology. Regarding the aesthetic aspect, specimen of this invasive neophyte are compared to five other ringporous woodspecies ash (*Fraxinus excelsior*), elm (*Ulmus glabra*), oak (*Quercus robur*), chestnut (*Castanea sativa*) and locust (*Robinia pseudoacacia*). The absolute colours in the CIE-L*a*b*-spectrum and the textures in monochrome, as well as the samples them selves are demonstrated two groups of experimentees, woodexperts and laymen evaluate intuitively after their first impression on unlabeled scales. The experiment is repeated after a UV-irradiation of the specimen and the evaluation carried out after the three criteria „cold-warm“, „artificial-natural“ and „rather unpleasant-pleasant“. The similarity of the timber of tree of heaven and ash is examined with a referencesample, to prove that the visual properties of the two species show just low deviation and therefore new utilization options might be possible.

Keywords: wood, visual interaction, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus* sp., ash, tree of heaven, woodcolour, woodtexture, UV-irradiation, ringporous

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Holztechnologie und nachwachsende Rohstoffe der Universität für Bodenkultur Wien verfasst. Das Thema weckte mein Interesse vom ersten Augenblick an, da der Werkstoff Holz zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten offenbart und das Spektrum des Erforschbaren dadurch unglaublich breit gestaltet ist.

Hiermit möchte ich mich für die fortlaufende Unterstützung bei meiner Familie, bei Győri Tibor meinem ehemaligen Konsulenten, der mir wie immer mit gutem Rat beiseite stand, bei den Probanden, Kollegen und Freunden die für die umständliche Bewertung Zeit investieren konnten, sowie für die kompetente Betreuung bei den universitären Personen bedanken:

Prof. Dr. Alfred Teischinger

Dr. Ulrich Müller

Prof. Dr. Cordt Zollfrank

Johannes Wallisch

Tillmann Meints

Robert Stingl

1. Einleitung

Die vorliegende Master-Arbeit beschäftigt sich mit dem Götterbaum (*Ailanthus altissima*), wobei grundsätzlich im Fokus die Ähnlichkeit dessen Holzes zu dem der Esche (*Fraxinus sp.*) steht. Somit möchte ich mit Hilfe von Evaluierungen mehrerer Probandengruppen den Effekt der Holzart auf deren visuelle Wahrnehmung untersuchen, und unter Betracht verschiedener Aspekte einen Vergleich zu ähnlichen ring-porigen Hölzern aufstellen, um damit einen Beitrag zur Erforschung der Nutzungsmöglichkeiten des *Ailanthus* leisten zu können.



Abb. 1.1.: *Ailanthus altissima* – Götterbaum (Foto: flickr.com)

Die Übersetzung der oben genannten Baumart hat in verschiedenen Sprachgebieten dieselbe Bedeutung, wie auch im Deutschen. Der Ausdruck „*bálványfa*“ aus dem Ungarischen heißt dasselbe, in Indonesien wird er „Ailanto - Baum des Himmels“ genannt (Hecker, 2001), in China lautet einer der Namen „*ch'un-shu* – Frühlingsbaum“ (Hu, 1979), in den USA ist er aber auch bekannt unter dem Slang-Namen „Ghettopalm“ und hat sogar einen Ehrenplatz in der Novelle „A tree grows in Brooklyn“ von Betty Smith (1943) eingenommen. Kurz und bündig schreibt sie: „*Er wächst üppig...benötigt keine Sonne, kein Wasser und anscheinend auch keine Erde zum Überleben. Man würde ihn als wunderschön betrachten, nur, dass es zu viele von ihm sind.*“ (Shah, 1997) Aufgrund seines eigenartigen Geruchs und der Ähnlichkeit zu *Rhus verniciflua*, wird *Ailanthus* oft auch fälschlicherweise mit dem „Essigbaum“ verwechselt.

In Anbetracht seiner relativ kurzen Geschichte, abseits seiner Heimat, erhält der Götterbaum doch eine Menge Aufmerksamkeit, allerdings zumeist nicht im positiven Sinne, auch wenn er durch die verschiedenen majestätischen Benennungen dazu prädestiniert zu sein scheint. Es gilt zu beachten, dass es sich um eine Adventivart handelt, einen Neophyt, der vor etwas mehr als zwei Jahrhunderten nach Europa eingeschleppt wurde. Der Name Götterbaum bezieht sich auf die ausgesprochen rasche Wuchsgeschwindigkeit und Vermehrung der Baumart, sowohl vegetativ als auch generativ. Was in der Vergangenheit als Grund für die Pflanzung diente, wird heutzutage als eher ungünstige Eigenschaft angesehen, da die Pflanze die verschiedensten Standorte besiedelt, sich dem entsprechend auch schnell verbreitet, und dadurch heimische Arten verdrängt. Das bereitet Natur- und Umweltschutz die größten Sorgen, vor allem, dass der Vorgang nicht aufzuhalten ist, da die klimatischen Bedingungen in Europa den Vorhersagen nach demnächst keine Einschränkungen für die Ausbreitung von *Ailanthus* bieten.

Somit sind die Entscheidungsmöglichkeiten gegeben, den Baum auf die schwarze Liste zu setzen, wie es seit 2000 in Ungarn der Fall ist, wo man das Problem der Wucherung durch intensive Bekämpfung der Individuen versucht zu beheben (Bartha, 2000). Andererseits zeigen Pilotstudien, wie jenes in Eisenstadt, wo die invasive Unterwanderung rund 20 Jahre lang beobachtet wurde und trotz massiver Eingriffe, die Verbreitung nicht angehalten werden konnte (Brandner, 2010), dass es durchaus sinnvoll ist Überlegungen zur Nutzung des Holzes zu initiieren.

Meine Motivation war es zur Lösung dieser Problematik beitragen zu können, daher möchte ich mittels meiner Arbeit die Frage beantworten, ob *Ailanthus* der visuellen Interaktion nach, qualitativ mit Esche vergleichbar ist, und ob das Holz ein mögliches Substitut darstellen könnte.

2. Thematischer Hintergrund

Dieses Kapitel möchte ich der Beschreibung des Götterbaums in Anlehnung an diverse Literaturquellen widmen. Es wird über Herkunft, Geschichte und Nutzung hinweg bis zu gegenwärtigen Konflikten und den wichtigsten Eigenschaften berichtet.

2.1 Abstammung, Einfuhr, Geschichte, Nutzung

Pflanzen die durch direkte oder indirekte anthropogene Einflüsse neue geografische Gebiete erobern nennt man im Gegensatz zu den einheimischen (indigenen) Pflanzen, Adventivarten. Diese haben die Möglichkeit sich leicht zu verbreiten, da relativ selten die natürlichen Fraßfeinde mittransportiert werden, somit besteht ein Konkurrenzvorteil gegenüber heimischer Arten. Je nachdem wie lange die Florenvermischung her ist, lässt sich die Pflanze als Archäophyt (bis Ende des 15. Jahrhunderts) oder Neophyt kategorisieren (Wilmanns 1998, Frey, 2010).

Im Fall des Götterbaums trifft letzteres zu, da der Baum laut chinesischer Literatur seine Heimat am unteren Verlauf des Jangce und in Korea hat. Die traditionelle Nutzung des Baumes deckte ein breites Spektrum, wie Bauholz, Brennholz und auch in der volkstümlichen Medizin erkannte man seine Bedeutung. Ailanthus wurde auch als Weide für Seideraupen genutzt und auch für die Honigproduktion war er wertvoll, obwohl der Honig einen signifikanten Geruch erhielt (Kowarik, 2007; Hu, 1979).

Den Quellen zu folge wurde er um 1740 herum zum ersten Mal als Keimling aus dem Norden Chinas, nach Paris eingeführt, den Transport ermöglichte damals die sibirische Eisenbahn (Hecker, 2001, Udvardy, 2004). Eine frühere Dokumentation beschreibt das erste Auftreten sei im Jahr 1751 in London gewesen (Hecker, 2001), als ein Keimling aus Nanjing, gesendet in Briefform vom französisch-jesuitischen Priester Pierre Nicholas d'Incarville eingetroffen ist (Shah, 1997). Im Weiteren wird allerdings bestätigt, dass im Jahr 1875 in Paris Götterbaum als Ersatz von Platanen genutzt wurde. Parallel mit dem Auftauchen des Ailanthus, lebte die Gartenkunstgeschichte die Ära, in der man versuchte mehr oder weniger ein Stück der chinesischen Kultur in den Garten zu schmuggeln, was die Nachfrage erheblich erhöhte (Shah, 1997). Zusätzlich wurde er Dank seiner dekorativen Laubkrone, seiner verblüffenden Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen und Schadstoffen (Shah, 1997)

schließlich außer Frankreich auch in Italien als Parkbaum angebaut (Udvardy, 2004).

Als der Götterbaum von William Hamilton, womöglich durch eine Verwechslung mit *Rhus verniciflua*, mit ähnlichen „Raritäten“ wie *Ginkgo biloba*, wegen derer kulturellen Relevanz, ungefähr 30 Jahre später nach Philadelphia versandt wurde, und somit auch in Nordamerika eintraf, begann seine globale Verbreitung seinen Lauf zu nehmen (Shah, 1997). Hier war ebenfalls sein rascher Wachstum, die Schadstoffresistenz ausschlaggebend, um in sonnigen Parks Schatten zu gewährleisten und um auf kargen Wuchsbedingungen seinen Beitrag als günstige Begrünung zu leisten. Als Schutz gegen Abrasion und Erosion auf sandigen, trockenen, sowie lössigen Böden ist diese resistente Baumart auch eingesetzt worden (Shah, 1997). Aufzeichnungen besagen, dass er auf steilen Hängen als Windschutz angewandt wurde, und langsam begann man auch im mediterranen Raum trockene Flächen mit dem Götterbaum zu schützen (damaliges Jugoslawien, Süd-Ost Europa). In der damaligen Sowjetunion erfüllte *Ailanthus* vor allem seine Funktion als Alleebaum und zur Bepflanzung von Industriegebieten. Bald entdeckte man den hohen Zellulosegehalt des Holzes und es kam zum Anbau von Plantagen von Südamerika, über Neuseeland sogar bis nach Österreich. Im Jahr 1856 wird berichtet, in Südtirol habe man in einem natürlichen Wald einen reichlich wachsenden Bestand entdeckt (Soó – Jávorka, 1951), ein Jahrhundert darauf wurde im ungarischen Flachland die Akklimatisierung des Baumes gemeldet. Somit kam es dazu, dass sich das synanthrope Areal des Götterbaums über fünf Kontinente, vorwiegend in der gemäßigten bis zur mediterran klimatischen Zone ausweiten konnte, wie es aus Abbildung 1.1 ersichtlich ist (Udvardy, 2004).

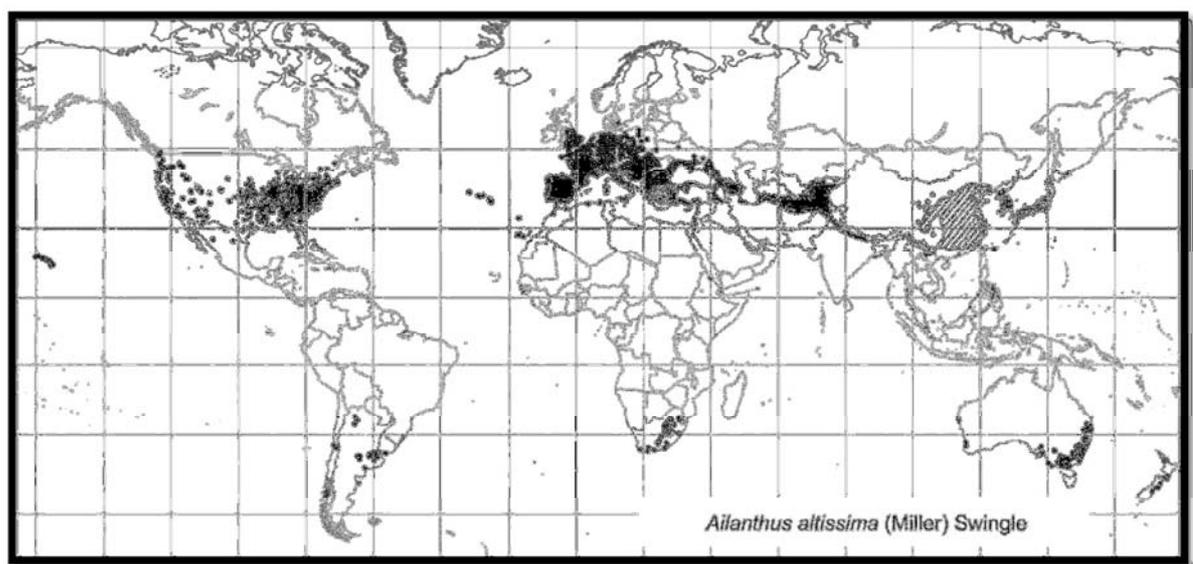


Abb. 2.1.: Verbreitung von *Ailanthus altissima* seit 1740 und Herkunft (gestreiftes Areal), E. J. Jäger, E. Welker, AG Chorologie, Institut für Biologie Halle/Saale, (Kowarik, 2007)

Mitte des 19. Jahrhunderts begann man in Amerika schließlich das wahre Gesicht des Götterbaums zu erkennen, was man direkt auch mit kulturellen Uneinigkeiten gegenüber China verkoppelte. Die große Anzahl der Auswüchse wurde als verheerend bezeichnet, sowie der bereits erwähnte eigenartige Geruch sogar als krankheitserregend. Ein knappes Jahrhundert nachdem der erste Keimling nach Amerika kam, begann auch schon der Konflikt, der bis heute anhält. Der Baum wurde aus verschiedenen Ortschaften verbannt, und man griff wieder zielbewusst auf heimische Baumarten zurück. Der Versuch *Ailanthus* am Ende des 19. Jahrhunderts in die Holzindustrie zu integrieren scheiterte aus ungeklärten Gründen und somit verlor er in den Vereinigten Staaten ganz an Bedeutung (Shah, 1997).

Im Gegensatz zur amerikanischen Vorgeschichte möchte ich allerdings auf alternative Nutzungsmöglichkeiten hinweisen, die Dank dem technischen Fortschritt derzeit als wichtige Einflussfaktoren, hinsichtlich der Relevanz dieser Baumart, nennenswert sind. In Shanghai griff man auf die altbewehrte chinesische Volksmedizin zurück, und erforschte im Verlauf einer pharmakologischen Studie die Komponenten des *Ailanthus*, die erklären sollen, wie bestimmte Extrakte gegen Durchfall Hilfe bieten, und zur Blutgerinnung beitragen können. Es zeigte sich, dass der Baum mehrere sehr seltene zytotoxische tetrazyklische Triterpenoide enthält. Schon früher wurde auch über Quassinoide in der Borke des Götterbaums berichtet, die grundsätzlich ein Wahrzeichen der Familie der Simaroubaceae sind, und denen man diverse biologische Aktivitäten nachwies (Hong, 2012). Unter Anderem zählen Antitumor, Antimalaria- und Antituberkulosewirkungen zu den nennenswerten Effekten dieser Stoffe. In Korea wurde auch eine Reihe von Testversuchen an verschiedenen indogenen Pflanzenarten durchgeführt, wo man die fusionshemmende Wirkung gegenüber dem HIV-1 Virus erforschte. Die Extrakte von *Ailanthus* erwiesen sich am erfolgreichsten mit einem Ergebnis um die 74% (Chang, 2003). Um die chemische Nutzung zu vervollständigen, muss man auch die Möglichkeit erwähnen gewisse Toxine des Holzes zur Herstellung natürlicher Herbizide heranzuziehen (Udvardy, 2004).

Die Erkenntnisse aus Sofia (Bulgarien) besagen, dass Versuchen zu Folge das Holz des Götterbaums auch zur Papierherstellung sehr gut geeignet ist

(Panayotov, 2011). Einer ähnlichen Studie aus Portugal nach erwies sich im Vergleich zu *Eukalyptus globulosa*, dass die Zusammensetzung von Götterbaum den Bedingungen zur Papierproduktion zwar entspricht, jedoch ein qualitativ eher schwaches Produkt hergestellt werden kann. Die Fasern sind länger, breiter und die Zellwand ist ebenfalls stärker, wodurch es allerdings dem fertigen Papier an Festigkeit fehlt. Der relativ geringe Gehalt an Xylan steigert diesen Effekt, verleiht dem Endprodukt allerdings einen reineren Weißton. Überraschenderweise ergibt die Mischung der beiden Holzarten (50:50) ein vergleichbar gutes Papier, wie das aus reinem Eukalyptus. Daher die Konklusion, dass Ailanthus zum Teil als Alternative gegenüber der Abhängigkeit von anderen Arten betrachtet werden kann (Ferreira, 2013).

Die Möbelfertigung und die Nutzung von Ailanthus als Bauholz ist der dritte, und in Anlehnung meiner Arbeit der wichtigste Aspekt, das ich im Folgenden auch behandeln werde. Festzulegen ist, dass kontrollierte Feldversuche in Bulgarien zu Folge schnell wachsendes, qualitativ hochwertiges Holz zum Ergebnis hatten, das noch dazu von guten physikalischen und mechanischen Eigenschaften geprägt wird. Die Empfehlung der Fachleute ist es demnach weitere Versuchsfelder unter diversen klimatischen Bedingungen und strenger Kontrolle anzubauen, um mittels Vergleiche präzise Aussagen treffen zu können (Panayotov, 2011). Dadurch könnte auch die Tatsache, dass der Götterbaum in der ursprünglichen Heimat als zweitwichtigstes Nutzholz gilt an Priorität gewinnen. In China wird er als wesentlicher Rohstoff sowohl der Wertholzproduktion als auch im Energieholzsektor gewertet (Brandner, 2010).

Diesen Überlegungen nach wird befürwortet, dass die Möglichkeit besteht den Götterbaum für die Holzernte und die industrielle Nutzung auch in Europa zu nutzen. Die nachfolgenden Kapitel sollen diese Ansicht unterstützen, allerdings beschäftige ich mich im Weiteren auch kurz mit dem Ökologischen Aspekt.

2.2 Kennzeichen, Morphologie, Standortbedingungen und Lebenszyklus

Der Götterbaum, der seiner Taxonomie zu Folge zur Familie der *Simaroubaceae* gezählt wird, gehört laut Raunkiaer zur Lebensform der hohen Bäume, somit wird er mit dem Zeichen „MM“ versehen (Udvardy, 2004). Der sommergrüne Baum hat meist eine langschaftige Form und erreicht durchschnittlich eine Höhe von 20-25 m (Hecker, 2001). Schriftliche Quellen besagen, das höchste Individuum

wurde um 1936 herum in Bonn mit einer Höhe von 30 m und einem Brusthöhendurchmesser von 1,27 m gemessen (Kowarik, 2007). Das Durchschnittsalter liegt zwischen 130 und 150 Jahren, so wie es im vorigen Beispiel der Fall war. Aus ungeklärten Gründen wird allerdings oft das Sterben von 30-50 jährigen Individuen vermerkt (Udvardy, 2004).

Generell verzweigt der Stamm nur mäßig, dieses Verhalten ist aber auch vom Standort abhängig. Auf sandigem Boden, in einem relativ geschlossenen Bestand sieht der Götterbaum aus wie beschrieben, in trockener urbaner Umgebung, und als Alleebaum ändert sich sein Habitus indem die Verzweigungen schon in geringerer Höhe beginnen (Udvardy, 2004).



Abb. 2.2.: *Ailanthus altissima* – Habitus (Foto: wikimedia.com)

Seine Borke ist hell längsstreifig gemustert, flachgerippt und wirkt fast glatt (Hecker, 2001). Es entsteht zu meist eine irreguläre Laubkrone, dessen Blätter unpaarig gefiedert bis zu 1 m lang werden können. Durch die länglichen, spitzen ganzrandigen Fiederchen ähnelt der Baum dem schon erwähnten *Rhus sp.* Der eigenartige Geruch, den mikroskopische Drüsenhärcchen verbreiten (Udvardy, 2004), sowie die unscheinbaren zwittrigen oder eingeschlechtigen Blüten lassen aber keine Zweifel zu. Die Blütezeit ist zwischen Juni und Juli, die Fruchtreife der

geflügelten Nussfrüchtchen dauert dann von September bis Oktober (Hecker, 2001).

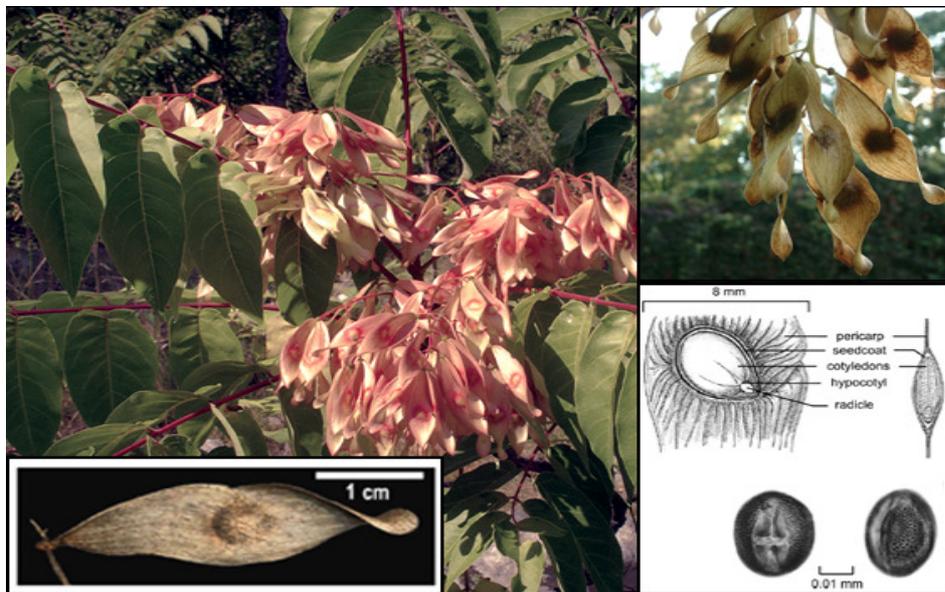


Abb. 2.3.: Blätter, unpaarig gefiedert (13-25 Fiederchen) und Früchte (Foto: flickr.com); Ringsum geflügelte Nussfrucht - (Kowarik, 2007)

In den Anfangsjahren wächst Ailanthus bis zu 3 m pro Jahr, die Wuchseistung erreicht im fünften Jahr sein Maximum (Panayotov, 2011). Neben der reichen Fruchtbildung ist eine seiner wichtigsten Eigenschaften die starke Auswuchsbildung, die für die vegetative Vermehrung zuständig ist. Die ringsum geflügelten Nussfrüchtchen können sich auch ohne Wind einfach weit verbreiten, somit ist die Bestandsgründung ein schneller Verlauf. Um günstige Ergebnisse zu erreichen, müssen gewisse standortbezogene Ansprüche erfüllt werden.

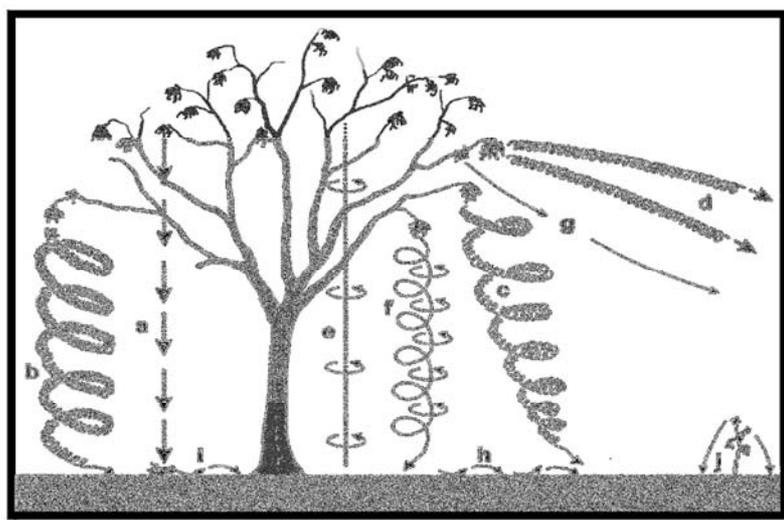


Abb 2.4.: Generative und vegetative Vermehrung (Kowarik, 2007)

Der Götterbaum ist licht- und wärmebedürftig, gedeiht am besten auf steinigen, basenreichen, oft kalkhaltigen Böden. Der Baum verträgt keine anhaltende Feuchte, der Untergrund muss daher gut drainiert sein. Im Optimalfall, wie in seinem Herkunftsareal kann er in Regionen bis zu 1500-1800 m Höhe vorkommen und widersteht sogar Temperaturen bis zu -35 °C. Man vermerkt eine aggressive Verbreitung in Mittel-Europa, speziell auf dem Flachland oder in Hügellandschaften, wenn keine abiotischen beziehungsweise biotischen Grenzen vorzufinden sind. Beispielsweise eine Mitteltemperatur von ungefähr 9 °C, oder starke Verschattung können dem starken Wachstum Einhalt gewähren. Da der Baum vorzugsweise im urbanen Bereich angebaut wurde, ist seine Verbreitung in diesen Gebieten konzentriert. *Ailanthus* verankert sich häufig in Spalten, wenn Licht, Wärme und genügend Feuchtigkeit vorhanden sind, sieht man den Baum aus Wänden, Gehsteigen oder zwischen Bauschutt gedeihen. Außerhalb der städtischen Umgebung verhält sich die Art als Pionier, besiedelt ungenutzte Gruben und unterwandert Wälder, deren Laubkronen nicht zu dicht verwachsen sind (Udvardy, 2004).



Abb. 2.5.: Besiedelte Standorte zeigen die Anspruchslosigkeit und Resistenz des „Ghetto Palm“ (google.com)

2.3 Bedenken hinsichtlich Ökologie, Naturschutz und wirtschaftliche Auswirkungen

In diesem Kapitel möchte ich auf Konflikte verweisen, die durch *Ailanthus* verursacht werden und dadurch auch ein starkes Misstrauen im Menschen dem Baum gegenüber bilden.

Beim Götterbaum handelt es sich um eine Adventivpflanze, die laut Definition als invasiv eingestuft wird. Voraussetzungen dafür sind ökologische, wirtschaftliche oder gesundheitliche Schäden (Frey, 2010), die durch die Pflanze verursacht werden. In diesem Fall werden die ersten zwei der genannten Kriterien in Erwägung gezogen, da keine hinreichenden Beweise bekannt sind, die eine negative Auswirkung auf die Gesundheit bestätigen. In den Jahren als die Baumart in Amerika aus den ersten Städten verbannt wurde, wurden Gerüchte verbreitet um die Beliebtheit des Götterbaums zu untergraben (Shah, 1997). Zu erwähnen ist ein Vorfall aus Sardinien, wo 54 Patienten aufgrund einer allergischen Reaktion behandelt wurden, nicht bestätigt wurde jedoch der Einfluss von *Ailanthus*, aber die Möglichkeit einer Kreuzreaktion wird nicht ausgeschlossen (Kowarik, 2007).

Der Einfluss auf ökosystemare Gegebenheiten liegt allerdings eindeutig vor, und es ist auch möglich diesen aus wirtschaftlichem Blickwinkel zu bewerten. Wie bei jeder Pflanze wird der erste Eingriff auf die unmittelbare Umgebung durch die Evapotranspiration gesteuert, die das Mikroklima beeinflusst. Die verschiedenen Verdunstungseigenschaften der Arten beziehungsweise der einzelnen Individuen ist hierbei ausschlaggebend (Frey, 2010).

Die wichtigsten Faktoren mit den größten Wirkungen auf die standörtliche Umgebung sind allerdings die interspezifische Konkurrenz und Allelopathie des Götterbaums, was grundsätzlich den Ausstoß von potentiell keimungshemmenden Stoffen gegenüber anderen Pflanzen bedeutet (Kowarik, 2007). Gegen Ende des 20. Jahrhunderts berichtet eine Studie von Mergen (1984), dass die Sukzession in *Ailanthus*-beständen nur sehr langsam verläuft, und auch nach Ablauf einer langen Zeitspanne bleibt die Vegetation sichtbar arm. Daraufhin führte man Versuche durch, wo verletzte Pflanzenteile mit dem hydrolysierten Blattextrakt von *Ailanthus* behandelt wurden, woraufhin beinahe alle Proben ein schnelles Welken begannen. Als einzige Ausnahme erwies sich *Fraxinus americana* (Weiß-Esche) der den Wirkstoffen gegenüber resistent bleiben konnte (Udvardy, 2004). Diese allelopathische Wirkung ist aber nicht

selten in der Natur und kann auch beispielsweise bei *Juglans regia* (Walnuss) beobachtet werden.

Eine weitere Studie, die sich mit den Inhaltsstoffen des Götterbaums beschäftigt, zeigt ebenfalls eine beinahe 100 prozentige Mortalitätsrate, als im Laufe eines Feldversuchs eine ausgewählte Fläche im Gewächshaus auf pre- bzw. postemergente Weise mit dem Extrakt der Wurzelrinde berieselt wurde.

Da *Ailanthus* in Europa keine natürlichen Feinde hat, ist diese aggressive, invasive Verbreitung der ausschlaggebende Grund, weshalb die positiven Eigenschaften dieser Baumart außer Sicht geraten. Aus Sicht des Naturschutzes wird mit dem Götterbaum eine stark degradierende Wirkung vermerkt. Im Anfangsstadium werden die infizierten Bestände durch die allelopathische Wirkung stark beeinflusst, im Weiteren resultiert aus der ständig intensiver werdenden Verschattung eine wachsende Zurückdrängung der ursprünglichen Pflanzenarten. Aufgrund der massereich abgeworfenen Laubmengen, wird bei der Zersetzung eine Stickstoffanreicherung im Boden verursacht, was durch Erscheinen nitrofiler Arten gekennzeichnet wird. Die wichtigste Aussage für Naturschutz in diesem Fall ist, dass eine Unterwanderung, wie soeben geschildert, verheerende und irreparable Folgen aufweist (Udvardy, 2004).

Dies trägt natürlich auch enorme wirtschaftliche Schäden mit sich, wie erhöhte Kosten für Unkrautbekämpfung. Noch nicht infizierte, aber gefährdete Gebiete können geschützt werden indem der Boden nicht unnötig aufgebrochen wird. Hat sich *Ailanthus* aber einmal verankert, ist ohne Nutzung von Herbiziden die Bekämpfung fast unmöglich. Wenn die Wurzel eines Individuums wiederholt starken Beschädigungen ausgesetzt wird, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass der Baum erfolgreich beseitigt wird. Auf der anderen Seite reagiert ein ausgewachsener Götterbaum auf Fällung mit zahlreichen Wurzeltrieben, was somit genau die Verbreitung beschleunigt. Die beste Methode ist es ein schnell wirkendes Herbizid direkt in den Baum zu injizieren (Ließ, 2007), wobei allerdings erhöhte Kosten für die Unkrautbekämpfung anfallen und für den Aufwand zur Erhaltung von invasivpflanzen-freien Biotopen. Sowohl aus den Untersuchungen im Nationalpark Donauauen (Ließ, 2007), als auch aus der Vegetationsinventur in Paris, Fontainebleau (Motard, 2011) erwies sich, dass sich der Götterbaum vom Waldrand relativ ungestört in die natürlichen Waldbestände einwandert und dort die Pflanzengemeinschaften in unterschiedlichem Ausmaß beeinflusst. Laut Motard (2011) werden die Bodennahen Pflanzen zu 15-30% reduziert, je nach dem mit welchen Indigenen er in Vergleich gestellt wird.

Weitere wirtschaftliche Auswirkungen haben die Verschlechterung des Futterertrags von Weideflächen, sowie die allelopathische Beeinträchtigung von Nutzpflanzen und nicht zu vernachlässigen sind auch die landwirtschaftlichen Schäden durch potentielle Förderung von Pathogenen der Fremd-pflanze (Frey, 2010).

Die starke Widerstandsfähigkeit der Baumart kann wirtschaftlich positiv aber auch negativ aufgefasst werden. Auf der einen Seite ist Ailanthus ein günstiger Beitrag zur Gestaltung urbaner Grünflächen, auf der anderen Seite ist seine Verbreitung durch Windböen nicht aufzuhalten, zusätzlich kann er durch sein anspruchsloses Gedeihen in kleinsten Spalten Gebäude und Gehsteige leicht amortisieren (Udvardy, 2004).

Der Meinung von Udvardy (2004) nach sind die guten Eigenschaften des Götterbaums mit Vorbehalten zu betrachten und besonders seine Ansichten bezüglich physikalischer, mechanischer Eigenschaften sind stark voreingenommen. Einerseits ist seine Kritik verständlich, andererseits widersprechen seine Behauptungen teilweise diversen anderen glaubhaften Quellen. Seiner Ansicht nach ist die industrielle Nutzung wegen schwacher Qualität nicht relevant, obwohl sowohl Brandner 2010, als auch Kowarik (2007), Panayotov (2011) und Ferreira (2013) das Gegenteil behaupten. Auch der Heizwert des Holzes soll bei weitem unter den durchschnittlichen Werten der Robinie liegen und daher auch in der Hinsicht vernachlässigbar sein. Im nächsten Kapitel fokussiere ich mich darauf diese Aussagen entweder zu bestätigen oder ohne Präferenzen, objektive Tatsachen zu schildern, die in Betracht der Nutzung den Götterbaum auszeichnen sollen.

2.4 Physikalische, mechanische Eigenschaften des Holzes

Der praktische Versuchsteil meiner Arbeit beschäftigt sich spezifisch mit der visuellen Bewertung des Holzes. Um jedoch eine Erklärung für deren Relevanz zu bieten, möchte ich, basierend auf den Ergebnissen von physikalischen und mechanischen Tests früherer Studien, den Werdegang erläutern. Ohne befriedigende Resultate ist der Vergleich zu anderen Nutzhölzern sinnlos, und es gäbe auch keinen Ansatz die Arbeit fortzusetzen. Aus diesem Grund befasste ich mich ausführlich mit der Studie: Beitrag zur Kenntnis einiger physikalischer und technologischer Eigenschaften des Götterbaums, von Hölbling im Jahr 1989 verfasst, und verglich diese mit neueren Erkenntnissen.

Die gewählten Studien basieren auf unterschiedlichen Materialnutzungen, es werden natürliche Musterstücke, sowie merkmallöse Proben und auch Brettware

getestet. Da die einzelnen Eigenschaften gemäß europäischer Normen geprüft wurden kann man allerdings Parallelen und nachvollziehbare Vergleiche aufstellen. Die Rohdichte, als eines der wichtigsten Variablen in Betracht der physikalisch-mechanischen Eigenschaften, wird ziemlich einstimmig mit einem mittelmäßigen Wert von $0,643 \text{ g/cm}^3$ festgehalten, der den Holzarten Eiche ($0,67 \text{ g/cm}^3$), Esche ($0,69 \text{ g/cm}^3$) und Robinie ($0,73 \text{ g/cm}^3$) nahekommt. Da die Ähnlichkeit zwischen Esche und Ailanthus auf den ersten Blick besonders geprägt ist, möchte ich auch die Erkenntnisse der ausgewählten Studien hauptsächlich in dieser Relation darstellen.

Durch einen relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt des Götterbaums, wird die Aussage von Udvardy (2004), die dem Holz einen eher minderwertigen Heizwert unterstellt vorerst bestätigt. Bei Normalklima liegt die Ausgleichsfeuchte bei 15%, was unter Einfluss von Feuchte zu einem Volumenquellmaß von ca. 13,6% führt, der fast äquivalent mit dem von Esche ist (13,5%). Den Untersuchungen zu Folge ist eine relativ ungünstige Quellungsanisotropie gegeben, durch das stark unterschiedliche Verhalten von radialer und tangentialer Richtung. Die Werte von Panayotov (2011) zeigen, dass die Quellung tangential fast doppelt so groß ist, was bei technischer Verwendung des Holzes zu beachten ist. Im Gegensatz dazu wird Ailanthus ein gutes und gleichmäßiges Trocknungsverhalten verrechnet. Womöglich durch die mäßige Verthyllung der Gefäße bilden sich keine Risse oder sonstige Fehler bei Freilufttrocknung. Die künstliche Trocknung verläuft ebenfalls fehlerfrei bei einem Trocknungsgefälle von 2,6, das eventuell auch höher ansetzbar ist und somit auch wie Esche behandelt werden kann (Hölbling, 1989).

Die Verformungssteifigkeit im elastischen Bereich wird als Biege E-Modul angegeben und wird ebenfalls der Esche ähnlich zwischen 12000 und 14000 N/mm^2 gewertet. Anzumerken ist in diesem Hinblick auch der Vergleich zu *Juglans*, da die Werte des Götterbaums vergleichbar günstig sind, die Holzart allerdings eine weitaus geringere Zeit in Anspruch nimmt, um dieselben Dimensionen zu erreichen (Panayotov, 2011).

Die Biegefestigkeit des Holzes wird den Testergebnissen von Brandner (2010) stark von lokalen Fehlern beeinflusst. Hier wurde Brettware mit merkmalfreien Kleinproben verglichen, wobei man letzteren eine durchschnittliche Festigkeit von $105,6 \text{ N/mm}^2$ nachwies, jedoch das mit natürlichen Fehlern versehene Holz die Hälfte kaum erreicht. Die Studien sind sich in diesem Punkt nicht einig und weichen stark ab, daher möchte ich als durchschnittliche Biegefestigkeit einen Mittelwert der Ergebnisse 96 N/mm^2 annehmen, was immerhin unter dem von Esche (109 N/mm^2) liegt Brandner (2010).

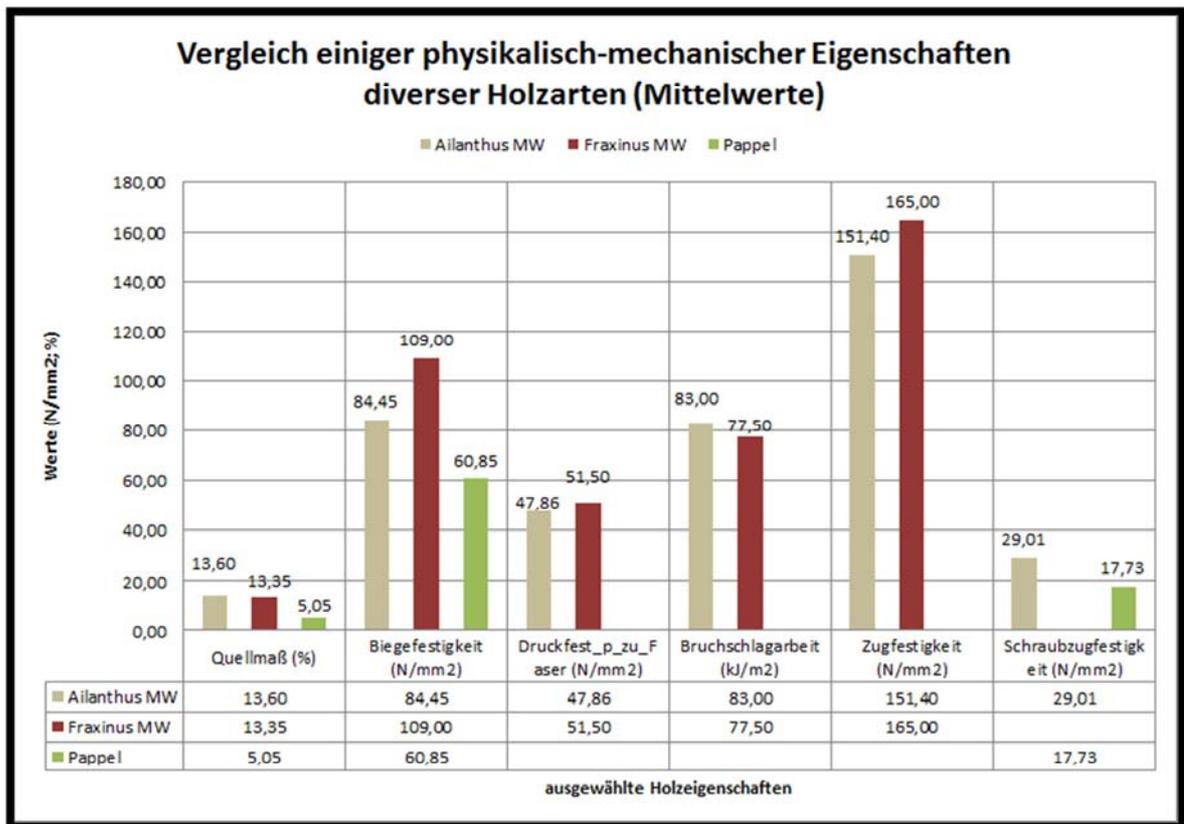
Als wesentliche Holzeigenschaft wird die Druckfestigkeit behandelt, die allerdings in Relation zur Rohdichte nicht so hoch ist, wie erwartet. Es werden Werte zwischen 42 und 55 N/mm² angegeben und es wird festgehalten, dass sie tangential besser ist als radial (Panayotov, 2011). Da es sich um ein zähes Holz handelt, bilden sich die Gleitschichten weich fließend, wie bei Esche anstatt scharfkantig (Hölbling, 1989).

Angaben zur Zugfestigkeit sind in der Studie von Brander (2010) ebenfalls wegen der verschiedenen Ausgangsmaterialien stark abweichend. Merkmalfreie Probenstücke sind mit 151 N/mm² der Esche (165 N/mm²) sehr nahe, Brettware allerdings bleibt mit 42 N/mm² weit davon entfernt.

Die Scherfestigkeit wird jeweils mit unterschiedlichen Leimen durchgeführt und liegt zwischen 11-13 N/mm², was im Durchschnitt ebenfalls mit *Fraxinus* vergleichbar ist. Hölbling (1989) zu folge wird die Leimbindung mit Ailanthus als sehr gut bewertet.

Den Testergebnissen nach ist der Götterbaum durch seine vorzüglichen Hobel- und Polierbarkeit in der Zimmerei sehr gut geeignet (Hölbling, 1989). Zusätzlich ist bewiesen, dass es sich um ein qualitativ hochwertiges Instrumentalbauholz handelt. Zur Nutzung als Sperrholz, speziell für Küche und Bad, eignet sich Ailanthus durch seine Stabilität, Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Temperaturänderung und Feuchteeinwirkung sehr gut (Vasileiou, 2011).

Die nachfolgende Grafik beinhaltet eine Zusammenfassung der gesammelten Daten aus den verschiedenen Studien, die zuvor behandelt wurden.



Grafik 2.1.: Physikalisch-mechanische Eigenschaften in Bezug auf mehrere Studien gemittelt (Hölbling, 1989; Brandner, 2010; Vasileiou, 2011; Panayotov, 2011)

2.5 Hypothesen

Der ausführlichen Vorgeschichte nach, und vor allem in Anlehnung an die oben angeführten physikalisch-mechanischen Eigenschaften diverser Teststudien, möchte ich meine Arbeit auf die wesentliche Frage fokussieren, die schon von Anfang an die Überlegungen anheizte. Um mit den Worten von Brandner (2010) zu argumentieren „INTEGRATION vs. AVERSION“, ist das Hauptziel dieser Arbeit einen Beitrag zur Etablierung des *Ailanthus altissima* als Nutzholz zu leisten.

- Als Hypothese nehme ich an, im Laufe meines Versuches beweisen zu können, dass die visuellen Eigenschaften des Holzes des Götterbaums in unbehandeltem Zustand von denen der Esche im Originalzustand nicht signifikant abweichen.

Die Annahme wird durch die oben angeführten Eigenschaften begründet, und von zwei Gruppen von Probanden, wie in der Versuchsbeschreibung detailliert ausgeführt evaluiert. Diese Bewertung wird ein zweites Mal nach einer 100

stündigen UV-Bestrahlung der Probenstücke wiederholt durchgeführt. Dies soll mir auf Basis einer zweiten Reihe von empirischen Werten ermöglichen meine zweite Hypothese zu prüfen:

- Die Farbänderung hat eine signifikante Wirkung auf die Wahrnehmung der Probanden und es sind Abweichungen zwischen den Aussagen von Laien und Experten bzw. Frauen und Männern festzustellen.

2.6 Testansätze

Als Grundlage meiner Arbeit diente eine Studie von Kotrodyova (2011) in Zusammenarbeit mit Herrn Professor Teischinger, die sich mit der ästhetischen Leistung verschiedener Holzarten auseinandersetzt. Es wurde spezifisch auf die visuelle Interaktion zwischen Mensch und Holz eingegangen. Die Ziele des Versuches korrelieren stark mit den Prinzipien meiner Arbeit, somit konnte ich gewisse Ansätze etwas überarbeitet und spezifiziert übernehmen.

Es wird expliziert, dass die ästhetische Leistung von Holz hauptsächlich von der Farbe und der Textur abhängig ist, die wiederum von der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und dadurch auch von der Lichtreflexion beeinflusst wird. Zumeist wird die Farbe Braun mit dem Rohstoff verbunden, was von Person zu Person zu unterschiedlichen Assoziationen führt. Da die Rede von einem weitaus heterogenen Stoff ist, und im Normalfall nicht von einer homogenen Farbe ausgegangen werden kann, wird die Identifikation nach Textur von Arnheim (1997) als eine zielführendere Methode erwähnt. Experimente besagen, dass die natürliche Wirkung von Holz aus der Kooperation der beiden Attribute zustande kommt, da gewisse Muster und Unebenheiten zur Farbsegmentierung führen und somit eine anspruchsvolle, wechselhafte Oberfläche ergeben.

Im Rahmen des Versuchs wurden sechs ausgewählte Holzarten mit einander verglichen. Es wurden folglich Farbkarten aus den Absolutfarben der Probenstücke im CIE-Lab-Spektrum gefertigt und monochrome Texturkarten erstellt, die dann einer Gruppe aus insgesamt 160 Probanden zur Evaluierung vorgelegt wurde. Eine Kontrollgruppe aus 12 Personen erhielt zusätzlich auch die dazugehörigen Benennungen der einzelnen Hölzer, damit auf diese Weise der Einfluss der Baumart auf die Präferenzen erhoben werden konnte. Die Testpersonen waren aufgefordert auf einer unbezifferten Skala ganz intuitiv ihre Bewertung abzugeben, ob die einzelnen Proben eher „kalt-warm“, „künstlich-natürlich“ und ob sie im Endeffekt „eher unangenehm“ oder „angenehm“

erscheinen. Dieser Bewertung wurden Werte zwischen 0 und 10 zugewiesen, wodurch die Resultate linear dargestellt werden konnten.

Im Weiteren beschäftigt sich eine kürzlich erschienene Studie aus Madagaskar (Ramanantoandro, 2013) mit den Präferenzen der Konsumenten in Hinsicht der ästhetischen Wirkung von Holz. Weitreichend waren die Bemühungen gegebene Holzarten auf ihre Substituierbarkeit zu untersuchen, um die Nutzung wertvoller und seltener Arten zu meiden. Auch hier waren die wichtigsten Einflussfaktoren Farbe und Textur, zusätzlich erwies sich auch die Dichte als wichtige Kenngröße.

Um die aufgestellte Hypothese zu prüfen, wende ich einige ausgewählte Versuchsansätze der soeben geschilderten Studien und kombiniere diese mit spezifischen Fragestellungen. Mit Hilfe eines Farbmessgerätes werden die Absolutfarben der einzelnen Holzproben festgestellt, und durch monochrome Abbildungen die Texturen. Für die quantitative farbliche Beurteilung von Holzoberflächen empfiehlt Niemz (1993) zwar die Betrachtung von Gradienten, wodurch die Farbschwankungen darstellbar sind, trotzdem entschied ich mich dafür einen Mittelwert mehrerer Messpunkte zu kalkulieren und, wie bei Kotrodyova (2011) Absolutfarbwerte zu berechnen. Im Verlauf meines Versuches werden nach den Faktoren Farbe, Textur auch die Holzproben selber nach den erwähnten drei Attributen evaluiert. Zusätzlich wird zum Schluss der direkte Vergleich zwischen den zwei Holzarten Esche und Götterbaum beurteilt.

3. Material und Methoden

Dieses Kapitel präsentiert die angewandten Komponenten zur Durchführung meines Versuches. Dazu definiere ich die gewählten Holzarten und führe die untersuchten Holzparameter vor.

3.1 Der Versuch – visuelle Evaluierung

Ähnlichkeiten oder Unterschiede der Texturen und Farben der einzelnen Probenstücke führen zu den Ergebnissen. Somit wurden die eben genannten Aspekte, sowie die Holzstücke selbst nach den Kriterien „kalt-warm“, „künstlich-natürlich“ und „eher unangenehm-angenehm“ bewertet. Außerdem wurde eine Referenzprobe von Esche mit allen Probenstücken verglichen und beurteilt wie „anders“ oder „gleich“ sie wirken. Die Evaluierung fand in sterilen Räumen statt, wo die Beleuchtung durch einen speziellen Scheinwerfer uniformiert wurde. Es

gab keinerlei Beeinflussung, die auf die Probanden wirkte, die ganz intuitiv auf nicht-beschrifteten Bewertungsbögen ihre Meinung äußerten. Diesen fügte ich im Anschluss reelle Zahlenwerte zwischen 0 und 100 zu, wodurch eine statistische Auswertung möglich war.

Um eine künstliche Alterung des Holzes vorzutäuschen, wird eine UV-Bestrahlung durchgeführt, nachdem die Probanden wieder mit den Holzproben in einem zweiten Durchgang konfrontiert wurden. Der Versuch teilt sich somit in zwei Abschnitte, wo jeweils derselbe Test durchgeführt wird. Um ein weites Spektrum an Meinungen zu erhalten, werden zwei Gruppen separat, bestehend aus Holzspezialisten und Laien befragt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Aufteilung der Geschlechter der befragten Personen ungefähr proportional gleichmäßig war.

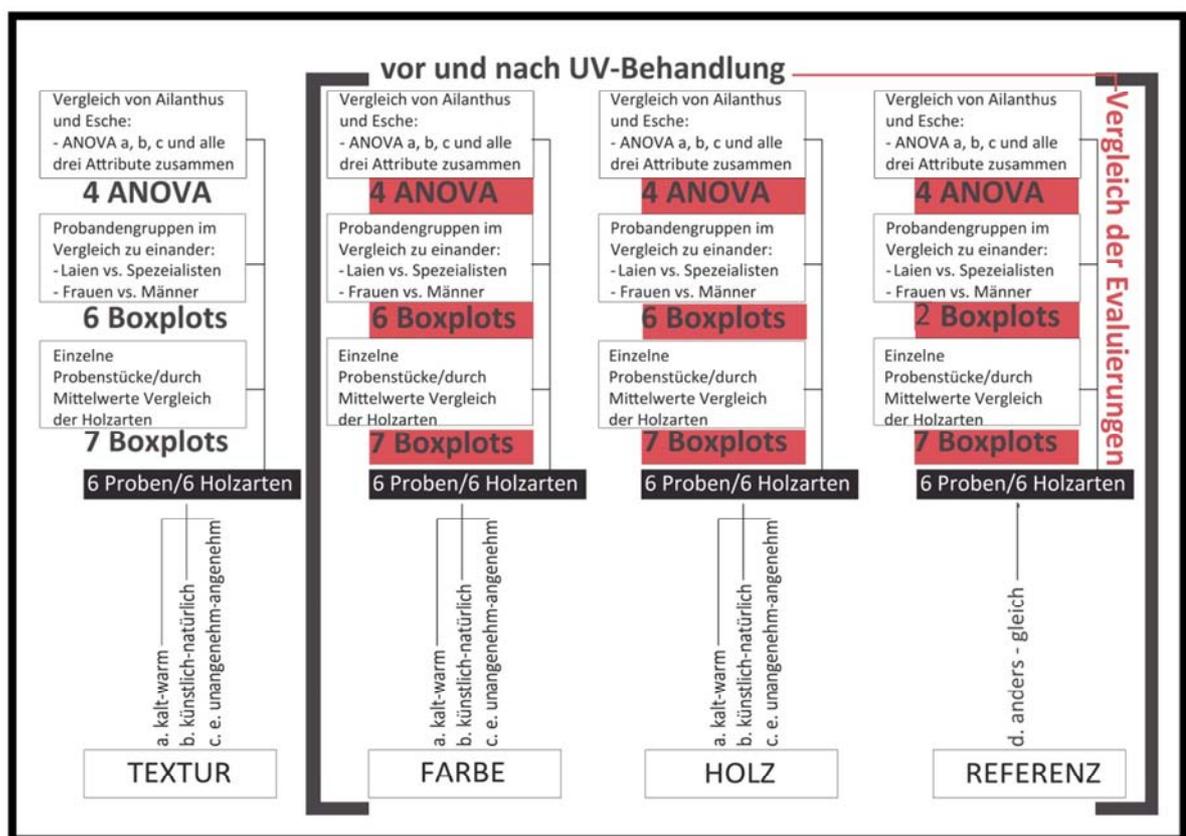


Abb. 3.1.: Schematische Darstellung des Versuchs

In Abbildung 3.1 sieht man eine vereinfachte Darstellung des Aufbaus meines Experimentes, und die Methoden, die mich zu meinen Ergebnissen führten. Durch Anwendung von Varianzanalysen konnten die deskriptiven statistischen Ergebnisse auf Gesetzmäßigkeiten überprüft werden. Es wurden somit Erkenntnisse darüber erhalten, in wie weit die einzelnen Faktoren die Zielvariable

beeinflussen, und ob signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen sind.

3.2 Auswahl der Holzarten

Die wichtigsten Anhaltspunkte in Anbetracht der visuellen Interaktion von Mensch und Holz sind die Textur der Oberfläche beziehungsweise die Wirkung der Farbe. Beide haben Einfluss auf einander, was auch prädestiniert, dass sie von einander separat einen abweichenden Effekt erzielen müssen. Für die gezielte Durchführung des Versuchs fiel die Auswahl somit auf Holzarten mit ähnlichen Eigenschaften. Es wurden zum Vergleich von Götterbaum und Esche vier weitere Laubholzarten in die Grundgesamtheit miteinbezogen. Deren ringporiger Aufbau bildet die Textur ebenfalls nach denselben Prinzipien, und schafft den Probanden eine größere Varianz für die Bewertung. Die ringförmig angeordneten weitlumigen Frühholzgefäße verleihen diesen Arten eine Besonderheit, die im Hinblick auf Glanz und Farbe eine wichtige Rolle spielt. Um ein breites Spektrum mit entsprechender Tiefe zu erhalten wurden mir von der Tischlerei des Institutes für Holzforschung Tulln jeweils 6 unbehandelte Probenstücke mit den Maßen 190 x 70 x 10 mm von jeder Holzart bereitgestellt, zusätzlich noch eine Referenzprobe:

- Götterbaum (6 Stk.)
- Esche (7 Stk.)
- Eiche (6 Stk.)
- Robinie (6 Stk.)
- Kastanie (6 Stk.)
- Ulme (6 Stk.)

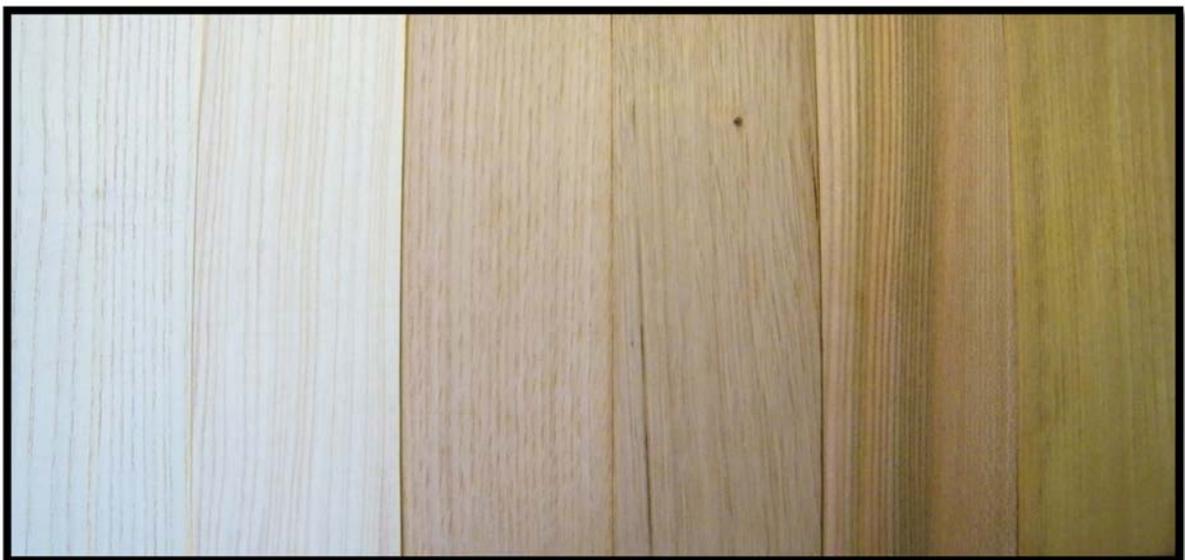


Abb. 3.2.: Muster der Holzproben (von links: Götterbaum, Esche, Kastanie, Eiche, Ulme, Robinie)

Insgesamt wurden 37 Probenstücke zur Versuchsdurchführung verwendet, wobei bekannte und im Alltag genutzte Holzarten ausgewählt wurden. Die meisten dienen als qualitativ sehr hochgeschätzte Furnierhölzer, werden als Parkett aber vor allem in der Möbelindustrie verarbeitet. Wie die schriftlichen Quellen bestätigen, kommt Ailanthus den soeben aufgelisteten Hölzern in Anbetracht auf Nutzung und physikalisch-mechanischen Eigenschaften nahe. Im Weiteren soll die folgend beschriebene visuelle Bewertung des Sortiments eine Antwort auf die Frage liefern, ob der Eindruck bezüglich Aussehens ebenfalls diese Ähnlichkeit bestätigt.

3.3 Messtechniken

Vorerst werden aber die Messtechniken und die dazugehörigen Geräte ausführlich erläutert.

3.3.1 Texturbehebung

Holz wird vor allem von seiner Textur charakterisiert, denn diese ist von der Form und Anordnung beziehungsweise der Größe der verschiedenen Holzgewebe abhängig. Je nachdem können die Holzbilder markant oder eher unauffällig erscheinen, deshalb war das ein wichtiger Ansatz meines Experimentes.

Zur Herstellung der Texturkarten verwendete ich eine FUJIFILM FINEPIX S2100 Digitalkamera mit einer Bildauflösung von 10.0 Megapixel. Die digitalisierten Abbildungen jeder einzelnen Holzprobenoberfläche wurden infolge mit Hilfe von Adobe Photoshop in Grauskala konvertiert. Alle Aufnahmen wurden unter denselben Lichtbedingungen durchgeführt, doch um die Beschaffenheit der Oberflächen, kleinste Details besser hervorheben zu können, wurden die digitalen Bilder mit konstant bleibenden Helligkeits- und Kontrasteinstellungen verfeinert. Die Eigenschaften wurden so angepasst um für jede Probe das beste Resultat zu erhalten, aber es wurde darauf geachtet, dass die grundsätzlichen Züge der Probenstücke ersichtlich bleiben und durch die Eingriffe dem Original nicht entfremdet werden. Beim Plotten wählte ich die höchste Resolution, um die Textur so wahrheitsgetreu, wie möglich wiedergeben zu können.

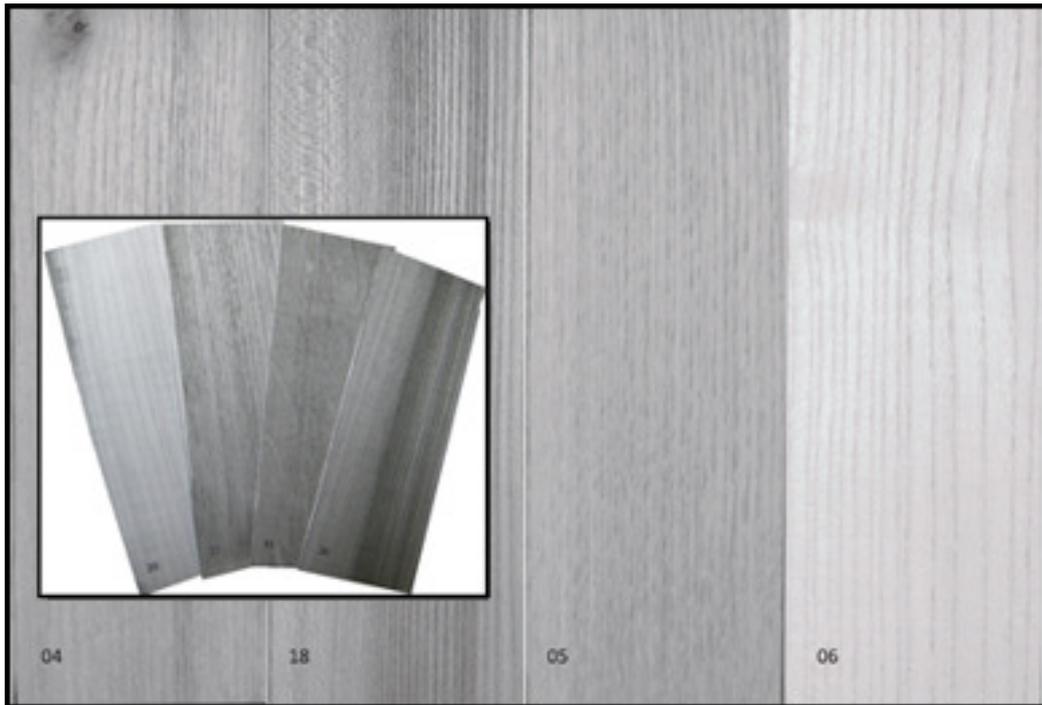


Abb. 3.3.: Beispiele der Texturkarten der einzelnen Holzproben

Wie auf den Beispielen ersichtlich, habe ich jeweils die Kennzeichnung in Form von Ziffern auf den Proben zur Wiedererkennung angeführt, was den Probanden, der objektiven Bewertung willen, vorenthalten wurde. Meine Bemühungen waren es, die Größenproportionen ähnlich den Holzstücken zu gestalten, jedoch so, dass der Druckvorgang papiersparend ausgeführt werden konnte. Anschließend wurden die Probenstücke matt laminiert, damit die Lichtreflexion die Wahrnehmung so gering wie möglich beeinflussen kann, die Abbildungen aber geschützt sind.

3.3.2 Farbmessung

Für die Farbmessungen habe ich ein Phyma CODEC 400 Vis Spectrometer benutzt, das mir in Tulln am Institut für Holzforschung bereitgestellt wurde. Mit Hilfe einer Schablone wurden vier konstante Messpunkte definiert, an denen mit einem runden Messbereich von 20 mm Durchmesser der reflektierte Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts im Bereich zwischen 400 und 700 nm jedes Probenstücks gemessen wurde.

Die Messdaten wurden direkt im dafür vorgesehenen Programm Primus eingelesen und sowohl als Spektralkurven als auch als Koordinaten im CIELAB Farbenraum verarbeitet. Wie in der EN ISO 11664-4 beschrieben wird das

System als kugelförmigen, dreidimensionalen Farbraum betrachtet, was den Vorteil hat, dass durch drei Koordinaten der genaue Punkt einer absoluten Farbe im Raum festgestellt werden kann. Somit ermöglicht das System den einfachen Vergleich mehrerer Farben durch Angabe geometrischer Punkte.

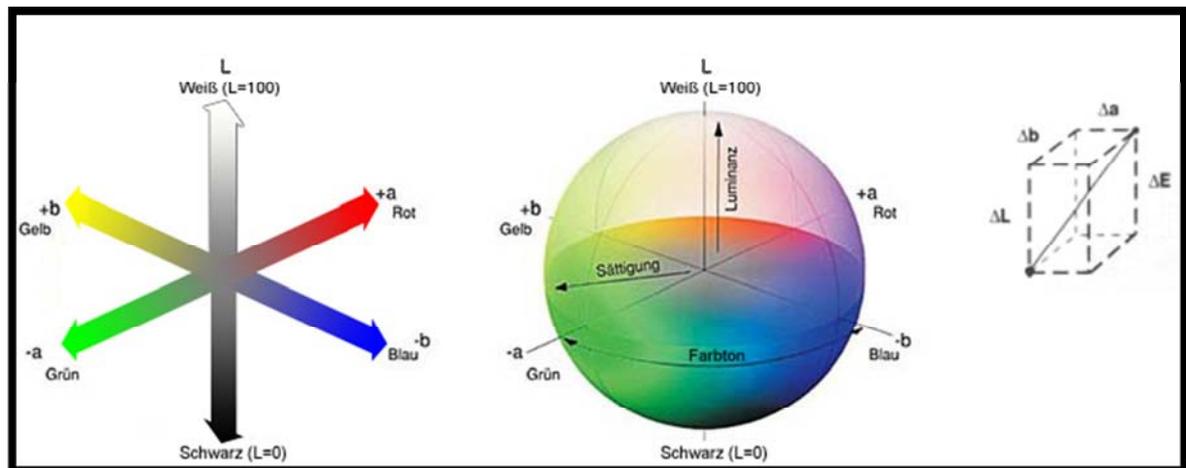


Abb. 3.4.: Drei Modelle zur Darstellung des CIELab-Farbenraums (dma.ufg.ac.at)

Wie auch aus der Abbildung ersichtlich wird die x-Achse des Koordinatensystems, auf der ein Übergang von rot nach grün zu erkennen ist, mit „(+/-) a“ gekennzeichnet. Die y-Achse steht im rechten Winkel dazu, heißt „(+/-) b“ und geht vom positiven Gelb über bis ins negative Blau. Die dritte z-Achse hat Schwarz (L=0) und Weiß (L=100) an den zwei Enden und trägt ein „L“, was auch als Abkürzung von Luminanz (Helligkeit) steht. Die Farbwerte an der L-Achse sind reine Grautöne, verschiebt man die Achse somit in die Richtung einer bestimmten Farbe, bekommt man, abhängig davon, wo sich der gesuchte Punkt in Bezug zum Ursprung befindet, eine hellere oder dunklere Variante der Farbe. Wichtig für die Bestimmung von konkreten Farben sind noch die Farbsättigung „C“ (Chroma), die den genauen Abstand einer Koordinate von der L-Achse definiert. Der „h^o“-Winkel geht von der positiven Seite der a-Achse aus und beschreibt die Farbsättigung. Somit können folgende Formeln zur Berechnung herangezogen werden:

$$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h_{ab}^\circ = \tan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Mit Hilfe der Mittelwerte von drei gemessenen Daten (L, a, b) konnte ich mittels Adobe Photoshop die genauen Absolutfarben generieren. Somit erhielt jede Holzprobe eine präzise Farbe, die wie eben schon beschrieben nachvollziehbar zu vergleichen sind. Zu diesem Zweck dient folgende Formel:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Die Farbkarten wurden dann ebenfalls wie die Texturkarten farbgerecht gedruckt und matt laminiert, um so wenig Abweichung wie möglich zu erhalten.



Abb.3.5.: Farbkarten zu den einzelnen Holzproben

Der ganze Prozess wurde dann nach einer 100 stündigen UV-Bestrahlung exakt in diesem Format wiederholt. Mit Hilfe der anfangs erstellten Schablone konnten auch dieselben Punkte der Holzproben gemessen werden, damit später ein direkter Vergleich aufgestellt werden kann.

3.3.3 UV-Bestrahlung

Um eine natürliche Änderung der Holzproben vorzutäuschen wurden sie einer Simulation unterzogen, bei der eine signifikante Farbänderung zu erwarten war. Für diese Behandlung wurde der Q-Sun-Tester der ÖN EN ISO 4892-2 gemäß benutzt. Jedes Probenstück erhielt eine durchgehende UV-Bestrahlung von 100 Stunden durch ein Fensterglasfilter, das die Besonnung im inneren eines Raumes rekonstruiert. Die Bestrahlungsstärke war auf $1,10 \text{ W/m}^2$ festgelegt mit einer Wellenlänge von 420 nm und die Temperatur bewegte sich um $65 \text{ }^\circ\text{C}$.



Abb 3.6.: Q-Sun-Tester, IFH Tulln

Der Prozess nahm wegen der Anzahl und Dimension der Holzproben insgesamt sieben Zyklen in Anspruch. Inzwischen wurden alle Proben vor Sonne geschützt in einem klimatisierten Raum bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und 65% relativer Luftfeuchtigkeit aufbewahrt.

3.3.4 Probandenauswahl

Wie vorweg schon beschrieben wurden zwei Gruppen von Probanden für die Erhebung der Vergleichswerte befragt. Die Zielsetzung war es insgesamt 30 Evaluierungen zu erhalten. Da bei beiden Durchgängen dieselben Respondenten befragt werden mussten, wurden insgesamt 36 Personen ausgewählt, um das Risiko ausschließen zu können, dass jemand ausfallen sollte. Schlussendlich konnten 32 Bewertungen zur Erhebung der Daten herangezogen werden.

Die 16 Laien sind vorwiegend Studenten verschiedener Studienrichtungen, die nicht auf die Arbeit mit Holz spezialisiert sind. Ich hatte aber auch die Möglichkeit

Frauen und Männer aus anderen verschiedenen Arbeitsbereichen zu interviewen. Das Alterspektrum liegt zwischen 24 und 50 Jahren, es waren auch verschiedene Nationalitäten vertreten, und durch diese willkürliche Auswahl konnten durchaus unterschiedliche Meinungen gesammelt werden.

Andererseits wurden 16 Evaluierungen von Experten ausgewertet. Je nachdem, ob die Probanden 2-3 Holzarten auf den ersten Blick richtig benennen konnten, wurden sie in die jeweilige Gruppe eingeteilt. Der Großteil der Holzspezialisten war institutsintern gegeben, aber auch Tischler und Forststudenten konnten befragt werden. Auch hier waren verschiedene Altersgruppen zwischen 18 und 60 vertreten, und die Besetzung war hier ebenfalls stark international gemischt.

Es wurde darauf geachtet, dass die Verteilung der Geschlechter proportional zu einander ist, was sich bei der Expertenauswahl für schwerer erwies. Es ergab sich dadurch ein Frauen-Männer-Anteil von 15 (47,87 %) zu 17 (53,12 %), was mir ebenfalls den Vergleich zwischen den Meinungsäußerungen dieser zusätzlichen Gruppen ermöglichte. Folgende Tabelle soll die wichtigsten Angaben auf einen Blick zusammenfassen.

Eigenschaften	Laien	Experten
Alter	24-50 Jahre	18-60 Jahre
Studienrichtungen/ Professionen	LAP, NAWARO, techn. Physik, Psychologie, Architektur, Limnologie, Translationswissenschaften iOS-Entwickler,	Forstwirtschaft, Holztechnologie, Holzphysik, Dendrochronologie, Tischler, Leimchemie, Holzwerkstoffe
Herkunft	AUT, DE, HUN, BA	AUT, DE, HUN, PL
Frauenanteil	9 (56,25 %)	7 (43,75 %)
Männeranteil	6 (37,5 %)	10 (62,5 %)

4. Ergebnisse

Die Resultate meiner Arbeit können in zwei Hauptkategorien zusammengefasst werden. Grundsätzlich wurden physikalische Messungen durchgeführt, welche, die durch deskriptive Statistik erhaltenen Ergebnisse belegen sollten. Diese werden im folgenden Kapitel ausführlich interpretieren.

4.1 Physikalische Messungen der Farbwerte

Durch Anwendung des Phyma CODEC 400 Spektrometer wurden Farbmessungen an allen Holzproben durchgeführt, deren Ergebnisse die Basis für meinen Versuch lieferten. Wie bereits beschrieben wurden jeweils 4 Punkte definiert an denen jedem Probenstück, vor und nach der UV-Bestrahlung die Farbe entnommen wurde. Die CIELab-Koordinaten wurden sowohl zur weiteren Verarbeitung als Zahlenwerte angegeben, als auch bildlich dargestellt. Den Abbildungen der Spektralkurven ist auf der horizontalen Achse die Wellenlänge in Nanometer und auf der vertikalen Skala die Lichtreflexion (%) zu entnehmen.

Das ermöglichte mir den Vergleich der Abweichungen einzelner Messungen je Probenstück, die Holzproben zueinander, sowie die Unterschiede zwischen den Holzarten bzw. es zeichnete sich auch der Kontrast zwischen unbehandeltem Originalzustand und der Veränderung durch die UV-Bestrahlung heraus.

Die Nachfolgenden Abbildungen zeigen alle Spektralkurven der gemessenen Farben, wodurch auf einen Blick die Ähnlichkeit von Götterbaum und Esche ersichtlich wird, sowie auch der gemeinsame Unterschied der beiden zu den restlichen Holzarten. Es ist ersichtlich, dass Ulme, Robinie, Kastanie und Eiche im Schnitt einen auffällig dunkleren Farbton aufweisen, und dass die Lichtreflexion von Esche und Götterbaum auch nach der UV-Bestrahlung höher ausfällt. Die Unterschiede innerhalb einer Holzart sind auf Holzstrukturelle Gegebenheiten zurückzuführen. Die Tabelle 1 im Anhang zeigt die gesamten gemittelten Farbkoordinaten zu jeder Holzprobe, sowie die Farbdistanz (dE) zwischen den Messungen vor und nach der UV-Behandlung und stellt die Spektralkurven numerisch dar.

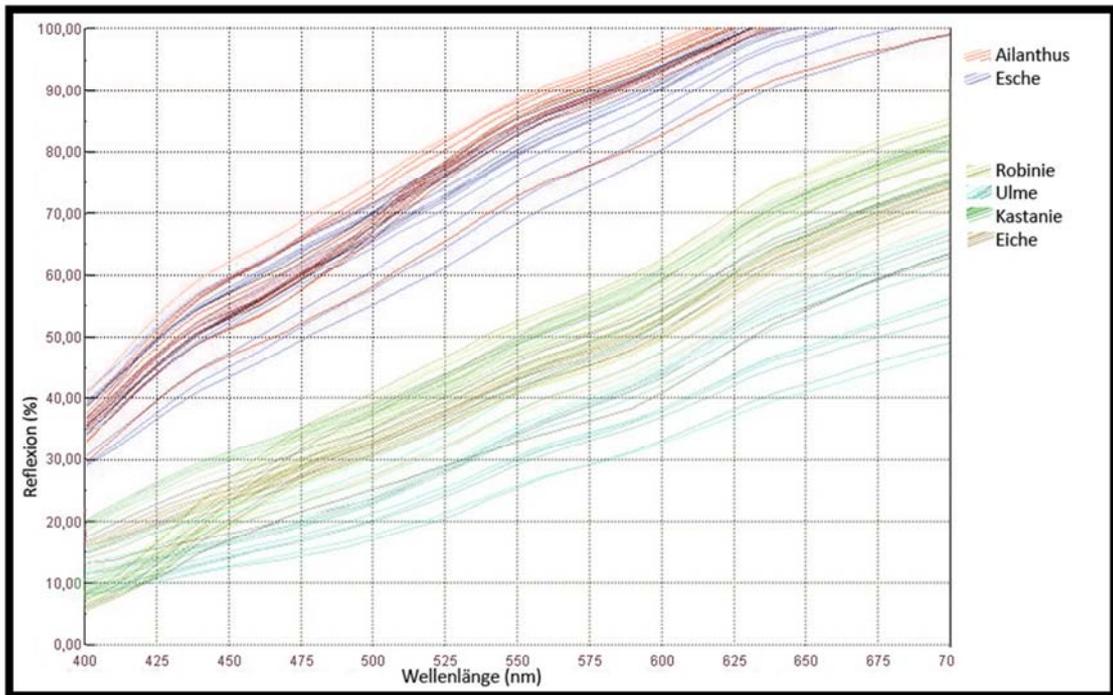


Abb 4.1. : Spektralkurven aller Holzproben vor UV-Bestrahlung

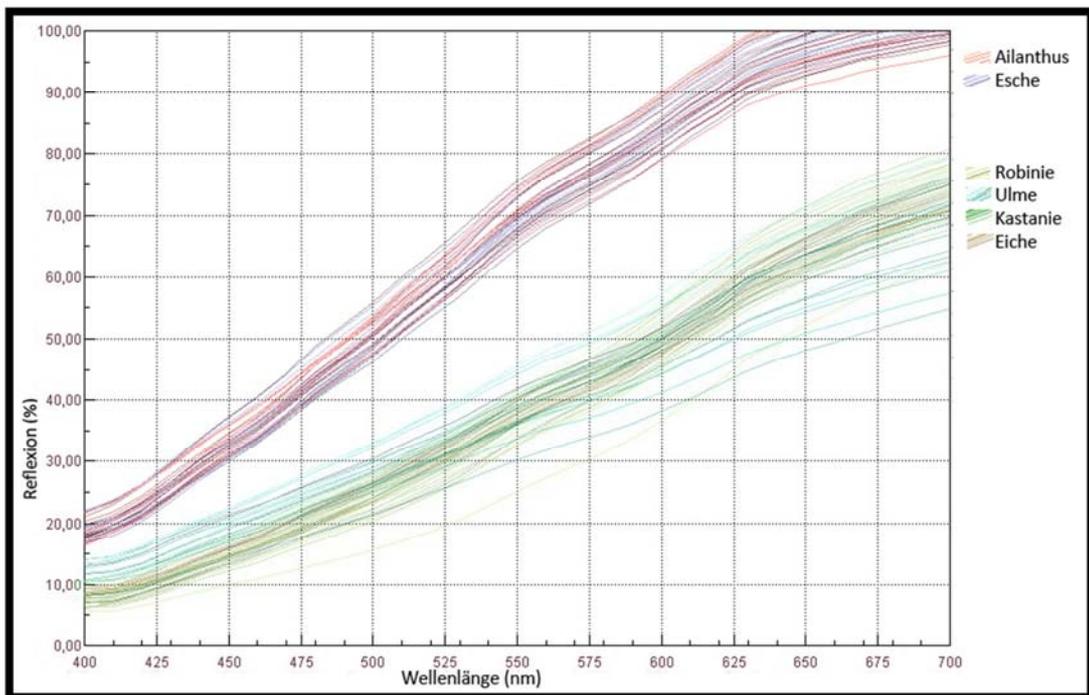


Abb. 4.2.: Spektralkurven aller Holzproben nach UV-Bestrahlung

Vergleicht man die beiden Abbildungen 4.1 und 4.2 stellt man dasselbe fest, das auch in Tabelle 1 aus den Zahlen hervorgeht, die Farben verschoben sich durch

die Bestrahlung in Richtung Gelb-Rot. Die Parameter „a“ und „b“ nehmen jeweils höhere Werte an.

Die Tabelle 2 im Anhang hebt den Vergleich in Zahlen hervor, der in der nächsten Grafik abgebildet ist. Es wird auf die Farbdifferenz (dE) zwischen Götterbaum und den restlichen Baumarten fokussiert, wodurch die vorherigen Aussagen schnell bestätigt werden. Die Distanz zwischen den Absolutfarben der Esche und Götterbaum ist mit $dE = 1,90$ am geringsten und wird durch 100 stündige UV-Bestrahlung sogar auf 1,38 verringert. Den Farben zu Folge sind sich die beiden Holzarten noch ähnlicher geworden.

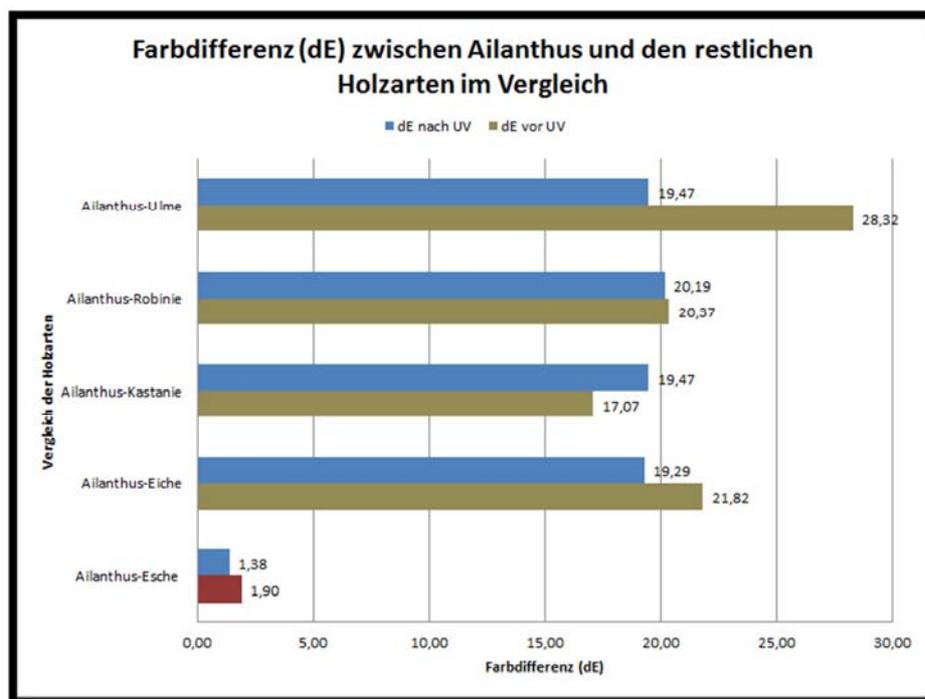


Abb. 4.3.: Vergleich der Farben aller Holzarten mit Ailanthus

Der Unterschied zu allen weiteren Holzarten mit Ausnahme der Kastanie wird nach der Bestrahlung ebenfalls niedriger, im Rahmen einer sehr massiv geprägten Farbdistanz ist diese Änderung aber kaum erfassbar.

Die Einteilung der Farbänderung (dE) wird folgendermaßen bestimmt:

0 – 1	keine Änderung
1,01 – 2	sehr geringfügige Änderung
2,01 – 3	geringfügige Änderung
3,01 – 5	mäßige Änderung

5,01 – 7	mittlere Änderung
7,01 – 9	große Änderung
9,01 – 11	sehr große Änderung
11,01 – 13	massive Änderung
> 13,01	sehr massive Änderung

Hiermit kann als Resultat der physikalischen Farbmessung eindeutig formuliert werden, dass sich die Absolutfarbwerte von Esche und Götterbaum nur sehr geringfügig unterscheiden. Zum Abschluss soll Abbildung 4.4 diese Aussage verdeutlichen.



Abb. 4.4.: Farbkarten Götterbaum-Esche, vor und nach UV-Behandlung - Vergleich der Absolutfarben

4.2 Auswertung der Ergebnisse der Evaluierung durch Probandengruppen

Unter diesem Punkt möchte ich nun meine Ergebnisse bezogen auf die intuitive Bewertung der Probanden erläutern. Um einen logischen Verlauf zu folgen, werde ich die Resultate den betrachteten Aspekten Textur, Farbe, Holz und Referenz nach beschreiben, schließlich werde ich mich zur Änderung nach der UV-Bestrahlung äußern und die Erkenntnisse zusammenfassen.

4.2.1 Evaluierung der Texturen

Im Laufe des Versuches wurden die Texturkarten jedes Probenstücks von jeder Testperson nach den erwähnten drei Attributen bewertet. Die Ergebnisse für alle 36 Probenstücke einzeln vorzustellen wäre unnötig detailliert, daher möchte ich am Beispiel der Textur darlegen, wie ich die Vergleiche zwischen den Holzarten aufstellen konnte, um diesen Prozess für alle Aspekte im Vorweg zu erläutern.

Jedes der Boxplots in den Abbildungen 7.4 – 7.5 (Anhang) enthält die Meinungen aller Probanden zu den Texturen ausgewählter Holzproben als Beispiel. Da der Fokus noch immer auf Götterbaum und Esche gerichtet ist, werden die Evaluierungen der Probenstücke dieser beiden Arten je nach den gefragten Attributen hervorgehoben. Zusätzlich wurden zahlreiche Varianzanalysen für die Evaluierungen durchgeführt, die der statistischen Erläuterung der grafischen Darstellungen dienen. Die ANOVAs wurden nach allen Attributen der einzelnen Aspekte an den Werten von Ailanthus und Esche mit einem Signifikanzniveau von 5 % durchgeführt um den Vergleich dieser beiden Holzarten hervorzuheben. Die Ergebnisse dieser Varianzanalysen wurden in einer Tabelle zusammengefasst, die die signifikanten Abweichungen enthält. Statistische Unterschiede zwischen der Wahrnehmung der beiden Arten, sowie zwischen den Aussagen der Probandengruppen wurden in Vergleich gestellt. Die grafischen Darstellungen der Abweichungen zwischen Laien und Spezialisten bzw. Frauen und Männern sind im Anhang zu finden.

Was auf einen Blick ersichtlich ist, dass die beiden wie erwartet sehr ähnliche Bewertungen erhielten. Die Balken der Boxplots bewegen sich zum größten Teil zwischen 20 und 65 %, die Streuung ist relativ gleichmäßig, sowie auch die minimalen und maximalen Abweichungen, die als Whiskers gekennzeichnet sind. Diesen Auswertungen nach, konnte für jedes Attribut auch die deskriptive statistische Basis durch eine Varianzanalyse aufgestellt werden. Die ANOVA-Tests weisen auf, dass die Textur der beiden in Hinblick auf die Frage „kalt-warm“ sich nicht signifikant unterscheiden, Esche allerdings für eindeutig „natürlicher“ empfunden wird und mit sehr geringem Unterschied auch „angenehmer“.

Durch Berechnen der Mittelwerte aller Probenstücke wird der Vergleich der Holzarten zueinander grafisch dargestellt. Die folgenden Abbildungen 4.5 - 4.7 zeigen die Resultate aller Attribute einzeln. Esche und Ailanthus wurden zur besseren Erkennung markiert.

Die Evaluierung zeigt in allen drei Grafiken, dass sich die Texturen von Götterbaum, Esche und Kastanie der Wahrnehmung zu folge ähnlich sind. Sie

werden eher für kalt empfunden (40-47 %), und weisen auch in Folge stets eine mittelmäßige Leistung auf, künstlicher als andere (45-54 %) und ebenfalls zu 45-54 % mittelmäßig angenehm.

Laut statistischer Varianzanalyse wird die Textur von Ailanthus im Vergleich zu Esche den Werten nach signifikant „kälter“ und „unangenehmer“ bewertet.

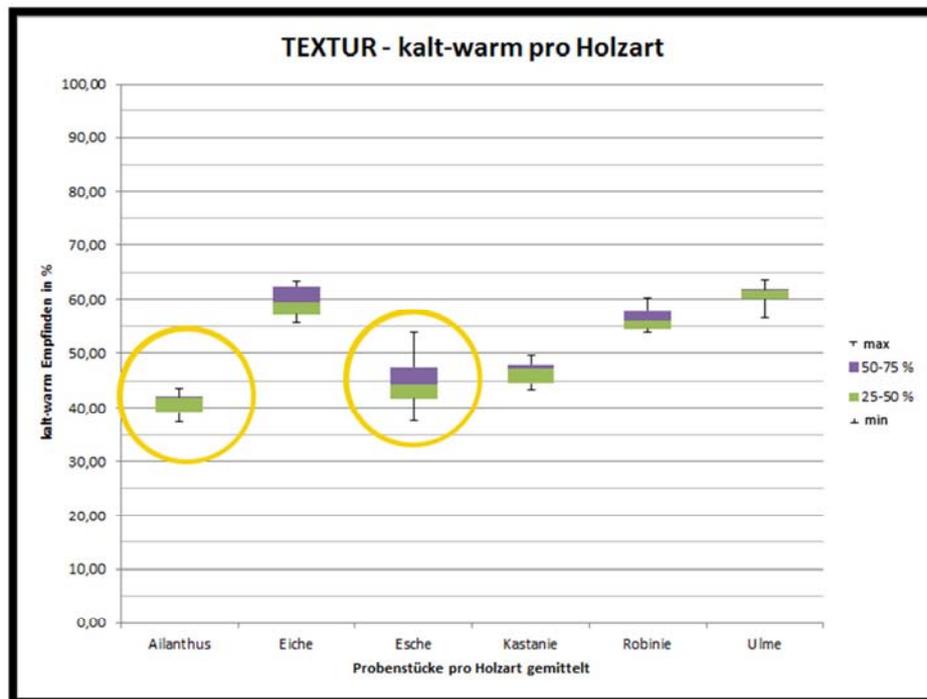


Abb. 4.5.: Textur der Holzarten nach dem Attribut „kalt-warm“

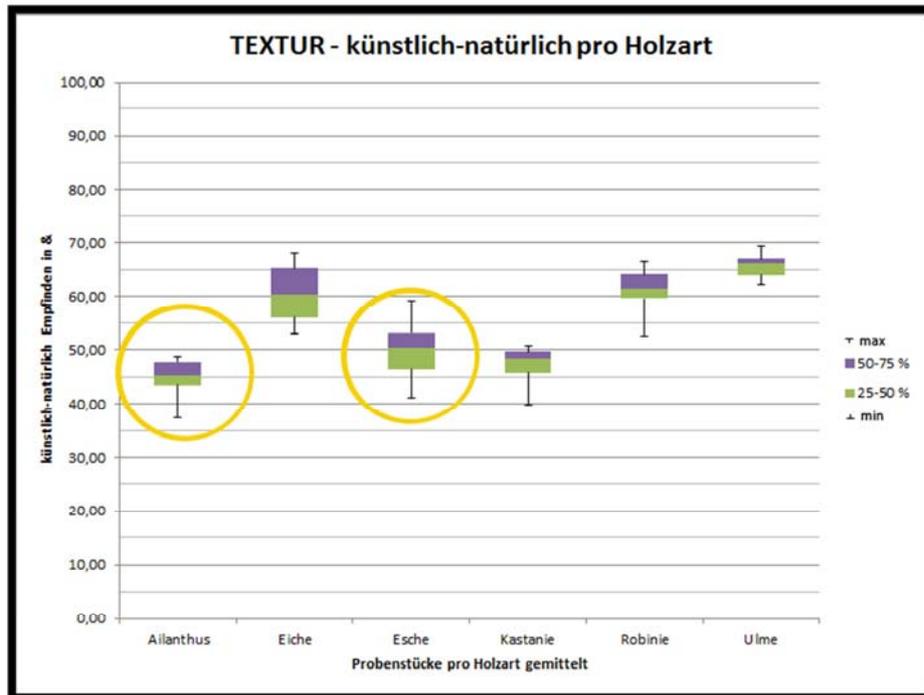


Abb. 4.6.: Textur der Holzarten nach dem Attribut „künstlich-natürlich“

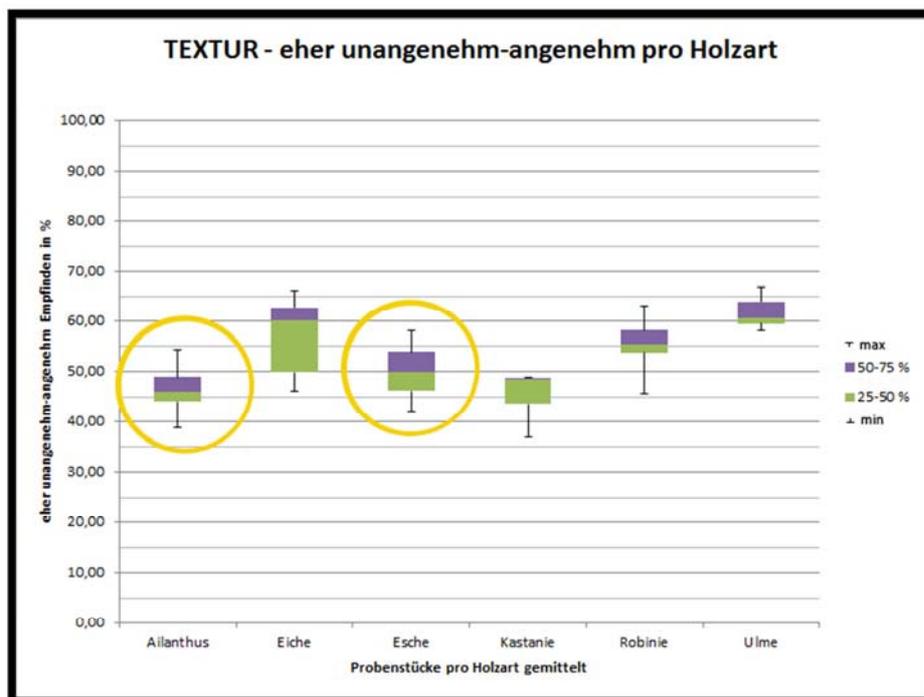


Abb. 4.7.: Textur der Holzarten nach dem Attribut „eher unangenehm-angenehm“

Vergleicht man die Aussagen der Probandengruppen miteinander sieht man in den Grafiken (Anhang 7.6-7.11) auf ersten Blick nicht, dass es statistisch gesehen doch gewisse signifikante Unterschiede zwischen Gruppen gibt.

Ailanthus wird von den Spezialisten, zwar mit einer größeren Streuung, aber eindeutig höher bewertet, allerdings wird die Textur von beiden als eher „kalt“ wahrgenommen. Eiche und Ulme werden in diesem Hinblick von beiden Gruppen ähnlich und für am „wärmsten“ gehalten. Den Laien nach ist die Textur der Esche mit einer größeren Varianz, aber gleich der von Götterbaum, was darauf schließen lässt, dass die Texturen der beiden Holzarten für nicht geübte Augen nicht leicht von einander zu unterscheiden sind. Auf die Experten wirkt Esche eindeutig „wärmer“, kommt aber nur mittelmäßig an. Die Maserung von Kastanie wirkt auf die Holzexperten „wärmer“, nicht so wie Robinie, die wiederum von den Laien höhere Werte erhält. Interessanterweise werden Eiche, Robinie und Ulme von den Laien in jedem Punkt am positivsten bewertet, sowie die Spezialisten eher Ulme und Eiche bevorzugen. Andererseits ist auch zu bemerken, dass stets die Holzbilder der Robinie und Eiche von den Holzexperten eine schlechtere Bewertung erhielten.

Beim Vergleich der Evaluierungen von Frauen und Männern zeichnet sich heraus, dass die helleren Holzarten von den Männern als „kälter“ empfunden werden, und die dunkleren als „wärmer“. Bei den Frauen ist das genau umgekehrt, dadurch kommt es zu eher großen Unterschieden bei der Bewertung von Ailanthus und auch Robinie. Letztere Textur wird von beiden Geschlechtern für eher „warm“ gehalten, für beide sind jedoch Esche und Götterbaum am „kältesten“ und Eiche und Ulme am „wärmsten“. Kastanie wird von beiden Gruppen der Esche ziemlich gleichgestellt.

Nachfolgend die signifikanten Unterschiede zwischen Ailanthus und Esche für die Eigenschaft „kalt-warm“ bezogen auf Probandengruppen zusammengefasst.

Statistische Abweichungen für „kalt-warm“ (vor UV-Bestrahlung):

- ***Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum***
- ***Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche***
- ***Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Götterbaum***

Im Punkt „künstlich-natürlich“ wird Götterbaum von Laien und Spezialisten ähnlich mittelmäßig, aber eher für „künstlich“ gehalten. Esche wird von beiden nur gering höher bewertet, die beiden Holzarten können in diesem Hinblick zwischen den beiden Gruppen für gleich angenommen werden. Eiche, Robinie

und Ulme werden von den Laien für die „natürlichsten“ Texturen wahrgenommen, und auch sehr ähnlich bewertet. Von den Spezialisten erhalten Eiche und Robinie etwas geringere Werte, Ulme dafür wirkt für sie am „natürlichsten“. Kastanie wird wiederholt von beiden mit Götterbaum und Esche gleichgestellt.

Kaum Unterschied gibt es zwischen den Bewertungen der Frauen und Männer für die Textur von Ailanthus und auch kaum bei Kastanie, die eher „künstlich“ wirken. Esche wird von den Männern als „natürlicher“ angesehen als von den Frauen, die mit einer größeren Streuung die Werte eher in Richtung „künstlich“ verzerren. Die „Natürlichkeit“ der Textur von Eiche, Robinie aber vor allem von Ulme sprechen die Männer besonders an. Frauen bewerten Eiche und Robinie etwas geringer, Ulme jedoch sichtbar nicht so „natürlich“ wie das andere Geschlecht.

Aus Sicht der Laien und Spezialisten wird die Textur von Götterbaum und Esche fast gleich mittelmäßig „angenehm“ evaluiert. Die Holzexperten sind von letzterer Holzart etwas mehr angesprochen. Kastanie liegt im Mittel auch wieder auf gleicher Ebene mit den beiden. Eiche und Robinie werden ähnlich bewertet und sind den Laien in gewisser Weise „angenehmer“, Ulme dafür eher den Spezialisten.

Der Vergleich zwischen den Evaluierungen von Frauen und Männern zeigt, dass die Texturen aller Holzarten außer Kastanie, von Männern präferiert werden. Ulme, Eiche, Robinie sind ähnlich bewertet worden und wirken am „angenehmsten“, wo hingegen Esche, Kastanie und Götterbaum eine mittelmäßige Leistung produzieren.

Insgesamt zeigt die Auswertung der Evaluierung der Texturen, dass weder Ailanthus noch Esche eine herausragende Wirkung auf die Probanden haben. Die Holzbilder schneiden in jedem Vergleich mittelmäßig ab, ähneln Kastanie am meisten liegen aber mit 40-55 % unter allen weiteren Holzarten. Die statistische Auswertung zeigt wenige signifikante Abweichungen zwischen den beiden Holzarten, und auch in den Augen der Probandengruppen werden sie als stark ähnlich bewertet. Am positivsten wahrgenommen werden Ulme (60-65 %), Eiche (55-65 %) und an dritter Stelle Robinie (54-64 %). Die Grafiken 7.9 – 7.11 im Anhang deuten auch darauf hin, dass von der Textur her die Ulme von beiden Geschlechtern bevorzugt wird, Ailanthus und Esche in diesem Aspekt als mittelmäßig eingestuft werden.

Die folgende Grafik weist alle statistisch bestätigten signifikanten Abweichungen auf, hervorgehoben sind die beobachtbaren Unterschiede bei der Untersuchung der Textur.

		TEXTUR	FARBE_vUV	FARBE_nUV	HOLZ_vUV	HOLZ_nUV			REF_vUV	REF_nUV
kalt-warm	Ail-Esc	-	x	-	-	x	and.-gleich	Ail-Esc	x	x
	L/S Ail	x	x	-	x	x		L/S Ail	-	-
	L/S Esc	x	x	-	x	x		L/S Esc	-	-
	L Ail-Esc	-	-	x	x	-		L Ail-Esc	x	x
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x		S Ail-Esc	x	x
	F/M Ail	x	-	-	x	-		F/M Ail	-	-
	F/M Esc	-	x	x	x	x		F/M Esc	-	-
	F Ail-Esc	-	-	x	-	-		F Ail-Esc	x	x
	M Ail-Esc	-	-	x	-	x		M Ail-Esc	x	x
künstl.-nat.	Ail-Esc	x	x	x	-	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	x				
	L/S Esc	-	-	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	-	-	-	-				
	F/M Esc	-	-	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				
e. unan.-ang.	Ail-Esc	x	x	x	x	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	-				
	L/S Esc	-	x	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	x	-	-	x				
	F/M Esc	-	x	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				

Legende:

x signifikante Abweichung
zwischen Aussagen

- kein signifikanter
Unterschied

L/S Laien/Spezialisten

F/M Frauen/Männer

Ail Ailanthus

Esc Esche

vUV vor UV-Bestrahlung

nUV nach UV-Bestrahlung

Abb. 4.8.: Statistische Auswertung der unterschiedlichen Bewertungen von Götterbaum und Esche (ANOVA) – TEXTUR markiert

4.2.2 Evaluierung der Farben

Die Mittelwerte der Absolutfarben der einzelnen Probenstücke ergeben die Bewertungen der untersuchten Holzarten, die im Vergleich zueinander sich folgendermaßen verhalten. Esche (47-54 %) überholt Ailanthus jeweils mit rund 5 Prozentpunkten, schneidet dadurch in Hinsicht jeder Eigenschaft geringfügig besser ab. Die unbehandelte Farbe von Ailanthus (45-50%) wird am „kältesten“ bewertet und Ulme (62-65 %) am „wärmsten“.

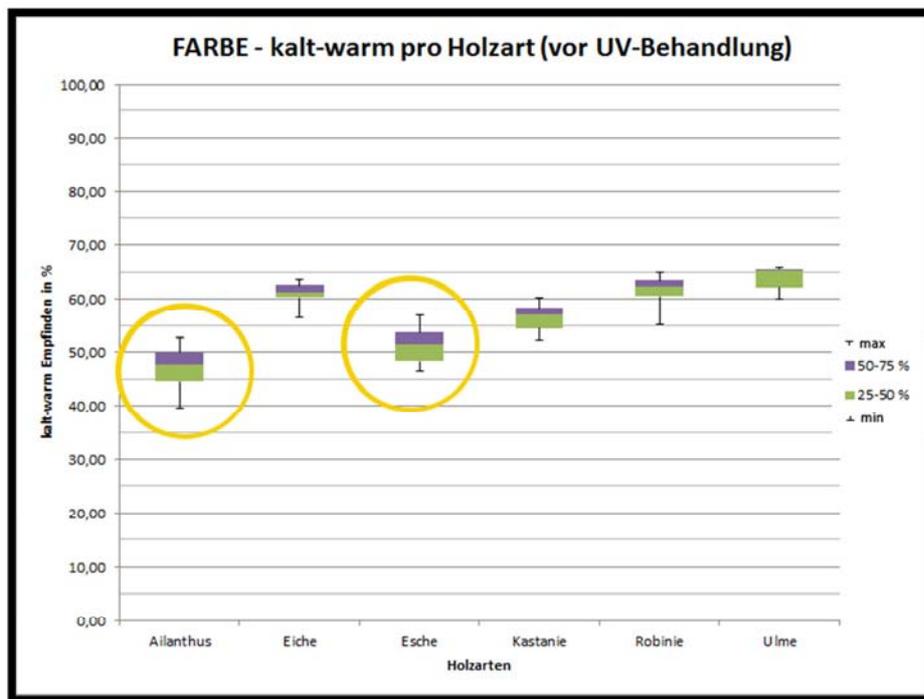


Abb. 4.9.: Farbe der Holzarten nach dem Attribut „kalt-warm“ (vor UV-Bestrahlung)

Die Evaluierung der Farben für die Skala „künstlich-natürlich“ betont sehr eindeutig, dass die Farben von diversen Hölzern nicht den eigentlichen Naturstoff repräsentieren. Der bedeutende Teil der Bewertungen sammelt sich im Bereich zwischen 44-58 %, woraus im Allgemeinen resultiert, dass die Probanden die Farben ohne Textur vor der UV-Behandlung nicht besonders hochschätzen. Die Absolutfarbe von Kastanie wird am künstlichsten beurteilt.

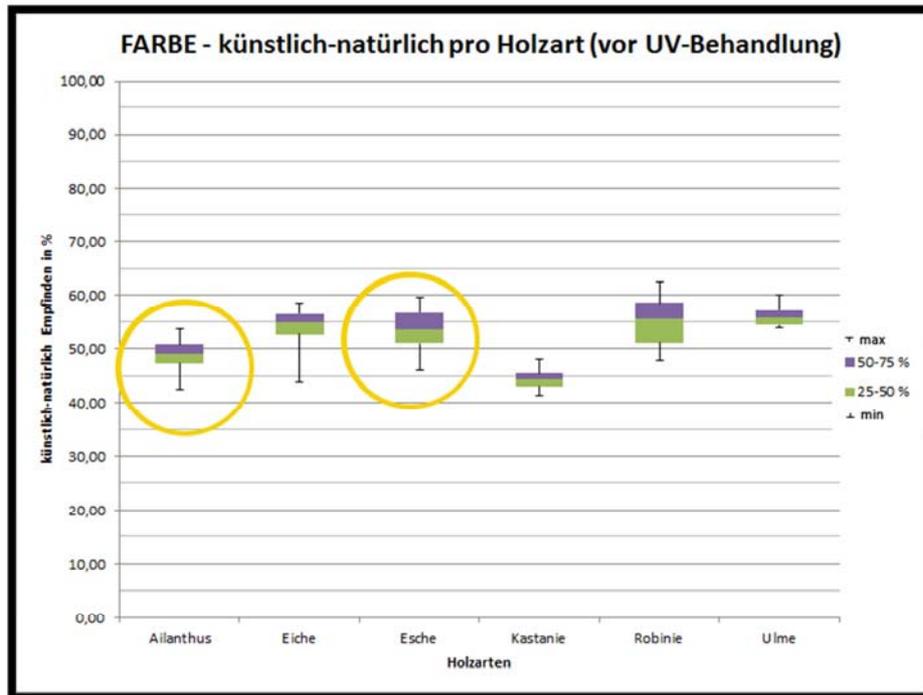


Abb. 4.10.: Farbe der Holzarten nach dem Attribut „künstlich-natürlich“ (vor UV-Bestrahlung)

Dasselbe ist auch für die Eigenschaft „unangenehm-angenehm“ zu behaupten, wobei sich hier die Verteilung der meisten Werte aller Holzfarben zwischen 43 und 61 % erstreckt. Mit Ausnahme von Kastanie werden alle Farben doch für eher angenehm empfunden, aber die Evaluierung fällt sehr mittelmäßig aus. Esche (55-60 %) wird zwar etwas besser bewertet als Götterbaum (50-55 %), weicht aber nur geringfügig ab.

Bemerkenswert ist noch, dass die Farben im Punkt „kalt-warm“ im Vergleich zu den anderen untersuchten Eigenschaften größere Unterschiede aufweisen. Obwohl teilweise hohe Farbdistanzen ($dE > 18$) gemessen wurden, wie der Tabelle 1.2 im Anhang zu entnehmen, sind keine Unterschiede in der Beurteilung der Farben von Esche, Eiche, Robinie und Ulme zu erkennen. Die Distanz zwischen den Absolutfarben von Esche und Ailanthus ist signifikant geringer ($dE=1,90$), trotzdem wirkt der Götterbaum insgesamt „künstlicher“ und weniger „angenehm“.

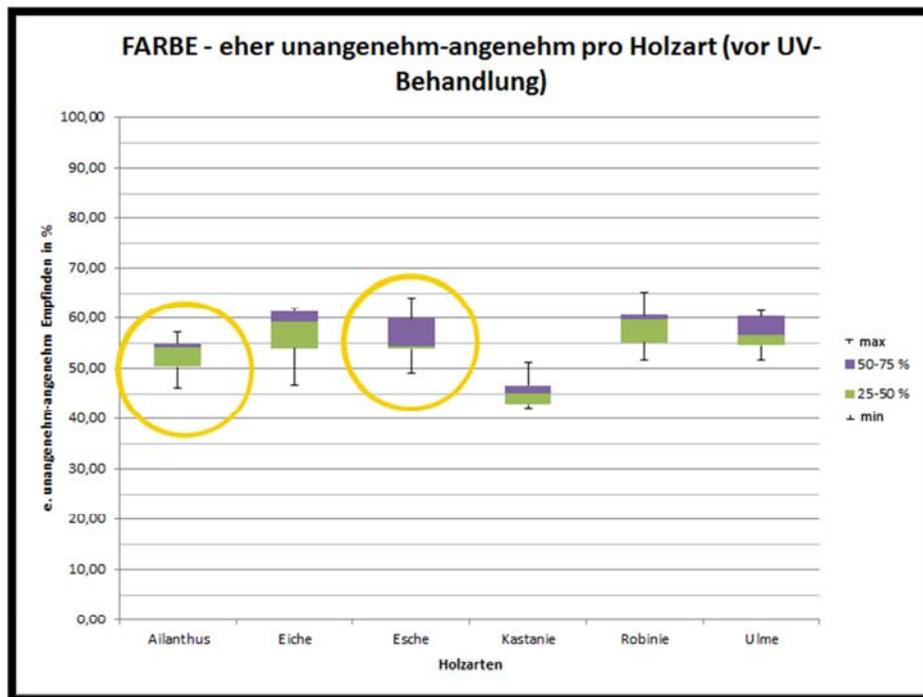


Abb. 4.11.: Farbe der Holzarten nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“ (vor UV-Bestrahlung)

Im Verlauf des Versuches wurden die Probenstücke durch Einwirkung von UV-Strahlen künstlich bewittert. Die Abbildung 4.14 dient der grafischen Darstellung des Ausmaßes der Farbänderung durch die 100 stündige UV-Bestrahlung. Die Messung zeigt alle Holzproben der jeweiligen Holzart in einer Grafik. Abzulesen ist die minimale Farbdifferenz zum Originalzustand bzw. die Streuung, wie sehr die Farbänderungen innerhalb einer Holzart variiert. An helleren Hölzern ist die „Anfeuerung“ der Farbe stärker geprägt, wie es am Beispiel Ailanthus, Esche und auch Kastanie sichtbar ist. Wie auch aus Tabelle 1.1 im Anhang abzulesen ist, haben sich sämtliche Farben in Richtung Gelb-Rot verschoben. Esche, Götterbaum, Eiche und Kastanie weisen einen proportional stärkeren Gelbstich, die Farbe von Robinie geht vom Grün stark ins Rötliche über und Ulme verändert sich als einzige Holzart Richtung Grün.

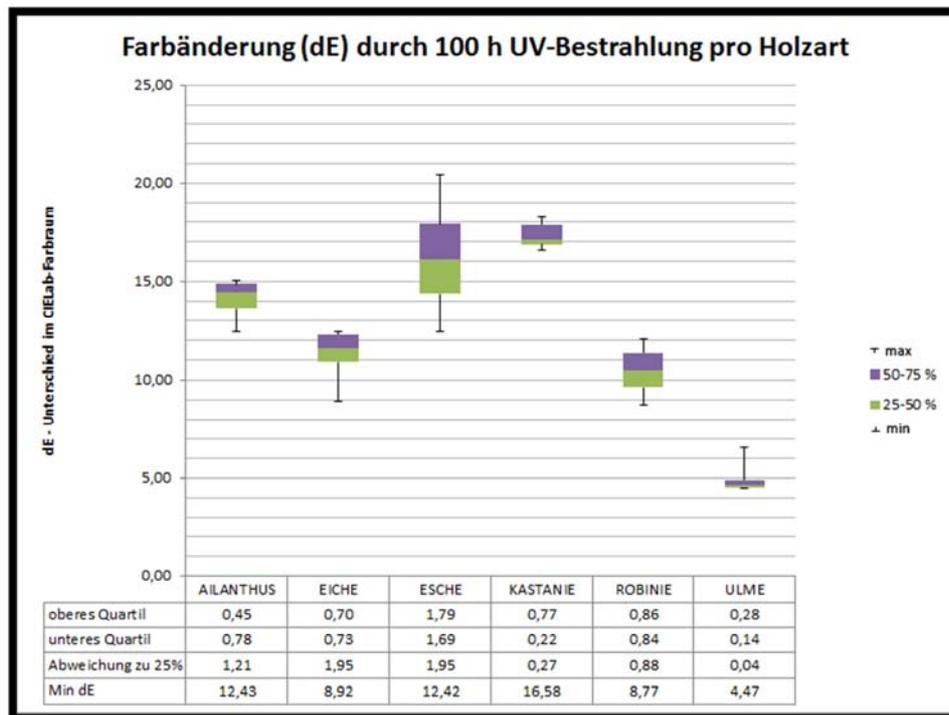


Abb. 4.12.: Ausmaß der Farbänderungen der Holzarten durch UV-Behandlung

Als Konklusion der oben angeführten Farbänderungen war zu erwarten, dass sich die Werte bezogen auf die neuen Farbkarten dementsprechend auch neu ausrichten. So kann man im Vergleich vor und nach UV-Bestrahlung erkennen, dass die hellen Holzarten einen „wärmeren“ Eindruck machen, als zu Anfang, Eiche und Ulme bei der zweiten Befragung „kälter“ realisiert werden als davor und alleine Robinie ziemlich die gleiche Bewertung erhält. Die Farben aller Holzarten sind einander ähnlicher geworden, wodurch auch die Evaluierungen homogenere Bilder zeigen als bei der ersten Befragung.

Der Statistik zu folge kommt es zu signifikanten Unterschieden zwischen den Bewertungen der neuen Farben von Esche und Götterbaum. Esche wird ähnlich „warm“ bewertet wie Kastanie (um 60 %), Robinie wird am „wärmsten“ wahrgenommen und Ailanthus liegt mit Eiche und Ulme auf einer Höhe (50-54 %). Aus Sicht der Varianzanalyse ist der Götterbaum allen Attributen nach signifikant anders als Esche, „kälter“, „künstlicher“ und „unangenehmer“.

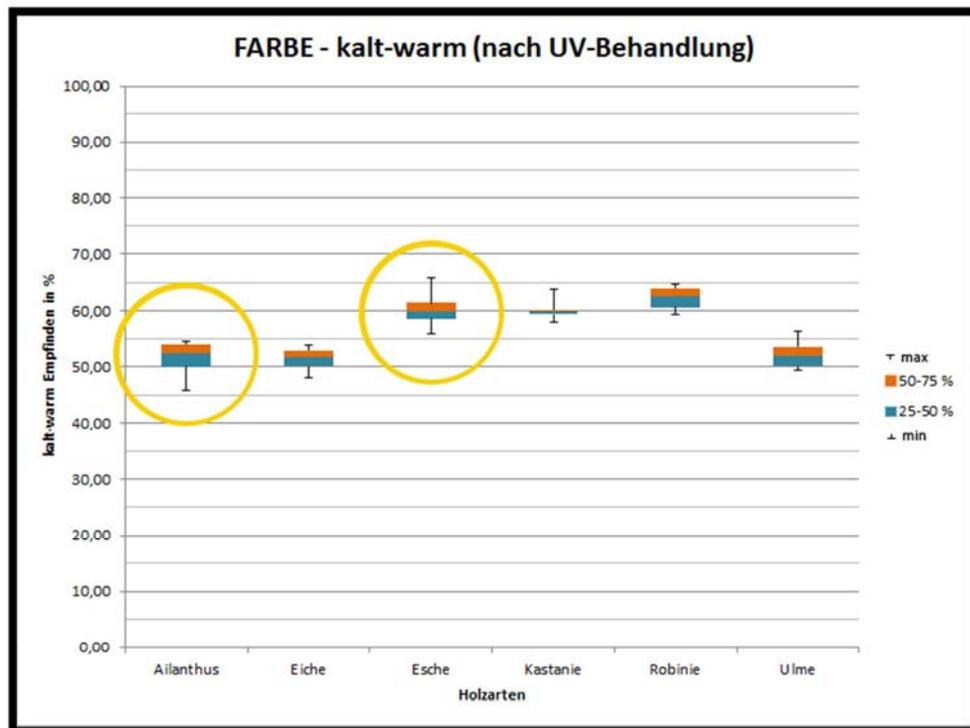


Abb. 4.13.: Farbe der Holzarten nach dem Attribut „kalt-warm“ (nach UV-Bestrahlung)

Den Farbkarten nach, wird Ailanthus zwischen den Werten 49-53 % und Esche um 60 % herum als „natürlich“ bezeichnet. Auch die Abweichung der Farbe von Kastanie ist bemerkbar hoch und wird um mehr als 10 % „natürlicher“ eingeschätzt als zuvor. Robinie ändert sich auch in dieser Hinsicht kaum, aber überraschenderweise werden die Farben von Eiche und Ulme „künstlicher“ wahrgenommen als Götterbaum und alle weiteren Holzarten.

Derselbe Verlauf ist auch auf Abbildung 4.16 zu verfolgen, der die Holzarten hinsichtlich der Eigenschaft „unangenehm-angenehm“ verbildlicht. Die Farben von Götterbaum, Esche und Kastanie werden durch die Verschiebung in Richtung Gelb-Rot „angenehmer“ als anfangs bewertet. Robinie bleibt trotz seiner Farbänderung ins Rote zwischen 55-63 %, nicht so wie Eiche und Ulme, deren neue Absolutfarbwerte auffällig negativer, aber immer noch als mittelmäßig angesehen werden.

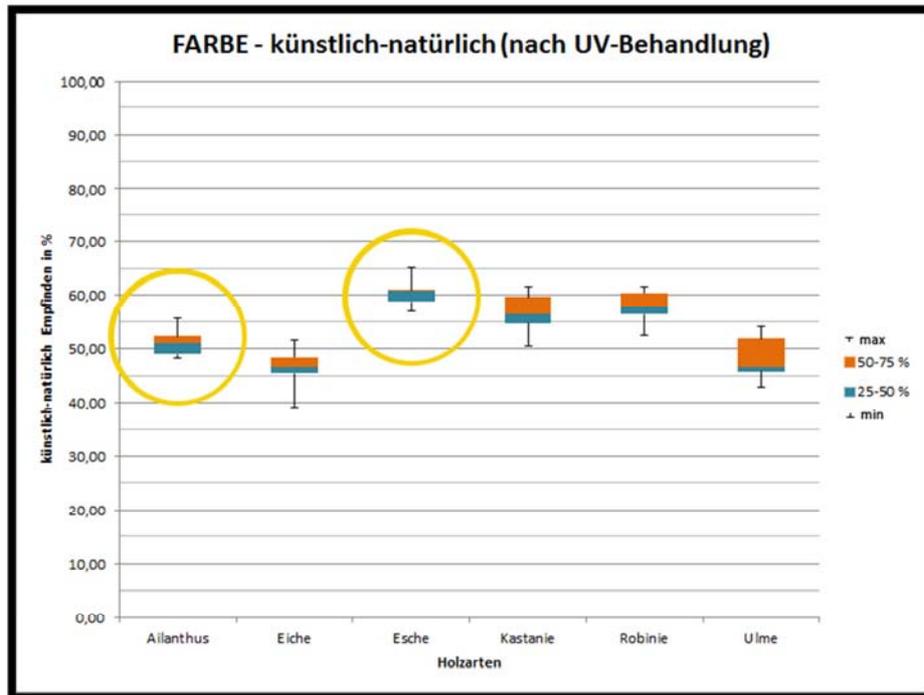


Abb. 4.14.: Farbe der Holzarten nach dem Attribut „künstlich-natürlich“ (nach UV-Bestrahlung)

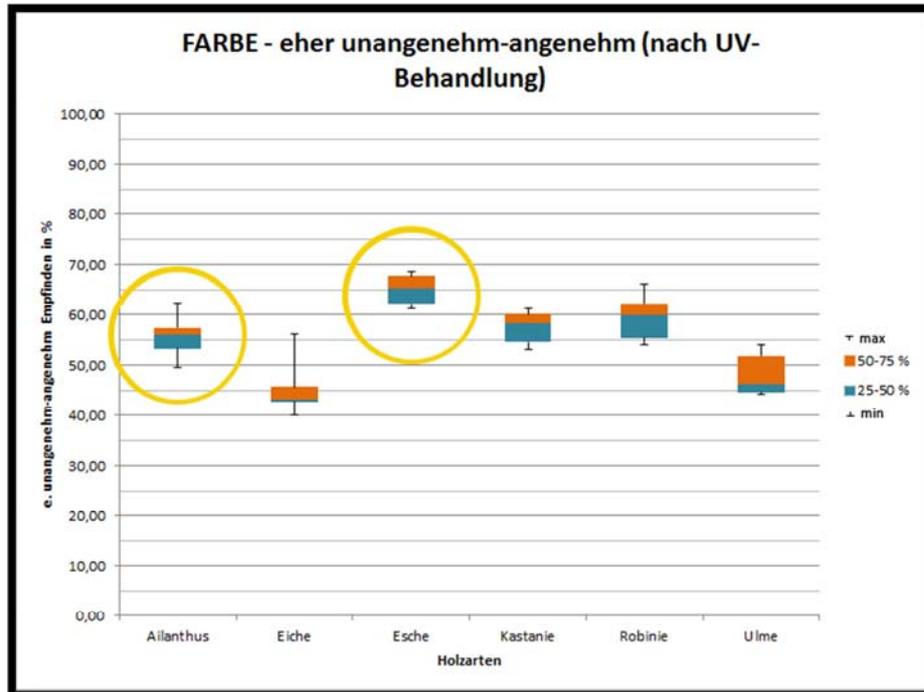


Abb. 4.15.: Farbe der Holzarten nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“ (nach UV-Bestrahlung)

Unterteilt man die untersuchten Attribute auf die Probandengruppen Laien und Spezialisten, und vergleicht man den Originalzustand mit den UV-Veränderten Farben, kann man folgende Resultate erkennen, wie den Grafiken 7.12-7.23 im Anhang zu entnehmen.

Ailanthus und Esche wird in jeder Hinsicht von den Holzexperten besser bewertet, genau umgekehrt ist es mit den restlichen Holzarten, deren Farben von den Laien die höheren Prozentpunkte vor und nach UV-Bestrahlung erhalten. Die Farben von Götterbaum und Esche weisen den größten Unterschied zwischen den Aussagen der beiden Gruppen auf, obwohl grundsätzlich die Werte nach der UV-Bestrahlung homogener verteilt wurden und auch die gemessene Farbdifferenz am geringsten ist. Wie schon erwähnt werden die dunkleren Holzarten nach der künstlichen Bewitterung „kälter“ als zu Beginn eingeschätzt. Die Farbkarten von Ulme und Eiche werden von beiden Probandengruppen mit niedrigeren Punkten benotet, die Ansichten gegenüber Robinie bleiben annähernd gleich. Die Farbe von Eiche wird von den Laien ähnlich bewertet, wie von den Holzexperten und wird dadurch bei der zweiten Beurteilung mit Ailanthus fast gleichgestellt.

Der Aspekt Farbe wurde ebenfalls auf Unterschiede zwischen Frauen und Männern untersucht, erwies jedoch keine unerwarteten Ergebnisse. Die Grafiken 7.18 und 7.19 zeigen die geringe Veränderung der Wahrnehmung trotz beträchtlicher Farbdifferenzen in Hinblick auf das Eigenschaftenspaar „kalt-warm“. In Anbetracht des geringen Farbunterschiedes zwischen Götterbaum und Esche ist doch schwer verständlich weshalb Ailanthus für beide Geschlechter „kälter“ wirkt. Beide, sowie auch Kastanie werden von den Männern nach der Farbänderung „wärmer“ bewertet. Durch die Annäherung der helleren Farben an die kontrastreichen Holzarten, werden Eiche und Ulme wieder von beiden Probandengruppen „kälter“ als zuvor eingeschätzt, daher auch die Äquivalenz mit Ailanthus. Es zeichnet sich noch heraus, dass für die Gruppe der Frauen die Änderung von Kastanie, für die Männer die von Robinie in Richtung „warm“ tendiert.

Statistische Abweichungen für „kalt-warm“ (vor UV-Bestrahlung):

- ***Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum***
- ***Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche***

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**

Statistische Abweichungen für „kalt-warm“ (nach UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Nach dem Eigenschaftenspaar „künstlich-natürlich“ wird die Farbe von Götterbaum und Esche wiederholt von den Holzexperten „natürlicher“ bewertet, wobei sich diese Differenz nach der zweiten Befragung bei Ailanthus mindert. Die Probandengruppen sind sich bei den Farben von Kastanie und Robinie einig, dass sie natürlicher geworden sind, im Gegensatz zu Eiche und Ulme, die sich vom „natürlicheren“ ins „künstlichere“ verschoben haben. Auffällig ist die große Abweichung der Meinung der Laien gegenüber der neuen Farbe von Eiche, die markant „künstlicher“ beurteilt wurde.

Die Originalfarben von Ailanthus und Ulme werden von den Männern stark einstimmig als eher mittelmäßig (um 55 %) „natürlich“ bewertet, Kastanie für eher „künstlich“. Die Frauen sehen Eiche für eher „natürlich“ und ebenfalls Kastanie für eher „künstlich“, die Antworten variieren allerdings stark bei Ailanthus und Esche. Das ändert sich abrupt sichtbar in der zweiten Befragung, wo sich die Farben auch ähnlicher werden. Den beiden Probandengruppen sind Esche und Robinie eindeutig am „natürlichsten“, gefolgt von Kastanie, wobei die Männer den Schnitt geringfügig senken. Ailanthus wird auch in diesem Hinblick als mittelmäßig, fast gleich wie bei der ersten Evaluierung bewertet. Eiche und Ulme kommen den Frauen „natürlicher“ vor als den Männern, sind aber beide eher auf der „künstlichen“ Seite vertreten.

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (vor UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum**

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (nach UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**

Auch im Punkt „unangenehm-angenehm“ ändern sich die Meinungen wie in den dazugehörigen Grafiken (Anhang 7.16, 7.17, 7.22, 7.23) zu sehen. Die Originalfarben von Esche und Ailanthus werden von Laien und Experten als relativ ähnlich „mittelmäßig-angenehm“ bewertet, wobei die Spezialisten etwas höhere Werte angeben. Eiche, Ulme und Robinie werden ähnlich „angenehm“ wahrgenommen, Kastanie etwas schwächer, alle von Holzexperten bevorzugt. Nach der UV- Behandlung werden Eiche und Ulme als „eher unangenehm“ eingeschätzt im Gegensatz zu den restlichen Holzarten. Die Bewertungen zeigen auch hier ein homogeneres Bild. Esche schneidet am besten ab, gefolgt von Robinie, Kastanie und knapp danach erst Götterbaum.

Für die Gruppe der Männer sind die Farben von Esche, Götterbaum, Eiche aber auch Robinie und Ulme „angenehm“. Die Bewertung der Frauen für Eiche, Robinie und Ulme fällt ähnlich aus, jedoch werden Ailanthus und Esche von dieser Gruppe für etwas „unangenehmer“, wiederholt für sehr mittelmäßig gehalten. Beide sind sich einig, dass Kastanie am „unangenehmsten“ erscheint. Nach der UV-Behandlung wird die neue Farbe von Ailanthus von beiden Gruppen relativ gleich im Mittel um 55 % benotet. Bei den Männern dominiert eindeutig Esche, nach Robinie erst Götterbaum und die veränderte Farbe von Kastanie wirkt sogar angenehmer als Eiche und Ulme. Die Frauen geben zwar geringere Werte an, aber die Reihenfolge der Präferenz ist gleich die der Männer.

Der statistischen Analyse nach werden signifikante Unterschiede zwischen den Aussagen der beiden Probandengruppen in Hinsicht auf Ähnlichkeit der Farben von Götterbaum zu Esche hervorgehoben.

Statistische Abweichungen für „e. unangenehm-angenehm“ (vor UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen von Laien und Spezialisten Bewertungen für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**

Statistische Abweichungen für „e. unangenehm-angenehm“ (nach UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Die Farben von Ailanthus und Esche sind sich nach wie vor ähnlich, werden in jeder Hinsicht mittelmäßig bewertet, laut Varianzanalyse sind jedoch nach der UV-Bestrahlung bei jeder Eigenschaft signifikante Unterschiede festzustellen, wie in Abbildung 4.16 auch zusammengefasst.

		TEXTUR	FARBE_vUV	FARBE_nUV	HOLZ_vUV	HOLZ_nUV			REF_vUV	REF_nUV
kalt-warm	Ail-Esc	-	x	-	-	x	and.-gleich	Ail-Esc	x	x
	L/S Ail	x	x	-	x	x		L/S Ail	-	-
	L/S Esc	x	x	-	x	x		L/S Esc	-	-
	L Ail-Esc	-	-	x	x	-		L Ail-Esc	x	x
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x		S Ail-Esc	x	x
	F/M Ail	x	-	-	x	-		F/M Ail	-	-
	F/M Esc	-	x	x	x	x		F/M Esc	-	-
	F Ail-Esc	-	-	x	-	-		F Ail-Esc	x	x
	M Ail-Esc	-	-	x	-	x		M Ail-Esc	x	x
künstl.-nat.	Ail-Esc	x	x	x	-	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	x				
	L/S Esc	-	-	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	-	-	-	-				
	F/M Esc	-	-	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				
e. unan.-ang.	Ail-Esc	x	x	x	x	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	-				
	L/S Esc	-	x	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	x	-	-	x				
	F/M Esc	-	x	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				

Legende:

- x signifikante Abweichung zwischen Aussagen
- kein signifikanter Unterschied
- L/S Laien/Spezialisten
- F/M Frauen/Männer
- Ail Ailanthus
- Esc Esche
- vUV vor UV-Bestrahlung
- nUV nach UV-Bestrahlung

Abb. 4.16.: Statistische Auswertung der unterschiedlichen Bewertungen von Götterbaum und Esche (ANOVA) – FARBE vor und nach UV-Bestrahlung markiert

4.2.3 Evaluierung der Holzproben

Nach den Textur- und Farbkarten wurden auch die Holzproben selber von denselben Probanden zweimal evaluiert. Die folgenden Grafiken zeigen die Ergebnisse.

Unbehandelt werden Eiche (65 %), Ulme (63-66 %) und Robinie (61-63 %) für am „wärmsten“ empfunden gefolgt von Kastanie (55-58 %) und das Holz von Götterbaum (52-55 %) übertrifft in dieser Hinsicht sehr gering den Durchschnitt der Esche (48-54 %), statistisch gesehen nicht signifikant.

Auch für die „natürlichste“ Holzart wird Eiche mit über 70 Prozentpunkten betrachtet, danach kommt Esche (65-66 %), Kastanie (59-60 %) und Ailanthus wird ähnlich wie Ulme zwischen 56-58 % für „natürlich“ gehalten, was doch eine markante Abweichung zu Esche bedeutet. Robinie wird insgesamt für stark mittelmäßig gehalten (47-51 %).

Abbildung 4.19 zeigt, dass das Holz von Esche und Eiche im unbehandelten Zustand für „angenehm“ empfunden werden (ca. 64-67 %). Kastanie liegt mit 61 % nicht weit entfernt, doch zwischen Esche und Ailanthus (54-58 %) zeichnet sich auch in diesem Hinblick ein Unterschied von fast 10 % heraus. Ulme (51-55 %) wird am wenigsten für angenehm empfunden und die Werte für Robinie (44-46 %) tendieren sogar eher Richtung „unangenehm“.

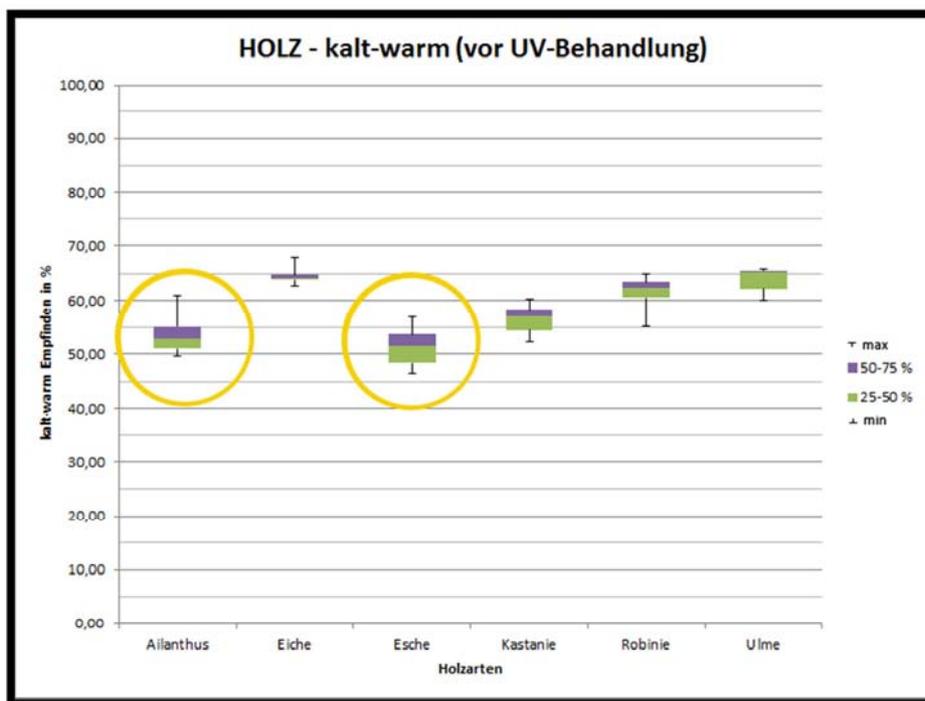


Abb. 4.17.: Holzproben nach dem Attribut „kalt-warm“ (vor UV-Bestrahlung)

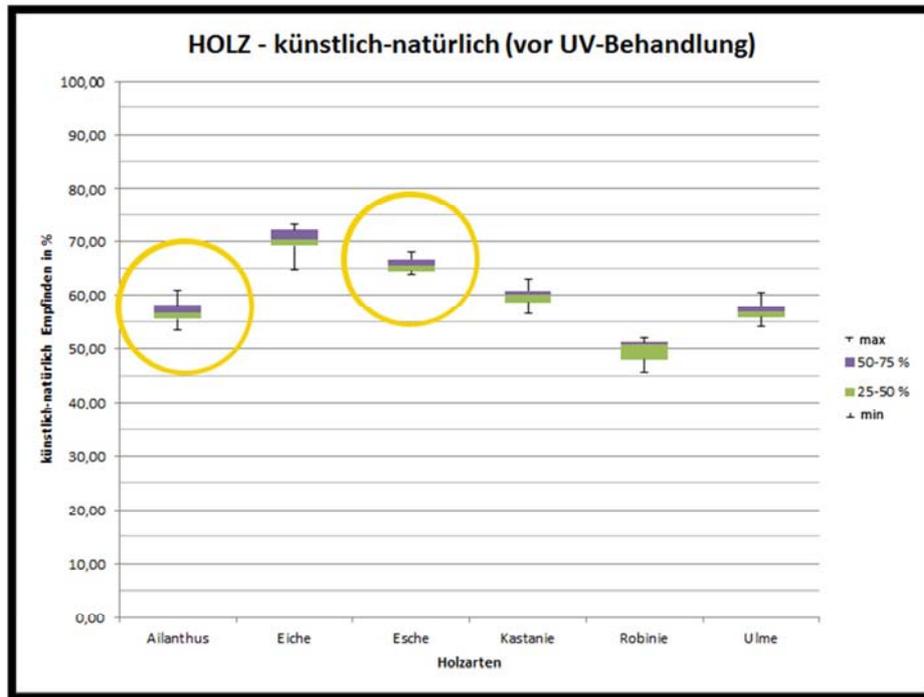


Abb. 4.18.: Holzproben nach dem Attribut „künstlich-natürlich“ (vor UV-Bestrahlung)

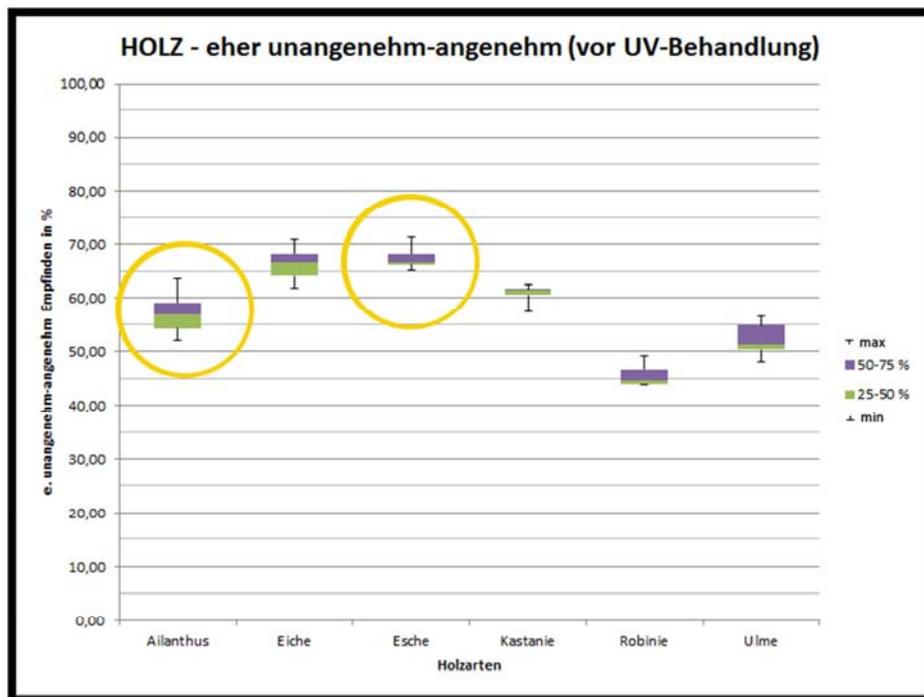


Abb. 4.19.: Holzproben nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“ (vor UV-Bestrahlung)

Nach der UV-Bestrahlung ist vor allem zu bemerken, dass alle Holzarten außer Ulme (51-54 %), die niedrigere Werte erhält als bei der ersten Befragung, in gewissem Maß für „wärmer“ gehalten werden als zuvor, was auch aus den Resultaten der Farben zu erwarten war. Robinie nimmt statt Eiche den „wärmsten“ Platz mit 69 % ein, die Werte von Kastanie liegen zwischen 63-66 %, Esche (61-63 %) und Eiche (um 63 %) werden ähnlich wahrgenommen, und der Varianzanalyse zu folge unterscheidet sich das Holz des Götterbaums (58-59 %) wieder stark von Esche.

Das Holz der Esche (66-67 %) wurde sowohl vor der UV-Bestrahlung für „natürlich“ bewertet, als auch danach behielten die Probanden dieselbe Meinung. Eiche erhält 62-64 %, Robinie und Kastanie werden ähnlich eingestuft (zwischen 57-62 %) und das Holz von Götterbaum (57-58 %), das ähnlich, wie vor der Behandlung bewertet wurde, weist wieder eine schwächere Leistung verglichen zu Esche auf. Die Werte von Ulme liegen mit 50-52 % unter allen anderen Holzarten.

Wiederholt liegt der Unterschied zwischen dem Holz der Esche (68-69 %) und Götterbaum (58-61 %) in Hinblick auf die Frage „eher unangenehm-angenehm“ bei fast 10 Prozentpunkten, wie aus Grafik 4.22 ersichtlich. Die Werte von Eiche, Kastanie und Robinie überschneiden sich zwischen (60-64 %) und Ulme (46-50 %) wird teilweise sogar als „eher unangenehm“ wahrgenommen.

Als Resultat ist festzuhalten, dass sich das Holz von Götterbaum in den Augen der Probanden trotz starker Farbänderung nicht sehr verändert hat, Esche im Gegensatz erhält signifikant höhere Werte, wodurch der Unterschied zwischen den Hölzern im Endeffekt sich vergrößert.

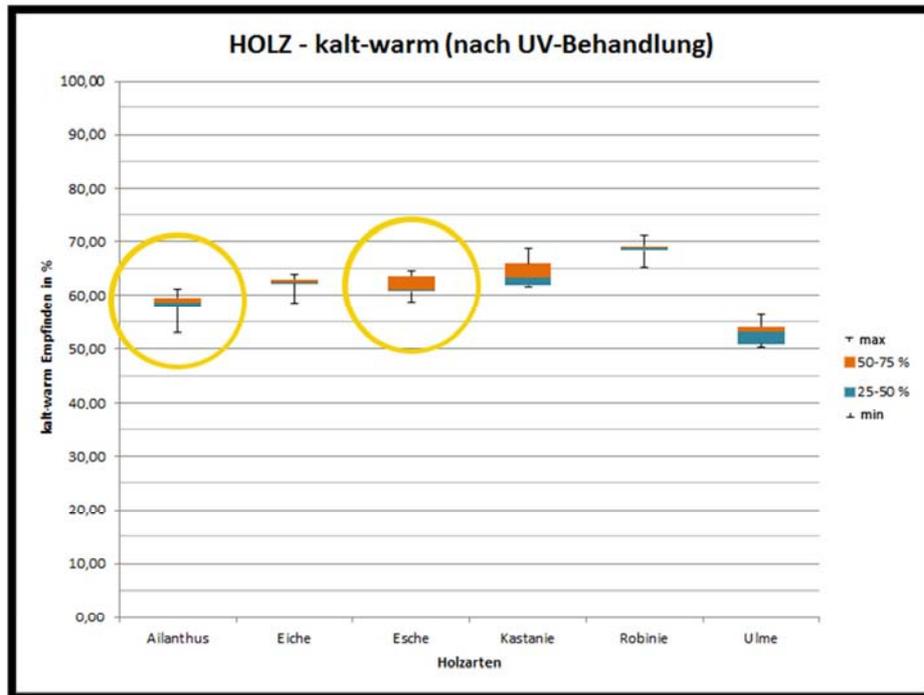


Abb. 4.20.: Holzproben nach dem Attribut „kalt-warm“ (nach UV-Bestrahlung)

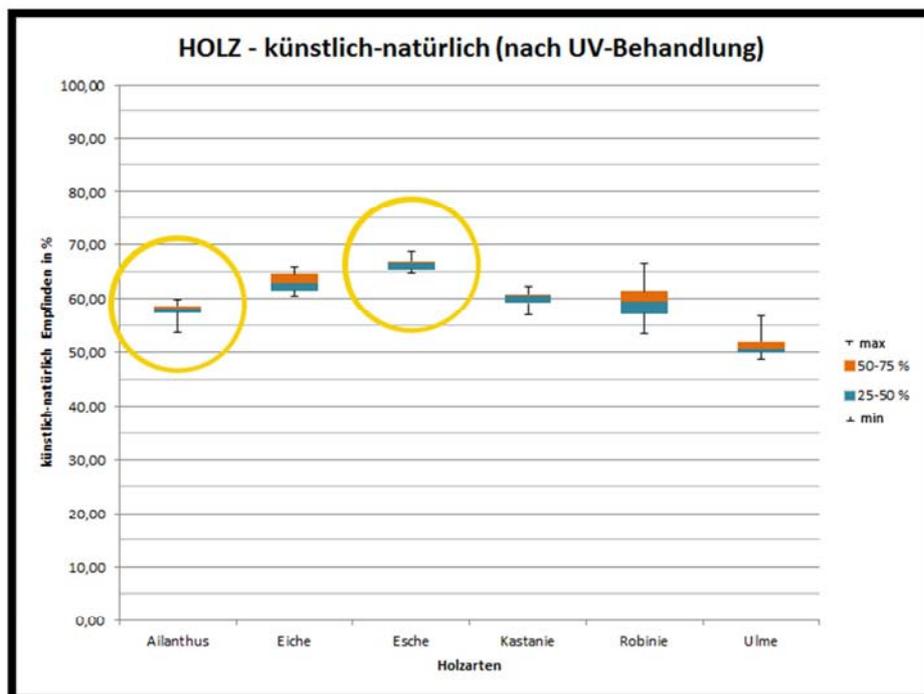


Abb. 4.21.: Holzproben nach dem Attribut „künstlich-natürlich“ (nach UV-Bestrahlung)

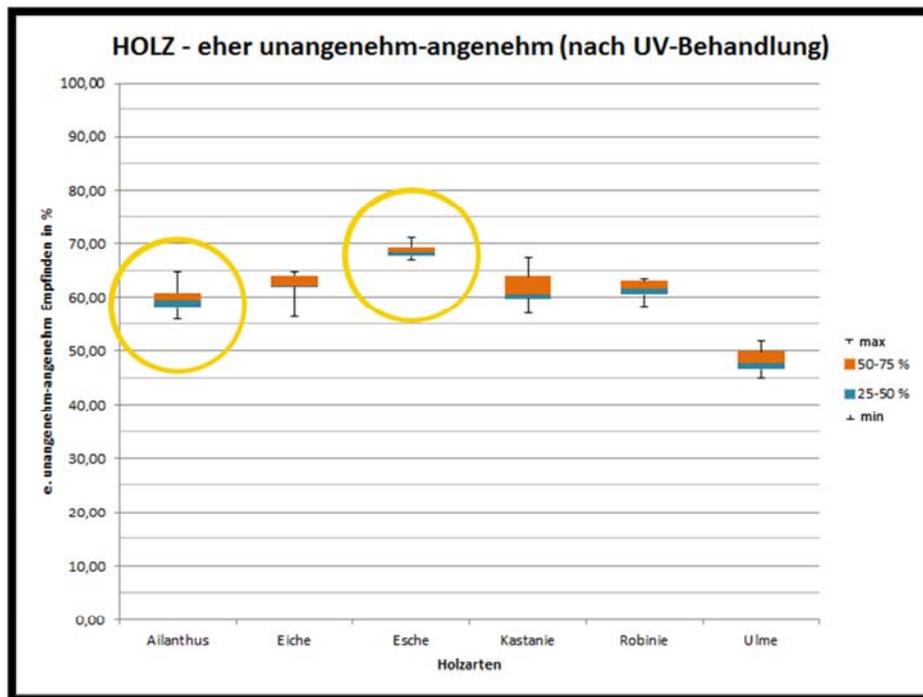


Abb. 4.22.: Holzproben nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“ (nach UV-Bestrahlung)

Teilt man die Antworten auf die Frage „kalt-warm“ nach den Probandengruppen auf sieht man (Anhang 7.24-7.35), dass sich die Abweichungen der Meinungen von Laien und Experten zwischen den zwei Befragungen vergrößert haben. Beide bewerten Esche „wärmer“ als Ailanthus, doch die Holzspezialisten benoten beide Holzarten höher als die Laien. Im Vergleich vorher-nachher, sieht man, dass die Mittelwerte der beiden Holzarten sich für die Laien nur gering ändern, diese bleiben daher mittelmäßig. Im Gegensatz dazu verschieben sich die Evaluierungen der Experten Richtung „wärmer“. Eiche wird bei der zweiten Befragung in Anbetracht beider etwas „kälter“, sowie auch Ulme, die von den Spezialisten zum Großteil unter 50 % erhält. Kastanie bleibt trotz der Farbänderung ziemlich gleichbewertet und damit der Eiche ähnlich. Es ändert sich aber Robinie stark in den „warmen“ Bereich, vor allem in den Augen der Laien, wird dadurch der Esche ähnlich gestellt.

Betrachtet man die Unterschiede von Frauen zu Männern merkt man, dass Eiche und Ulme im Vergleich zum unbehandelten Zustand „kälter“ gesehen werden. Robinie sich jedoch mit ähnlicher Proportion wie vor UV-Bestrahlung ins „wärmere“ verschiebt. Die Holzproben von Götterbaum werden von den Frauen nach der Verfärbung als „wärmer“ empfunden, und damit sind sich die beiden Gruppen nach der Bestrahlung fast gleich. Dadurch, dass Esche von den

Männern etwas „kälter“ und von den Frauen jedoch gering „wärmer“ eingeschätzt wird, verringert sich der Unterschied zwischen den Geschlechtern in dieser Hinsicht.

Den Werten nach, gibt es folgende signifikante Unterschiede zwischen dem Holz der Esche und Götterbaum für das Eigenschaftenspaar „kalt-warm“.

Statistische Abweichungen für „kalt-warm“ (vor UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**

Statistische Abweichungen für „kalt-warm“ (nach UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Esche ist auch in Betracht der Holzproben „natürlicher“ als Götterbaum, zeigen die Werte der Laien sowohl der Experten. Nach der Bewitterung nimmt die Natürlichkeit von Eiche in Augen beider Gruppen ab, und damit ist Esche für die Spezialisten am „natürlichsten“. Kastanie bleibt nach wie vor mittelmäßig, Ulme allerdings wird von den Experten als „künstlicher“ bewertet, im Gegensatz zu den

Laien, denen das Holz geringfügig „wärmer“ erscheint. Robinie werden dafür von beiden Gruppen höhere Werte zugefügt und wirkt damit ähnlich „natürlich“, wie Kastanie.

Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist bei einigen Holzarten der Originalholzproben auffälliger. Eiche, Ulme und vor allem Robinie werden von den Frauen eindeutig „natürlicher“ eingestuft. Das stimmt auch nach der UV-Bestrahlung, doch die Werte zwischen den Geschlechtern werden ähnlicher. Außer bei Esche, diese wird von den Männern nach der Farbänderung noch „natürlicher“ eingestuft, als auch Götterbaum. Auf Frauen wirken beide weniger „natürlich“. Kastanie bleibt ungefähr gleich wie bei der ersten Befragung.

Herausgehoben wieder die statistisch signifikanten Abweichungen zwischen den Bewertungen des Holzes von Ailanthus und Esche in Betracht der Frage „künstlich-natürlich“.

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (vor UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (nach UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**

- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Die Unterschiede zwischen Laien und Spezialisten in Hinblick auf „unangenehm-angenehm“ zeigen dass vor der Bestrahlung für die Experten Esche und Eiche am „angenehmsten“ waren, danach Ailanthus und Kastanie mit ähnlichen Werten und gefolgt von Ulme und als „eher unangenehm“ betrachtet wurde Robinie. Laien präferieren Eiche dann Esche, Kastanie und an vierter Stelle Ailanthus. Wie bei den Experten sind ihnen Ulme und Robinie am „unangenehmsten“.

Nach der Bestrahlung ändert sich auch nicht viel in der Reihenfolge. Götterbaum wird von den Laien positiver benotet und damit gleichen sich die Werte zwischen den beiden Gruppen. Esche ändert sich bei beiden nur gering ins „Angenehme“, Eiche wirkt jedoch etwas „unangenehmer“ als zuvor. Kastanie bleibt bei beiden Probandengruppen ähnlich, im Gegensatz zu Robinie, die in den Augen beider „angenehmer“ wirkt und einen markanten Unterschied bei den Laien verursacht.

Frauen und Männer sehen Ailanthus vor der Bestrahlung sehr ähnlich mittelmäßig, danach werden beide Bewertungen höher, jedoch ist das Holz den Männern sympathischer. Eiche wird vorher und nachher von den Frauen präferiert, jedoch wird das Holz bei der zweiten Befragung „unangenehmer“ wahrgenommen. Das Holz der Esche liegt nach wie vor gering über dem Götterbaum, das Holz ist den Männern am „angenehmsten“ und wird durch die Bestrahlung noch besser bewertet. Kastanie bei beiden Evaluierungen ähnlich, kommt bei Männern etwas besser an. Ulme wird von den Frauen gering besser benotet, verliert aber an Werten nach der UV-Bestrahlung und wirkt auf Männer sogar als „eher unangenehm“. Robinie wirkt für beide Geschlechter angenehmer nach der Farbänderung, aber markant bessere Werte erhält das Holz nach der Bewitterung von den Männern.

Zwischen dem Holz von Götterbaum und Esche werden statistisch folgende signifikante Unterschiede ersichtlich:

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (vor UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (nach UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Laien und Spezialisten für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Götterbaum**
- **Signifikante Unterscheide zwischen Bewertungen von Frauen und Männern für Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

Abbildung 4.23 zeigt die statistische Analyse für die Daten der Holzproben von Ailanthus und Esche zusammengefasst.

		TEXTUR	FARBE_vUV	FARBE_nUV	HOLZ_vUV	HOLZ_nUV			REF_vUV	REF_nUV
kalt-warm	Ail-Esc	-	x	-	-	x	and.-gleich	Ail-Esc	x	x
	L/S Ail	x	x	-	x	x		L/S Ail	-	-
	L/S Esc	x	x	-	x	x		L/S Esc	-	-
	L Ail-Esc	-	-	x	x	-		L Ail-Esc	x	x
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x		S Ail-Esc	x	x
	F/M Ail	x	-	-	x	-		F/M Ail	-	-
	F/M Esc	-	x	x	x	x		F/M Esc	-	-
	F Ail-Esc	-	-	x	-	-		F Ail-Esc	x	x
	M Ail-Esc	-	-	x	-	x		M Ail-Esc	x	x
künstl.-nat.	Ail-Esc	x	x	x	-	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	x				
	L/S Esc	-	-	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	-	-	-	-				
	F/M Esc	-	-	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				
e. unan.-ang.	Ail-Esc	x	x	x	x	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	-				
	L/S Esc	-	x	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	x	-	-	x				
	F/M Esc	-	x	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				

Legende:

- x signifikante Abweichung zwischen Aussagen
- kein signifikanter Unterschied
- L/S Laien/Spezialisten
- F/M Frauen/Männer
- Ail Ailanthus
- Esc Esche
- vUV vor UV-Bestrahlung
- nUV nach UV-Bestrahlung

Abb. 4.23.: Statistische Auswertung der unterschiedlichen Bewertungen von Götterbaum und Esche (ANOVA) – HOLZ vor und nach UV-Bestrahlung markiert

4.2.4 Evaluierung der Referenzuntersuchung

Die nachfolgenden Abbildungen 4.24 und 4.25 stellen die gemittelten Ähnlichkeiten der einzelnen Holzarten zu einem ausgewählten Referenzstück von Esche vor bzw. nach UV- Bestrahlung dar.

Auf ersten Blick ist ersichtlich, dass sich Ailanthus und Esche selbst von den restlichen Holzarten signifikant abheben, daher sind Eiche, Kastanie, Robinie und Ulme in diesem Aspekt nicht relevant. Die Reihenfolge bleibt auch nach der Farbänderung beibehalten, nur die Streuung innerhalb einer Holzart wird konzentrierter. Bemerkenswert ist, dass die behandelten Probenstücke von Götterbaum durch die Farbänderung beider Arten, der Esche ähnlicher bewertet werden als zuvor. Das Ergebnis der zweiten Befragung zeigt auch, dass zwischen Werten der genannten Hölzer ein geringer Unterschied von rund 10 % liegt.

Diese Abweichung ist allerdings von Esche zum Referenzstück-Esche ebenfalls vorhanden, was darauf schließen lässt, dass diese Referenzprüfung eine zentrale Bedeutung in der Untersuchung hat und trotz aller bisherigen Abweichungen, eine beträchtliche Feststellung repräsentiert.

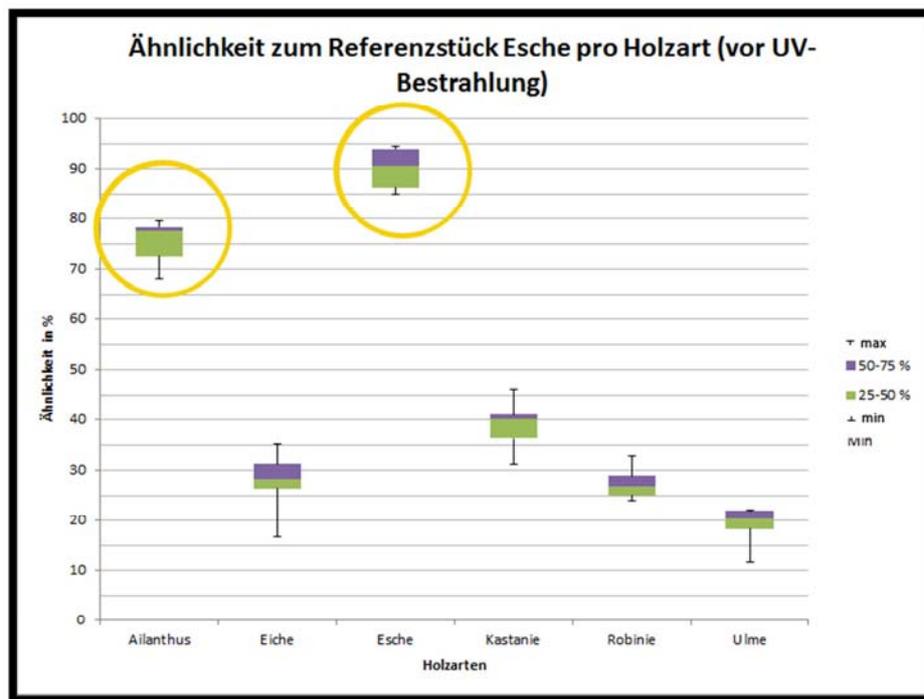


Abb. 4.24.: Vergleich der Holzarten nach Ähnlichkeit zum Referenzstück Esche (vor UV-Bestrahlung)

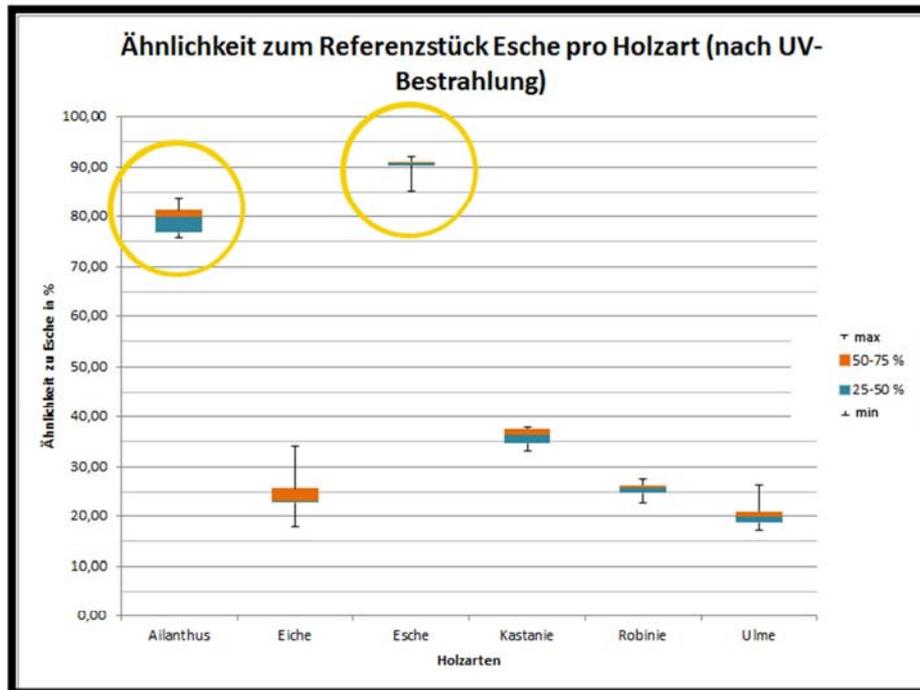


Abb. 4.25.: Vergleich der Holzarten nach Ähnlichkeit zum Referenzstück Esche (nach UV-Bestrahlung)

Betrachtet man diesen Aspekt auch separat mit Fokus auf die unterschiedlichen Bewertungen der Probandengruppen (Anhang 7.37-7.39), kommt man zu folgendem Ergebnis. Die Werte zwischen Laien und Spezialisten korrelieren stark, nur die Verteilungen sind verschieden. Ailanthus wird bei der ersten Befragung von den Experten, Esche von den Laien homogener bewertet, jeweils die andere Probandengruppe verringert schließlich die Gesamtbewertung. Im Vergleich Männer und Frauen können nur sehr geringe Abweichungen festgestellt werden.

In Anschluss an die UV-Behandlung differenziert sich die Verteilung der Evaluierungen sowohl zwischen Laien und Experten bzw. Frauen und Männern. Götterbaum wird von den Spezialisten eindeutig als weniger „gleich“ wahrgenommen als von den Laien, und Esche wird ganz markant von den Laien mäßiger als „gleich“ betrachtet. Der Unterschied ist bei Esche größer, aber nicht bedeutend. Teilt man das Ergebnis nach Geschlecht auf, so kann behauptet werden, dass Männer gegenüber Frauen nach der Farbänderung beide Holzarten dem Referenzstück ähnlicher empfinden. Dieses Resultat zeigt ebenfalls, dass sich Esche und Götterbaum durch die UV-Bestrahlung noch ähnlicher geworden sind. Statistisch gesehen zeigt die Varianzanalyse der verwendeten Daten doch folgende signifikante Unterschiede, wie in Abbildung 4.426 auch dargestellt.

Statistische Abweichungen für „künstlich-natürlich“ (vor UV-Bestrahlung):

- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Laien zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Experten zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Frauen zwischen Götterbaum und Esche**
- **Signifikante Unterscheide nach Bewertungen von Männern zwischen Götterbaum und Esche**

		TEXTUR	FARBE_vUV	FARBE_nUV	HOLZ_vUV	HOLZ_nUV			REF_vUV	REF_nUV
kalt-warm	Ail-Esc	-	x	-	-	x	and.-gleich	Ail-Esc	x	x
	L/S Ail	x	x	-	x	x		L/S Ail	-	-
	L/S Esc	x	x	-	x	x		L/S Esc	-	-
	L Ail-Esc	-	-	x	x	-		L Ail-Esc	x	x
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x		S Ail-Esc	x	x
	F/M Ail	x	-	-	x	-		F/M Ail	-	-
	F/M Esc	-	x	x	x	x		F/M Esc	-	-
	F Ail-Esc	-	-	x	-	-		F Ail-Esc	x	x
	M Ail-Esc	-	-	x	-	x		M Ail-Esc	x	x
künstl.-nat.	Ail-Esc	x	x	x	-	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	x				
	L/S Esc	-	-	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	-	-	-	-				
	F/M Esc	-	-	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				
e. unan.-ang.	Ail-Esc	x	x	x	x	x				
	L/S Ail	-	x	-	x	-				
	L/S Esc	-	x	x	x	x				
	L Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	S Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	F/M Ail	-	x	-	-	x				
	F/M Esc	-	x	-	x	x				
	F Ail-Esc	-	-	x	x	x				
	M Ail-Esc	-	-	x	x	x				

Legende:

x signifikante Abweichung zwischen Aussagen

- kein signifikanter Unterschied

L/S Laien/Spezialisten

F/M Frauen/Männer

Ail Ailanthus

Esc Esche

vUV vor UV-Bestrahlung

nUV nach UV-Bestrahlung

Abb. 4.26.: Statistische Auswertung der unterschiedlichen Bewertungen von Götterbaum und Esche (ANOVA) – HOLZ vor und nach UV-Bestrahlung markiert

5. Diskussion

Im Verlauf dieses Kapitels möchte ich durch die erhaltenen Ergebnisse auf meine anfangs gestellten Hypothesen zurückgreifen und diese bestätigen oder andernfalls verwerfen.

- 1. Die visuellen Eigenschaften des Holzes des Götterbaums in unbehandeltem Zustand weichen nicht signifikant von denen der Esche im Originalzustand ab (Farbe, Textur, Holz, Referenz).*
- 2. Die Farbänderung hat eine signifikante Wirkung auf die Wahrnehmung der Probanden und es sind Abweichungen zwischen den Aussagen von Laien und Experten bzw. Frauen und Männern festzustellen.*

5.1 Visuelle Eigenschaften

Diese Hypothese setzt sich mehrschichtig zusammen und muss daher auch nach den einzelnen Faktoren erarbeitet werden.

5.1.1 Farbmessung

Vergleicht man die mit freiem Auge wahrgenommenen Farben des Holzes der Esche mit dem von Ailanthus, kann eine starke Korrelation zwischen den beiden Holzarten festgestellt werden. Die physikalischen Messungen geben Aufschluss darüber, wie Ähnlich sich die Absolutfarben der beiden tatsächlich sind. Im CIELab-Farbraum, das speziell auf der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges beruht, können einzelne Farben auf mathematischem Weg direkt miteinander verglichen werden und durch den Wert dE, das die Farbdistanz beschreibt, werden ihre Positionen zueinander in einem 3-dimensionalen Raum definiert.

Wie auch aus den Tabellen im Anhang (Tabelle 7.1, 7.2) ersichtlich können enorme Abweichungen zwischen den geprüften Holzarten festgestellt werden. Stellt man die erhaltenen Messwerte mit der Einteilung der Farbänderung (dE) auf Seite 28 gelistet in Vergleich so wird die Hypothese den empirischen Werten nach, die charakteristisch für die jeweiligen Holzarten sind bestätigt. „Sehr massive“ Abweichungen zu Götterbaum sind bei Eiche, Robinie, Kastanie und Ulme zu vermerken, wo die Farbdistanzen weit über 13,01 liegen. Der dE-Wert

zu Esche hingegen bestätigt einen „sehr geringfügigen“ Unterschied, der vom menschlichen Auge kaum feststellbar ist (DIN 5033-1, 1979) und sich nach der UV-Bestrahlung sogar verringert.

Die Untersuchung wurde mit der Kalkulation von Absolutfarben der einzelnen Holzproben durchgeführt, um einen Vergleichbaren Versuch zu Kotrodyova (2011) zu erhalten. Es wäre abzuwägen in wie fern sich die Ergebnisse verändern würden, wenn man die quantitative farbliche Beurteilung von Holzoberflächen der Methode von Niemz (1993) nach, mit Hilfe von Farbgradienten durchführte. Die Frage ist, ob diese Farbübergänge vom Menschen besser bewertbar sind, als einfachere Signale in Form von Absolutfarben.

5.1.2 Farbevaluierung

Die Bewertungen der Probanden vor der UV-Bestrahlung zeigen, dass die Originalfarben der zwei Holzarten sich um rund 5 Prozentpunkte unterscheiden. Die Werte für Esche zeigen, die Farbe ist in geringem Maß „wärmer“, „natürlicher“ und „angenehmer“ als die von Götterbaum. Statistisch gesehen werden die Farben als sehr ähnlich betrachtet. (Abb. 4.09 - 4.11)

Nach der Farbänderung werden die Unterschiede in Betracht der einzelnen Attribute eindeutig größer wie auch aus den Abbildungen 4.13 - 4.15 hervorgeht. Das ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass sich Esche relativ zu Götterbaum gering mehr ins gelbliche, und Götterbaum etwas mehr ins rötliche verschoben hat. Die Messwerte nach der UV-Behandlung bestätigen, dass sich alle Farben näher gekommen sind, indem die dunklen Holzarten weniger Veränderung zeigen, die helleren jedoch umso mehr und dadurch einen höheren Kontrast und auch tiefere L-Werte (Helligkeit) erhoben wurden.

5.1.3 Texturevaluierung

Die Texturen beider werden als eher „kalt“ wahrgenommen, die Werte zeigen einen geringen Unterschied in Betracht der „Künstlichkeit“, wo Esche im Mittel etwas besser abschneidet. Die Textur von Götterbaum wird auch nicht als gleich „angenehm“ betrachtet, doch die Abweichungen sind gering und beide Holzarten werden in diesem Aspekt als ähnlich mittelmäßig eingestuft. Sie werden besser als Kastanie bewertet, doch von Eiche, Ulme und Robinie eindeutig überholt. (Abb. 4.5 - 4.7)

5.1.4 Evaluierung der Holzproben

In Anbetracht der Holzproben selbst werden bei der Evaluierung alle bisher betrachteten Faktoren, die für die Oberflächengestaltung eines Holzstückes ausschlaggebend sind vom Auge des Menschen erfasst. Farbe, Textur und aus den beiden gemeinsam ergibt sich zusätzlich der Glanz, die einen Einfluss auf die Evaluierung haben.

Die Attribute zeigen, dass vor der UV-Bestrahlung Ailanthus im Schnitt für „wämer“ aber doch mit rund 10 Prozentpunkten Unterschied „künstlicher“ und weniger „angenehm“ empfunden wird als Eschenholz. In diesem Aspekt weichen die Ansichten den beiden Holzarten gegenüber ab, allerdings muss auch herausgehoben werden, dass die Unterschiede gemessen auf einer 100-er Skala viel weiter voneinander entfernt sein könnten. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass die zwei Arten zum Großteil diversifiziert werden konnten, die Ähnlichkeit jedoch proportional hoch ist.

Nach der UV-Bestrahlung ist erkennbar, dass die Bewertungen homogener ausfallen. Obwohl die Farbdistanz zwischen den beiden Arten bei der zweiten Messung geringer wird, ändern sich die Aussagen bezüglich aller Attribute. Als Resultat ist festzuhalten, dass sich das Holz von Götterbaum in den Augen der Probanden trotz starker Farbänderung nicht sehr verändert hat, Esche im Gegensatz erhält signifikant höhere Werte, wodurch der Unterschied zwischen den Hölzern im Endeffekt sich vergrößert. (Abb.: 4.17 – 4.22)

5.1.5 Evaluierung der Referenzuntersuchung

Dieser Evaluierung zu Folge ist eindeutig sichtbar, dass die Ähnlichkeit zwischen Ailanthus und Esche im Gegensatz zu den restlichen Holzarten markant geprägt ist. Statistisch gesehen sind die Werte für Götterbaum eindeutig niedriger, es ist aber auch zu beachten, dass weder vor noch nach der UV-Behandlung Esche 100 Prozentig zugeordnet wird.

Daraus kann man erkennen, dass zwar gewisse Unterschiede zwischen den beiden Arten von den Probanden erkannt werden, sie das Holz von Esche und Götterbaum trotzdem im Vergleich als sehr ähnlich wahrnehmen. (Abb. 4.24, 4.25)

5.2 Wirkung der Farbänderung auf die Wahrnehmung

Die Aussage der zweiten Hypothese bezieht sich auf die Evaluierungsunterschiede der einzelnen Probandengruppen, mit denen ich mich

nachfolgend auf Esche und Ailanthus bezogen befassen möchte. Die relevanten Grafiken befinden sich im Anhang (Anhang 7.6 – 7.39)

5.2.1 Laien vs. Holzexperten

Dem ersten Eindruck nach werden Unterschiede in der Betrachtungsweise dieser Probandengruppen erkenntlich. Den Spezialisten, die sich Tag für Tag mit Holz beschäftigen fallen diverse Eigenschaften schneller auf, sie können eindeutig die Holzarten bestimmen und betrachten die Probenstücke somit aus einem anderen Blickwinkel, als unerfahrene Personen.

- Die Grafiken spiegeln die statistischen Analysen gut wieder, die bezogen auf die Textur, trotz der vorherigen Überlegungen nur geringe Unterschiede aufweisen. Alleine in der Frage „kalt-warm“ werden beide Holzarten signifikant von den Spezialisten besser bewertet. Es zeigt sich in dieser Hinsicht keine starke Diversifikation der Meinungen.
- Signifikante Abweichungen zwischen den Werten der unbehandelten Farben sind auch seltener. Beide Holzarten werden von den Experten als wärmer und angenehmer beurteilt als von den Laien, die Farbe von Ailanthus wirkt für sie auch natürlicher als für letztere.
- Gewisse Abweichungen kommen nach der UV-Bestrahlung zu Vorschein: Die Holzexperten bewerten die neuen Farben beider Holzarten signifikant wärmer, natürlicher und auch angenehmer, aber auch zwischen den Holzarten ist festzustellen, dass beide Gruppen Esche besser bewerten.
- Vor der UV-Bestrahlung werden die Holzproben beider Arten von den Experten in jeder Hinsicht als besser evaluiert, doch wieder sind sich beide Gruppen einig, dass die Esche im Schnitt eine bessere Leistung bietet.
- Nach der Anfeuerung der Farben werden beide Holzarten bei der Untersuchung der Probenstücke von den Holzspezialisten als natürlicher und Ailanthus markant wärmer wahrgenommen. Als signifikant angenehmer beurteilen die Experten allerdings nur Esche, was darauf schließen lässt, dass womöglich die Vorkenntnisse dieser Probanden Einfluss auf die Bewertung hat. Da sie die Holzarten erkennen, wird bei den Spezialisten auch ein signifikanter Unterschied zwischen Ailanthus und Esche in Betrachtung „warm-kalt“ sichtbar, bei den Laien allerdings nicht. Beide sehen aber Esche natürlicher und angenehmer.

- Der Ähnlichkeitstest bezogen auf die Referenzprobe von Esche ändert sich zwischen den zwei Bewertungen kaum, daher kann zusammenfassend darüber behauptet werden, dass der Datenanalyse nach keine Unterschiede zwischen den Aussagen der Laien und Experten diesbezüglich zu erkennen sind. Sehr wohl aber werden die Holzarten von beiden Gruppen unterschiedlich bewertet. Da der Fehlerwert von 5 % allerdings nur eine sehr geringe Abweichung zulässt muss die Behauptung auf das ganze Probenspektrum ausgeweitet betrachtet werden, das die Ähnlichkeit der Holzarten bestätigt.

5.2.2 Frauen vs. Männer

Wissenschaftlich bewiesen ist der Unterschied zwischen der Wahrnehmung von Farben zwischen den Geschlechtern, untersucht wurde ob sich diese Eigenschaft auch bei der Bewertung von Hölzern signifikant herauszeichnet.

- Die Textur betrachtet wird ein Unterschied zwischen Frauen und Männern nur bei der Bewertung des Eigenschaftenspaars „kalt-warm“ bemerkbar. Frauen bewerten den Götterbaum im Gegensatz zu Männern „wärmer“. In Folge kann behauptet werden, dass die monochromen Nachahmungen der Holzoberflächen auf beide Gruppen ähnlich wirken.
- Beim Vergleich der Absolutfarben vor der Bestrahlung wird sichtbar, dass beide Holzarten für das männliche Geschlecht angenehmer wirken und Esche von der gleichen Gruppe signifikant wärmer bewertet wird.
- Die Unterschiede zwischen Frauen und Männern halten sich auch bei den veränderten Farben in Grenzen. Für beide wirkt Esche in gewissem Maß wärmer, natürlicher und angenehmer, wobei den Männern die Farben etwas wärmer erscheinen als den Frauen.
- In Betrachtung der Holzproben vor der Bestrahlung sieht man eindeutig, dass Männer die helleren Farben bevorzugen. Beide Holzarten werden von ihnen als wärmer empfunden und Esche wirkt in ihren Augen natürlicher und auch angenehmer. Im Vergleich zu Ailanthus wird allerdings von beiden Geschlechtern Esche besser bewertet, nur für die Frauen erscheinen sie gleich „kalt“.
- Diese Ansicht bleibt auch nach der UV-Bestrahlung ähnlich, nur die Unterschiede werden markanter. Die Männer bewerten Esche markant wärmer, natürlicher und auch angenehmer. Auch Götterbaum wird von

den Männern angenehmer angesehen als von den Frauen. Beide sind sich jedoch einig, dass Esche nach allen Eigenschaften besser wirkt. Den Frauen gefallen im Schnitt beide Holzarten weniger, aber es ist auch keine signifikante Abweichung zwischen Ailanthus und Esche feststellbar.

- Beim Vergleich der Holzproben mit dem Referenzstück ergeben sich auch zwischen Frauen und Männern dieselben Unterschiede, die besagen, dass sowohl vor, als auch nach der Bestrahlung Esche von Götterbaum unterschieden, aber relativ ähnlich bewertet wurde.

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Folgende Schlussfolgerungen können aus den Erkenntnissen, die den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit entstammen, gezogen werden:

- Anhand der physikalischen Messungen der Farben konnte festgestellt werden, dass zwischen den Holzproben von Götterbaum und Esche eine starke Ähnlichkeit herrscht, und dass die Farbdistanz durch eine 100 stündiger UV-Bestrahlung noch verringert wird.
- Durch die Probandenbefragung konnte ermittelt werden, dass die Texturen der beiden Holzarten sich nur gering unterscheiden lassen. Beide werden nach den Attributen „kalt-warm“, „künstlich-natürlich“ und „unangenehm-angenehm“ eher mittelmäßig bewertet.
- Aus der Evaluierung der Farben ergibt sich, dass die helleren Holzarten Männern gegenüber sympathischer sind und Frauen keinen signifikanten Unterschied zwischen Esche und Götterbaum aufweisen. Nach der UV-Bestrahlung wird Esche von beiden Geschlechtern präferiert. Andererseits sind die Werte der Holzspezialisten gegenüber jeder Eigenschaft höher, als die der Laien. Die Farbe der Esche wird letztendlich in jeder Hinsicht bevorzugt.
- Durch die Farbanfeuerung wurden die Werte der helleren Hölzer höher, die der dunkleren niedriger, somit wurden die Holzproben in fast jeder Hinsicht gleichmäßiger bewertet als vor der Bestrahlung.

- Dem Vergleich aller Holzproben zu Folge wird statistisch erwiesen, dass die beiden Holzarten Götterbaum und Esche sich vor und nach der Bestrahlung ähnlich sind. Trotzdem bekommt Esche von allen Probandengruppen etwas bessere Werte und wird von Spezialisten und den Männern signifikant präferiert.
- Es konnte aus der Referenzprobe der Schluss gezogen werden, dass sich die beiden Holzarten den restlichen gegenüber markant ähnlich sind, allerdings von allen Probandengruppen diversifiziert werden können.

Dem entsprechend könnte vorausblickend in Erwägung gezogen werden weitere Evaluierungen unter entsprechend variierenden Konditionen durchzuführen. Das Ergebnis zeigt keine eindeutigen Zeichen auf ein abweisendes Verhalten der Probandengruppen gegenüber der visuellen Beschaffenheit des Holzes des Götterbaums, es konnte allerdings der statistischen Analyse nach bewiesen werden, dass die Personen im Allgemeinen die Holzarten differenzieren konnten. Es wäre eine ähnliche Versuchsreihe, wie von Ramananantoandro et al. (2013) durchgeführt zielführend. Mein Vorschlag ist es noch Versuche mit weiteren ähnlichen Holzarten (Ahorn, Pappel) zu realisieren, und auch diverse Oberflächenbehandlungen zu applizieren. Der Einfluss der Dichte wäre durch direktes Anfassen der Proben von der visuellen Wahrnehmung zu unterscheiden und die Probandengruppen wären aufgeteilt in Laien und gezielt Experten aus der Möbelbaubranche.

7. Anhang

7.1 Tabellen

Anhang 7.1: Farbkoordinaten aller Holzproben und Farbdistanzen vor und nach UV-Bestrahlung

Nr.	L* (mittel)	a* (mittel)	b* (mittel)	L* (mittel)	a* (mittel)	b* (mittel)	Farbdistanz (ΔE , Messung 1+2)
Götterb.							
06	94,23	1,90	23,85	87,95	5,75	40,93	18,59
21	93,68	1,75	25,35	87,75	5,08	38,13	14,47
23	93,60	2,10	22,68	89,05	5,18	38,70	16,94
28	93,80	1,98	24,35	88,33	4,60	37,40	14,39
32	90,90	2,95	23,13	87,23	4,50	34,90	12,43
30	89,23	3,53	23,88	85,65	5,03	36,70	13,40
MW	92,57	2,37	23,87	87,66	5,02	37,79	15,04
Eiche							
10	70,15	7,30	27,53	68,73	8,50	36,25	8,92
22	72,73	7,15	25,20	69,23	9,05	36,85	12,31
24	72,10	7,28	25,23	69,03	8,73	35,63	10,94
31	72,33	7,00	26,80	68,37	9,12	36,68	10,85
02	69,03	7,60	25,48	67,58	9,33	37,68	12,41
15	72,13	6,83	26,18	69,85	8,90	38,05	12,27
MW	71,41	7,19	26,07	68,80	8,94	36,86	11,28
Esche							
01	92,10	3,45	22,18	85,43	6,75	41,18	20,41
08	89,30	4,55	24,60	86,33	5,83	38,28	14,05
17	92,73	3,30	21,60	87,40	5,75	38,85	18,22
35	90,15	4,15	25,68	85,63	5,63	37,15	12,42
20	92,18	3,48	21,90	86,50	5,65	37,55	16,79
12	93,08	3,15	21,55	87,88	4,78	35,90	15,35
MW	91,59	3,68	22,92	86,53	5,73	38,15	16,21
Kastanie							
05	76,53	7,85	23,75	69,95	10,60	39,28	17,08
07	76,08	7,83	23,70	69,18	10,40	40,23	18,09
11	76,63	7,60	23,90	68,45	10,28	38,63	17,05
16	76,05	7,83	23,43	69,33	10,30	38,38	16,58
19	76,95	7,55	23,70	69,25	10,38	40,00	18,25
33	76,05	8,03	23,55	67,73	10,23	37,95	16,78
MW	76,38	7,78	23,67	68,98	10,36	39,08	17,31
Robinie							
04	76,80	4,20	32,28	71,00	11,85	39,53	12,03
09	75,25	4,80	32,25	71,18	11,30	37,68	9,40
13	70,83	5,35	31,13	65,50	12,93	38,15	11,62
27	73,30	4,78	32,68	66,90	12,03	36,93	10,56
29	72,68	4,93	32,40	66,08	11,75	36,70	10,42
34	75,73	4,88	31,83	71,05	10,60	36,55	8,77
MW	74,10	4,82	32,09	68,62	11,74	37,59	10,47
Ulme							
18	67,30	9,05	29,60	71,28	7,43	30,88	4,48
36	65,78	8,68	28,98	69,98	6,90	30,03	4,68
25	60,78	8,63	27,35	66,73	6,60	29,15	6,54
26	66,33	9,68	29,75	69,95	6,83	29,38	4,63
14	66,65	8,95	29,30	71,10	7,38	31,00	5,02
03	66,38	8,98	29,65	69,23	7,75	32,88	4,47
MW	65,53	8,99	29,10	69,71	7,15	30,55	4,97

Anhang 7.2.: Farbdidistanzen aller Holzarten zu Ailanthus vor und nach UV-
Bestrahlung

Die Einteilung der Farbänderung (dE) wird folgendermaßen bestimmt:

0 – 1	keine Änderung
1,01 – 2	sehr geringfügige Änderung
2,01 – 3	geringfügige Änderung
3,01 – 5	mäßige Änderung
5,01 – 7	mittlere Änderung
7,01 – 9	große Änderung
9,01 – 11	sehr große Änderung
11,01 – 13	massive Änderung
> 13,01	sehr massive Änderung

HOLZARTEN	dE vor UV	dE nach UV
Ailanthus-Esche	1,90	1,38
Ailanthus-Eiche	21,82	19,29
Ailanthus-Kastanie	17,07	19,47
Ailanthus-Robinie	20,37	20,19
Ailanthus-Ulme	28,32	19,47

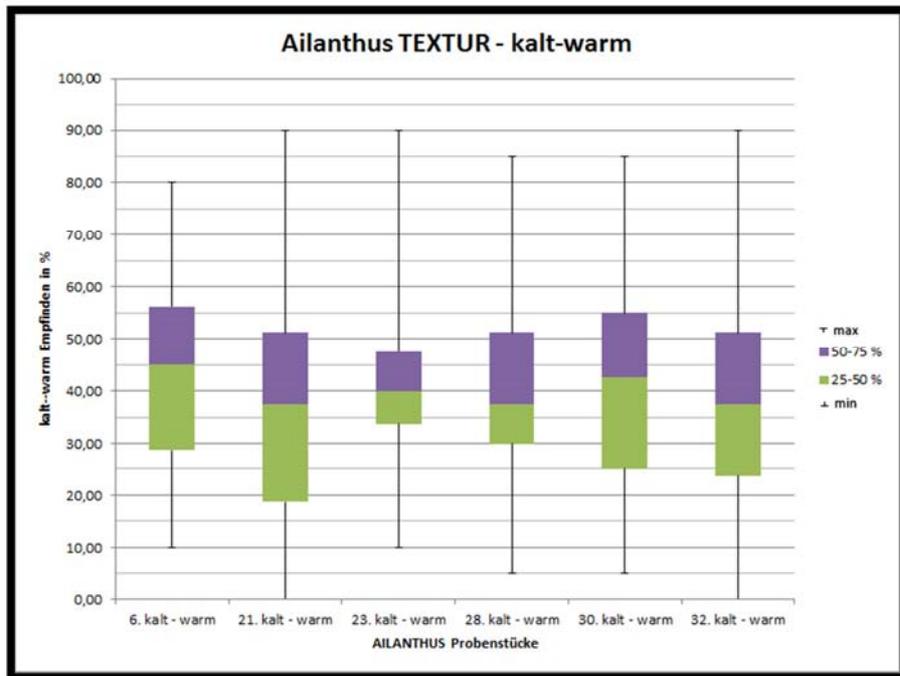
Anhang 7.3.: Farbdistanz von Esche zu Eiche, Robinie und Ulme

HOLZARTEN	dE vor UV	dE nach UV
Esche-Eiche	20,72	18,06
Esche-Robinie	19,78	18,90
Esche-Ulme	27,30	18,51
Esche-Kastanie	15,77	18,90

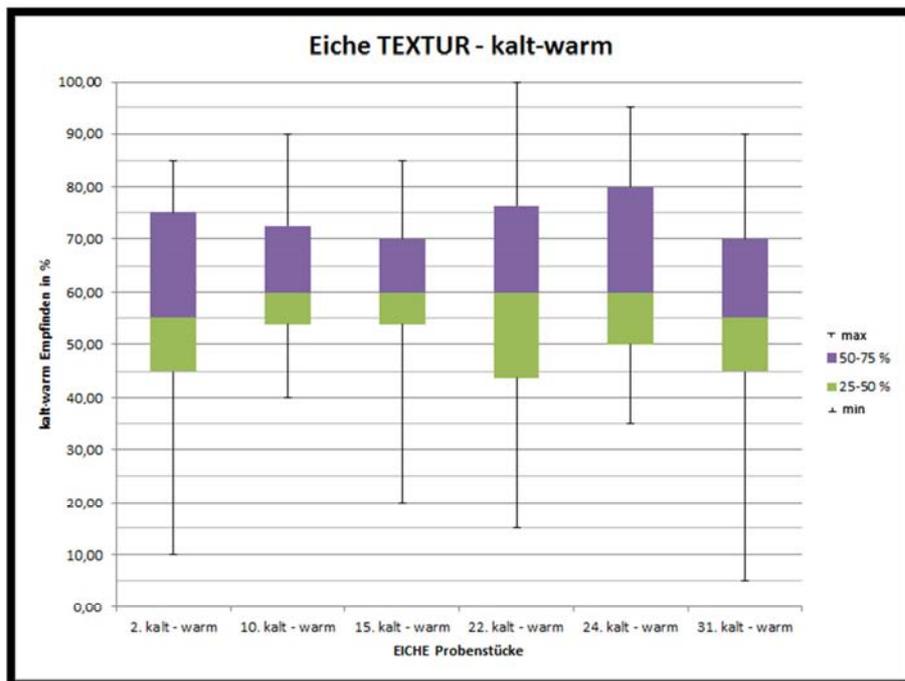
7.2 Grafiken

7.2.1 Ausgewählte Grafiken – Vergleiche einzelner Holzproben

Anhang 7.4. : Bewertung der Textur der einzelnen Holzproben (Ailanthus) vor UV-Bestrahlung

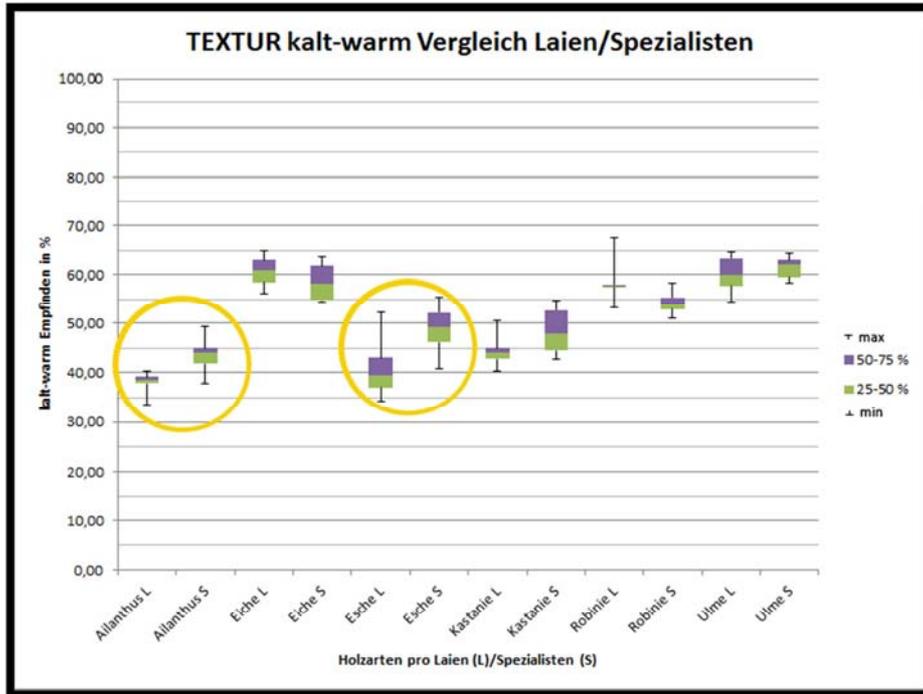


Anhang 7.5. : Bewertung der Textur der einzelnen Holzproben (Esche) vor UV-Bestrahlung

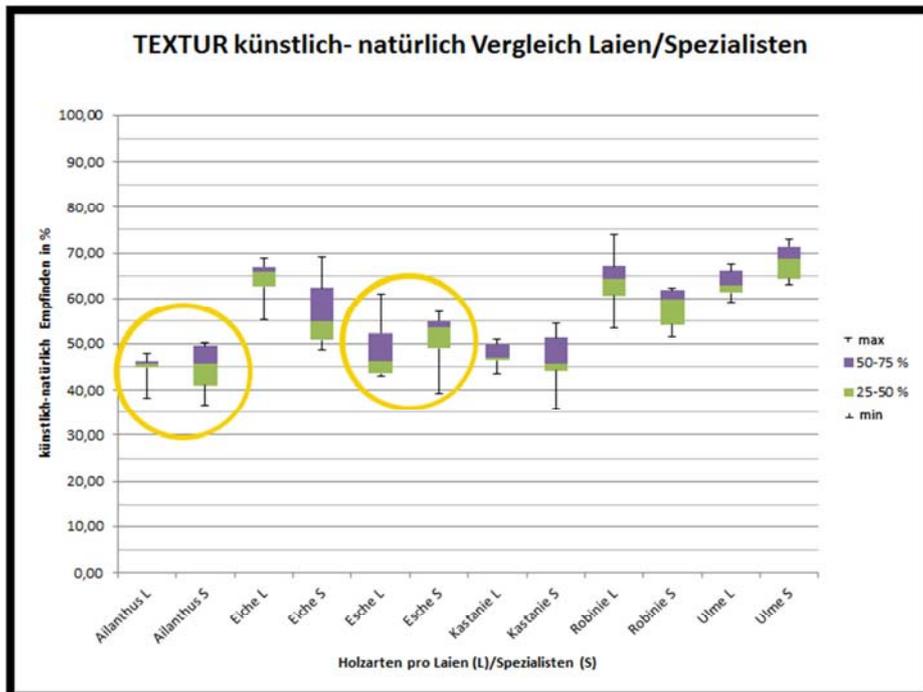


7.2.2 Textur – Vergleich nach Probandengruppen

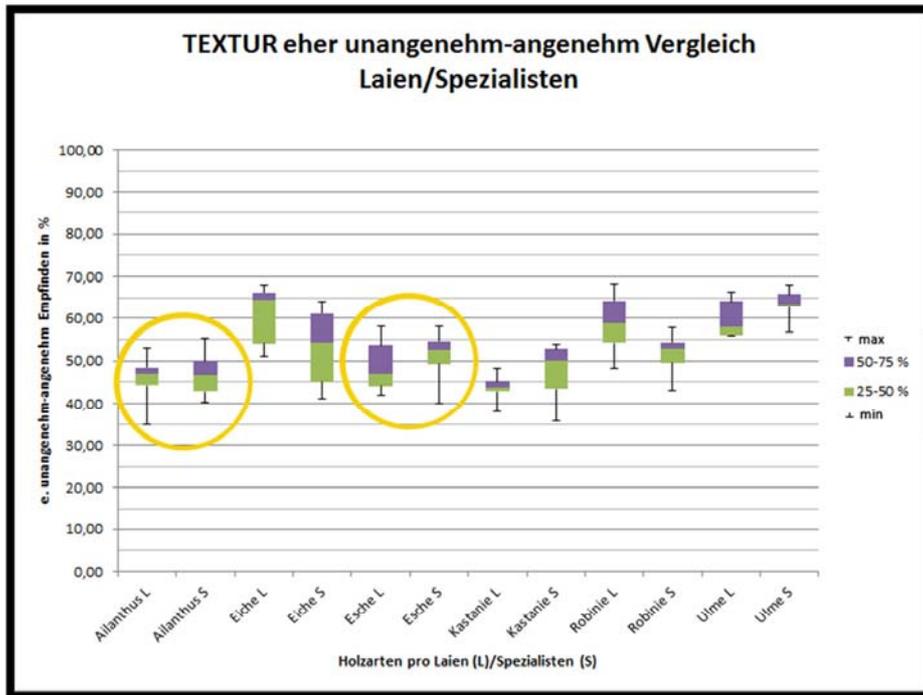
Anhang 7.6.: Textur Vergleich von Laien und Spezialisten nach dem Attribut „kalt-warm“



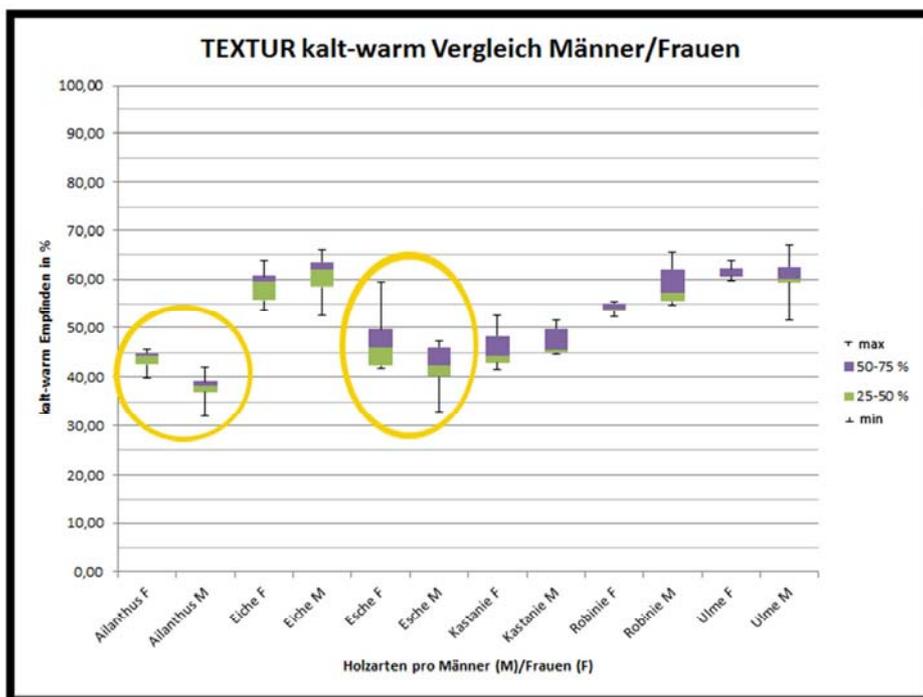
Anhang 7.7.: Textur Vergleich von Laien und Spezialisten nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



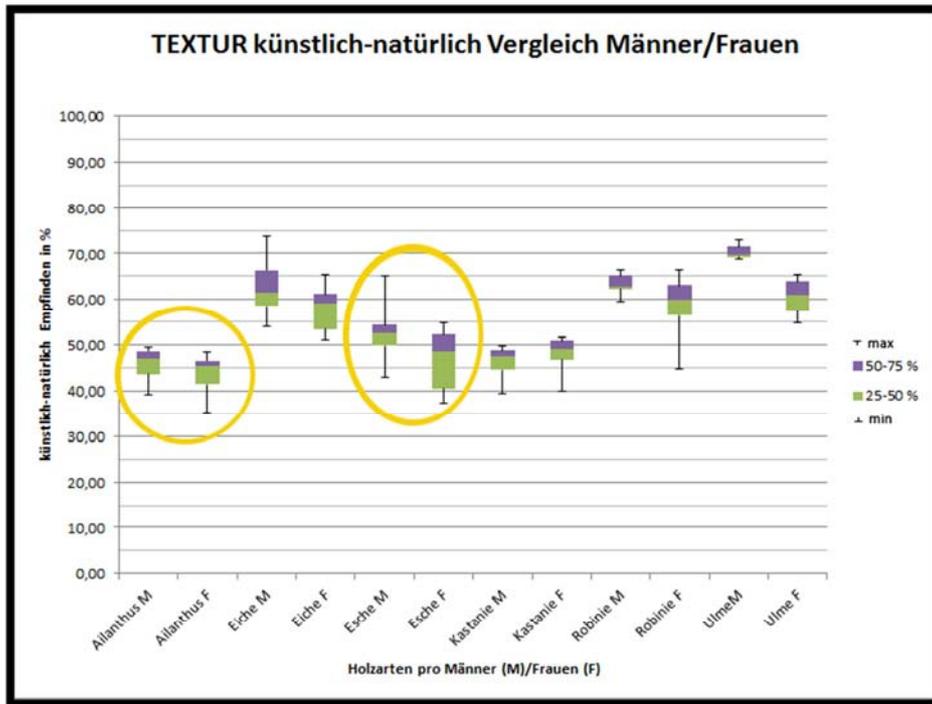
Anhang 7.8.: Textur Vergleich von Laien und Spezialisten nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“



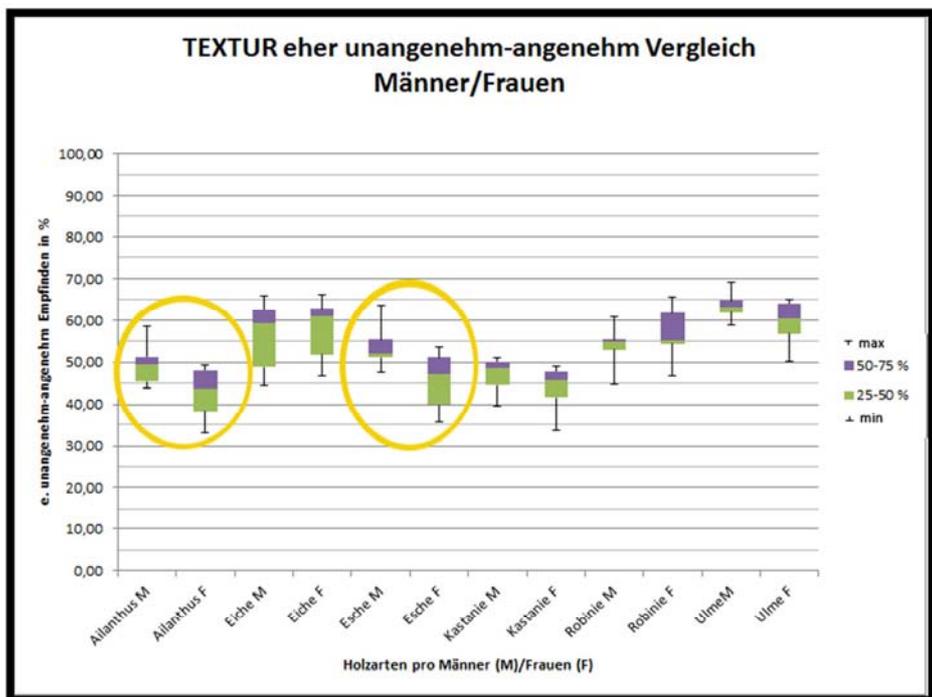
Anhang 7.9.: Textur Vergleich von Frauen und Männer nach dem Attribut „kalt-warm“



Anhang 7.10.:Textur Vergleich von Frauen und Männer nach dem Attribut „künstlich-natürlich“

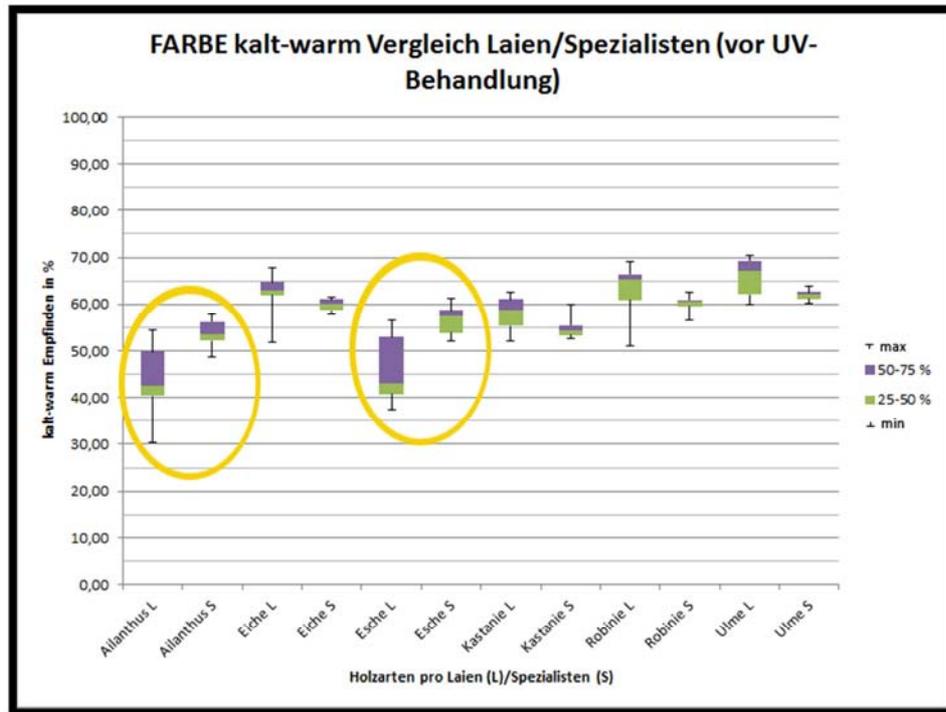


Anhang 7.11.:Textur Vergleich von Frauen und Männer nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“

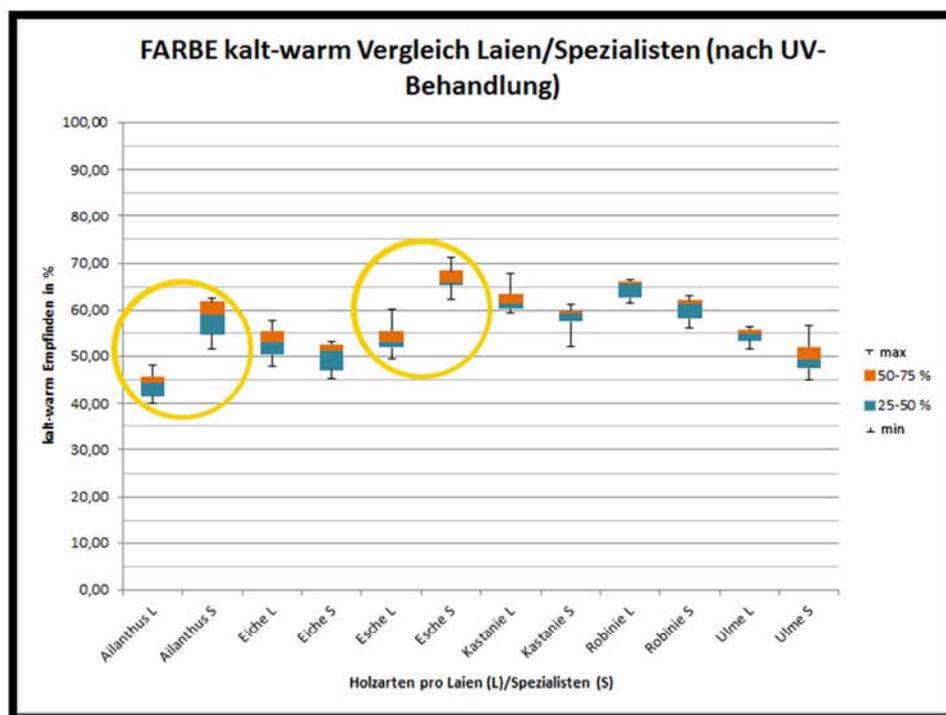


7.2.3 Farbe – Vergleich nach Probandengruppen

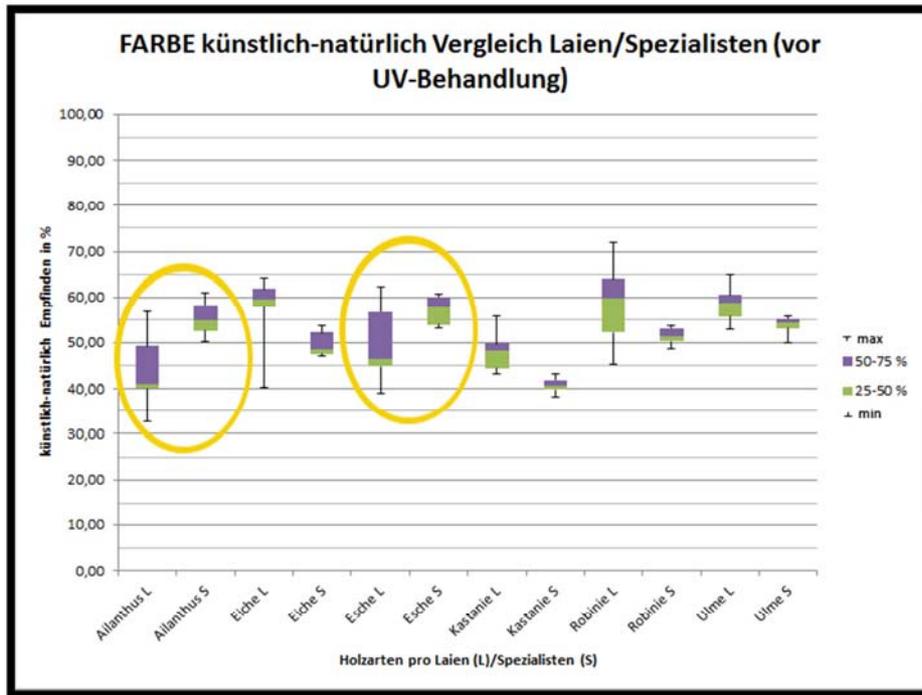
Anhang 7.12.: Farbe Vergleich von Laien und Spezialisten vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



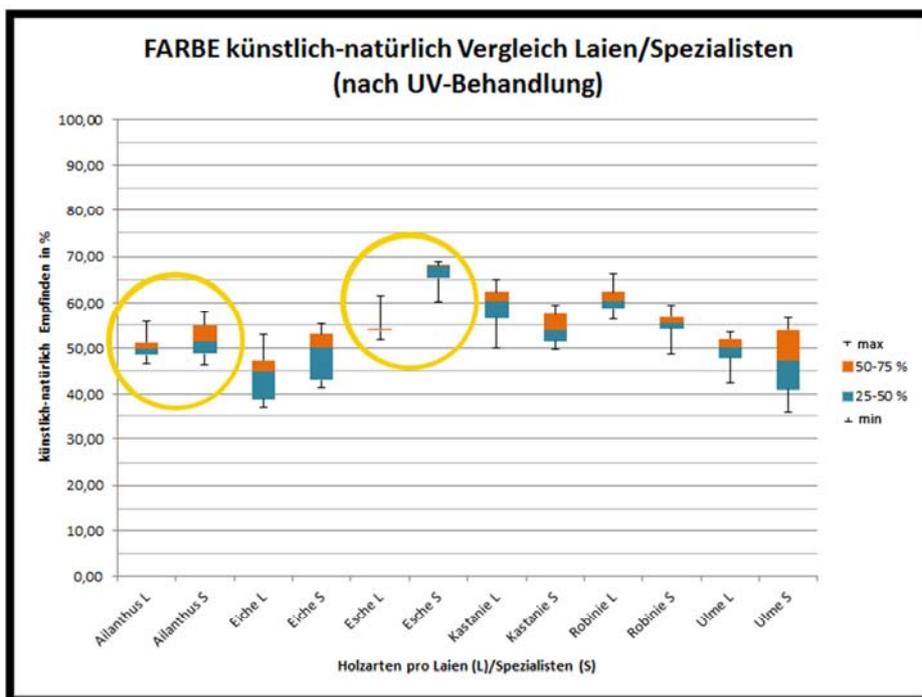
Anhang 7.13.: Farbe Vergleich von Laien und Spezialisten nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



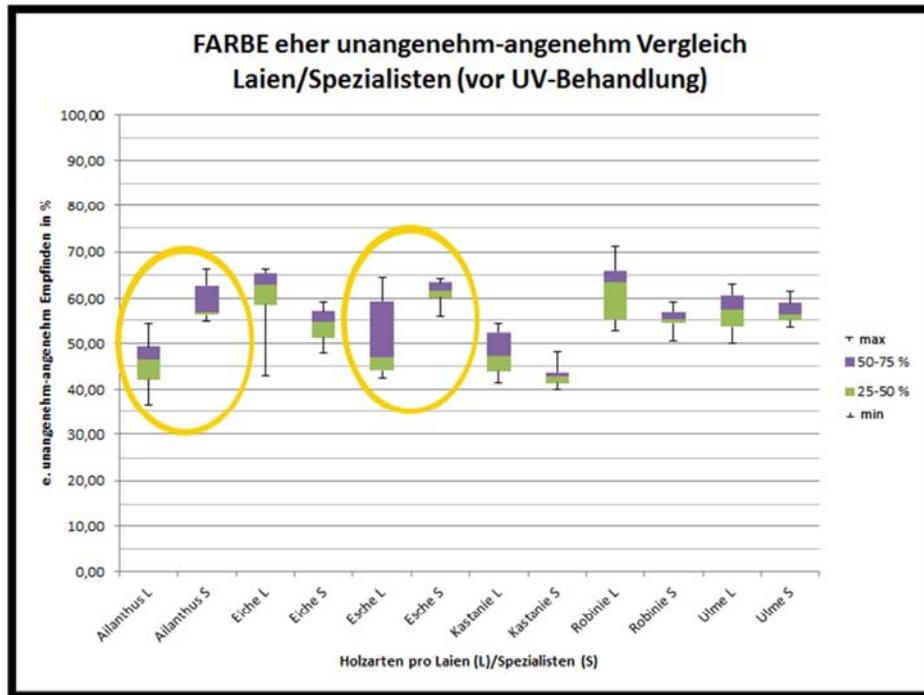
Anhang 7.14.: Farbe Vergleich von Laien und Spezialisten vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



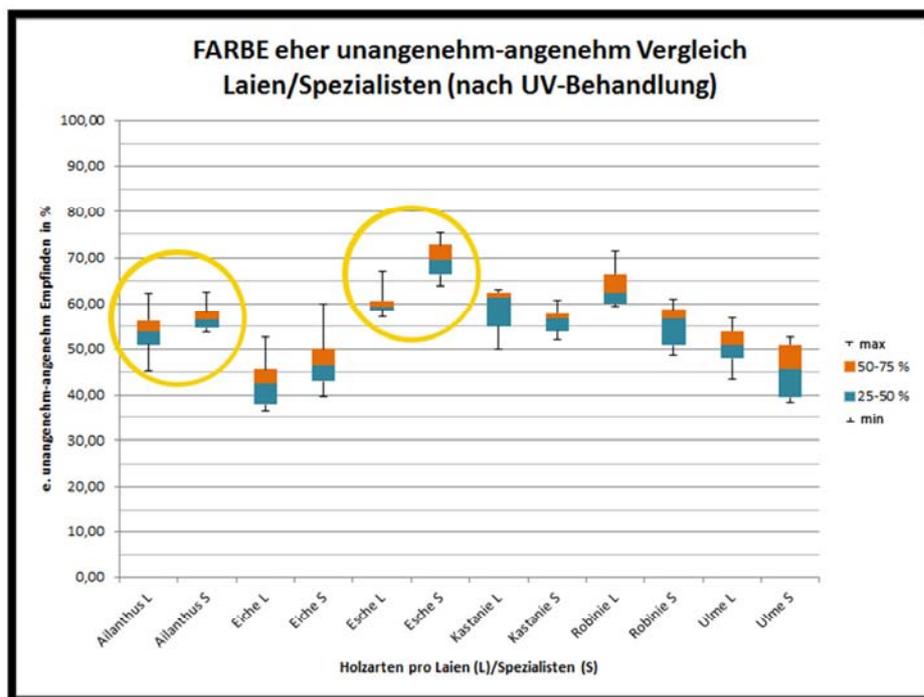
Anhang 7.15.: Farbe Vergleich von Laien und Spezialisten nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



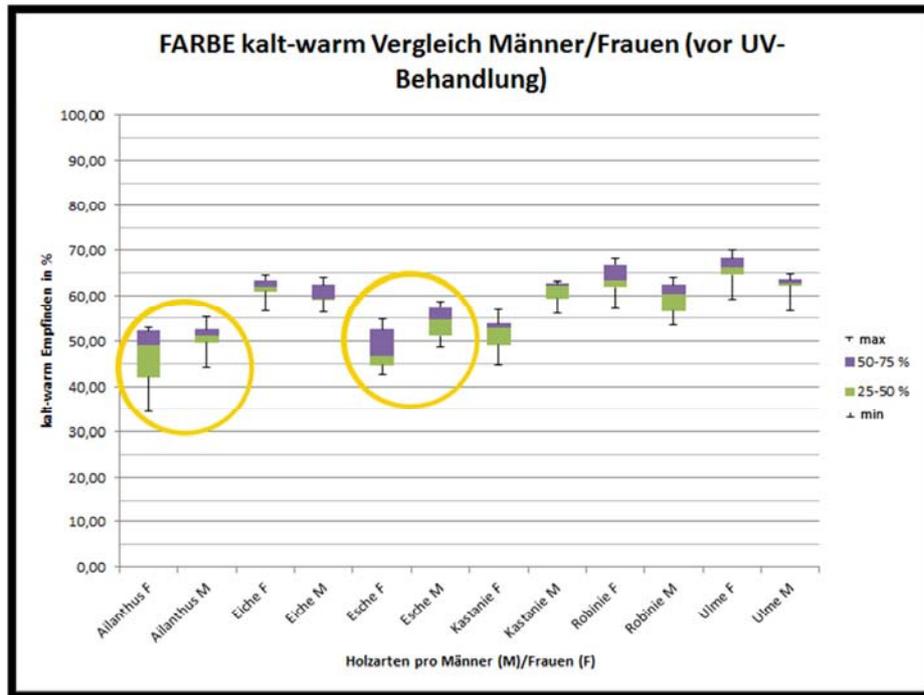
Anhang 7.16.: Farbe Vergleich von Laien und Spezialisten vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“



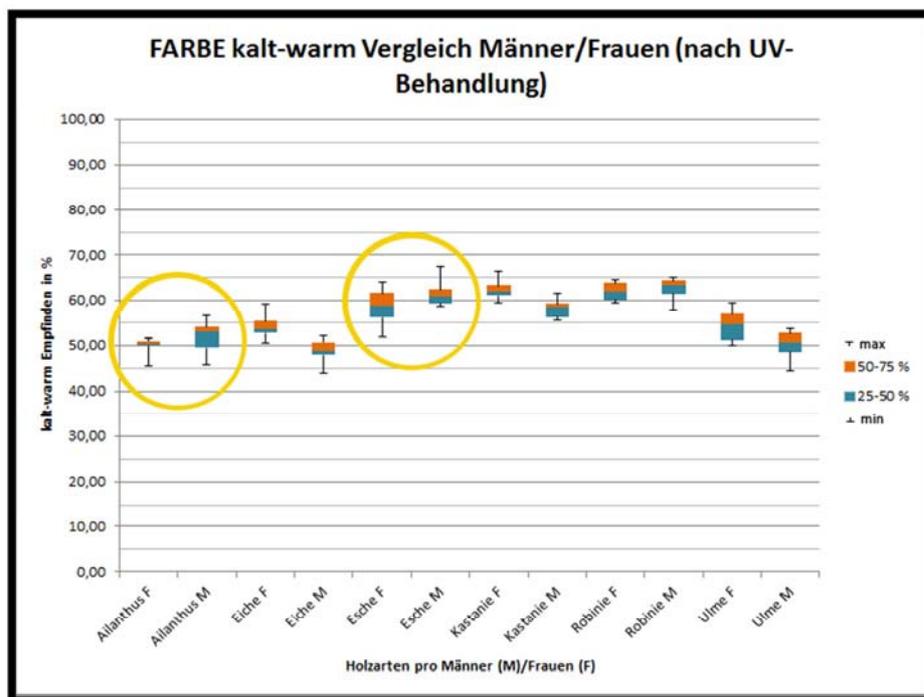
Anhang 7.17.: Farbe Vergleich von Laien und Spezialisten nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e.unangenehm-angenehm“



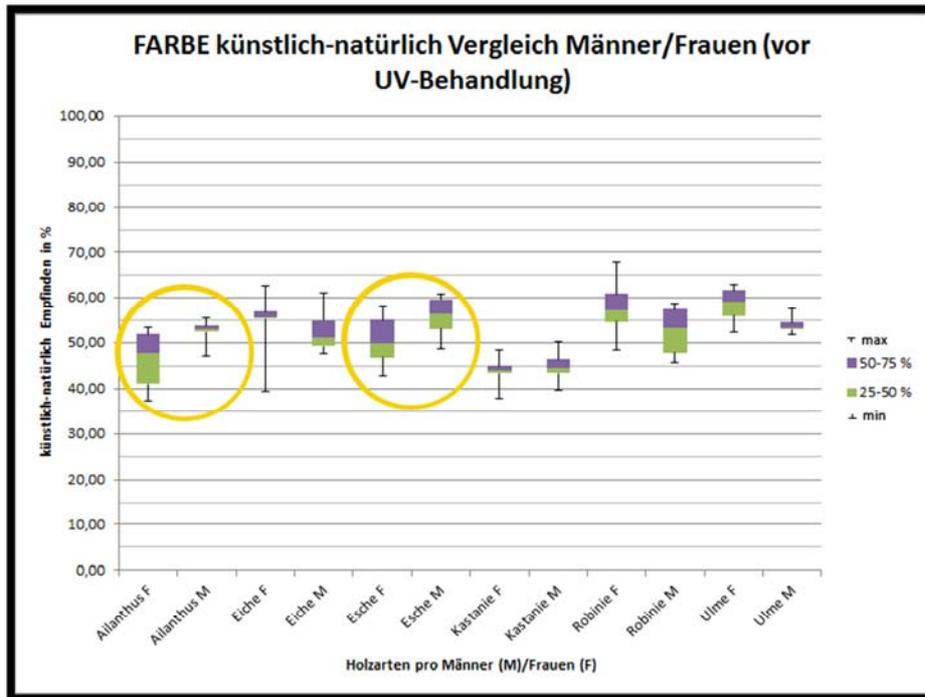
Anhang 7.18.: Farbe Vergleich von Frauen und Männer vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



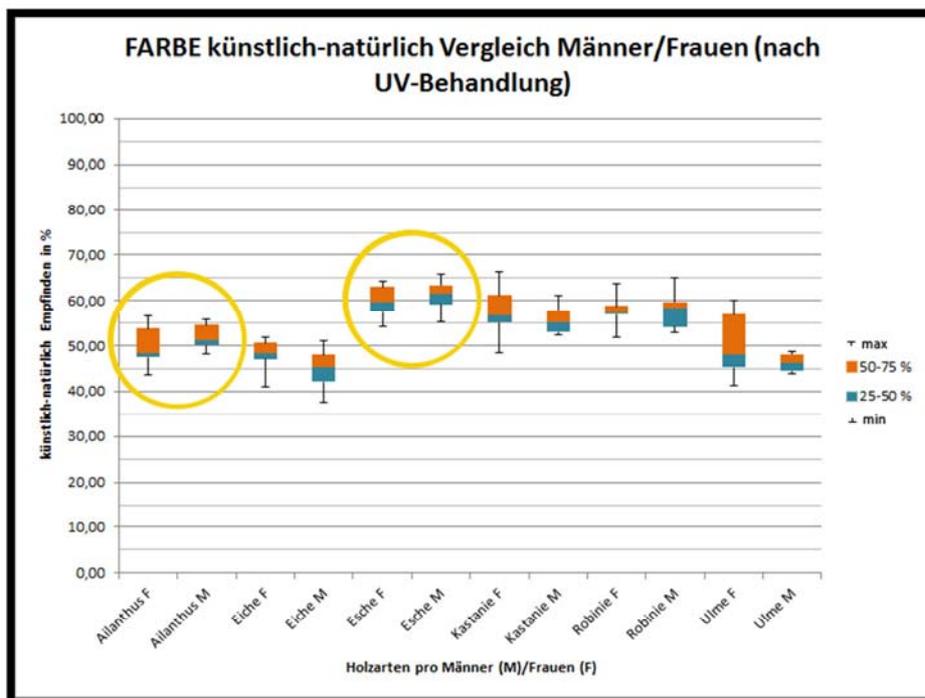
Anhang 7.19.: Farbe Vergleich von Frauen und Männer nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



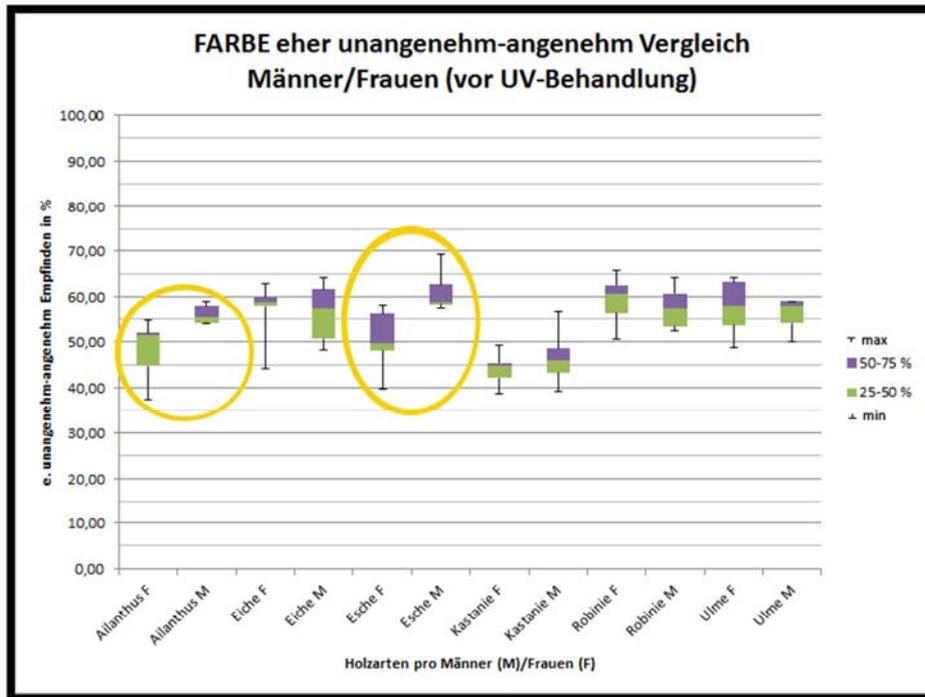
Anhang 7.20.: Farbe Vergleich von Frauen und Männer vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich natürlich“



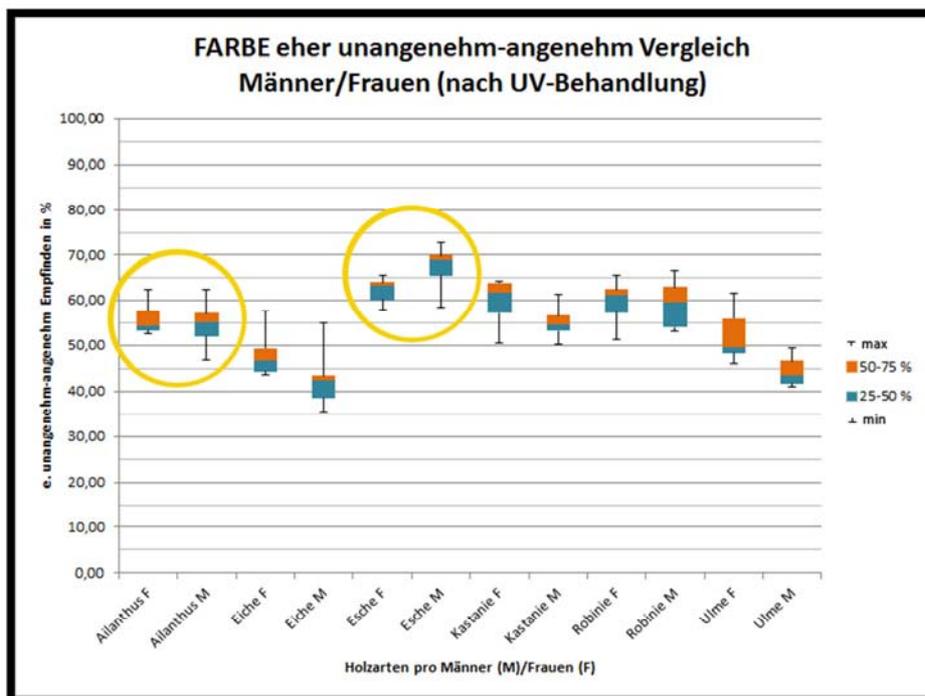
Anhang 7.21.: Farbe Vergleich von Frauen und Männer nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



Anhang 7.22.: Farbe Vergleich von Frauen und Männer vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“

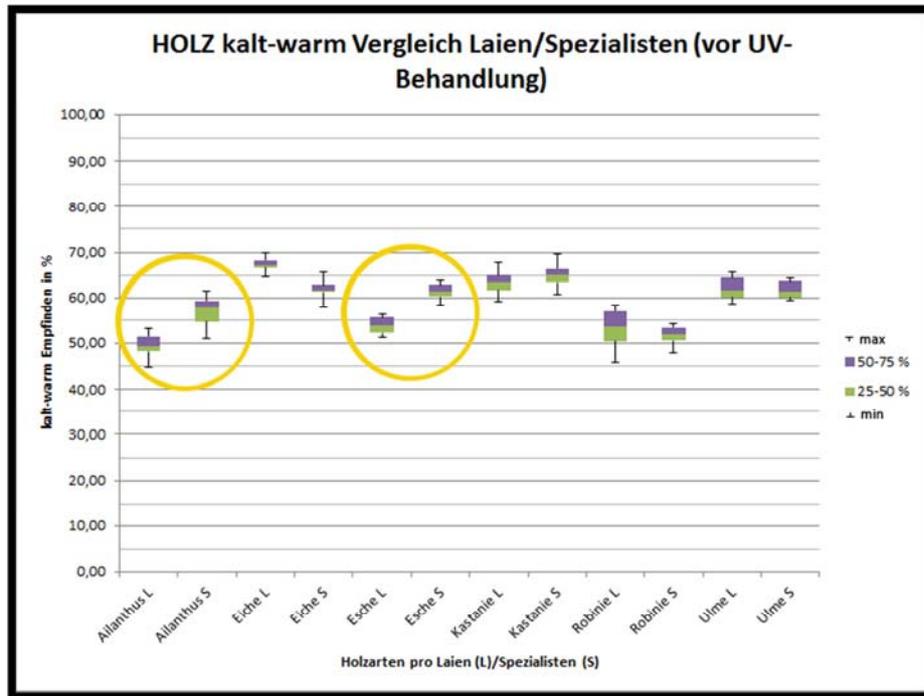


Anhang 7.23.: Farbe Vergleich von Frauen und Männer nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“

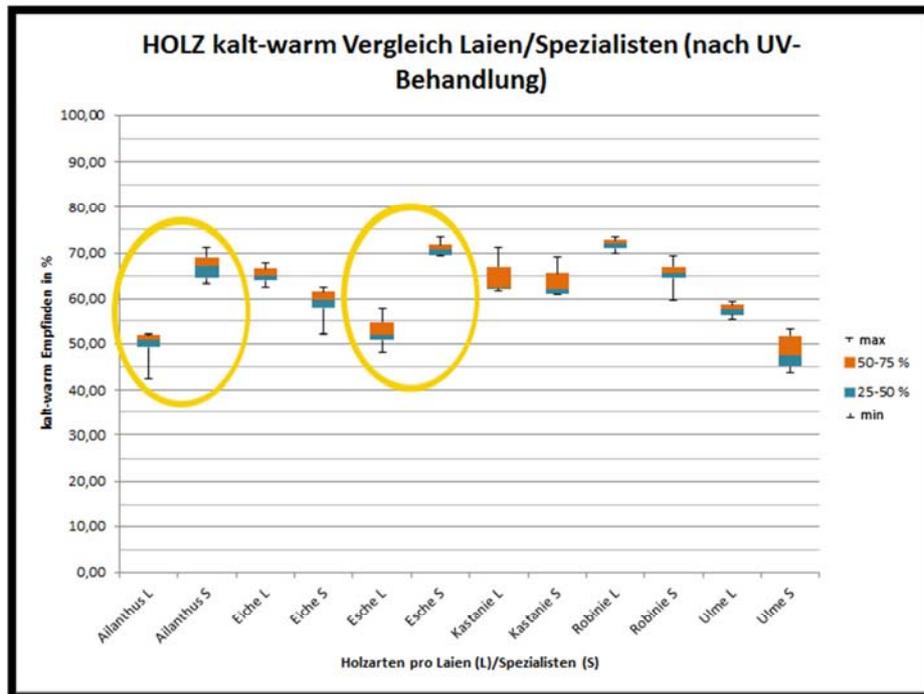


7.2.4 Holz – Vergleich nach Probandengruppen

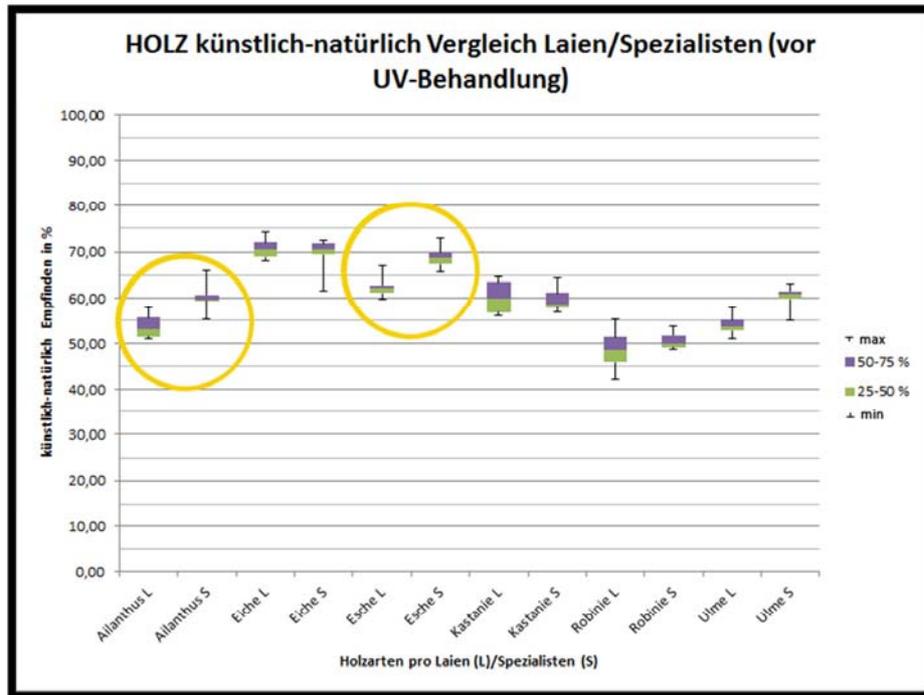
Anhang 7.24.: Holz Vergleich von Laien und Spezialisten vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



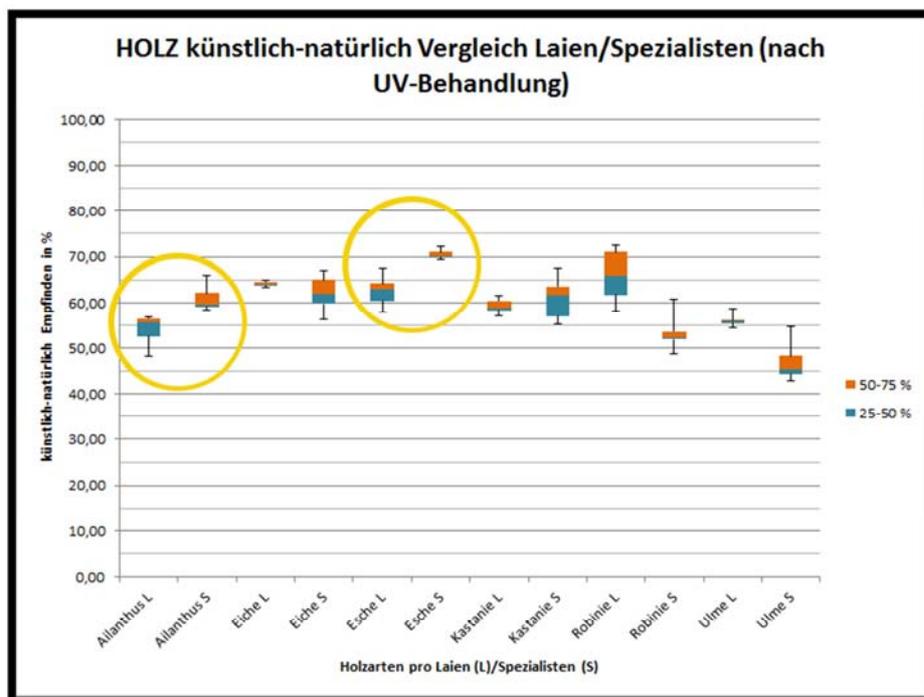
Anhang 7.25.: Holz Vergleich von Laien und Spezialisten nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



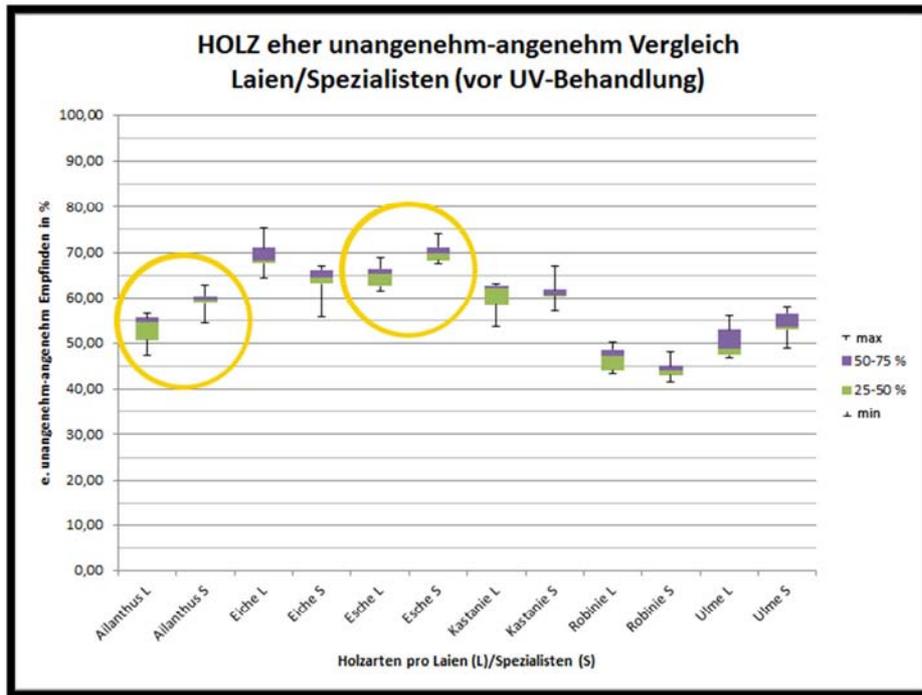
Anhang 7.26.: Holz Vergleich von Laien und Spezialisten vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



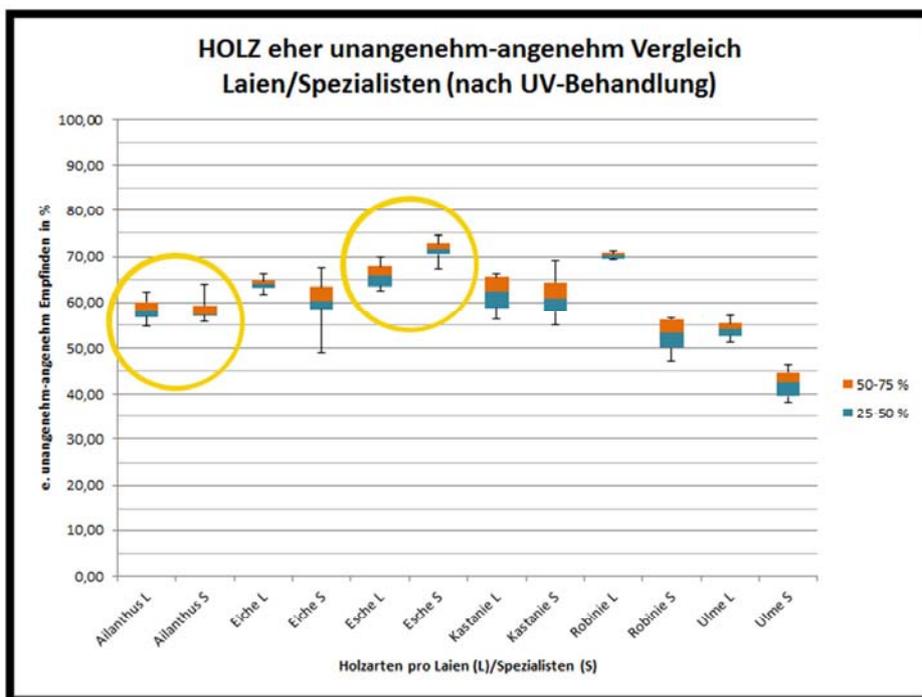
Anhang 7.27.: Holz Vergleich von Laien und Spezialisten nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



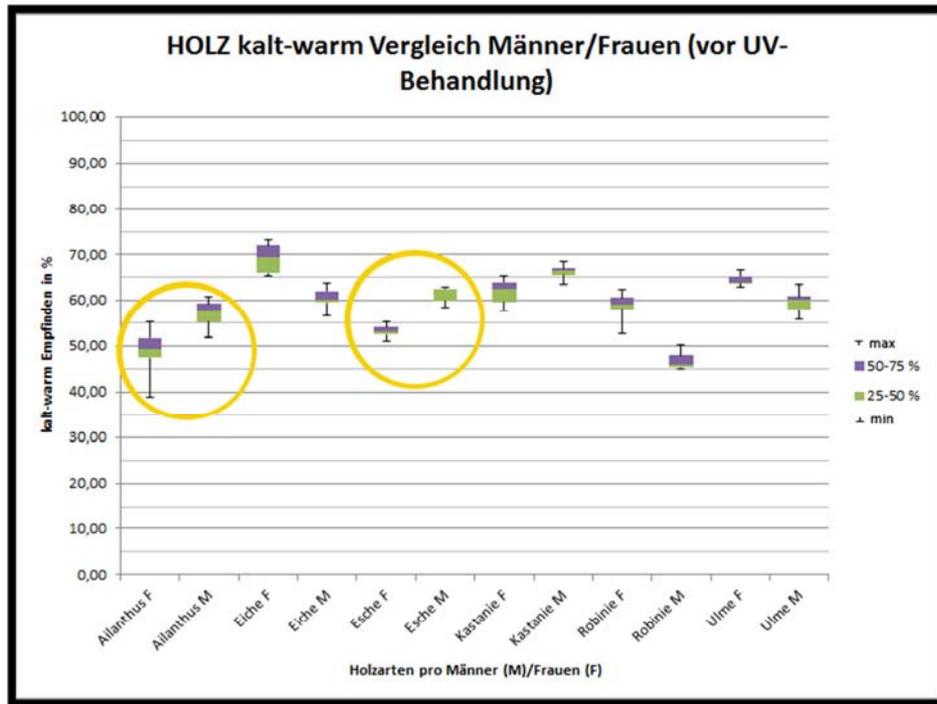
Anhang 7.28.: Holz Vergleich von Laien und Spezialisten vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“



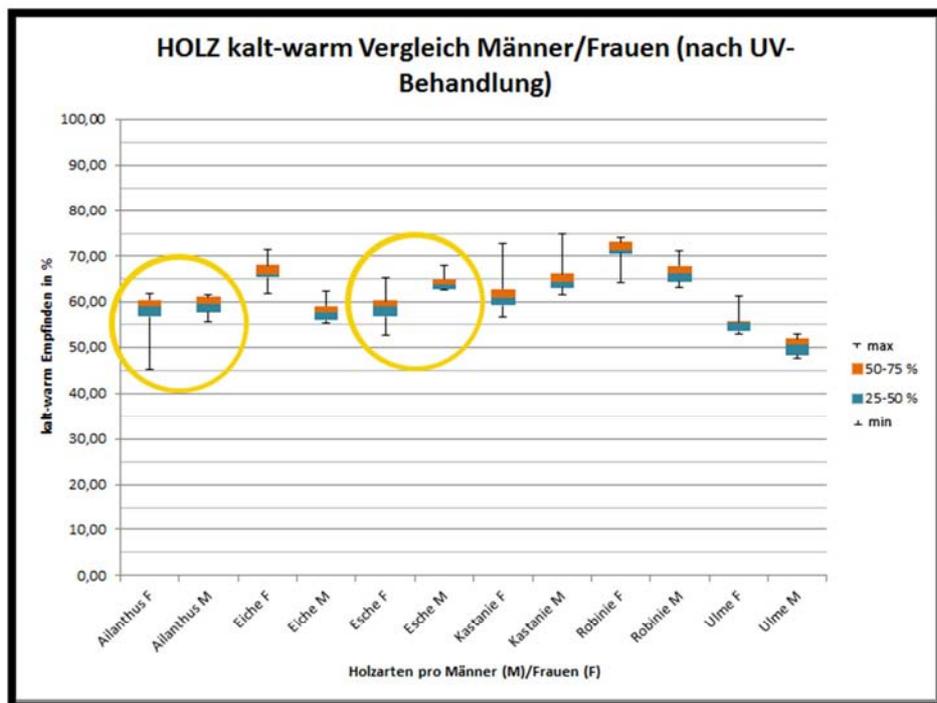
Anhang 7.29.: Holz Vergleich von Laien und Spezialisten nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“



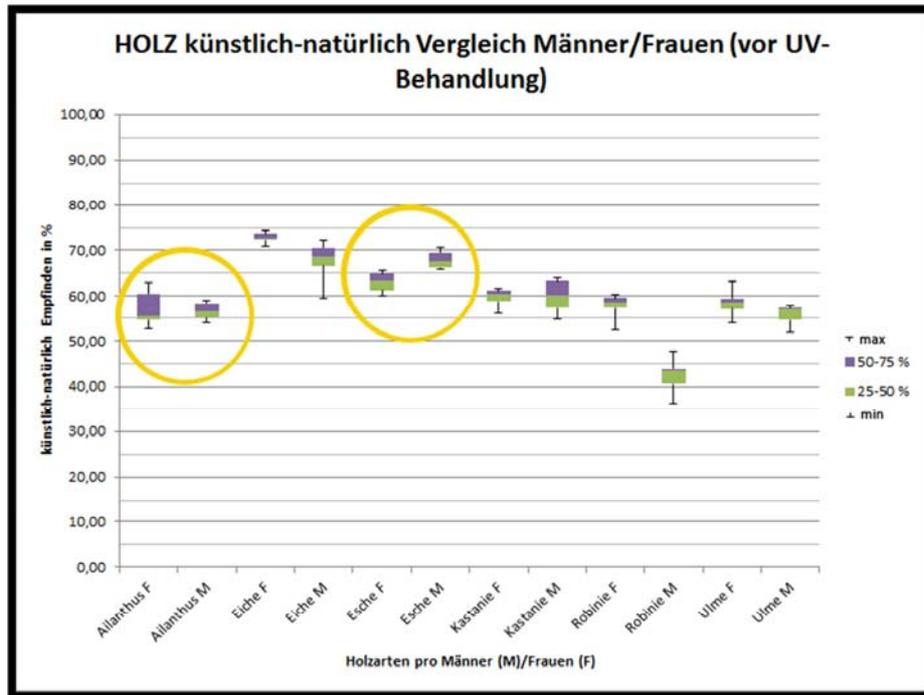
Anhang 7.30.: Holz Vergleich von Frauen und Männer vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



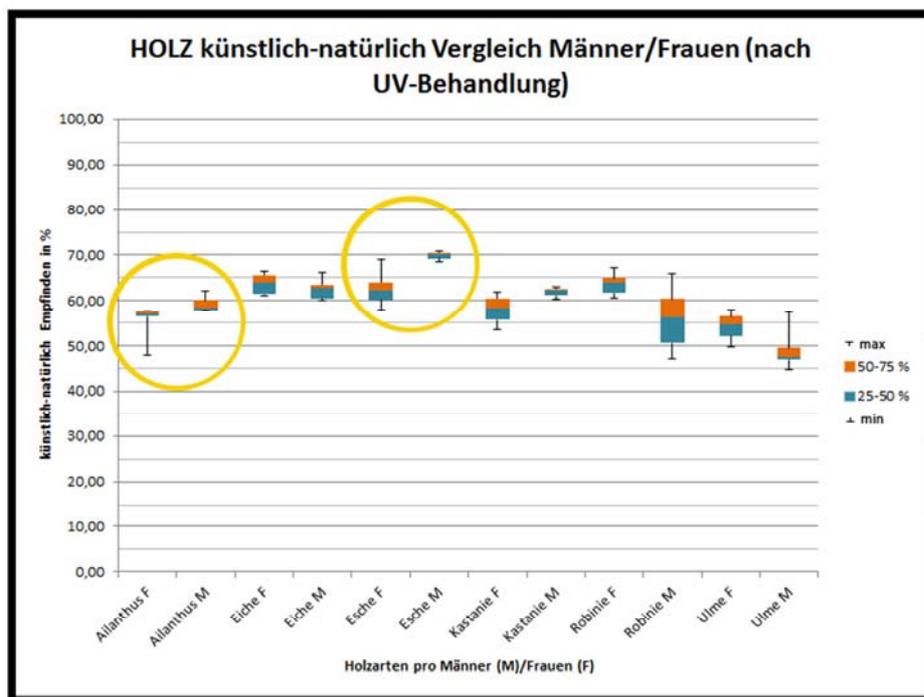
Anhang 7.31.: Holz Vergleich von Frauen und Männer nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „kalt-warm“



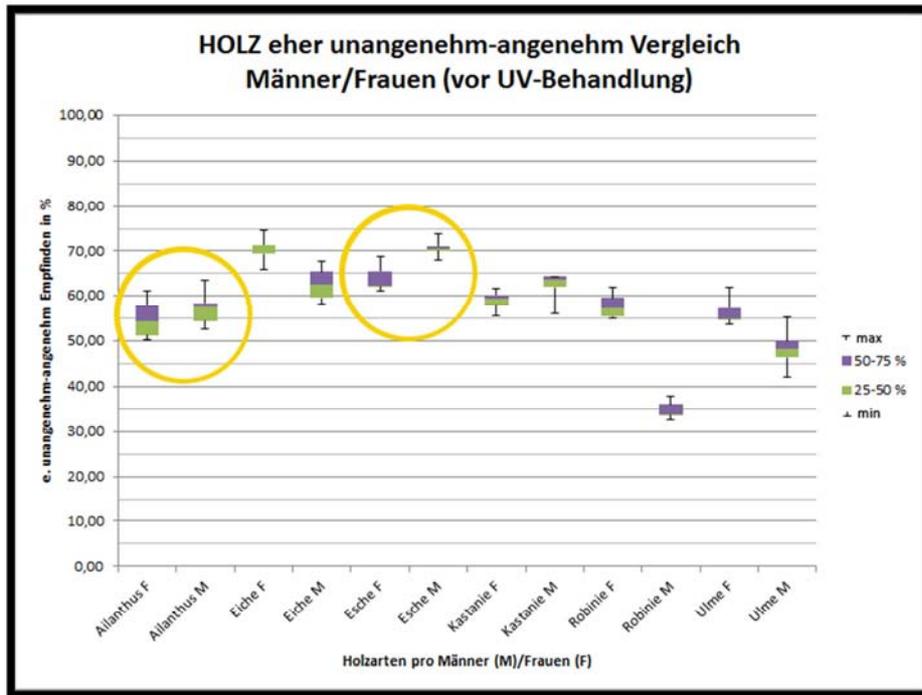
Anhang 7.32.: Holz Vergleich von Frauen und Männer vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



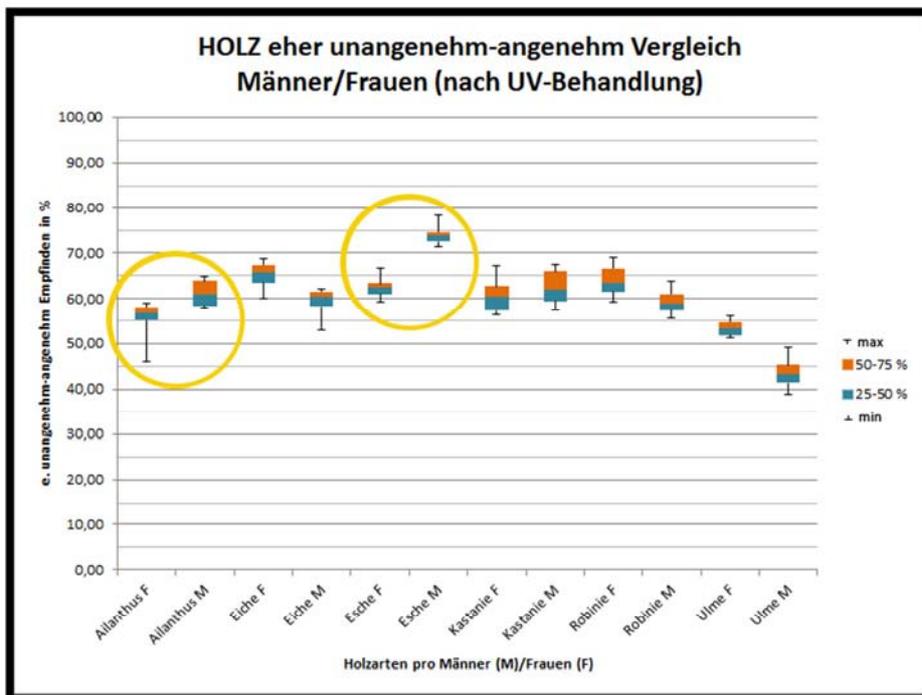
Anhang 7.33.: Holz Vergleich von Frauen und Männer nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „künstlich-natürlich“



Anhang 7.34.: Holz Vergleich von Frauen und Männer vor UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“

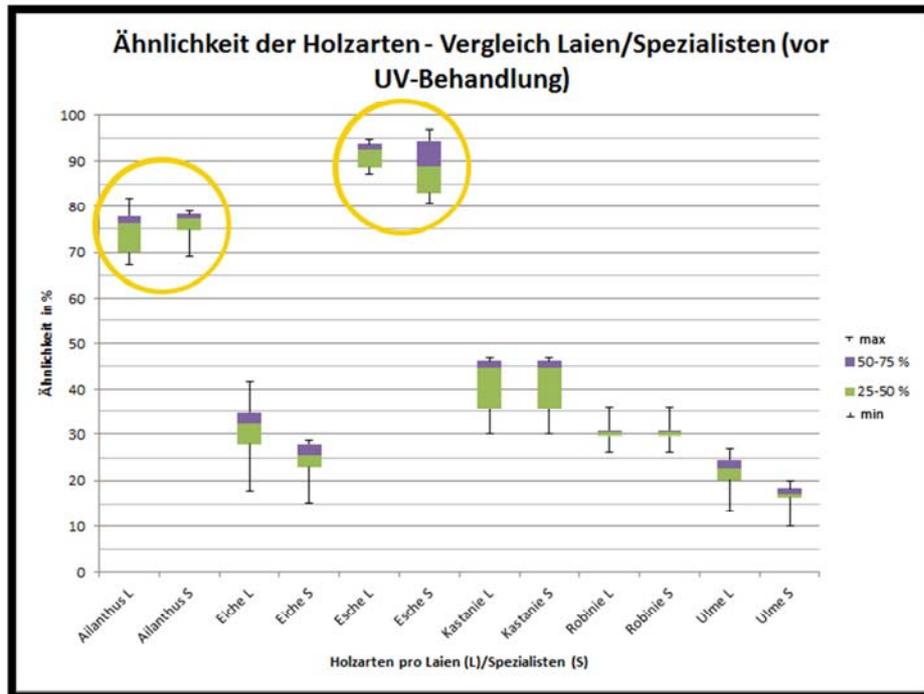


Anhang 7.35.: Holz Vergleich von Frauen und Männer nach UV-Bestrahlung nach dem Attribut „e. unangenehm-angenehm“

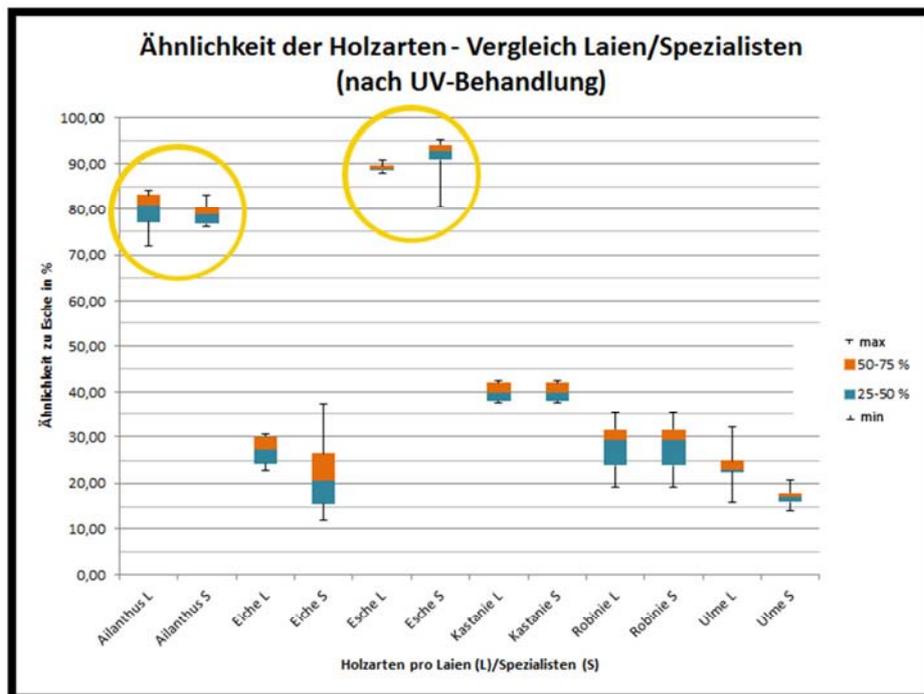


7.2.5 Referenz – Vergleich nach Probandengruppen

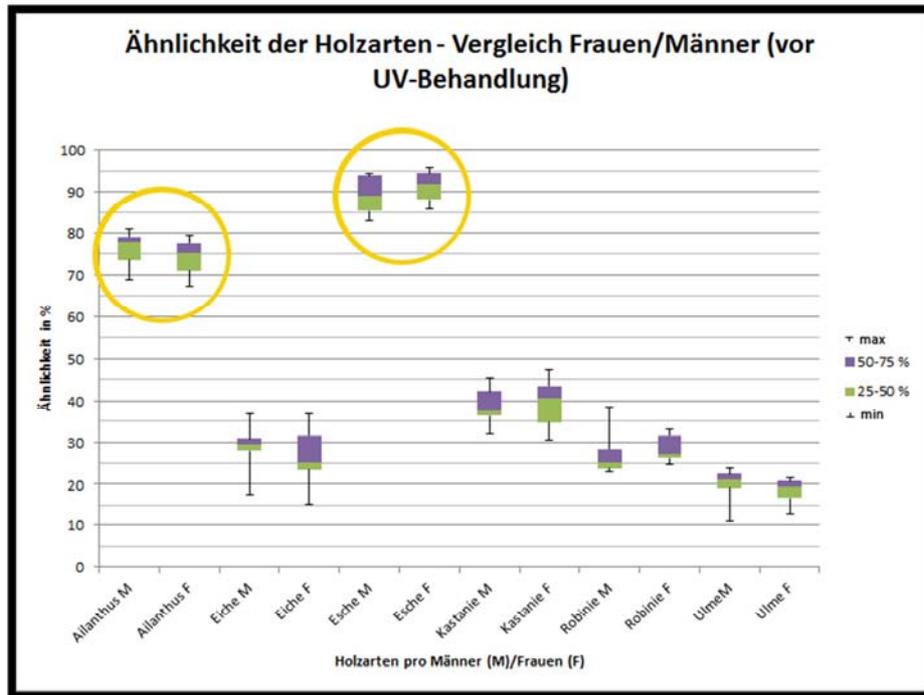
Anhang 7.36.: Vergleich der Aussagen von Laien und Spezialisten bezüglich der Ähnlichkeit der Holzarten zum Referenzstück Esche (vor UV-Bestrahlung)



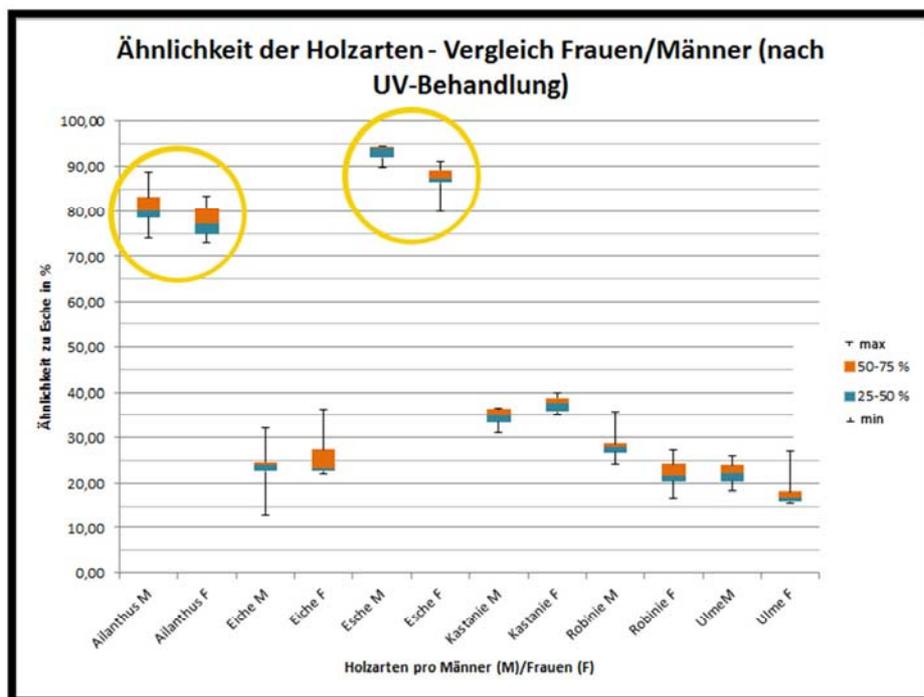
Anhang 7.37.: Vergleich der Aussagen von Laien und Spezialisten bezüglich der Ähnlichkeit der Holzarten zum Referenzstück Esche (nach UV-Bestrahlung)



Anhang 7.38.: Vergleich der Aussagen von Frauen und Männern bezüglich der Ähnlichkeit der Holzarten zum Referenzstück Esche (vor UV-Bestrahlung)



Anhang 7.39.: Vergleich der Aussagen von Frauen und Männern bezüglich der Ähnlichkeit der Holzarten zum Referenzstück Esche (nach UV-Bestrahlung)



8. Literaturverzeichnis:

DIERSCHKE H (1994) Pflanzensoziologie, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Göttingen

FREY W et al. (2010) Geobotanik - Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

HECKER U (2001) Bäume und Sträucher, BLV Verlag, München (S. 388,389)

HÖLBLING M (1989) Beitrag zur Kenntnis einiger physikalischer und technologischer Eigenschaften des Götterbaumes (*Ailanthus altissima*), Institut für Holzforschung, Universität für Bodenkultur, Wien

KOTRODYOVA V et al. (2011) Aesthetic performance of different wood species - visual interaction of human being and wood [Innovations in Wood Industry and Engineering Design, Sofia (BG), OCT 27-28, 2011] In: University of Forestry, Sofia (BG) and IUFRO (eds.), Fourth scientific conference: Innovations in wood industry and engineering design, p. 17

Kotradyova V et al. (2012) Holz und Ästhetik - LIGNOVISIONEN 27: 19-26, Universität für Bodenkultur Wien, ISSN 1681-2808

MEINTS T (2003) Entwicklung eines Modells für den Farbeindruck von Massivholzoberfläche, Institut für Holztechnologie und nachwachsende Rohstoffe, Universität für Bodenkultur Wien

NIEMZ P (1993) Physik des Holzes und der Werkstoffe, DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co, Leinfelden-Echterdingen

Teischinger A et al. (2012) Colour characterization of various hardwoods In: R. Nemeth, A. Teischinger (eds.). University of West Hungary Press, Sopron. ISBN 978-963-9883-97-0, Hardwood Science and Technology. The 5th Conference of Hardwood Research and Utilization in Europe, 2012, p. 180-188

UDVARDY L (2004) Invasive Pflanzen - Götterbaum (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), TermészetBÚVÁR Alapítvány Verlag, Budapest (S.143-155)

WAGENFÜHR A (2007) Taschenbuch der Holztechnik, Fachbuchverlag Leipzig, 2007

WILMANNS O (1998) Ökologische Pflanzensoziologie, Quelle & Meyer Verlag Wiesbaden (S.43, 69, 107)

8.1 Quellen aus dem Internet:

BARTHA D (2000) Red list – Blue list – Black list, Lövérint, Sopron

<http://novenytan.emk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/novenytan/novenytan/kiadvanyok/publikaciok/BD/COLLIST.pdf> (am 27.02.2014)

BRANDNER R (2010) Götterbaum - *Ailanthus altissima*, World Conference on Timber Engineering, Holz.bau Forschungs GmbH, Non-K_{Ind} FFG-Projekt TU Graz

http://www.holzbauforschung.at/upload/stx_sbdownloaderNonK_FFG_Projekt_Goetterbaum.pdf (am 13.11.2013)

BUCHELT B (2010) Evaluation of colour differences on wood surfaces, Eur. J. Wood Prod., 70:389-391

CHANG Y et al. (2003) Korean Medicinal Plants Inhibiting to Human Immunodeficiency Virus Type 1 (HIV-1) Fusion, Phytotherapy Research Volume 17:426-429, College of Pharmacy, Chosun University, Kwangju (Republic of Korea)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ptr.1155/pdf> (am 13.11.2013)

FERREIRA P et al (2013) Evaluation of the Papermaking Potential of *Ailanthus altissima*, Elsevier, Industrial Crops and Products 42:538-542

www.elsevier.com/locate/indcrop (am 12.11.2013)

HONG Z et al. (2012) Tetracyclic Triterpenoids and Terpenylated Coumarins from the Bark of *Ailanthus altissima* („Tree of Heaven“), Elsevier, Phytochemistry 86:159-167 Fudan University, Shanghai (China)

HU S 1979 *Ailanthus*, *Arnoldia*, Harvard Arboretum, SCOPUS

http://rzblx10.uni-regensburg.de/dbinfo/detail.php?bib_id=boku&colors=&ocolors=&lett=c&tid=0&titel_id=3636

KOWARIK I et al. (2007) Biological Flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, Elsevier, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 8:207-237, TU Berlin

LIESS N (2013) Der Baum des Himmels? – *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Monitoring und Evaluierung von Kontrollmethoden im Nationalpark Donauauen (Österreich), Wissenschaftliche Reihe 30, Fachhochschule Eberswalde

http://www.donauauen.at/dateien/6863_NPDA_30_2013_Liess_Goetterbaum.pdf

MOTARD E et al. (2011) Does the invasive species *Ailanthus altissima* threaten floristic diversity of temperate peri-urban forests?, Science Direct, C.R. Biologies 334:872-879, Universität Paris Diderot

PANAYOTOV P et al. (2011) Biological and Wood Properties of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, Forestry Ideas 17:122-130, Sofia (Bulgaria)

http://forestry-ideas.info/files/issue/Forestry_Ideas_BG_2011_17_2_2.pdf (am 10.11.13)

RAMANANANTOANDRO T et al. (2013) Relationship between density and aesthetic attributes of wood and preference of Malagasy consumers, Annals of Forest Science 70:649-658, INRA und Springer Verlag France, Université d'Antananarivo

SHAH B (1997) The Checkered Career of *Ailanthus altissima*, SCOPUS, Pittsburgh

<http://128.103.155.30/pdf/articles/1997-57-3-the-checkered-career-of-ailanthus-altissima.pdf> (am 10.11.2013)