

Untersuchungen zur Pilzresistenz an tropischen Hölzern aus Panama

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

durchgeführt am
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz
an der Universität für Bodenkultur Wien

vorgelegt von
Bernhard Widhalm Bakk. techn.

Betreuer:
Ao.Univ.Prof. DI Dr.nat.techn. Erhard Halmschlager

April 2013

Kurzfassung

Im Zuge dieser Arbeit wurde die natürliche Resistenz von 200 verschiedenen Hölzern aus Panama gegenüber holzerstörenden Basidiomyceten untersucht. Dazu wurden Bohrkern (Ø 5 mm, Länge 4 – 5 cm) aus dem inneren und dem äußeren Bereich des Stammes unter Laborbedingungen dem Angriff durch einen Weißfäuleerreger (*Trametes versicolor*) und einen Braunfäuleerreger (*Gloeophyllum trabeum*) ausgesetzt. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an die EN 113. Die Prüfpilze wurden in Petrischalen (Ø 9 cm) auf Malz-Agar-Medium kultiviert. Sobald die Petrischalen vollständig bewachsen waren, wurden die Bohrkern mit Abstandhaltern über dem Pilzmycel ausgelegt und bei Normklima (22°C, 70% rel. LF) für 12 Wochen gelagert. Um Hinweise zum Fortschritt des Holzabbaus an den nicht Norm-konformen Bohrkern zu erhalten und die Virulenz der eingesetzten Prüfpilze zu verifizieren (erzielte Mindestabbaurate nach 16 Wochen bei Weißfäule 15%, bei Braunfäule 20%) wurden parallel dazu Vergleichsbohrkerne aus Kiefernholz und Normprüfkörper (50 × 25 × 15 mm) aus Kiefern- und Buchenholz dem Pilzangriff ausgesetzt. Anhand des erhobenen Masseverlusts der Bohrkern nach 12 Wochen wurde für jede Holzart die natürliche Pilzresistenz getrennt nach inneren und äußeren Proben ermittelt. Die vorliegende Arbeit kommt zu dem Ergebnis, dass 73% der im hier durchgeführten Abbauersuch untersuchten Tropenhölzer einem Angriff durch holzerstörende Fäulepilze (Weißfäule und Braunfäule) nicht standhalten.

Schlüsselworte: Tropenholz, Panama, Weißfäule, Braunfäule, EN 113, Abbaurate, natürliche Pilzresistenz

Abstract

In the course of this thesis the natural resistance of wood samples from 200 different tree species from Panama against decomposition by wood decaying basidiomycetes was studied. For that purpose wooden core samples (\varnothing 5 mm, 4 – 5 cm in length) of the inner and outer area of the trunk were subjected to the attack of a white-rot fungus (*Trametes versicolor*) and a brown-rot fungus (*Gloeophyllum trabeum*) under laboratory conditions. The experimental procedure was carried out according to the European standard EN 113 with some modifications. Test fungi were cultured on malt-agar medium in Petri dishes (\varnothing 9 cm). As soon as the culture medium was completely covered by fungal mycelium, wood samples were placed on specimen supports above the fungal mycelium and stored at standard atmosphere (22°C, 70% air humidity) for 12 weeks in an incubator. In order to control progression of the decay rate of the non-standard accordant core samples and to verify the virulence of the used test fungi (minimum decay rate after 16 weeks: 15% for the white rot fungus and 20% for the brown rot fungus), core samples of pine and standard specimens according to EN 113 (50 × 25 × 15 mm) of pine and beech wood were simultaneously exposed to fungal attack and served as a reference. By means of the given mass loss after 12 weeks, the natural fungal resistance of every tested wood species was determined separately for inner and outer specimens. The results of this thesis indicated that 73% of the tested wood samples do not resist an attack of wood-decaying fungi (white- and brown-rot fungi).

Keywords: Tropical wood, Panama, white-rot fungus, brown-rot fungus, EN 113, decay rate, natural fungal resistance

Danksagung

Die vorliegende Masterarbeit entstand am Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF) an der Universität für Bodenkultur Wien.

Für die umfangreiche Betreuung und die Themenstellung bin ich Herrn Ao. Univ. Prof. DI Dr. Erhard Halmschlager (IFFF) zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Ich bedanke mich besonders bei Herrn Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Peter Hietz (Institut für Botanik), der den Kontakt nach Panama herstellte, durch den mir die Bohrkerne der tropischen Hölzer zur Verfügung gestellt wurden und der mir viele hilfreiche Daten bereitstellte.

Für die Betreuung und die Einschulung im Labor bedanke ich mich bei Frau Mag. Susanne Mottinger – Kroupa (IFFF). Dank gilt ebenso Herrn DI Peter Kritsch (IFFF), der mir den Klimaschrank für meine Proben bereitstellte und mit dessen Hilfe das Klima laufend überwacht werden konnte. Für viele verschiedene Hilfeleistungen möchte ich mich außerdem bei Herrn Roman Wanjek (IFFF) bedanken.

Für die rasche Bereitstellung der Normprüfkörper bedanke ich mich bei Herrn Univ. Prof. DI Dr. Dr. Alfred Teischinger (Institut für Holzforschung). Ebenfalls zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Ing. Robert Stingl (Institut für Holzforschung), der mir mit fachlichem Rat bei der Konditionierung und Holzfeuchtemessung meiner Proben hilfreich zur Seite stand.

Bei Frau DI Kathrin Motz (Institut für Waldwachstum) bedanke ich mich für die Bereitstellung eines Zuwachsbohrers sowie für ihre fachlichen Auskünfte.

Weiters möchte ich der Firma Mediscan im Forschungszentrum Seibersdorf danken, bei der ich meine Proben sterilisieren lassen durfte.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, Helmut Widhalm und Wilhelmine Widhalm – Kupferschmidt, die mir mein Studium ermöglicht haben und mich während meiner Studienzeit finanziell unterstützt haben. Besonders durch meinen Vater wurde das Interesse an Naturwissenschaften in mir geweckt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	3
2.1 Holzabbau und natürliche Dauerhaftigkeit von Holz	3
2.2 Prüfpilze	5
2.2.1 Weißfäuleerreger - <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	5
2.2.2 Braunfäuleerreger - <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murill	7
2.3 Prüfkörper	8
2.3.1 Bohrkern der Tropenhölzer	8
2.3.2 Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz	10
2.3.3 Normprüfkörper	10
2.4 Nährmedium	11
2.5 Versuchsdurchführung	11
2.5.1 Bestimmung der Ausgangstrockenmasse	11
2.5.2 Konditionierung der Proben	12
2.5.3 Probensterilisation	12
2.5.4 Versuchsgefäße	12
2.5.5 Kultivierung der Prüfpilze	13
2.5.6 Einbau der Holzproben	14
2.5.7 Kontrolle des Holzabbaus und Versuchsende	15
2.5.8 Bestimmung des Masseverlusts und der Holzfeuchtigkeit	16
2.6 Methodik zur Einstufung in Dauerhaftigkeitsklassen	17
3. Ergebnisse und Diskussion	19
3.1 Fortschritt des Holzabbaus	19
3.2 Virulenz der Prüfpilze	20
3.3 Visuelle Beurteilung der Bohrkern nach dem Abbauversuch	21
3.4 Masseverlust durch Pilzangriff und Einfluss auf die Holzfeuchtigkeit	23
3.4.1 Abbau durch <i>Trametes versicolor</i> (Weißfäuleerreger)	23
3.4.2 Abbau durch <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Braunfäuleerreger)	25
3.4.3 Zusammenhang zwischen erzieltm Masseverlust und Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende	27
3.5 Einstufung der Tropenhölzer in Dauerhaftigkeitsklassen	28
3.6 Natürliche Pilzresistenz der Tropenhölzer	31
3.6.1 Hölzer mit hoher Pilzresistenz	32
3.6.2 Hölzer mit niedriger Pilzresistenz	33

3.7 Vergleich der Pilzresistenz von innerem und äußerem Bohrkern	35
3.7.1 Innere und äußere Bohrkernkerne derselben Holzart	35
3.7.2 Innere und äußere Bohrkernkerne desselben Baumindividuums ...	37
3.8 Schlussfolgerungen aus dem Abbauversuch	41
4. Zusammenfassung	42
Summary	44
5. Literatur	46
6. Anhang	51

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: <i>Trametes versicolor</i> . a) Fruchtkörper b) Faserige Konsistenz an weißfaulem Holz.....	5
Abb. 2: <i>Gloeophyllum trabeum</i> . a) Fruchtkörper b) Typischer Würfelbruch an braunfaulem Holz.....	7
Abb. 3: Ausbreitung des Mycels von <i>T. versicolor</i> auf Malz-Agar Nährmedium.....	13
Abb. 4: Bohrkern von <i>Inga laurina</i> (oben) und <i>Hymenaea courbaril</i> (nach 12 Wochen Pilzbefall) auf gebogenem Glasstäbchen über dem Mycel von <i>G.trabeum</i> gelagert.....	15
Abb. 5: Entfernung des Pilzmycels von <i>T. versicolor</i> von einem Vergleichsbohrkern aus Kiefernspiltholz. Der obere Bohrkern wurde bereits entnommen (vgl. Kap. 2.5.7.).....	16
Abb. 6: <i>Jacaratia spinosa</i> ; Der Abbau ist so weit fortgeschritten, dass ein Auswerten nicht mehr möglich war.....	21
Abb. 7: a) Bohrkern von <i>Saurauia yasicae</i> (oben) und <i>Schefflera morototoni</i> von <i>T. versicolor</i> befallen. b) Bohrkern von <i>Terminalia amazonia</i> (oben) und <i>Tapirira guianensis</i> von <i>G. trabeum</i> befallen.....	22
Abb. 8: Masseverlust der äußeren Bohrkern von 199 Tropenhölzern hervorgerufen durch <i>T. versicolor</i> nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende.....	23
Abb. 9: Masseverlust der inneren Bohrkern von 153 Tropenhölzern hervorgerufen durch <i>T. versicolor</i> nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende.....	24
Abb. 10: Masseverlust der äußeren Bohrkern von 178 Tropenhölzern hervorgerufen durch <i>G. trabeum</i> nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende.....	25
Abb. 11: Masseverlust der inneren Bohrkern von 122 Tropenhölzern hervorgerufen durch <i>G. trabeum</i> nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende.....	25
Abb. 12: Einstufung der 158 untersuchten Tropenkernhölzer in die Dauerhaftigkeitsklassen 1 - 5, angelehnt an EN 350-1.....	28
Abb. 13: Vergleich der Pilzresistenz von innerem und äußerem Bohrkern von 158 Tropenhölzern.....	35
Abb. 14: Gegenüberstellung des durch <i>T. versicolor</i> hervorgerufenen Masseverlusts an inneren und äußeren Bohrkernproben jener 27 Tropenhölzer, von denen Proben aus beiden Bereichen desselben Baumes vorlagen (die mit Pfeilen markierten Werte kennzeichnen Holzarten, die lt. Datenbanken Kernholz ausbilden).....	37
Abb. 15: Gegenüberstellung des durch <i>G. trabeum</i> hervorgerufenen Masseverlusts an inneren und äußeren Bohrkernproben jener 26 Tropenhölzern von denen Proben aus beiden Bereichen desselben Baumes vorlagen (die mit Pfeilen markierten Werte kennzeichnen Holzarten, die lt. Datenbanken Kernholz ausbilden).....	39

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Klassen der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz nach EN 350-1 gegen Pilzbefall aufgrund von Laborversuchen im Anlehnung an EN 113 mit angepasstem Wert x.....	18
Tab. 2: Fortschritt der Abbauraten an den Vergleichsbohrkernen aus Kiefernspiltholz. Mittelwerte aus den 3 Werten (sh. Kap. 2.5.6) der Vergleichsbohrkerne berechnet.....	19
Tab. 3: Überprüfung der Virulenz der eingesetzten Prüfpilze in Anlehnung an EN 113.....	20
Tab. 4: Vergleich der ermittelten Dauerhaftigkeitsklasse einiger Holzarten aus dem Abbauversuch mit jenen nach EN 350-2.....	29
Tab. 5: Vergleich der Dauerhaftigkeit nach den Ergebnissen des Abbauversuchs mit den Werten nach Scheffer und Morell (1998).....	30
Tab. 6: Masseverlust, wissenschaftliche Namen, Handelsnamen und verwendete Kurzzeichen der untersuchten Holzarten mit der höchsten Pilzresistenz.....	32
Tab. 7: Masseverlust, wissenschaftliche Namen, Handelsnamen und verwendete Kurzzeichen der untersuchten Holzarten mit der niedrigsten Pilzresistenz.....	33

Verzeichnis der Abkürzungen und Zeichen

Abb.	Abbildung	min.	Minuten
Anm.	Anmerkung	ml	Milliliter
Aq. deion.	deionisiertes Wasser	mm	Millimeter
bzw.	beziehungsweise	o.g.	oben genannt
ca.	circa	ÖNORM	Österreichische Norm
cm	Zentimeter	PE	Polyethylen
d.h.	das heißt	rel. LF	relative Luftfeuchtigkeit
d.s.	das sind	sh.	siehe
EN	Europäische Norm	s.o.	siehe oben
et al.	und andere (Autoren)	Tab.	Tabelle
g	Gramm	u.a.	unter anderem
g_F	Feuchtgewicht	v.a.	vor allem
g_0	Anfangstrockengewicht	vgl.	vergleiche
g_{Tr}	Endtrockengewicht	z.B.	zum Beispiel
HF.....	Holzfeuchtigkeit	z.T.	zum Teil
i.d.R.	in der Regel	%	Prozent
Kap.	Kapitel	×	Mal (Multiplikation)
kGy	Kilogray	°C	Grad Celsius
km	Kilometer	±	Plusminus
l x b x h	Länge x Breite x Höhe	Ø	Durchmesser
lt.	laut	=	ist gleich

1. Einleitung

Als organisches Produkt unterliegt Holz einem natürlichen Kreislauf von Auf- und Abbau. Einige holzabbauende Organismen, wie Basidiomyceten (Ständerpilze), nutzen die chemischen Strukturbestandteile (Zellulose, Hemizellulose und Lignin) von Holz als Nahrungsgrundlage. Holzerstörende Pilze zersetzen und verändern die Holzsubstanz und führen sie so als Nährstoffe in die Natur zurück (Pfabigan 2011).

Die Zerfallsprozesse von Holz sind durchaus von praktischem Nutzen. Die Beschleunigung (z.B. bei der Biotreibstoffherstellung) und die Verhinderung des Holzabbaus (z.B. durch Holzschutzmittel oder die Verwendung von resistenteren Holzarten) sind von wirtschaftlichem Interesse (Susi et al. 2011).

Unterschiedliche Holzarten werden von holzabbauenden Organismen mehr oder weniger stark angegriffen, je nachdem wie dauerhaft sie sind. Die natürliche Dauerhaftigkeit ist laut ÖNORM EN 350-1 (1994) definiert als die dem Holz eigene Widerstandsfähigkeit gegen einen Angriff durch holzerstörende Organismen.

Im Zuge dieser Arbeit wurde die natürliche Dauerhaftigkeit von ca. 200 verschiedenen Hölzern aus Panama gegenüber dem Angriff durch holzerstörende Basidiomyceten bestimmt. Anders als in Europa, wo die Wälder von einigen wenigen herrschenden Baumarten geprägt sind, gibt es im tropischen Regenwald viele verschiedene dominierende Hölzer. Demzufolge ergibt sich ein breites Spektrum an zu testenden Holzarten, wobei aufgrund der großen Menge an anfallender Biomasse und des feuchtwarmen Klimas im tropischen Regenwald von Panama optimale Entwicklungs- und Wachstumsbedingungen für holzabbauende Pilze gegeben sind (Ferrer und Gilbert 2003).

Innerhalb dieser Vielzahl an Spezies verschaffen sich Baumarten gegenüber ihren Konkurrenten neben Schnellwüchsigkeit und Schattentoleranz u.a. auch dadurch einen Vorteil, dass ihr Holz eine hohe natürliche Pilzresistenz aufweist. Die Pilzresistenz ist zudem auch für den zeitlichen Verlauf der natürlichen Abbauvorgänge von entscheidender Bedeutung.

Neben der natürlichen Dauerhaftigkeit der jeweiligen Holzart beeinflussen Temperatur und Feuchtegehalt des Holzes den Holzabbau durch Pilze entscheidend. Die tatsächliche Abbaurate hängt somit auch wesentlich von den vorherrschenden Bedingungen während des Holzabbaus ab (Brischke und Rapp 2008a).

Der durchgeführte Holzabbauversuch folgte bezüglich der Temperatur- und Feuchtwerte den Empfehlungen der ÖNORM EN 113, da diese eine optimale Entwicklung der verwendeten Prüfpilze erwarten lassen und dadurch auch die Vergleichbarkeit mit anderen Abbauversuchen gewährleistet wird. Unabhängig vom eingesetzten Prüfpilz korreliert der erzielte Masseverlust eines untersuchten Tropenholzes mit der Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende.

Unberücksichtigt bleiben in derartigen Abbauversuchen unter Laborbedingungen aber wichtige Faktoren wie etwaiger Boden-/Erdkontakt oder Wasserkontakt des Holzes, die unter natürlichen Bedingungen zu wesentlich höheren Abbauraten führen können.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, die natürliche Pilzresistenz tropischer Hölzer aus Panama, getrennt nach inneren und äußeren Bereichen, in einem Abbauversuch in Anlehnung an die EN 113 zu ermitteln. Zudem sollen die Tropenhölzer, von denen einige zum ersten Mal unter Laborbedingungen einem Pilzangriff ausgesetzt waren, in Dauerhaftigkeitsklassen, angelehnt an EN 350-1 und EN 350-2, eingeteilt werden. Die im Abbauversuch ermittelten Werte werden (soweit möglich) mit bestehenden Werten aus der Literatur verglichen und diskutiert. Dabei wird insbesondere auf jene Holzarten näher eingegangen, für die bereits Erfahrungswerte vorliegen.

2. Material und Methoden

Um die natürliche Dauerhaftigkeit der tropischen Holzarten gegenüber dem Angriff holzerstörender Pilze zu bestimmen, wurden Holzabbauversuche in Anlehnung an die ÖNORM EN 113 durchgeführt und dabei der durch den Pilzbefall verursachte Masseverlust bestimmt.

2.1 Holzabbau und natürliche Dauerhaftigkeit von Holz

Hier wird zunächst auf die Faktoren eingegangen, die für den Abbau von Holz notwendig sind. Danach werden jene zwei Basidiomyceten (ein Weiß- und ein Braunfäuleerreger) näher charakterisiert, die im vorliegenden Versuch als Prüfpilze eingesetzt wurden.

Das wohl wichtigste Kriterium für den Holzabbau ist die Holzfeuchtigkeit. Absolut trockenes Holz wird von Pilzen nicht angegriffen. Alle Fäulepilze, zu denen auch die hier verwendeten Prüfpilze zählen, benötigen für Wachstum und Holzabbau Wasser. Für die Sporenkeimung sind Feuchtigkeitswerte zwischen 20% und 40% optimal. Unterhalb des Fasersättigungspunktes (HF ca. 30%), der bereits unter natürlichen Umweltbedingungen erreicht wird, liegt nur eine minimale Pilzaktivität vor. Da mit steigendem Feuchtegehalt der Sauerstoffanteil abnimmt, findet Holzabbau bis zu einer Holzfeuchtigkeit von 220% statt. (Huckfeldt et al. 2005; Pfabigan 2011).

Weitere Voraussetzungen sind die Verfügbarkeit organischer Nährstoffe (im Abbauversuch wird der Pilz deshalb auf einem Nährmedium herangezogen, sh. dazu Kap. 2.4), die Sauerstoffkonzentration, der pH-Wert, sowie die Temperatur. Letztere ist ein weiterer entscheidender Faktor für Sporenkeimung und das Pilzwachstum. Das Temperaturoptimum liegt für die meisten Pilze zwischen 20°C und 30°C, wobei Pilzwachstum bereits zwischen 3°C und 35°C (45°C) auftritt. Einige wenige Pilze ertragen aber sehr viel niedrigere (bis -5°C) bzw. höhere Temperaturen (bis 50°C, bzw. vertragen einige *Gloeophyllum*-Arten [Blättlinge] für kurze Zeit sogar Temperaturen um 90°C) (Boddy und Rayner 1983; Huckfeldt et al. 2005; Pfabigan 2011; Schmidt 2007).

Die Temperaturansprüche und auch die Letaltemperaturen sind von Pilz zu Pilz verschieden und sind auch von der Mycelart (Substratmycel oder Oberflächenmycel) abhängig. Substratmycelien (d.h. im Holz wachsende Fäulepilze) ertragen generell extremere Temperaturen und können im Holz besser überdauern als Oberflächenmycelien oder auf Agar-Nährmedien herangezogene Pilze (Huckfeldt et al. 2005).

Neben den soeben dargestellten physikalischen Einflussfaktoren spielt beim Holzabbau noch eine Reihe von anderen Faktoren eine wichtige Rolle:

1. Faktoren, die mit der Wirtspflanze zusammenhängen (Holzanatomie, Holzinhaltstoffe, Abwehrmaßnahmen des Baumes wie z.B. die Kompartimentierung).
2. Faktoren, die den Pilz betreffen (enzymatische Ausstattung, Virulenz, Aggressivität).

Die Aggressivität eines Pilzes wird u.a. durch sein Inokulumpotential bestimmt. Darunter versteht man die Wachstumsenergie eines Pilzes, die sich proportional zu seiner Querschnittsfläche, die mit dem Holz in Kontakt steht, verhält. Das Inokulumpotential einer einzigen Pilzspore auf einer Wunde eines Baumes ist sehr gering. Demgegenüber weist ein Pilz, dessen Mycel sich in weiten Teilen des Stammes ausgebreitet hat, sehr hohes Inokulumpotential auf. Pilze mit hohem Inokulumpotential sind nicht nur konkurrenzfähiger, sondern können auch unter wesentlich ungünstigeren Bedingungen Holz abbauen (Schwarze und Baum 2000).

Im vorliegenden Abbauersuch wiesen die Prüfpilze jedoch genau das gleiche Inokulumpotential auf, da überall die gleiche Mycelfläche vorlag und die Probehölzer die gleichen Dimensionen besaßen, weshalb dieser Faktor vernachlässigt werden konnte.

Holzerstörende Pilze bauen die Holzbestandteile mit Hilfe von Enzymen ab. Der Zellwandabbau erfolgt derart, dass die Pilzhyphen in die Zelllumina vordringen und dort Enzyme freisetzen. Über das genaue Vordringen der Enzyme ins Holz gibt es derzeit noch verschiedene Auffassungen (Huckfeldt 2003).

2.2 Prüfpilze

2.2.1 Weißfäuleerreger - *Trametes versicolor* (L.) Lloyd



Abb. 1: *Trametes versicolor*. a) Fruchtkörper b) Faserige Konsistenz an weißfaulem Holz (www.rawforestfoods.com; www.deritec.de)

Als Weißfäuleerreger wurde die Schmetterlingstramete (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd; Synonym: *Coriolus versicolor* (L.) Quelet) für den Abbauersuch als Testpilz herangezogen.

Die Schmetterlingstramete ist weltweit, also in allen Klimazonen, verbreitet (Breitenbach und Kränzlin 1986).

Das makroskopische Erscheinungsbild dieses Pilzes ist sehr variabel. Die Fruchtkörper sind halbkreis- bzw. fächerförmig und wachsen dachziegelartig in großen Kolonien. Sie werden bis zu 8 cm breit, sind ledrig, zäh und dünn. Die Unterseite weist sehr kleine Poren auf, die Oberseite ist zoniert, manchmal glänzend und z.T. samtig behaart. Diese Zonierung der Oberfläche kommt durch Feuchtigkeitsschwankungen zustande, der farbliche Unterschied der einzelnen Zonen durch Licht-/Schattenwechsel (www.forst.tu-muenchen.de; Schmidt 2006).

Weißfäuleerreger bauen im Gegensatz zu Braunfäuleerregern neben Zellulose, Hemizellulose und Pektinen (d.s. pflanzliche Polysaccharide) auch Lignin in der Sekundärschicht und der Mittellamelle der verholzten Zellwände in Laub- und Nadelbäumen ab. Bei Weißfäuleerregern werden die einzelnen Zellwandschichten meist gleich intensiv abgebaut (Huckfeldt 2003).

Bei Weißfäule wird zwischen selektivem und simultanem Ligninabbau unterschieden. Pilze, die bevorzugt Lignin angreifen und verwerten, werden als selektive Weißfäuleerreger bezeichnet. Erfolgt der Abbau von Lignin und Zellulose annähernd gleichzeitig, wie bei der Schmetterlingstramete, so spricht man von Simultanfäule oder simultaner Weißfäule (Huckfeldt 2003).

Basidiomyceten, die Holz selektiv delignifizieren können, sind für die Wissenschaft durchaus interessant. Der Abspaltungsprozess von Lignin aus lignozellulolytischen Materialien wird z.B. für biologische Pulping-Prozesse erforscht und eingesetzt. Aufgrund der langen Inkubationszeit sind diese Prozesse aber wirtschaftlich eher unbedeutend (Blanchette et al. 1996).

Die Einteilung von Weißfäuleerregern in eine dieser beiden Gruppen ist jedoch nicht immer eindeutig. Einige Pilze zeigen auf demselben Substrat beide Typen des Holzabbaus. Möglicherweise hängt der auftretende Typ des Ligninabbaus von den äußeren Bedingungen ab (Tuor et al. 1995).

Bei Weißfäulepilzen sind für den Ligninabbau Ligninperoxidase (LiP), Manganperoxidase (MnP) und Laccase verantwortlich. Diese Enzyme oxidieren die Bestandteile von Lignin, nämlich Coniferyl-, Sinapyl-, und p-Coumaralkohol, sodass diese dann für den Pilz verwertbar werden. Nicht jeder Weißfäuleerreger bildet alle drei dieser Enzyme (Tuor et al. 1995).

Fackler et al. (2006) fanden heraus, dass der höchste Abbaugrad von Lignin in Kiefernholz mit dem Aussenden und der Aktivität der Peroxidasen (LiP, MnP) korreliert. Bei manchen Fäulepilzen fehlt die Aktivität des Enzyms Laccase gar vollständig.

Die einzelnen Schritte des vollständigen Ligninabbaus sind allerdings bis heute noch nicht bekannt (Blanchette et al. 1996).

Die Konsistenz von Holz, das von einem Weißfäuleerreger befallen wurde, ist weich und faserig (Abb. 1b). Während Weißfäuleerreger in der Natur häufig anzutreffen sind, treten sie an verbautem Holz eher selten auf (Pfabigan 2011).

2.2.2 Braunfäuleerreger – *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murill



Abb. 2: *Gloeophyllum trabeum*. a) Fruchtkörper b) Typischer Würfelbruch an braunfaulem Holz (www.mykonet.ch; www.totholz.ch)

Als in der EN 113 gekennzeichnete obligate Prüfpilz wurde als Braunfäuleerreger der Balkenblättling (*Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murill) für den Abbauersuch herangezogen. Die Verbreitung des Balkenblättlings ist kosmopolitisch, hauptsächlich tritt er aber in mediterranen und gemäßigten Zonen auf. Die Fruchtkörper, die in freier Natur häufig, unter Laborbedingungen allerdings sehr selten ausgebildet werden, sind dachziegelartig nebeneinander oder übereinander aufgereiht, kommen aber auch einzeln vor, werden bis zu 8 cm lang und bis zu 1 cm dick. Die Unterseite ist porös oder lamellenartig, die Oberfläche ist samtig weich (Breitenbach und Kränzlin 1986; Schmidt und Huckfeldt 2011).

Braunfäule wird ausschließlich von Basidiomyceten hervorgerufen, wobei Nadelbäume bevorzugt befallen werden. Nur 6% aller derzeit bekannten holzabbauenden Pilze rufen Braunfäule hervor, allerdings verursachen Braunfäuleerreger bis zu 95% aller Schäden in verbaulichem Holz. Blättlinge gehören zu jenen Braunfäulepilzen, die verbautes Holz am stärksten abbauen, sofern die nötige Feuchtigkeit vorhanden ist (Feuchtigkeitsoptimum für *Gloeophyllum* sp.: 40 – 210%) (Schwarze et al. 2000; Huckfeldt 2003; Schmidt und Huckfeldt 2011).

Braunfäulepilze bauen im Holz Holozellulose (Zellulose und Hemizellulose) und Pektine ab, das Lignin bleibt hingegen unberührt. Untersuchungen haben gezeigt, dass durch Braunfäule Hemizellulosen schneller abgebaut werden als die Zellulose. Dies liegt daran, dass die Hemizellulosen die Zellulosefibrillen in der Zellwand umgeben, sodass zuerst diese „Schutzschicht“ abgebaut werden

muss, bevor die zellulolytischen Zucker genutzt werden können. Der Hemizelluloseabbau erfolgt durch Hemicellulasen (z.B. Xylanasen). Der Zelluloseabbau erfolgt durch die extrazellulären Enzyme Cellulase und Cellobiohydrolase, die die Zelluloseketten in einzelne Zuckermoleküle umwandeln und dann vom Pilz verwertet werden können. Neben Enzymen sind auch chemische Prozesse am Holzabbau durch Braunfäule beteiligt (Green III und Highley 1996; Huckfeldt 2003; Tuor et al. 1995).

Bevor bei mit Braunfäule befallenen Hölzern ein Masseverlust auftritt, kann eine Festigkeitsminderung durch die Depolymerisation der Zellwandbestandteile festgestellt werden. Der Festigkeitsverlust ist wesentlich höher als bei Weißfäulebefall, was zu erheblich früherem Bruchversagen von braunfaulem Holz führt. Dieser Faktor ist somit in Hinblick auf das Zusammenbrechen überalterter Baumindividuen von Relevanz (Brischke et al. 2008; Ejechi et al. 1996).

Von Blättlingen befallenes Holz verfärbt sich oft bräunlich, auch das Pilzmycel verändert seine Farbe von weiß zu orangefarben bis bräunlich. Ein durch Braunfäule bewirkter Holzabbau führt zu einem raschen Masse- und einem massiven Festigkeitsverlust. Durch den Abbau von Holozellulose bleibt nur das Lignin übrig, das Holz verfärbt sich und es entsteht ein typischer Würfelbruch mit Rissen (Abb. 2b). Das verbliebene Ligningerüst lässt sich problemlos unter geringer Krafteinwirkung zu Pulver zerreiben (Huckfeldt 2003; Pfabigan 2011).

2.3 Prüfkörper

2.3.1 Bohrkerne der Tropenhölzer

Die verschiedenen Tropenhölzer wurden als Bohrkerne aus Panama überstellt. Alle Proben stammen aus dem Umkreis von 15 – 30 km um Barro Colorado Island, einer Insel im Panamakanal. Zuerst wurden Probendimensionen für den Versuchsablauf festgelegt, nach welchen dann die Auswahl der Bohrkerne für jede Holzart erfolgte. Alle Bohrkerne hatten einen Durchmesser von 5 mm und wurden visuell auf eventuelle Holzfehler geprüft. Da sie im weiteren Versuchsverlauf in Petrischalen (Ø 9 cm) eingebracht wurden, wurden alle

Proben für die Versuchsdurchführung auf eine einheitliche Länge von 4,5 cm gekürzt (sh. dazu Kapitel 2.5).

Die Bohrkerne wurden aus unterschiedlichen Tiefen aus den Baumstämmen gebohrt. Es ist teilweise schwierig, eine eindeutige Grenze zwischen Kern- und Splintholz der Tropenhölzer zu erkennen und festzustellen, ob jede der untersuchten Baumarten überhaupt Kernholz ausbildet. Deshalb wurden für einen Teil des Abbauversuchs nur „äußere“ Bohrkerne verwendet, die aus einer Tiefe von bis zu 10 cm stammen (immer Splintholz). Für den anderen Teil des Abbauversuches wurden nur „innere“ Bohrkerne verwendet, die aus einer Tiefe von mehr als 10 cm - optimal war eine Tiefe von mehr als 15 cm - stammen. Es kann somit auch der Fall eintreten, dass eine im vorliegenden Abbauversuch als „innerer Bohrkern“ bezeichnete Probe eigentlich aus dem Splintholz eines Baumes stammt, was zwar die Ergebnisse beeinflusst, jedoch mangels Verfügbarkeit weiterer bzw. anderer Proben in Kauf genommen werden muss.

Je Holzart wurden i.d.R. vier Bohrkerne ausgewählt (je zwei äußere und zwei innere Bohrkerne), wobei die Hälfte der Bohrkerne dem Angriff durch den Weißfäuleerreger *T. versicolor* und die andere Hälfte jenem des Braunfäuleerregers *G. trabeum* ausgesetzt wurde. Somit war es möglich, für die meisten untersuchten Tropenhölzer die natürliche Pilzresistenz getrennt nach äußeren und inneren Bohrkernen zu ermitteln.

Da es nicht von allen Hölzern genügend verwertbare Bohrkerne gab, wurden jene Holzarten, von denen zumindest ein Bohrkern verfügbar war, nur dem Angriff durch den Weißfäuleerreger ausgesetzt.

Von 158 Hölzern konnte die Pilzresistenz für innere und äußere Proben ermittelt werden, von 43 weiteren war es nur möglich, die äußeren Proben (also das Splintholz) zu untersuchen, da es für diese keine Bohrkerne aus ausreichender Bohrtiefe gab um sie als „innere Proben“ festzulegen.

2.3.2 Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz

Um später Hinweise zum Fortschritt des Holzabbaus an den o.g. nicht Normkonformen Bohrkernen zu erhalten, wurden für jede Versuchscharge (sh. Kap. 2.5.6) acht Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz in die Untersuchungen einbezogen. Diese Vergleichsbohrkerne wurden mit Hilfe eines Zuwachsbohrers (\varnothing 5 mm) von mindestens drei verschiedenen Rotkiefern (*Pinus sylvestris* L.) (vgl. ÖNORM EN 350 – 1) gebohrt und auf eine Länge von 4,5 cm gekürzt.

Bei der Auswahl der Kieferbohrkerne wurde darauf geachtet, dass diese keine Fäule, Schädigung durch Insekten oder Harzeinschlüsse enthalten, da diese Fehler sonst zu verfälschten Abbauergebnissen führen würden.

2.3.3 Normprüfkörper

Laut ÖNORM EN 113 muss geprüft werden, ob die eingesetzten Prüfpilze überhaupt fähig sind, an genormten Prüfkörpern nach 16 Wochen einen Masseverlust von 15% (Weißfäuleerreger) und 20% (Braunfäuleerreger) und damit eine bestimmte Mindestabbaurate hervorzurufen. Um diese Virulenz zu verifizieren, wurden parallel zu den Bohrkernen aus Panama und den Vergleichsbohrkernen aus Kiefernspiltholz auch Normprüfkörper ($l \times b \times h$: 50 x 25 x 15 mm) aus Kiefern- und Buchenholz (*Fagus sylvatica* L.) dem Pilzangriff ausgesetzt (näheres sh. Kap. 2.5).

Die Kiefernprüfkörper wurden gemäß den Vorgaben der EN 113 aus Splintholz hergestellt, bei den Buchenprüfkörpern gibt es keine Vorgaben hinsichtlich Splint- oder Kernholz. Zudem musste es sich bei den Normprüfkörpern um fehlerfreies Holz, ohne Fäule, Risse, Verfärbungen oder Schäden durch Insekten handeln. Die Prüfkörper wurden so zugeschnitten, dass die Längsflächen immer parallel zur Holzfaserrichtung und die Jahrringe nicht völlig tangential zur Breitseite verlaufen. Insgesamt wurden 12 Normprüfkörper in die Untersuchung einbezogen, 6 davon aus Kiefern- und 6 aus Buchenholz (vgl. ÖNORM EN 113).

2.4 Nährmedium

Die Anzucht der Prüfpilze erfolgte auf 2% Malz-Agar Medium (10 g Agar - Agar Pulver [Sigma Agar], 20 g Malzextrakt in Pulverform [Dia Malt], 500 ml Aq. deion.)

Das vorbereitete Medium wurde in 500 ml Glasflaschen (Schott Duran) im Autoklav (CertoClav Hochdrucksterilisator) für 20 min. bei 120°C sterilisiert (vgl. ÖNORM EN 113).

Durch das Autoklavieren werden sämtliche Fremdorganismen (z.B. Schimmelpilzsporen), die zur Kontamination des Nährbodens führen könnten, abgetötet (Schulders und Lanceata 1999).

2.5 Versuchsdurchführung

Die gesamte Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an die ÖNORM EN 113.

2.5.1 Bestimmung der Ausgangstrockenmasse

Die Bohrkerne aus Panama, die Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz sowie die Normprüfkörper aus Kiefernspiltholz- und Buchenholz wurden bei $103 \pm 2^\circ\text{C}$ im Trockenschrank (Heraeus Darrschrank) mindestens 18 Stunden lang bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden alle Proben dem Trockenschrank entnommen und im Exsikkator über Silikagel für ca. 20 Minuten abgekühlt und mit Hilfe einer Präzisionswaage (Sartorius ED 423 S) das Darrgewicht auf 0,001 g genau bestimmt. Laut ÖNORM EN 113 müsste die Trockenmasse nur auf 0,01 g genau bestimmt werden, da allerdings alle Bohrkerne ein Gewicht von weniger als 1 g aufwiesen, wurde entschieden, im Hinblick auf die spätere Auswertung eine weitere Kommastelle zu berücksichtigen.

2.5.2 Konditionierung der Proben

Um eine für den Holzabbau geeignete Anfangs-Holzfeuchtigkeit zu erzielen und um die Proben bei der Auswertung miteinander vergleichen zu können, mussten sämtliche Bohrkerne sowie die Normprüfkörper auf dieselbe Holzfeuchtigkeit konditioniert werden. Dazu wurden alle Holzproben im Klimaraum bei Normklima (22°C, 70% rel.LF) solange gelagert, bis eine Holzfeuchtigkeit von 12% erreicht war. Nach 5 bis 6 Tagen war die gewünschte Feuchtigkeit im Holz erreicht, wobei der Feuchtegehalt der Proben zwischendurch immer wieder kontrolliert wurde. Die Feuchtigkeitsmessung erfolgte entweder mit Hilfe eines elektronischen Holzfeuchtigkeitsmessgerätes oder durch Messung der Gewichtszunahme. Die Holzfeuchtigkeit wurde nur an den Normprüfkörpern gemessen, da angenommen wurde, dass die Bohrkerne (Ø 5 mm) den gewünschten Wert schon erreicht haben, wenn die wesentlich größeren Prüfkörper 12% Holzfeuchte aufweisen.

2.5.3 Probensterilisation

Für die Probensterilisation wurden alle Bohrkerne und die Normprüfkörper zunächst mit Etiketten gekennzeichnet und im Konditionierlabor (Institut für Physik und Materialwissenschaften) bei Normklima mit einem Folienschweißgerät in Polyethylenfolie eingeschweißt. Die Sterilisation der Holzproben (Bohrkerne, Vergleichsbohrkerne sowie Normprüfkörper) erfolgte mittels ionisierender Strahlung (25 kGy) durch die Firma Mediscan im Forschungszentrum Seibersdorf (NÖ).

2.5.4 Versuchsgefäße

Als Versuchsgefäße dienten für die Bohrkernproben Petrischalen (Ø 9 cm), für die wesentlich größeren Normprüfkörper wurden Kolleschalen aus Glas (wie in der EN 113 beschrieben) verwendet.

Die Petrischalen wurden ca. 5 mm hoch mit Nährmedium befüllt, übereinander gestapelt und in der Impfbank ca. 1 – 2 Tage gelagert bis das Nährmedium erstarrt war.

Die benötigten 6 Kolleschalen wurden mit Wattestopfen und Alufolie verschlossen und autoklaviert. Anschließend wurden sie in der Impfbank unter sterilen Bedingungen mit Hilfe einer Vogelpipette mit 75 ml sterilisierter Nährlösung befüllt, erneut verschlossen und erneut autoklaviert. Nach dieser letzten Sterilisation wurden die Kolleschalen liegend für 1 – 2 Tage abgekühlt, damit das Nährmedium mit Hilfe des Agars erstarren konnte.

2.5.5 Kultivierung der Prüfpilze

Zur Herstellung der Pilzkulturen für den Abbauersuch wurden die o.g. Prüfpilze in der Impfbank unter sterilen Bedingungen aus Schrägagarkulturen des Instituts (IFFF) auf je eine Petrischale überimpft (Abb.3.) und von diesen Stammkulturen dann die weiteren Petrischalen bzw. auch die Kolleschalen beimpft. Das Mycel sollte dabei direkt auf dem Nährmedium aufliegen.



Abb. 3: Ausbreitung des Mycels von *T. versicolor* auf Malz-Agar Nährmedium

Die Überimpfung der Prüfpilze erfolgte bei minimal geöffnetem Deckel der Petrischalen, sodass das Risiko einer Infektion minimiert wurde. Nach dem Überimpfen wurden die Petrischalen sofort mit Parafilm („M“ Laboratoryfilm) verschlossen, übereinander gestapelt und zusätzlich noch in einen PE-Schlauch verpackt. Die Hälfte der Schalen wurde mit dem Weißfäuleerreger *T. versicolor*, die andere Hälfte mit dem Braunfäuleerreger *G. trabeum* beimpft und entsprechend gekennzeichnet.

2.5.6 Einbau der Holzproben

Nachdem die Petrischalen vollständig mit Mycel bewachsen waren (Dauer ca. 1 Woche), wurden je Petrischale 2 Bohrkerne eingebracht. Da zunächst nur die Splintholzbohrkerne zur Verfügung standen und die Bohrkerne aus dem inneren Bereich des Stammes erst 6 Monate später einlangten (die inneren Bohrkerne trafen wiederum in zwei Teilen ein, der 2. Teil einen Monat später als der erste) wurde der Abbauversuch in 3 Tranchen durchgeführt.

Vor dem Einbringen der Bohrkerne wurde auf etwaige Infektionen des Nährmediums geachtet und betroffene Petrischalen aussortiert. Von jeder zu untersuchenden Holzart wurden je zwei Bohrkerne (2 × innerer, 2 × äußerer) dem Abbau durch einen Weißfäule- und einen Braunfäuleerreger ausgesetzt.

Dazu wurden die Bohrkerne auf Abstandhaltern über dem Pilzmycel platziert und die Petrischale dann wieder mit Parafilm verschlossen. Als Abstandhalter dienten entweder gebogene Glasstäbe (Abb. 4), die im Trockenschrank bei 120°C mind. 12 Stunden in Alufolie hitzesterilisiert wurden, oder Teile eines Kunststoffgitters, das wie in Kap. 2.5.3 beschrieben, durch radioaktive Bestrahlung sterilisiert wurde. Das Kunststoffgitter erwies sich letztendlich als vorteilhafter, da die runden und z.T. kürzeren Bohrkerne auf den ebenfalls runden Glasstäbchen leicht abrollen konnten.

Auf dem Deckel der Petrischale wurden zudem noch Etiketten mit den Bezeichnungen der Bohrkerne angebracht. Die Bezeichnung auf den Etiketten setzte sich aus einer Abkürzung des botanischen Namens des Tropenholzes sowie einer Koordinaten-Kombination zusammen.

Ähnlich wurde mit den 8 Vergleichsbohrkernen aus KiefernSplintholz verfahren. Die Kolleschalen wurden auf dieselbe Art mit den beiden Testpilzen beimpft wie die Petrischalen, jedoch wurden hier als Inokulum größere Agarwürfel (ca. 1,5 × 1,5 × 0,5 cm) verwendet. Die weitere Behandlung und der Einbau der Normprüfkörper erfolgten gemäß EN 113.

Die Petrischalen und Kolleschalen wurden im Klimaschrank (Vötsch VB 0714 Phytotron) bei 22°C und 70% rel.LF gelagert, wobei Temperatur und Luftfeuchtigkeit ständig überwacht und aufgezeichnet wurden.



Abb. 4: Bohrkerne von *Inga laurina* (oben) und *Hymenaea courbaril* (nach 12 Wochen Pilzbefall) auf gebogenem Glasstäbchen über dem Mycel von *G. trabeum*.

2.5.7 Kontrolle des Holzabbaus und Versuchsende

Für eine gültige Versuchsdurchführung muss der an den Normprüfkörpern durch den Holzabbau erzielte Masseverlust laut ÖNORM EN 113 für den Weißfäuleerreger *T. versicolor* nach 16 Wochen mindestens 15% und für den Braunfäuleerreger *G. trabeum* mindestens 20% betragen.

Da die Bohrkerne aus Panama jedoch um vieles kleiner und dünner waren als die Normprüfkörper, bestand die Gefahr, dass die Tropenhölzer nach 16 Wochen bereits soweit abgebaut waren, dass ein Auswerten des Abbaues nicht mehr möglich gewesen wäre. Es wurde deshalb beschlossen, den Abbauesuch der Bohrkerne zu beenden, sobald die Abbauraten an den Vergleichsbohrkernen aus Kiefernspiltholz die in der Norm vorgeschriebenen Mindestabbauraten erreicht haben.

Um Hinweise zum Fortschritt des Holzabbaus der Tropenhölzer zu erhalten, wurden daher nach einem Zeitraum von jeweils 4 Wochen zwei Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz (ein von *T. versicolor* und ein von *G. trabeum* befallener) entnommen, das Pilzmycel mit einer Pinzette und einer feinen Bürste sorgfältig vom Holz entfernt (Abb.5) und anschließend der

Masseverlust bestimmt (vgl. Kap. 2.5.8). Zwei Vergleichsbohrkerne wurden jedoch die gesamten 16 Wochen dem Pilzangriff ausgesetzt.

Der Holzabbauversuch der Tropenhölzer wurde bereits nach 12 Wochen beendet, da die Vergleichsbohrkerne zu dieser Zeit die Mindestabbauraten bereits erreicht hatten (sh. Kap. 3.1). Um die Verwechslungsgefahr bei der Auswertung zu unterbinden, wurde jeder einzelne Tropenholzbohrkern in ein Papierkuvert verpackt (eine Verpackung aus Plastik wäre bei den hohen Trocknungstemperaturen nicht vorteilhaft), beschriftet und anschließend der Masseverlust bestimmt.

Mit den Normprüfkörpern wurde genauso verfahren wie mit allen Bohrkernen.

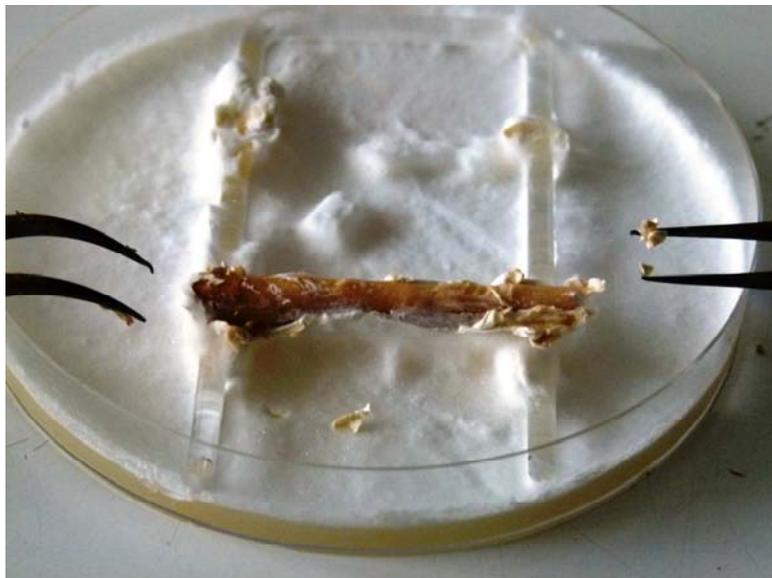


Abb. 5: Entfernung des Pilzmycels von *T. versicolor* von einem Vergleichsbohrkern aus Kiefersplintholz. Der obere Bohrkern wurde bereits entnommen (vgl. Kap. 2.5.7.).

2.5.8 Bestimmung des Masseverlusts und der Holzfeuchtigkeit

Nach Versuchsende wurden die Prüfkörper bzw. Bohrkern ausgebaut und das anhaftende Pilzmycel vorsichtig entfernt. Dabei musste darauf geachtet werden, dass beim Abbürsten keine Holzsubstanz verloren geht, da sonst die Masseermittlung verfälscht worden wäre. Da das Mycel nur oberflächlich entfernt werden kann, verbleiben zwar immer einzelne Pilzhyphen im Inneren des Bohrkerns bzw. des Prüfkörpers, deren Masse allerdings vernachlässigbar ist. Nach Entfernen des Pilzmycels wurden die feuchten Proben auf 0,001 g genau gewogen und anschließend für mindestens 18 Stunden im Trockenschrank bei $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ getrocknet.

Dabei wird durch den Wasserentzug und die einsetzende Eiweißgerinnung weiteres Mycelwachstum und somit ein weiterer Holzabbau unterbunden (Schmidt 2007). Die trockenen Bohrkern/Prüfkörper wurden danach im Exsikkator über Silikagel ca. 20 min. abgekühlt und dann erneut auf 0,001 g genau gewogen.

Aus der Differenz zwischen Feuchtgewicht (g_F) und Endtrockengewicht (g_{Tr}) wurde die Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende ermittelt. Dadurch konnte bei der weiteren Auswertung auch ein etwaiger Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Holzabbaus und der Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende (Schmidt 2007) untersucht werden (sh. Kap. 3.4.3).

Der durch den Pilzangriff verursachte Masseverlust wurde anhand der Differenz zwischen Ausgangs- und Endtrockenmasse ermittelt und die Abbaurate als prozentueller Masseverlust bezogen auf die Ausgangstrockenmasse dargestellt.

2.6 Methodik zur Einstufung in Dauerhaftigkeitsklassen

Ausgangspunkt für die Ermittlung der natürlichen Dauerhaftigkeit ist der für die jeweilige Holzart ermittelte Masseverlust gemäß EN 113 (vgl. Kap. 2.5.8), wobei für die Klassifikation der (mittlere) Masseverlust jener Pilzart herangezogen wird, die den größeren Masseverlust hervorgerufen hat. Dieser Wert wird dem mittleren Masseverlust der Vergleichsproben (d.s. im vorliegenden Fall die Kiefernspiltholzbohrkerne) gegenüber gestellt. Der Quotient aus den beiden Werten ergibt den Wert x , anhand dessen die Einstufung in eine der fünf Dauerhaftigkeitsklassen von Holz gegen Pilzbefall aufgrund von Laborversuchen erfolgt (vgl. Tab. 1).

Aufgrund der geringen Stichprobengröße (pro Prüfpilz je 1 Bohrkern aus dem äußeren bzw. inneren Bereich des Holzes, wobei nur letzterer für die Einstufung der Dauerhaftigkeit heranzuziehen ist) konnte pro Holzart jeweils nur ein innerer Bohrkern (jener, bei dem durch die verwendeten Prüfpilze die höhere Abbaurate erzielt wurde) mit der mittleren Abbaurate der Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz verglichen werden. Dadurch ergibt sich für den durchgeführten Abbauversuch ein etwas veränderter x -Wert als in der EN 350–1.

Die in Tab. 1 dargestellten Dauerhaftigkeitsklassen beziehen sich definitionsgemäß nur auf Kernholz (innere Bohrkerne), da Splintholz automatisch in die Dauerhaftigkeitsklasse 5 (= Nicht dauerhaft) eingeordnet werden muss. Ein Korrekturwert, wie in der EN 350-1 vorgeschrieben, wurde aufgrund des geringen Probenumfangs und der geringen Probengröße für den hier durchgeführten Abbauersuch vernachlässigt (ÖNORM EN 350–1).

Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung	Ergebnisse der Laboruntersuchung
1	Sehr dauerhaft	$x \leq 0,15$
2	Dauerhaft	$x > 0,15$ aber $\leq 0,3$
3	Mäßig dauerhaft	$x > 0,3$ aber $\leq 0,6$
4	Wenig dauerhaft	$x > 0,6$ aber $\leq 0,9$
5	Nicht dauerhaft	$x > 0,9$
Wert $x = \frac{\text{Mittlerer Masseverlust eines Prüf-Probekholzes}}{\text{Mittlerer Masseverlust der Vergleichs-Probekholzer}}$		

Tab. 1: Klassen der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz nach EN 350-1 gegen Pilzbefall aufgrund von Laborversuchen in Anlehnung an EN 113 mit angepasstem Wert x (übernommen von Wolfsmayr 2009)

Da der Abbauersuch aufgrund von Zustellungsproblemen der inneren Bohrkernproben in zwei Teilen durchgeführt werden musste und darüber hinaus auch die Werte aus dem Splintholz-Abbauersuch zur Verfügung standen, gibt es somit für jeden Prüfpilz drei Vergleichswerte für Kiefersplintholz, aus denen der mittlere Masseverlust der Vergleichsprobekholzer berechnet wurde (vgl. nachstehende Formel). Da der Abbauersuch nach 12 Wochen beendet wurde, errechnet sich der Wert x wie folgt:

$$\text{Wert } x = \frac{\text{Masseverlust des jeweiligen Tropenkernholzes nach 12 Wochen}}{\text{Mittlerer Masseverlust der Vergleichs-Probekholzer nach 12 Wochen}}$$

Es muss aber festgehalten werden, dass die Einstufung der untersuchten Tropenhölzer in Dauerhaftigkeitsklassen zwar in Anlehnung an die EN 350-1 erfolgte, aber nicht völlig Norm-konform ist, da sowohl die Probendimensionen (Bohrkerne anstelle von Normprüfkörpern) als auch die Anzahl der Proben nicht mit den Vorgaben der Norm übereinstimmen. Zudem wird in der Norm für Laubhölzer als Vergleichsholzart Buchenholz empfohlen.

Letzteres wurde im vorliegenden Abbauversuch aber nur zur Ermittlung der Virulenz der beiden Prüfpilze herangezogen.

Bei jenen Proben, von denen nur ein Bohrkern und somit nur ein Prüfpilz verwendet werden konnte, wird zur Berechnung von x der Masseverlust eben dieses einen Bohrkerns herangezogen. Die Aufstellung der Einteilung in Dauerhaftigkeitsklassen der Tropenhölzer wird in Kapitel 3.5 behandelt. Die Tabelle mit dem Wert x für jede Holzart befindet sich im Anhang.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Fortschritt des Holzabbaus

Der Fortschritt des Holzabbaus an den Vergleichsbohrkernen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Dauer (Wochen)	Mittlere Abbauraten (%)	
	<i>T. versicolor</i>	<i>G. trabeum</i>
0	0	0
4	3,39	7,07
8	11,8	17,94
12	22,66	24,49
16	32,92	28,3

Tab. 2: Fortschritt der Abbauraten an den Vergleichsbohrkernen aus Kiefernspiltholz. Mittelwerte aus den 3 Werten (sh. Kap. 2.5.6) der Vergleichsbohrkerne berechnet.

Wie in Tab. 2 ersichtlich, konnte der Abbauversuch an den Bohrkernen aus Panama schon nach 12 Wochen beendet werden, da die Mindestabbauraten (15% für *T. versicolor*, 20% für *G. trabeum*) für beide Prüfpilze zu diesem Zeitpunkt bereits deutlich überschritten waren (fett gedruckte Werte). Wie bereits in Kap. 2.5.7 erwähnt, verblieben zwei Vergleichsbohrkerne sowie die Kolleschalen mit den Normprüfkörpern noch weitere 4 Wochen (also die in der Norm vorgegebene Dauer) im Klimaschrank und wurden erst nach 16 Wochen aufgearbeitet.

Weiters ist zu erkennen, dass der Braunfäuleerreger *G. trabeum* die Kiefernspiltholzbohrkerne anfangs schneller abbaut als der Weißfäuleerreger *T. versicolor*. Ein Faktum, das bereits von Huckfeldt (2003) an heimischen Hölzern untersucht und beschrieben wurde.

3.2 Virulenz der Prüfpilze

Um den Abbauversuch als gültig zu werten, müssen sowohl *T. versicolor* als auch *G. trabeum* nach 16 Wochen die in der Norm vorgeschriebenen Mindestabbauraten an den Normprüfkörpern erzielen. Diese betragen für *T. versicolor* 15% und für *G. trabeum* 20% Masseverlust (vgl. ÖNORM EN 113). Da der Abbauversuch aufgrund der zeitlich unterschiedlich eingelangten Proben getrennt nach inneren und äußeren Bohrkernen durchgeführt wurde, wurde die Virulenz der Prüfpilze zwei Mal getestet.

		Mittlerer Masseverlust (%)		
		1.Test	2.Test	
Kiefer	<i>T. versicolor</i>	17,7	15,5	gültig
	<i>G. trabeum</i>	20,2	27,1	
Buche	<i>T. versicolor</i>	32,5	17,0	gültig
	<i>G. trabeum</i>	34,0	36,5	

Tab. 3: Überprüfung der Virulenz der eingesetzten Prüfpilze in Anlehnung an EN 113

Die Abbauraten an je 3 Normprüfkörpern wurden für die Auswertung gemittelt. Die Werte für jeden einzelnen Normprüfkörper finden sich in entsprechender Tabelle im Anhang. Wie Tab. 3 zeigt, erreichten die Prüfpilze in beiden Teilen des Abbauversuchs die geforderten Mindestabbauraten.

Obwohl bei Weißfäulebefall (*T. versicolor*) ein höherer Masseverlust erwartet werden kann, da alle Zellwandbestandteile abgebaut werden können (sh. Kap. 2.2.1), war der Masseverlust an den Normprüfkörpern, die mit *G. trabeum* befallen waren, etwas höher. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Braunfäuleerreger Holzbestandteile (16 Wochen Versuchsdauer!) schneller abbauen als Weißfäuleerreger (vgl. Huckfeldt 2003).

3.3 Visuelle Beurteilung der Bohrkern nach dem Abbauersuch

Die Intensität des Mycelwachstums an den Bohrkernen ließ bereits erste Schlüsse auf die natürliche Pilzresistenz einer Holzart zu. Einige Holzarten wurden fast gar nicht von Mycel bewachsen, andere wiederum vollständig. In den meisten Fällen überzog *T. versicolor* die ihm ausgesetzten Proben stärker als *G. trabeum*. Dies war unabhängig von inneren oder äußeren Bohrkernen der Fall und auch an den Normprüfkörpern und den Vergleichsbohrkernen zu beobachten. Tatsächlich wurde oft jener Bohrkern von einem der Prüfpilze stärker abgebaut, der stärker vom Mycel des Pilzes bewachsen wurde. In seltenen Fällen verhielt sich die Abbaurate aber sogar gegenläufig.

T. versicolor zeigte bereits vor dem Einbau der Bohrkern am Nährboden ein wesentlich schnelleres Mycelwachstum als *G. trabeum*, der ca. eine Woche benötigte, um eine Petrischale vollständig zu bewachsen.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen das unterschiedliche Ausmaß des Holzabbaus an Bohrkernen verschiedener Tropenhölzer vor dem Ausbau aus den Petrischalen.



Abb. 6: *Jacaratia spinosa*; Der Abbau ist so weit fortgeschritten, dass ein Auswerten nicht mehr möglich war.

So wurde der äußere Bohrkern von Papayito oder Wilder Papaya (*Jacaratia spinosa* Aubl.) von *T. versicolor* so weit abgebaut, dass ein Entfernen des Mycels und damit eine Auswertung des Masseverlusts nicht mehr möglich waren (Abb. 6). Die Konsistenz des Holzes war hier feuchtem Papier ähnlich.

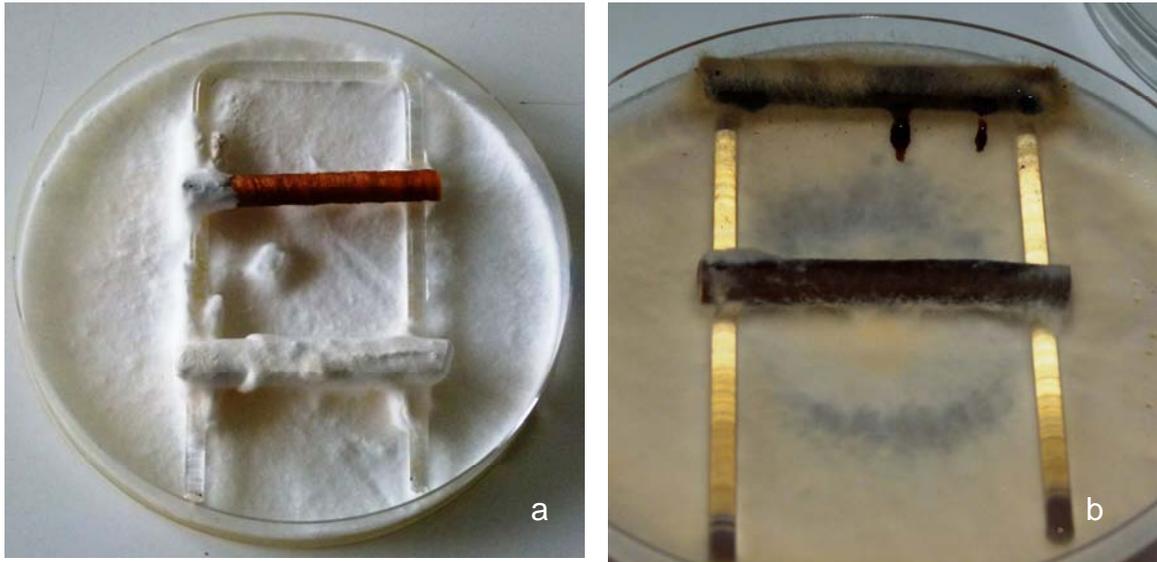


Abb. 7: a) Bohrkerne von *Saurauia yasicae* (oben) und *Schefflera morototoni* von *T. versicolor* befallen. b) Bohrkerne von *Terminalia amazonia* (oben) und *Tapirira guianensis* von *G. trabeum* befallen.

Abbildung 7 zeigt, dass die Pilzresistenz tatsächlich optisch analysiert werden kann. In Abbildung 7a sind die äußeren Bohrkerne von Aguacatillo (*Saurauia yasicae* Loes.) und Mountain trumpet (*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire) zu sehen, wobei der obere Bohrkern visuell eine höhere Pilzresistenz aufweist als der andere.

Abbildung 7b zeigt die äußeren Bohrkerne von Nargusta (*Terminalia amazonia* Gmel.) und Amarillon (*Tapirira guianensis* Aubl.), die eher spärlich vom Mycel des Prüfpilzes *G. trabeum* bewachsen wurden.

Extraktstoffe, von denen einige phenolische Strukturen aufweisen, verleihen dem Holz fungistatische oder fungitoxische Eigenschaften, wodurch die Dauerhaftigkeit gegen den Angriff holzerstörender Pilze beeinflusst wird. Ein hoher Gehalt an Extraktstoffen, der oft an der dunklen Holzfarbe makroskopisch zu erkennen ist, erhöht die natürliche Dauerhaftigkeit einer Holzart (Bhat et al. 2005; Boddy und Rayner 1983; Widhalm 2010). Der Extraktstoffgehalt wurde bei den untersuchten Tropenhölzern jedoch nicht bestimmt.

Obwohl die durch *T. versicolor* befallenen Bohrkerne einen höheren Masseverlust zeigen, bleibt die mechanische Festigkeit bei Weißfäulebefall länger erhalten, da Zellulose, die für die Holzfestigkeit verantwortlich ist, nicht sofort vollständig zerstört wird (anders bei Braunfäulebefall) (Brischke et al. 2008). Dies wurde auch bei den untersuchten Hölzern beobachtet.

3.4 Masseverlust durch Pilzangriff und Einfluss auf die Holzfeuchtigkeit

3.4.1 Abbau durch *Trametes versicolor* (Weißfäuleerreger)

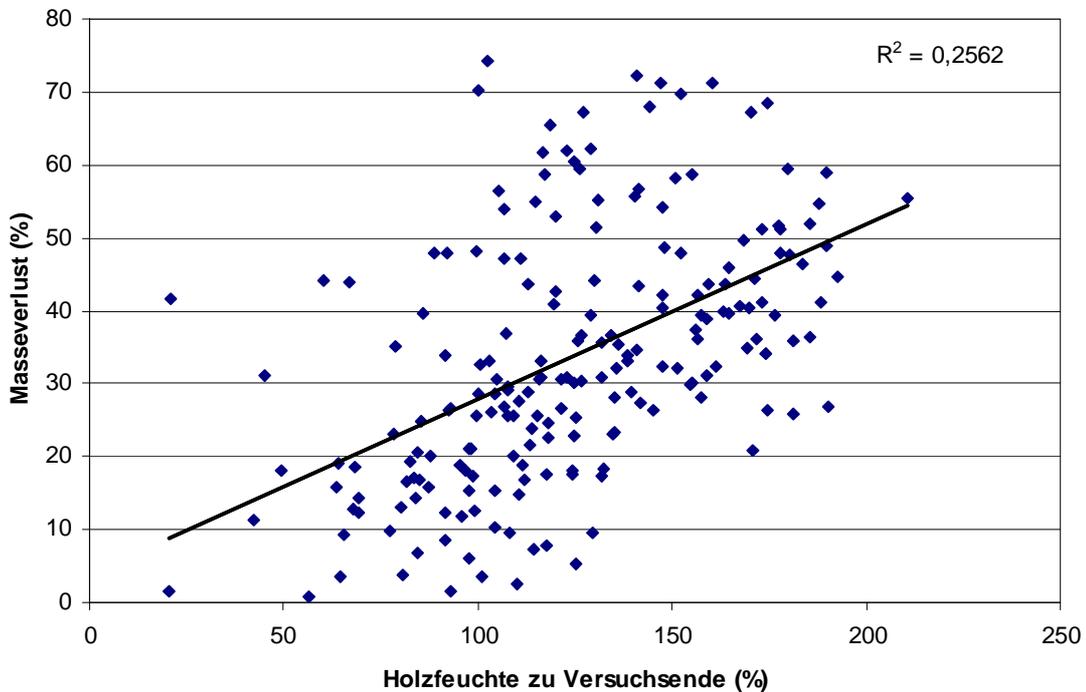


Abb. 8: Masseverlust der äußeren Bohrkerne von 199 Tropenhölzern hervorgerufen durch *T. versicolor* nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende

Der durch *T. versicolor* verursachte Masseverlust wurde für die untersuchten Tropenhölzer getrennt nach inneren und äußeren Bohrkerne ermittelt. In Abbildung 8 sind die Abbauraten für die äußeren Bohrkerne von 199 verschiedenen tropischen Hölzern dargestellt. Wie die Abbildung zeigt, besteht ein Zusammenhang zwischen Masseverlust und der Holzfeuchte der Probe zu Versuchsende, wobei letztere mit steigendem Abbaugrad zunimmt (sh. dazu Kap. 3.4.3).

Im Mittel betrug der durch *T. versicolor* verursachte Masseverlust an den äußeren Proben nach 12 Wochen 33,4% (Minimum: 0,81%, Maximum: 74,27%), jener der inneren Proben 26,7% (Minimum: 0,32%, Maximum: 70%) (Abb. 9). Obwohl die Mittelwerte aufgrund der großen Streuung wenig Aussagekraft besitzen, zeigt der Vergleich der Abbauraten, dass Splintholz (äußere Bohrkerne) durch *T. versicolor* erwartungsgemäß stärker abgebaut wird als innere Bohrkerne.

Da laut ÖNORM EN 350-2 Splintholz generell in die Dauerhaftigkeitsklasse 5 einzuordnen ist und Kernholz aufgrund des höheren Gehalts an Extraktstoffen i.d.R. eine höhere Resistenz besitzt, entspricht das im hier durchgeführten Abbauversuch ermittelte Ergebnis den Erwartungswerten (vgl. ÖNORM EN 350-2; Bhat et al. 2005; Fearnside 1996).

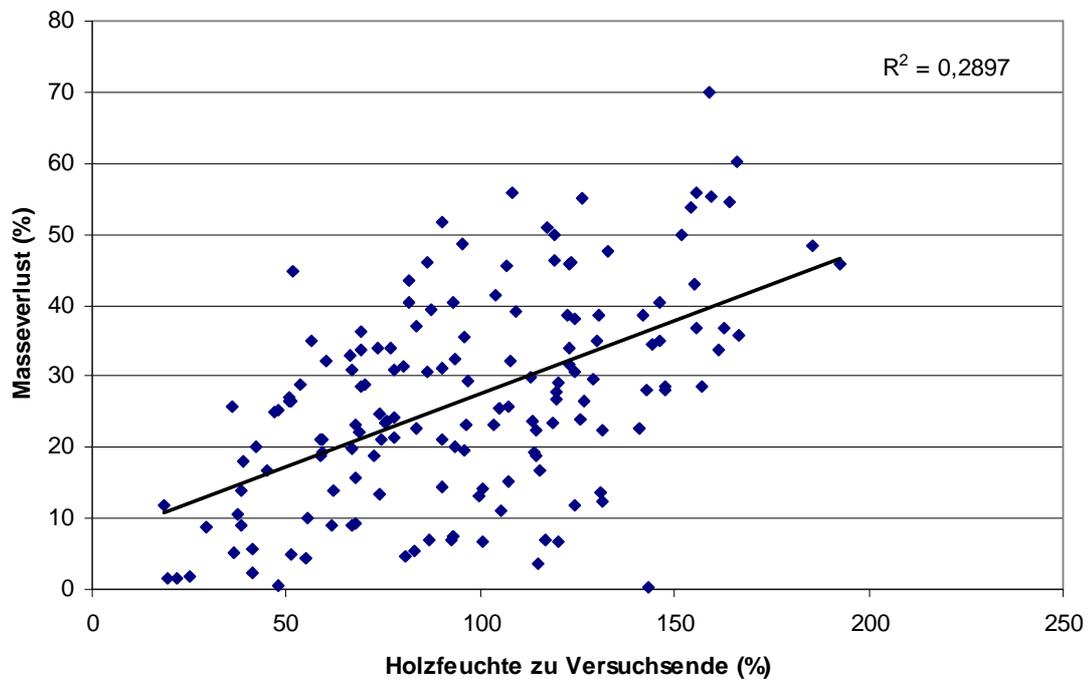


Abb. 9: Masseverlust der inneren Bohrkerns von 153 Tropenhölzern hervorgerufen durch *T. versicolor* nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende

3.4.2 Abbau durch *Gloeophyllum trabeum* (Braunfäuleerreger)

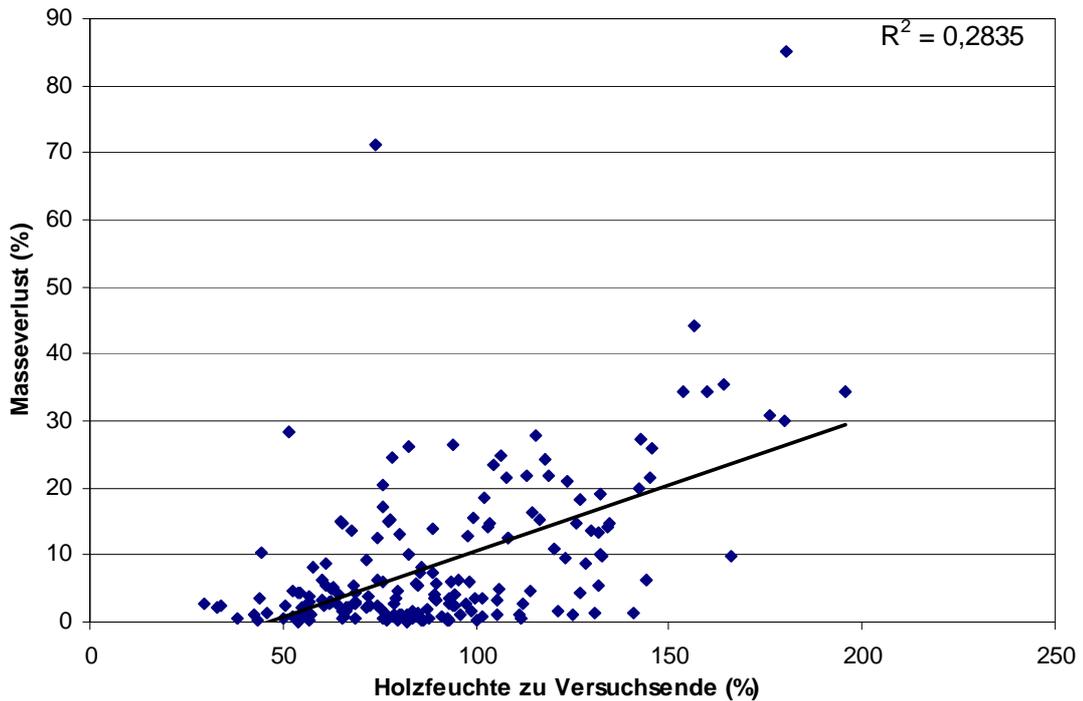


Abb. 10: Masseverlust der äußeren Bohrkerne von 178 Tropenhölzern hervorgerufen durch *G. trabeum* nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende

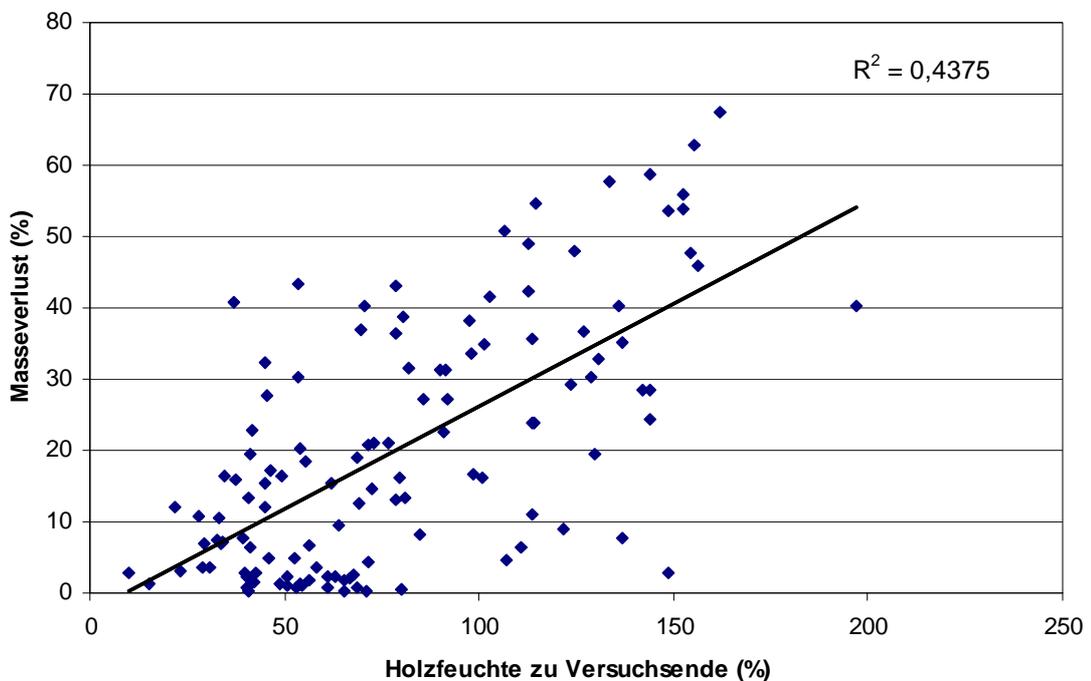


Abb. 11: Masseverlust der inneren Bohrkerne von 122 Tropenhölzern hervorgerufen durch *G. trabeum* nach 12 Wochen Versuchsdauer in Bezug zur Holzfeuchte zu Versuchsende

In den Abbildungen 10 und 11 ist für die untersuchten Tropenhölzer der durch den Braunfäuleerreger *G. trabeum* verursachte Masseverlust getrennt nach inneren und äußeren Proben dargestellt. Auch hier steigt die Holzfeuchtigkeit mit zunehmendem Masseverlust. Erstaunlicherweise liegen aber beinahe alle Abbauraten der äußeren Bohrkerne nach 12 Wochen deutlich unter 40% und der mittlere Masseverlust ist diesen Proben mit 8,9% deutlich niedriger als jener der inneren Bohrkerne (20,1%), was völlig entgegen den ursprünglichen Erwartungen ist. Aufgrund dieser Ergebnisse ist anzunehmen, dass nicht alle der untersuchten Tropenhölzer Kernholz ausbilden.

Eslyn und Highley (1976) untersuchten die Pilzresistenz des Splintholzes von 15 Holzarten. Einige davon wiesen hohe Dauerhaftigkeit auf und der Splint mancher Holzarten wird von Fäulepilzen überhaupt nicht angegriffen. Es ist entgegen der Festlegung in der ÖNORM EN 350-2 also offenbar durchaus möglich, dass Splintholz unter bestimmten Voraussetzungen eine natürliche Pilzresistenz aufweist. Ein Vergleich zu Kernholz wurde in dieser Studie allerdings nicht durchgeführt.

Vergleicht man die mittleren Abbauraten, die aufgrund der hohen Streubreite wenig Aussagekraft besitzen, von Weiß- und Braunfäuleerreger miteinander, so wird ersichtlich, dass *T. versicolor* einen höheren Masseverlust verursacht als *G. trabeum* (unabhängig von der Bohrtiefe der Probe). Eine mögliche Erklärung dafür liefern Schwarze et al. (2003), die herausfanden, dass Parenchymzellen gerade in Laubhölzern (sämtliche untersuchte Tropenhölzer sind Laubhölzer!) eine erhöhte Resistenz gegen den Zellwandabbau durch Braunfäule zeigen, wobei an den Hölzern in dieser Untersuchung kein anderer Fäuleerreger getestet wurde.

Die hohe Streuung der Werte im hier durchgeführten Abbauversuch könnte auf die vergleichsweise geringe Probendimension (Bohrkerne anstelle der in der Norm gebräuchlichen, doch wesentlich größeren Prüfkörper), Unterschiede in Dichte sowie zwischen Zug- und Druckholz, Faserabweichungen, Asteinschlüsse oder unterschiedliche Jahrringbreiten zurückzuführen sein (vgl. Brischke et al. 2008). Ein weiterer Grund könnte aber tatsächlich die unterschiedliche Bohrtiefe der Bohrkerne sein (vgl. Kap. 2.3.1).

3.4.3 Zusammenhang zwischen erzielttem Masseverlust und Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende

Die Abbildungen 8 bis 11 zeigen den Zusammenhang zwischen Holzabbau durch Weiß- und Braunfäule und dem Feuchtegehalt des Holzes zu Versuchsende. Es ist deutlich zu erkennen, dass sowohl bei äußeren als auch bei inneren Holzproben die Abbaurate mit steigender Holzfeuchtigkeit zunimmt, was schon Karppanen et al. (2008) in einem 7-wöchigen Abbauversuch von Kiefer herausfanden. Jene Hölzer, die stärker abgebaut wurden, weisen zu Versuchsende somit einen höheren Feuchtigkeitsgehalt auf.

Die Holzfeuchte wurde wie in Kap. 2.5.8 beschrieben bestimmt. Die höchsten Werte lagen um 200%, die niedrigsten um 25% Feuchtegehalt. Grundsätzlich können die Feuchtigkeitsgehalte im Holz auch weit über 200% steigen.

Die Feuchtigkeit resultiert einerseits aus der Luftfeuchtigkeit und andererseits wird jenes Wasser vom Holz aufgenommen, das während des Holzabbaus durch den Pilz entsteht (Schmidt 2007).

Bei Freilandversuchen bestimmen Makroklima (Wetterverhältnisse) und Mikroklima (Holzfeuchtigkeit und Holztemperatur) die Geschwindigkeit und Intensität des Holzabbaus durch Pilze. Der sichtbare Abbau des Holzes, also der Zerfall der festen Holzsubstanz, resultiert v.a. aus der Feuchtigkeit direkt im Holz (Brischke und Rapp 2008a).

Brischke und Rapp (2008b) stellten weiters fest, dass Splintholz von Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Franco) schneller von Fäulepilzen abgebaut wird als das Kernholz. Für die hier untersuchten Tropenhölzer kann diese Annahme (auch aufgrund der hohen Streuung der Ergebnisse) nicht eindeutig bestätigt werden.

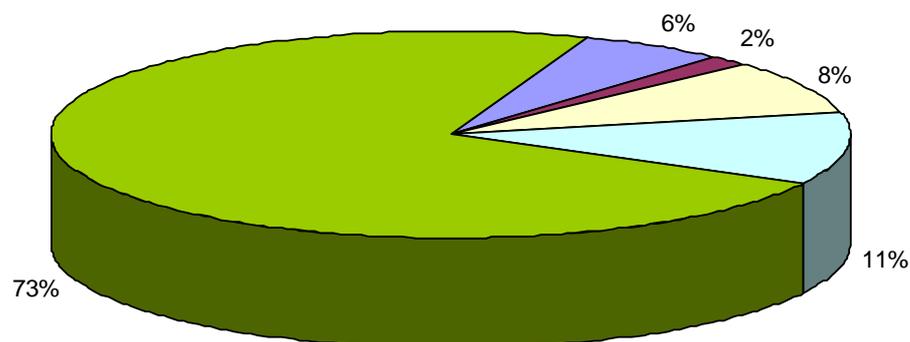
In einem Laborversuch, wie er ja auch im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurde, ist nur das Mikroklima entscheidend.

Holzerstörende Pilze verändern die Hygroskopizität (das Wasseraufnahmevermögen) von Holz. Ein mit Braunfäule befallenes Holz weist niedrigere Hygroskopizität auf als durch Weißfäule befallenes Holz, da Braunfäule nur Holozellulose, und damit auch die Möglichkeit Wasser zu binden, angreift und zerstört (Karppanen et al. 2008).

Diese Annahme kann im durchgeführten Abbauversuch bestätigt werden, da die meisten von *T. versicolor* angegriffenen Hölzer nach 12 Wochen Pilzbefall einen höheren Feuchtegehalt aufweisen als mit *G. trabeum* befallene (sh. dazu Abbildungen Kap. 3.4.1 und 3.4.2).

3.5 Einstufung der Tropenhölzer in Dauerhaftigkeitsklassen

Die natürliche Dauerhaftigkeit von Holz gegen Pilzbefall kann laut ÖNORM EN 350-1 nur für Kernholz ermittelt werden. Insgesamt standen von 158 Baumarten innere Bohrkerne zur Verfügung. Die für diese Tropenhölzer ermittelten Dauerhaftigkeitsklassen (x-Werte – vgl. Kap. 2.6) sind in Abbildung 12 dargestellt.



■ 1 - Sehr Dauerhaft ■ 2 - Dauerhaft □ 3 - Mäßig Dauerhaft □ 4 - Wenig Dauerhaft ■ 5 - Nicht Dauerhaft

Abb. 12: Einstufung der 158 untersuchten Tropenkernhölzer in die Dauerhaftigkeitsklassen 1 - 5, angelehnt an EN 350-1.

Mehr als 80% aller geprüften Tropenhölzer wiesen eine geringe bzw. keine natürliche Resistenz gegenüber einem Pilzangriff von holzerstörenden Basidiomyceten auf, was u.a. auch mit der Lage des Bohrkerens im Stamm zusammenhängen könnte.

Scheffer und Morrell (1998) sowie Bhat et al. (2005) trafen bereits Aussagen darüber, dass sich die Dauerhaftigkeit von Kernholz innerhalb eines Stammes verändern kann, je nachdem von welchem Bereich der Bohrkern entnommen

wurde. Das könnte auch auf die hier untersuchten Bohrkerne zutreffen, da, wie bereits erwähnt, nicht alle aus derselben radialen Tiefe aus dem inneren Bereich des Holzes entnommen wurden.

Zu einigen wenigen Tropenhölzern, die bei diesem Abbauersuch verwendet wurden, finden sich in der ÖNORM EN 350-2 Werte zur Dauerhaftigkeit, die zum Vergleich herangezogen werden können (Tab. 4). Auf diese wird im Folgenden kurz eingegangen.

Holzart	Dauerhaftigkeitsklasse	
	EN 350-2	Abbauersuch
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	3 - 4	5
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	5	5
<i>Virola</i> sp.	5	5
<i>Guarea</i> sp.	2	4 - 5
<i>Swietenia macrophylla</i> King	2	1

Tab. 4: Vergleich der ermittelten Dauerhaftigkeitsklasse einiger Holzarten aus dem Abbauersuch mit jenen nach EN 350-2

Crabwood (*Carapa guianensis* Aubl.) erzielte im hier durchgeführten Abbauersuch einen schlechteren Wert als in der Norm beschrieben. Die Werte für Ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) als auch für *Virola* sp. entsprechen hingegen den Vergleichswerten aus der EN 350-2. Die Einstufung dieser beiden Tropenhölzer als „Nicht Dauerhaft“ kann somit bestätigt werden. Ein Vergleich der beiden untersuchten *Guarea*-Arten - im Abbauersuch wurden *Guarea grandifolia* (Klasse 5) und *Guarea guidonia* (Klasse 4) dem Pilzangriff ausgesetzt - mit der EN 350-2 zeigt, dass in der Norm für diese Gattung eine deutlich bessere Dauerhaftigkeit ausgewiesen ist. Amerikanisches Mahagoni (*Swietenia macrophylla* King), das auch den geringsten Masseverlust aller untersuchten Hölzer aufwies (sh. auch Kap. 3.6.1), lieferte hingegen sogar einen besseren Wert („Sehr Dauerhaft“) als in der Norm angeführt.

Eine weitere Vergleichsmöglichkeit bietet die Arbeit von Scheffer und Morrell (1998). Diese Autoren erstellten anhand von Angaben aus der Literatur eine Übersicht über die Dauerhaftigkeiten verschiedener Hölzer, in der sich auch einige der hier untersuchten Baumarten finden.

Der Unterschied zur EN 350-2 besteht darin, dass hier nur 4 statt 5 Dauerhaftigkeitsklassen definiert werden.

Scheffer und Morrell (1998) unterschieden zwischen den Resistenzklassen Sehr Resistent, Resistent, Mäßig Resistent und Nicht Resistent.

In Tabelle 5 sind die ermittelten Dauerhaftigkeitsklassen aus dem Abbauersuch jenen von Scheffer und Morrell (1998) gegenübergestellt.

Holzart	Scheffer & Morrell (1998)	Abbauersuch
<i>Albizia niopoides</i>	mäßig resistent	5
<i>Apeiba tiburou</i>	nicht resistent	5
<i>Astronium graveolens</i>	sehr resistent	5
<i>Beilschmiedi pendula</i>	nicht resistent	5
<i>Brosimum utile</i>	nicht resistent	5
<i>Bucida buceras</i>	nicht resistent	5
<i>Byrsonima crassifolia</i>	nicht resistent	5
<i>Byrsonima spicata</i>	nicht resistent	1
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	nicht resistent	3
<i>Cassipourea elliptica</i>	nicht resistent	5
<i>Cecropia peltata</i>	nicht resistent	5
<i>Ceiba pentandra</i>	nicht resistent	5
<i>Celtis schippii</i>	nicht resistent	1
<i>Chrysophyllum venezuelanen</i>	nicht resistent	3
<i>Colubrina glandulosa</i>	resistent	3
<i>Copaifera aromatica</i>	mäßig resistent	3
<i>Dendropanax arboreus</i>	nicht resistent	5
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	resistent	1
<i>Guazuma ulmifolia</i>	nicht resistent	5
<i>Hymenaea courbaril</i>	resistent	5
<i>Jacaranda copaia</i>	nicht resistent	5
<i>Luehea seemannii</i>	nicht resistent	5
<i>Nectandra lineata</i>	nicht resistent	5
<i>Platymiscium pinnatum</i>	sehr resistent	5
<i>Platypodium elegans</i>	mäßig resistent	5
<i>Pterocarpus officinalis</i>	nicht resistent	5
<i>Roupala montana</i>	sehr resistent	4
<i>Schizolobium parahyba</i>	nicht resistent	5
<i>Sterculia apetala</i>	nicht resistent	5
<i>Swietenia macrophylla</i>	sehr resistent	1
<i>Terminalia amazonia</i>	mäßig resistent	3
<i>Tetrathylacium johansenii</i>	nicht resistent	5
<i>Vismia baccifera</i>	nicht resistent	5
<i>Vochysia ferruginea</i>	nicht resistent	5
<i>Zuelania guidonia</i>	mäßig resistent	5

Tab. 5: Vergleich der Dauerhaftigkeit nach den Ergebnissen des Abbauersuchs mit den Werten nach Scheffer und Morell (1998)

Beinahe alle Holzarten, die nach den Ergebnissen des hier durchgeführten Abbauersuchs in Dauerhaftigkeitsklasse 5 („Nicht Dauerhaft“) eingestuft wurden, wurden von Scheffer und Morrell (1998) ebenso in die Klasse „Nicht Resistent“ eingestuft. Dies bestätigt, dass viele der untersuchten Tropenhölzer nicht resistent gegenüber einem Pilzbefall sind.

Amerikanisches Mahagoni (*Swietenia macrophylla* King) wurde auch von Scheffer und Morrell (1998), deren Wert sich hier nicht mit der Norm deckt, als „Sehr Resistent“ beschrieben. Gravierende Unterschiede scheinen bei Serrette (*Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K.) und Jacaberri (*Celtis schippii* Standl.) auf, die nach dem vorliegenden Abbauersuch in die Dauerhaftigkeitsklasse 1 einzustufen sind, von den Autoren jedoch als „Nicht Resistent“ klassifiziert wurden. Genau umgekehrt verhält sich der Wert von Macacauba (*Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand), das nach dem hier durchgeführten Abbauersuch in Dauerhaftigkeitsklasse 5 einzustufen ist, von Scheffer und Morrell (1998) jedoch als „Sehr Resistent“ klassifiziert wurde.

3.6 Natürliche Pilzresistenz der Tropenhölzer

Bei 200 untersuchten Holzarten kann nicht auf jede untersuchte Holzart im Einzelnen eingegangen werden, weshalb nur die Hölzer mit der höchsten und der niedrigsten Pilzresistenz beschrieben und diskutiert werden. Die Tabelle der Abbauraten sämtlicher Hölzer ist im Anhang zu finden. Die Dauerhaftigkeit (Pilzresistenz) ergibt sich, wie bereits erwähnt, aus dem anhand der Differenz zwischen Ausgangs- und Endtrockenmasse ermittelten Masseverlust (in %) eines Bohrkerns. Je geringer der Masseverlust nach 12 Wochen Pilzbefall ausfällt, desto höher ist die natürliche Pilzresistenz einer Holzart. Da Splintholz nach ÖNORM EN 350-2 immer in die Dauerhaftigkeitsklasse 5 einzuordnen ist, wurden zur Bestimmung der Pilzresistenz nur die Werte der inneren Bohrkernproben herangezogen.

3.6.1 Hölzer mit hoher Pilzresistenz

In Tabelle 6 sind diejenigen Topenhölzer dargestellt, deren Masseverlust sehr niedrig war, d.h. sie weisen eine hohe natürliche Pilzresistenz auf. Alle diese Holzarten sind in die Dauerhaftigkeitsklasse 1 einzustufen und weisen nach 12 Wochen Pilzangriff einen Masseverlust von weniger als 4% auf, was aufgrund der geringen Größe der Bohrkerns ein bemerkenswertes Ergebnis ist.

Die Bezeichnungen der Hölzer sind in nachstehender Tabelle in Form der wissenschaftlichen Namen sowie der Handelsnamen angeführt. Die in Tabelle 6 gezeigten Abbauraten beziehen sich immer auf den aggressiveren Prüfpilz (vgl. Vorgangsweise bei der Einstufung in Dauerhaftigkeitsklassen, Kap. 2.6).

Masseverlust (%)	wiss. Name	Handelsname	Bezeichnung
0,64	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Amerikan. Mahagoni	SWIEMA
1,2	<i>Celtis schippii</i> Standl.	Jacaberri	CELTSC
1,52	<i>Cespedesia spathulata</i> (Ruiz & Pav.) Planch.	Candelabro	CESPMA
1,53	<i>Byrsonima spicata</i> (Cov.) H.B.K.	Serrette	BYRSSP
1,72	<i>Solanum hayesii</i> Fernald	Friegaplatos	SOLAHA
2,43	<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain	Elefantenoher	ZANTBE
2,72	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Arcab	ENTECEY
3,66	<i>Miconia poeppigii</i> Triana	-	MICOPO

Tab. 6: Masseverlust, wissenschaftliche Namen, Handelsnamen und verwendete Kurzzeichen der untersuchten Holzarten mit der höchsten Pilzresistenz (www.thewoodexplorer.com, biogeodb.stri.si.edu, www.discoverlife.org)

Die resistensteste untersuchte Holzart ist Amerikanisches Mahagoni, bei dem von beiden Prüfpilzen eine Abbaurate von nur 0,64% verursacht wurde. Amerikanisches Mahagoni wird wegen seiner hohen Dauerhaftigkeit und Duktilität geschätzt, was auch durch den hier durchgeführten Abbaueversuch bestätigt werden kann. Aus diesem Holz werden hochwertige Furniere und Möbel hergestellt (Maruyama 2006).

Amerikanisches Mahagoni (oder „broad-leaf mahogany“) zählt zu den „echten Mahagoni“ Sorten und wird auch wegen seiner gleichmäßigen Struktur geschätzt. Die Holzqualität und auch die mechanischen Eigenschaften und somit auch die Dauerhaftigkeit sind sehr vom Standort abhängig. Das Kernholz wird als ziemlich pilz- und insektenfest beschrieben (Wagenführ 2004).

Nach Scheffer und Morrell (1998) erreicht Mahagoni unter Laborbedingungen Resistenzklasse 1-3. Dieser Erwartungswert konnte im Abbauersuch bestätigt werden.

Candelabro (*Cespedesia spathulata* (Ruiz & Pav.) Planch.) besitzt die dritthöchste natürliche Pilzresistenz aller untersuchten Arten mit einem Masseverlust von nur 1,5%. In einem von Lobstein et al. (2003) durchgeführten Versuch wurde festgestellt, dass die Blätter dieser Holzart polyphenolische Substanzen enthalten, die - wie bereits beschrieben - die Dauerhaftigkeit positiv beeinflussen. Es kann angenommen werden, dass auch das Holz derartige chemische Verbindungen enthält.

Die Werte der anderen Holzarten, die aufgrund der Ergebnisse im hier durchgeführten Abbauersuch in Dauerhaftigkeitsklasse 1 zuzuordnen sind, decken sich nicht mit den Vergleichswerten aus der Literatur. Sowohl Jacaberri (*Celtis schippii* Standl.), Serrette (*Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K.) als auch Monkey ear (*Zanthoxylum ekmanii* (Urb.) Alain) erzielten im vorliegenden Abbauersuch deutlich bessere Werte als in der Vergleichsliteratur (vgl. Scheffer und Morrell 1998; EN 350-2).

Zu den anderen in Tab. 6 angeführten Holzarten liegen keine Vergleichswerte vor.

3.6.2 Hölzer mit niedriger Pilzresistenz

Masseverlust (%)	wiss. Name	Handelsname	Bezeichnung
70	<i>Xylopiya frutescens</i> Aubl.	Malagueto	XYL1FR
67,35	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Yemeri	VOCHF
58,61	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Müll. Arg.	Quillobordon	ASPICR
57,75	<i>Conostegia rufescens</i> Urban & Ekman	Snailwood	CONORU
55,3	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Schleimapfel	ROLLMU
55	<i>Prioria copaifera</i> Griseb.	Cativo	PRI2CO
54,58	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba, Kapok	CEIBPE
54,5	<i>Tetrorchidium gorgonae</i> Croizat	-	TET5GO

Tab. 7: Masseverlust, wissenschaftliche Namen, Handelsnamen und verwendete Kurzzeichen der untersuchten Holzarten mit der niedrigsten Pilzresistenz (www.thewoodexplorer.com, biogeodb.stri.si.edu, www.discoverlife.org, www.montosogardens.com)

In Tabelle 7 sind jene Tropenhölzer dargestellt, die nach 12 Wochen Pilzbefall den höchsten Abbaugrad und damit die geringste natürliche Pilzresistenz aufwiesen. Auch hier wurde jener Wert für den Masseverlust herangezogen, der vom aggressiveren Prüfpilz verursacht wurde. Alle in Tab. 7 dargestellten Holzarten sind aufgrund der hohen Masseverluste (durchwegs über 50%) und den daraus resultierenden hohen x-Werten in die Dauerhaftigkeitsklasse 5 („Nicht Dauerhaft“) einzustufen.

Den höchsten Masseverlust nach 12-wöchigem Pilzangriff zeigt Malagueto (*Xylopiya frutescens* Aubl.), das damit auch die geringste Pilzresistenz der untersuchten Tropenhölzer besitzt. Der Masseverlust, hervorgerufen durch den Weißfäuleerreger *T. versicolor*, beträgt hier 70% des Ausgangsgewichtes. Die Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende lag bei 158%.

Yemeri (*Vochysia ferruginea* Mart.) weist die zweitniedrigste Pilzresistenz auf. Diese Holzart erfuhr durch den Braunfäuleerreger *G. trabeum* in 12 Wochen einen Masseverlust von 67%. Mit diesem Wert lag die Pilzresistenz von Yemeri (Synonym: Mayo) noch unter dem in der EN 350-2 angegebenen Wert. Scheffer und Morrell (1998) sowie Wagenführ (2004) klassifizieren Yemeri aber ebenfalls als „Nicht Resistent“ und bestätigen somit das Ergebnis des Abbaubversuches.

Quillobordon (*Aspidosperma spruceanum* Müll. Arg), Snailwood (*Conostegia rufescens* Urban & Ekman), Schleimapfel (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill) und *Tetrorchidium gorgonae* Croizat sind aufgrund der erzielten Masseverluste zwischen 50% und 60% ebenfalls als Holzarten mit niedriger natürlicher Pilzresistenz zu klassifizieren, Vergleichswerte liegen für diese Arten allerdings nicht vor.

Ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) wird bei Scheffer und Morell (1998) in die Resistenzklasse „Nicht Resistent“ eingestuft. ÖNORM EN 350-2 klassifiziert Ceiba ebenfalls als „Nicht Dauerhaft“. Im vorliegenden Abbaubversuch zeigte diese Holzart einen Masseverlust von fast 55% und entspricht somit den Vergleichswerten aus der Literatur.

3.7 Vergleich der Pilzresistenz von innerem und äußerem Bohrkern

3.7.1 Innere und äußere Bohrkernkerne derselben Holzart

In diesem Kapitel wird die Pilzresistenz von innerem und äußerem Bohrkern derselben Holzart verglichen, wobei jedoch festgehalten werden muss, dass diese Proben in vielen Fällen nicht vom selben Baum stammten. Für Baumarten, die Kernholz ausbilden, sollte die innere Bohrkernprobe – sofern diese aus einer ausreichenden Tiefe gezogen wurde – eine höhere Pilzresistenz aufweisen als die äußere Bohrkernprobe. Splintholz wird von holzerstörenden Pilzen generell schneller abgebaut als Kernholz da letzteres auf Grund seiner Inhaltsstoffe in der Regel resistenter ist (Boddy und Rayner 1983; Brischke und Rapp 2008b; Karppanen et al. 2008).

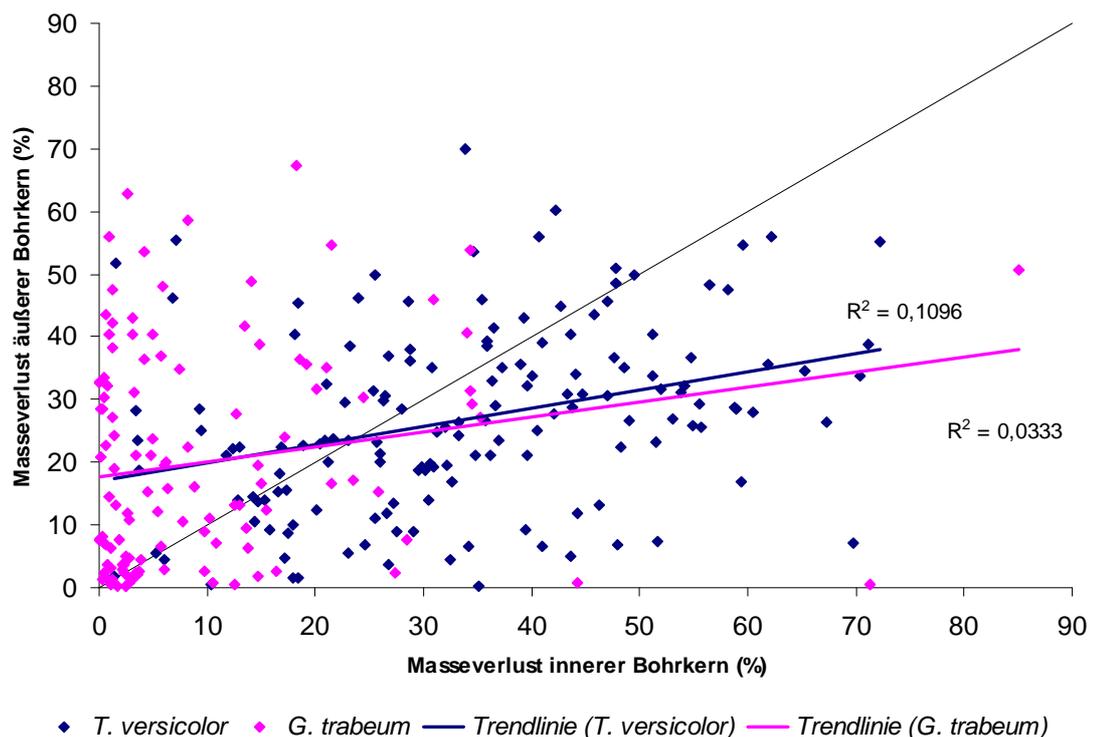


Abb. 13: Vergleich der Pilzresistenz von innerem und äußerem Bohrkern von 158 Tropenhölzern

Abbildung 13 zeigt die durch beide Prüfpilze erzielten Masseverluste an inneren und äußeren Bohrkernen aller Tropenhölzer, von denen beide Bohrkernkerne verfügbar waren und dem Angriff durch einen der Prüfpilze ausgesetzt wurden. Hier steht jeweils ein Punkt für ein untersuchtes Tropenholz und einen Prüfpilz. Aufgrund der sehr geringen Bestimmtheitsmaße (R^2) wird deutlich, dass

beinahe kein Zusammenhang zwischen den Abbauraten des inneren und äußeren Bohrkerns bestand, was aber durch diesen Abbauversuch auch nicht gezeigt werden sollte. Der Weißfäuleerreger *T. versicolor* verursacht (v.a. am inneren Bohrkern) einen wesentlich höheren Masseverlust als der Braunfäuleerreger *G. trabeum*.

Wie bereits erwähnt, baut *T. versicolor* als simultaner Weißfäuleerreger Holozellulose und Lignin annähernd gleichzeitig ab, wogegen *G. trabeum* nur zum Zellulose-Abbau befähigt ist, was bei Splint- und Kernholz zu einem höheren Masseverlust durch den Weißfäuleerreger führt. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei Green III und Highley (1996), Huckfeldt (2003) und Tuor et al. (1995).

Sämtliche Hölzer, deren Wert über der Diagonale (schwarze Linie) liegt, weisen einen höheren Masseverlust des äußeren Bohrkerns (immer Splintholz!) auf, wie man es für Hölzer, die Kern und Splint ausbilden, erwarten würde. Aus den in Abb. 13 dargestellten Ergebnissen wird aber auch deutlich, dass bei vielen der hier untersuchten Holzarten keine höhere Pilzresistenz des inneren Bohrkerns gegeben war, da viele der Werte unter der Diagonale liegen. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass manche der untersuchten Baumarten gar kein Kernholz ausbilden, oder der innere Bohrkern aus einer nicht ausreichenden Tiefe und somit nicht aus dem Kernholz stammte.

An dieser Stelle werden zwei Beispiele herausgegriffen, die derartige zu Erfahrungswerten gegenläufige Ergebnisse aufweisen. So zeigt z.B. der Masseverlust von Guachapele (*Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms) zwar bei den Werten, die durch *T. versicolor* erreicht wurden, das erwartete Ergebnis (der äußere Bohrkern wird stärker abgebaut als der innere), verhält sich aber für *G. trabeum* völlig gegenläufig. Der durch *G. trabeum* erzielte Masseverlust war bei dieser Holzart am inneren Bohrkern mehr als viermal so hoch wie jener des Splintholzes. Trotz der stark unterschiedlichen Abbauraten unterschied sich die Holzfeuchte des äußeren und inneren Bohrkerns zu Versuchsende jedoch nur minimal.

Ebenso verhält sich z.B. der äußere Bohrkern des Ameisenbaumes (*Cecropia peltata* L.), der von *G. trabeum* überhaupt nicht abgebaut wird, während der innere Bohrkern nach 12 Wochen doch einen Masseverlust von 7% aufwies.

Hier sei wieder auf die Studie von Eslin und Highley (1976) zu verweisen, deren Ergebnisse zwar aufgrund der untersuchten Spezies sowie der Probendimensionen nicht vollständig mit dem hier vorliegenden Abbauversuch verglichen werden können, aber den Ausnahmefall bestätigen (vgl. Kap. 3.4.2). Bei einigen der untersuchten Tropenhölzer ist der Abbau von innerer und äußerer Probe annähernd gleich.

3.7.2 Innere und äußere Bohrkerne desselben Baumindividuums

Zieht man für die Auswertung nur jene Bohrkerne heran, die nicht nur von derselben Holzart sondern auch vom selben Baumindividuum stammen (Anm.: es ist aus der Literatur [Bhat et al. 2005; Scheffer und Morell 1998; Wolfsmayr 2009] bekannt, dass die Pilzresistenz einzelner Individuen derselben Baumart unterschiedlich sein und darüber hinaus sowohl im Kern- als auch im Splintholzbereich desselben Stammes nochmals variieren kann), so ergibt sich das in Abbildung 14 und 15 dargestellte Bild.

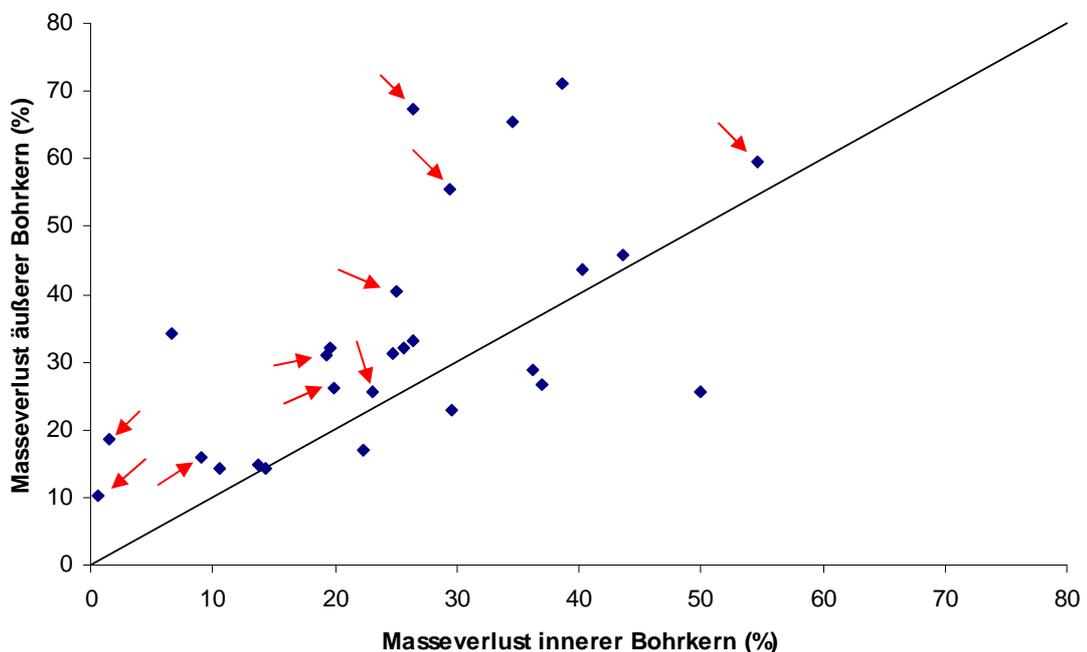


Abb. 14: Gegenüberstellung des durch *T. versicolor* hervorgerufenen Masseverlusts an inneren und äußeren Bohrkernproben jener 27 Tropenhölzer, von denen Proben aus beiden Bereichen desselben Baumes vorlagen (die mit Pfeilen markierten Werte kennzeichnen Holzarten, die lt. Datenbanken Kernholz ausbilden).

Bei Betrachtung von Abbildung 14 wird ersichtlich, dass bei der Mehrheit (21 von 27 Datenpunkten) der Tropenhölzer, von denen die zwei Proben tatsächlich vom selben Baum stammten, der äußere Bohrkern (immer Splintholz) von *T. versicolor* stärker bzw. etwa gleich stark abgebaut wird wie der innere Bohrkern, da die meisten Datenpunkte über der Diagonalen liegen.

Lediglich 10 (in der Abb. mit Pfeilen markiert) der 27 hier abgebildeten Holzarten bilden laut zweier verschiedener Datenbanken Kernholz aus (insidewood.lib.ncsu.edu; www.fpl.fs.fed.us). Bei jeder dieser 10 Spezies wies der äußere Bohrkern (also das Splintholz) einen höheren Masseverlust auf als der innere Bohrkern, was somit die Ergebnisse des Abbauversuchs unterstreicht.

Laut Datenbank des Forest Products Laboratory des US Departments of Agriculture bilden Kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), *Diospyros* sp. und *Ormosia* sp. (im hier durchgeführten Abbauversuch wurden Sapote negro (*Diospyros artanthifolia* Mart.) und Alcornoque (*Ormosia macrocalyx* Ducke) untersucht) zwar Kernholz aus, welches jedoch aufgrund fehlender farblicher Unterschiede nur schwierig vom Splint zu differenzieren ist (www.fpl.fs.fed.us). Da die Datenpunkte aller drei genannten Hölzer über der Diagonalen liegen, kann angenommen werden, dass die inneren Bohrkerne tatsächlich aus dem Kernholz stammten.

Bei allen weiteren mit Pfeilen markierten Holzarten ist der Unterschied zwischen Kern und Splint farblich eindeutig zu erkennen (insidewood.lib.ncsu.edu).

Zu allen anderen in Abbildung 14 dargestellten (nicht markierten) Hölzern finden sich weder in der Literatur noch in Datenbanken Einträge über eine Ausbildung von Kernholz.

Durch Vergleich mit den Ergebnissen in Abbildung 13 wird ersichtlich, dass der Unterschied des durch die Prüfpilze verursachten Masseverlusts zwischen zwei Bäumen derselben Holzart so groß sein kann, dass ein direkter Vergleich zwischen der Pilzresistenz der äußeren und inneren Bohrkernprobe unterschiedlicher Bäume ohne entsprechend große Stichprobenzahlen problematisch ist (vgl. Abb. 13).

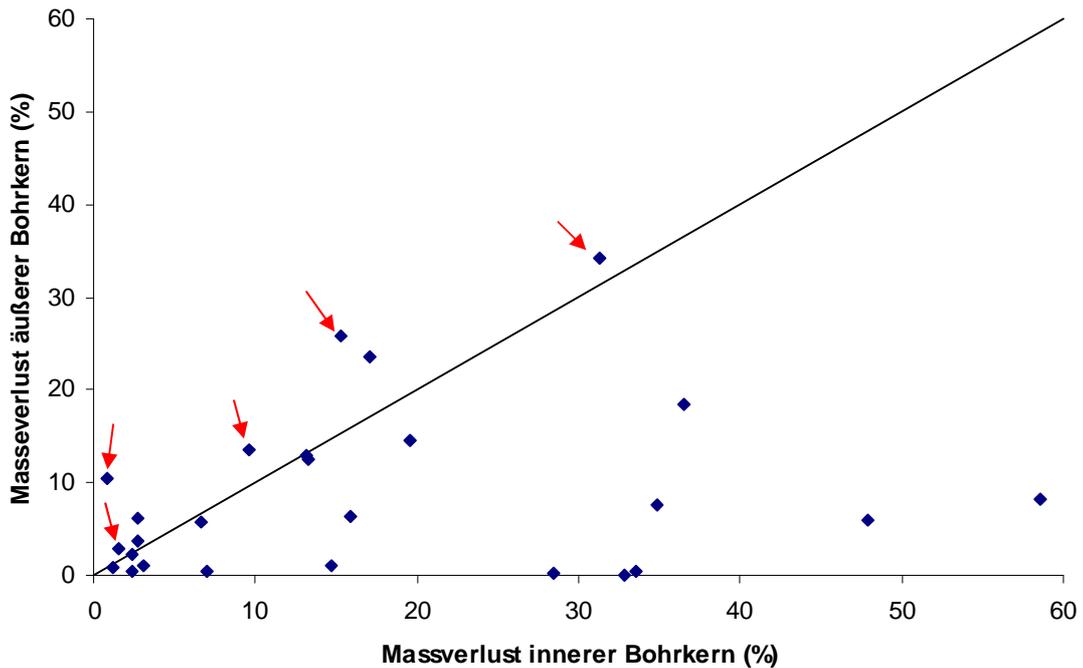


Abb. 15: Gegenüberstellung des durch *G. trabeum* hervorgerufenen Masseverlusts an inneren und äußerem Bohrkernproben jener 26 Tropenhölzer von denen Proben aus beiden Bereichen desselben Baumes vorlagen (die mit Pfeilen markierten Werte kennzeichnen Holzarten, die lt. Datenbanken Kernholz ausbilden).

Abbildung 15 zeigt die Relation des durch *G. trabeum* hervorgerufenen Masseverlusts von innerem zu äußerem Bohrkern für jene 26 Bäume, für die Proben aus beiden Bereichen desselben Baumes vorlagen. Beim Vergleich mit Abbildung 14 ist jedoch zu beachten, dass es sich bei den in Abbildung 14 und 15 dargestellten Holzarten nicht um die gleichen Baumarten handelt.

Im Gegensatz zu Abbildung 14 zeigt sich in Abbildung 15, dass *G. trabeum* die inneren Bohrkernkerne größtenteils deutlich stärker abbaut als die äußeren Bohrkernkerne.

Lediglich acht der hier dargestellten 26 Holzarten weisen beim Angriff durch diesen Braunfäuleerreger einen höheren Masseverlust des äußeren Bohrkerns auf (Anm.: Datenpunkte über der Diagonale) und waren somit erwartungsgemäß durch eine höhere Pilzresistenz des inneren Bohrkerns (Kernholz?) gekennzeichnet. Fünf dieser acht Spezies bilden laut Datenbanken (insidewood.lib.ncsu.edu; www.fpl.fs.fed.us) auch tatsächlich Kernholz aus (in der Abbildung durch Pfeile markiert).

Von diesen markierten Hölzern bilden *Luehea speciosa* Willd. und *Pterocarpus* sp. (im hier durchgeführten Abbauversuch wurde Dragonsblood tree (*Pterocarpus officinalis* Jacq.) untersucht) laut Datenbank des Forest Products Laboratory des US Departments of Agriculture Kernholz aus, das allerdings nicht immer eindeutig vom Splint zu unterscheiden ist (www.fpl.fs.fed.us). Beide Holzarten weisen im vorliegenden Abbauversuch einen höheren Masseverlust des äußeren Bohrkerns auf, womit angenommen werden kann, dass die untersuchten Bohrkernne tatsächlich aus dem Kernholz stammten.

Crabwood (*Carapa guianensis* Aubl.) und *Roupala montana* Aubl. bilden laut Datenbank (www.fpl.fs.fed.us) zwar Kernholz aus, weisen aber im hier durchgeführten Abbauversuch einen (wenn auch nur geringfügig) höheren Masseverlust des inneren Bohrkerns auf (Anm.: die Punkte liegen unter der Diagonalen). Hier ist anzunehmen, dass die für diese beiden Holzarten als innere Bohrkernne bezeichneten Proben nicht tief genug aus dem Holz gebohrt wurden.

Für alle anderen in Abbildung 15 dargestellten Holzarten liegen weder in der Literatur noch in Datenbanken Einträge über eine etwaige Ausbildung von Kernholz vor.

Für diese Hölzer liegt deshalb die Vermutung nahe, dass sie kein Kernholz ausbilden bzw. die inneren Bohrkernne nicht tief genug aus dem Stamm und somit nicht aus dem Kernholz gebohrt wurden.

3.8 Schlussfolgerungen aus dem Abbauersuch

Einige der hier untersuchten Holzarten entsprachen den Erwartungswerten aus bereits durchgeführten Arbeiten anderer Autoren. Die Mehrheit der Topenhölzer war als „Nicht Dauerhaft“ einzustufen, was sich aber z.T. mit der Vergleichsliteratur deckt. Bereits durch die visuelle Beurteilung nach dem Abbauersuch und beim Entfernen des Pilzmycels konnte festgestellt werden, dass beim Großteil der dünnen Bohrkerne die Holzsubstanz durch die Fäulepilze erheblich zersetzt wurde.

Auch die hohe Holzfeuchtigkeit war bereits vor dem Auswerten an der weichen und nassen Konsistenz der Bohrkerne zu erkennen. Der Masseverlust des Holzes korrelierte mit der Holzfeuchtigkeit zu Versuchsende, d.h. mit steigender Abbaurate nahm auch die Feuchtigkeit des Holzes zu. Die höchsten gemessenen Holzfeuchten lagen um 200%. Es war von Vorteil, den Fortschritt der Abbaurate an Vergleichsbohrkernen mitzuverfolgen, sodass der Abbauersuch nach 12 Wochen beendet werden konnte. Die tropischen Bohrkerne wären nach den in der Norm vorgesehenen 16 Wochen vermutlich schon so sehr beschädigt gewesen, dass ein Auswerten in vielen Fällen nicht mehr möglich gewesen wäre.

Wenige Topenhölzer waren sehr resistent (Dauerhaftigkeitsklasse 1) gegenüber einem Angriff durch holzerstörende Basidiomyceten. Der äußere Bohrkern (immer Splintholz) vieler untersuchter Holzarten wurde stärker als der innere Bohrkern durch Fäulepilze abgebaut, was auch in der Vergleichsliteratur angeführt wird. Das Auftreten völlig gegenläufiger Werte bei manchen Topenhölzern war u.a. auch auf die Tatsache zurückzuführen, dass oft keine eindeutige Differenzierung zwischen Splint und Kern vorgenommen werden konnte bzw. die Bohrkerne aus unterschiedlichen Bohrtiefen stammten. Da Splintholz wirtschaftlich uninteressant ist und auch die Einteilung in Resistenzklassen nach den Werten für Kernholz erfolgen muss, wurden für die Bestimmung der Dauerhaftigkeit (nach EN 350-1) ausschließlich die Ergebnisse der inneren Bohrkerne herangezogen. Aufgrund der Ergebnisse des Abbauersuchs für alle untersuchten Holzarten (Tabelle im Anhang) wird ersichtlich, dass die Topenhölzer durch Weißfäule generell stärker abgebaut werden als durch Braunfäule, was auch anzunehmen war.

4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die natürliche Resistenz von Tropenhölzern aus Panama gegenüber dem Angriff holzerstörender Basidiomyceten überprüft. In einem an die EN 113 angelehnten Abbauersuch wurden die tropischen Holzarten im Normklima 12 Wochen dem Angriff durch einen Weißfäuleerreger (*Trametes versicolor*) und einen Braunfäuleerreger (*Gloeophyllum trabeum*) ausgesetzt. Der daraus resultierende Masseverlust, der getrennt für Bohrkernproben aus dem äußeren und inneren Bereich des Stammes ermittelt wurde, gibt Aufschluss über die natürliche Pilzresistenz der Hölzer. Um den Fortschritt des Pilzabbaus an den nicht Norm-konformen Bohrkernen zu kontrollieren, wurden parallel zu den Tropenhölzern Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz dem Angriff durch die beiden Prüfpilze ausgesetzt. Die Überprüfung der Virulenz der eingesetzten Prüfpilze erfolgte an Normprüfkörpern aus Kiefern- und Buchenholz.

Anhand der ermittelten Abbauraten erfolgte in Anlehnung an die EN 350-2 eine Einstufung der untersuchten Tropenhölzer in Dauerhaftigkeitsklassen. Hierbei wurde jede Holzart nach jener Abbauraten beurteilt, welche durch den aggressiveren Prüfpilz erzielt wurde. Ein Vergleich mit von anderen Autoren bereits durchgeführten Abbauersuchen und der damit verbundenen Einteilung in Resistenzklassen von einigen verwendeten Holzarten bestätigte das Ergebnis, dass die hier untersuchten Tropenhölzer größtenteils in die Dauerhaftigkeitsklasse 5 („Nicht Dauerhaft“) einzustufen sind. Einige wenige geprüfte Hölzer wiesen im Abbauersuch jedoch eine sehr gute, z.T. sogar bessere als in der Norm beschriebene Resistenz gegenüber holzabbauenden Pilzen auf, was in einigen Fällen auch durch Vergleichswerte aus der Literatur bestätigt werden konnte.

Da nicht auf alle 200 untersuchten Holzarten im Detail eingegangen werden kann, werden in dieser Arbeit nur diejenigen Holzarten mit den höchsten bzw. den niedrigsten natürlichen Pilzresistenzen näher behandelt.

Holzarten mit den höchsten Pilzresistenzen wiesen einen Masseverlust von weniger als 1% auf, jene Holzarten, die nach den Erkenntnissen aus diesem Abbauersuch als nicht resistent zu klassifizieren sind, wiesen einen Masseverlust von mehr als 70% auf.

Zusätzlich zum Masseverlust nach 12-wöchigem Pilzangriff und der daraus resultierenden Pilzresistenz der Tropenhölzer wurde auch die Holzfeuchtigkeit am Ende des Abbauversuchs ermittelt. Dabei zeigte sich, dass mit zunehmendem Masseverlust auch die gemessene Holzfeuchte zu Versuchsende, unabhängig vom angreifenden Pilz, zunahm.

Da Splintholz (bzw. der äußere Bohrkern) laut EN 350-2 immer als „Nicht Dauerhaft“ einzustufen ist, wurde für die Einschätzungen der Pilzresistenz der Tropenhölzer jeweils der Masseverlust des Bohrkerns aus dem inneren Stammteil (Kernholz!?) herangezogen. Einige untersuchte Holzarten wiesen jedoch entgegen den Erwartungen einen höheren Masseverlust des inneren Bohrkerns auf. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass in einigen Fällen eine als innerer Bohrkern bezeichnete Probe nicht aus dem Kernholz der untersuchten Spezies stammte. Eine nachträgliche Zuordnung war in vielen Fällen jedoch nicht möglich, da – abgesehen von Hölzern, die einen Farbkern ausbilden – eine eindeutige Unterscheidung von Splint und Kern nicht vorgenommen werden konnte.

Die vorliegende Arbeit kommt zu dem Ergebnis, dass 73% der im hier durchgeführten Abbauversuch untersuchten Tropenhölzer einem Angriff durch holzerstörende Fäulepilze (Weißfäule und Braunfäule) nicht standhalten.

Summary

In the course of this thesis, the natural resistance of tropical wood from Panama against wood decaying basidiomycetes was analysed. In a decomposition test based on EN 113, the tropical wood samples were exposed to the attack of a white-rot fungus (*Trametes versicolor*) and a brown-rot fungus (*Gloeophyllum trabeum*) at standard climate conditions. The resulting mass loss, which was determined separately for wood samples taken from both inner and outer trunk regions, indicates the natural fungal resistance of the wood varieties. In order to control the progression of the decay rate of the non standard compliant core samples, core samples of pine sapwood were additionally included in the study. To verify the virulence of the used test fungi standard reference blocks of pine and beech were exposed to fungal attack.

The classification in categories of durability was based on EN 350-2. Every wood sample was rated to the decay rate that was caused by the more aggressive test fungus. Comparing the findings of this study with other decomposition tests found in literature, it can be corroborated that the majority of the tested tropical wood samples has to be classified as belonging to category 5 (“non durable”). A few tested species showed very good, partly even higher resistances against wood decaying fungi than described in the European standard, which in some cases could be confirmed by reference values from literature.

In this thesis only the wood species with the highest and the lowest fungal resistance are described, because it is impossible to deal in detail with all of the 200 tested species. The mass loss of tropical wood with the highest fungal resistance was less than 1%, whereas the samples with the lowest resistance showed a mass loss of more than 70% after fungal attack (these samples were classified as “non durable”).

During this study, not only the mass loss after 12 weeks of fungal attack and the resulting fungal resistance of the tested wood, but also the moisture content at the end of the decomposition test was determined. It turned out that an increased decay rate leads to increased moisture content at the end of the test, independent of the attacking fungus.

According to EN 350-2, sapwood (the outer sample respectively) always has to be classified as “non durable”. Therefore, only the results of the inner wood samples were used for describing the natural fungal resistance of a species. Contrary to expectation, some of the tested wood varieties showed a higher mass loss in the inner samples than in sapwood. Thus it can't be ruled out that in some cases samples declared as “inner samples” had not been taken from the heartwood of the tested species. A subsequent verification of this was not possible, because except for species with heartwood colouring, heartwood and sapwood could not be differentiated unambiguously.

The results of this thesis indicated that 73% of the tested wood samples do not resist an attack of wood-decaying fungi (white- and brown-rot fungi).

5. Literatur

- Aas G, Riedmiller A (1987) GU Naturführer Bäume, 1. Auflage. München, Gräfe und Unzer GmbH, ISBN: 3-7742-1016-0, 255 S.
- Bhat KM, Thulasidas PK, Maria Florence EJ, Jayaraman K (2005) Wood durability of home-garden teak against brown-rot and white-rot fungi. *Trees* 19: 654 – 660
- Blanchette RA, Krueger EW, Haight JE, Akhtar M, Akin DE (1996) Cell wall alterations in loblolly pine wood decayed by the white-rot fungus, *Ceriporiopsis subvermispora*. *Journal of Biotechnology* 53: 203 – 213
- Boddy L, Rayner ADM (1983) Origins of decay in living deciduous trees: The role of moisture content and a re-appraisal of the expanded concept of tree decay. *New Phytologist* 94: 623 – 641
- Breitenbach J, Kränzlin F (1986) Pilze der Schweiz. Band 2: Nichtblätterpilze. Heterobasidiomycetes, Aphyllophorales, Gastromycetes. Luzern, Mykologia Verlag, ISBN: 978-3-85604-020-8, 415 S.
- Brischke C, Welzbacher CR, Huckfeldt T (2008) Influence of fungal decay by different basidiomycetes on the structural integrity of Norway spruce wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 66: 433 – 438
- Brischke C, Rapp AO (2008a) Dose-response relationships between wood moisture content, wood temperature and fungal decay determined for 23 European field test sites. *Wood Science and Technology* 42: 507 – 518
- Brischke C, Rapp AO (2008b) Influence of moisture content and wood temperature on fungal decay in the field: observations in different microclimates. *Wood Science and Technology* 42: 663 – 677
- Ejечи BO, Obuekwe CO, Ogbimi AO (1996) Microchemical studies of wood degradation by brown rot and white rot fungi in two tropical timbers. *International Biodeterioration & Biodegradation* 38: 119 – 122
- Eslyn WE, Highley TL (1976) Decay resistance and susceptibility of sapwood of fifteen tree species. *Phytopathology* 66: 1010 – 1017
- Europäische Norm (1996) EN 113 Holzschutzmittel – Prüfverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen holzerstörende Basidiomyceten – Bestimmung der Grenze der Wirksamkeit
- Europäische Norm (1994) EN 350 – 1 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten. Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz, Teil 1: Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz
- Europäische Norm (1994) EN 350 – 2 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten. Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz, Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa

- Fackler K, Gradinger C, Hinterstoisser B, Messner K, Schwanninger M (2006) Lignin degradation by white rot fungi on spruce wood shavings during short-time solid-state fermentations monitored by near infrared spectroscopy. *Enzyme and Microbial Technology* 39: 1476 – 1483
- Fearnside PM (1996) Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90: 59 - 87
- Ferrer A, Gilbert GS (2003) Effect of tree host species on fungal community composition in a tropical rain forest in Panama. *Diversity and Distributions* 9: 455 – 468
- Green III F, Highley TL (1996) Mechanism of brown-rot decay: Paradigm or Paradox. *International Biodeterioration & Biodegradation* 39: 113 – 124
- Huckfeldt T (2003) Abbau von Holz durch holzerstörende Pilze. Grundlagen, Biologie, Anwendung. Vortrag anlässlich des 3. Lauenburger Holzschutztages (DHBV), verfügbar unter www.hausschwamminfo.de
- Huckfeldt T, Schmidt O, Quader H (2005) Ökologische Untersuchungen am Echten Hausschwamm und weiteren Hausfäulepilzen. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63: 209 – 219
- Karppanen O, Venäläinen M, Harju AM, Laakso T (2008) The effect of brown-rot decay on water adsorption and chemical composition of Scots pine heartwood. *Annals of Forest Sciences* 65: 610 p1 – p8
- Lobstein A, Weniger B, Um BH, Vonthron C, Alzate F, Anton R (2003) Polyphenols from *Cespedesia spathulata* and *Cespedesia macrophylla* (Ochnaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 32: 229 – 231
- Maruyama E (2006) Tissue Culture of *Swietenia macrophylla* King (Big-leaf Mahogany). *Plantation Technology in Tropical Forest Science*. Chapt. 12: 131 – 136. Springer Verlag Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York ISBN-13: 978-4-431-28053-8, 292 S.
- Pfabigan N (2011) Holzerstörende und holzverfärbende Pilze – Merkmale und Lebensbedingungen der am häufigsten vorkommenden Pilze. Tagungsband Holzforschung Austria – Wiener Holzschutztage 1.- 2. Dezember 2011
- Scheffer TC, Morrell JJ (1998) Natural durability of wood: A worldwide checklist of species. College of Forestry, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Research Contribution 22, November 1998
- Schmidt O (2006) *Wood and tree fungi*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York; ISBN – 10 3-540-32138-1, 339 S.
- Schmidt O (2007) Indoor wood-decay basidiomycetes: damage, causal fungi, Physiology, identification and characterization, prevention and control. *Mycological Progress* 6: 261 – 279
- Schmidt O, Huckfeldt T (2011) Characteristics and identification of indoor wood-decaying basidiomycetes. *Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living*. Chapt. 6: 117 – 180
- Schuldners BM, Lanceata S (1999) *Das Pilz – Zucht Buch*. Verlegt durch Werner Pieper & The Grüne Kraft, ISBN: 3-930442-38-8, 124 S.

- Schwarze FWMR, Engels J, Mattheck C (2000) Fungal strategies of wood decay in trees. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York. ISBN: 3-540-67205-2, 185 S.
- Schwarze FWMR, Baum S (2000) Prognose der Fäuledynamik im lebenden Baum. Stadt und Grün 10: 687 – 694
- Schwarze FWMR, Fink S, Deflorio G (2003) Resistance of parenchyma cells in wood to degradation by brown rot fungi. Mycological Progress 2: 267 – 274
- Susi P, Aktuganov G, Himanen J, Korpela T (2011) Biological control of wood decay against fungal infection. Journal of Environmental Management 92: 1681 – 1689
- Tuor U, Winterhalter K, Fiechter A (1995) Enzymes of white-rot fungi involved in lignin degradation and ecological determinants for wood decay. Journal of Biotechnology 41: 1 – 17
- Wagenführ R (2004) Bildlexikon Holz. 2., verbesserte und erweiterte Auflage. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag München, Wien. ISBN: 3-446-22851-9, 370 S.
- Widhalm B (2010) Natural durability of hardwood – phenol amount. Bachelorarbeit, Institut für Holzforschung, BOKU Wien, 23 S.
- Wolfsmayr U (2009) Natürliche Dauerhaftigkeit von Teakholz (*Tectona grandis*) aus Plantagen in Costa Rica. Diplomarbeit, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, BOKU Wien, 67 S.

Internetquellen:

<http://www.forst.tu-muenchen.de/EXT/LST/BOTAN/LEHRE/PATHO/PILZE/FAEULE/tramvers.htm> (Stand: 23.07.2012)

<http://insidewood.lib.ncsu.edu> (Stand: 19.12.2012)

http://www.fpl.fs.fed.us/research/centers/woodanatomy/techsheets_display.php?geo_category_id=4&genus_commonname_mode=&sorting_rule=2u (Stand: 30.1.2013)

Quellen für die Handelsnamen der untersuchten Tropenhölzer:

biogeodb.stri.si.edu/herbarium/species/ (Stand: 17.06.2012)

www.thewoodexplorer.com/maindata/ (Stand: 17.06.2012)

www.holz-bearbeitung.de/Holzmuster-Dateien/Q/html/Quillobordon.htm (Stand: 17.06.2012)

www.discoverlife.org/mp/20q?search= (Stand: 17.06.2012)

rainforest-database.com/plants/ (Stand: 16.08.2012)

www.pflanzen-lexikon.com/Images/Cecropia_peltata.html (Stand: 23.07.2012)

toptropicals.com/catalog/uid/ (Stand: 17.06.2012)

www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/ (Stand: 23.07.2012)

www.hear.org/starr/images/species/?q=garcinia+madruno&o=plants (Stand: 23.07.2012)

plants.usda.gov/java/profile?symbol= (Stand: 23.07.2012)

www.botanicgroup.com/Innenbegruenung/Hydrokultur-Pflanzen/Pachira-aquatica-Glueckskastanie-Zimmerpflanze::1192.html (Stand: 25.07.2012)

www.tradewindsfruit.com/ (Stand: 25.07.2012)

www.montosogardens.com/rollinia_mucosa.htm (Stand: 17.06.2012)

www.giftpflanzen.com/sapindus_saponaria.html (Stand: 25.07.2012)

zipcodezoo.com/Plants/Z/Zygia_longifolia/ (Stand: 19.07.2012)

www.da-academy.org/dagardens_caribalbizia1.html (Stand: 16.08.2012)

darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=1467&-Find (Stand: 16.08.2012)

www.fs.fed.us/global/iitf/pdf/shrubs/Aegiphila%20martinicensis.pdf (Stand: 16.08.2012)

collections.si.edu/search/record/nmnhbotany_10086248 (Stand: 17.08.2012)

Bildquellennachweis:

Abb. 1:

- a) [www.rawforestfoods.com/v/vspfiles/assets/images/trametes_versicolor\(nw-01\).jpg](http://www.rawforestfoods.com/v/vspfiles/assets/images/trametes_versicolor(nw-01).jpg)
- b) www.deritec.de/html/paginas/fotos/0352foto1.jpg

Abb. 2:

- a) www.mykonet.ch/images/Porlinge/gloeophyllum_trabeum501.jpg
- b) www.totholz.ch/holzabbau/faeulen_DE

Abb. 3 - 7: Foto Bernhard Widhalm 2012

Abb. 8 - 15: Excel Grafik Bernhard Widhalm 2012

6. Anhang

- A) Botanische Namen und Handelsbezeichnungen (sofern vorhanden, Quellen s.o.) aller untersuchten Tropenhölzer
- B) Ergebnisse des Abbauversuchs
(Anm.: Bohrkernproben aus dem inneren Stammteil werden in der Tabelle immer als „Kern“ bezeichnet, Bohrkernproben aus dem äußeren Stammteil immer als „Splint“)
- C) Ergebnisse für Vergleichsbohrkerne aus Kiefernspiltholz (in 3 Teilen) und Normprüfkörper aus Kiefern- und Buchenholz (in 2 Teilen)
- D) x-Werte aller untersuchten Holzarten und Einstufung in Dauerhaftigkeitsklassen

A)

Code	Botanischer Name	Handelsname
AEGLAN	<i>Aegiphila anomala</i>	Tabaquilla
AEGLPA	<i>Aegiphila panamensis</i>	Caribbean spiritweed
ALBIGU	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapele
ALBINI	<i>Albizia niopoides</i>	Caribbean Albizia
ALCHCO	<i>Alchornea costaricensis</i>	Nagua blanca
ALLOGE	<i>Allophylus gentryi</i>	-
ALLOPS	<i>Allophylus psilospermus</i>	Esquitillo
ALSEBL	<i>Alseis blackiana</i>	Mameicillo
AMANGU	<i>Amanoa guianensis</i>	-
ANACEX	<i>Anacardium excelsum</i>	Espave
ANDIIN	<i>Andira inermis</i>	Cabbage tree
ANNOPU	<i>Annona purpurea</i>	Soncoya
ANNOSP	<i>Annona spraguei</i>	Toreta
ANTITR	<i>Pittonotis trichantha</i>	Candelo
APEITI	<i>Apeiba tibourbou</i>	Peine de Mico
ASPICR	<i>Aspidosperma spruceanum</i>	Quillobordon
AST2GR	<i>Astronium graveolens</i>	Tigerwood
BANAGU	<i>Banara guianensis</i>	Corta Lengua
BEILPE	<i>Beilschmiedia pendula</i>	Torpedo
BROSCO	<i>Brosimum costaricanum</i>	Ojoche
BROSUT	<i>Brosimum utile</i>	Sande
BUCIBU	<i>Bucida buceras</i>	Black olive
BUNCCO	<i>Bunchosia nitida</i>	Cereza
BYRSCR	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Bois corne
BYRSSP	<i>Byrsonima spicata</i>	Serrette
CAL2CA	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Degame
CALACO	<i>Calatola costaricensis</i>	Calarolazno
CALLST	<i>Calliandra laxa var. sti</i>	-
CALOLO	<i>Calophyllum longifolium</i>	Mara
CARAGU	<i>Carapa guianensis</i>	Crabwood
CASEAR	<i>Casearia arborea</i>	Gia verde
CASEGU	<i>Casearia guianensis</i>	Guyanese wild coffee
CASESY	<i>Casearia sylvestris</i>	Wild coffee
CASSEL	<i>Cassipourea elliptica</i>	Huesito
CECROB	<i>Cecropia obtusifolia</i>	-
CECRPE	<i>Cecropia peltata</i>	Ameisenbaum
CEIBPE	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
CELTSC	<i>Celtis schippii</i>	Jacaber tropical
CESPMA	<i>Cespedesia spathulata</i>	Candelabro
CHR2VE	<i>Chrysophyllum venezuelanum</i>	-
CLETLA	<i>Clethra lanata</i>	Nance macho
COCCJO	<i>Coccoloba johnstonii</i>	-
COLUGL	<i>Colubrina glandulosa</i>	Glandular Nakedwood
COMPCA	<i>Compsoeura capitellata</i>	-
CONORU	<i>Conostegia rufescens</i>	Luqillo mountain snailwood
COPAAR	<i>Copaifera aromatica</i>	Cabimo
CORDBI	<i>Cordia bicolor</i>	Mueco
CORDER	<i>Cordia eriostigma</i>	-
CORDPA	<i>Cordia panamensis</i>	-
COURPA	<i>Couratari guianensis</i>	Capa de tabaco

COUTHE	<i>Coutarea hexandra</i>	Azulejo
CRATTA	<i>Crateva tapia</i>	Spider Flower Tree
CROTB	<i>Croton billbergianu</i>	Sangrillo
CROTDR	<i>Croton draco</i>	Dragon's blood, Croton
CUPACI	<i>Cupania cinerea</i>	Candelillo
CUPALA	<i>Cupania latifolia</i>	Gorgojero, Palisander
CUPARU	<i>Cupania rufescens</i>	Gorgojo
DALBRE	<i>Dalbergia retusa</i>	Cocobolo
DAPHAM	<i>Daphnopsis americana</i>	Burn nose
DENDAR	<i>Dendropanax arboreus</i>	Angelica tree
DIO2AR	<i>Diospyros artanthifolia</i>	Sapote negro
ENTEKY	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Monkey Ear
ENTESC	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Timbauba
EUGEOE	<i>Eugenia oerstediana</i>	Sequarra
EXOSME	<i>Exostema mexicanum</i>	-
FICUMA	<i>Ficus maxima</i>	Pharmacosycea guyanensis
FISSFE	<i>Fissicalyx fendleri</i>	Palo conejo
GAR2MA	<i>Garcinia madruno</i>	Lemon drop mangosteen
GUARGR	<i>Guarea grandifolia</i>	Chuchupate
GUARGU	<i>Guarea guidonia</i>	American muskwood
GUARPT	<i>Guarea pterorhachis</i>	-
GUAZUL	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba, West Indian elm
GUETCR	<i>Guettarda crispiflora</i>	-
GUETFO	<i>Guettarda foliacea</i>	Espino
HAMPAP	<i>Hampea appendiculat</i>	Azote, Burillo
HASSFL	<i>Hasseltia floribunda</i>	Parimontn
HEISCO	<i>Heisteria concinna</i>	Sombrerito
HENRFA	<i>Henriettella fascicularis</i>	-
HIRTAM	<i>Hirtella americana</i>	Garrapato
HUMIDI	<i>Humiriastrum diguense</i>	Corozo
HYERAL	<i>Hieronyma alchorneoide</i>	-
HYEROB	<i>Hieronyma oblonga</i>	-
HMECO	<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatoba
INGACH	<i>Inga chocoensis</i>	-
INGAFA	<i>Inga laurina</i>	Sacky sac bean
INGAGO	<i>Inga goldmanii</i>	Guabo Pel
INGAMA	<i>Inga marginata</i>	Guabito
INGAMI	<i>Inga oerstediana</i>	-
INGAPA	<i>Inga pauciflora</i>	-
INGAPE	<i>Inga pezizifera</i>	Guabo de Mono
INGAPU	<i>Inga punctata</i>	Guabito cansa boca
INGAQU	<i>Inga nobilis</i>	Guama venezolano
INGARU	<i>Inga ruiziana</i>	Bribri
INGASA	<i>Inga sapindoides</i>	Feuilleea lindeniana
INGASP	<i>Inga spectabilis</i>	Guaba machete
INGATH	<i>Inga thibaudiana</i>	-
ISERLA	<i>Isertia laevis</i>	-
JAC1CO	<i>Jacaranda copaia</i>	-
JAC2SP	<i>Jacaratia spinosa</i>	Papayito de montaa
LACIAG	<i>Lacistema aggregatum</i>	Huesito
LACMPA	<i>Lacmellea panamensis</i>	Lagarto negro
LAETPR	<i>Laetia procera</i>	Manga larga

LAFOPU	<i>Lafoensia puniceifolia</i>	Amarillo
LAPLFR	<i>Gordonia fruticosa</i>	Mangle de monte
LINDLA	<i>Lindackeria laurina</i>	Carbonero
LONCAT	<i>Lonchocarpus atropurpureu</i>	-
LONCLA	<i>Lonchocarpus heptaphyllus</i>	Broadleaf lancepod
LONCMI	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	-
LOZAPI	<i>Lozania pittieri</i>	-
LUEHSE	<i>Luehea seemannii</i>	-
LUEHSP	<i>Luehea speciosa</i>	-
MACLTI	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora, Färbemaulbeerbaum
MACRGL	<i>Macrocneum roseum</i>	-
MAPRGU	<i>Maprounea guianensis</i>	-
MAQUCO	<i>Maquira guianensis</i>	Olmedia maquira
MAR1LA	<i>Marila laxiflora</i>	-
MAR1PL	<i>Marila pluricostata</i>	-
MARGNO	<i>Margaritaria nobilis</i>	Bastard hogberry
MATAAP	<i>Matayba apetala</i>	-
MATASC	<i>Matayba scrobiculata</i>	Laso
MICOPO	<i>Miconia poeppigii</i>	-
MICOPR	<i>Miconia prasina</i>	Granadillo bobo
MORIPA	<i>Morinda panamensis</i>	-
MORTAN	<i>Mortoniodendron anisophyllum</i>	-
MOSQJA	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	Bastard mahogany
MYRCGA	<i>Myrcia gatunensis</i>	Pimiento
MYRSCO	<i>Myrsine coriacea</i>	Leathery colicwood
NECTCU	<i>Nectandra cuspidata</i>	Sigua blanca
NECTGL	<i>Nectandra lineata</i>	Sweetwood
NECTMA	<i>Nectandra martinicensi</i>	-
NEEADE	<i>Neea delicatula</i>	-
OCOTOB	<i>Ocotea oblonga</i>	-
OCOTPU	<i>Ocotea puberula</i>	Oreodaphne martiniana
ORMOCR	<i>Ormosia coccinea</i>	-
ORMOMA	<i>Ormosia macrocalyx</i>	Alcornoque
OTOBAC	<i>Otoba acuminata</i>	Sangrillo de montaña
PAR2AM	<i>Parathesis amplifolia</i>	-
PARMCE	<i>Parmentiera cereifera</i>	Candle tree
PERAAR	<i>Pera arborea</i>	Sapito
PEREXA	<i>Perebea xanthochyma</i>	Cerillo
PHOECI	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Sigua blanca
PIT1RU	<i>Cojoba rufescens</i>	Coralillo
PLA1PI	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Macacauba
PLA2EL	<i>Platypodium elegans</i>	Carcuera
POCHAQ	<i>Pachira aquatica</i>	Glückskastanie
POCHQU	<i>Pachira quinata</i>	Bombax quinatum
PODOGU	<i>Podocarpus guatemalensi</i>	Podocarp
POSOLA	<i>Posoqueria latifolia</i>	Needle Flower Tree
POURBI	<i>Pourouma bicolor</i>	Guarumo de Pava
PRI2CO	<i>Prioria copaifera</i>	Cativo
PROTCO	<i>Protium costaricense</i>	-
PROTTE	<i>Protium tenuifolium</i>	Tingulonga tenuifolia
PSE2SP	<i>Pseudolmedia spuria</i>	False breadnut
PSYCG3	<i>Psychotria grandis</i>	Cachimbo grande

PTEROF	<i>Pterocarpus officinalis</i>	Dragonsblood tree
RAUVLI	<i>Rauvolfia littoralis</i>	Fruta del diablo
ROLLMU	<i>Rollinia mucosa</i>	Schleimapfel
RONDBU	<i>Rondeletia buddleioides</i>	-
ROUPMO	<i>Roupala montana</i>	-
SAP1SA	<i>Sapindus saponaria</i>	Westlicher Seifenbaum
SAPIAU	<i>Sapium glandulosum</i>	gumtree
SAPISP	<i>Sapium 'broadleaf'</i>	-
SAURLA	<i>Saurauia yasicae</i>	Aguacatillo
SCH2MO	<i>Schefflera morototoni</i>	Mountain trumpet
SCHIPA	<i>Schizolobium parahyba</i>	-
SOLAHA	<i>Solanum hayesii</i>	Friegaplato
SPONRA	<i>Spondias radlkoferi</i>	Jobo verde
STERAP	<i>Sterculia apetala</i>	Panama tree
SWARS1	<i>Swartzia simplex_ var.</i>	-
SWARS2	<i>Swartzia simplex_ var.</i>	-
SWIEMA	<i>Swietenia macrophylla</i>	Amerikanisches Mahagoni
TAPIGU	<i>Tapirira guianensis</i>	Amarillon
TERMAM	<i>Terminalia amazonia</i>	Nargusta
TERMOB	<i>Terminalia oblonga</i>	Peruanische Mandel
TET4JO	<i>Tetrathylacium johansenii</i>	Palo de chancho
TET5GO	<i>Tetrorchidium gorgonae</i>	-
TOVOLO	<i>Tovomita longifolia</i>	-
TOVOWE	<i>Tovomita weddelliana</i>	-
TRI1GI	<i>Trichanthera gigantea</i>	-
TRI2HI	<i>Trichilia hirta</i>	Broomstick
TRI2PA	<i>Trichilia pallida</i>	Gaita
TRI2PL	<i>Trichilia pleeana</i>	-
TRI2TO	<i>Trichilia martiana</i>	-
TRI4GA	<i>Trichospermum galeottii</i>	-
TROPRA	<i>Trophis racemosa</i>	White ramoon
TURPOC	<i>Turpinia occidentalis</i>	Muttonwood
VATAER	<i>Vatairea erythrocarpa</i>	-
VIROMA	<i>Virola macrocarpa</i>	-
VIROSE	<i>Virola sebifera</i>	Talgmuskatnussbaum
VIROSP	<i>Virola multiflora</i>	Fruta dorada
VISMBA	<i>Vismia baccifera</i>	Achiote tigre
VOCHF	<i>Vochysia ferruginea</i>	Yemeri
XYL1AR	<i>Xylopia aromatica</i>	Monkey Pepper
XYL1FR	<i>Xylopia frutescens</i>	Malagueto
ZANTBE	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	Arcab
ZANTP1	<i>Zanthoxylum panamense</i>	-
ZANTPR	<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	-
ZANTSE	<i>Zanthoxylum setulosum</i>	-
ZUELGU	<i>Zuelania guidonia</i>	Aiguane
ZYGILO	<i>Zygia longifolia</i>	Azote-Caballo

B)		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
AEGLAN	Splint	0,313	0,323	0,14	130,71	55,27	-	-	-	-	-
AEGIPA	Splint	0,462	0,326	0,27	20,74	41,56	0,544	0,857	0,528	62,31	2,94
ALBIGU	Splint	0,591	0,901	0,428	110,51	27,58	0,552	0,956	0,533	79,36	3,44
	Kern	0,591	0,87	0,538	61,71	8,97	0,559	0,78	0,441	76,87	21,11
ALBINI	Splint	0,715	1,045	0,623	67,74	12,87	0,683	1,008	0,654	54,13	4,25
	Kern	0,711	0,993	0,612	62,25	13,92	0,718	0,815	0,456	78,73	36,49
ALCHCO	Splint	0,325	0,44	0,164	168,29	49,54	0,41	0,973	0,404	140,84	1,46
	Kern	0,282	0,355	0,141	151,77	50	0,341	0,629	0,258	143,80	24,34
ALLOGE	Splint	0,47	0,844	0,401	110,47	14,68	0,444	0,756	0,433	74,60	2,48
	Kern	0,567	1,129	0,489	130,88	13,76	-	-	-	-	-
ALLOPS	Splint	0,553	1,059	0,457	131,73	17,36	0,485	0,875	0,48	82,29	1,03
ALSEBL	Splint	0,56	0,8	0,4	100	28,57	0,489	0,757	0,367	106,27	24,95
AMANGU	Splint	0,75	1,088	0,642	69,47	14,40	0,695	1,023	0,635	61,10	8,63
	Kern	0,643	0,79	0,575	37,39	10,58	-	-	-	-	-
ANACEX	Splint	0,376	0,337	0,164	105,49	56,38	0,368	0,883	0,332	165,96	9,78
	Kern	0,457	0,674	0,236	185,59	48,36	0,472	0,953	0,43	121,63	8,90
ANDIIN	Splint	0,635	1,017	0,573	77,49	9,76	0,596	0,974	0,559	74,24	6,21
ANNOPU	Splint	0,616	0,887	0,391	126,85	36,53	0,601	1,031	0,556	85,43	7,49
	Kern	0,719	0,858	0,421	103,80	41,45	0,608	0,798	0,396	101,52	34,87
ANNOSP	Splint	0,447	0,707	0,273	158,97	38,93	0,406	0,741	0,392	89,03	3,45
	Kern	0,361	0,618	0,232	166,38	35,73	0,419	0,658	0,409	60,88	2,39
ANTITR	Splint	0,514	0,715	0,312	129,17	39,30	0,534	1,005	0,52	93,27	2,62
	Kern	0,613	0,89	0,349	155,01	43,07	0,618	0,587	0,23	155,22	62,78
APEITI	Splint	0,226	0,36	0,151	138,41	33,19	0,11	0,241	0,104	131,73	5,45
	Kern	0,107	0,144	0,081	77,78	24,30	0,581	0,623	0,511	21,92	12,05
ASPICR	Splint	0,678	0,916	0,457	100,44	32,60	0,705	1,022	0,647	57,96	8,23
	Kern	0,831	1,004	0,691	45,30	16,85	0,848	0,857	0,351	144,16	58,61
AST2GR	Splint	0,747	0,896	0,421	112,83	43,64	0,719	0,967	0,543	78,08	24,48
	Kern	1,073	1,392	1,019	36,60	5,03	0,796	0,853	0,555	53,69	30,28

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
BANAGU	Splint	0,535	0,928	0,413	124,70	22,80	0,382	0,76	0,37	105,41	3,14
	Kern	0,486	0,784	0,342	129,24	29,63	-	-	-	-	-
BEILPE	Splint	0,462	0,74	0,314	135,67	32,03	-	-	-	-	-
	Kern	0,652	0,66	0,485	36,08	25,61	-	-	-	-	-
BROSCO	Splint	0,475	0,626	0,248	152,42	47,79	0,526	0,927	0,415	123,37	21,10
	Kern	0,564	0,566	0,29	95,17	48,58	0,497	0,765	0,323	136,84	35,01
BROSUT	Splint	0,417	0,431	0,196	119,90	53	0,453	0,866	0,45	92,44	0,66
	Kern	0,533	0,587	0,389	50,90	27,02	0,546	0,597	0,422	41,47	22,71
BUCIBU	Splint	0,679	0,96	0,498	92,77	26,66	0,755	1,147	0,732	56,69	3,05
	Kern	0,963	1,006	0,849	18,49	11,84	0,634	0,644	0,378	70,37	40,38
BUNCCO	Splint	0,675	0,959	0,468	104,91	30,67	0,647	0,923	0,476	93,91	26,43
BYRSCR	Splint	0,55	0,95	0,485	95,88	11,82	0,546	0,95	0,539	76,25	1,28
	Kern	0,51	0,765	0,402	90,30	21,18	0,562	0,639	0,555	15,14	1,25
BYRSSP	Splint	0,607	0,98	0,498	96,79	17,96	0,475	0,856	0,467	83,30	1,68
	Kern	0,653	0,768	0,643	19,44	1,53	0,618	1,021	0,617	65,48	0,16
CAL2CA	Splint	0,701	0,858	0,575	49,22	17,97	0,549	0,922	0,537	71,69	2,19
	Kern	0,719	1,007	0,647	55,64	10,01	0,58	0,73	0,559	30,59	3,62
CALACO	Splint	0,759	1,006	0,614	63,84	19,10	0,515	0,941	0,482	95,23	6,41
CALLST	Splint	0,62	0,969	0,489	98,16	21,13	0,682	1,027	0,656	56,55	3,81
	Kern	0,556	0,633	0,445	42,25	19,96	-	-	-	-	-
CALOLO	Splint	0,54	0,834	0,374	122,99	30,74	0,364	0,61	0,362	68,51	0,55
	Kern	0,459	0,466	0,298	56,38	35,08	0,623	0,774	0,58	33,45	6,90
CARAGU	Splint	0,453	0,336	0,148	127,03	67,33	0,517	0,789	0,452	74,56	12,57
	Kern	0,522	0,579	0,384	50,78	26,44	0,605	0,74	0,525	40,95	13,22
CASEAR	Splint	0,57	0,865	0,476	81,72	16,49	0,594	0,92	0,575	60,00	3,20
	Kern	0,513	0,902	0,435	107,36	15,20	0,677	0,892	0,466	91,42	31,17
CASEGU	Splint	0,614	0,773	0,544	42,10	11,40	0,574	0,893	0,52	71,73	9,41
CASESY	Splint	0,473	0,709	0,378	87,57	20,08	0,668	0,935	0,532	75,75	20,36

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
CASSEL	Splint	0,618	0,936	0,44	112,73	28,80	0,57	0,769	0,421	82,66	26,14
	Kern	0,569	0,615	0,363	69,42	36,20	-	-	-	-	-
CECROB	Splint	0,239	0,339	0,176	92,61	26,36	0,314	0,655	0,282	132,27	10,19
	Kern	0,232	0,347	0,163	112,88	29,74	0,207	0,393	0,184	113,59	11,11
CECRPE	Splint	0,222	0,461	0,201	129,35	9,46	0,325	0,5	0,325	53,85	0
	Kern	0,231	0,256	0,173	47,98	25,11	0,208	0,455	0,192	136,98	7,69
CEIBPE	Splint	0,269	0,305	0,109	179,82	59,48	0,242	0,395	0,19	107,89	21,49
	Kern	0,251	0,301	0,114	164,04	54,58	0,309	0,347	0,258	34,50	16,50
CELTSC	Splint	0,464	0,746	0,273	173,26	41,16	0,505	0,765	0,501	52,69	0,79
	Kern	-	-	-	-	-	0,502	0,764	0,496	54,03	1,20
CESPMA	Splint	0,606	0,823	0,406	102,71	33	0,506	0,637	0,492	29,47	2,77
	Kern	-	-	-	-	-	0,593	0,826	0,584	41,44	1,52
CHR2VE	Splint	0,505	0,831	0,381	118,11	24,55	0,533	0,697	0,52	34,04	2,44
	Kern	0,545	0,948	0,507	86,98	6,97	0,602	0,872	0,572	52,45	4,98
CLETLA	Splint	0,477	0,801	0,356	125,00	25,37	0,533	0,75	0,527	42,31	1,13
	Kern	0,543	0,67	0,372	80,11	31,49	0,521	0,623	0,505	23,37	3,07
COCCJO	Splint	0,543	0,688	0,359	91,64	33,89	0,577	0,878	0,545	61,10	5,55
COLUGL	Splint	0,383	0,817	0,363	125,07	5,22	0,528	0,573	0,378	51,59	28,41
	Kern	0,595	0,793	0,562	41,10	5,55	0,555	0,714	0,512	39,45	7,75
COMPCA	Splint	0,56	0,808	0,374	116,04	33,21	0,555	0,936	0,542	72,69	2,34
	Kern	0,545	0,607	0,401	51,37	26,42	-	-	-	-	-
CONORU	Splint	0,322	0,511	0,191	167,54	40,68	-	-	-	-	-
	Kern	0,333	0,306	0,147	108,16	55,86	0,4	0,395	0,169	133,73	57,75
COPAAR	Splint	0,548	0,855	0,332	157,53	39,42	0,533	0,848	0,518	63,71	2,81
	Kern	0,669	1,019	0,607	67,87	9,27	0,673	1,075	0,667	61,17	0,89
CORDBI	Splint	0,396	0,536	0,193	177,72	51,26	0,353	0,767	0,338	126,92	4,25
	Kern	0,344	0,396	0,205	93,17	40,41	-	-	-	-	-
CORDER	Splint	0,282	0,2	0,081	146,91	71,28	-	-	-	-	-

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
CORDPA	Splint	0,377	0,396	0,158	150,63	58,09	-	-	-	-	-
	Kern	0,326	0,398	0,171	132,75	47,55	0,316	0,401	0,258	55,43	18,35
COURPA	Splint	0,472	0,852	0,363	134,71	23,09	0,485	0,799	0,483	65,42	0,41
	Kern	0,499	0,863	0,472	82,84	5,41	0,42	0,67	0,293	128,67	30,24
COUTHE	Splint	0,59	0,93	0,497	87,12	15,76	0,576	0,75	0,564	32,98	2,08
	Kern	0,69	1,045	0,627	66,67	9,13	-	-	-	-	-
CRATTA	Splint	0,393	0,512	0,178	187,64	54,71	0,396	0,825	0,361	128,53	8,84
	Kern	0,449	0,746	0,284	162,68	36,75	0,524	0,79	0,44	79,55	16,03
CROTBI	Splint	0,374	0,391	0,162	141,36	56,68	0,463	0,68	0,452	50,44	2,38
CROTDR	Splint	0,39	0,411	0,161	155,28	58,72	0,345	0,629	0,343	83,38	0,58
	Kern	0,451	0,493	0,321	53,58	28,82	0,458	0,397	0,259	53,28	43,45
CUPACI	Splint	0,43	0,638	0,242	163,64	43,72	0,496	0,887	0,494	79,55	0,40
	Kern	0,483	0,586	0,344	70,35	28,78	0,514	0,619	0,478	29,50	7
CUPALA	Splint	0,526	0,803	0,34	136,18	35,36	0,508	0,705	0,49	43,88	3,54
	Kern	0,563	0,567	0,304	86,51	46	0,567	0,925	0,555	66,67	2,12
CUPARU	Splint	0,522	0,585	0,315	85,71	39,66	0,506	0,98	0,5	96,00	1,19
	Kern	0,474	0,668	0,322	107,45	32,07	0,599	0,798	0,314	154,14	47,58
DALBRE	Splint	0,699	0,96	0,57	68,42	18,45	0,744	0,96	0,666	44,14	10,48
	Kern	0,955	1,147	0,941	21,89	1,47	0,891	1,24	0,884	40,27	0,79
DAPHAM	Splint	0,38	0,45	0,374	20,32	1,58	0,24	0,101	0,036	180,56	85
	Kern	0,377	0,346	0,182	90,11	51,72	0,343	0,349	0,169	106,51	50,73
DENDAR	Splint	0,32	0,19	0,095	100	70,31	0,397	0,678	0,261	159,77	34,26
	Kern	0,407	0,706	0,27	161,48	33,66	0,343	0,399	0,158	152,53	53,94
DIO2AR	Splint	0,568	0,836	0,338	147,34	40,49	0,548	0,827	0,465	77,85	15,15
	Kern	0,674	0,741	0,505	46,73	25,07	-	-	-	-	-
ENTECY	Splint	0,385	0,447	0,25	78,80	35,06	0,38	0,798	0,343	132,65	9,74
	Kern	0,311	0,754	0,31	143,23	0,32	0,367	0,888	0,357	148,74	2,72
ENTESC	Splint	0,607	0,922	0,503	83,30	17,13	0,62	1,026	0,596	72,15	3,87
	Kern	0,724	1,043	0,689	51,38	4,83	0,653	1,07	0,624	71,47	4,44

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
EUGEOE	Splint	0,579	0,302	0,149	102,68	74,27	0,519	0,766	0,496	54,44	4,43
EXOSME	Splint	0,605	1,012	0,512	97,66	15,37	-	-	-	-	-
FICUMA	Splint	0,391	0,437	0,207	111,11	47,06	0,302	0,609	0,273	123,08	9,6
	Kern	0,347	0,449	0,241	86,31	30,55	-	-	-	-	-
FISSFE	Splint	0,525	0,398	0,182	118,68	65,33	0,502	0,834	0,329	153,50	34,46
	Kern	0,573	0,916	0,375	144,27	34,55	0,545	0,863	0,386	123,58	29,17
GAR2MA	Splint	0,558	0,892	0,337	164,69	39,61	0,639	0,989	0,631	56,74	1,25
	Kern	0,731	0,914	0,576	58,68	21,20	0,569	0,796	0,415	91,81	27,07
GUARGR	Splint	0,585	0,913	0,462	97,62	21,03	0,58	0,999	0,569	75,57	1,90
	Kern	0,573	0,749	0,387	93,54	32,46	0,651	0,799	0,602	32,72	7,53
GUARGU	Splint	0,515	0,92	0,361	154,85	29,90	0,482	0,862	0,477	80,71	1,04
	Kern	0,594	1,024	0,479	113,78	19,36	-	-	-	-	-
GUARPT	Splint	0,561	0,986	0,408	141,67	27,27	0,632	1,02	0,604	68,87	4,43
	Kern	0,648	0,977	0,561	74,15	13,43	0,629	0,772	0,532	45,11	15,42
GUAZUL	Splint	0,453	0,402	0,179	124,58	60,49	0,539	0,846	0,469	80,38	12,99
	Kern	0,325	0,579	0,234	147,44	28	0,696	1,093	0,604	80,96	13,22
GUETCR	Splint	0,512	0,924	0,393	135,11	23,24	0,392	0,704	0,328	114,63	16,33
	Kern	0,423	0,629	0,26	141,92	38,53	0,552	0,901	0,538	67,47	2,54
GUETFO	Splint	0,519	0,77	0,329	134,04	36,61	0,56	1,028	0,542	89,67	3,21
	Kern	0,669	1,042	0,474	119,83	29,15	-	-	-	-	-
HAMPAP	Splint	0,402	0,302	0,116	160,34	71,14	-	-	-	-	-
	Kern	0,279	0,394	0,171	130,41	38,71	-	-	-	-	-
HASSFL	Splint	0,401	0,4	0,276	44,93	31,17	0,499	0,873	0,496	76,01	0,60
HEISCO	Splint	0,613	0,985	0,365	169,86	40,46	0,569	0,906	0,538	68,40	5,45
HENRFA	Splint	0,481	0,623	0,284	119,37	40,96	0,404	0,77	0,279	175,99	30,94
	Kern	0,592	1,108	0,553	100,36	6,59	0,485	0,671	0,262	156,11	45,98
HIRTAM	Splint	0,648	0,962	0,482	99,59	25,62	0,598	0,983	0,582	68,90	2,68
	Kern	0,762	0,984	0,586	67,92	23,10	0,718	0,917	0,632	45,09	11,98

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
HUMIDI	Splint	0,755	1,121	0,662	69,34	12,32	0,625	0,981	0,61	60,82	2,40
	Kern	0,672	0,882	0,523	68,64	22,17	0,621	0,871	0,619	40,71	0,32
HYERAL	Splint	0,479	0,89	0,45	97,78	6,05	0,518	0,887	0,51	73,92	71,24
	Kern	0,652	0,966	0,623	55,06	4,45	0,607	0,923	0,603	53,07	0,66
HYEROB	Splint	0,42	0,63	0,381	65,35	9,29	0,298	0,468	0,289	61,94	3,02
	Kern	0,367	0,648	0,262	147,33	28,61	0,612	0,899	0,604	48,84	1,31
HYMECO	Splint	0,782	1,021	0,493	107,10	36,96	0,783	1,097	0,665	64,96	15,07
	Kern	0,813	1,091	0,621	75,68	23,62	0,823	1,026	0,687	49,34	16,52
INGACH	Splint	0,491	0,865	0,408	112,01	16,90	-	-	-	-	-
	Kern	0,407	0,678	0,316	114,56	22,36	0,401	0,663	0,334	98,50	16,71
INGAFA	Splint	0,734	1,13	0,611	84,94	16,76	0,611	0,912	0,608	50	0,49
	Kern	0,745	0,846	0,61	38,69	18,12	-	-	-	-	-
INGAGO	Splint	0,44	0,917	0,326	181,29	25,91	0,516	1,01	0,508	98,82	1,55
	Kern	0,482	0,673	0,379	77,57	21,37	-	-	-	-	-
INGAMA	Splint	0,488	0,713	0,275	159,27	43,65	0,386	0,879	0,381	130,71	1,30
	Kern	0,539	0,584	0,322	81,37	40,26	0,409	0,5	0,253	97,63	38,14
INGAMI	Splint	0,385	0,644	0,26	147,69	32,47	0,438	0,974	0,433	124,94	1,14
	Kern	0,566	0,976	0,54	80,74	4,59	0,392	0,702	0,39	80,00	0,51
INGAPA	Splint	0,661	0,974	0,469	107,68	29,05	0,729	1,003	0,726	38,15	0,41
	Kern	0,793	0,999	0,722	38,37	8,95	0,647	0,885	0,632	40,03	2,32
INGAPE	Splint	0,47	0,802	0,319	151,41	32,13	0,406	0,711	0,384	85,16	5,42
	Kern	0,363	0,572	0,292	95,89	19,56	-	-	-	-	-
INGAPU	Splint	0,526	0,948	0,337	181,31	35,93	0,35	0,672	0,349	92,55	0,29
	Kern	0,466	0,636	0,286	122,38	38,63	0,559	0,782	0,551	41,92	1,43
INGAQU	Splint	0,644	1,011	0,45	124,67	30,12	0,542	1,027	0,528	94,51	2,58
	Kern	0,63	0,883	0,512	72,46	18,73	-	-	-	-	-
INGARU	Splint	0,52	0,852	0,332	156,63	36,15	0,65	0,976	0,609	60,26	6,31
	Kern	-	-	-	-	-	0,647	0,748	0,544	37,50	15,92

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
INGASA	Splint	0,574	0,904	0,492	83,74	14,29	0,504	0,918	0,497	84,71	1,39
	Kern	0,486	0,791	0,416	90,14	14,40	0,693	0,947	0,561	68,81	19,05
INGASP	Splint	0,399	0,855	0,316	170,57	20,80	0,42	0,73	0,409	78,48	2,62
	Kern	0,428	0,717	0,328	118,60	23,36	-	-	-	-	-
INGATH	Splint	0,55	0,943	0,446	111,43	18,91	0,581	0,978	0,491	99,19	15,49
	Kern	0,317	0,449	0,245	83,27	22,71	0,233	0,345	0,204	69,12	12,45
ISERLA	Splint	0,489	0,989	0,36	174,72	26,38	0,477	1,004	0,474	111,81	0,63
	Kern	0,505	0,785	0,35	124,29	30,69	-	-	-	-	-
JAC1CO	Splint	0,394	0,582	0,201	189,55	48,98	0,32	0,559	0,275	103,27	14,06
	Kern	0,352	0,566	0,258	119,38	26,70	0,327	0,355	0,167	112,57	48,93
JAC2SP	Splint	0,043	Probe JAC2SP wurde von <i>T. versicolor</i> so weit abgebaut, dass ein Auswerten nicht mehr möglich war								-
LACIAG	Splint	0,561	0,993	0,38	161,32	32,26	0,395	0,611	0,375	62,93	5,06
LACMPA	Splint	0,467	0,67	0,253	164,82	45,82	0,462	0,864	0,46	87,83	0,43
	Kern	0,56	0,574	0,316	81,65	43,57	0,515	0,677	0,342	97,95	33,59
LAETPR	Splint	0,529	1,003	0,432	132,18	18,34	0,583	0,911	0,446	104,26	23,50
	Kern	0,414	0,467	0,226	106,64	45,41	0,679	0,824	0,563	46,36	17,08
LAFOPU	Splint	0,451	0,874	0,435	100,92	3,55	0,601	0,987	0,596	65,60	0,83
	Kern	0,716	0,962	0,548	75,55	23,46	0,667	0,655	0,452	44,91	32,23
LAPLFR	Splint	0,434	0,426	0,226	88,50	47,93	0,357	0,713	0,304	134,54	14,85
	Kern	0,522	0,935	0,486	92,39	6,90	0,532	0,589	0,326	80,67	38,72
LINDLA	Splint	0,63	1,092	0,534	104,49	15,24	-	-	-	-	-
	Kern	0,647	1,116	0,556	100,72	14,06	-	-	-	-	-
LONCAT	Splint	0,618	0,959	0,613	56,44	0,81	0,497	0,87	0,461	88,72	7,24
LONCLA	Splint	0,579	0,974	0,508	91,73	12,26	0,605	0,984	0,591	66,50	2,31
LONCMI	Splint	0,7	1,109	0,568	95,25	18,86	0,627	0,976	0,62	57,42	1,12
LOZAPI	Splint	0,381	0,29	0,115	152,17	69,82	0,418	0,801	0,416	92,55	0,48
	Kern	0,427	0,86	0,397	116,62	7,03	-	-	-	-	-
LUEHSE	Splint	0,56	0,872	0,417	109,11	25,54	0,547	0,978	0,516	89,53	5,67
	Kern	0,645	0,707	0,323	118,89	49,92	0,573	0,614	0,362	69,61	36,82

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
LUEHSP	Splint	0,536	0,931	0,516	80,43	3,73	0,461	0,895	0,303	195,38	34,27
	Kern	0,702	0,904	0,57	58,60	18,80	0,569	0,743	0,391	90,03	31,28
MACLTI	Splint	0,59	0,997	0,457	118,16	22,54	-	-	-	-	-
MACRGL	Splint	0,475	0,744	0,413	80,15	13,05	0,435	0,79	0,417	89,45	4,14
	Kern	0,515	0,962	0,399	141,10	22,52	-	-	-	-	-
MAPRGU	Splint	0,558	0,712	0,287	148,08	48,57	0,534	0,99	0,533	85,74	0,19
	Kern	0,675	1,079	0,438	146,35	35,11	0,502	0,876	0,359	144,01	28,49
MAQUCO	Splint	0,575	0,908	0,401	126,43	30,26	0,612	1,004	0,55	82,55	10,13
MAR1LA	Splint	0,583	0,854	0,411	107,79	29,50	0,598	0,976	0,585	66,84	2,17
	Kern	0,651	1,134	0,529	114,37	18,74	0,711	0,984	0,691	42,40	2,81
MAR1PL	Splint	0,65	0,896	0,548	63,50	15,69	0,591	0,845	0,59	43,22	0,17
MARGNO	Splint	0,592	0,812	0,456	78,07	22,97	0,618	1,032	0,484	113,22	21,68
	Kern	0,754	1,23	0,576	113,54	23,61	-	-	-	-	-
MATAAP	Splint	0,642	1,012	0,42	140,95	34,58	0,583	0,961	0,475	102,32	18,52
	Kern	0,406	0,478	0,188	154,26	53,69	0,468	0,674	0,297	126,94	36,54
MATASC	Splint	0,527	0,975	0,435	124,14	17,46	0,558	0,922	0,524	75,95	6,09
	Kern	0,68	0,803	0,621	29,31	8,68	0,685	0,733	0,666	10,06	2,77
MICOPO	Splint	0,517	0,665	0,289	130,10	44,10	0,5	0,887	0,496	78,83	0,80
	Kern	-	-	-	-	-	0,738	1,125	0,711	58,23	3,66
MICOPR	Splint	0,531	0,924	0,464	99,14	12,62	-	-	-	-	-
MORIPA	Splint	0,315	0,497	0,189	162,96	40	0,478	0,854	0,475	79,79	0,63
	Kern	0,552	0,619	0,366	69,13	33,70	0,538	0,874	0,529	65,22	1,67
MORTAN	Splint	0,407	0,589	0,261	125,67	35,87	0,494	0,919	0,476	93,07	3,64
	Kern	0,589	0,669	0,357	87,39	39,39	0,551	0,749	0,536	39,74	2,72
MOSQJA	Splint	0,475	0,88	0,342	157,31	28	0,586	0,912	0,423	115,60	27,82
	Kern	0,586	0,709	0,419	69,21	28,50	-	-	-	-	-
MYRCGA	Splint	0,625	0,928	0,362	156,35	42,08	0,636	1,04	0,626	66,13	1,57
	Kern	0,618	0,979	0,446	119,51	27,83	0,688	1,068	0,598	78,60	13,08
MYRSCO	Splint	0,601	0,897	0,415	116,14	30,95	0,509	0,99	0,491	101,63	3,54

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
NECTCU	Splint	0,453	0,812	0,373	117,69	17,66	0,271	0,503	0,27	86,30	0,37
NECTGL	Splint	0,394	0,677	0,367	84,47	6,85	-	-	-	-	-
	Kern	0,381	0,449	0,205	119,02	46,19	0,401	0,79	0,382	106,81	4,74
NECTMA	Splint	0,566	0,945	0,452	109,07	20,14	0,383	0,698	0,335	108,36	12,53
	Kern	0,428	0,868	0,375	131,47	12,38	-	-	-	-	-
NEEADE	Splint	0,438	0,634	0,228	178,07	47,95	0,358	0,417	0,236	76,69	34,08
	Kern	-	-	-	-	-	0,467	0,379	0,277	36,82	40,69
OCOTOB	Splint	0,474	0,832	0,309	169,26	34,81	0,352	0,641	0,352	82,10	0
	Kern	0,497	0,684	0,392	74,49	21,13	0,387	0,6	0,26	130,77	32,82
OCOTPU	Splint	0,319	0,309	0,144	114,58	54,86	0,387	0,683	0,386	76,94	0,26
	Kern	0,399	0,613	0,296	107,09	25,81	0,397	0,672	0,364	84,62	8,31
ORMOCR	Splint	0,611	0,995	0,465	113,98	23,90	0,449	0,87	0,359	142,34	20,04
	Kern	0,557	0,67	0,3	123,33	46,14	0,601	0,747	0,411	81,75	31,61
ORMOMA	Splint	0,611	0,919	0,452	103,32	26,02	0,603	0,908	0,512	77,34	15,09
	Kern	0,632	0,978	0,506	93,28	19,94	-	-	-	-	-
OTOBAC	Splint	0,463	0,7	0,258	171,32	44,28	0,46	0,881	0,447	97,09	2,83
	Kern	0,563	1,113	0,496	124,40	11,90	-	-	-	-	-
PAR2AM	Splint	0,547	0,879	0,343	156,27	37,29	0,467	0,9	0,451	99,56	3,43
	Kern	0,587	0,876	0,381	129,92	35,09	-	-	-	-	-
PARMCE	Splint	0,606	0,986	0,445	121,57	26,57	0,609	1,005	0,461	118,00	24,30
PERAAR	Splint	0,695	1,013	0,496	104,23	28,63	0,668	1,012	0,653	54,98	2,25
	Kern	0,543	0,658	0,295	123,05	45,67	0,797	0,989	0,768	28,78	3,64
PEREXA	Splint	0,544	0,981	0,358	174,02	34,19	0,501	0,941	0,405	132,35	19,16
	Kern	0,541	1,111	0,505	120	6,65	0,495	0,679	0,318	113,52	35,76
PHOECI	Splint	0,48	0,545	0,22	147,73	54,17	0,43	0,873	0,425	105,41	1,16
	Kern	0,56	0,609	0,38	60,26	32,14	0,499	0,613	0,288	112,85	42,28
PIT1RU	Splint	0,617	0,987	0,426	131,69	30,96	0,62	0,978	0,603	62,19	2,74
	Kern	0,763	0,981	0,616	59,25	19,27	0,87	0,991	0,776	27,71	10,80

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
PLA1PI	Splint	0,551	0,957	0,352	171,88	36,12	0,684	0,989	0,59	67,63	13,74
	Kern	0,785	0,987	0,619	59,45	21,15	0,858	1,135	0,804	41,17	6,29
PLA2EL	Splint	0,65	0,984	0,476	106,72	26,77	0,573	0,978	0,526	85,93	8,20
	Kern	0,803	0,929	0,506	83,60	36,99	0,79	1,169	0,612	91,01	22,53
POCHAQ	Splint	0,401	0,478	0,165	189,70	58,85	0,401	0,804	0,347	131,70	13,47
	Kern	0,451	0,828	0,322	157,14	28,60	0,521	0,617	0,304	102,96	41,65
POCHQU	Splint	0,309	0,471	0,166	183,73	46,28	0,387	0,554	0,216	156,48	44,19
	Kern	0,282	0,489	0,245	99,59	13,12	0,543	0,831	0,538	54,46	0,92
PODOGU	Splint	0,383	0,67	0,35	91,43	8,62	0,517	0,98	0,513	91,03	0,77
POSOLA	Splint	0,551	0,883	0,41	115,37	25,59	0,532	0,975	0,451	116,19	15,23
POURBI	Splint	0,292	0,52	0,201	158,71	31,16	0,253	0,488	0,216	125,93	14,62
	Kern	0,319	0,418	0,24	74,17	24,76	0,507	0,779	0,498	56,43	1,78
PRI2CO	Splint	0,342	0,229	0,095	141,05	72,22	0,347	0,689	0,3	129,67	13,54
	Kern	0,383	0,389	0,172	126,16	55,09	0,448	0,664	0,405	63,95	9,60
PROTCO	Splint	0,412	0,413	0,215	92,09	47,82	0,412	0,823	0,411	100,24	0,24
	Kern	0,452	0,482	0,222	117,12	50,88	-	-	-	-	-
PROTTE	Splint	0,464	0,479	0,24	99,58	48,28	0,53	0,935	0,385	142,86	27,36
	Kern	0,543	0,975	0,421	131,59	22,47	0,617	0,981	0,602	62,96	2,43
PSE2SP	Splint	0,6	1,072	0,42	155,24	30	-	-	-	-	-
PSYCG3	Splint	0,449	0,397	0,147	170,07	67,26	0,475	0,812	0,371	118,87	21,89
PTEROF	Splint	0,378	0,643	0,223	188,34	41,01	0,379	0,69	0,281	145,55	25,86
	Kern	0,585	0,746	0,357	108,96	38,97	0,601	0,824	0,509	61,89	15,31
RAUVLI	Splint	0,454	0,407	0,254	60,24	44,05	0,434	0,871	0,372	134,14	14,29
ROLLMU	Splint	0,321	0,639	0,298	114,43	7,17	-	-	-	-	-
	Kern	0,302	0,35	0,135	159,26	55,30	0,279	0,47	0,234	100,85	16,13
RONDBU	Splint	0,335	0,3	0,138	117,39	58,81	-	-	-	-	-
ROUPMO	Splint	0,712	1,096	0,495	121,41	30,48	0,773	1,09	0,66	65,15	14,62
	Kern	0,768	0,915	0,661	38,43	13,93	0,854	0,971	0,687	41,34	19,56

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
SAP1SA	Splint	0,617	0,924	0,428	115,89	30,63	0,652	0,949	0,622	52,57	4,60
	Kern	0,738	0,987	0,591	67,01	19,92	-	-	-	-	-
SAPIAU	Splint	0,347	0,331	0,16	106,88	53,89	0,42	0,856	0,4	114,00	4,76
	Kern	0,598	0,783	0,412	90,05	31,10	0,495	0,677	0,391	73,15	21,01
SAPISP	Splint	0,453	0,354	0,145	144,14	67,99	-	-	-	-	-
SAURLA	Splint	0,321	0,59	0,263	124,33	18,07	-	-	-	-	-
	Kern	0,384	0,564	0,229	146,29	40,36	-	-	-	-	-
SCH2MO	Splint	0,365	0,408	0,177	130,51	51,51	0,41	0,803	0,39	105,90	4,88
	Kern	0,391	0,61	0,3	103,33	23,27	0,493	0,873	0,294	196,94	40,37
SCHIPA	Splint	0,464	0,664	0,268	147,76	42,24	0,365	0,702	0,364	92,86	0,27
	Kern	0,274	0,29	0,109	166,06	60,22	0,375	0,649	0,268	142,16	28,53
SOLAHA	Splint	0,355	0,675	0,35	92,86	1,41	0,413	0,809	0,289	179,93	30,02
	Kern	0,522	0,641	0,513	24,95	1,72	-	-	-	-	-
SPONRA	Splint	0,375	0,473	0,215	120	42,67	0,361	0,623	0,315	97,78	12,74
	Kern	0,395	0,331	0,218	51,83	44,81	0,366	0,385	0,265	45,28	27,60
STERAP	Splint	0,414	0,67	0,229	192,58	44,69	0,305	0,698	0,286	144,06	6,23
	Kern	0,536	0,617	0,37	66,76	30,97	0,571	0,703	0,456	54,17	20,14
SWARS1	Splint	0,708	1,038	0,563	84,37	20,48	0,678	1,062	0,677	56,87	0,15
	Kern	0,86	1,301	0,662	96,53	23,02	0,79	1,072	0,625	71,52	20,89
SWARS2	Splint	0,748	1,1	0,603	82,42	19,39	-	-	-	-	-
SWIEMA	Splint	0,532	0,975	0,477	104,40	10,34	0,489	0,891	0,428	108,18	12,47
	Kern	0,623	0,917	0,619	48,14	0,64	0,623	1,044	0,619	68,66	0,64
TAPIGU	Splint	0,402	0,556	0,179	210,61	55,47	0,349	0,701	0,322	117,70	7,74
	Kern	0,401	0,557	0,283	96,82	29,43	0,543	0,648	0,486	33,33	10,50
TERMAM	Splint	0,648	1,002	0,483	107,45	25,46	0,584	0,896	0,578	55,02	1,03
	Kern	0,639	1,168	0,569	105,27	10,95	0,755	1,126	0,748	50,53	0,93
TERMOB	Splint	0,388	0,33	0,148	122,97	61,86	0,46	0,902	0,41	120,00	10,87
	Kern	0,661	0,834	0,426	95,77	35,55	0,709	0,882	0,658	34,04	7,19

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g _o (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g _o (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
TET4JO	Splint	0,451	0,672	0,29	131,72	35,70	0,495	0,862	0,467	84,58	5,66
	Kern	0,535	0,89	0,393	126,46	26,54	0,569	0,829	0,531	56,12	6,68
TET5GO	Splint	0,335	0,687	0,327	110,09	2,39	0,335	0,645	0,263	145,25	21,49
	Kern	-	-	-	-	-	0,381	0,371	0,173	114,45	54,59
TOVOLO	Splint	0,714	0,993	0,536	85,26	24,93	0,726	1,045	0,716	45,95	1,38
TOVOWE	Splint	0,499	0,9	0,367	145,23	26,45	0,434	0,87	0,431	101,86	0,69
TRI1GI	Splint	0,501	0,942	0,453	107,95	9,58	0,396	0,679	0,378	79,63	4,55
TRI2HI	Splint	0,615	0,976	0,594	64,31	3,41	0,544	0,884	0,535	65,23	1,65
	Kern	0,633	1,105	0,455	142,86	28,12	-	-	-	-	-
TRI2PA	Splint	0,46	0,837	0,293	185,67	36,30	0,514	0,975	0,502	94,22	2,33
	Kern	0,578	0,645	0,388	66,24	32,87	0,587	0,864	0,573	50,79	2,39
TRI2PL	Splint	0,695	0,954	0,334	185,63	51,94	0,587	0,907	0,558	62,54	4,94
	Kern	0,693	1,055	0,473	123,04	31,75	0,674	1,099	0,514	113,81	23,74
TRI2TO	Splint	0,404	0,553	0,229	141,48	43,32	0,47	0,803	0,304	164,14	35,32
	Kern	0,536	0,66	0,371	77,90	30,78	0,575	0,778	0,419	85,68	27,13
TRI4GA	Splint	0,282	0,234	0,108	116,67	61,70	0,293	0,637	0,288	121,18	1,71
TROPRA	Splint	0,582	0,976	0,353	176,49	39,35	0,469	0,861	0,46	87,17	1,92
TURPOC	Splint	0,292	0,391	0,141	177,30	51,71	0,377	0,702	0,354	98,31	6,10
	Kern	0,448	0,8	0,415	92,77	7,37	0,407	0,753	0,328	129,57	19,41
VATAER	Splint	0,643	0,59	0,261	126,05	59,41	0,666	0,971	0,552	75,91	17,12
	Kern	0,642	1,15	0,534	115,36	16,82	0,631	1,028	0,48	114,17	23,93
VIROMA	Splint	0,397	0,663	0,311	113,18	21,66	0,416	0,87	0,412	111,17	0,96
	Kern	0,609	1,047	0,464	125,65	23,81	0,561	0,79	0,335	135,82	40,29
VIROSE	Splint	0,459	0,502	0,243	106,58	47,06	0,475	0,866	0,447	93,74	5,89
	Kern	0,466	0,74	0,253	192,49	45,71	0,43	0,503	0,224	124,55	47,91
VIROSP	Splint	0,376	0,325	0,142	128,87	62,23	0,412	0,769	0,395	94,68	4,13
	Kern	0,478	0,539	0,211	155,45	55,86	0,319	0,368	0,148	148,65	53,61
VISMBA	Splint	0,496	0,529	0,22	140,45	55,65	0,474	0,77	0,408	88,73	13,92
	Kern	0,545	0,831	0,406	104,68	25,50	-	-	-	-	-

		<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
		g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
VOCHF	Splint	0,329	0,7	0,241	190,46	26,75	0,356	0,66	0,291	126,80	18,26
	Kern	0,418	0,866	0,403	114,89	3,59	0,34	0,291	0,111	162,16	67,35
XYL1AR	Splint	0,517	0,688	0,252	173,02	51,26	0,42	0,865	0,408	112,01	2,86
	Kern	0,464	0,684	0,307	122,80	33,84	0,497	0,691	0,473	46,09	4,83
XYL1FR	Splint	0,498	0,785	0,329	138,60	33,94	0,501	0,915	0,496	84,48	1
	Kern	0,34	0,264	0,102	158,82	70,00	0,603	0,671	0,266	152,26	55,89
ZANTBE	Splint	0,421	0,712	0,303	134,98	28,03	0,534	0,735	0,521	41,07	2,43
	Kern	-	-	-	-	-	0,5	0,853	0,499	70,94	0,20
ZANTP1	Splint	0,534	0,499	0,299	66,89	44,01	0,485	0,865	0,48	80,21	1,03
	Kern	0,497	0,569	0,328	73,48	34	0,604	1,192	0,565	110,97	6,46
ZANTPR	Splint	0,454	0,667	0,238	180,25	47,58	0,505	0,893	0,5	78,60	0,99
	Kern	0,539	0,871	0,341	155,43	36,73	0,553	0,813	0,472	72,25	14,65
ZANTSE	Splint	0,509	0,442	0,161	174,53	68,37	0,542	0,941	0,462	103,68	14,76
ZUELGU	Splint	0,489	0,833	0,348	139,37	28,83	0,556	0,91	0,539	68,83	3,06
	Kern	0,482	0,67	0,299	124,08	37,97	0,7	0,71	0,398	78,39	43,14
ZYGIL	Splint	0,568	0,934	0,47	98,72	17,25	0,597	0,943	0,573	64,57	4,02
	Kern	0,715	1,013	0,603	67,99	15,66	-	-	-	-	-

c)

Vergleichsbohrkerne Kiefernslint										
	<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
Teil 1	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
4 Wochen	0,399	0,605	0,384	57,55	3,75	0,403	0,637	0,381	67,19	5,45
8 Wochen	0,416	0,647	0,359	80,22	13,7	0,427	0,647	0,37	74,86	13,34
12 Wochen	0,428	0,758	0,321	136,14	25	0,416	0,646	0,331	95,17	20,6
16 Wochen	0,38	0,511	0,213	139,91	43,95	0,401	0,756	0,312	142,31	22,19
Teil 2	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
4 Wochen	0,506	0,891	0,486	83,33	3,95	0,465	0,846	0,423	100	9,03
8 Wochen	0,51	0,942	0,458	105,68	10,20	0,514	0,759	0,412	84,22	19,84
12 Wochen	0,509	0,852	0,39	118,46	23,37	0,485	0,697	0,359	94,15	25,97
16 Wochen	0,518	0,847	0,363	133,33	29,92	0,586	0,675	0,402	67,91	31,40
Teil 3	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
4 Wochen	0,406	0,776	0,396	95,96	2,46	0,387	0,712	0,361	97,23	6,72
8 Wochen	0,374	0,73	0,331	120,54	11,50	0,402	0,702	0,319	120,06	20,65
12 Wochen	0,403	0,833	0,324	157,10	19,60	0,42	0,869	0,307	183,06	26,90
16 Wochen	0,406	0,75	0,305	145,90	24,88	0,361	0,711	0,248	186,69	31,30

Normprüfkörper (EN 113)										
Teil 1	<i>T. versicolor</i> (Weißfäuleerreger)					<i>G. trabeum</i> (Braunfäuleerreger)				
	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
Kiefer	11,808	14,845	9,945	49,27	15,78	11,628	23,523	9,311	152,64	19,93
	9,162	15,4	7,472	106,10	18,45	11,907	23,066	9,489	143,08	20,31
	11,174	17,227	9,067	90	18,86	10,358	13,39	8,233	62,64	20,52
Buche	15,265	17,0122	10,223	66,41	33,03	15,354	21,857	10,123	115,91	34,07
	14,9	15,746	10,453	50,64	29,85	15,139	20,532	10,425	96,95	31,14
	15,378	19,901	10,032	98,38	34,76	15,439	20,002	9,78	104,52	36,65
Teil 2	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)	g ₀ (g)	g _F (g)	g _{Tr} (g)	Holzfeuchte (%)	Masseverlust (%)
Kiefer	10,891	14,35	9,239	55,32	15,17	10,516	12,063	7,767	55,31	26,14
	10,253	13,555	8,596	57,69	16,16	10,297	11,871	7,632	55,54	25,88
	10,348	15,59	8,779	77,58	15,16	10,397	11,422	7,348	55,44	29,33
Buche	12,077	14,201	10,224	38,90	15,34	11,98	11,531	7,557	52,59	36,92
	12,141	14,237	10,301	38,21	15,16	11,962	11,655	7,451	56,42	37,71
	12,002	12,997	9,541	36,22	20,50	12,085	11,97	7,881	51,88	34,79

Mittelwerte Masseverlust					
<i>T. versicolor</i>	Soll (%):	15	<i>G. trabeum</i>	Soll (%):	20
1. Teil	Ist (%) Ki:	17,69	1. Teil	Ist (%) Ki:	20,25
	Ist (%) Bu:	32,55		Ist (%) Bu:	33,95
2. Teil	Ist (%) Ki:	15,50	2. Teil	Ist (%) Ki:	27,12
	Ist (%) Bu:	17		Ist (%) Bu:	36,47

D)

innerer Bohrkern	höherer Masseverlust (%)	x-Wert	Klasse
ALBIGU	21,11	0,86	4
ALBINI	36,49	1,49	5
ALCHCO	50,00	2,21	5
ALLOGE	13,76	0,61	4
AMANGU	10,58	0,47	3
ANACEX	48,36	2,13	5
ANNOPU	41,45	1,83	5
ANNOSP	35,73	1,58	5
ANTITR	62,78	2,56	5
APEITI	24,30	1,07	5
ASPICR	58,61	2,39	5
AST2GR	30,28	1,24	5
BANAGU	29,63	1,31	5
BEILPE	25,61	1,13	5
BROSCO	48,58	2,14	5
BROSUT	27,02	1,19	5
BUCIBU	40,38	1,65	5
BYRSCR	21,18	0,93	5
BYRSSP	1,53	0,07	1
CAL2CA	10,01	0,44	3
CALLST	19,96	0,88	4
CALOLO	35,08	1,55	5
CARAGU	26,44	1,17	5
CASEAR	31,17	1,27	5
CASSEL	36,20	1,60	5
CECROB	29,74	1,31	5
CECRPE	25,11	1,11	5
CEIBPE	54,58	2,41	5
CELTSC	1,20	0,05	1
CESPMA	1,52	0,06	1
CHR2VE	6,97	0,31	3
CLETLA	31,49	1,39	5
COLUGL	7,75	0,32	3
COMPCA	26,42	1,17	5
CONORU	57,75	2,36	5
COPAAR	9,27	0,41	3
CORDBI	40,41	1,78	5
CORDPA	47,55	2,10	5
COURPA	30,24	1,23	5
COUTHE	9,13	0,40	3
CRATTA	36,75	1,62	5
CROTDR	43,45	1,77	5
CUPACI	28,78	1,27	5
CUPALA	46,00	2,03	5
CUPARU	47,58	1,94	5

DALBRE	1,47	0,06	1
DAPHAM	51,72	2,28	5
DENDAR	53,94	2,20	5
DIO2AR	25,07	1,11	5
ENTECY	2,72	0,11	1
ENTESC	4,83	0,21	2
FICUMA	30,55	1,35	5
FISSFE	34,55	1,53	5
GAR2MA	27,07	1,11	5
GUARGR	32,46	1,43	5
GUARGU	19,36	0,85	4
GUARPT	15,42	0,63	4
GUAZUL	28,00	1,24	5
GUETCR	38,53	1,70	5
GUETFO	29,15	1,29	5
HAMPAP	38,71	1,71	5
HENRFA	45,98	1,88	5
HIRTAM	23,10	1,02	5
HUMIDI	22,17	0,98	5
HYERAL	4,45	0,20	2
HYEROB	28,61	1,26	5
HYMECO	23,62	1,04	5
INGACH	22,36	0,99	5
INGAFA	18,12	0,80	4
INGAGO	21,37	0,94	5
INGAMA	40,26	1,78	5
INGAMI	4,59	0,20	2
INGAPA	8,95	0,40	3
INGAPE	19,56	0,86	4
INGAPU	38,63	1,70	5
INGAQU	18,73	0,83	4
INGARU	15,92	0,65	4
INGASA	19,05	0,78	4
INGASP	23,36	1,03	5
INGATH	22,71	1,00	5
ISERLA	30,69	1,35	5
JAC1CO	48,93	2,00	5
LACMPA	43,57	1,92	5
LAETPR	45,41	2,00	5
LAFOPU	32,23	1,32	5
LAPLFR	38,72	1,58	5
LINDLA	14,06	0,62	4
LOZAPI	7,03	0,31	3
LUEHSE	49,92	2,20	5
LUEHSP	31,28	1,28	5
MACRGL	22,52	0,99	5
MAPRGU	35,11	1,55	5
MAR1LA	18,74	0,83	4

MARGNO	23,61	1,04	5
MATAAP	53,69	2,37	5
MATASC	8,68	0,38	3
MICOPO	3,66	0,15	1
MORIPA	33,70	1,49	5
MORTAN	39,39	1,74	5
MOSQJA	28,50	1,26	5
MYRCGA	27,83	1,23	5
NECTGL	46,19	2,04	5
NECTMA	12,38	0,55	3
NEEADE	40,69	1,66	5
OCOTOB	32,82	1,34	5
OCOTPU	25,81	1,14	5
ORMOCR	46,14	2,04	5
ORMOMA	19,94	0,88	4
OTOBAC	11,90	0,53	3
PAR2AM	35,09	1,55	5
PERAAR	45,67	2,02	5
PEREXA	35,76	1,46	5
PHOECI	42,28	1,73	5
PIT1RU	19,27	0,85	4
PLA1PI	21,15	0,93	5
PLA2EL	36,99	1,63	5
POCHAQ	41,65	1,70	5
POCHQU	13,12	0,58	3
POURBI	24,76	1,09	5
PRI2CO	55,09	2,43	5
PROTCO	50,88	2,25	5
PROTTE	22,47	0,99	5
PTEROF	38,97	1,72	5
ROLLMU	55,30	2,44	5
ROUPMO	19,56	0,80	4
SAP1SA	19,92	0,88	4
SAPIAU	31,10	1,37	5
SAURLA	40,36	1,78	5
SCH2MO	40,37	1,65	5
SCHIPA	60,22	2,66	5
SOLAHA	1,72	0,08	1
SPONRA	44,81	1,98	5
STERAP	30,97	1,37	5
SWARS1	23,02	1,02	5
SWIEMA	0,64	0,03	1
TAPIGU	29,43	1,30	5
TERMAM	10,95	0,48	3
TERMOB	35,55	1,57	5
TET4JO	26,54	1,17	5
TET5GO	54,59	2,23	5
TRI2HI	28,12	1,24	5

TRI2PA	32,87	1,45	5
TRI2PL	31,75	1,40	5
TRI2TO	30,78	1,36	5
TURPOC	19,41	0,79	4
VATAER	23,93	0,98	5
VIROMA	40,29	1,64	5
VIROSE	47,91	1,96	5
VIROSP	55,86	2,47	5
VISMBA	25,50	1,13	5
VOCHFÉ	67,35	2,75	5
XYL1AR	33,84	1,49	5
XYL1FR	70,00	3,09	5
ZANTBE	2,43	0,11	1
ZANTP1	34,00	1,50	5
ZANTPR	36,73	1,62	5
ZUELGU	43,14	1,76	5
ZYGILO	15,66	0,69	4