

**Xylophage Insekten und andere Verursacher von Schäden an
verbautem Araukarien- und Laubbaumholz**

Fallstudien an historischen Häusern in Rio Grande do Sul, Brasilien

Dissertation

der Fakultät für Biologie
der EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften

von

Maria Cristina Schulze-Hofer

aus Chapada, Brasilien

2007

Tag der mündlichen Prüfung: 27.11.2007

Dekan: Prof. Dr. Hanspeter Mallot

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Wolf Engels

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Oliver Betz

Inhalt

	Seite
Danksagung	4
1. Einleitung	5
2. Material und Methoden	9
3. Ergebnisse	16
3.1. Araukarien- und Laubbaumholz als Baumaterial historischer Häuser	16
3.2 Bauholz-Schädigung durch xylophage Organismen	29
3.2.1 Insekten	29
3.2.1.1 Isoptera	30
3.2.1.2 Coleoptera	42
3.2.1.3 Hymenoptera und andere	57
3.2.2 Pilze	61
3.2.2.1 Braunfäule	65
3.2.2.2 Weissfäule	65
3.2.2.3 Moderfäule	68
3.2.2.4 Bläue- und Schimmelpilze	68
3.3 Pflanzenbewuchs	81
3.4 Abiotische Faktoren als Voraussetzung für Holzschädigung	81
3.5 Schäden an verbautem Holz	84
3.6 Schadensbild bei verschiedenen Haustypen	87
4. Diskussion	90
5. Zusammenfassung	99
6. Resumo	105
7. Literatur	112
8. Anhang	119
9. Lebenslauf	132

Danksagung

Grundlage dieses Promotions-Projektes ist das Kooperations-Abkommen zwischen der Universität Tübingen und der UNISC. Die Doktorarbeit lief dort im Postgraduierten-Kurs Regional-Studien, in Tübingen im Fach Zoologie.

Mein herzlicher Dank gilt allen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. In erster Linie geht mein Dank an Professor Dr. Wolf Engels, der mir diese multidisziplinäre Untersuchung ermöglicht hat, mich mit Rat und Tat unterstützt und in zahlreichen Diskussionen wertvolle Anregungen und fundierte Empfehlungen gegeben hat. Für die Übernahme des Zweitgutachtens geht mein besonderer Dank an Professor Dr. Oliver Betz.

Dank gilt der vielfältigen Unterstützung durch das Baden-Württembergische Brasilien-Zentrum der Universität Tübingen und die FAPERGS in Brasilien. Speziell geht mein Dank an Dipl.-Biol. Sabine Heinle für wichtige Hinweise zur Gestaltung von Graphiken und Tabellen sowie das Lektorat der Endfassung. Für meinen Aufenthalt in der Forschungsstation Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza (CPCN) Pró-Mata der PUCRS und der Universität Tübingen während des Geoökologischen Geländepraktikums 2003 bedanke ich mich bei Dr. Rainer Radtke, Prof. Dr. Jorge Villwock und Profa. Dr. Betina Blochtein. Für fachliche Beratung gebührt mein Dank Dr. M. Verhaagh, Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, und Dr. H. Hertel, Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin, der mich 1992 in die Forschung über Termiten einführte. Besonderer Dank gebührt Prof. Dr. Elisabeth Magel, die meine Arbeit im Holzinstitut Hamburg ermöglichte. Dank geht auch an Dr. G. Koch, Dr. J. Richter, Dr. U. Noldt und die Laborantin Eda John für ihre wertvolle Betreuung und ihren freundschaftlichen Einsatz.

Großen Dank schulde ich auch meinen brasilianischen Kollegen beim IPHAN, besonders der Superintendentin Arq. Ana Lúcia Meira, Arq. Custódio und Arq. Eduardo. Die Zusammenarbeit mit ihnen war eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen dieser Arbeit. Die UNISC in Santa Cruz do Sul, vertreten durch Prof. Dr. Virginia Etges, übernahm freundlicherweise ab Beginn meiner Feldstudien die Schirmherrschaft dieser Doktorarbeit. Auch meiner brasilianischen Familie und vielen Freunden danke ich für wertvolle logistische Hilfe während meiner praktischen Arbeit vor Ort.

Ganz besonders bedanke ich mich bei Dr. Luiz Roberto Fontes für die wertvolle und intensive Beratung und Vermittlung zu Dr. Vanin, USP, in São Paulo, Prof. Dr. José N. Marchiori, UFSM, sowie Dr. Neiva de Barros, Dr. Eugen Stumpp, Arq. Sandra Barella und Profa. Dra. Cleodes Piazza, Universidade Caxias do Sul. Auch Prof. Dr. Günter Weimer, Prof. Arq. Mizzoguschi, UFRGS und PUCRS, Prof. Albano Volkmer, UFRGS und Architektenkammer RS, Enio Hausen, AEBA, und Cilon Estivalet, Metroplan.

Ein großer Dank geht an Valeria Möller (UFRGS) und Clarissa Robinia (UNISC) für ihre freundschaftliche und zuverlässige Hilfe bei der Bestandsaufnahme vieler Bauten. Auch Endy und Felipe (PUCRS) danke ich für freiwillige Hilfseinsätze im Gelände.

Vor allem für die Freundschaft und Unterstützung in der Abschlussphase bedanke ich mich bei Fee und Willy Löwe, Bärbel Starz, Anne und Jörn, sowie Profa. Lissi Bender und BA Marlene Junges, auch für die Überprüfung der portugiesischen Teile.

Ferner gilt mein Dank allen Holzhauseigentümern und befragten Personen, die zum Gelingen meiner Untersuchungen wesentlich beigetragen haben.

Ebenso danke ich Sigrid und Joachim Schulze, die mich jederzeit und in vieler Hinsicht hilfreich unterstützt haben.

Nicht zuletzt, sondern von ganzem Herzen danke ich meinen Eltern Georg (Schorsch) und Nelsy Hofer. Sie haben meine Entwicklung und Ausbildung nach Kräften gefördert und mich stets vertrauensvoll unterstützt. Gleicher Dank gilt meinem Mann Niels und meiner Tochter Ana-Carolin, die sämtliche Höhen und Tiefen miterlebten und mich während der Zeit der Promotion mit Verständnis und Nachsicht begleitet haben.

Meiner ganzen Familie widme ich diese Arbeit.

1. Einleitung

Weltweit wachsen im terrestrischen Bereich jährlich knapp 150 Milliarden Tonnen Biomasse nach, davon die Hälfte als Holz (Balat & Ayar 2005). Diese reiche Ressource ist Nahrungsgrundlage zahlreicher Organismen. Sie nutzen Holz und führen es dabei in das Biorecycling ein. So erfolgen ein Abbau der Biomoleküle und die Freisetzung enthaltener Elemente. Zu den Xylophagen zählen vorrangig Insekten verschiedener Ordnungen (Insektenbox 2007, Brauns 1991, Ebeling 1996, Kempe 2001, Müller 2005) und Pilze (Santini 1988, Putzke & Putzke 2002, Huckefeld & Schmidt 2006). Sie leben sowohl von Bäumen als auch von Totholz. Der Abbau erfolgt unabhängig vom Ort überall dort, wo die Xylophagen Zugang zu Holz haben. Holz dient darüber hinaus vielen Tieren als Nistplatz. Diese Xylophilen (Hogue 1993) können dabei auch Holz zerstören. Spechte hämmern Nisthöhlen in Stämme, Blattschneider- und Holzbienen nagen Brutgänge in morsches Holz (Endres 1998). In der Regel ist der durch Xylophile verursachte Schaden jedoch gering im Vergleich zu dem, was Xylophage an Holzzerstörung bewirken können. In der Natur ist vor allem die auch als Saproxylophagie bezeichnete Totholz-Beseitigung ihre wichtige Funktion.

Die Nutzung lebender oder toter Pflanzenmasse ist effektiver, wenn auch die schwer abbaubaren Biomoleküle Cellulose und Lignin verdaut werden können. Tiere nehmen hierfür meistens die Hilfe von endosymbiontischen Protozoen oder Mikroorganismen in Anspruch, für Lignin speziell von Bakterien (Kuhnigk & König 2007). Viele Termiten verfügen über polymastigine Flagellaten mit der Fähigkeit zum Cellulose-Abbau (Yamin 1980). Eigene Cellulasen, die in der Lage sind, β -glycosidische Bindungen zu spalten, sind bei einigen Schaben, vor allem aber bei Termiten nachgewiesen worden (Martin 1991). In der Evolution der Bäume hat jedoch erst Lignin eine Verholzung ermöglicht. Dieses dreidimensional vernetzte aromatische Biomolekül ist essentieller Bestandteil des Holzes (Chiang 2001), seine Synthese erfolgt unter Mitwirkung von Peroxidasen aus Syringyl-Bausteinen (Gómez Ros et al. 2007). Araukarien waren wahrscheinlich die ersten hoch wachsenden Bäume (Golte 1993), deren Stammfestigkeit auf Lignin-Einlagerung beruht. Ihre Stammhöhe von über 50 m wird durch ein Xylem mit zahlreichen araucaroiden Tüpfeln ermöglicht (Lexikon der Biologie 2007). Nadelholz besteht zu 25 – 35% und Laubholz zu 18 – 25% aus Lignin (Fengel & Wegener 1989). Der Abbau von Lignin durch xylophage Insekten ist für Termiten sicher belegt, in deren Enddarmtaschen endosymbiontische Bakterien (Geib et al. 2006) und Pilze (Hyodo et al. 2003) eine anaerobe Zerlegung der Heterocyclen bewirken.

Xylophagie dürfte an Totholz entstanden sein, im Wald wird so ein komplettes Biorecycling der abundanten, aber schwer abbaubaren Pflanzenbiomasse Holz bewirkt. Pilze haben wahrscheinlich noch vor Insekten Strategien für Lignin-Degradierung entwickelt. Sekundär wird der Kohlenstoff-Kreislauf heute jedoch auch von vielen Invertebraten mit getragen, die nicht selten ihrerseits im Holz von prädatorischen Pilzen konsumiert werden (Barron 2003). In Wäldern erfolgt die Totholz-Beseitigung durch Xylophage insgesamt je nach Klimazone (Usoltsev et al. 2002) binnen weniger Jahre aber fallweise auch erst im Laufe von Jahrzehnten. Totholz ist ein natürlicher und durchaus erheblicher Anteil der Biomasse speziell von Wäldern (Röhrig 1992). Es wird von außerordentlich vielen Organismen besiedelt, von denen die meisten an Abbauprozessen beteiligt sind (Möller 2004). In Naturwäldern kann Totholz bis zu 40% der gesamten Holzmasse ausmachen

(Herrmann & Bauhus 2007), in Tropenwäldern ist der Anteil trotz der hohen Zuwachsraten an Biomasse jedoch geringer.

Die Xylophagie erfolgt ganz überwiegend durch Insekten und Pilze (Holzhandel 2007). Bei Insekten sind Larven die eigentlichen Holzzerstörer. Dies gilt für die Arbeiter der Termiten ebenso wie für die Larven von Holzkäfern und Holzwespen (Northwesttermite 2007). Nur bei den Hautflüglern zernagen adulte Ameisen (Palatina 2007) und Bienen (Meyers Lexikon 2007) das Holz.

Ein Teil der xylophagen Organismen betreibt Totholz-Abbau auch in Bauten (Smulski 1996). Denn zum Totholz im biologischen Sinn gehört auch das Holz, das vom Menschen in vielfältiger Weise verwendet wird. Solche Holzzerstörer werden dann als Schadorganismen bezeichnet (Frössel 2002). Sowohl die in natürlichen Ökosystemen Totholz-abbauenden Insekten als auch die Holzfäulnis bewirkenden Pilze haben die Ressource Bauholz längst entdeckt und nutzen sie intensiv (Smulski 1996). Holz ist wohl zumindest überall dort, wo Bäume wuchsen, als das älteste Baumaterial vielfach und vielseitig eingesetzt worden. Später wurden daraus auch Möbel, Kunstwerke, Musikinstrumente und vieles andere hergestellt. Zum Schutz so verwendeter Hölzer wurden im technischen Zeitalter vor allem chemische Imprägnierungen entwickelt, meist auf der Basis toxischer Wirkstoffe (Lepage et al. 1989, Araujo 1988, Zorzeron et al. 2000), woraus eine umfangreiche Holzschutz-Industrie entstanden ist (Müller 2005). Heute wird nach weniger gefährlichen Methoden gesucht. Auch der in der Natur von Bäumen entwickelte Holzschutz zielt auf Abwehr (Sbeghen et al. 2002, Stumpp 2007), was ebenfalls durch eingelagerte Gifte, vielfach aber auch durch Repellentien erreicht wird.

Vor allem in den Tropen erfolgt im Wald und ebenso in Bauten die Holzerstörung durch Xylophage recht schnell. Das gilt auch für Brasilien. Bauschäden an Holz sind daher von großer ökonomischer Bedeutung. Sie gefährden insbesondere erhaltenswerte historische Häuser, die zumeist noch nicht als Kulturdenkmäler erkannt sind, geschweige denn geschützt werden. In Rio Grande do Sul wurden in den 80er Jahren die ersten Holzhäuser unter Denkmalschutz gestellt (Hofer 1994). Im Vergleich zu Deutschland (Internationes 1974, Kiesow 2000) wird die Baudenkmalpflege in Brasilien (Meira 2004) noch nicht im wünschenswerten Umfang als öffentliche Aufgabe wahrgenommen.

Die europäischen Einwanderer nutzten im Waldland Brasilien das in der Vegetation ihres jeweiligen Siedlungsgebietes verfügbare Holz sogleich zum Bau ihrer ersten Unterkünfte dort, wo sie den Urwald gerodet hatten. In Südbrasilien war dies in großem Umfang Araukarienh Holz. Später und teilweise bis in die jüngste Zeit wurden dabei handwerkliche Techniken und Formen eingesetzt, die in der Heimat beim Hausbau üblich waren. Außerdem wurden Erfahrungen der Indianer genutzt. Selbstverständlich wurden sie den lokalen Gegebenheiten und dem Klima angepasst. Bis heute sind vor allem in Rio Grande do Sul noch zahlreiche Häuser aus dem 19. Jahrhundert vorhanden. Viele weisen jedoch inzwischen Bauschäden auf, insbesondere am verbauten Holz. Wie überall sind diese vor allem eine Folge des Befalls mit holzfressenden Insekten und mit Pilzen. Eine Bestandsaufnahme der denkmalwerten alten Holzbauten und eine Analyse ihres jetzigen Zustandes, speziell des verbauten Holzes, fehlten noch. Nur eine genaue Untersuchung seiner Schädigungen und ihrer Verursacher kann Mittel und Wege aufzeigen, wie Reparaturen und auch größere Restaurationen durchgeführt werden müssen. Bisher wurden bei

der Beseitigung von Bauschäden an Holzkonstruktionen zumeist ungeeignete Maßnahmen angewendet, vor allem, weil baubiologisches Grundlagenwissen fehlte. Dies gilt es zu erarbeiten.

Zu dieser Thematik gibt es in Brasilien erst wenig Literatur (Lepage et al. 1989, Santini 1988, Fontes 1995, Mariconi 1999, Lelis 2001, Gerner M. 2002, Costa-Leonardo 2002). Dies gilt insbesondere für Rio Grande do Sul. Was noch gänzlich aussteht, sind systematische Untersuchungen einzelner Bauten auf sämtliche Schäden an ihren Holzkonstruktionen, einschließlich einer Analyse der Organismen, die sie verursacht haben (Schulze-Hofer 2004). Dieser Problemkreis war der Ausgangspunkt für meine interdisziplinär angelegte Doktorarbeit.

Da mein Heimatland Rio Grande do Sul fast so groß wie Deutschland ist, mussten für meine Untersuchung regionale Schwerpunkte gesetzt werden. Ich habe hierfür vier Gebiete ausgewählt, die repräsentativ für die Bauweisen der Einwanderer und außerdem für das lokal verfügbare Bauholz sind, und in denen bis heute genügend alte Bauten als gute Beispiele für die verschiedenen Holzbautypen vorhanden sind. Es handelt sich um die folgenden Regionen:

1. Das Araukarien-Plateau
2. Die Täler der alten deutschen Kolonien
3. Die italienischen Siedlungen auf der Serra
4. Den Planalto mit den neuen Kolonien

Meine Bestandsaufnahme umfasste insgesamt 216 Bauten, bei denen die verwendeten Hölzer ermittelt und alle Schäden protokolliert ermittelt wurden. Ein Schwerpunkt war Araukarienholz. (Abb. 1), manche der alten Häuser bestehen nur aus diesem Material (Abb. 2). Dazu kamen Hölzer von 18 Laubbaumarten, die erstmals als Baumaterial bestimmt und in ihrer Verwendung charakterisiert wurden.



Abb. 1. Araukarien- Urwald in Ilópolis.



Abb. 2. Alte Araukarie neben einem Haus aus Araukarienholz, erbaut um 1910, in der Stadtmitte von Antônio Prado.

An 86 Häusern wurden teils massive Holzschäden registriert. 16 dieser Bauten wurden genau vermessen. Alles wurde in über 5.000 digitalen Aufnahmen photographisch dokumentiert. Wo erforderlich, wurden Holzproben entnommen und später im Labor untersucht. Die gefundenen Holzschäden wurden möglichst ihren Verursachern zugeordnet, außerdem die hierfür maßgeblichen Bedingungen analysiert. Ergänzend zu den Studien an den Bauten habe ich 33 Befragungen durchgeführt, um lokales Wissen über die Baugeschichte, die Herkunft und früher übliche Verwendung des verbauten Holzmaterials einbeziehen zu können.

Die Ergebnisse sollen künftig in Rio Grande do Sul auch für den Schutz von Baudenkmalern als kulturelles Erbe verwendet werden. Denn als langjährige Mitarbeiterin des Bundesdenkmalamtes in Porto Alegre bin ich speziell für dieses Forschungsvorhaben beurlaubt. Abhand zahlreicher Beispiele werden auch auch Diagnoseverfahren aufgezeigt, damit künftig geeignete Sanierungsmaßnahmen geplant werden können. Für all dies sind die biologischen Zusammenhänge entscheidendes Grundlagenwissen. In Brasilien wurde und wird dies bis heute noch nicht im erforderlichen Umfang berücksichtigt. Mein Arbeitsprogramm umfaßte daher folgende Fragen:

- Welche Hölzer wurden in historischen Bauten verwendet?
- Welche Insekten haben welche Schäden an Bauholz verursacht?
- Welche Rolle spielten Pilze als Holzschädiger?
- Welche abiotischen Bedingungen führen zu einem Holzbefall?

Hierfür wurde bei zwei längeren Feldstudien in Brasilien auch Material gewonnen, das anschließend teilweise in Deutschland im Labor analysiert werden konnte.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungszeitraum

In 2003 habe ich die Feldarbeiten an den historischen Bauten begonnen. Von Februar bis Mai habe ich die erste Bestandsaufnahme durchgeführt, teilweise zusammen mit Prof. Engels. Von den in den 4 Regionen über 360 besichtigten Bauten wurden 216 Häuser als Untersuchungsobjekte ausgewählt. Teilweise konnten bereits erste Insekten gesammelt und einige Holzproben entnommen werden.

In 2004 wurden diese Proben in Hamburg holzanatomisch untersucht. Vor allem wurden die umfangreichen Erhebungen des Vorjahres mit den photographischen Dokumentationen ausgewertet. In Berlin habe ich an der BAM die Identifizierung der Termiten überprüfen lassen.

In 2005 habe ich von Juni bis August weitere Feldarbeiten in Brasilien durchgeführt. Bei 93 Bauten in den 4 Untersuchungsregionen wurde eine detaillierte Schadensdiagnostik am gesamten verbauten Holz durchgeführt und protokolliert. Außerdem wurden Insekten gesammelt und weitere Holzproben entnommen, die anschließend in Hamburg analysiert wurden.

In 2006 erfolgten die Bestimmung der Insekten und die Auswertung der detaillierten Befallserhebungen. Auch die informativsten Photos habe ich aus den rd. 5.000 Protokoll-Aufnahmen ausgewählt. Bei einem erneuten Aufenthalt in Hamburg wurden u. a. Teile der Insektenbestimmungen überprüft und die Fäulnistypen klassifiziert.

In 2007 wurde die Niederschrift der Dissertation einschließlich der Illustrationen angefertigt.

2.2 Untersuchungsgebiet

Meine Untersuchungen wurden im zentralen Bereich des südlichsten brasilianischen Bundesstaates Rio Grande do Sul durchgeführt (Abb. 3). Das Gebiet zählt zum großen Biom der Mata Atlântica. Ausgewählt wurden vier Regionen (Abb. 4), die vor allem ab dem 19. Jahrhundert durch europäische Einwanderer besiedelt wurden. Sie weisen verschiedene Höhenlagen und daher spezifisches Lokalklima und eine unterschiedliche Vegetation auf, in der früher teilweise Araukarienwald vorherrschte (Engels 2003). Daher wurden sie auch als phytogeographische Regionen definiert (Reitz et al. 1988, Marchiori 2002, Atlas Soc-econ RS 2002). Daraus resultierten Unterschiede in der Verfügbarkeit und ebenso in der Verwendung von Bauholz. Wie einleitend erwähnt, handelt es sich um vier Regionen, die wie folgt charakterisiert werden.

Region 1: Östlicher Teil der Serra Geral, bis 1000 m Höhe. Bauten in São Francisco de Paula, Cambará do Sul, Potreiro Velho, Tainhas, Pró-Mata, Jaquirana, Canela, Gramado, Nova Petrópolis. Mit alten Fazenda-Häusern sowie vielen Bauten aus Araukarienholz, später auch Häusern im Jugendstil und der sogenannten Bäderarchitektur sowie einfachen Holzbauten. Zunächst portugiesisch-indianische Besiedlung, später auch deutscher und italienischer Einfluss.

Region 2. Täler der Flüsse Taquari, Sinos, Cai, Pardo und Jacui. Bauten in Santa Cruz do Sul, Rio Pardo, Sinimbu, Estrêla, Teutonia, Westfália, Ivoti, Presidente Lucena und Novo Hamburgo. Vorwiegend deutscher Einfluss. Viele Fachwerkhäuser, außerdem Spezialbauten wie Mühlen.

Region 3. Gebirgsgegend. Bauten in Monte Belo do Sul, Flores da Cunha, Farroupilha, Caxias do Sul, Santa Tereza, Muçum, Ilópolis und der historischen Stadt Antônio Prado mit denkmalgeschützten Holzhäusern. Rahmen- und Skelettbauweisen, teils mit Holzverzierungen, außerdem industrialisierte Holzbauarten.

Region 4. Planalto und Alto-Uruguai bis Missões. Bauten in Chapada, Panambi (früher Neu-Württemberg), Passo Fundo, Soledade, Fontoura Xavier, Arvorezinha, Ijuí. Vielfältige Bauweisen, überwiegend erst aus dem Anfang des 20. Jahrhunderts. Sondergebiete Santo Angelo und São Miguel das Missões mit Holzresten der ältesten Bauten ganz Südbraziliens.

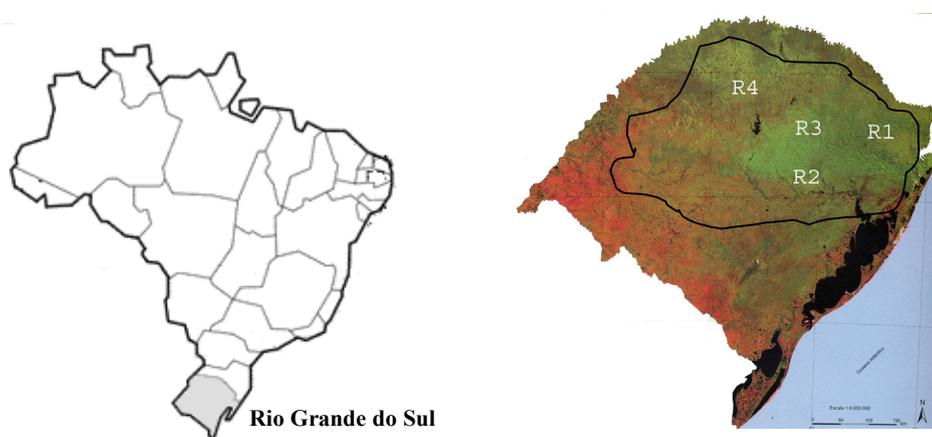


Abb. 3. Lage von Rio Grande do Sul in Brasilien

Abb. 4. Rio Grande do Sul vom Satelliten aus gesehen. Die Farben entsprechen unterschiedlicher Vegetation, grün sind die noch bewaldeten Gebiete. Beschriftet sind die 4 Regionen meines Untersuchungsgebietes (Quelle: Landeszentrale für Fernerkundung und Meteorologie RS).

2.3 *Untersuchte Bauten*

In den 4 Regionen habe ich in zusammen 36 Gemeinden historische Holzbauten für meine Untersuchungen angesehen, insgesamt ca. 360, viele davon in abgelegenen Dörfern. 216 dieser Bauten habe ich untersucht, die verwendeten Hölzer bestimmt und Schäden daran ermittelt. Bei 93 Gebäuden wurde eine detaillierte Diagnose erstellt, und bei 13 dieser Bauten alles auch zeichnerisch dokumentiert. Eine zentrale Frage war die Verwendung von Araukarienholz. Das außerdem eingebaute Holz von 18 Laubbaumarten wurde erstmals bestimmt.

Da fast keine Baupläne der untersuchten Häuser existierten, waren auch Vermessungen Teil meiner Bestandsaufnahme. Von den 93 detailliert analysierten Gebäuden lagen in den Regionen 1, 2 und 3 je 15 sowie 48 in Region 4. Bei 8 dieser Bauten wurden alle technischen Details registriert. Es handelt sich bei ihnen um Beispiele unterschiedlicher Konstruktionen mit Verwendung von viel verbautem Holz:

Allgemein habe ich die folgenden 5 Typen von Haus-Konstruktionen vorgefunden:

- Fachwerk
- Holzrahmenbau
- Skelettbau mit Verschalungen
- Blockbau
- verschiedene Kombinationen hiervon

Für die eingehende Untersuchung einzelner Bauten wurden Arbeitsblätter erstellt, mit pro Haus ca. 6 Seiten zur Diagnose der Bauschäden (Abb. 26, Anhang). Sie betrafen eine exakte Objektbeschreibung, die Baugeschichte, ihre Lage in der örtlichen Bebauung, die Architektur, das verbaute Holz, dazu fallweise eine Beschreibung der Probenahmen, falls vorhanden Schutzmaßnahmen gegen Durchfeuchtung, alle Bauschäden, deren biotische und abiotische Ursachen einschließlich Ermittlung der Schädiger und photographischer Dokumentation.

2.4 Befragungen vor Ort

Erste Beschreibungen der in Rio Grande do Sul verfügbaren Hölzer liegen bereits aus dem 19. Jahrhundert (von Ihering 1885 und 1889) über Holzbauten (Hörmeyer J. 1863 und 1885). Spätere Berichte beziehen sich zusätzlich auf die Verwendung als Bauholz (Rambo 1951, Roche 1969). Erst aus neuerer Zeit stammen jedoch detaillierte Abhandlungen über einzelne Hölzer und ihren Einsatz als Baumaterial (Leal 1977, Weimer 1983, Bertussi 1983, Posenato 1983, Reitz et al. 1988, Maineri & Chimelo 1989, Lorenzi 1992, Carvalho 1994, Souza et al. 1997, Gerner 2002, Marchiori 2002, Backes et al. 2002).

In den vier Regionen habe ich insgesamt 33 Interviews mit verschiedenen Experten aus den Bereichen Waldwirtschaft und Holzverarbeitung, speziell in Sägewerken, sowie der kommunalen Verwaltung und Historikern durchgeführt (Tabelle 27, Anhang).

Aus beiden Quellen habe ich eine Dokumentation zusammengestellt, wann bestimmte Bäume als Nutzholz geschlagen wurden, wie sie gelagert und bearbeitet wurden und wie häufig die einzelnen Hölzer im Hausbau eingesetzt wurden. Weiterhin für welche konstruktiven Zwecke sie Verwendung fanden und ob Maßnahmen zum Holzschutz ergriffen wurden. Außerdem wurde nach Holzschädlingen gefragt. Zu Verpilzungen erhielt ich nur wenige Hinweise. Das Protokoll einer Befragung umfaßte stets mehrere Gesichtspunkte (Tab. 26, Anhang), die Aussagen wurden zusammengefaßt (Tab. 28, Anhang).

Als Beispiel zitiere ich hier nur die von Benjamin Panke († 2006) erhaltenen Informationen. Er hat in Rio Pardinho bei Santa Cruz do Sul in der 3. Generation ein großes Sägewerk, eine Schneidmühle, mit Parkettfabrik geleitet, in dem Holz aus vielen Waldgebieten verarbeitet wurde. Er besaß ein umfangreiches Wissen über die Eigenschaften und die Verwendung der verschiedenen Hölzer im Hausbau seit Beginn der regionalen deutschen Besiedlung ab 1850. Er konnte mir zahlreiche Beispiele an eigenen Häusern, Ställen, Scheunen und Werkbauten demonstrieren und hat mich zu vielen historischen Bauten in der näheren Umgebung geführt. Aus dem Lager seiner Sägerei schenkte er mir zahlreiche Holzproben, von denen später 35 untersucht wurden.

2.5 Mikroskopie des verbauten Holzes und Bestimmung der Baumarten

Zusätzlich habe ich weitere 80 Holzproben von sonstigen Häusern gesammelt, die ein Spektrum verschiedener Hölzer aus unterschiedlichen Bauteilen umfassen. Vielfach konnten nur kleine Holzstücke entnommen werden. Die Entnahmestellen wurden registriert, die Proben nummeriert (Abb. 5 und 7) und im Nationalen Amt für Denkmalpflege in Porto Alegre deponiert. Es handelt sich um Material aus Bauten der Zeit ab Mitte des 18. Jahrhunderts, vor allem aber aus dem 19. Jahrhundert. Viele der Holzproben konnte ich bereits in Brasilien mit Hilfe der Professoren Marchiori, UFSM, und Stumpp, Universität Caxias do Sul, identifizieren.

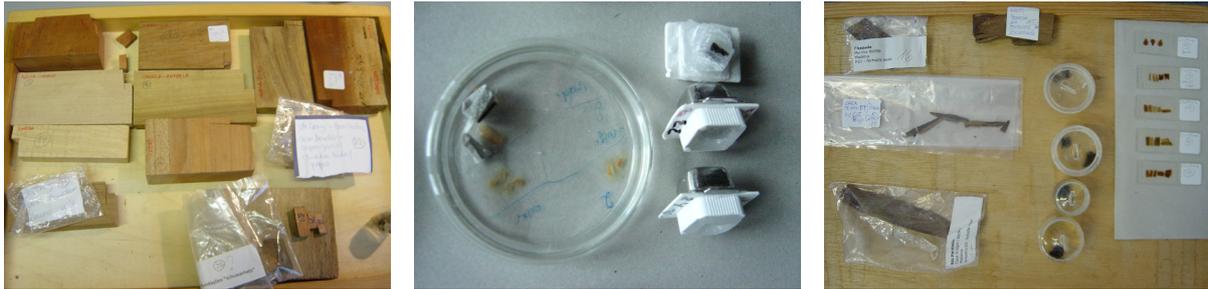


Abb. 5. Auswahl und Bearbeitung der harten Holzproben. Es sind kleine Klötzchen herausgeschnitten worden.

Abb. 6. Brüchige Proben sowie kleine Stückchen wurden eingebettet. Durch Tesafilmstreifen auf dem PEG-Klotz konnten die Proben fixiert werden.

Abb. 7. Klötzchen aus harten Proben wurden in einer Schale gekocht, danach konnten Schnitte angefertigt und auf Glasobjektträger montiert werden.

Insgesamt 65 Holzproben wurden später in Deutschland im Labor analysiert. Dabei wurden standardisierte Methoden im Holzanatomischen Labor der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg unter der Anleitung von Herrn Prof. Dr. Koch und der Laborleiterin Frau Eda John angewendet.

Da sich die Hölzer hinsichtlich ihrer Struktur und Rohdichte stark unterschieden, wurde zuerst nach Anschnitt einer Probe makroskopisch zwischen Laub- und Nadelholz differenziert, weiterhin wurde dichtes und festes Holz von weichem und brüchigem Holz abgesondert. Letzteres war durch Mikroorganismen (Pilze, Bakterien) bereits angegriffen war musste und zum Schneiden am Mikrotom zuerst in Glycerin-Polyäthylenglycol (Typ 2000, Firma Merck) eingebettet werden. Die meisten der gesammelten historischen Proben sind klein (3 x 2 x 6 cm) und aus weichem und brüchigem Holz. Stücke aus festem Holz konnte ich als größere Teile von ca. 10x6x12 cm entnehmen. Für das Mikrotomieren wurden Holzstückchen von ca. 1x1x2 cm hergestellt. Hartholz wurde in Wasser gekocht, um es aufzuweichen (Abb. 5).

Die Gewebeproben wurden in Quer-, Tangential- und Radialausrichtung auf einem Mikrotom (American Optical, Buffalo, USA) 20 - 34 µm dünn geschnitten. Durch das Aufbringen eines Tesafilmstreifens auf dem PEG-Klotz (Abb. 6) konnte ein Zerbrechen der Probe beim Schneidvorgang verhindert werden. Von den meisten Proben wurde mindestens ein Schnitt gebleicht. Dadurch wurden bestimmte organische Inhaltsstoffe herausgelöst, so dass Silikate und Oxalate sichtbar wurden. Etwa ein Fünftel der Schnitte wurde mit verschiedenen Lösungen, z. B.

Acridinorange, gefärbt. Die Präparate wurden auf Glasobjektträger montiert (Abb. 7). Alle fertigen Schnittpräparate wurden mikroskopisch untersucht und photographiert.

Die Holzbestimmung wurde in den Jahren 2004 und 2005 in Hamburg mit Hilfe der Herren Dr. Koch und Dr. Richter durchgeführt. Dies erfolgte mit dem Computerprogramm DELTA/INKEY 02. Für jede Probe wurde ein Dokumentationsbogen ausgefüllt. Die Datenbank wurde früher an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft von Herrn Dr. Richter (Holzstruktur) und Herrn Dr. Dallwitz (Datenerfassung) entwickelt. Als Basis diente das System DELTA (Description Language for Taxonomy, 1993). Die zugrunde liegenden Merkmale entstammen der IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification (IAWA 1989), angeführt in Richter & Trockenbrodt (1999). Angaben zur Holzstruktur wurden mit Literaturangaben verglichen (Braun, 1964, Maineri & Chimelo 1989, Burger & Richter 1991, Paula 1997, Marchiori 1997a, b 2000a, b, Magel 2001).

Die Mikrophotos der Präparate wurden mit dem Programm analySIS Version 5 an einem Photomikroskop (Fa. Carl Zeiss) erstellt. Alle Bilder wurden digital gespeichert. Die anatomische Identifizierung der Hölzer konnte mit dankenswerter Unterstützung durch Frau Prof. Dr. E. Magel im holzanatomischen Labor der Universität Hamburg stattfinden. Bestimmt wurden in mehr als 80 Präparaten als verbaute Hölzer Araukarie und 18 Laubbaumarten. Außerdem wurde auf histologischem Niveau die Holzerstörung untersucht.

2.6 *Dokumentation der Bauschäden*

Die erkennbaren Schäden an Bauwerken wurden in Baupläne und eine Bauschadenskartei eingetragen und tabellarisch erfasst. Die Intensität des Befalls durch Xylophage und das Ausmaß der Schädigungen wurden durch mechanische Öffnung der Holzoberfläche überprüft. Die verbauten Hölzer, das Ausmaß eines Befalls und konstruktive Details wurden protokolliert, alle Schadstellen wurden photographiert. Die nähere Umgebung der Häuser wurde nach Termitennestern abgesucht. Eine solche detaillierte Schadensdiagnose wurde bei 93 Bauten durchgeführt. Als Beispiel wird hier das Protokoll über das Haus Fillipon wiedergegeben (Tab. 26, Anhang).

Da bei den Holzschäden zwischen Insekten und Pilzen als Verursachern unterschieden wurde, lag das Schwergewicht auf der Ermittlung der im Einzelfall für die Zerstörungen verantwortlichen Organismen. Nicht selten handelte es sich jedoch um einen mehrfachen Befall.

2.7 *Sammeln und Bestimmen der Insekten*

Für Insekten als Verursacher von Holzschädigungen sprachen folgende Indizien: Löcher und Fraßgänge im Holz, Bohrmehl, Kot, Flügel, Tunnel und Galerien, Nester. Von allem wurden Proben gesammelt. Gelegentlich konnten auch Insekten beobachtet werden. Nicht immer konnten Larven und insbesondere adulte Insekten gefunden werden, zumal viele Arten nur saisonal auftreten. Gesammelte Insekten wurden in 70% Äthanol konserviert. Oberflächliche Löcher und Gänge wurden

vermessen. Außerdem wurden die Holzteile abgeklopft, was massive Struktur oder inneren Abbau erkennen ließ. Wenn zur Befallsdiagnose erforderlich, wurden auch Holzteile abgeschnitten oder sogar ausgebaut. Bei den zumeist bewohnten Häusern war dies nicht immer möglich. Beim Befall des Holzes wurden drei Intensitäts-Stufen unterschieden.

Bislang existiert keine brasilianische Literatur zur Bestimmung sämtlicher Holzschädlinge. Lediglich über Termiten und in Gebäuden von ihnen verursachte Zerstörungen gibt es eine ganze Reihe von Veröffentlichungen (Fontes 1986, 1998, 2003, Costa-Leonardo 1996, Ebeling 1996, Fontes & Araujo 1999, Milano & Fontes 2002). Es sind überwiegend endemische Termitenarten, die Totholz oder auch lebende Bäume befallen. Darunter finden sich allerdings auch Spezies, die mit Holzimporten aus südamerikanischen Nachbarregionen oder sogar aus Europa eingeschleppt wurden.

Bei fünf stark von Termiten befallenen Gebäuden wurde das gesamte Gangsystem mit Haupt- und Nebennestern und allen Schadstellen skizziert, darunter die Scheune Panke in Rio Pardiniho. Teile eines großen Nestes von *Nasutitermes aquilinus* wurden verpackt und später dem Biotechnologischen Institut der Universität Caxias do Sul übergeben. Die übrigen Proben gingen an das Landesamt für Denkmalpflege in Porto Alegre. Von dort wurden sie zur Bestimmung an Spezialisten an den Universitäten von Caxias do Sul und São Paulo weiter gegeben. Ein Teil wurde später zur Bearbeitung nach Deutschland geschickt.

Für die Identifizierung von Käfern und Hautflüglern wurden verschiedene Publikationen herangezogen (Brauns 1991, Hogue 1993, Weidner 1993, Jacobs & Renner 1988, Paiva 1999, Kempe 2001, Mecke et al. 2000, Mecke 2002, Galileo 2002, Ketterl et al. 2003, Nolte 2005 und Brazolin et al. 2006).

Bei der Bestimmung der Insekten halfen Dra. Neiva, Caxias do Sul, Dr. Fontes und Dr. Vanin, São Paulo, Dr. Hertel, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin, Dr. Noldt, Holzinstitut, Hamburg, und Dr. Verhaagh, Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe. Nicht immer standen Insekten für die Identifizierung zur Verfügung, und falls die Arten nicht bestimmt werden konnten, wurden zumindest die Gattung oder die Familie ermittelt. Wenn nicht anders möglich, wurden auch nur die typischen Befallsbilder zur Artdiagnose verwendet.

2.8 Ermittlung der pilzlichen Schädigungen

In 93 Gebäuden wurden 36 Proben von Pilzen befallener Hölzer entnommen, 12 davon mit Mycel und Fruchtkörpern. Auch diese Proben wurden dem Nationalen Amt für Denkmalpflege in Porto Alegre übergeben, einige wurden später nach Deutschland geschickt.

Da es nur wenig Literatur über Bauholzpilze in Brasilien gibt (Santini 1988, Paes 2002, Putzke & Putzke 2002, 2004, Brazolin & Tomazello 2006, Brazolin et al. 2006) und zudem eine Artbestimmung stets die Laboruntersuchung von Material verschiedener Entwicklungsstadien, oftmals sogar molekulargenetische Analysen erfordert, konnte ich keine Spezies-Identifizierung vornehmen. An Hand der Erscheinungsbilder von Holzschädigungen wurden lediglich analog zu aus Europa

bekannten Phänotypen einzelne Fäulnistypen und sonstige Verpilzungen angesprochen. Dies erfolgte vor allem an Hand des exzellent bebilderten Werkes von Huckefeldt & Schmidt (2006) sowie des Handbuches von Schmidt (1977). Die angeführten Gattungsnamen sind daher mit großer Unsicherheit behaftet. Pilzbedingte Holzerstörungen wurden bei der anatomischen Untersuchung befallener Holzproben jedoch nachgewiesen.

Da eine Verpilzung von verbautem Holz in der Regel eine Durchfeuchtung voraussetzt, habe ich bei meinen Bestandsaufnahmen auch einen Bewuchs von Flechten, Moos und sonstigen Pflanzen berücksichtigt, der nur an nassen Stellen zu finden war, wo in Folge oft auch Fäulnis festgestellt wurde.

2.9 *Physikalische und bautechnische Parameter*

Bei 93 Bauten habe ich eine Bauschadensdiagnostik einschließlich der Berücksichtigung von abiotischen Faktoren durchgeführt, wobei ich in der Literatur (Lepage 1986, Mariconi 1999, Kempe 2001) genannte Aspekte beachtet habe. In 12 Gebäuden habe ich den Feuchtgehalt des verbauten Holzes mit einem Hygrometer (Gam Hat 65, mit Einsteckelektrode) ermittelt. Die 6 bis 10 Meßpunkte pro Haus lagen an verschiedenen bodennahen Stellen, sie reichten bis in höher gelegenen Holzteile. Das Gerät erlaubte in 4 Stufen eine Berücksichtigung der Holzkonsistenz und verfügte über eine automatische Temperatur-Kompensation. Notiert wurde stets auch die aktuelle Umgebungs-Temperatur. Die Protokollierung dieser Daten ist im Gebäude-Beispiel (Tab. 26, Anhang) dokumentiert.

Von großer bautechnischer Bedeutung waren eine regendichte Bedachung, gute Wasserableitung durch Rinnen und Fallrohre sowie Schutz gegen Spritzwasser. Eine Rolle spielten auch eine Unterkellerung und Außentreppen. Sämtliche Befunde wurden in Datenblättern für alle 93 bearbeiteten Bauten festgehalten.

3. Ergebnisse

3.1 Araukarien- und Laubbaumholz als Baumaterial historischer Häuser

3.1.1 Die historischen Bauten

Bei den untersuchten 216 Häusern können 5 Bautypen von Holzhäusern unterschieden werden, die insgesamt als charakteristisch für Rio Grande do Sul gelten können. Sie wurden vor allem von deutschen und italienischen Einwandern errichtet. Die in Rio Grande do Sul von mir bearbeiteten Bauten lassen sich folgenden historischen Perioden zuordnen:

- vor 1825, Bauten mit indianischem Einfluss, teils auf Fazendas errichtet
- ab 1824 deutsche Einwanderung
- ab 1875 italienische Einwanderung
- 1910 bis 1940 Blütezeit der Holzarchitektur in RS: Schmuckformen des Jugendstils besonders in Erholungsgebieten auf der Serra.
- danach einfache Holzbauten, industrielle Fertigung, ab 1970 Erschöpfung des Araukarienholzes

Folgende Bauweisen können unterschieden werden:

- Fachwerk (Abb. 9) und Blockbau
- Holzrahmenbau mit Verschalung (Abb. 9, 10, 12)
- Skelettbau verschalt, teils auf Keller (Abb. 11,)
- Kombiniertes Holzbau (Abb. 13)
- Mischbau, Steinhaus mit Holz kombiniert (Abb. 8)



Abb. 8. Holzelemente aus der ehemaligen Kirche São Luiz Gonzaga, 1735 gebaut von Guarani-Indianern in einer Jesuiten-Reduktion. Region 4. Holz *Tabebuia* spec. (Ipê).

Abb. 9. Haus Withölder, 1876 gebaut. Westphalia, Region 2. Holz *Piptadenia rigida* (Angico) und *Cordia trichotoma* (Louro).



Abb. 10. Städtisches Wohn- und Geschäftshaus Grazziotin, um 1900 gebaut, Antônio Prado, Region 3. Holz Araukarie.

Abb. 11. Ländliches Weinbauernhaus mit Kellersockel, um 1930 gebaut. Dahinter Reste eines Araukarienwaldes. Caxias do Sul, Region 3. Holz Araukarie.



Abb. 12. Jugendstilhaus, Casa da Neni, mit Holzverzierungen, 1922 gebaut. Nationaldenkmal italienischer Architektur, Antônio Prado, Region 3. Holz Araukarie.

Abb. 13. Castelinho do Caracol, Fachwerk und Blockbau, 1910 gebaut. Canela, Region 1. Holz Araukarie. Ein technisch perfekt geplantes und ausgeführtes sowie bestens unterhaltenes Haus, fast ohne Holzschäden.

Insgesamt 93 Häuser (Tab. 25, Anhang) wurden detailliert untersucht. An Häusern aller Bauweisen sind üblicherweise zahlreiche Schäden an verbautem Holz festzustellen. Neben konstruktiven Fehlern und abiotischen Faktoren wie Feuchte wurden sie vor allem durch xylophage Organismen verursacht. Unterschiede konnte ich bei den verschiedenen Hölzern finden, die es daher zu bestimmen galt.

3.1.2 In Bauten verwendete Hölzer

Befragung über Nutzung einzelner Hölzer

In ganz Südbrasilien war Araukarienh Holz über Jahrhunderte ein wichtiges und vielfach verwendetes Baumaterial. Eine erste Frage lautete daher, in welchem Umfang es in den noch vorhandenen Häusern meiner Untersuchungsregionen nachzuweisen ist. Die zweite Frage war, welche weiteren Hölzer der vielen in der Vegetation vertretenen Laubbäume außerdem als Baumaterial dienen. Schließlich wurde nach der konstruktiven Verwendung der einzelnen Hölzer gefragt, weil dies für eine Schädigung durch Xylophage von Bedeutung ist. Ausgewertet wurden die Auskünfte von 33 Befragten aus allen 4 Regionen (Tab. 27, Anhang).

Insgesamt wurden folgende Bauhölzer mehrfach genannt (Tab. 1), gereiht nach Häufigkeit: *Araucaria angustifolia* (Araucaria), *Cedrela fissilis* (Cedro), *Cordia trichotoma* (Louro), *Apuleia leocarpa* (Grápia), *Cabraela canjerana* (Canjerana), *Tabebuia* spec. (Ipê preto), *Myrcarpus frondosus* (Cabreúva), *Erythrina* spec. (Corticeira), *Luhea divaricata* (Açoita-Cavalo), *Nectandra megapotamica* (Canela Preta oder Imbuia), *Ocotea pulchella* (Canela lajeana), *Ocotea odorifera* (Canela sassafrás), *Piptadenia rigida* (Angico), nur in 3 Regionen noch zusätzlich *Eugenia rostrifolia* (Batinga), *Mimosa scabrella* (Bragatinga), *Peltophorum vogelianum* (Canafístula), *Nectandra lanceolata* (Canela Amarela), *Maclura tinctoria* (Tajaúva) und *Vitex Megapotamica* (Tarumã). Neuerdings wird auch viel Holz von *Eucalyptus grandis* (Eucalyptus) und (*Pinus elliotis*) Kiefern verwendet.

Araukarienh Holz wurde überall eingebaut, ganz besonders häufig in der Region 1. Die Nutzung von Laubbäumen als Bauholz unterschied sich dagegen in den 4 Regionen beträchtlich. Gern wurde *Cordia trichotoma* (Louro) eingesetzt. Im Einzelnen wurden genannt:

Region 1: *Cedrela fissilis* (Cedro), *Tabebuia heptaphylla* (Ipê roxo), *Apuleia leocarpa* (Grápia), *Eugenia rostrifolia* (Batinga), *Gochnatia polymorpha* (Cambará), *Nectandra megapotamica* (Canela-preta) und *Ocotea pulchella* (Canela-lajeana).

Region 2: *Cordia trichotoma* (Louro), *Piptadenia rigida* (Angico), *Araucaria angustifolia* (Araucaria), *Patagonula americana* (Guajuvira), *Myrcarpus frondosus* (Cabriuva), *Cedrela fissilis* (Cedro), *Maclura tinctoria* (Tajauva), *Tabebuia heptaphylla* (Ipê preto) und *Nectandra lanceolata* (Ipê amarelo), *Jacaranda micrantha* (Caroba), *Nectandra megapotamica* (Canela preta), *Cabraela canjerana* (Canjerana), *Hexachlamys edulis* (Pessegueiro), *Luhea divaricata* (Açoita-Cavalo), *Eugenia rostrifolia* (Batinga), *Vitex Megapotamica* (Tarumã), punktuell auch *Enterolobium cortortisiliquum* (Timbauva).

Region 3: *Piptadenia rigida* (Angico), *Eugenia rostrifolia* (Batinga), *Myrcarpus frondosus* (Cabreúva), *Nectandra megapotamica* (Canela preta), *Tabebuia heptaphylla* (Ipê preto), *Apuleia leocarpa* (Grápia), *Cabraela canjerana* (Canjerana), *Cedrela fissilis* (Cedro gaúcho), *Luhea divaricata* (Açoita-cavalo), *Patagonula americana* (Guajuvira), *Cordia trichotoma* (Louro), *Maclura tinctoria* (Tajaúva), *Enterolobium cortortisiliquum* (Timbaúva), *Aspidosperma* spec (Guatambú) und *Vitex Megapotamica* (Tarumã).

Region 4: Piptadenia rigida (Angico), *Patagonula americana* (Guajuvira), *Tabebuia heptaphylla* (Ipê preto), *Apuleia leocarpa* (Grápia), *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva) und *Cedrela fissilis* (Cedro), *Peltophorum vogelianum* (Canafistula oder tamboril-bravo), *Ocotea pulchella* (Canela lajeana), *Nectandra megapotamica* (Canela preta), *Ocotea puberula* (Canela Pinho), *Nectandra lanceolata* (Canela amarela) und *Didimonapanax morototonil* (Caixeta) sowie *Vitex Megapotamica* (Tarumã), *Myrciantus pungens* (Guabijú), *Aspidosperma* spec. (Guatambu und Guatambu-Peroba).

Die auffallenden Ähnlichkeiten der Regionen 2 und 4 sind offensichtlich durch bevorzugte Holzverarbeitung deutschstämmiger Handwerker bedingt.

Technische Nutzung von Holz als Baumaterial

Die einzelnen Hölzer wurden oft im selben Bauwerk für unterschiedliche Konstruktionen eingesetzt, wofür ich folgende Einteilung getroffen habe.

1. Tragende Bauteile: Hauptgerüst und Dach, Sparren, Latten, Fundamentbalken, Pfosten
2. Verschalung und Verkleidung
3. Innenausbau: Wände, Bretter, Leisten, Decken, Fußböden, Treppen
4. Fenster, Jalousien, Klappen, Türen

Verwendung von Araukarienhholz

Aufgrund seiner Stammstruktur und guter Bearbeitungseigenschaften konnte das Holz der Araukarie in vielfältiger Weise als Baumaterial genutzt werden. Vor allem wurde es als Massivholz verarbeitet. Dies variierte jedoch in den 4 untersuchten Regionen.

In der *Region 1* ist Araukarienhholz für tragende Bauteile, aber auch für Verschalungen, Schindeln, Fenster sowie beim Innenausbau eingesetzt worden.

In der *Region 2* fand die Araukarie überwiegend im Innenausbau, daneben als Ausfachung im Giebelbereich Verwendung.

In der *Region 3* waren Araukarien reichlich vorhanden, das Holz wurde entsprechend vielfältig eingesetzt. Erwähnenswert sind die Fassadenverzierungen mit so genannten lambrequins.

In der *Region 4* gab es am Rio Uruguay in Höhen von 500-900 m einst große Araukarienwälder, aus der Pionierzeit sind jedoch nur noch wenige Häuser mit verbautem Araukarienhholz vorhanden.

In den Regionen 1, 3 und teilweise auch 4 wurden oftmals die gesamten Bauten aus Araukarienhholz errichtet, von den tragenden Teilen bis hin zu den Holzschindeln. In der Region 2 wurde es dagegen vor allem bei Innenwänden sowie Verkleidungen im Giebelbereich eingesetzt. Auffallend ist überall, daß niemals eingegrabene Pfosten aus Araukarienhholz bestanden. Für Fenster wurden durchweg *Cedrela fissilis* (Cedro) und *Cabraela canjerana* (Canjerana) verwendet wurden. Häufiges Material bei Verschalungen und dem Innenausbau war dort wiederum die Araukarie.

Tab 1. In der Befragung am häufigsten genannte Hölzer

Botanischer Name	Familie	Holzbezeichnung	Region
<i>Araucaria angustifolia</i> *	Araucariaceae	Araucária "Curiy"	1*,3*,4*,2*
<i>Aspidosperma spec.</i>	Apocynaceae	Guatambu/peroba	3,1
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Rutaceae	Guatambu-farinha	3,1
<i>Apuleia leocarpa</i> *	Caesalpiniaceae	Grápia*	1*,3*,2*4*
<i>Cabralea canjerana</i> *	Meliaceae	Canjerana*	4*,3*2*1
<i>Cedrela fissilis</i> *	Meliaceae	Cedro*	2*,3*,4*,1*
<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	Louro Pardo, Freijó	2*,3*,4*,1*
<i>Didimonapanax morototonil</i>	Araliaceae	Caixeta	2,4
<i>Enterolobium cortortisiliquum</i>	Mimosaceae	Timbaúva	2*,3
<i>Erythrina spec.*</i>	Leguminosae	Corticeira*	2*,4
<i>Eugenia involucrata</i>	Myrtaceae	Cerejeira	2,4
<i>Eucalyptus grandis</i>	Myrtaceae	Eucaliptus	2,4,3
<i>Eugenia rostrifolia</i>	Myrtaceae	Batinga	1*,2,3
<i>Gochnatia polymorpha</i>	Asteraceae	Cambará	1*,4
<i>Hexachlamys edulis</i>	Myrtaceae	Pessegueiro	2*,4
<i>Jacaranda micrantha</i>	Bignoniaceae	Caroba	2*,4*
<i>Lucea divaricata</i> *	Tiliaceae	Açoita-Cavalo*	2*,4*,
<i>Maclura tinctoria</i> *	Moraceae	Tajaúva, Amoreira	2*,3*
<i>Matayba spec.</i>	Sapindaceae	Camboatá	1*,2
<i>Mimosa scabrella</i>	Leguminosae	Bragatinga	1,3
<i>Myrocarpus frondosus</i> *	Papilionaceae	Cabreúva Branca*	2*,4*,3*,1*
<i>Myrciantus pungens</i>	Myrtaceae	Guabijú,	1,2,4
<i>Nectandra megapotamica</i> *	Lauraceae	Canela Preta	1*,2*,3*,4*
<i>Nectandra lanceolata</i> *	Lauraceae	Canela Amarela*	1,2*,4*
<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	Imbuia	1*,4
<i>Ocotea pulchella</i> *	Lauraceae	Canela-Lageana*	1*,2*,3*,4*
<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	Canela BrancaPinho	2*,4*
<i>Ocotea odorifera</i> *	Lauraceae	Canela Sassafrás*	1*,2,
<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae	Guajuvira	2*,4*,3
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Mimosaceae	Angico Vermelho*	2*,3*,4*
<i>Pachystroma longifolia</i>	Sapotaceae	Mata-Olho	2*,3,
<i>Peltophorum vogelianum</i>	Caesalpiniaceae	Canafistula, tamboril	3*,4*
<i>Podocarpus lambertii</i>	Podocarpaceae	*Pinho bravo, pinheirinho	1*,3*,4*
<i>Pinus elliotis</i>	Pinaceae	Pinho	3*,4*,21
<i>Roupala brasiliensis</i>	Proteaceae	Carvalho Brasileiro	2,4
<i>Tabebuia alba</i>	Bignoniaceae	Ipê-Amarelo	3,4
<i>Tabebuia heptaphylla</i> *	Bignoniaceae	Ipê-Roxo*(preto)	1*3*4*2*
<i>Vitex megapotamica</i> *	Verbenaceae	Tarumã*	2*,3*,4

* Die in den einzelnen Regionen 3-mal oder öfter genannten Hölzer.

Es wurden nur solche Hölzer gelistet, die in mindestens 2 Regionen bekannt sind.

Verwendung von **Laubhölzern**

In allen 4 Regionen wurde auch viel Laubholz für Bauten verwendet, wobei die jeweiligen Eigenschaften und das lokale Vorkommen sicher im Einzelnen den Einsatz bestimmt haben (Tab. 2).

Tab. 2. Vorwiegender konstruktiver Einsatz der Laubhölzer

Baumart	Holzbezeichnung	Verwendung
<i>Luchea divaricata</i>	Açoita-cavalo	Innenausbau, Tischlerei, hauptsächlich für Möbel
<i>Piptadenia rigida</i>	Angico vermelho	Tragende Bauteile: Balkenwerk. Dachbalken, Sparren und Latten, Fundamentpfosten, Schwellen, Innenausbau
<i>Eugenia rostrifolia</i>	Batinga	Tragend: Nebenbalken, Innenausbau, Fuß- und Dachboden
<i>Mimosa scabrella</i>	Bragatinga	Sekundärbalken bei Ständerbau
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabreúva	Tragend, Innenausbau: Fußböden Türen, Fenster
<i>Gochnatia polymorpha</i>	Cambará	Tragend: vorwiegend Fundamentbalken und Pfosten
<i>Matayba spec.</i>	Camboatá	Fußböden, Balken
<i>Peltophorum vogelianum</i>	Canafístula	Tragend, Innenausbau
<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela amarela	Tragend: Im Dachbereich als Sparren und Latten, Parkett.
<i>Ocotea porosa</i>	Canela imbuia	Innenausbau: Wände und Fußböden. Tragend als Nebenkalken, Dachsparren und Latten
<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela preta	Tragend, Dachstuhl-Bretter im Außenbereich Fußböden, Wände
<i>Ocotea pulchella</i>	Canela-lageana	Allgemein
<i>Ocotea odorifera</i>	Canela Sassafrás	Tragende Konstruktionsteile
<i>Cabralea canjerana</i>	Canjerana	Tragend: Pfosten, Balken. Fenster, Türen, Schindeln, Statuen
<i>Didimonapanax morototonil</i>	Caixeta	Latten, Leisten, Fußboden, Dachboden
<i>Jacaranda micrantha</i>	Caroba	Bretter, Fußböden, Möbel
<i>Roupala brasiliensis</i>	Carvalho-brasileiro	Fundamentbalken und -pfosten, Schwellen
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Fenster, Türen, Schindeln. Tragend als Pfosten, Balken
<i>Eugenia involucrata</i>	Cerejeira	Fußböden, Bretter, Wände, Möbel
<i>Erythrina spec.</i>	Corticeira	Latten, Leisten, Innenausbau

<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucaliptus	Zimmererarbeiten generell, als Ersatz für Araukarie.
<i>Patagonula americana</i>	Guajuvira	Tragend. Außenbereich. Fundamentbalken und -pfosten
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Guatambu-Peroba	Tragend: Streben und Nebenbalken
<i>Apuleia leocarpa</i>	Grápia	Tragend: gesamten Balkenwerk, Dachsparren, Fundamentbalken, Pfosten. Möbel, Fenster, Türen, Schindeln
<i>Tabebuia alba</i>	Ipê-amarelo	Außenbereich, Wände und Fußböden
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Ipê-Roxo	Tragend: Gerüst, Dach und Fundamente, der Witterung ausgesetzte Teile
<i>Cordia trichotoma</i>	Louro pardo, freijó	Fachwerkbalken. Auch Innenausbau, Wände, Latten, Leisten.
<i>Pachystroma longifolium</i>	Mata-olho	Fußböden und Pfosten
<i>Hexachlamys edulis</i>	Pessegueiro	Fußböden, Parkett, Möbel
<i>Maclura tinctoria</i>	Tajaúva, amoreira	Tragend: Pfosten, Balken, Parkett. Tischlerarbeiten
<i>Vitex megapotamia</i>	Tarumã	Tragend: Fundamentbalken und Erdfpfosten
<i>Enterolobium cortortisiliquum</i>	Timbaúva	Zimmererarbeiten, als Ersatz für Araukarie, wo nicht (mehr) vorhanden

Mikroskopische Untersuchung der Holzanatomie

Für die Laborstudien wurden 86 Proben eingesetzt. Sie stammen aus 48 der 93 untersuchten Bauten. Über die Hälfte der Proben bestand aus Araukarienholz.

Die für die Probennahmen ausgesuchten historischen Bauten entstanden in einem Zeitraum von über 350 Jahren, den ich wie folgt gliedere:

Tab. 3. Zeitraum der Errichtung der 93 detailliert untersuchten Gebäude

Anzahl der Bauten	Bau-Epochen
5	1650-1750
10	1750-1850
15	1850-1900
55	1900-1950
8	nach 1950

Die exakte Bestimmung der Hölzer ergab, dass Material von insgesamt 19 Baumarten verwendet wurde. Darunter ist mit der Araukarie nur eine Gymnospermen-Spezies vertreten. Alle anderen sind Angiospermen (Tab. 4), und zwar folgende Arten:

- *Piptadenia rigida* (Angico)
- *Myrcarpus frondosus* (Cabriuva parda)
- *Nectandra lanceolata* (Canela amarela)
- *Nectandra megapotamica* (Canela preta-imbuia)
- *Cabralea canjerana* (Canjerana)
- *Cedrela fissilis* (Cedro)
- *Apuleia leocarpa* (Grapia)
- *Cordia trichotoma* (Louro pardo mole oder freijó)
- *Ocotea puberula* (Canela guaica / pinho)
- *Patagonula americana* (Guajuvira)
- *Peltophorum vogelianum* (Canafistula)
- *Aspidosperma parvifolium* (Peroba rosa, Guatambu)
- *Tabebuia heptaphylla* (Ipê roxo)
- *Guazuma ulmifolia* (Guácimo/embirú)
- *Cryptocarya moschata* (Canela branca/Medang)
- *Pachystroma longifolium* (Mata-olho)
- *Vitex megapotamia* (Tarumã)

Tab. 4. Mikroskopisch identifizierte Holzproben

Baumart	Familie	Bezeichnung	Nummern der Holzproben
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC. <i>plyneuron</i> Muell. Arg	Apocynaceae	Peroba rosa	23
<i>Araucaria angustifolia</i> O. Ktze.	Araucariaceae	Pinheiro brasileiro	12, 19, 21, 15, 24, 25, 27, 28, 35, 36, 40, 41, 60
<i>Apuleia leocarpa</i> Fr. Allem. (Vog.) Macbride	Leguminosae Caesalpiniaceae	Grápia	8
<i>Cabralea canjerana</i> Sald.	Meliaceae	Canjerana	6, 16
<i>Cedrela odorata</i> L., <i>C. fissilis</i> Vell.	Meliaceae	Cedro	7, 57, 58, 59
<i>Cryptocarya</i> spec. <i>C. moschata</i> Ness	Lauraceae	Canela branca Medang	14
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steudel	Boraginaceae	Louro pardo, Freijó	10, 33, 46
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lamk.	Sterculiaceae	Araticum Guácimo	2
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steudel	Moraceae	Tajauva	32, 44
<i>Myrocarpus frondosus</i> Fr. Allem.	Leguminosae Papilionaceae	Cabriuva parda	45, 18, 03, 48
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees et Mart. ex Ness	Lauraceae	Canela amarela, branca	4
<i>Nectandra megapotamica</i> (Sprengel) Mez	Lauraceae	Canela preta, imbuia,	5
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Ness	Lauraceae	Canela pinho	13, 39
<i>Patagonula americana</i> L.	Boraginaceae	Guajuvira	17, 26, 49
<i>Peltophorum vogelianum</i> Walp.	Caesalpiniaceae	Canafistula	20
<i>Sapium</i> spec. <i>Pachystroma longifolium</i> (Ness) I.M. Johns	(Sapotaceae) Euphobiaceae	Mata-olho	11
<i>Piptadenia rigida</i> Benth.	Mimosaceae (Leguminosae)	Angico vermelho	1, 29, 34, 37, 38 42, 47, 50
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Tol.	Bignoniaceae	Ipê roxo	31, 51, 52, 53, 54, 55, 56
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.)	Verbenaceae	Tarumã	12

Bis auf 6 Proben (Nr. 2, 14, 20, 23, 29 und 31) erbrachten die mikroskopischen Analysen eine Bestätigung der zuvor nach Augenschein angesprochenen Hölzer.

Aus welchen Regionen die Holzproben stammten, ist insofern von Interesse, als es die Häufigkeit des regionalen Vorkommens der Baumarten und ihre Verwendung als Baumaterial widerspiegelt (Tab. 5).

Tab. 5. Herkunft der Holzproben

Baumart	Holzbezeichnung	Regionen			
		1	2	3	4
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Peroba rosa		2		
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pinheiro Brasileiro	8	1	5	2
<i>Apuleia leocarpa</i>	Grapia		1		
<i>Cabralea canjerana</i>	Canjerana		1		1
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro		1		3
<i>Cordia trichotoma</i>	Louro pardo, Freijó		3		
<i>Cryptocarya spec.</i>	Canela Branca		1		
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba, Embiru, Araticum		1		
<i>Maclura tinctoria</i>	Tajauva		2		
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabriuva Parda		3		
<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela preta, Imbuia		1		
<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela amarela		1		
<i>Ocotea puberula</i>	Canela pinho, Guaiká		1	1	
<i>Patagonula americana</i>	Guajuvira		1		2
<i>Peltophorum vogelianum</i>	Canafistula			1	
<i>Pachystroma longifolia</i>	Mata-olho		1		
<i>Piptadenia rigida</i>	Angico		5	2	1
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Ipê roxo		1		6
<i>Vitex megapotamia</i>	Tarumã		1		
Insgesamt also 60 Proben, verteilt auf die 4 Regionen:		8	28	9	15

Außerdem wurde Araukarienh Holz in 26 Proben ohne mikroskopische Präparate anhand von Anschnitten bestimmt.

Das Spektrum der in den mikroskopischen Laboranalysen von 60 Proben ermittelten Hölzer zeigt ebenfalls die häufige Verwendung der Araukarie (Abb. 14).

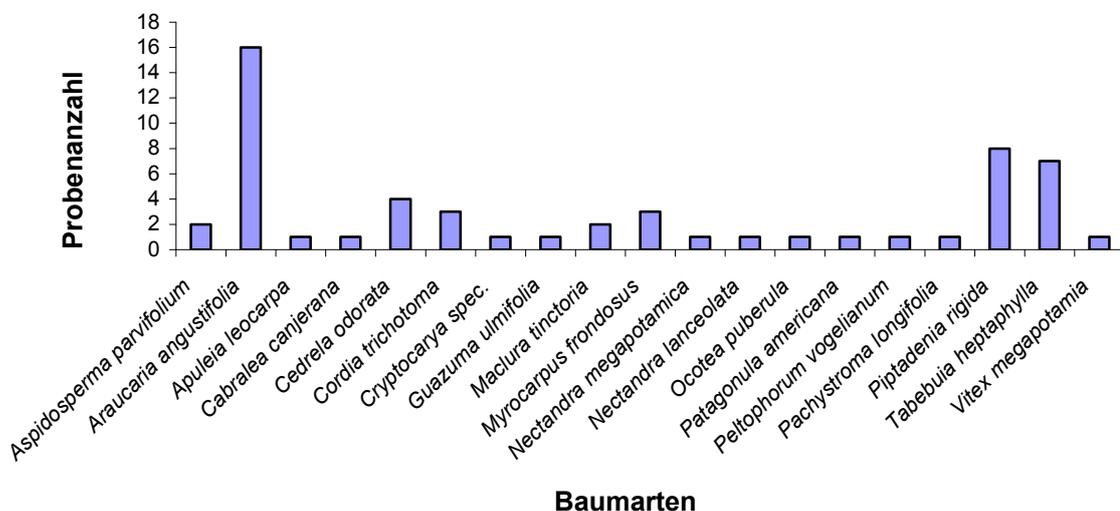


Abb. 14. Probenspektrum an Hölzern

Das am häufigsten gesammelte Holz ist ohne Zweifel die Araukarie mit insgesamt 42 Proben, von denen 16 mikroskopische untersucht wurden. Bei den Laubhölzern ist es *Parapiptadenia rigida* (Angico)

Die als Holz verarbeiteten Baumarten gehören systematisch folgenden 13 botanischen Familien an (Tab. 6).

Tab. 6. Botanische Zugehörigkeit des Bauholzes.

Familie	Zahl der Spezies
Koniferen	
Araucariaceae	1
Angiospermen	
Lauraceae	4
Boraginacea	2
Caesalpiniaceae	2
Bignoniaceae	2
Meliaceae	2
Euphorbiacea	1
Papilionaceae	1
Fabaceae	1
Apocynaceae	1
Sterculiaceae	1
Moracea	1
Verbenaceae	1

Araukarienh Holz wurde sowohl für tragende Bauteile als auch zur Verkleidung eingesetzt. Die harten Laubhölzer dienten ebenfalls als tragende Konstruktionselemente (Abb. 15).

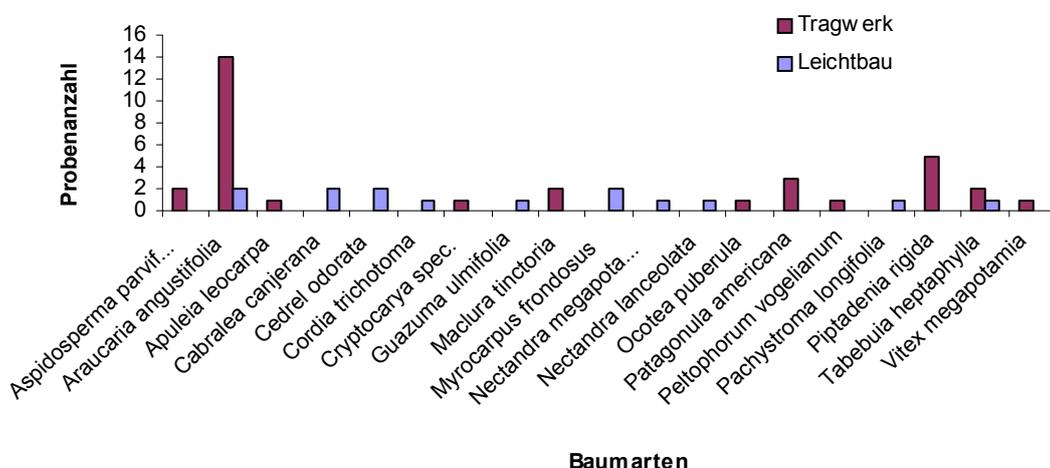


Abb. 15. Konstruktive Verwendung der einzelnen Hölzer

Zum Tragwerk zähle ich Balken, Dachstuhl und Fundamente. Zum Leichtbau rechne ich Wände und Verkleidung außen und innen, Fenster und Türen, Decken und Fußböden, Treppen.

Holzanatomie

Erstmals wurde ein großer Probensatz von 19 südbrasilianischen Bauhölzern mikroskopisch untersucht. Die Ergebnisse sollen an anderer Stelle dargestellt werden (Magel & Schulze-Hofer, in Vorbereitung).

Hier werden nur die bisher kaum beschriebenen feinstrukturellen Merkmale von Araukarienh Holz behandelt.

Nadelbaumholz

Araucaria angustifolia Familie Araucariaceae

Pinheiro Brasileiro, Araukarie, Brasilkiefer, Parana pine, Pinheiro do Paraná.

In Argentinien: pino-misionero.

Guarani-indianisch: curiy, curii, curi oder curiúva

Folgende anatomische Merkmale sind nur für Araukarienh Holz charakteristisch:

Das Kernholz ist hell braun (Abb. 16), teilweise dunkelbraun, rot oder auch grün gestreift (Abb. 17). Der Splint gelblich bis gelblichbraun gefärbt und vom Kernholz nicht immer leicht unterscheidbar. Der Übergang vom Frühholz mit weitleumigen und dünnwandigen Tracheiden und starker Tüpfelung zum Spätholz mit kleinem Lumen, dickwandig mit weniger Tüpfelung, ist innerhalb der Zuwachszone wenig ausgeprägt (Abb. 18). Die Jahresringe sind fast nur auf frisch angeschnittenem Hirnholz durch ein schmales, dunkles Spätholzband wahrzunehmen. Am Licht dunkelt Araukarienh Holz nur schwach nach. Frisch gehobeltes Holz besitzt seidigen Glanz.



Abb. 16. Stammstück einer rd. 250 Jahre alten Araukarie, der Baum war 1986 umgestürzt.



Abb. 17. Brett aus diesem Stamm. Kernholz hell, mit braunen und roten Streifen.

Araukarienholz enthält regelmäßige, geradlinig ausgerichtete Tracheiden. Als Kontaktstellen zwischen den Tracheiden werden Hoftüpfel ausgebildet, die in ihrer Anordnung der Form von Bienenwaben ähneln. Die Zellwand der Tüpfelzellen ist die sechseckig geformte so genannte „araucaroide Tüpfelung“.

Die Holzstrahlen sind homogen und nur einreihig. Die Länge der Tracheiden variiert in Abhängigkeit vom Baumalter und der Lage im Stamm. In dem Kontakt zwischen Holzstrahlen und Längs-Tracheiden, befinden sich Kreuzungstüpfeln. Die Kreuzungsfeldtüpfel zwischen Tracheiden und Holzstrahlparenchym sind araucaroid oder piceoid. Der Porus ist oval (eliptisch). Die Holzstrahlen sind schmal, im tangentialen Schnitt fast nicht sichtbar. Im Radialschnitt dagegen sehr kontrastreich. Axialparenchym ist selten diffus, fast nicht vorhanden. Normale Harzkanäle sind nicht vorhanden. Organische Inhaltsstoffe wie Flavonoide sind vorhanden.

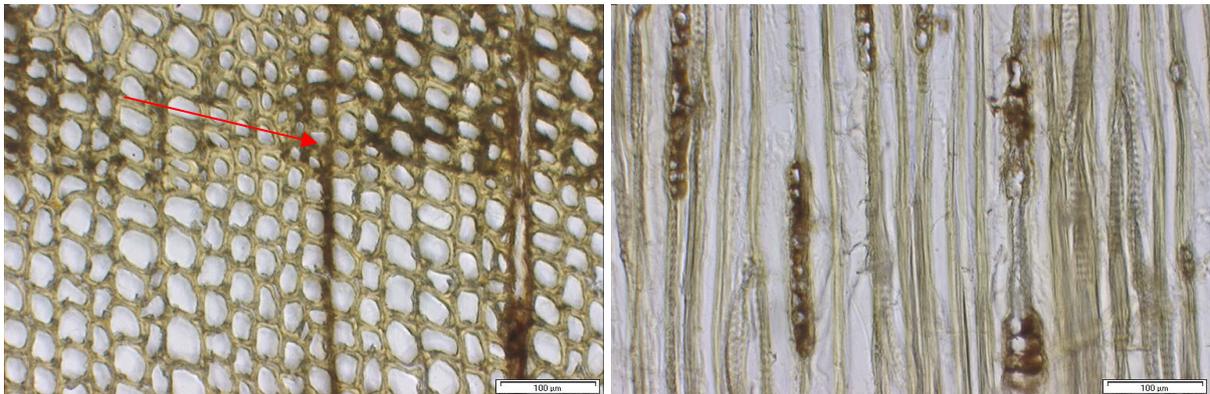
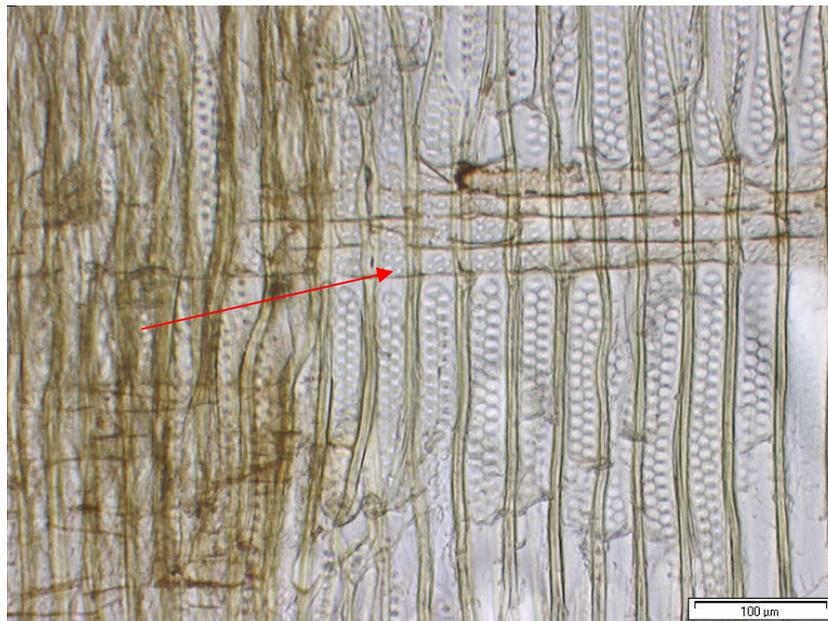


Abb. 18. Araukarienholz aus einem Haus in Flores da Cunha, Baujahr 1902. Schnitte ungefärbt.

a. Querschnitt, Tracheiden regelmäßig, geradlinig angeordnet. Grenzen der Zuwachszonen (roter Pfeil). Spätholz (oben) und Frühholz (unten). Holzstrahlen einreihig.

b. Tangentialschnitt, Tracheiden mit Holzstrahlparenchym, einreihig, mit dunklen Inhaltsstoffen.



c. Radialschnitt, Wände der araucaroiden, sechseckig geformten Tüpfelzellen, 2- oder 3-reihig, außerdem angeschnittene Kreuzungstüpfel. Hoftüpfel (roter Pfeil). Links Spätholz mit Harzeinlagerungen.

3.2 Bauholz-Schädigung durch xylophage Organismen

3.2.1 Insekten

Durch Insekten verursachte Holzschädigungen sind außerordentlich vielfältig. Sie werden vor allem durch xylophage Arten bewirkt. Daneben gibt es aber auch Holzzerstörung zur Anlage von Nestern durch xylophile Insekten. Holz kann somit für Insekten Nahrung oder Nistplatz sein. Für Schädigungen, die aus diesen Holznutzungen resultieren, sind hauptsächlich Vertreter aus 3 Ordnungen verantwortlich:

1. Isoptera (Termiten)
2. Coleoptera (Käfer)
3. Hymenoptera (Hautflügler).

In dieser Reihenfolge werden die Verursacher behandelt und die Schädigungen beispielhaft dargestellt.

In den vier Untersuchungs-Regionen stellte ich entsprechende Schadensfälle mit unterschiedlicher Häufigkeit fest. Nicht selten waren am selben Gebäude mehrere Xylophage als Holzzerstörer nachzuweisen (Tab. 7).

Tab. 7. Spektrum des Holzbefalls bei mit Probenentnahme untersuchten Bauten

Region	Zahl der Bauten	Ermittelter Befall				
		Termiten	Käfer	Hautflügler	Pilze	Insekten u. Pilze
1	15	14	11	8	10	10
2	15	14	10	12	12	12
3	48	44	22	11	38	38
4	15	10	10	3	6	6
Total	93	72	53	34	66	66

Anmerkungen

Bei vielen Häusern wurden mehrere Schadstellen untersucht, von insgesamt 135 wurden Proben gesammelt. In der Region 1 wurden nur in einem Haus keine Termiten gefunden; es war bereits saniert, davor war im Keller ein Termitennest entfernt worden.

In der Region 2 war bei einem Haus das Dachgeschoss nicht zugänglich, daher könnte dort auch Termitenbefall existiert haben.

In der Region 3 waren 3 Häuser vor kurzem saniert worden, alle gefundenen Xylophagen wurden entfernt, so daß ich keinen Befall durch Insekten mehr vorfand.

Bei einem Haus konnte nur die Fassade untersucht werden.

Bei rund 80% der Bauten wurde Termiten-Befall diagnostiziert, damit viel häufiger als Schädigungen durch Käfer oder Hautflügler. An zweiter Stelle der Befallszahlen rangierten Pilzschäden (Tab. 7). Bei sämtlichen Häusern mit Pilzbefall wurden auch xylophage Insekten festgestellt.

Der für jedes Gebäude protokollierte Zustand (Tab. 26, Anhang) der Holzkonstruktionen mit den als Verursacher diagnostizierten Insekten sowie den Formen der Fäulnis-Schäden ist für die 93 detailliert untersuchten Häuser aufgelistet (Tab. 28, Anhang). Hier werden zunächst die typischen Schädigungen durch einzelne Insektenarten behandelt.

3.2.1.1 Termiten (Isoptera)

Bei meinen Untersuchungen habe ich Termiten aus drei Familien als Holzschädlinge gefunden. Wenn sie nach ihrer Häufigkeit geordnet werden, sind die KALOTERMITIDAE mit zwar nur einer Art die am meisten festgestellten Schadensverursacher, gefolgt von vier Arten der TERMITIDAE und zwei Arten der RHINOTERMITIDAE (Tab. 8).

Tab. 8. Artenspektrum der Holzschädlinge aus den drei Termiten-Familien

Familie	Arten	Lebensweise
Kalotermitidae	<i>Cryptotermes brevis</i> (Walker)	Trockenholztermiten
Termitidae	<i>Nasutitermes spec.</i>	Baumtermiten
	<i>Nasutitermes aquilinus</i> (Holmgren)	
	<i>Cortaritermes fulviceps</i> (Silvestri)	Erdtermiten
	<i>Cornitermes cumulans</i> Kollar	
Rhinotermitidae	<i>Reticulitermes lucifugus</i> Rossi	Unterirdische Termiten
	<i>Coptotermes spec.</i>	

Entsprechend der unterschiedlichen Lebensweise, vor allem hinsichtlich der Neststandorte, werden sie vier ökologischen Gruppen zugeordnet:

1. Nester im Holz haben die Trockenholztermiten
2. Kartonnester an Bäumen oder Häusern bauen die Baumtermiten
3. Oberirdische Termitenhügel legen die Erdtermiten an
4. Erdnester im Boden sind typisch für die daher so genannten Unterirdischen Termiten

Bei der ersten Gruppe befinden sich die Nester stets im befallenen Holz. Der anfängliche Befall kann an mehreren Stellen eines Gebäudes erfolgen. Es können aber danach auch Tochterkolonien über Holzbrückenteile entstehen.

Bei der zweiten Gruppe werden entweder die Kartonnester an oder in Bauten angelegt, sie sind durch Galerien verbunden. Oder es handelt sich um Nester in der näheren Umgebung von Bauten, die mit den dortigen Fraßstellen nur über Galerien verknüpft sind.

Bei der dritten Gruppe befinden sich die teils oberirdischen Hügelnester stets außerhalb der befallenen Bauten, dorthin gelangen die Termiten über Galerien.

Von der vierten Gruppe werden nur unterirdische Nester angelegt, oft in geringer Tiefe. Wiederum sind die Verbindung zu den Befallsstellen in den Häusern die Galerien.

Ein Termitenbefall wurde in 132 Fällen festgestellt. Für eine Schädigung von Konstruktionsteilen aus Araukarienh Holz und den verschiedenen Laubhölzern waren die Termiten der drei Familien in unterschiedlichem Maße verantwortlich (Abb. 20). Die Trockenholztermiten befielen insbesondere Araukarienh Holz.

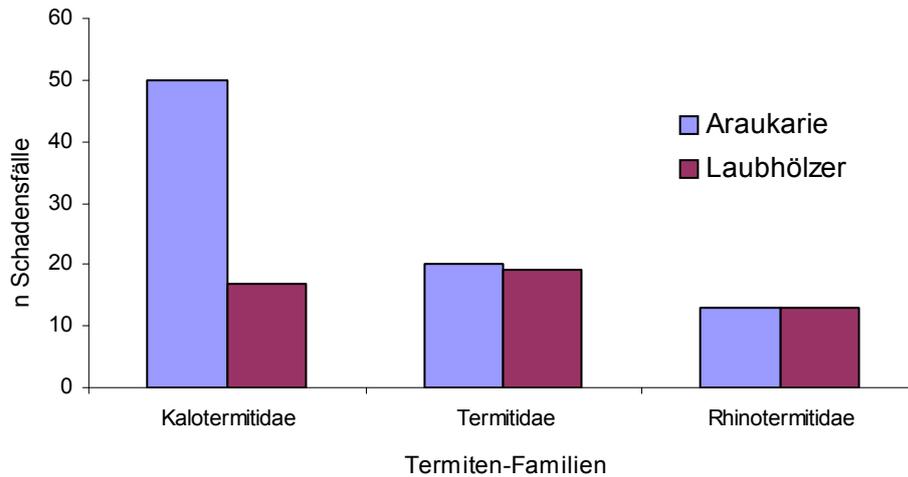


Abb. 20. Schädigung von Nadel- und Laubhölzern durch Termiten der drei Familien.

In den 4 Untersuchungs-Regionen war der Befall der verbauten Nadel- und Laubholzteile durch die einzelnen Termitenarten keineswegs gleichförmig. Die höchste Zahl befallener Gebäude wurde in der Region 3 ermittelt (Tab. 9).

Tab. 9. Befallszahlen von eingebautem Nadel- und Laubholz durch einzelne Termitenarten in den verschiedenen Untersuchungs-Regionen

Termiten	Region							
	1		2		3		4	
	Araukarie	Laubhölzer	Araukarie	Laubhölzer	Araukarie	Laubhölzer	Araukarie	Laubhölzer
Kalotermitidae								
<i>Cryptotermes brevis</i>	10	5	1	1	36	9	3	2
Termitidae								
<i>Nasutitermes spec.</i>								
<i>Nasutitermes aquilinus</i>	1		5	6	1	4	6	1
<i>Cortaritermes spec.</i>								
<i>Cortaritermes fulviceps</i>	1	1	2	3	4	3		1
Rhinotermitidae								
<i>Reticulitermes lucifugus</i>	2	1		4	5	4	3	2
<i>Coptotermes spec.</i>	1				2	2		4

Beispiele von Schädigungen durch einzelne Termitenarten

1. Trockenholztermiten, *Cryptotermes brevis* (Abb. 21)

Die xylophagen Arten aus der Familie Kalotermitidae leben in trockenem verbauten Holz mit niedrigem Feuchtigkeitsgehalt, gemessen habe ich 10 bis 20 % Holzfeuchte. Im Untersuchungsgebiet kommt *C. brevis* als einzige Art der Familie vor. Ich habe sie häufig in Bauten aus Araukarienh Holz gefunden. Im gleichen Haus können Hölzer an verschiedenen Stellen mit kleinen Nestern befallen sein.



Abb. 21. Trockenholztermiten *Cryptotermes brevis* aus einem Labornest in der BAM Berlin. Die Kolonie habe ich vor vielen Jahren aus Rio Grande do Sul mitgebracht. Links unten ein Ei, darüber und in der Mitte verschiedene Larvenstadien, das größte ist ein Arbeiter. Rechts ein Soldat mit großem und sklerotisiertem braunem Kopf. Das Nest befand sich *Maclura tintorica* (Tajaúva-Holz) im Fachwerkhaus Schmidt im Stadtteil Alt-Hamburg, Novo Hamburgo. Photo BAM Berlin.

Abb. 22. Abgeworfene Flügel nach einem Hochzeitsflug. Die schwarzen, granulierten Kotpartikel messen ca. 0,5 mm. Araukarienh Holz, Haus Stochetto in Antônio Prado.

Schadensbild

Die runden Ausflüglöcher der Geschlechtstiere haben einen Durchmesser von 1-2 mm. Darunter liegen oft Häufchen von Kot (Abb. 22). Vom befallenen Holz bleibt nur eine dünne Schicht an der Oberfläche stehen, so dass die darunter liegende Zerstörung zunächst nicht zu erkennen ist. Die Ausschluflöcher können bis zum nächsten Schwärmen verschlossen werden. Die Galeriewände wirken innen samtartig, wie von einer feinen Staubschicht bedeckt. Die Nestkammern können Kot enthalten, aber niemals Erde.

Für typische Schadbilder von *C. brevis* folgen einige Beispiele (Abb. 23, 24 und 25).



Abb. 23. Schädigung eines Araukarienpfostens im stark befallenen Haus Schiochetto, zerstörte Innenstrukturen freigelegt.

Abb. 24. Ausmaß der erheblichen Schäden im Fußboden des Dachgeschosses.



Abb. 25. Typischer Schaden an einem Fensterrahmen in einem ebenfalls stark befallenen Haus aus Araukarienholz in Muçum. Fensterholz unbestimmt.

2. Erdtermiten und Baumtermiten

Hauptkennungsmerkmal sind die Galerien oder Wandtunnel und die großen Nester. Sie benötigen immer Kontakt zu Erde, die sie auch als Material für den Nestbau verwenden. Die Nester werden ähnlich wie die Galerien gebaut. Das Material der Kartonstrukturen wird durch Speichel und Kot verklebt.

Zu den Erdtermitten gehören die im Grasland häufigen Hügeltermitten mit oberirdischen Nestern besonders harter Konsistenz.

Baumtermiten, *Nasutitermes spec.* und *Nasutitermes aquilinus* (Abb. 26 und 27)

Die *Nasutitermes*-Spezies bevorzugen Holz mit einer Feuchtigkeit von 20 bis 40 %. Normalerweise befinden sich die Nester in der Höhe, sowohl offen sichtbar als auch an versteckten Stellen. Zu ihnen führen stets offene Galerien sowie Tunnel im Holz.

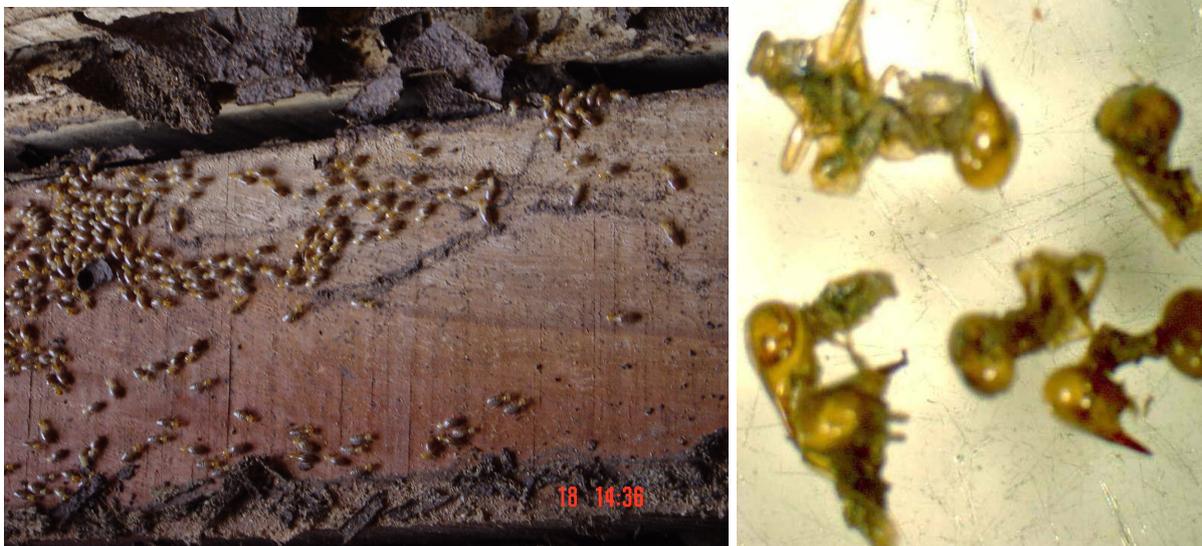


Abb. 26. Termitengang nach Eröffnung eines Tunnels in *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva-Holz), Scheune Panke in Rio Pardo.

Abb. 27. Nasentermiten (*Nasutitermes aquilinus*) aus einem Nest in Araukarienh Holz, Haus Bender in Boa Vista, Santa Cruz do Sul

Schadensbild

Ein Befall ist wegen der Galerien und kartonierten Nester auf Holzoberflächen leicht erkennbar. Das befallene Holz weist parallel zu den Holzfasern verlaufende Aushöhlungen und Tunnel auf. Sie sind mit einer Schicht aus Speichel, Exkrementen und Holzpartikeln bedeckt, was eine typische dunkle Färbung ergibt.

Aus dem Erdboden kommend dringen sie in den Fundamentbereich von Bauten ein. Sie kommen bevorzugt in ländlichen Bereichen und dort in der Nähe von Bäumen vor. Mit geschlagenem Holz werden sie oft in Sägereien verschleppt. In deren Umgebung können sie dann weitere Gebäude befallen.

Die Nester befinden sie sich hauptsächlich im Dachbereich an Außenwänden und freistehenden Mauern, bei hohem Befall auch versteckt an tragenden Teilen im Inneren, stets auf der Schattenseite und so bewahrt vor direktem Lichteinfluss.

Termitennester

Ein typisches Beispiel von *N. aquilinus*-Befall ist das Haus Bender (Abb. 33) mit einem großen Nest (Abb. 30) in 1,20 m Höhe vom Boden auf der Südschattenseite einer Araukarienholzwand mit Balken auf einem Steinkeller (Abb. 28 und 29). Das Fachwerkhaus steht im ländlichen Bereich in der Nähe einer Sägerei. Ein ähnliches Befallsbild wies ein Haus im Teufelsloch auf (Abb. 34).



Abb. 28. Termitennest am Fachwerkhaus, am Wandteil (Schattenseite) aus *Araucaria angustifolia* (Pinheiro), mit Keller aus Steinen. Haus Bender in Boa Vista, Santa Cruz do Sul.

Abb. 29. Stark befallener Holzbalken in der Nähe des Termitennestes.



Abb. 30. Innenarchitektur eines eröffneten Kartonnestes (*Nasutitermes aquilinus*) in Boa Vista.

Viele Termiten fand ich auch in der Scheune Panke (Abb. 31 und 32), Rio Pardiniho, Santa Cruz, einem ländlichen Gebiet, mit Bäumen auf dem Gelände einer ehemaligen Sägerei. Dieses Wirtschaftsgebäude enthält eine ganze Reihe verschiedener Hölzer, die zum Teil spezifischen Termiten-Befall aufweisen. Die tragende Konstruktion mit Ständern aus Hartholz wie *Apuleia leocarpa* (Grapia) ist oberflächlich befallen, auch verpilzt. Die Giebel-Verschalung aus Araukarienholz ist stark befallen. Im von Regenwasser feuchten Dachstuhl bestehen die Sparren aus *Ocotea spec.* (Canela), die Dachlatten aus *Erythrina spec.* (Corticiera) und die Bodenbretter aus *Cabraela canjerana* (Canjerana), *Ocotea puberula* (Canela branca) *Cryptocarya spec.*(Medang) - sind ebenfalls stark befallen. Bemerkenswert ist, dass Bauteile aus *Myrocarpus frondosus* (Cabriuva) und *Piptadenia rigida* (Angico) keinen Befall aufweisen. In der Scheune lagert Balkenwerk eines früheren Fachwerkhauses, dieses Material blieb ebenfalls unbefallen, obwohl einige Galerien darüber laufen.



Abb. 31. Galerien von *Nasutitermes spec.* im Dachbereich der Scheune Panke.

Abb. 32. Ausmaß des Befalls im Inneren des Daches der Scheune Panke. Holz *Ocotea porosa* (Canela branca).



Abb. 33. Arbeiter von *Nasutitermes spec.* bei der sofortigen Reparatur einer zertörten Galerie, Haus Bender, Boa Vista, Santa Cruz.

Abb. 34. Befall von Laubholzbalken und einer Schwelle aus *Cordia trichotoma* (Louro Freijó) in einem Fachwerkhaus im Dorf Teufelsloch bei Ivoti.

Erdtermite, *Cortaritermes fulviceps*

Die Erdtermite können auf dem Boden Hügelnester errichten, aber außerdem Nester im Holz anlegen. Alles ist über Galerien in Verbindung. Im Dachbereich, aber auch in tragenden Holzteilen, Innenwänden, Türen und Fenstern sind oftmals viele Bereiche befallen, sie können Sattelitennester enthalten.

Schadensbild

Termite werden typischerweise im Holzinne von Balken festgestellt, die einzelnen Befallsbereiche sind durch schmale Gänge verbunden. Nicht selten ist zusätzlich

Pilzbefall vorhanden. Der Kot ist der jeweiligen Holzfarbe ähnlich, obenauf liegen gewöhnlich helle Kugeln (Abb. 35-38).



Abb. 35. *Cortaritermes fulviceps*-Befall eines Araukarienbalkens im Keller des Escritório Técnico, Antônio Prado.

Abb. 36. Nebennest an einem Ständer im Fachwerkbau Schmidt in Hamburgo Velho (Alt-Hamburg), Novo Hamburgo. Holz *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva).



Abb. 37. Galerie von *Cortaritermes fulviceps* an der Schwelle eines Fachwerkhuses in Canela. Holz unbestimmt

Abb. 38. Innenfäule mit Termitennest an einem Ständer mit Schwelle, Fachwerkhaus Withölder in Westphalia. Holz *Parapiptadenia rigida* (Angico)

Cornititermes cumulans

In befallenen Gebäuden habe ich die Insekten selbst nicht gefunden, aber Befallsspuren und Gänge, die aus dem roten Erdreich in die Häuser führen. Vermutlich kommen sie im Gebiet auch vor und verursachen Holzschäden.

3. Unterirdische Termiten

Aus der Familie Rhinotermitidae habe ich nach Brasilien eingeschleppte Spezies der Gattungen *Coptotermes* und *Rhinotermes* als Holzschädlinge in Bauten festgestellt. Von ihren unterirdischen und gekammerten Nestern aus besiedeln sie über Tunnel verschiedene Höhlungen in Bauwerken dort, wo sie genügend Feuchtigkeit vorfinden, und fressen sie sich weiter ins Holz vor (Abb. 40).

Reticulitermes lucifugus

Die relativ oberflächlich angelegten Erdtunnel und die Gänge im Holz sind hell und oft kastanienbraun gefärbt, sie enthalten helle Granulate, oftmals auch Erdpartikel. Die Galerien sind außen faltig bis runzlig und haben ca. 5 cm Durchmesser (Abb. 39). In Häusern nimmt der Befall im Fundamentbereich seinen Anfang, von da aus werden Balken, Schwellen, Türen und Fenster angegriffen. Sowohl Araukarienh Holz als auch Laubhölzer werden in äußerlich oft nicht erkennbarer Weise ausgehöhlt.

Coptoteremes havilandi

Über unterirdische hellbraune Tunnelsysteme besiedeln sie in Bauten zunächst Risse und Fugen, von dort aus dringen sie in Fußböden, Schwellen, Türrahmen und weiter oben liegende Holzteile vor. Insgesamt verursacht diese Art erhebliche Schäden (Abb. 41 und 42).



Abb. 39. Ins Haus führende Galerie von *Reticulitermes lucifugus*, außen mit rauher Oberfläche, innen glatt mit Erdkrumen. Fachwerkaus in Canela.

Abb. 40. Der dem Erdreich neben einer Mauer aufliegender Balken aus Araukarienh Holz ist stark zerfressen. Unterirdische Termiten, Art unbestimmt. Haus in Soledade.



Abb. 41. Abbruch eines Fachwerkhauses in Igrejinha, im Fundamentbereich durch unterirdische Termiten weitgehend beschädigt. Das Haus wurde nach Reparaturen in der Nähe vom Castelinho wieder aufgebaut. Dort ging die Schädigung weiter.

Abb. 42. Bereits zuvor beschädigter und in Canela wieder verwendeter und dort erneut stark befallener Ständer aus einem Fachwerkbau. Holz unbestimmt.

Termitenbefall von Araukarienh Holz und den einzelnen Laubhölzern

Wie an der Häufigkeit der Schäden erkennbar, wurden Nadelholz (Tab. 10) und Laubholz (Tab. 11) von Termiten der einzelnen Arten unterschiedlich befallen.

Tab. 10. Die in Araukarienh Holz gefundenen Termitenarten

Insektenart	Familie	Fallzahl
<i>Cryptotermes brevis</i>	Kalotermitidae	50
<i>Nasutitermes spec.</i>	Termitidae	20
<i>Nasutitermis aquilinus</i>		
<i>Cortaritermes fulviceps</i>		
<i>Cornitermes cumulans</i>		
<i>Reticulitermes lucifugus</i>	Rhinotermitidae	13
<i>Coptotermes spec.</i>		
	Total	83

Tab. 11. Die in Laubhölzern gefundenen Termitenarten

Insektenart	Familie	Fallzahl
<i>Cryptotermes brevis</i>	Kalotermitidae	17
<i>Nasutitermes spec.</i>	Termitidae	17
<i>Nasutitermis aquilinus</i>		
<i>Cortaritermes fulviceps</i>		
<i>Cornitermes cumulans</i>		
<i>Reticulitermes lucifugus</i>	Rhinotermitidae	14
<i>Coptotermes spec.</i>		
	Total	48

Artspezifität des Befalls einzelner Hölzer

Die relativ wenigen Termitenarten, die als Holzschädlinge in Bauten nachgewiesen werden konnten, haben keineswegs unspezifisch sämtliches verbautes Holz angegriffen. Vielmehr wurden durchaus Artunterschiede in der Bevorzugung der Substrate festgestellt, die ich nach den häufigsten Befallssituationen zusammengefasst habe (Tab. 12). Dabei gibt es allerdings auch zahlreiche Überschneidungen. Die Termitidae haben offensichtlich das breiteste Nahrungsspektrum. Sie greifen auch harte Hölzer an, darunter oft Balken stärkerer Abmessungen.

Tab. 12. Befalls-Spektrum der Termitenarten für die einzelnen Hölzer

TERMITEN		HOLZ
Spezies	Familie	Baumart
<i>Cryptotermes brevis</i> <i>Cryptotermes spec.</i>	Kalotermitidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Peltophorum vogelianum</i> <i>Ocotea puberula</i> <i>Ocotea spec.</i> <i>Cabraela canjerana</i> <i>Cedrela fissilis</i> <i>Moquinia polymorpha</i> <i>Mimosa scabrella</i>
<i>Nasutitermes spec.</i> <i>Nasutitermis aquilinus</i> <i>Cortaritermes fulviceps</i>	Termitidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Cryptocarya spec.</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Ocotea puberula</i> <i>Nectandra lanceolata</i> <i>Erythrina falcata</i> <i>Apidiosperma spec.</i> <i>A. parvifolium</i> <i>Cabraela canjerana</i> <i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Nectandra megapotamica</i> <i>Piptadenia rigida</i> <i>Apuleia leocarpa</i> <i>Tabebuia spec.</i>
<i>Reticulitermes lucifugus</i> <i>Coptotermes spec.</i>	Rhinotermitidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Cabraela canjerana</i> <i>Piptadenia rigida</i> <i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Ocotea spec.</i> <i>Cedrela fissilis</i> <i>Moquinia polymorpha</i>

Für Bauzwecke wird üblicherweise nur Kernholz verwendet. Falls gelegentlich Splintanteile mit verarbeitet wurden, waren diese stets stark durch Termitenfraß geschädigt. Wenn unabhängig von der Termitenart die verschiedenen Hölzer nach der Häufigkeit ihrer Schädigung betrachtet werden, ergibt sich ein anderes Bild. Die 7 am stärksten befallenen Hölzer sind:

- *Erythrina falcata* (Corticiera)
- *Ocotea puberula* (Canela Pinho, Guaicá)
- *Cryptocarya spec* (Canela Branca)
- *Cordia trichotoma* (Louro Pardo, Freijó)
- *Apidiosperma spec.*(Peroba Rosa, Guatambu)
- *Cabraela canjerana* (Canjerana)
- *Araucaria angustifolia* (Araukarie)

Dagegen konnte bei anderen Hölzern nur selten ein Befall gefunden werden. Wenn überhaupt, dann beschränkt sich die Schädigung auf kleinere Holzbereiche. Dies gilt für folgende Hölzer:

- *Piptadenia rigida* (Angico)
- *Tabebuia spec.*(Ipê)
- *Patagonula americana* (Guajuvira)
- *Vitex megapotamica* (Tarumã)

Für diese Alternativen folgt je ein Beispiel. Vor allem Araukarienholz von jüngeren Bäumen zählt zu den stark befallenen Hölzern (Abb. 43), *Piptadenia rigida* (Angico) wird dagegen wenig geschädigt (Abb. 44).



Abb. 43. Von *Nasutitermes aquilinus* befallenes Araukarienbrett in der Nähe eines Termitennestes. Haus Bender, Boa Vista, Santa Cruz do Sul.

Abb. 44. Termitengänge von *Nasutitermes aquilinus* im Fundamentbereich auf unbefallenem *Piptadenia rigida* - Angico -Balken.

Des Weiteren gib es Unterschiede im Termitenbefall in den 4 Regionen (Tab. 29, Anhang). Sie hängen mit den dort bevorzugten Hausformen und der getroffenen Auswahl bestimmter Baumarten als Bauholz zusammen. Hierfür war zudem das jeweilige lokale Vorkommen in der Vegetation wichtig, und sicher spielten auch handwerkliche Traditionen bei der Materialauswahl eine Rolle. Grundsätzlich konnte Termitenbefall fast überall in einem Haus gefunden werden. Trotzdem können bevorzugte Befallsorte definiert werden. Dies sind: Dunkle Stellen, warme und sehr feuchte Bereiche, Weichholz-Bauteile, Holz mit Erdkontakt, Holz in Kellerräumen.

Für die einzelnen Termitenarten können zudem bevorzugte Befallsorte in den Bauten aufgelistet werden (Tab.13). In 135 Häusern notierte ich artspezifische Schadstellen.

Tab.13. In den Bauten von Termiten der verschiedenen Arten befallene Bereiche

Termitenart	Befallsorte
<i>Cryptotermes brevis</i>	Vorwiegend im Dachstuhl, Verbretterung und Verschalung, Fuß- und Dachboden, Fensterrahmen. Bei Araukarienholz auch in tragenden Elementen
<i>Nasutitermes spec.</i> <i>Nasutitermis aquilinus</i>	Fundamentbereich im Inneren von Harthölzern, Dachstuhl mit Weichhölzern sowie alle feuchten Stellen, tragende Teile und Dachelemente aus Laubhölzern und schattige Fassaden aus Araukarienholz
<i>Cortaritermes fulviceps</i> <i>Cornitermes cumulans</i>	Hauptsächlich im Inneren von Harthölzern, vorwiegend von tragenden Bauteilen
<i>Reticulitermes lucifugus</i> <i>Coptotermes spec.</i>	Vorwiegend im Fundamentbereich, in Rissen und Schlitzten zwischen Holzverbindungen. Durchfeuchtete Ständer im Erdbodenbereich, mit Gängen bis zu den Dachsparren. Fensterrahmen bei Araukarie und Laubhölzern sowie tragende Bauteile.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, daß von Termiten in vielen Bauten erhebliche Schäden an so gut wie allen Konstruktionsteilen aus Holz verursacht wurden. Allerdings werden speziell von Erdtermiten nur ganz bestimmte Bereiche im Hartholz zerfressen.

3.2.1.2 Käfer (Coleoptera)

In den 93 Häusern, die auf Schäden durch Insekten überprüft wurden, konnte ich 82 Schadstellen als von Käfern verursacht feststellen (Tab. 28, Anhang). 53 davon sind in Araukarienholz, 29 in verschiedenen Laubhölzern. Nicht überall konnte ich Insektenteile oder Kot finden. Deshalb konnten 15 der Schadstellen keiner Käferart sicher zugeordnet werden (Tab. 14).

Bei meinen Untersuchungen habe ich insgesamt 12 Käferarten aus 8 Familien (Anobiidae, Cerambycidae, Lyctidae, Scolytidae, Platypodidae, Bostrychidae, Dermestidae, Tenebrionidae) erstmalig im verbauten Holz in den vier Untersuchungs-Regionen nachgewiesen.

Tab. 14. Regionale Unterschiede im Befall der verschiedenen Hölzer durch Käfer der 8 Familien

Familie	Araukarie					Laubhölzer				
	1	2	3	4	n	1	2	3	4	n
Anobiidae	10	2	10	4	26	2	3	1	3	9
Cerambycidae	x	2	2	x	4	x	4	x	1	5
Lyctidae	1	1	3	2	7	x	x	2	x	2
Scolytidae	x	x	x	1	1	x	2	1	1	4
Platypodidae	x	x	x	1	1	x	x	2	1	3
Bostrychidae	1	1	x	x	2	x	1	x	x	1
Dermestidae	x	x	x	x	x	x	1	x	x	1
Tenebrionidae	x	x	1	x	1	x	x	x	x	x
unbestimmt	3	x	4	4	11	x	1	x	3	4
Total	15	7	20	13	53	2	12	6	9	29

Araukarienh Holz wurde auch von Käfern stark befallen, insbesondere von den Arten der Anobiidae. Diese Gruppe schädigte aber in vielen Fällen auch Laubhölzer. Lyctidae als Holzerstörer sind auch bei Araukarienh Holz von Bedeutung (Abb. 45).

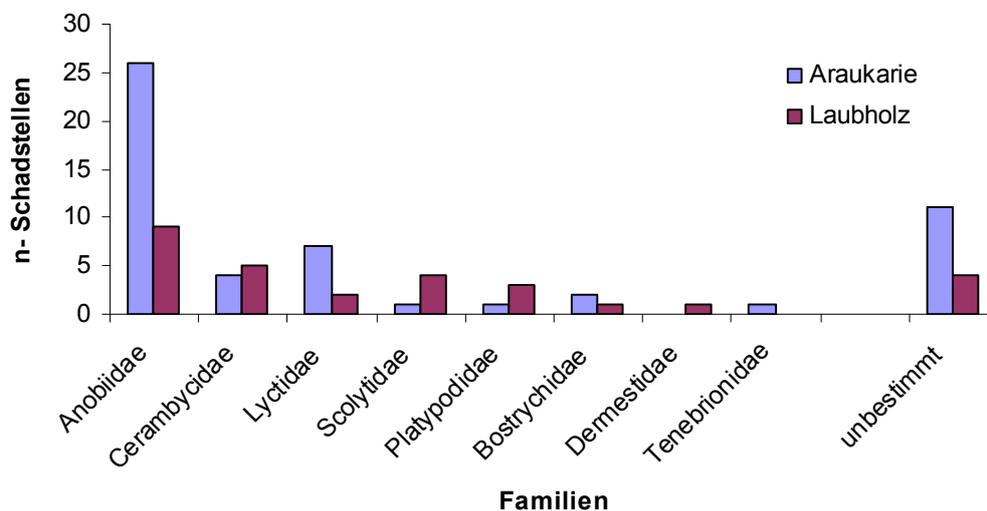


Abb. 45. Anteil der Käfergruppen am Befall von Nadel- und Laubhölzern

Dagegen waren Laubhölzer stärker von Cerambycidae, Scolytidae und Platypodidae befallen. Da es sich vorwiegend um bewohnte Häuser handelte, konnten nicht immer Insekten gefangen und bis zur Art bestimmt werden (Tab. 15).

Tab. 15. Artenspektrum der als Holzschädlinge ermittelten Käfer

Spezies	Familie	Bezeichnung
<i>Xestobium rufovillosum</i> (De Geer)	Anobiidae	Klopfkäfer
<i>Anobium spec.</i>	Anobiidae	Nagekäfer
<i>Anobium punctatum</i> (De Geer)		
<i>Nicobium hirtum</i> (Illiger)	Anobiidae	Nagekäfer
<i>Hylotrupes bajulus</i> L.	Cerambycidae	Balkenbock
<i>Oncideres sara</i> Galileo & Martins		
<i>Lyctus spec.</i>	Lyctidae	Splintholzkäfer
<i>Lyctus brunneus</i> (Stephens)		
<i>Xyloterus spec.</i>	Scolytidae	Borkenkäfer
<i>Xyloterus domesticus</i> L.		
<i>Xyleborus dispar</i> Fbr.		
<i>Platypus spec.</i>	Platypodidae	Kernholzkäfer
<i>Platypus cylindrus</i> F.		
<i>Bostrychus capucinus</i> L.	Bostrychidae	Kapuzinerkäfer
<i>Attagenus spec.</i>	Dermeestidae	Speckkäfer
<i>Micronilio spec.</i>	Tenebrionidae	Mehlkäfer

Der Befall von verbauten Nadel- und Laubholzteilen variierte in den vier Untersuchungs-Regionen. In den Regionen 3 und 1 mit der höchsten Zahl befallener Gebäude war vor allem Araukarienh Holz geschädigt. Dagegen fanden sich befallene Laubholzteile mehrheitlich in Bauten der Region 2.

Beispiele von Schädigungen durch Käferarten

In den folgenden Beschreibungen werden die spezifischen Schäden durch die nachgewiesenen Käferarten der 8 Familien dargestellt.

1. Anobiidae, Poch- oder Klopfkäfer

35 Schadstellen, davon 26 an Araukarienh Holz und 9 an Laubhölzern.

Die Nage-, Poch- oder Klopfkäfer sind mit 1 bis 9 mm Körperlänge recht klein. Ihr Befall kann an dem feinen Bohrmehl erkannt werden. Die Oberfläche des Holzes ist bei dem oftmals gegebenen Massenbefall regelrecht durchlöchert.

Anobium punctatum, Gewöhnlicher Nagekäfer, Holzwurm

Schadensbild

Diese Art hat bei den geprüften Bauten die größten Schäden verursacht. Der Käfer ist 2,5 bis 5,0 mm lang und bräunlich gefärbt (Abb. 48). Die weißliche Larve ist 1 bis 6 mm lang und bauchseitig gekrümmt (Abb.46). Das Bohrmehl ist hell mit einseitig zugespitzten Kotpartikeln (Abb. 47). Befallunterschiede zwischen Früh- und Spätholz sind bei Nadelholz erkennbar (Abb. 49). Die Oberfläche stark befallener Hölzer wirkt „wie mit Schrot beschossen“. Die runden Schlupflöcher messen 1-2 mm. Das Material kann innen vollständig zersetzt und pulverisiert sein.

Nicobium hirtum

Die Befalls-Merkmale sind ähnliche wie bei *Anobium punctatum*.

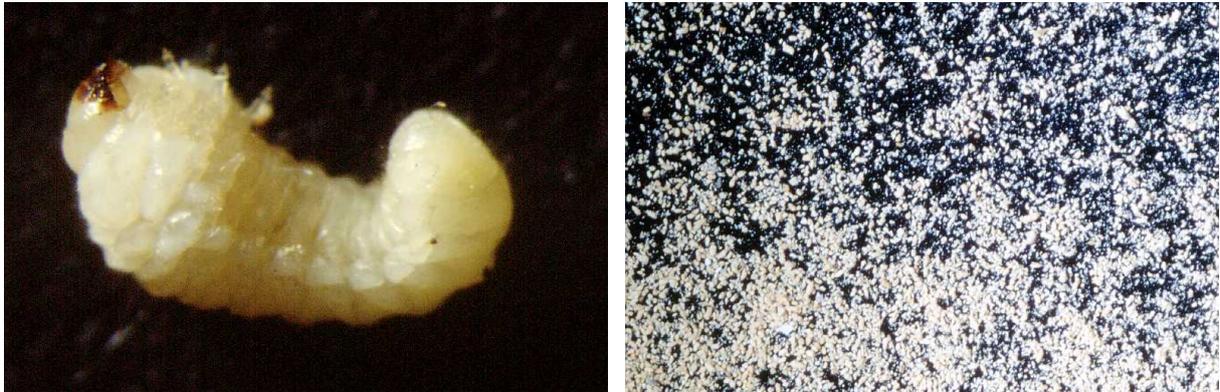


Abb. 46. *Anobium punctatum*, bauchseitig gekrümmte Larve. Holz *Cordia trichotoma* (Louro freijó). Haus Withölder, Antonio Prado. Photo BAM Berlin.

Abb. 47. *Anobium punctatum*, helles lockeres Bohrmehl mit einseitig zugespitzten Kotpartikeln. Feines Genagel aus Araukarienholz. Haus in Antônio Prado.



Abb. 48. Reste von Anobiiden-Käfern, entnommen an einer Innenwand aus Araukarienholz. Haus Cons, Flores da Cunha.

Abb. 49. *Anobium punctatum*, Hauptbefall am Splintanteil der Schrankwand, Brett aus einem großen Araukarienstamm. Auch das Kernholz ist befallen. Werkstatt und Fachwerkhaus Driemeyer, Teutonia.

Xestobium rufovillosum, Gescheckter Nagekäfer

Schadensbild

Die Insekten besiedeln bevorzugt pilzbefallenes Holz, sowohl Laubholz als auch Araukarienholz. An Balkenköpfen sind Ausflugslöcher zu finden. Schwammartige innere Zerstörung des Materials mit lamellenartigen Spätholzresten. Die Gänge sind unregelmäßig. Die Ausschlußpflocher haben einen Durchmesser von 3-4 mm. Das Bohrmehl enthält bei Aktivität der Käfer linsenförmige helle Kotpartikel, ansonsten ist es ebenso dunkel wie das Holz selbst (Abb. 52 und 53).

Beispiele

1. Casa Fillipon in Monte Belo do Sul (Abb. 50). Neben *Nicobium hirtum* ist *Xestobium rufovillosum* an der Südfassade nachgewiesen worden. Nach Beschreibung der Einwohner verursachen die Käfer hörbare Klopfgeräusche. Andere im Haus vorhandene Insekten sind Trockenholztermiten (*Cryptotermus brevis*) und Wespen. Befallene Hölzer sind *Ocotea puberula* (Canela Pinho), *Pelthoporum vogelianum* (Canafístula) und Araukarie Tab. 26, Anhang).

2. Moinho Riograndense, Passo Fundo (Abb. 51). Das ganze Gebäude ist aus Araukarienholz. Hoher Pilzbefall im 3. Obergeschoss in Treppennähe, wo auch *Anobium punctatum* und Trockenholztermiten nachgewiesen wurden.



Abb. 50. *Nicobium hirtum* im Dachboden. Das Holz ist durch Pilzbefall vorgeschädigt und wirkt wie durchlöchert. Holz *Ocotea puberula* (Canela Pinho), Haus Fillipon, Monte Belo do Sul.

Abb. 51. Anobiidae, Fraßgänge im Fußboden (mit Wachs und Farbe behandelt) im Obergeschoss. Holz Araukarie, Haus Kroeff, São Francisco de Paula.



Abb. 52. *Xestobium* spec., Holzprobe mit schwammartiger Zerstörung durch Nagekäfer. Holz *Erytrina falcata* (Corticiera). Scheune Panke, Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.

Abb. 53. *Xestobium rufovilosum*, Holzprobe aus einer befallenen Decke aus Araukarie. Moinho Rio Grandense, Passo Fundo.

2. **Cerambycidae**, Bockkäfer

9 Schadstellen, davon 4 an Araukarienholz und 5 an Laubhölzern.

Hypotrupes bajulus, Hausbockkäfer
Oncideres sara, Serrador.

Schadensbild

Hauptsächlich harte und trockene Laubhölzer weisen unterschiedlich geformte Ausflugslöcher auf, die z. T. gefranst, gezackt oder oval, 5 bis 28 mm lang und röhrenförmig sind. Das Bohrmehl ist locker mit walzenförmigen Kotpartikeln. Die Gänge sind mit wenigen aufgereihten Brutzellen bestückt. Die Larvengänge sind im Querschnitt oval, mit Rippenmarkstruktur der Gangwände. Das Bohrmehl ist dort fest verklebt. Stark befallenes Holz wird zu Pulver, außen bleibt nur eine dünne Schicht stehen.

Beispiele

1. Fundamentbalken aus *Araucaria angustifolia* im Keller des Escritório Técnico und Museu in Antônio Prado (Abb. 54). Es handelt sich hier um eine mangelhafte Sanierung, wo die Käfer wieder aktiv sind. Am gleichen Ort sind auch Spuren von *Cortaritermes* spec., Familie Termitidae, zu finden. Trockenholztermiten (*Cryptotermes brevis*) sind heute noch im ganzen Haus aktiv, hauptsächlich im Dachgeschoss und den Innenwänden

2. Fachwerkhaus Krüger-Becker in Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul (Abb. 55). Anscheinend sind mehrere Käferarten und weitere Schädlinge vorhanden. Bestimmt wurden Hymenopteren der Familie Sphecidae. Altbefall von Erdtermiten der Familie Termitidae, sowie Holzbiene. Das Haus befindet sich nur einige Kilometer vom Hof und der Sägerei Panke entfernt und ist mit Baumtermitennestern von *Nasutitermes* spec. besiedelt.



Abb. 54. *Hypotrupes bajulus*, Fundamentbalken aus Araukarienholz. Ungleichmäßige Bohrlöcher, ca. 28 mm, unten Pilzbefall. Museum, Antônio Prado.

Abb. 55. *Hypotrupes bajulus*, Befall an Schwelle und Querpfeiler. Im Bereich der Holzverbindungen sind die Balken so stark befallen, dass das Holz zu Pulver wurde. Holz *Parapitpatenia rigida* (Angico) und *Cordia trichotoma* (Louro). Fachwerkhaus Krüger-Becker, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul.

3. **Lyctidae**, Splintholzkäfer

7 Schadstellen, davon 5 an Araukarienholz und 2 an Laubhölzern.
Alle untersuchten Häuser befanden sich in städtischer Umgebung.

Lyctus spec.

Die Insekten sind nur wenige Millimeter groß und in allen Fällen wurde Trockenholz befallen. Sie leben und entwickeln sich auch in sehr trockenen Räumen mit niedrigster Feuchtigkeit, gemessen wurden von 8 bis 27% Feuchte der Holzteile bei 60 bis 70% relativer Luftfeuchtigkeit. Sie leben im Splint von Laub- und Araukarienholz. Auch im Kernholz von Araukarie sind sie gelegentlich festgestellt worden. Die Käfer sind dämmerungsaktiv, während des Tages verstecken sie sich in Holzritzen.

Lyctus brunneus, Brauner Splintholzkäfer

Der Schaden ist ähnlich bedeutend wie bei *A. punctatum*. Die Hölzer mit farbigem Kern (auch Nadelholz) sind meist nur im Splint angefallen. Die Oberfläche ist wie mit Schrot beschossen. Die Ausflugslöcher haben 1 bis 3 mm Durchmesser (Abb. 58). Durch diese kleinen Fraßlöcher werden Pulverhäufchen herausgepresst. Das Material ist talkumähnlich wie feines Bohrmehl, manchmal im Holz fest gestopft. Bei allen Schäden bleibt eine papierdünne Außenschicht, die den bisweilen

pulverisierten Innenbereich umhüllt. Die Larvengänge sind im Querschnitt unregelmäßig mit bis zu 2 mm Durchmesser.

Beispiele

1. Casa Kroeff in São Francisco de Paula. Holz Araukarie.

Die Hauptschadstellen befinden sich im Innenbereich, am Fußboden vom Schlafzimmer. Trockenholztermite sind im Haus auch vorhanden. Viele kleine Ausflugslöcher mit 1 bis 3 mm Durchmesser. Feines Bohrmehl (Abb. 56). Oberflächlich wie mit Schrot beschossen. Lockeres oder fest gestopft feines Bohrmehl, Splint anfällig. Eine papierdünne Außenschicht umhüllt den bisweilen pulverisierten Innenbereich.

2. Escritório Técnico und Museum in Antônio Prado. Holz Araukarie.

Die Hauptschadstellen sind im Balken (Abb. 57 und 59) im Keller und in den Innenwänden, Fenstern und Türen. Das Dachgeschoss ist stark von Trockenholztermite der Art *Cryptotermus brevis* befallen. In Nachbarnhäusern wurde schon vor Jahren *Lyctus brunneus* nachgewiesen.



Abb. 56. *Lyctus* spec., feines Bohrmehl zwischen Wand und Holzbrett. Das Holz ist wie beschossen mit nadelartigen Fluglöchern. Araukarienholz. Haus Kroeff, São Francisco de Paula.

Abb. 57. *Lyctus brunneus*, Oberfläche des Holzes mit fest gestopftem feinem Bohrmehl an einem Balken. Laubholz unbestimmt. Escritório Técnico, Antônio Prado.

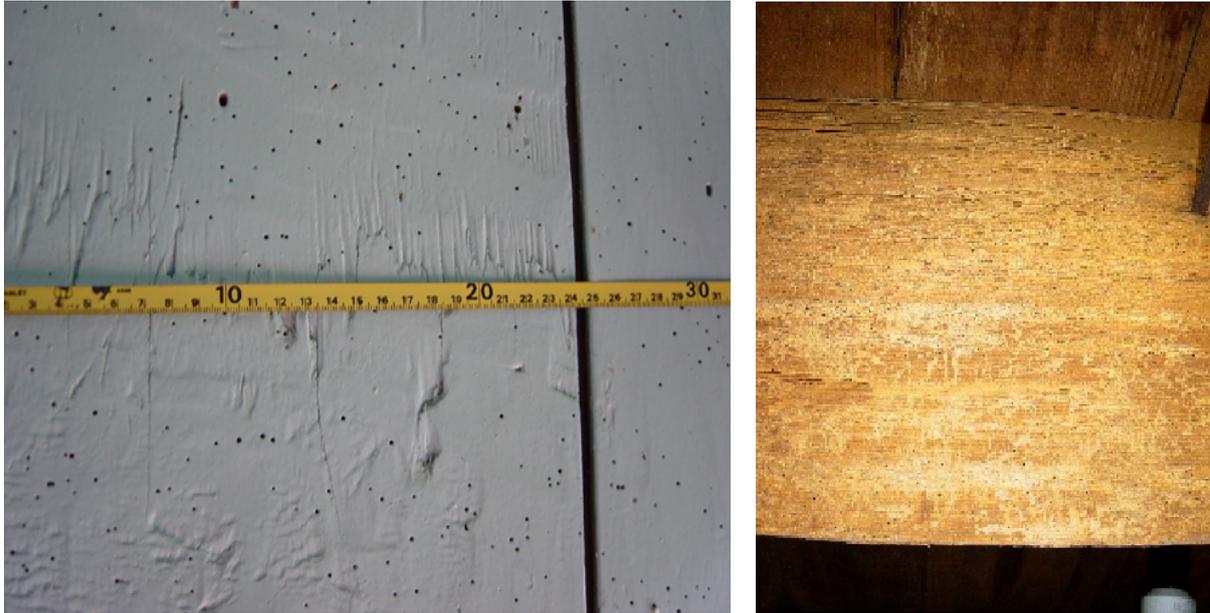


Abb. 58. *Lyctus brunneus*, Innenwand mit vielen kleinen Ausflugslöchern, bis 3 mm Durchmesser. Araukarienholz. Haus Cons, Flores da Cunha.

Abb.59. *Lyctus brunneus*, Fundamentbalken, dessen Oberfläche wie mit Schrot beschossen ist, mit fest gestopftem feinem Bohrmehl. Holz *Apidiosperma spec.* (Guatambú), Museum, Antônio Prado.

4. **Bostrychidae**, Holzbohrkäfer

4 Schadstellen, davon 3 an Araukarienholz und 1 an Laubholz.

1. *Bostrychus capucinus*, Kapuzinerkäfer

Die Bostrychidae ernähren sich hauptsächlich im Splint von Laubbäumen. Normalerweise befallen sie Hölzer im Trocknungsprozess, hauptsächlich in Sägereien. Sie werden im Holz eingeschleppt, das dann ohne Wiederbefall bleibt. Im Dachbereich sind vorwiegend Neubauten befallen, bei ergänzten Balken oder dort wo, noch keine trockenen Hölzer benutzt wurden. Die älteren Larvenstadien sind Anobiiden ähnlich. Das Fraßmehl ist talkumartig, ähnlich wie beim *Lyctus*, und die Käfer haben eine Länge von 1 bis 3 mm, walzenförmig mit Halsschild als Kapuze. Die Eiablage ist meist dicht neben alten Fluglöchern im Holzinnern oder in Rindenritzen. Sie befallen auch harte Laubhölzer (Abb. 61) und gelegentlich Araukarienholz (Abb. 60).

Beispiel

Stadthaus in Soledade Fundamenten mit Araukarienholz, Innenausbau und Fenster aus Laubholz.

Befall im Splint, oberflächlich wie mit Schrot beschossen, papierdünne Außenschicht umhüllt den bisweilen pulverisierten Innenbereich. Lockeres oder häufiger fest gestopftes feines Bohrmehl, meist ohne die variablen, schnell zerfallenden Kotpartikel.



Abb. 60. Prachtkäfer, Holzprobe im Innenbereich durch den Holzbohrkäfer zerstört. Holz Araukarie, Stadthaus in Soledade

Abb. 61. *Bostrychus capucinus*, total zerstörte Holzprobe aus dem gleichen Haus mit talkumartigem Bohrmehl. Laubholz unbestimmt.

5. Scolytidae, Borkenkäfer (Ambrosiakäfer)

5 Schadstellen, davon 4 an Araukarienh Holz und 1 Fall an Laubholz.

Xyloterus spec.

Frischholzkäfer, der im verarbeiteten Holz nach der Trocknung Schäden an der Oberfläche verursacht. Kann dann auch durchfeuchtetes verbautes Holz befallen. Gänge hauptsächlich im Splintholz, selten auch im Kern von Laub- und Araukarienh Holz gefunden. Kleine Käfer von 0,8-1,3 mm Länge, die ein komplexes Gangsystem erstellen.

Xyloterus lineatus, Nadelholzborkenkäfer, in Araukarienh Holzteilen

Xyloterus domesticus, Laubholzborkenkäfer

Schadensbild

Fraßbilder an der Holzoberfläche im Bereich des Kambiums. Vom Mutterkäfer genagte Eingangsröhre ca. 6 cm lang. Von dort ausgehend kurze Larvengänge, in Faserrichtung, mit typischen Leitersprossen. In verarbeiteten Araukarienh Holz oftmals schwarz gefärbte Gänge mit 1-2 mm Durchmesser.

Xyleborus dispar, ähnliche Merkmale wie für die *Xyloterus*-Arten beschrieben.

Befallen werden Laub- und Araukarienhölzer, gelegentlich bis in den Kernbereich.

Beispiele

Sägerei Panke, Schadstellen an einem Brett aus *Ocotea puberula* (Canela preta), (Abb. 62), in der Scheune Schäden im Dachboden aus *Cabraela canjerana* (Canjerana), (Abb. 63). Rio Pardo, Santa Cruz do Sul.



Abb. 62. *Xyloterus* spec. Gabelgangsystem, schwarz gefärbt. Fest gestopftes Bohrmehl. Holz *Ocotea puberula* (Canela preta), Scheune Panke, Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.

Abb. 63. *Xyloterus domesticus*. Gangsystem an der Holzoberfläche. Dunkel verfärbte Fraßgänge im Splintbereich, Richtung Innenholz abnehmend. Holz *Cabraela canjerana* (Canjerana). Scheune Panke, Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.



Abb. 64. *Xyloterus* spec. Gangsystem an der Holzoberfläche. Flecken im Holz mit Pilzen assoziiert. Vor einigen Jahren bei einer Sanierung ausgewechselte Fassadenbretter aus Araukarie. Casa da Neni, Antônio Prado.

Abb. 65. *Xyleborus dispar*, Holzprobe stark verpilzt mit gefärbten Käfergängen in axialer Richtung. Verfärbung verursacht von Ambrosiapilzen. Moinho Colognese, Ilópolis.

Ähnliche Beispiele betreffen weitere Bauten in Antônio Prado, Ilópolis und Flores de Cunha (Abb. 64, 65, 66).



Abb. 66. *Xyloterus lineatus*, Teil eines berindeten Balkens mit dunkel verfärbten Hakengängen. Das feuchte Araukarien-Holz weist Pilzbefall auf. Haus Cons, Flores da Cunha.

6. **Platypodidae**, Kernkäfer

3 Schadstellen, davon 1 an Araukarienholz und 3 an Laubhölzern.

Pilzzüchter. Vorkommen von Gangsystemen, Flecken im Holz, auch von Pilzen befallene. Frischholzinsekten, sind durch das bis in den Kern reichende Gangsystem (Leitergänge) bedeutende Schädlinge.

Platypus cylindrus, Kernholzkäfer

Schadensbild

Mehrfach verzweigte, bis tief in den Kern führende Leitergänge. Auswurf von langfaserigem Bohrmehl. Die Larvengänge sind schwarz gefärbt, auch im Kern in Holzstrahlenrichtung. Teilweise auch Gänge in den Jahresringen. Die Holzoberfläche ist pulverisiert mit nadelgroßen Bohrlöchern, besonders im Markbereich.

Beispiele

1. Moinho Colognese, Ilópolis. Holz *Cedrela fissilis* (Cedro), Kernholz. Leitergang an der Türseite (Abb. 67). Pilzbefall im Holzinnen und holzverfärbende Pilze an der Oberfläche. Andere Insekten: Trockenholztermiten, Anobiidae, Ameisen und Wespen sind im Gebäude vorhanden.
2. Fachwerkhaus Panke, Rio Pardo. Befall von Kernholz einer Laubbaumart (Abb. 68).



Abb. 67. Platypodidae (*Platypus* spec.), Leitergänge (roter Pfeil). Grosse runde Bohrlöcher (gelber Pfeil) im Kernholz von *Cedrela fissilis* (Cedro) in der Tür, Mühle Colognese, Ilópolis.

Abb. 68. *Platypus cylindrus*, genagte radiäre Eingangsröhre bis ca. 6 cm Durchmesser. Gegabelte Brutgänge meist in der Jahresringzone. Kernholz von *Piptadenia rigida* (Angico). Fachwerkhaus Panke, Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.

7. Dermestidae, Speckkäfer

1 Schadstelle an Laubholz

Attagenus spec., Speckkäfer, Pelzkäfer

Leichte Zerstörung an der Oberfläche. Oft sind auch andere Insekten vorhanden. Insbesondere Arten der Gattung *Dermestes* nutzen, nachdem sich die Larven von tierischen und pflanzlichen Materialien ernährt haben, weiches Oberflächenholz zur Verpuppung.

8. Tenebrionidae, Mehlkäfer

1 Schadstelle in Araukarienholz

Micronilio spec., Schwarzkäfer, Dunkelkäfer

Es gibt auffallend viele Arten in den Subtropen. Sie besitzen abdominale Wehrdrüsen. Einzelne Arten, die auch für die Nase der Menschen unangenehm stinkende Sekrete absondern, enthalten sind vor allem Tolychinone, Äthylchinone und Benzochinone. Nur leichte Fraßgänge an der Oberfläche. Mit anderen Anobiden, sonstigen Käfern und Trockenholztermitten zusammen lebend. Anscheinend auch mit *Lyctus*.

Beispiele

1. Haus Bezutti Zen, Linha 21 de Abril, Antônio Prado.
Holz Araukarie, Hauptschadstellen sind der Fußboden in Nähe der Treppe und die Außenfassade.

Befall durch *Micronilio* spec., weißes Bohrmehl. Oberfläche mit Fraßgängen.

2. Haus Withölder, Casulo Küche. Holz Louro pardo, Freijó (*Cordia trichotoma*), Araukarie im Giebel und den Innenwänden.
Hauptschadstellen sind die Schwelle an der Südfassade. Ständer neben der Küche als Haupttür. Fußboden von *Attagenus* spec. Befallen, Larve gesammelt. Wenige Fluglöcher (bis 4mm) an den tragenden Hölzern und im Dachbereich. Risse mit Pilzbefall. Fußboden-Oberfläche zerfrant in Faserrichtung.

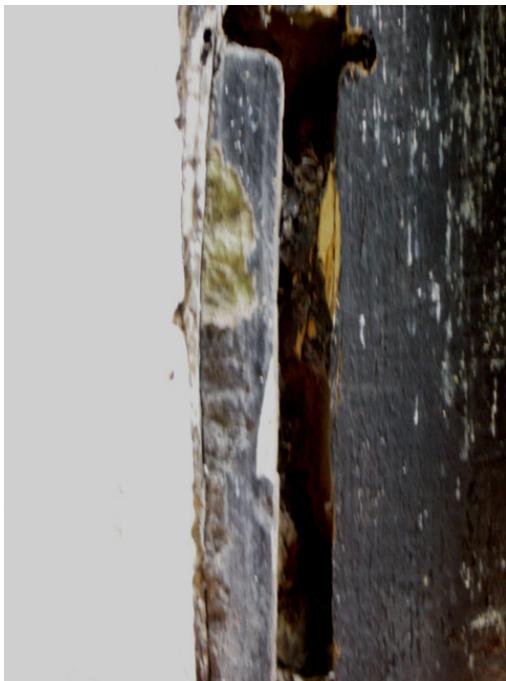


Abb. 69. *Attagenus* spec., Larve im Riss an einem Pfosten neben der Eingangstür zur alten Fachwerkküche. Holz *Cordia trichotoma* (Louro), Haus Withölder, Westfalia.

Abb. 70. *Micronilio* spec., Fußboden und Treppe mit Befall an der Oberfläche. Feiner Bohrmehlauswurf zeigt Aktivität im ganzen Haus, vermutlich zusammen mit anderen Käfern wie Anobiiden. Holz Araukarie und Laubholz (unbestimmt). Haus Alada, Linha 21, Antônio Prado.

Bevorzugte Schädigung einzelner Hölzer durch die Käfer

Die einzelnen Käferarten haben keineswegs sämtliche Hölzer gleichmäßig geschädigt. Aus den Befallsdaten lässt sich vielmehr eine gewisse Spezialität ableiten, mit Ausnahme von Araukarienh Holz. Die Laubhölzer wiesen dagegen ein relativ klares Bild einer bevorzugten Schädigung durch Käfer der verschiedenen Familien auf, teils auch durch bestimmter Arten (Tab. 16). Anobiiden, Scoletiden und Cerambyciden haben ein besonders breites Spektrum von Hölzern befallen. *Lyctus* ist fast nur in Araukarienh Holz zu finden.

Tab. 16. Befalls-Spektrum der einzelnen Käferarten in bestimmten Hölzer

INSEKTENART		HOLZ
Spezies	Familie	Baumart
<i>Xestobium rufovillosum</i> <i>Anobium punctatum</i> <i>Nicobium hirtum</i>	Anobiidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Cabraela canjerana</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Ocotea spec.</i> <i>Ocotea puberula</i> <i>Cryptocarya spec.</i> <i>Platanus spec.</i> <i>Peltophorum vogelianum</i>
<i>Hylotrupes bojulus</i>	Cerambycidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Cryptocarya spec.</i> <i>Apidiosperma spec.</i> <i>A. parvifolium</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Pachystroma longifolia</i> <i>Ocotea puberula</i> <i>Piptadenia rigida</i>
<i>Lyctus spec.</i> <i>Lyctus brunneus</i>	Lyctidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Apidiosperma spec.</i> <i>Apidiosperma parvifolium</i>
<i>Xyloterus spec.</i> <i>Xyloterus domesticus</i> <i>Xyleborus dispar</i>	Scolytidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Cedrela fissilis</i> <i>Nectandra megapotamica</i> <i>Myrocarpus frondosus</i>
<i>Platypus spec.</i>	Platypodidae	<i>Piptadenia rigida</i> <i>Cedrela fissilis</i>
<i>Bostrychus capucinus</i>	Bostrychidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Laubhölzer unbestimmt</i>
<i>Attagenus spec.</i>	Dermestidae	<i>Cordia trichotoma</i>
<i>Micronilio spec.</i>	Tenebrionidae	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Laubholz unbestimmt</i>
unbestimmte Arten		<i>Piptadenia rigida</i> <i>Tabebuia spec.</i>

Nicht nur einzelne Hölzern weisen einen spezifischen Käferbefall auf, sondern bestimmte Arten habe ich verstärkt auch als Schädiger von bestimmten Konstruktionsteilen festgestellt, für die Holz als Baumaterial verwendet wurde. Es lassen sich daher Häufigkeiten im Holzbefall hinsichtlich der Bauelemente und der in ihnen nachgewiesenen Käferlarven ermitteln (Tab.17).

Tab. 17. Bevorzugt von Käfern befallene Konstruktionsteile

Spezies	Familie	Vorkommen
<i>Hylotrupes bojulus</i> und unbestimmte Arten	Cerambycidae	Schwelle, Strebe und Riegel sowie Eckständer. Verbindungselemente zwischen Schwelle und Balken. Dachböden und gelagertes Holz mit Altbefall aus einem Fachwerkhaus
<i>Anobium punctatum</i> <i>Xestobium</i> <i>rufovillosum</i> <i>Nicobium hirtum</i>	Anobiidae	Fußböden und Fassaden, Türrahmen und Fenster, Trennwände, Treppen, Fußböden und Wände. Schwellen und Streben, Verschalungen Dachstuhl und Dachboden.
<i>Lyctus brunneus</i>	Lyctidae	Wände Innenbereich, Fußböden, Fenster, Türen, Trennwände, Verkleidung. Auch bei 2 Balken im Fundamentbereich.
<i>Bostrychus</i> <i>capucinus</i>	Bostrychidae	Im Dachbereich und Fassaden im Erdzonenbereich, in ergänzenden Brettern. Holzteile mit großem Splintanteil (Möbel aus der Werkstatt). Ständer im Fachwerkbau.
<i>Xyloterus spec.</i> <i>Xyloterus domesticus</i> <i>Xyleborus dispar</i>	Scolytidae	Pilzbefallenes Holz im Fußboden Dachboden im Splintbereich Gelagerte Bretter in der Scheune, Leisten im Bau
<i>Platypus spec.</i>	Platypodidae	Tür und Schwelle, Balken
<i>Attagenus spec.</i>	Dermeestidae	Fenster und Türrahmen in der Küche
<i>Micronilio spec.</i>	Tenebrionidae	Fußboden und Treppe

3.2.1.3 **Hautflügler** (Hymenoptera) und andere

Bei den xylobiontischen Hymenopteren (Tab. 28, Anhang) muss unterschieden werden zwischen echten Holzschädigern einerseits und andererseits Arten, die im oder am Holz lediglich nisten. Sowohl in Araukarienh Holz als auch in Laubhölzern wurde eine Reihe von Hautflügler-Arten festgestellt. Oft konnten nur Larven gesammelt werden, so dass eine Bestimmung bis zur Spezies schwierig und teils unmöglich war (Tab. 18).

Tab. 18. Artenspektrum der Hymenopteren

Holzschädlinge		Familie	Holzbewohner	
<i>Camponotus</i> spec.	Formicidae Ameisen	Camponotinae Roßameisen		
<i>CreMATogaster</i> spec.		Myrmicinae Holzameisen		
<i>DerecyrtA</i> <i>araucariae</i>	Vespidae Wespen	Siricidae Holzwespen Ichneumonidae Schlupfwespen	<i>Polistes</i> spec. <i>Polybia</i> spec.	Polistinae
<i>Xylocopa</i> spec.	Apidae Bienen	Xylocopinae Holzbienen	<i>Tetragonisca</i> <i>angustula</i> <i>Nannotrigona</i> <i>testaceiformis</i> <i>Friesella</i> <i>schrottkyi</i>	Meliponinae Stachellose Bienen

Insgesamt waren von den Hautflüglern nur die Ameisen in Häusern häufig anzutreffen. Beim Vergleich der vier Regionen sind keine bemerkenswerten Unterschiede erkennbar. An und in Araukarienh Holz wurden Hymenopteren ein wenig öfters beobachtet als an Laubhölzern (Tab. 19)

Tab. 19. Regional an Bauten beobachtete Hymenopteren

Region	1	2	3	4	n	1	2	3	4	n
	Araukarie					Laubhölzer				
Formicidae	2	2	5	3	12	3	3	1	1	7
Vespidae	5	1	3	1	10	3	3	x	1	7
Apidae	x	2	1	x	3	x	3	x	x	3

Ameisen

Camponotus spec.
CreMATogaster spec.

Schädigungen

In Bäumen, aber ebenso in verbautem Holz mit hoher Feuchte legen die Ameisen ihre Nester an. Rossameisen können selbst Primärgänge nagen, oft werden aber vorhandene Hohlräume besiedelt, die z. B. von Käferbefall stammen. Von dort aus fressen die Ameisen sich ins Holz weiter vor, um ihr Nest vergrößern zu können. Sie sind also nicht xylophag, wohl aber holzzerstörend tätig. Man kann sie als xylophil bezeichnen.

Bevorzugt wird oft das weiche Frühholz von Laubbaumarten, wobei die Aushöhlung zwischen den Jahresringen erfolgt (Abb. 72). Dabei bleibt das Spätholz lamellenartig stehen. Nicht selten wird durch Pilzbefall vorgeschädigtes Holz ausgeräumt. Zu Satellitennestern können in Bauten die Ameisenstraßen bis in den Dachstuhl führen. Die holzbewohnenden Ameisen können beträchtliche Schäden an verbautem Holz anrichten, auch an Araukarienholz (Abb. 71, 73 und 74).

Beispiele



Abb. 71. *Crematogaster* spec., in Araukarienholz, Haus IBAMA, Ilópolis.

Abb. 72. Starke Aushöhlung des Frühholzes, die Jahresringe aus Spätholz blieben stehen. Laubholz, Geschäftshaus in der Stadt, Ilópolis.



Abb. 73. *Crematogaster* spec. Durch Pilz zuvor geschädigtes Araukarienholz stark von Ameisen zerfressen. Haus Frizon, Ilópolis.

Abb. 74. *Camponotus* spec. Von Ameisen durchlöcherter Balken aus Araukarienholz. Haus Cons, Flores da Cunha.

Wespen

Sphecidae, Holzwespen

Befallen in Bauten vor allem Frischholz. Die Weibchen legen pro Einstich mit dem Legebohrer wenige Eier in das Splintholz ab. Es können aber zahlreiche Eiablagen in räumlicher Nähe erfolgen. Die Larven fressen röhrenförmige Gänge tiefer ins Holz. Innerhalb einiger Jahre können diese ca. 2 cm tief reichen. Die Imagines nagen sich nach außen durch, ihre Ausflugslöcher mit 4 – 10 mm Durchmesser sind glattrandig und kreisrund (Abb. 76). Der Befall ist stets lokal begrenzt, es findet keine Vermehrung im Holz statt. Die statische Schwächung z. B. von Balken ist meist belanglos.

Ichneumonidae

Unbestimmte Schlupfwespen, sie belegen als Parasiten mit ihrem Legebohrer im Holz minierende Käferlarven. Die oft erst nach Jahren fertigen adulten Wespen gelangen durch genagte Gänge nach außen, sichtbar sind dann oberflächliche runde Schlupflöcher von wenigen mm Durchmesser.

Derecyrtia araucariae

Wahrscheinlich eine in Araukarienholz xylophage Spezies, befällt lebende Bäume, aber wohl auch verbautes Holz.

Holzbienen

10 Fälle

Holzbienen minieren vor allem in weichem Holz, gern auch in durch Verpilzung bereits teilweise vermoderten Stücken. Sie legen Neströhren von wenigen cm Durchmesser mit einigen aufgereihten Brutzellen an. Bei kolonialen Arten sind oft mehrere Nester nahebei zu finden. In verbaute Holz können sie tragende Teile schwächen. Die Fluglöcher sind oft leicht oval und messen meist 1 – 2 cm (Abb. 75).

Schadensbild

Durchlöcherte Holzoberfläche. Von den über 10 im Gebiet vorkommenden Arten konnte keine als hier nistend definitiv bestimmt werden. Fluglöcher wurden jedoch häufig gefunden.

Beispiele

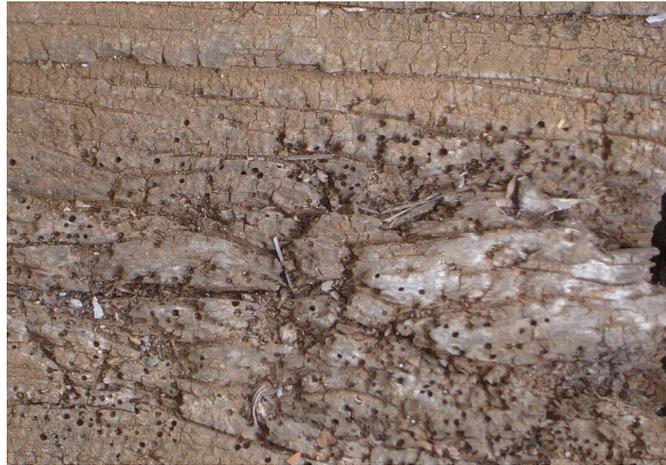


Abb. 75. *Xylocopa* spec. Viele Fluglöcher in einem Ständer. Holz Angico (*Piptadenia rigida*). Fachwerkhaus Krüger-Becker, Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.

Abb. 76. Wespenbefall. Art unbestimmt. Begrenzt auf den Kernbereich eines alten Stammes, mit Pilzbefall assoziiert. Holz Angico (*Piptadenia rigida*). Altes Fachwerkhaus Panke, Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.

3.2.2 Hausfäule- und Bauholzpilze

In den vier Regionen wurden 214 Häuser untersucht, bei 93 wurde eine Pilzschadensdiagnostik durchgeführt (Tab. 28, Anhang). Überprüft wurden auch die Bedingungen für Pilzbefall. Entscheidend war eine Durchfeuchtung des verbauten Holzes

Die Einteilung der Schäden erfolgte nach den unterschiedlichen Fäulnistypen:

1. Braunfäule
2. Weissfäule
3. Moderfäule
4. Holzverfärbende Bläue- und Schimmelpilze

Auch ein Bewuchs mit Flechten und sonstigen Pflanzen wurde protokolliert.

Bei den Hausfäulen konnte ich eine Reihe von Pilzformen unterscheiden, speziell unter den Braun- und Weissfäulen. Diese Formen führten zu spezifischen Schadensbildern am verbauten Holz, sie werden daher hier genannt (Tab. 20).

Tab. 20. Einteilung der Hausfäulepilze

Braunfäule	Weissfäule
Kellerschwämme	Feuerschwämme
Porenschwämme	Grauender Porling
Fältlingshäute	Ausgebreiteter Hausporling
Blättlinge	Schichtpilze
Sägeblättlinge	Rindenpilze
Baumschwämme	Wurzelschwamm, bei Rotfäule
Trameten	Trameten

Die verschiedenen Fäulnistypen waren mit unterschiedlichen Fallzahlen vertreten, wobei vor allem Araukarienholz oftmals Fäule aufwies. Die Befunde von durch Fäulnis geschädigten Laubhölzern waren wesentlich seltener (Abb. 77).

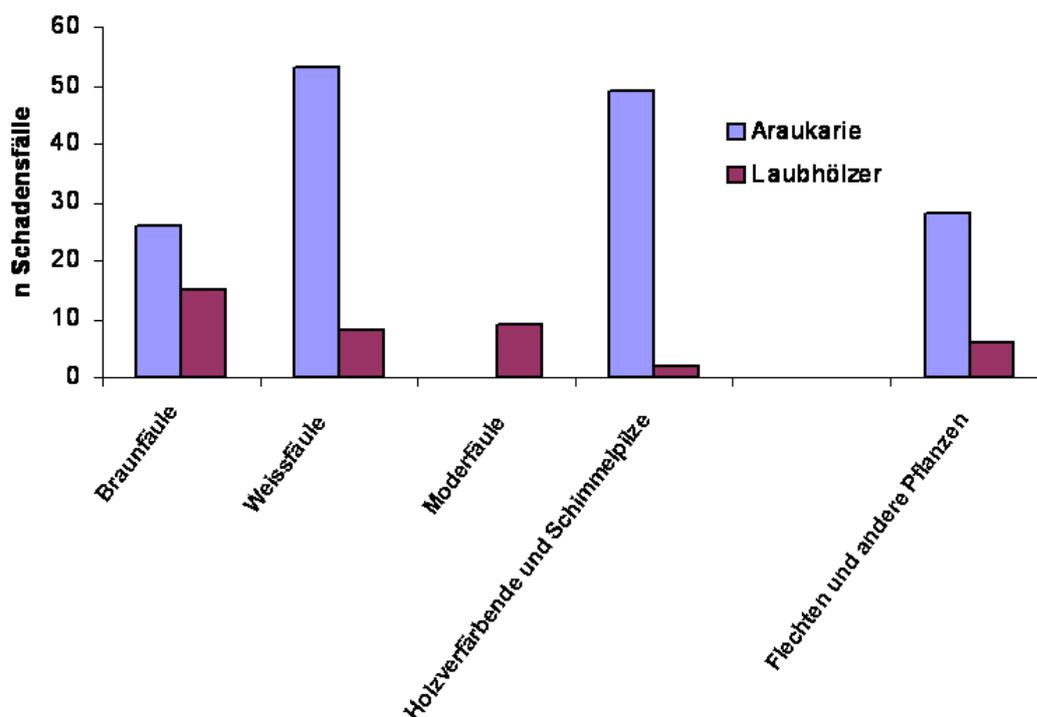


Abb. 77. Anteil der Fäulnistypen am Befall von Nadel- und Laubhölzern

Weissfäule und holzverfärbende Pilze waren insgesamt bei Araukarien häufiger, mit regionalen Unterschieden. Weissfäule war in Region 3 besonders oft zu beobachten. Moderfäule trat nur im Laubholz auf (Tab. 21).

Tab. 21. Anzahl der Fälle von Pilzschäden in den 4 Untersuchungsregionen

Region	Holztyp	Braunfäule	Weissfäule	Moderfäule	Bläue- und Schimmelpilze
1	Araukarienholz	5	5	0	11
	Laubhölzer	1	3	0	0
2	Araukarienholz	2	4	0	8
	Laubhölzer	7	2	4	2
3	Araukarienholz	16 *	37 *	0	17 *
	Laubhölzer	2	2	3	0
4	Araukarienholz	3	7	0	13
	Laubhölzer	5	1	1	0

* Die Zahl der Fälle von Fäulnis in Araukarienholz war in Region 3 besonders hoch. Nur ein Teil der Fäulnis verursachenden Pilzarten konnte näherungsweise bestimmt werden. Interessant ist der unterschiedliche Befall von Araukarien- und Laubholz, wie aus den Fallzahlen ersichtlich (Tab. 22). Die angeführten Genus-Namen der Pilze sind als vorläufig anzusehen.

Tab. 22. Pilz-Typen, die eine Fäulnis des verbauten Holzes verursachen, und die unterschiedliche Häufigkeit im Befall der Holztypen nach Fallzahlen.

Pilzgattungen	Familie	Bezeichnung	Araukarie	Laubholz
Braunfäule				
<i>Coniophora</i> spec.	Coniophoraceae	Kellerschwämme	8	3
<i>Antrodia (Polyporus)</i> spec.	Fomitopsidaceae (Polyporaceae)	Porenschwämme	2	0
<i>Leucogryphana</i> spec.	Coniophoraceae	Fältlingshaut	2	0
<i>Gloeophyllum (Lenzites)</i> spec.	Fomitopsidaceae (Polyporaceae)	Blättlinge	10	3
<i>Lentinus</i> spec.	Polyporaceae (Phaeolaceae)	Sägeblättlinge	4	1
<i>Fomes</i> spec.	Fomitopsidaceae (Polyporaceae)	Baumschwämme	1	0

Weissfäule

<i>Donkioporia (Phellinus und Poria)</i> spec.	Coriolaceae (Polyporaceae)	Porling Ausgebreiteter Hausporling	3	3
<i>Diplomitoporus</i> spec.	Chaetoporellaceae (Polyporaceae s. lato)	Grauender Porling		
<i>Ganoderma</i> spec.	Ganodermataceae	Lackporling	2	1
<i>Phellinus (Polyporus)</i> spec.	Phellinaceae (Hymenochaeta ceae)	Feuerschwamm	4	0
<i>Stereum</i> spec.	Stereaceae (Corticaceae s. lato)	Schichtpilze Rindenpilze	5	11
<i>Hyphoderma</i> spec.	Hyphodermata ceae (Corticaceae)	Dünnfleischiger Rindenpilz		
<i>Xylobolus</i> spec.	Stereaceae (Corticaceae s. lato)	Mosaik- Schichtpilz		
<i>Trametes</i> spec.	Phellinaceae (Hymenochaetaceae)	Trameten		1

Moderfäule

<i>Chaetomium</i> spec.	Chaetomiaceae	Moderfäulepilz	0	9
<i>Xylaria</i> spec.	Xylariaceae	Holzkeule		
<i>Paecilomyces</i> spec.	Trichocomaceae	Moderfäulepilz		

Holzverfärber

<i>Cladosporium</i> spec. <i>Auerobasidium</i> spec. <i>Alternaria</i> spec.	Macrospaarellaceae Deuteromyceten Pleosporaceae	Bläuepilze	28	10
<i>Penicillium</i> spec. <i>Aspergillus</i> spec. <i>Fusarium</i> spec. <i>Ceratocystis</i> spec.	Trichocomaceae Trichocomaceae Hypocreaceae Ophiostomataceae	Schimmelpilze		
<i>Trichodema</i> spec.	Hypocreaceae	Grüner Holzschimmel	3	0

Es folgen Beispiele für die Zerstörung von verbautem Holz durch Pilzbefall, geordnet nach den Fäulnistypen.

3.2.2.1 Braunfäule (Destruktionsfäule)

41 Fälle, 26 Araukarie und 15 Laubhölzer

Schadensbild

Braunverfärbung des Holzes, verbunden mit abnehmender Rohdichte und Festigkeit. Längs- und Querrisse im Holz und später feingliedriger Würfelbruch (Abb. 78) durch Brüche längs und quer zur Faserrichtung (Abb. 79). Am Ende kann das Holz mit der Hand pulverisiert werden.



Abb. 78. Braunfäule im Inneren eines Pfostens mit großem Würfelbruch. Holz *Tabebuia* spec. (Ipê)

Abb. 79. Braunfäule eines außenliegenden Fassadenbalkens mit Erdkontakt. Holz Araukarie (*Araucaria angustifolia*).

3.2.2.2 Weissfäule (Korrosionsfäule)

61 Fälle, davon 15 mit Weisslochfäule, 53 Araukarie und 8 Laubhölzer

Schadensbild

Das Holz löst sich in Faserbündel auf und lässt sich zerreiben. Bei widerstandsfähigem Material wird überwiegend der helle Teil der Hölzer (meist der Splintanteil) zerstört (Abb. 80). Bei der Weißlochfäule entsteht ein kleinräumiges, punktförmiges Holzabbau bild, welches im frischen Stadium weiss ist (Abb. 81), später durch den Einfluss von Mikroorganismen auch dunkel aussehen kann.



Abb. 80. Weissfäule in einer Schalung, wegen eines oberhalb eingefügten Metallteils durch Kondenswasser durchfeuchtet. Gewölbte Farboberfläche, Holz Araukarie

Abb. 81. Weisslochfäule an einem Dachbalken und Sparren, feucht durch eingedrungenes Regenwasser. Hölzer *Ocotea puberula* (Canela Pinho) und *Cryptocarya spec.* (Canela Branca)

Rotstreifigkeit

Bei etwa jedem dritten der Häuser mit Weissfäule-Befall wurde eine streifige, braunviolette bis rotbraune Verfärbung des Holzes entdeckt (Abb. 82), bei dem es nagelfest bleibt. An ständig befeuchteten Stellen sind dabei erhebliche Weissfäuleschäden zu erkennen (Abb. 83).



Abb. 82. Rotstreifigkeit im unteren Bereich einer Verschalung in Kontakt mit Kellermauerwerk. Holz *Araucaria angustifolia* (Araukarie).

Abb. 83. Rotstreifigkeit in der Nähe vom offenen Fundamentbereich. Holz *Araucaria angustifolia* (Araukarie).

Doppelbefall mit Braun- und Weissfäule

Beide Fäuletypen können im Gebäude nebeneinander vorkommen, oft nur kleinräumig. Dies tritt selten bei einer Verkleidung von Fassaden auf (Abb. 84), häufig dagegen bei tragenden Holzteilen (Abb. 85). Die Weissfäule wurde oft an Stellen mit Insektenbefall gefunden.



Abb. 84. Beide Fäuletypen dicht nebeneinander: Braunfäule an einer Fachwerkschwelle im Außenbereich und Weissfäule an Insektenbefallstellen (roter Pfeil).

Abb. 85. Pfosten im Innenbereich mit oben Braunfäule und unten Weissfäule.

Innenfäule

12 Fälle waren der Witterung ausgesetzte Holzteile, hauptsächlich Pfosten und Sparren, die stark durchfeuchtet wurden und nur langsam abtrocknen konnten (Abb. 87).

Schadensbild

Vorzugsweise wurde der innere Bereich eines Holzstückes abgebaut. Ein intakter äußerer Holzmantel blieb erhalten, so dass ein Bauteil von außen unversehrt erscheint (Abb. 86), obwohl die mechanischen Eigenschaften stark herabgesetzt sind.



Abb. 86. Schwelle eines Fachwerkhouses mit innerer Fäule entlang des ganzen Hauses, Braunfäule. Holz Laubholz, unbestimmt.

Abb. 87. Holzverbindung zwischen Eckpfosten und Schwelle aus hartem Laubholz. Innenfäule nur am Pfosten aus *Cordia spec.* (Louro), Schwelle aus *Piptadenia rigida* (Angico) intakt.

3.2.2.3 Moderfäule

9 Fälle (nur Laubhölzer)

Bei Erdbodenkontakt und bei Balkenköpfen im Dachstuhl mit wechselnder Durchfeuchtung. Sie kommt an Stellen vor, die weder Braun- noch Weissfäule aufweisen.

Schadensbild

Im nassen Zustand ist die Oberfläche schmierig (Abb. 88), im trockenen bildet sich an der Holzoberfläche (Abb. 89) ein feingliederiger Würfelbruch von etwa 1x1 mm.



Abb. 88. Moderfäule im Eckpfosten eines Fachwerkhause, ständig feucht. Nur die Holzoberfläche ist beschädigt. Holz *Maclura tintorica* (Tajauva)

Abb. 89. Aus einer großen Holzschindel mit Pilzschäden an der Oberfläche wurde eine Probe entnommen. Die darunter liegende Holzstruktur ist kerngesund. Holz *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva)

3.2.2.4 Holzverfärbung durch Bläue- und Schimmelpilze

51 Fälle, 49 Araukarie und 2 Laubhölzer

Bei der Hälfte dieser Fälle ist die Holzverfärbung offensichtlich durch mehrere Pilzarten entstanden.

Schadensbild

Alle Hölzer mit hoher Substratfeuchte und bei hoher Wärme können verschimmeln, vor allem an Orten mit geringer Luftbewegung. Die meisten Schäden einer Holzverfärbung werden durch die sogenannte Anstrichbläue (Abb. 91) verursacht. Über Lackschäden und konstruktive Fehler wird Wasser aufgenommen. Dieses

verteilt sich im Holzkörper und kann durch die Lackschicht nicht verdunsten. Pilzwachstum an der Holzoberfläche führt dann zum Abblättern des Lackes, was zunehmende Feuchte bedeutet und dadurch auch Fäulnis durch andere Pilze ermöglicht.

Verwitterung (Vergrauen des Holzes)

Einige Holzhäuser ohne schützenden Anstrich zeigen eine silbergraue Patina (Abb. 90). Das Zusammenwirken von Sonnenlicht (UV-Strahlung), Regenwasser (Auswaschung), Wind (Erosion) und die Wirkung von Mikroorganismen verfärbten das Holz.

Beteiligt sind Bläue-, Schimmel- und Hefepilze, Moderfäule und Bakterien

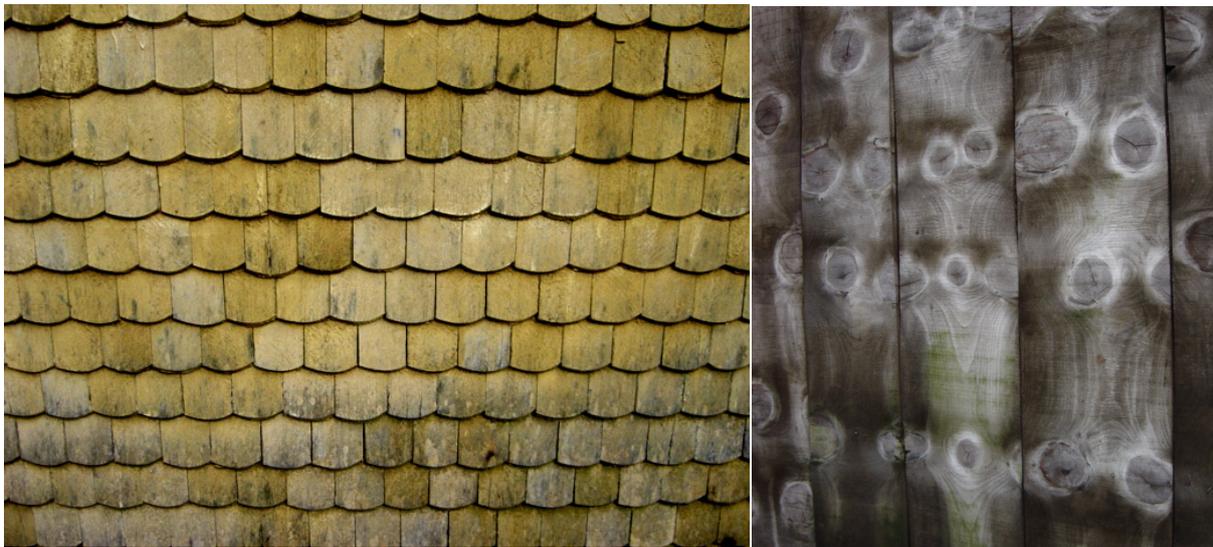


Abb. 90. Verwitterte, vergraute Schindeln mit silbergrauer Patina

Abb. 91. Araukarien-Fassade mit Verblauung, hauptsächlich im Bereich der Astnarben

Beispiele

Für die verschiedenen Typen von Pilzentwicklung folgen Photos von Befallsstellen.

Kellerschwämme (*Coniophora spec.*), (Abb. 92-95)

Brauner Kellerschwamm (wahrscheinlich *Coniophora puteana*)

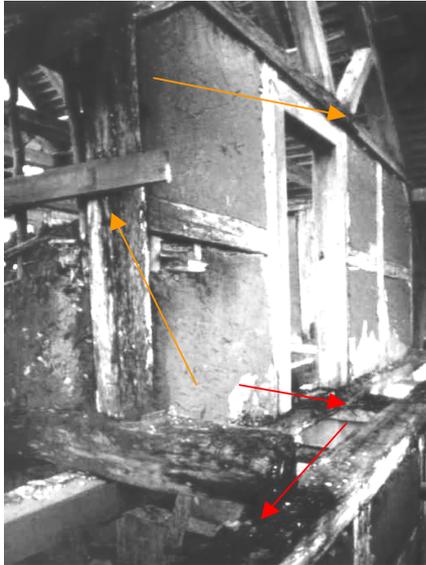


Abb. 92. Eintrockneter Fruchtkörper (roter Pfeil). Dunkelbraune Stränge (gelber Pfeil). Holz *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva).

Abb. 93. Eintrockneter Fruchtkörper an einem Balken im Keller. Weißer Rand und einige weiße Warzen.



Abb 94. Mycel (gelber Pfeil) und Stränge (roter Pfeil) unter Spinnengewebe an einem Fenster aus Araukarienholz.

Abb 95. Schwelle mit Braunfäule. Wurzelnähnlicher dunkler, fast schwarzer Strang vorhanden (roter Pfeil), schwach ausgeprägt. Fruchtkörper befinden sich im Innenbereich. Holz Araukarie

Blättlinge

Balkenblättling (*Goepholium spec.*), (Abb. 96 und 97)

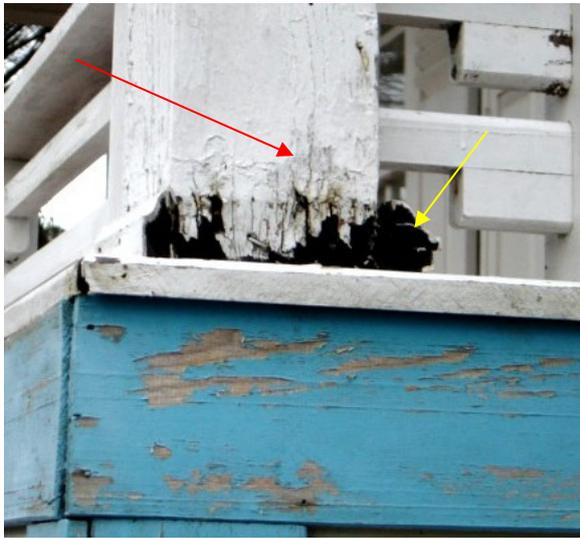


Abb. 96. Fruchtkörper (gelber Pfeil) mit Zonierungsvariationen der Oberseite, junge, helle Zuwachskanten. Von außen sind Wellen im Lack sichtbar (roter Pfeil).

Abb. 97. Innenfäule, kleinwürflige Brüche. Braunfäule. Das Oberflächenmycel ist auf Spalten und Ritzen beschränkt, hauptsächlich an der Veranda und Südfassade.

Zaunblättling (*Gloephyllum spec.*)
Sägeblättling (*Lentinus spec.*), (Abb. 98-101)

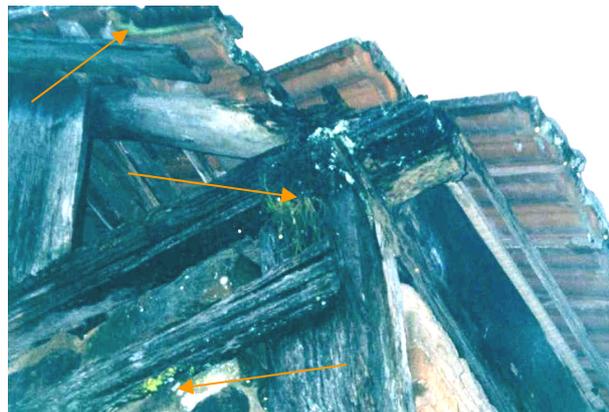


Abb. 98. Kernholz der Araukarien zerstört durch den Sägeblättling *Lentinus spec.* Mycel fein, samtig, dünnwandig. Braunfäule. Balkenkontakt zur Erde.

Abb. 99. Balkenblättling. Spärliches äußeres Mycel weiß, beige, orange bis hellbraun; helles Untermycel (Pfeile). Auf Laubholz und Giebelbrett. Holz Araukarie



Abb. 100. Wattiger gelber oder dunkler Fruchtkörper des Balkenblättlings an einem Fensterflügel. Braunfäule. Laubholz unbestimmt.

Abb. 101. Wattiger und gelber Fruchtkörper des Balkenblättlings. Braunfäule. Holz Araukarie

Fältlinge

(*Leucogryphana spec.*), (Abb. 102 und 103)



Abb. 102. Weißes, wattiges Mycel im Dachstuhl. Auch Schimmelpilze. An Holz und Ziegel flachliegende Fruchtkörper, scharf begrenztes Mycel (roter Pfeil). Gestrichene Balken mit Rissen im Lack und welliger Oberfläche (gelber Pfeil). Holz Araukarie.

Abb. 103. Haarartige, dunkle feine Stränge. Oft verzweigt und deutlich abgegrenzt (roter Pfeil). Deckend gestrichene Balken mit Rissen im Lack und welliger Oberfläche (gelber Pfeil).

Porenschwämme

(*Antrodia spec.*), (Abb. 104 und 105)



Abb. 104. An sehr feuchtem Holz sich entwickelnder Fruchtkörper eines Weissen Porenschwammes (*Antrodia spec.*) mit hellfarbener Braunfäule. Er dringt an der Schnittstelle von innen nach außen (rote Pfeile). Holz Araukarie.

Abb. 105. Oberflächiges Mycel eines Porenschwammes (roter Pfeil) auf einem durchfeuchteten Fachwerkbalken. Holz unbestimmt.

Ausgebreiteter Hausporling (wahrscheinlich *Donkiopora expansa*), (Abb. 106 u. 107)

Grauer Porling (*Diplomitoporus spec.*), (Abb. 108 und 109)

Feuerschwamm *Phellinus (Polyporus) spec.*, (Abb. 108, 110 und 111)



Abb. 106. Ausgebreiter Hausporling an Balken und Schwelle eines Fachwerkbaues (roter Pfeil) Deckend gestrichene Balken mit Rissen im Lack und welliger Oberfläche (gelber Pfeil). Doppelbefall mit Weiss- und Braunfäule im Gebäude. Laubholz unbestimmt.

Abb. 107. Weisse Stränge, eisblumenartig (roter Pfeil) der Ausgebreiter Hausporling. Nasses Holz mit starkem Käferbefall. Weissfäule sichtbar. Holz Araukarie



Abb. 108. Der Witterung ausgesetzter Dachabschluss. Sehr feucht. Weissfäule verursachender Feuerschwamm. Dämmwollartiges braunrötliches Oberflächenmycel (roter Pfeil). Grauender Porling auch möglich. Holz Araukarie.

Abb. 109. Verdeckte Fäuleschäden im gleichen Bau. Nasses Holz mit Käferbefall. Oberflächiger Mycelbelag im Innenbereich. Weissfäule sichtbar. Holz Araukarie.



Abb. 110. Innenfäule mit korkigem dunklen Fruchtkörper. Seltene Mycelform im Gebäude. Weissfäule. Vermutlich entstanden durch Feuerschwamm. Von außen sind Risse und Wellen im Lack sichtbar. Holz Araukarie.

Abb. 111. Innenfäule mit erheblicher Schädigung an vielen Fassaden aus Araukarienholz, hervorgerufen durch den Feuerschwamm oder Mosaik-Schichtpilz. Weissfäule und Holzverfärbung durch Schimmelpilze.

Schicht- und Rindenpilze (Abb. 112-115)



Abb. 112. Schichtpilz mit Weissfäule (*Stereum* spec.). Die Fruchtkörper liegen dem Holz flach an. Dachfussboden. Holz *Ocotea puberula* (Canela Pinho)

Abb. 113 Dünnefleischiger Rindenpilz an Araukarienbalken mit Erdtermitenbefall. Holz *Aspidosperma parvifolium* (Peroba rosa).



Abb. 114. Durchfeuchtung erkennbar mit abgeplatzter Lackschicht. Dünn und flach aufliegender Pilz (roter Pfeil), an den Kanten ist die Weißfäule sichtbar. Holz Araukarie

Abb. 115. Tür mit Pilzschaden. *Xyloborus* spec. Der Holzabbau ist an einem lackierten Holzteil hinter Verschaltungen verborgen. Weiss- und Braunfäule vorhanden.

Vorkommen von Pilzschäden an einzelnen Hölzern

Nicht nur einzelne Hölzer weisen einen spezifischen Pilzbefall auf, sondern bestimmte Arten habe ich verstärkt auf bestimmtem Holz festgestellt. Auch hier lassen sich Häufigkeiten im Holzbefall hinsichtlich der Bauelemente und der in ihnen nachgewiesenen Pilze ermitteln (Tab. 23).

Tab. 23. Befalls-Spektrum der einzelnen Hölzer mit Pilzen

Baumart	Fäulnistyp	Pilzgattung
<i>Araucaria angustifolia</i>	Braunfäule	
	Kellerschwamm Brauner Kellerschwamm Marmorierter Kellerschwamm	<i>Coniophora</i>
	Porenschwämme (Tramete) Weissen Porenschwammes Gelber Porenschwamm	<i>Antrodia</i>
	Fältlingshäute	<i>Leucogyrophana</i>
	Blättlinge Balkenblättling Sägeblättlinge Zaunblättling	<i>Gloeophyllum</i> <i>Lentinus</i> <i>Gloeophyllum (Lencites)</i>
	Weissfäule	
	Ausgebreiteter Hausporling Grauender Porling	<i>Donkioporia</i>
	Lackporling	<i>Ganoderma</i>
	Feuerschwamm (Weisslochfäule)	<i>Polyporus (Phellinus)</i>
	Schichtpilze	<i>Stereum</i>
	Dünnfleischiger Rindenpilz	<i>Hypoderma</i>
	Mosaik-Schichtpilz	<i>Xylobolus</i>
	Holzverfärbende Pilze	
	Blaufäule und Schimmelpilze	<i>Cladosporium</i> <i>Auerobasidium</i> <i>Alternaria</i> <i>Ceratocystis</i> <i>Penicillium</i>
	Grüner Schimmelpilz	<i>Trichoderma</i>

Laubhölzer

	Braunfäule	
<i>Aspidosperma parvifolium</i> <i>Ocotea spec.</i> <i>Cryptocaria spec.</i> <i>Apuleia leocarpa.</i>	Kellerschwamm Brauner Kellerschwamm Trockener Kellerschwamm	<i>Coniopora</i>
<i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Piptadenia rigida</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Cabralea canjerana</i>	Blättlinge Balkenblättling Zaunblätling	<i>Gloeophyllum (Lenzites)</i>
	Weissfäule	
<i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Maclura tintoria</i>	Ausgebreiteter Hausporling	<i>Donkioporia</i>
<i>Cordia spec.</i>	Lackporling	<i>Ganoderma</i>
<i>Cabralea canjerana</i> <i>Ocotea puberula</i> <i>Cryptocarya spec.</i>	Schichtpilze, Rindenpilze Dünnfleischiger Rindenpilz	<i>Stereum</i> <i>Hypoderma</i>
<i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Erythrina spec.</i> <i>Cordia spec.</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Tabebuia spec.</i>	Mosaik-Schichtpilz	<i>Xylobolus</i>
	Moderfäule	
<i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Piptadenia rigida</i> <i>Maclura tinctoria</i> <i>Cordia spec.</i> <i>Tabebuia spec.</i>	Moderfäulearten	<i>Chaetomium</i> <i>Xilaria</i> <i>Paecilomyces</i>
	Holzverfärbende Pilze	
<i>Cedrela fissilis</i> <i>Nectandra megapotamica</i> <i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Cordia spec.</i> <i>Myrocarpus frondosus</i> <i>Piptadenia rigida</i> <i>Cordia trichotoma</i> <i>Aspidosperma spec.</i> <i>Cordia trichotoma</i>	Blaufäule Schimmelpilze Grüner Schimmelpilz	<i>Cladosporium</i> <i>Auerobasidium</i> <i>Alternaria</i> <i>Ceratocystis</i> <i>Penicillium</i> <i>Trichoderma</i>

Pilzbefall wird allgemein an Araukarienholz vorgefunden, hauptsächlich diejenigen Arten, die zur Gruppe der Weissfäule und zu den Holzverfärbenden Pilzen gehören. Bei Laubhölzern dominiert dagegen die Gruppe der Braunfäulen wie Blättlinge und Kellerschwamm sowie Schicht- und Rindenpilze. Die Moderfäule kommt nur bei Laubhölzern vor.

Die am meisten befallenen Laubhölzer sind *Cordia spec.*, *Cordia trichotoma*, *Ocotea puberula*, *Cryptocarya spec.*, *Erythrina spec.* und *Aspidosperma parvifolium*.

Kaum oder nur an der Oberfläche und im Markanteil befallen sind *Piptadenia rigida*, *Myrocarpus frondosus* und *Maclura tinctoria*.

Kein Befall wurde bei *Vitex megapotamica* festgestellt.

Die Art der befallenen Pilze sowie die Intensität des Befalls sind vom Holz bzw. den Eigenschaften der für die jeweilige Konstruktion verwendeten Hölzer abhängig (Tab. 24).

Tab. 24. Von Pilzarten befallene Konstruktionsteile

Pilztypen	Vorkommen
Braunfäule	
Kellerschwamm	Mauerbalken, Unterbodenräume, Fundamentbereich, Erdgeschoss nahe Keller oder Halbkeller,
Brauner Kellerschwamm	durchfeuchteter Dachstuhl und bei Schwachstellen im
Trockener Kellerschwamm	Innenbereich. Nordseiten geringer.
Porenschwämme	An durchnässtem Holz von Dachstühlen und Kellern. Hinter der Verschalung meist verdeckt in Hohlräumen und in Ritzen und Spalten des befallenen Holzes. In fachwerkähnlichen Ständern zwischen Holzverschalungen.
Fältlingshäute	Entlang der Wasserleitungsrohre an der Fassade, in Hohlräumen unter Farbe bis zum Dach.
Blättlinge	Am häufigsten an Fassaden, sonnenexponierten Hölzern und an Waldrändern in bewitterten Bauteilen, Fenstern, Türen, Balken. Bei den Fachwerkhäusern hauptsächlich im Dachbereich.
Weissfäule	
Porlinge	Bei vielen Fenstern aus Araukarie, weniger bei Laubhölzern. Direkt der Witterung ausgesetzte Fassaden. Auch bei Innenverschalungen von Ständer- und Fachwerkhäusern.
Ausgebreiteter Hausporling	Dachböden mit extremer Feuchtebelastung. Verschaltes Araukarienholz in Küche, Bad und Keller.
Grauender Porling	An Innenwänden aus Araukarienbrettern, an Unterseiten von Dachüberständen.
Lackporling	Beim Rotstreifigkeit an der Fassade und unter Farbe wegen ungeeigneter Anstrichsysteme auf Araukarienholz.
Feuerschwamm	Nur an Fassaden aus Araukarienhölzern, Stoß- und Holzverbindungen an der Verkleidung. Auch zusammen mit Weisslochfäule an Innenwänden,

Schichtpilze und Rindenpilze

Dünnfleischiger Rindenpilz	Häufig an gut sichtbaren oder luftumspülten Bereichen unter Dach, hauptsächlich bei Dachlatten und Sparren, flach an der Oberfläche liegend.
Schichtpilz	Balkenmitte verfault (meistens Weisfäule). Vermutlich mit feuchtem Bauholz eingeschleppt.
Mosaik-Schichtpilz	Weisslochfäule in schlecht belüfteten Räumen, nassen Stellen im Dachboden und bei Hölzern mit Bodenkontakt.
Moderfäule	Ausschließlich bei Laubhölzern in nahezu allen Gebäudeteilen, die sich in ständigem Feuchtigkeitskontakt befinden, auch in Verbindung mit Schimmelpilzen und Bakterien. Schwellen, Eckpfosten und Fundamentpfosten. In Erdkontaktbereichen. Auch in archäologischen Holzfunden in Missões.

Holzverfärbende Pilze

Schimmelpilze	An Außenteilen ohne ausreichende Dachüberstände, besonders bei nassem, ungenügend getrockneten Holz unter Luftabschluss und mit diversen Konstruktionsmängeln, z. B. Kondenswasser im Sanitärbereich und Anbauten.
Blaufäule	Fassaden unter ungeeigneten Anstrichsystemen.
Grüne Holzschimmel	In und in der Nähe von Bädern, an Fußleisten, Fassaden im Erdbereich, Unterseiten von Dachüberständen, lackierten Holzteilen von Fenstern.

Entsprechend ihrer Häufigkeit wurde an folgenden Schadstellen vielfach Pilzbefall festgestellt:

1. Dachstuhl, Dachsparren
2. Holz mit Erdkontakt
3. Holzverbindungen
4. Holz neben Abflüssen, Wasserleitungen und Dachfenstern
5. Holz unter schlecht gepflegten Außenhüllen (Dachrinnen, Anstriche)
6. Holzkonstruktionen in Bad-, Fußleisten, Küche und Toilette sowie Anbauten
7. Unterseite von Dachüberständen, nahe Regenwasserleitung
8. Hölzer in Kellern und Außenmauerwerken

An vielen Schadstellen wie an der Scheunendecke Panke (Abb. 108) sind mehrere Pilzarten vorhanden. Die unterschiedlichen Merkmale wie Fruchtkörper oder Mycel sind nicht immer sichtbar (Abb. 116) und bei historischen Bauten zur Probenentnahme meist unzugänglich.



Abb. 116. Beispiel für eine Ansammlung verschiedener Rinden-, Schicht- und Schimmelpilze (*Trichotema* spec. und *Aspergillus* spec.). Mycel samtartig bis seidig, nicht geschichtet. Pilzart unbestimmt. Holz *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva).

Zum Pilzbefall kann zusammenfassend gesagt werden:

Pilze benötigen Feuchtigkeit. Von einer bestimmten Holzfeuchte an, etwa oberhalb von ca. 15%, habe ich einen Befall mit Braune Kellerschwamm und Blättingen festgestellt. Die höchste Holzfeuchte habe ich bei Befall mit Porenschwamm, Feuerschwamm und Fältlingshaut gemessen. Da die historischen Holzbauten überwiegend nicht mehr optimal in Ordnung gehalten werden, sind heute fast überall durchfeuchtete Holzteile zu finden, und deswegen auch ein insgesamt verbreiteter Befall mit Pilzen. Dazu kommt, daß vor allem früher vielfach noch nasses Holz in Bauten verarbeitet wurde.

Auch der Bewuchs vieler Holzdächer und Fassaden mit Flechten und anderen Pflanzen ist stets ein Hinweis auf eine hohe Holzfeuchte. Dies wird daher nachstehend kurz behandelt.

3.3 Bewuchs mit Flechten, Algen und sonstigen Pflanzen

34 Fälle, 28 Araukarie und 6 Laubhölzer

Die unteren Bereiche von Fassaden und Holzdächern sind nicht selten mit Flechten bewachsen (Abb. 117). Eine direkte Schädigung geht von den Flechten nicht aus. Ein dichter Bewuchs verhindert allerdings eine schnelle Abtrocknung von bewitterten Holzteilen und führt dadurch sekundär zu Schäden durch Verpilzung (Abb. 118).



Abb. 117. Flechtenbewuchs, der sich nur in Höhe des Spritzwassers ausbreiten konnte. Holz Araukarie. Fazenda Fogaça, São Francisco de Paula.

Abb. 118. Holzwand mit Flechtenbewuchs und Pilzen im Unterbereich mit großem Abstand zur Erdzone. Langsamer Holzabbau. Holz Araukarie, Casinha dos Pesquisadores, Pró-Mata.

Es wurden 34 Fälle aufgenommen, davon 28 mit Araukarienholz und 6 mit Laubhölzern. Flechten, z. B. *Cladonia spec.*, sind an Araukarienholz 17 mal und an Laubhölzern 11 mal vorgekommen.

Insgesamt ist Pflanzenbewuchs auf Holz in historischen Bauten hinsichtlich Schädigung von nur sekundärer Bedeutung.

3.4 Abiotische Faktoren als Voraussetzung für Holzschädigung

Viele xylophage Organismen können Holz nur dann angreifen, wenn es nicht zu trocken ist. Daraus folgt, dass Durchfeuchtung an verbaulichem Holz oftmals eine Schädigung zur Folge hat. Als Ursachen kommen zunächst Fehler in der Bauausführung in Frage. Außerdem später vorgenommene Veränderungen durch Um- und Einbauten (Abb. 119-126).

Klimatisch bedingt sind Veränderungen der Holzoberfläche an Fassaden, vor allem durch Besonnung und Hitzenetwicklung im Sommer an den Nordseiten der Gebäude. Wenn dort außen Metallteile angebracht sind, oder in der Dachfläche, können lokal extrem hohe Temperaturen erreicht werden.

Schließlich sind unzureichende Pflege und fehlende Reparaturen zu nennen, speziell bei der Dachentwässerung.

Folgende Mängel mußte ich wiederholt feststellen:

1. Konstruktionsfehler
2. Sekundäre Veränderungen durch Um – und Anbauten
3. Nicht reparierte Schäden und mangelnde Instandhaltung
4. Durchnässung wegen unsachgemäßer Einbauten wie Duschen
5. Falsche Unterhaltsmaßnahmen, speziell durch Anstriche
6. Große Nähe zu Bäumen und Nachbargebäuden

Schließlich können chemischen Holzkorrosion durch Salzauslaugung aus Dachziegeln oder Ziegelsteinen sowie eine Einwirkung wässriger Holzschutzmittel bei schon sanierten Holzbauten auftreten. Solche Situationen sollen durch wenige Photos beispielhaft vorgestellt werden.



Abb. 119. Haus Neni in Antônio Prado, Araukarienholz. Neuschäden sind durch unsachgemäße Oberflächenbehandlung, hauptsächlich dicke Farbe und Blechaufbringung ohne Schräge entstanden. Das Haus wurde vor 8 Jahren restauriert, die Holzteile im Fundamentbereich dabei ersetzt.

Abb. 120. Haus Ampessan, Antônio Prado, Araukarienholz. Dachschäden wegen zerbrochener Ziegel und Schäden an Dachrinnen.



Abb. 121. Haus Cons, Blockbauweise aus Araukarienholz, Flores da Cunha. Häßlicher Anbau aus einfachem Ziegelmauerwerk sowie Einbau von Duschen und anderen Nassteilen ohne Schutzmaßnahmen. Nunmehr sehr nah am Nachbarhaus.

Abb. 122. Dasselbe Haus erhielt ein vereinfachtes neues Dach mit Zinkblechabdeckung, nicht richtig belüftet, oft stark überwärmt. Leichtsinnig verlegte Elektroinstallation mit häufigen Kurzschlüssen erhöht die Feuergefahr.



Abb. 123. Casa da Neni, Antônio Prado. Erstes Nationaldenkmal in der Region. Der Brand entstand zufällig während meiner Bestandsaufnahmen durch Mängel der Elektroinstallation. Innerhalb von nur zwei Monaten haben aus ähnlicher Ursache 3 historische Häuser in dieser Stadt gebrannt.

Abb. 124. Detail der Brandschäden in diesem Haus.



Abb. 125. Treppenanbau direkt neben Schalung. Hinter der Holzverschalung sind erhebliche Pilzschäden entstanden. Dichter Anstrich unterstützt oft Schädigungen. Das Haus wurde ein Jahr zuvor saniert. Araukarienholz. Antonio Prado.

Abb. 126. Fachwerkhäuser Bender, Rio Pardo, Santa Cruz. Defektes Schwellholz durch Beton ersetzt.

3.5 Schäden an verbautem Holz

Die Holzerstörung durch xylophage Organismen besteht auf der Ebene der Anatomie in einer Desorganisation der typischen Strukturen, die eine Festigkeit des Holzes bedingen. Dies kommt bei pilzlichem Befall durch das Einwachsen von Hyphen zustande, bei Insektenbefall durch Fraßgänge von Larven oder Aushöhlungen für Brutnester.

In die mikroskopischen Untersuchungen wurden auch diverse Proben aus beschädigtem Holz einbezogen. Hier sollen nur einige typische Schadbilder von Araukarien- und Laubbaumhölzern vorgestellt werden, die anhand von Schnittpräparaten eine Zerstörung der Holzanatomie zeigen.

Bei der Auswahl der Proben hat mir in einigen Fällen Herr Benjamin Panke († 2006) bei seinen Gebäuden in Rio Pardiniho wichtige Hinweise gegeben (Abb. 127 und 128).



Abb. 127. Ein 80 cm breites Kernholzbrett aus *Myrocarpus frondosus* (Cabreúva), schon seit zwei Generationen bevorzugtes Bauholz dieser Familie, wird mir von Herrn Benjamin Panke im März 2003 gezeigt. Auf dem Dachboden der Scheune. Rio Pardiniho, Santa Cruz do Sul.

Abb. 128. Kernholzbalken aus *Piptadenia rigida* (Angico), mehr als 150 Jahre alt, witterungsbeständig, zeigt nur wenige Schäden durch Käfer, kein Termitenbefall, obwohl nahe dabei ein Nest. Fachwerkaus Panke, im gleichen Ort.

Beispiele

Präparate von stark abgebautem Araukarienholz (Abb. 129-132)

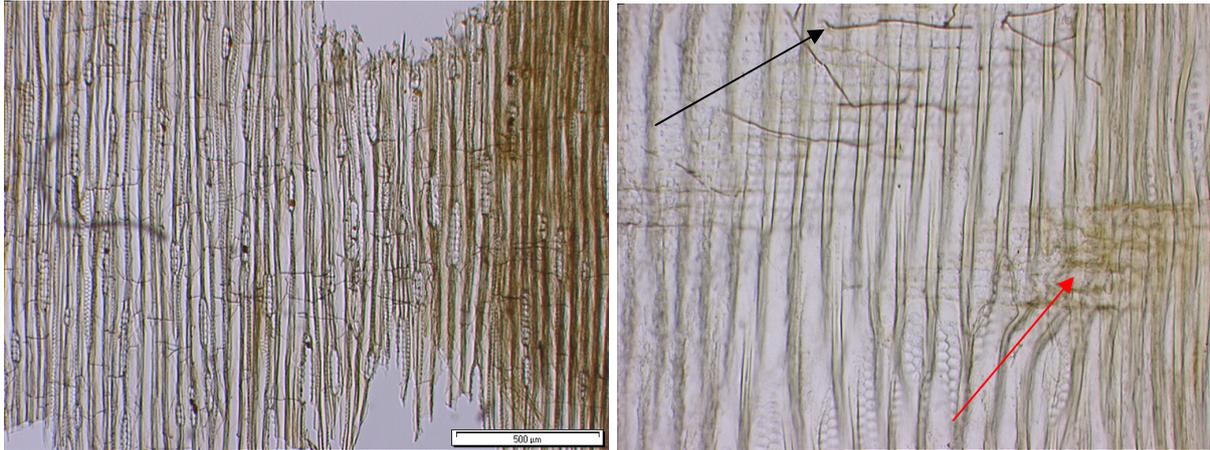


Abb. 129. *Araucaria angustifolia*, Braunfäule. Im Tangentialschnitt ist zu erkennen, daß überall Pilzhypfen vorhanden sind. Casinha dos pesquisadores, Pró-Mata, São Francisco de Paula.

Abb. 130. Gleiche Probe im Radialschnitt, wiederum durchzogen von zahlreichen Hyphen (schwarzer Pfeil), auch im Bereich von araucaroiden Kreuzungstüpfeln (rote Pfeil).

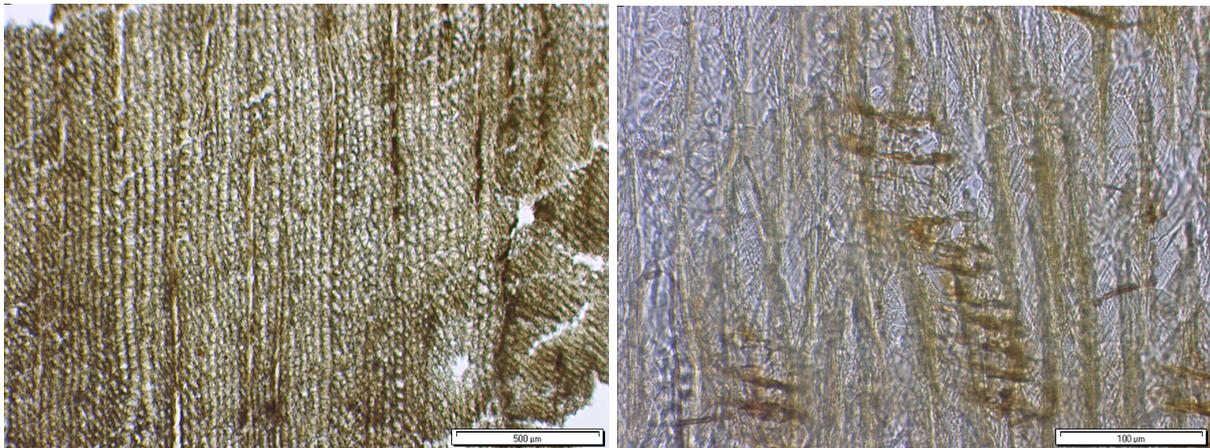


Abb. 131. *Araucaria angustifolia*, Querschnitt. Termitenfraß durch *Nasutitermis aquilinus*. Präparat mit Schäden durch Spanngsrisse. Casa Bender, Boa Vista.

Abb. 132. Gleiche Probe, Radialschnitt. Holzstruktur völlig zerstört, kaum noch Details erkennbar.

Es folgen Präparate von stark geschädigtem Laubholz verschiedener Baumarten (Abb. 133-140)

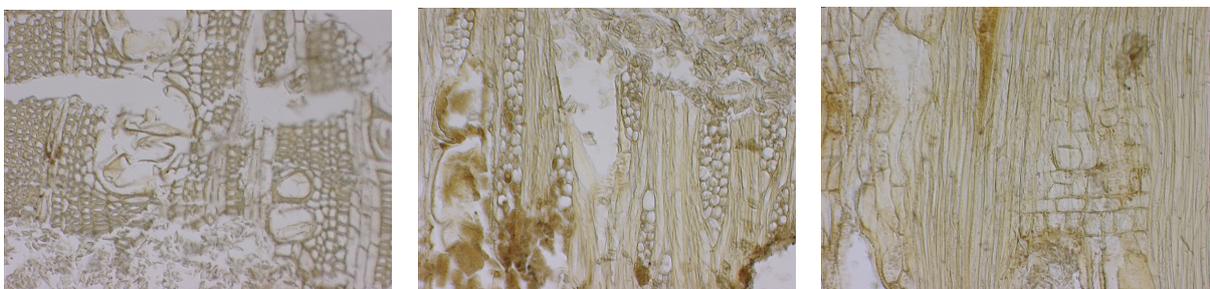


Abb. 133. *Ocotea puberula* (Canela branca), Querschnitt. Käferfraß durch mehrere Anobien-Arten hat das Holz zerstört. Balken im Dachgeschoß, Haus Fillipon, Baujahr 1885, Monte Belo do Sul.

Abb. 134. Gleiche Probe, Tangentialschnitt.

Abb. 135. Gleiche Probe, Radialschnitt.

In bestimmten Balkenbereichen können auch dauerhafte Hölzer erhebliche Schädigung durch Insektenbefall aufweisen.

Beispiel

Probe Nr. 38 (07-2005), Westfassade Haus Fillipon, Baujahr 1885, Monte Belo do Sul.

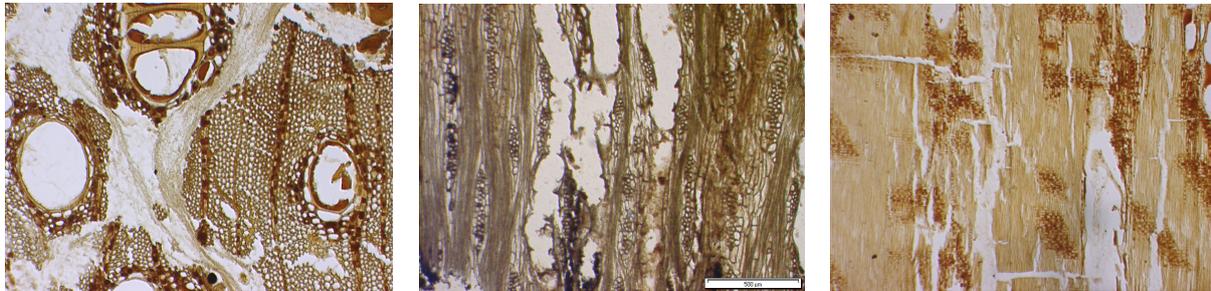


Abb. 136. *Piptadenia rigida* (Angico), Längsschnitt. Schwelle eines Ständerbaus. Insektenfraß durch Termiten (*Cryptotermes brevis*) und Käfer (*Xestobium rufovillosum*). Holzstrahlen und paratracheales Parenchym abgebaut. Haus Fillipon, Monte Belo do Sul.

Abb. 137, gleiche Probe, Querschnitt.

Abb. 138. Gleiche Probe, Tangentialschnitt.



Abb. 139. *Cordia trichotoma* (Louro Freijó). Tangentialschnitt. Braunfäule und Termitenfraß. Tracheen desorganisiert, Hyphen in den Holzstrahlen. Stützholz einer Fachwerkküche, Baujahr 1840-50, Teufelsloch.

Abb. 140. Kernstück *Piptadenia rigida* (Angico), Balken der Sägerei Panke. Innenbereich durch Käfer befallen. Risse im Holzstrahlenbereich sind oft Eingangstor für Insekten

Von Insekten und Pilzen stark befallene Hölzer sind: *Ocotea spec.* besonders *Ocotea puberula*, *Cabraela canjerana*, *Cordia trichotoma*, *Aspidosperma parvifolium* und *Araucaria*.

Als widerstandsfähig gegen Pilzbefall erwiesen sich *Vitex megapotamica*, *Patagonula americana* und *Parapiptadenia rigida*, gegen Insektenfraß mit Ausnahmen wie Mark- und Holzstrahlenbereich *Myrocarpus frondosus*, *Parapiptadenia rigida* und vor allem *Patagonula americana* und *Vitex megapotamica*.

3.6 Schadstellen in Häusern verschiedener Bauweisen

1. **Position** feuchter und beschädigter Holzteile 

2. Pilzbefall

Braunfäule  Blättlinge, Sägeblättlinge, Kellerschwamm, Porenschwamm

Weissfäule  Feuerschwamm, Wurzelschwamm bei Rotfäule, Grauender Porling, Ausbreiteter Hausporling oder Schichtpilze und Rindenpilze

Moderfäule 

Holzverfärbende und Schimmelpilze sowie Flechten 

3. Insektenbefall

Termiten ●
Trockenholztermiten
Erdtermiten und Baumtermiten
Unterirdische Termiten - . - . - . - .

Käfer

Cerambycidae ●

Scolytidae und Platypodidae ●

Lyctidae ●

Anobiidae ●

Dermeestidae und Tenebrionidae ●

Hautflügler und andere Insekten ●

Wespen und *Bienen*

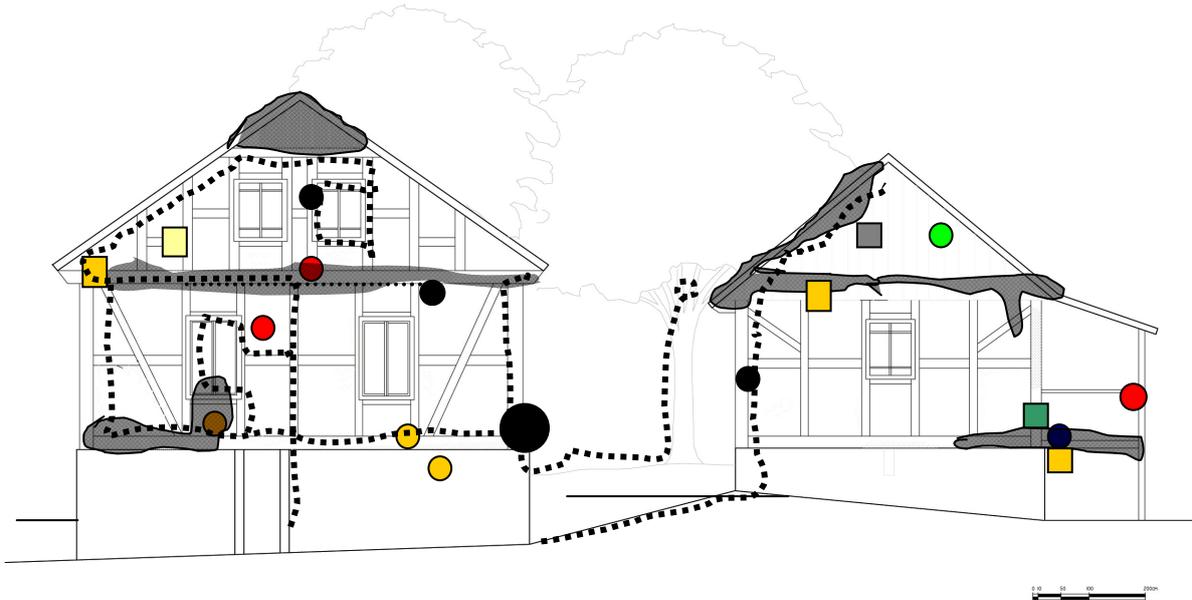


Abb. 141. Fachwerkbau, Haus mit Küchengebäude nebenan



Abb. 142. Rahmenbauweise mit Verschalung

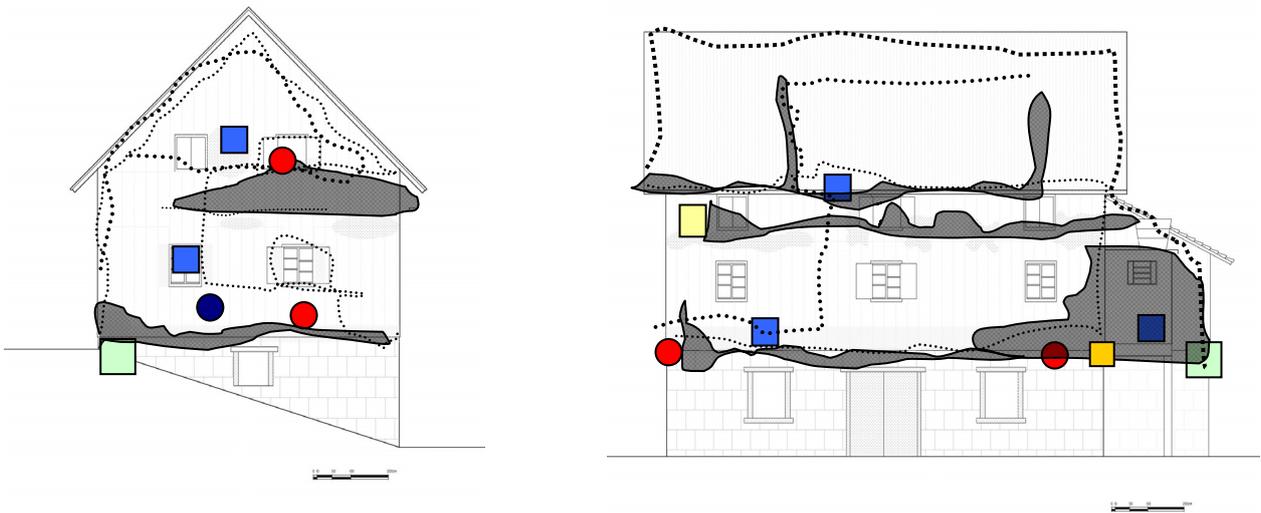


Abb. 143. Rahmenbauweise mit Verschalung, italienisches Haus mit Steinkeller

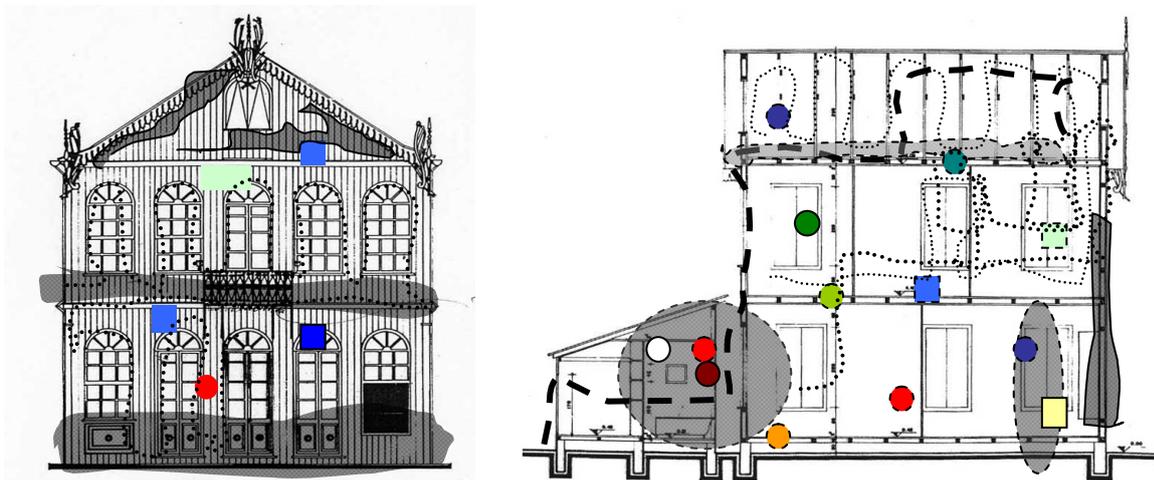


Abb. 144. Skelettbauweise mit Holzverschalung, Stadthaus

4. Diskussion

Die Ziele dieses Promotions-Vorhabens konnten erreicht werden. An einer repräsentativen Stichprobe von über 200 alten Häusern wurde erstmals nachgewiesen, welche Hölzer in Rio Grande do Sul als Baumaterial verwendet wurden. Der Zustand der Holzkonstruktionen läßt eine baldige Restaurierung wünschenswert erscheinen, denn viele Gebäude besitzen unzweifelhaft Denkmalwert und sollten daher in die Liste der schützenswerten Kulturgüter aufgenommen werden. Die an fast 100 historischen Bauten durchgeführte detaillierte Zustandsanalyse erbrachte nicht nur Mängellisten, sondern erstmals auch eine Bestandsaufnahme der Ursachen von Holzschäden. Zahlreiche xylophage und einige xylophile Insekten konnten nachgewiesen werden, vor allem Termiten wurden als häufige Bauholzschädlinge erkannt. Darüber hinaus wurden viele Fäulnisschäden an verbautem Holz diagnostiziert, vor allem an Stellen mit hoher Durchfeuchtung. Die zahlreichen Einzelbefunde erforderten einen hohen Aufwand in der Auswertung, sie werden hier für die untersuchten Teilfragen diskutiert.

4.1 *Die Verwendung und der Zustand von Bauholz in historischen Bauten von Rio Grande do Sul*

Die Existenz von Gebäuden mit einem hohen Anteil von Holzkonstruktionen ist für ganz Südbrasilien den Experten der Denkmalpflege zwar bekannt, es fehlte bislang jedoch ein Monitoring mit Erhebung wichtiger Daten: Das Holz welcher Baumarten wurde als Baumaterial wie häufig eingesetzt? In welchem Zustand befinden sich die verbauten Holzteile? Welche Schäden sind erkennbar, und wie entstanden sie? Dies bei einer repräsentativen Zahl von Gebäuden in verschiedenen Siedlungsgebieten europäischer Einwanderer zu erfassen, war das Ziel meiner Doktorarbeit.

Die Ergebnisse sind in gewisser Weise bestürzend. So gut wie alle der über 200 inspizierten alten Bauten weisen im verbauten Holz beträchtliche Schäden auf. Bei knapp 100 Gebäuden konnte ich diagnostizieren, wie dies im Einzelnen aussieht, und vor allem, wodurch die Schäden entstanden sind. Erwartungsgemäß ergaben sich regionale Unterschiede, aber auch bei den Hölzern spezifische Befallsstärken mit den verschiedenen holzzerstörenden Organismen. Diese Befunde werden unter Berücksichtigung der bislang spärlichen brasilianischen Literatur diskutiert.

4.2 *Die Hölzer in historischen Bauten*

Bislang fehlte eine Bestandsaufnahme der in Rio Grande do Sul insgesamt als Material bei historischen Bauten genutzten Hölzer und deren Zuordnung zu Baumarten. Auf die Notwendigkeit einer solchen Zusammenstellung wies bereits von Ihering (1885) hin. Ihm ging es um Empfehlungen für neuankommende deutsche Auswanderer, denen er Mißerfolge bei Auswahl falscher Hölzer ersparen wollte. Dieses Buch erschien in der Zeit der zweiten großen Welle deutscher Kolonisation des Landesinneren von Südbrasilien. Zuvor hatten die ersten Siedler sich wohl eher an die Beispiele und Auskünfte der indianischen Einwohner gehalten.

Hierfür sind die Holzreste der Jesuiten-Reduktionsbauten in São Miguel das Missões ein schönes Beispiel. Ich konnte erstmals nachweisen, daß dort neben Araukarienh Holz und *Cedrela fissilis* (Cedro) für Holzskulpturen und ähnlichem bei sämtlichen Konstruktionen baulicher Art ausschließlich *Tabebuia spec.* (Ipê)

verwendet wurde. Bis jetzt wird diese bauliche Tradition von Zimmerleuten in Rio Grande do Sul gepflegt, dieses Holz ist nach wie vor begehrt.

In seinen Abhandlungen über vorwiegende Holzverwendung im Bau wies Paiva (1998, 1999) darauf hin, daß heutzutage nicht mehr die früher überall verfügbaren Hölzer eingesetzt werden können, vorwiegend wegen der großflächigen Entwaldung. Die gilt insbesondere für die einst riesigen Araukarien-Wälder auf der Serra Geral (Engels 2003).

Diesen Gesichtspunkt betonte auch Zenid (2000). Er verwies auf die Rodungen im gesamten Areal der Mata Atlântica, das heute dicht besiedelt ist. Die seiner Ansicht nach früher dominierenden Bauhölzer Araukarie und *Aspidosperma parvifolium* (Peroba rosa) seien exploitiert, was zutrifft. Darüber hinaus dienten im Süden noch viele andere Baumarten als Bauholz, dies erwähnte er nicht. Auf die historischen Bauten in Rio Grande do Sul ging er nicht ein, denn dort wurden, wie ich zeigen kann, hauptsächlich außer Araukarien noch viele andere Hölzer als Peroba eingesetzt, beispielsweise in großem Umfang *Parapiptadenia rigida* (Angico). In nicht seltenen Fällen konnte ich bis zu 8 Hölzer im gleichen Bauwerk nachweisen. Dies weist auf die großen handwerklichen Kenntnisse und Fähigkeiten der alten Zimmerleute hin.

Meine umfangreichen und systematischen Recherchen ergaben zwar eine flächendeckende Nutzung von Araukarienholz zu Bauzwecken für ganz Rio Grande do Sul, im Einzelnen aufgezeigt für meine vier Untersuchungsregionen. Darüber hinaus konnte ich aber die Verwendung von Holz weiterer 18 Laubbäume für die verschiedensten Konstruktionen belegen. Diese Vielseitigkeit in der Verwendung von Bauholz war für historische Häuser bislang noch nicht dokumentiert worden. Da die Araukarie als „lebendes Fossil“ (Hampp et al. 2000) nach den großflächigen Rodungen zwischen 1960 und 1985 endlich in 1989 unter gesetzlichen Schutz gestellt wurde, ist Araukarienholz nur noch aus Plantagen verfügbar, und damit rar und für Bauzwecke recht teuer geworden. Daher werden künftig auch Probleme bei einer materialgerechten Restaurierung von Baudenkmalern entstehen können.

Die Kenntnisse der heutigen Bewohner über die Nutzung von Hölzern im Bauwesen habe ich erstmals durch umfangreiche Befragungen ermittelt. Deren Ergebnis konnte in den Laboruntersuchungen zur Holzidentifizierung weitgehend bestätigt werden.

4.3 Was war über Dauerhaftigkeit einzelner Hölzer bekannt?

Angaben über die allgemeinen Eigenschaften der Hölzer brasilianischer Bäume sind in den Werken von Reitz et al. (1988), Maineri & Chimelo (1989) sowie insbesondere Backes et al. (2002) und Marchiori (2002) zusammengefaßt. Das letztgenannte Buch ist schwerpunktmäßig der Identifizierung der Baumarten von Rio Grande do Sul gewidmet, es war für mich eine große Hilfe. Die meisten Hinweise auf Bauholz und sonstige Verwendungen finden sich bei Reitz et al. (1988) und Maineri & Chimelo (1989), die auch eine Beständigkeit gegen Termiten und sonstige Xylophage erwähnten.

Meine Untersuchungen haben ergeben, daß zwar alle Hölzer von Insekten und Pilzen angegriffen werden können, dies aber von verschiedenen Randbedingungen abhängt, in erster Linie einer Durchfeuchtung. Relative Dauerhaftigkeit hängt

erwartungsgemäß mit der Holzhärte zusammen. Hinweise auf z. B. Termitenresistente Hölzer konnte ich jedoch nicht finden. Die Widerstandsfähigkeit bestimmter Hölzer gegen xylophage Insekten hängt von vielen Faktoren ab, darunter auch der Holzchemie (Sjöström 1993). Gesicherte entsprechende Befunde über das Holz brasilianischer Baumarten liegen jedoch noch nicht vor (Stumpff 2007).

4.4 *Wie umfangreich sind die Schäden an verbautem Holz?*

Die Bestandsaufnahmen an über 200 historischen Häusern, von denen ich knapp die Hälfte genauer untersucht habe, ergab ein bestürzendes Bild: Fast alle alten Bauten weisen erheblich Schäden im Holz auf (Tab. 28, Anhang). Teilweise befinden sie sich bereits in einem Sanierungsmaßnahmen akut erfordernden Zustand. Nur zwei Häuser waren (noch fast) ohne Holzschädigung in gutem Zustand, und zwar aufgrund technisch einwandfreier Konstruktionen, guter handwerklicher Holzgewinnung und Ausführung sowie fortlaufend richtiger Unterhaltsmaßnahmen.

Über historische Holzbauten in Rio Grande do Sul gibt es zwar einige Literatur, die entsprechenden Werke behandeln jedoch im Wesentlichen die durchaus interessante Frage, wie z. B. die deutschen Einwanderer ihre Häuser in Südbrasilien an die dortigen klimatischen und sonstigen Verhältnisse anpaßten. Nur in wenigen Veröffentlichungen wurde beachtet, welche der lokal verfügbaren Hölzer auch für welche Zwecke diese Hölzer im Bau verwendet wurden (Weimer 1983a, b). Die inzwischen in Gebäuden durchaus erkennbaren Schäden im verbauten Holz wurden nicht besonders berücksichtigt, was ein Grund für meine Studien war.

Mit den Bauten der italienischen Immigranten, speziell deren Nutzung von Araukarienholz, befaßten sich Bertussi (1983) und Posenato (1983). Sie beschrieben die Behandlung und Verwendung dieses Baumaterials, das in den Gegenden der italienischen Siedlungen zu großflächigen Rodungen der Araukarienwälder führte. Wiederum blieben die Holzschäden unbeachtet.

In den letzten Jahren wurde vereinzelt eine Sanierung bedeutender Holzbauten geplant, wobei die damit befaßten Architekten und Denkmalpfleger selbstverständlich auch die Schädigung von Holzkonstruktionen feststellten, jedoch keine begründeten Empfehlungen für Restaurationen zu Rate ziehen konnten. Denn dazu gibt es noch keine Veröffentlichungen, die zusammengestellten Dossiers der Auftragnehmer liegen jedoch in den Akten des Denkmalamtes in Porto Alegre sowie den kommunalen Verwaltungen, wo ich vieles einsehen konnte. Es existiert zu diesem Problemkreis nur die Veröffentlichung von Santini (1986), in der Holzschäden lediglich allgemein behandelt wurden. Meine Dokumentationen belegen erstmals den erheblichen Umfang der Schädigungen und damit die Notwendigkeit, alsbald zumindest die vorrangig denkmalwerten Gebäude zu sanieren.

Nicht nur die unmittelbar erkennbaren Holzschäden in den alten Gebäuden waren während meiner Feldstudien klar diagnostizierbar, auch die histologischen Analysen im Hamburger Labor haben die Holzzerstörung durch Insekten- und Pilzbefall gezeigt. Vergleichbare Befunde liegen auch über verbautes Holz aus Mitteleuropa und speziell aus Deutschland vor (Fengel & Wegener 1989).

4.5 Welche Organismen haben verbautes Holz geschädigt oder sogar zerstört?

Wie in allen Tropenländern verursachen auch in Brasilien und speziell in Rio Grande do Sul besonders Termiten immense Schäden mit erheblichen wirtschaftlichen Verlusten (Fontes 1995, 1996 Milano & Fontes 2002, Costa-Leonardo 2002). Die von Trockenholztermiten verursachten Schäden hob Fontes (1995) für Rio Grande do Sul hervor, was aktuell von Stumpp (2007) bestätigt werden konnte. In einem speziellen Symposium über biologische Kontrolle von Termiten in Bauten vor Ort in Antonio Prado und Caxias do Sul, das ich mit organisiert habe, wurde von Dr. Hertel von der BAM Berlin die Art *Cryptotermes brevis* identifiziert. Kolonien aus einem damals sanierten Fachwerkhaus in Alt-Hamburg habe ich 1992 nach Berlin gebracht, seitdem werden von Dr. Hertel und Mitarbeitern Experimente durchgeführt, die in Kooperation mit dem Biotechnologischen Institut der Universität von Caxias do Sul auch eine Suche nach natürlichen Repellentien einschließen.

Meine Untersuchungen ergaben, daß Termiten und speziell *Cryptotermes* in großem Umfang verbautes Araukarienholz geschädigt haben, außerdem weitere nicht zu harte Laubhölzer (Tab. 29, Anhang). Konstruktiv verwendetes Laubholz wurde nach meinen Erhebungen vielfach von *Nasutitermes*-Kolonien angegriffen. In Araukarienholz konnte ich sie nicht finden. Dies wurde bisher nicht in diesem Ausmaß von anderen Untersuchern festgestellt (Fontes 1996).

Sonstige Termiten werden in Rio Grande do Sul in letzter Zeit vermehrt als Schädiger von verbaulichem Holz festgestellt, was sich mit meinen Beobachtungen deckt. Dies gilt übrigens auch für die Nachbarländer Uruguai und Argentinien (Fontes 1996). Interessant ist dabei, daß es in Rio Grande do Sul auch regionale Unterschiede in der Aktivität der verschiedenen Termiten-Gruppen gibt, die teils auch den relativen Befall von Nadel- und Laubholz betreffen (Abb. 155). Auffallend ist die hohe Zahl von Schäden im Laubholz in der Region 2. Welche ökologischen Präferenzen einzelner Termiten-Arten dieses Spektrum beeinflussen, ist im Ergebniskapitel ausführlich besprochen worden. Gerade für einen Befall durch Termiten spielen nämlich zahlreiche Faktoren eine entscheidende Rolle. Holzfeuchte ist für viele Arten Voraussetzung, durch Pilzbefall vorgeschädigte Teile werden wohl auch deshalb stark angegriffen, weil das Holz bereits an Konsistenz eingebüßt hat.

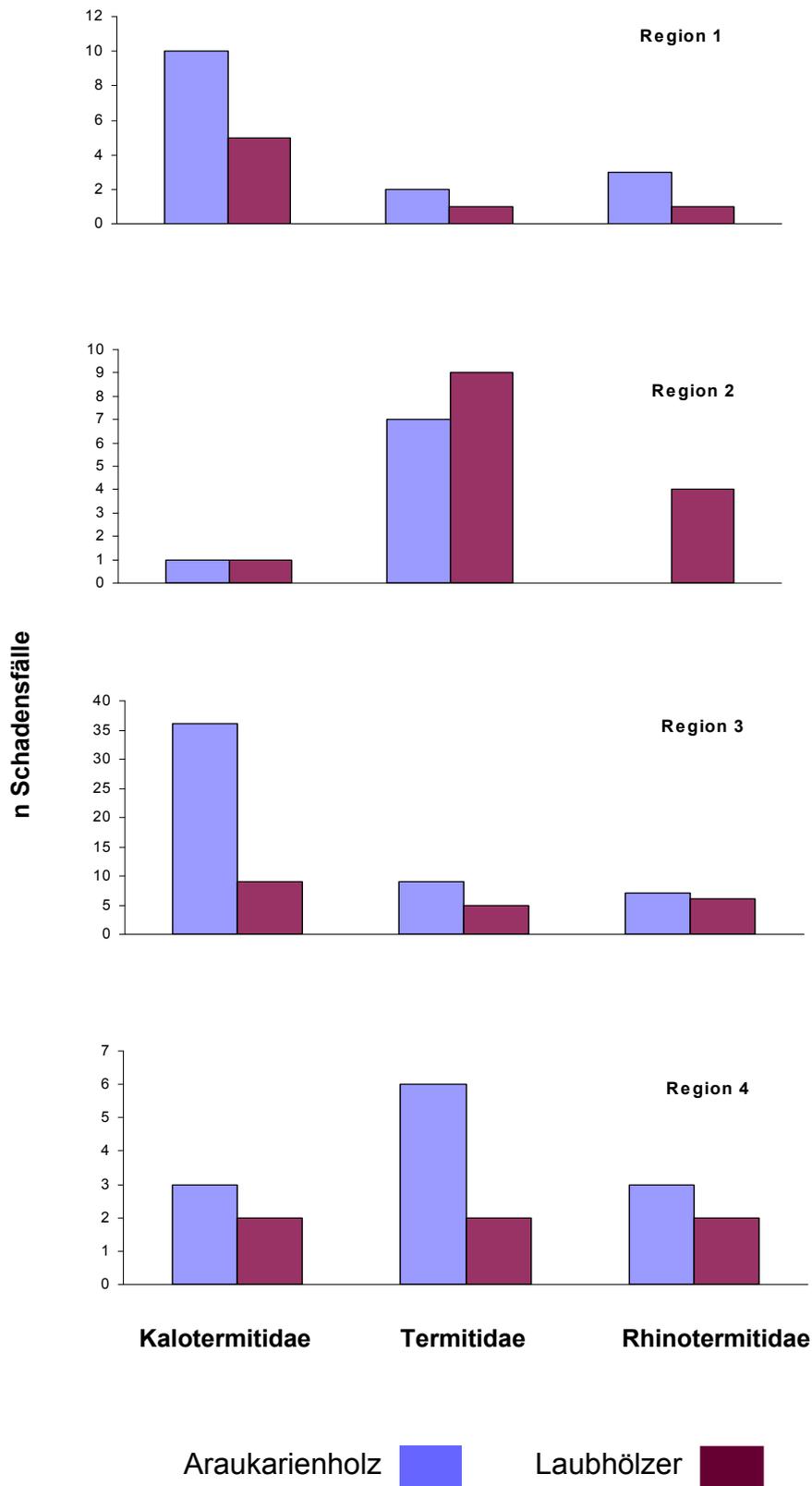


Abb. 155. Termitenbefall von Nadel- und Laubhölzern in den einzelnen Untersuchungsregionen.

Eine derart ins Einzelne gehende Erhebung der Bauholzschädigung durch Termiten lag bisher nicht vor, daher sind meine Aufnahmen grundlegend für Rio Grande do Sul.

Außer Termiten konnte ich vielerorts Käferfraß in verbautem Holz diagnostizieren, dazu kamen noch verschiedene Hautflügler (Tab. 28, Anhang). Spezialveröffentlichungen über außer Termiten noch holzschädigende Insekten liegen für Rio Grande do Sul bislang nicht vor, wohl aber aus der Forstfakultät der Bundesuniversität in Curitiba (Pedrosa-Machado 1993). Das Problem wird inzwischen auch an der Universität von Caxias do Sul untersucht. Nach mündlicher Auskunft von dort sind einige im Holz minierende Käferarten weit verbreitet. Nach Monteiro (Bericht von rd. 35 Seiten 2003, noch unveröffentlicht) und Costa-Leonardo (2004) sind es vor allem Spezies der Familien Anobiidae und Lyctidae. Dies haben meine Befunde durchaus bestätigt. In Laubholz fand ich außerdem vielfach Befall durch Cerambyciden und Platypodidae. In sämtlichen Hölzern und oft in Verbindung mit Pilzbefall stellte ich umfangreiche Schädigungen durch Scolytidae fest. Dabei konnten verschiedene Borkenkäfer gefunden werden, u. a. der Gattung *Xyleborus*.

Hymenopteren sind im Vergleich hierzu, wenngleich ebenfalls weit verbreitet, nicht als Ursache größerer Schäden einzustufen. Die bislang aus Astholz lebender Araukarien-Bäume nachgewiesene *Derecyrta araucariae* (Mecke et al. 2000) habe ich auch in verbautem Holz gefunden. Holzbewohnende Ameisen sind zwar vierlerorts häufig, verursachen jedoch keine erheblichen Holzschäden. Gleiches gilt für die artenreichen Holzwespen und Holzbienen.

Meine Diagnosen stellen gewissermaßen Erstrnachweise für viele Arten xylophager Insekten in Rio Grande do Sul dar, wobei taxonomische Studien zwar wünschenswert sind, im Rahmen dieser Doktorarbeit jedoch nicht durchführbar waren.

Zu Schadwirkungen xylophager Pilze gibt es eine grundlegende Buchveröffentlichung von Santini (1988). Die daran beteiligten Pilze bearbeiteten Putzke & Putzke (2002, 2004). Die Holzerstörung durch Schwammbefall, auch auf anatomischer Ebene, haben Brazolin & Tomazetto Filho (1999) sowie Brazolin et al. (2006) beschrieben.

Meine Untersuchungen ergaben, daß Feuerschwamm und Rotfäule schwerpunktmäßig in Araukarienholz vorkommen, wenn es im Außenbereich als Verschalung eingebaut wurde. Braunfäule ist bei Laubhölzern verbreitet. Kellerschwamm fand ich nicht nur in feuchten Untergeschossen, sondern auch in durchnässten Hölzern im Dachstuhl. Blättlinge waren im Außenbereich häufig, z. B. bei Außentreppen und Veranden. Innenfäule ist wohl oft durch Einbau von noch nicht trockenem Stammholz bedingt, was bislang nicht beachtet wurde. Ausgebreiteten Hausporling fand ich in Schwellen und anderen bodennah eingebauten Hölzern, die auch oft von Porenschwamm befallen waren. Auf Doppel- oder sogar Mehrfach-Befall mit verschiedenen Pilztypen bin ich im Ergebnisteil schon eingegangen. Weit verbreitet, aber nicht stark holzerstörend, war Befall mit Rinden- und Schimmelpilzen zu finden. Für Rio Grande do Sul sind auch dies Erstbefunde, die sich jedoch auf Ansprache von Fäulnistypen beschränken mußten. Eine Bearbeitung der holzerstörenden Pilze mit modernen molekularen Methoden, die auch Artbestimmungen erlauben, steht in Brasilien noch aus.

Schließlich ist hervorzuheben, daß geschädigte Holzteile recht oft sowohl Pilzschäden als auch Insektenfraß aufwiesen. Echte Symbiosen mit Pilzen sind von Borken- und Ambrosia-Käfern bekannt (Six 2003), ich fand auch entsprechende Befallsbeispiele. Auch hier war eine Identifizierung im Rahmen meiner Arbeiten nicht möglich.

4.6 Welche Hölzer wurden wie stark geschädigt?

Die Eigenschaften aller brasilianischen Hölzer sind hervorragend Art für Art in dem Standardwerk von Mainieri & Chimelo (1989) zusammengestellt. Für Rio Grande do Sul sind spezielle Angaben bei Backes et al. (2002) sowie bereits früher bei Reitz et al. (1988) zu finden. Die dort zusammengestellten Informationen, speziell über die Dauerhaftigkeit harter Hölzer, kann ich weitgehend bestätigen. Meine Feldstudien betrafen außerdem die Häufigkeit der Verwendung einzelner Hölzer in den historischen Bauten. Zusammenfassend kann ich folgendes feststellen:

Araukarien-Holz ist das am meisten eingebaute Holz. Schäden fand ich vor allem an verbauten Brettern. Massive Balken waren wesentlich besser erhalten. In der handwerklichen Tradition wurden die einzelnen Stammabschnitte sehr spezifisch genutzt, z. B. für Schindeln nur Holz aus dem obersten Stammbereich, für tragende Konstruktionen dagegen der untere Teil der Stämme, vor allem der zentrale Holzzylinder. Dies haben vor allem meine Befragungen ergeben.

Araukarienholz war vielfach von Trockenholztermitten befallen. Starke Schädigung von feuchtem Holz war durch Feuerschwamm und Weissfäulen festzustellen, außerdem durch Braunfäulen, speziell Blättlinge und Porenschwämme.

Von den Laubhölzern waren vor allem *Ocotea puberula*, *Cabralea canjerana*, *Cordia trichotoma* und *Aspidosperma parvifolium* stark geschädigt, und zwar sowohl durch Pilze wie Insekten.

Als selten geschädigt konnte ich die bekannten Harthölzer bestätigen, nämlich Angico (*Parapiptadenia rigida*), Cabreúva (*Myrocarpus frondosus*) und Ipê (*Tabebuia spec.*). Ich fand, daß außerdem Tarumã (*Vitex megapotamica*) und Tajauva (*Maclura tinctorica*) sowie Guajuvira (*Patagonula americana*) kaum Schäden aufwiesen.

Den Literaturangaben widersprechende eigene Befunde betreffen die folgenden Hölzer:

Araukarienholz (*Araucaria angustifolia*) wird durchaus auch von Nagekäfern wie *Anobium hypotrolus* befallen.

Canjerana (*Cabralea canjerana*) ist nicht Termiten-resistent, ich habe sogar erheblichen Befall durch Trockenholztermitten festgestellt.

Cabreúva (*Myrocarpus frondosus*) wird doch von Insekten angegriffen, ich habe Käfer und Erdtermitten darin nachgewiesen.

Canela pinho (*Ocotea puberula*) fand ich von Käfern sowie von Erd- und Trockenholztermitten befallen.

Tajauva (*Maclura tinctoria*) war anfällig gegenüber *Cryptotermes brevis*.

Angico (*Piptadenia rigida*) ist nicht generell Insekten-resistent, ich fand Befall durch Käfer, vor allem Cerambycidae.

Welche Faktoren eine Resistenz, allgemein gesagt die Dauerhaftigkeit eines bestimmten Holzes bedingen, ist für in Rio Grande do Sul verwendete Baumspesies nicht im Einzelnen bekannt. Ohne Zweifel ist besonders hartes Holz nicht so anfällig für minierende Insekten, speziell die Larven, wie Weichholz und generell die Splintanteile. Auch bestimmte Stammbereiche werden von Xylophagen unterschiedlich genutzt, was mit der unterschiedlichen Rohdichte des Holzes zusammenhängen dürfte. Entsprechende eigene Befunde bestätigten dies vor allem anhand der Schadstellen in größeren Balken. Ohne Zweifel spielt auch das Alter des jeweiligen Baumes eine Rolle, denn bei vielen Baumarten nimmt z. B. die Holzdichte in starken Stämmen zu, woran auch der Ligningehalt beteiligt sein kann. Meine Befragungen ergaben weiterhin, daß die Saison der Fällung bei vielen Bäumen auch die Dauerhaftigkeit des Holzes bedingt, weswegen z. B. im Winter geschlagen wird, wenn auch der geringere Wassergehalt ein schnelleres Trocknen von Baumholz erleichtert. Dann sind im Bereich des Kambiums auch weniger Nährstoffe enthalten, die für viele xylophage Insekten attraktiv sind.

Toxische Inhaltsstoffe und Repellentien werden zwar auch bei brasilianischen Bäumen vermutet, konnten bislang aber noch nicht identifiziert werden. Dazu laufen an der Universität von Caxias erste Laboruntersuchungen und Biotests (Stumpp 2007). Grundsätzlich sind chemische Eigenschaften von Holz stets neben mechanischen wie Härte von Einfluß auf den Befall durch Xylophage (Sjöström 1993).

4.7 *Welche Bedeutung haben meine baubiologischen Erhebungen für die Denkmalpflege in Rio Grande do Sul?*

Meine Feldstudie ist die bisher umfangreichste Untersuchung über Holzschäden in historischen Bauten in Rio Grande do Sul. Ich habe erstmals die Verursacher, nämlich xylophage Insekten und Pilze, an allen als Baumaterial verarbeiteten Hölzern diagnostiziert. Damit sind für künftige Sanierungsmaßnahmen an Baudenkmalern wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet, denn bisher fehlte es an entsprechenden Informationen. Meine Zusammenstellung kann künftig in der praktischen Arbeit der Denkmalpflege zunächst als Diagnose-Hilfe dienen. Die Kenntnisse der Organismen, welche Holzschäden verursachen, ist Voraussetzung für jede Kontrollmaßnahme und muß bei Restaurierungen beachtet werden. Ein Schwammbefall muß anders saniert werden als ein Vorhandensein von holzschädigenden Insekten, um nur ein Beispiel zu nennen. Ein zentrales Anliegen ist stets die Beseitigung einer Durchfeuchtung.

Die staatliche Denkmalpflege sollte bei Restaurierung von Holzkonstruktionen also auch Baubiologen zu Rate ziehen, sowohl Entomologen als auch Mykologen. Ein solch multidisziplinärer Ansatz ist in der Denkmalpflege in Deutschland bereits realisiert (Kiesow 2000). In Brasilien existieren dazu Ansätze, es fehlt aber besonders an einer regionalen Basis. Als baukulturelles Erbe stehen bis heute die wundervollen Brockbauten in Minas Gerais und Bahia im Mittelpunkt des Interesses,

die überwiegend aus Steinbauten bestehen, die allerdings im Dachstuhl und anderswo auch viel Holz enthalten.

In meine künftige Tätigkeit im Nationalen Amt für Denkmalpflege in Port Alegre werde ich jedenfalls die Erfahrungen meiner Doktorarbeit über die historischen Holzbauten in Rio Grande do Sul einbringen. Sie sind im öffentlichen Bewußtsein noch nicht als einmalig und erhaltenswert registriert. Auch dies gilt es zu erreichen.

5. Zusammenfassung

Im südlichsten brasilianischen Bundesland Rio Grande do Sul sind aus den Zeiten der ab 1824 geförderten deutschen Einwanderung noch zahlreiche Häuser vorhanden, die mit Holz als wesentlichem Baumaterial errichtet wurden. Einzelne Bauwerke gehen sogar auf die Missionen der Jesuiten zurück und sind rund 350 Jahre alt. Viele der historischen Bauten besitzen Denkmalwert, sind aber heute in einem kritischen Zustand, der eine baldige Restaurierung erfordert. Hierüber waren bislang aber keine konkreten Informationen verfügbar. Vor allem über die Ursachen der Holzschädigungen war kaum etwas bekannt. Schließlich war auch noch nie detailliert untersucht worden, welche Hölzer in welchem Umfang konstruktiv verwendet wurden, und wie anfällig diese gegenüber bestimmten Schadorganismen sind. Einige der Kenntnislücken zu schließen, war das Ziel dieser Doktorarbeit.

Mein Projekt gliederte sich in zwei Etappen: Erstens die Feldstudien, und zweitens die Auswertungen, einschließlich der Laboruntersuchungen.

Die Feldstudien wurden in zwei jeweils mehrmonatigen Kampagnen durchgeführt. Aufgrund meiner langjährigen früheren Arbeit in der Denkmalverwaltung von Rio Grande do Sul kannte ich den Bestand an für mein Projekt wichtigen Bauten bereits im Großen und Ganzen. Da der Bundesstaat flächenmäßig fast so groß wie Deutschland ist, wählte ich für meine Untersuchungen vier Regionen aus, die als repräsentativ für die historischen Bauten mit Holzmaterialien angesehen werden können. Biogeographisch gehören sie zum großen Biom der Mata Atlântica. Sie weisen jeweils eine spezifische Vegetation auf, was auch Unterschiede in der Verfügbarkeit von Bauholz bedingt haben muss.

Bei der Auswahl der einzelnen Studienobjekte bin ich schrittweise vorgegangen. Zunächst habe ich in 36 Gemeinden über 300 Häuser aufgesucht und mir so ein genaueres Bild über die vorhandene historische Bausubstanz verschafft. Ich entschied mich, hiervon gut 200 Häuser genauer zu untersuchen. Bei knapp der Hälfte dieser Bauten (Tab. 25, Anhang) habe ich später detaillierte Zustands-Diagnosen durchgeführt (Tab. 28, Anhang). Hiervon wurden 13 besonders interessante Objekte auch vermessen und zeichnerisch dokumentiert.

Die als Studienobjekte ausgewählten Bauten wurden in einem Zeitraum von insgesamt rund 350 Jahren errichtet. Die wenigen Reste der Bauwerke von Jesuiten-Reduktionen entstanden sicher unter Beteiligung indianischer Handwerker. Die meisten der Häuser sind jedoch das Werk europäischer Einwanderer, sie entstanden ab 1825 im Zuge der vom brasilianischen Kaiserhaus initiierten *imigração alemã*. Diese historischen Gebäude konnte ich folgenden Bauweisen zuordnen: Fachwerk, Holzrahmenbau und Skelettbau mit Verschalungen, Blockbau sowie verschiedenen Kombinationen hiervon.

Für die vier Untersuchungs-Regionen gelten hinsichtlich bestimmter Bauweisen viele Besonderheiten, die bereits in der lokalen Verfügbarkeit von geeignetem Holz für Bauzwecke begründet sind. Dazu kommen für einzelne Hausbereiche und vor allem auch für die Holzkonstruktionen regional typische Merkmale. Sie sind teilweise durch die Bauepochen bedingt, außerdem hatte die Herkunft der Erbauer großen Einfluß auf die Bauausführung. Außer in den Einzelhaus-Protokollen (Tab. 26, Anhang)

wurden alle Befunde, insbesondere die Holz betreffenden, in über 5.000 digitalen Photos dokumentiert.

Im Laufe der Feldstudien wurden weiterhin verschiedene Proben gesammelt. Es handelte sich dabei einmal um den Gebäuden entnommene Holzproben, außerdem um zahlreiche als Holzschädlinge erkannte Insekten. Alles wurde in über 5.000 digitalen Photographien dokumentiert. Die Proben wurden dem Nationalen Denkmalamt in Porto Alegre übergeben, ein Teil wurde zur weiteren Bearbeitung später an Spezialisten in Brasilien oder zu Analysen nach Deutschland geschickt.

Gegenstand meiner Untersuchungen war zunächst die Frage, welche Hölzer beim Bau der alten Häuser Verwendung fanden. Speziell wollte ich klären, wie häufig Araukarienholz für Bauzwecke eingesetzt wurde. Ich ging davon aus, dass Wissen hierüber bis heute vor allem bei den Bewohnern des ländlichen Raumes noch vorhanden ist und am Bau nach wie vor zugrunde gelegt wird. In 33 Interviews befragte ich Spezialisten der Holzbearbeitung wie Waldbauern, Holzhändler, Sägereibesitzer, Zimmerleute, weiterhin Architekten, Baumeister, Historiker sowie Mitarbeiter von kommunalen Verwaltungen (Tab. 27, Anhang).

Die Araukarie wurde von fast allen Befragten als wichtiges Baumaterial genannt, darüber hinaus zahlreiche Laubhölzer. Für diese sind regional durchaus unterschiedliche Holzbezeichnungen üblich. Auch über den Zeitpunkt der Baumfällung und die Eigenschaften der einzelnen Stammabschnitte erhielt ich Auskünfte. Alles wurde protokolliert. Außerdem wurde gefragt, woran die Hölzer zu erkennen sind, vor allem im verbauten Zustand. Die einzelnen Hölzer fanden oftmals vornehmliche Verwendung für bestimmte Konstruktionsteile wie Balken oder Ständer und für Sonderzwecke, beispielsweise Fassaden-Verschalungen. Hierbei dürften neben der lokalen Verfügbarkeit auch die Erfahrungen der Zimmerleute entscheidend gewesen sein.

Des Weiteren wurden die Verursacher von Holzerstörungen diskutiert. Hier wurde stets eine Reihe von Insekten genannt, immer auch Termiten. Über Fäulnis bedingende Pilze war den Befragten dagegen nichts bekannt. Das grundlegende Problem der Durchfeuchtung als Voraussetzung für Holzschädigung wurde meistens nicht als kritisch erkannt. Das dürfte auch bedingen, dass im regenreichen Brasilien der Dichtigkeit von Dächern und der funktionierenden Ableitung der beträchtlichen Niederschlagsmengen durch Dachrinnen und Fallrohre ebenso wenig Beachtung geschenkt wird wie der Vermeidung von Spritzwasser im bodennahen Bereich der Außenwände.

Der aufwendigste Teil der Feldstudien war die Bestandsaufnahme der Schädigungen des verbauten Holzes, daneben dessen Bestimmung.

Bei meinen detaillierten Hausuntersuchungen habe ich die Bewohner zunächst nach den verwendeten Hölzern gefragt. Deren Angaben habe ich durch eigene Überprüfungen ergänzt. In Zweifelsfällen entnahm ich kleine Holzstücke für spätere Analysen. Den verschiedenen Holzbezeichnungen konnten erst in der zweiten Etappe des Projektes in der Phase der Auswertung durch holzanatomische Analysen die Artnamen der Bäume zugeordnet werden. Außer der Araukarie konnten dabei noch 18 Laubbaum-Arten als Bauholz identifiziert werden. Damit sind erstmals alle in den über 200 erfassten Gebäuden verwendeten Hölzer auch botanisch benennbar

geworden. Da viele histologische Merkmale des Stammholzes dieser neotropischen Baumart noch unbeschrieben sind, ist hierüber eine gesonderte Veröffentlichung zusammen mit Frau Prof. Dr. Elisabeth Magel geplant, auf deren Anregung dieser Teil der Untersuchungen zurückgeht, und die dankenswerterweise alle erforderlichen Labormöglichkeiten an der Universität Hamburg für mich arrangiert hat. Hier werden daher nur die anatomischen Besonderheiten von Araukarienzholz näher behandelt. Typische histologische Details sind photographisch dokumentiert.

Eine detaillierte Schadenserhebung wurde bei insgesamt 93 Gebäuden durchgeführt, die sich auf die vier Untersuchungs-Regionen verteilten (Tab. 28, Anhang). Sämtliche Holzkonstruktionen wurden überprüft. Bei den Schadstellen wurde nach den Verursachern gesucht. Nicht selten wurde ein Mehrfachbefall gefunden. Verschiedene xylophage Insekten und Fäulnispilze hatten dann am selben Holzteil Schädigungen bewirkt.

Geprüft wurde auch, welche Hölzer bevorzugt von welchen Schadorganismen befallen wurden. Generell waren einige Laubbäume nur wenig geschädigt. Allerdings konnte keine vollständige Resistenz gegen Insektenfraß diagnostiziert werden. Auch Fäulnisschäden wurden sowohl bei Araukarienzholz als auch bei fast allen Laubbäumen gefunden. Es gab bei sämtlichen xylophagen Organismen lediglich Unterschiede in den relativen Befallsstärken, die ich in drei Stufen unterteilte.

Des Weiteren wurde ermittelt, ob es auch einen spezifischen Befall einzelner Konstruktionsteile gab. Dies war der Fall, und zwar konnten umfangreiche Schäden an bodennah verbautem Balkenwerk festgestellt werden. Immer war an solchen Stellen eine erhebliche Durchfeuchtung eingetreten. Primär dürfte dies einen Pilzbefall begünstigt haben.

Bei all diesen Erhebungen fiel auf, dass auch regionale Unterschiede existierten. Dies war hinsichtlich der von Termiten verursachten Holzzerstörung der Fall, und interessanterweise waren auch die Verursacher, also die 7 Spezies der drei im Gebiet als Holzschädlinge vertretenen Termiten-Familien, keineswegs überall gleich häufig zu finden (Tab. 29, Anhang). Als Erklärung hierfür kommen die regional durchaus spezifischen Vegetationsdecken und daraus resultierend ungleiche Häufigkeiten der verbauten Hölzer in Betracht. Vor allem Araukarienzholz wurde früher im Areal der einst großen Araukarienzwälder als Baumaterial über lange Zeiträume bevorzugt.

Schließlich wurde auch analysiert, ob und welche abiotischen Bedingungen einen Holzbefall begünstigen, und welchen technischen Baumängel hierfür verantwortlich sein könnten. Gemessen wurde die Umgebungstemperatur in der Nähe befallener Holzteile, außerdem deren Durchfeuchtung. Überall dort, wo das verbaute Holz stark durchfeuchtet war, konnte auch eine Fäulnis konstatiert werden. Wie bereits erwähnt, waren hierfür in Bodennähe Spritzwasser, vor allem aber undichte Dächer sowie fehlende oder nicht mehr funktionierende Ableitungen des Regenwassers verantwortlich. Im niederschlagsreichen Südbrasilien wird üblicherweise der Dichtigkeit von Dächern keine so große Beachtung geschenkt: am nächsten heißen Tag trocknet ja sowieso alles wieder ab, ist die vorherrschende Meinung. Hinzu kamen sekundäre Naßstellen im Haus, vor allem durch nachträglichen Einbau von

Duschen. Bei künftigen Sanierungsmaßnahmen muss unbedingt die Beseitigung dieser Durchfeuchtungsquellen erfolgen.

Die zweite Etappe des Promotionsvorhabens, die Auswertung, erforderte viel Zeit. Zunächst wurden die Photos ausgewählt, mit denen beispielhaft die kolonialen Bauten im Untersuchungsgebiet gezeigt werden können: Fünf typische Häuser unterschiedlicher Bautypen sowie ein Holzelement der Missionsbauten von 1735 als ältestes Bauelement. Bauhistorisch interessant sind auch die Holzverzierungen an städtischen Jugendstilhäusern aus dem Anfang des 20. Jahrhunderts. Insgesamt habe ich für die Dissertation knapp 200 Photos ausgewählt.

Zusammen mit den nur allgemein überprüften Häusern wurden 132 Fälle von Termiten-Schädigungen festgestellt. Die Bestimmung der gesammelten Insekten konnte am einfachsten bei den Termiten erfolgen, zumal nur über diese brasilianische Spezialliteratur verfügbar ist. Auch die Überprüfung durch Experten ergab eine Bestätigung der lediglich 7 determinierten Arten. Eine Reihe von Veröffentlichungen der letzten Jahre befasste sich bereits mit dem Problem der Holzerstörung durch Termiten in Häusern. Im tropischen Teil Brasiliens nehmen die Schäden einen noch größeren Umfang ein als im subtropischen Rio Grande do Sul. Interessant waren die Befallshäufigkeiten: Kalotermitiden schädigten vor allem Araukarienh Holz. Allerdings zeigten sich auch regionale Unterschiede, sie dürften aber zumindest auf den jeweils als Baumaterial bevorzugten Hölzern beruhen. Generell war ein Befall von Araukarienh Holz öfter als von Laubholz zu diagnostizieren.

Ganz anders stellte sich das Problem der Bestimmung sonstiger holzschädigender Insekten dar. Vornehmlich handelte es sich um Käfer. Daneben wurden auch zahlreiche Hautflügler gesammelt oder beobachtet, darunter nicht nur xylophage, sondern auch einige xylophile Spezies. Die Befalls-Stärke durch Käfer und Hautflügler wurde wie auch für Termiten in drei Stufen eingeteilt und für jedes der 93 detailliert untersuchten Gebäude protokolliert.

Die Häufigkeit der Schädigung von verbautem Holz war mit rund 80% aller Häuser am höchsten für Termiten, gefolgt von Fäulnispilzen, Käfern und Hautflüglern. Bei etwa 70% der Bauten war das Holz sowohl durch Insektenfraß als auch durch Pilzbefall geschädigt. Insgesamt belegt dies einen teilweise sogar akuten Restaurierungsbedarf der historischen Holzbauten in Rio Grande do Sul. Als kritisch ist besonders der häufige Befall mit Trockenholz-Termiten anzusehen, sie können auch dort Schaden anrichten, wo nicht eine hohe Holzfeuchte herrscht, also auch in Holzkonstruktionen unter dichten Dächern. Die verschiedenen Arten der Erdtermiten sind hingegen auf feuchtes Substrat angewiesen. Wenn sie nicht schon mit frisch geschlagenem Bauholz eingeschleppt wurden, können sie aus der Umgebung kommend beim Fouragieren verbautes Holz als Ressource entdecken und nutzen. Dabei erwies sich das Nahrungsspektrum der Termitidae als das breiteste hinsichtlich der vielen befallenen Hölzer. Resistenz war nicht erkennbar, allerdings wurden 4 Hölzer relativ selten geschädigt. Bestimmte Bereiche der Bauten wurden auch durchaus unterschiedlich stark befallen.

Von Käferfraß betroffen waren 90% der genauer untersuchten 93 Bauten. Etwa 2/3 der befallenen Stellen betrafen Araukarienh Holz, 1/3 die 18 verschiedenen Laubhölzer. Sicher bestimmt wurden 12 Käferarten aus 8 Familien. Gut 10 Fraßschäden konnten nicht sicher einer bestimmten Art zugeordnet werden, es

dürfte sich überwiegend um Nage- und Borkenkäfer gehandelt haben. Eine derartige Bestandsaufnahme von Bauholzschädigungen durch Käfer wurde in Brasilien bisher nicht vorgenommen. Spezifitäten gab es im Befall einzelner Hölzer, dazu auch wieder regionale Unterschiede. Auffällig war die Häufigkeit von Nagekäfern in Araukarienh Holz. Für alle Käfer wurden typische Schadbilder photographisch dokumentiert. Teil handelte es sich ausgesprochenen Massenbefall. Dies war besonders bei verbautem Splintholz festzustellen.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Hölzer konnte ich wiederum ein Befalls-Spektrum erstellen. Es dürfte teils auf Bevorzugung bestimmter Substrate, teil auf dem Angebot an eingebautem Holz beruhen. Auch Unterschiede in der Befallshäufigkeit bestimmter Konstruktionsteile waren klar erkennbar. Sie können auch durch die unterschiedliche Zugangsmöglichkeit für anfliegende Käfer bedingt sein.

Anders als bei den Käfern, die durchaus beachtliche Schäden an verbautem Holz verursachte haben, sind die diversen Hautflügler nur geringfügige Holzzerstörer gewesen. Dies trifft vor allem für die xylophilen Arten zu, die teils vorhandene Löcher im Holz und sonstige Hohlräume als Nistplatz einnahmen, teils schon überwiegend morsches Holz anbohrten und darin dann Neströhren konstruierten. Dies betrifft besonders die Bienen. Zur ersten Kategorie zählen die sozialen Stachellosen Spezies, zur zweiten die Holzbienen. Letztere können so zur Holzschädigung zwar beitragen, sie befallen jedoch kaum gesundes hartes Material. Als weiche Stellen wurden offensichtlich auch durch Fäulnis vorgeschädigte Holzteile angegriffen.

Die typischen Bilder von Hautflüglern im Holz wurden ebenfalls in photographischen Dokumentationen registriert.

Bei der Bestimmung der Holzproben und Insekten konnte ich dankenswerterweise die Hilfe zahlreicher brasilianischer und deutscher Spezialisten in Anspruch nehmen.

Die überaus häufigen Fäulnisschäden waren überwiegend offenkundig und wurden von mir zusätzlich durch Abklopfen und Öffnen der befallenen Holzteile überprüft. Bei fast der Hälfte der so untersuchten über 200 Bauten waren Pilzschädigungen nachweisbar, oftmals in erschreckendem Ausmass. Die drei weltweit verbreiteten Typen der Braun-, Weiss- und Moderfäule waren fast überall anzutreffen. Dazu kamen Schimmel und holzverfärbende Pilze. Mit ausdrücklicher Vorläufigkeit habe ich durch Bildvergleiche in Spezialwerken die wahrscheinlich verursachenden Pilzgattungen angeführt. Eine Spezies-Identifizierung hätte einen dieses Projekt deutlich übersteigenden Umfang erfordert, zumal keine begründete Artdiagnose von Holzfäulnis-Erregern in südamerikanischem und insbesondere brasilianischem Material bislang publiziert wurde.

Es gab klare Unterschiede im Araukarien- und Laubholzbefall und außerdem regionale Spezifitäten, die tabellarisch für die vermuteten Gattungen zusammengestellt wurden. Wie für Insekten wurden auch für die pilzlich bedingten Holzschädigungen typische Befallsbilder photographisch ausführlich dokumentiert. Die Schadensbilder unterschieden sich teils für Araukarien- und Laubholz, auch für die Befallsspektren gilt dies.

Die makroskopisch nicht zweifelsfrei erkennbaren Schäden des Holzes, die auch die Festigkeit massiv beeinträchtigen könne, wurden in den Laborproben histologisch

klar belegt. Stark befallene Holzteile dürften besonders bei tragenden Konstruktionen sogar eine Einsturzgefährdung des Gebäudes bedeuten. Dies geht aus der Auflistung der befallenen Bauteile klar hervor. Wie bei den Insekten, wurde die Schädigung in drei Stufen klassifiziert.

Nicht selten stellte ich für Schadpilze einen Doppel- oder sogar Vielfachbefall desselben Holzteils fest. Dazu kamen nicht selten wohl überwiegend sekundäre Schädigungen durch Insektenbefall.

Ein Bewuchs von Holz oder benachbartem Mauerwerk mit Flechten und anderen Pflanzen verursachte wohl kaum direkten Schaden, begünstigte aber lokal eine hohe Feuchtigkeit. Diese wiederum zog dann offensichtlich vor allem einen Pilzbefall nach sich.

Von den abiotischen Faktoren ist in der Tat Holzfeuchte der herausragende Umwelteinfluss. Ganz trockene Holzteile wurden kaum von Fäulnis geschädigt, allerdings durchaus von bestimmten Insekten befallen, wie erwähnt, vor allem von Trockenholztermen. Bei künftigen Sanierungen muss den Ursachen von Baudurchfeuchtung unbedingt große Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Auch Um- und Anbauten der Gebäude zogen nicht selten Schädigungen nach sich, vor allem, wenn sie wie Duschen nicht ausreichend intern entwässert wurden. Die oft vorgefundenen Umstände wurden aufgelistet. Dazu kommen unterlassene Unterhaltsarbeiten als bedenklicher Umstand, der durch schon ältere Hausbesitzer oder gar Leerstand von Häusern erklärlich, aber in seinen Folgen als höchst bedenklich zu beurteilen ist.

Die häufig festgestellten Schadstellen in Häusern wurden in Schemazeichnungen demonstriert.

In der Diskussion wird die Bedeutung dieser baubiologisch-holztechnischen Erhebung unter verschiedenen Gesichtspunkten behandelt. Zahlreiche Sanierungsmaßnahmen erscheinen nicht nur wünschenswert, sondern dringlich, wenn die Substanz der historischen Holzbauten in Rio Grande do Sul bewahrt werden soll. Deren Denkmalwert ist bis heute nicht allgemein bekannt, geschweige denn akzeptiert. Ein Grund dürften bislang fehlende Informationen sein. Als Denkmal-Architektin in der offiziell zuständigen nationalen Behörde in Porto Alegre werde ich versuchen, diese beklagenswerte Situation künftig positiv zu beeinflussen.

Die Ergebnisse meiner multidisziplinären Doktorarbeit sollen in Fachjournalen veröffentlicht werden und außerdem zu einer künftig mehr baubiologisch fundierten Denkmalpflege speziell der historischen Holzbauten in Südbrasilien beitragen. Nach bereits über 15 Berufsjahren bin ich mit den Aufgaben und Problemen der Erhaltung denkmalwürdiger Bauwerke in Rio Grande do Sul vertraut und hoffe, dass meine Ergebnisse einige der oft beklagten Wissenslücken füllen können.

6. Resumo

No processo de imigração no sul do Brasil, iniciado com a cultura de imigração alemã a partir de 1825 no Estado do Rio Grande do Sul, a produção arquitetônica caracteriza-se fundamentalmente por edificações em que o material mais utilizado foi a madeira, algumas delas, ainda hoje existentes e aqui relacionadas. As amostras mais antigas são remanescentes das Missões Jesuíticas e datadas em aproximadamente 350 anos.

A maioria das edificações registradas são dignas de preservação pelo seu valor histórico-cultural, muito embora, várias delas se encontrem em precário estado de conservação, necessitando urgente intervenção. Além disso, até o início do trabalho, não existiam, na região, informações sistematizadas sobre o tema. Sobretudo não há referências à cerca das causas da degradação da madeira utilizada em suas várias tipologias em diferentes regiões, tampouco foi feita uma pesquisa detalhada sobre os tipos de madeiras utilizados e o seu uso específico na edificação. Existe um déficit no conhecimento sobre os processos e agentes responsáveis pela biodegradação da madeira em construções históricas, bem como o seu grau de degradação em referência a determinados organismos xilófagos. Contribuir com o preenchimento de algumas destas lacunas de informação foi o objetivo desta tese.

O projeto desenvolveu-se em duas etapas: a primeira, constituiu-se num extensivo trabalho de campo. Num segundo momento, realizou-se a compilação e a análise destes dados, seguindo-se as análises laboratoriais. O trabalho de campo desenvolveu-se durante duas longas jornadas de pesquisa de campo. A varredura inicial foi facilitada pelo conhecimento anterior adquirido nos vários anos de atividade prática na área de preservação dos bens culturais em todas as regiões. Considerando que a área do Estado do Rio Grande do Sul (RGS) é praticamente do tamanho da Alemanha, realizou-se um levantamento sucinto das construções em madeira historicamente representativas, enquadrando-as em quatro regiões com características geo-culturais específicas dentro do Bioma da Mata Atlântica. Estas regiões apresentam uma vegetação distinta, o que deve ter determinado a disponibilidade e uso da madeira construtiva.

O critério de escolha dos objetos de estudo deu-se gradativamente. Primeiramente, foram compiladas 300 edificações em 36 municípios do Estado, o que possibilitou uma visão completa sobre os remanescentes da arquitetura tradicional em madeira. Aproximadamente 200 edificações foram cadastradas como significativas. Num segundo momento, em 93 delas, foi realizado um diagnóstico detalhado do estado de conservação com retirada de amostras para análise laboratorial no decorrer da pesquisa. De 13 edificações, consideradas de especial interesse, foram realizados, adicionalmente, levantamentos cadastrais detalhados.

A pesquisa possibilitou a tipificação básica da produção histórica, num intervalo de aproximadamente 350 anos, considerando-se o pequeno número de amostras de madeira das reduções jesuíticas com mão de obra indígena até o legado arquitetônico dos imigrantes europeus. A maioria das edificações em madeira são sobretudo obras resultantes do processo migratório no Brasil, iniciado a partir de 1825, com a imigração alemã, por iniciativa da casa imperial brasileira. Através das compilações dos dados iniciais, foi possível identificar tipologicamente as edificações históricas no RGS, nos seguintes sistemas construtivos básicos: enxaimel – com

vários materiais no preenchimento dos tramos; construções com esteios, vigas e painéis estruturais com dupla vedação em madeira; construções em esqueleto com vedação em madeira, “Blockhause” ou na forma semelhante, à combinação dos diferentes sistemas em um só objeto ou mesmo as edificações mistas, com partes ou elementos em madeira.

No que se refere às tipologias construtivas existem peculiaridades regionais, justificadas nas madeiras existentes associadas ao uso de partes construtivas na edificação e sobretudo nas características típicas dos vários sistemas construtivos regionais. A tipologia é, na maioria dos casos, relacionada à época das construções, na qual a origem do imigrante tem influência fundamental na forma construtiva.

Além do inventário pormenorizado de cada edificação, foram realizadas mais de 5.000 fotos digitais, documentando todos os danos principalmente os relacionados à madeira. No decorrer da Pesquisa de Campo foram coletadas várias amostras. Tratam-se aqui dos testemunhos em madeira (muitos delas com fungos) e, também, de uma grande quantidade de insetos, que foram inseridas no registro fotográfico. As amostras foram depositadas na sede do Patrimônio Histórico Federal em Porto Alegre, sendo que uma parte delas foi repassada para identificação por especialistas alemães e brasileiros.

O primeiro objeto de indagação foi a identificação do tipo de madeira utilizada em cada construção. Especialmente, esclarecer a freqüência do uso da madeira de Araucária como material construtivo. Partiu-se do pressuposto de que as informações sobre o seu uso estivessem até hoje com os proprietários destas edificações, principalmente na área rural, onde estes conhecimentos continuam sendo adotados pelos artífices regionais. Assim sendo, obtive em 33 entrevistas realizadas, informações gerais sobre o uso e manejo da madeira nas regiões e seu uso específico nas edificações. Foram consultados vários profissionais da área, entre eles, especialistas em madeira, proprietários de matas, serradores de madeira, proprietários de serrarias, carpinteiros, marceneiros, além de arquitetos, engenheiros, artífices da construção, historiadores, bem como funcionários e prefeitos das regiões pesquisadas.

Assim, conseguimos apurar que a madeira mais utilizada em todas as regiões foi, sem dúvida, a araucária. Além dela, foram listadas uma série de madeiras folhosas, para as quais existem diversas designações comuns e regionalmente diferenciadas. Informações adicionais sobre época do corte, desdobro e manejo das madeiras bem como características peculiares de corte no tronco foram obtidas. Tudo foi protocolado em tabelas. Além disso, foram questionadas as características da madeira usada para a identificação. O uso diferenciado das madeiras é claramente constatado conforme seus elementos construtivos como vigas, baldrames, esteios ou para usos especiais como, por exemplo, o tabuamento na vedação das fachadas. Para tanto, além da disponibilidade local da madeira, a experiência dos artífices foi fundamental.

Na sequência, foi discutida a danificação nos elementos construtivos, a identificação dos respectivos danificadores, dentre os quais vários insetos e, também, fungos xilófagos. Aqui foram mencionados uma série de insetos, sempre porém, térmitas. Por outro lado, não obtive informações sobre danos causados por fungos. O problema fundamental da umidade, como precursora de danos na madeira, foi

praticamente ignorado pelos entrevistados. Este dado confere com a situação encontrada. Num país com grande incidência de chuvas, como o Brasil, não é dada a devida importância à construção e, principalmente, à manutenção das coberturas e ao sistema de escoamento pluvial.

A atividade mais intensa no trabalho de campo, constituiu-se na identificação dos danos nas madeiras construídas e, paralelamente, sua imprescindível identificação anatômica. Nos levantamentos aprofundados, os proprietários foram primeiramente questionados sobre as madeiras existentes. Estas informações foram conferidas no local. Em caso de dúvidas, foram retiradas pequenas amostras para análise posterior. As diferentes denominações das madeiras só puderam ser compiladas num segundo momento do projeto, na fase de avaliação, através da sua análise anatômica em laboratório, onde foi identificado o tipo de árvore correspondente. Além da araucária, foram identificadas mais 18 madeiras de árvores folhosas, utilizadas em construção.

Desse modo, foram identificadas, de forma pioneira, 200 edificações históricas com sua denominação botânica. Considerando que muitas das características dos troncos de madeira de espécies neotropicais ainda não foram descritas, está planejada uma publicação específica em conjunto com a Profa. Dra. Elisabeth Magel, responsável pelo impulso nesta parte do trabalho, possibilitando a realização das análises laboratoriais necessárias, no Instituto da Madeira, em cooperação com a Universidade de Hamburgo. Neste trabalho, portanto, estão apenas relacionadas as características especiais de identificação anatômica da madeira de araucária. Detalhes histológicos típicos foram aqui fotograficamente documentados.

Um diagnóstico apurado foi feito em 93 edificações dispersas nas 4 regiões de pesquisa. Todos os elementos construtivos foram considerados. Nos danos, buscou-se os agentes biodegradadores. Não raro, foram encontrados danos simultâneos e vários insetos xilófagos e fungos apodrecedores danificando a mesma madeira.

Da mesma forma, foram identificadas as madeiras preferidas pelos respectivos organismos danificadores. Em geral, algumas edificações de madeira folhosa foram pouco danificadas. Por outro lado, não pôde ser diagnosticada uma resistência completa a insetos. Também danos de podridão foram encontrados na madeira de araucária e em quase todas as folhosas e apresentam-se em diferentes graus de danificação, dos quais selecionei 3 níveis de degradação.

Também foi averiguado se houve dano específico nas partes construtivas e as eventuais diferenças regionais. Assim, foram encontrados muitos danos nas áreas de baldrame próximas ao solo, sempre acompanhados de grande umidade, tendo sua origem no ataque de fungos.

Em todos estes registros, ficou claro que existem diferenças regionais, como no caso dos danos causados por térmitas. Interessante observar que, os danificadores das 7 espécies encontradas e representadas por três famílias, de forma nenhuma ocorrem com a mesma incidência. As explicações, para tanto, residem na cobertura vegetal existente e o conseqüente uso desigual da madeira construída. Antigamente, a madeira de araucária foi amplamente utilizada pois florestas desta espécie estavam presentes em grandes regiões do Estado.

Por fim, foram registrados os danos construtivos e realizada uma análise das condições abióticas que favoreceram, em primeira linha, a biodegradação das partes construtivas e os danos técnicos ou falhas construtivas responsáveis. A temperatura do ambiente, bem como a umidade da madeira, próxima à área danificada, foram medidas. Em todas as áreas, com grande umidade, foi conseqüentemente constatada podridão. Como já mencionado anteriormente, a proximidade com o solo e o respingamento de água, sobretudo, porém, os telhados com infiltrações, bem como a ausência e/ou danificação do sistema de escoamento de águas pluviais, foram as principais falhas abióticas que levaram à degradação por organismos xilófagos.

Na chuvosa região sul do Brasil, infelizmente, não é dada a relevância necessária à impermeabilização das coberturas. Seguindo na hierarquia de causadores de danos abióticos, foram listadas as áreas molhadas inseridas posteriormente nas construções; sobretudo os banheiros, duchas e cozinhas. Nas medidas de saneamento futuras, estas fontes de umidade precisam ser seriamente consideradas.

Na segunda etapa desta dissertação, a análise dos dados exigiu bastante tempo, em função da infinidade de dados coletados em diferentes elementos construtivos, de diversas madeiras, numa mesma construção. Primeiramente, foram cadastradas e escolhidas as imagens, com as quais foi possível identificar exemplarmente as diversas tipologias construtivas e 4 elementos em madeira de edificações missionárias datadas a partir do século XIII, como os mais antigos encontrados. Interessantes, do ponto de vista formal, são os elementos decorativos encontrados em inúmeras edificações urbanas contextualizadas no art-nouveau dos anos vinte. Para a minha tese, foram consideradas cerca de 200 imagens representativas no todo.

Na análise dos agentes causadores de degradação puderam ser constatados 132 casos de térmitas. Dentro da ordem dos insetos, a identificação dos cupins foi a mais facilitada, considerando-se a existência de bibliografia acerca do tema no Brasil. Também o auxílio de profissionais especializados na área, possibilitou a confirmação de 7 espécies. Uma série de publicações técnicas, sobre a problemática das térmitas em edificações, foram editadas nos últimos anos.

Nas regiões tropicais do Brasil, a abrangência dos danos é ainda maior que na região subtropical no Rio Grande do Sul. Interessantes foram os resultados em relação à sua ocorrência: os kalotermitas atacam preferencialmente madeira de araucária. Porém, também aqui mostraram-se diferenças regionais, mas estas residem, pelo que parece, na escolha ou preferência da madeira como material construtivo. De modo geral, foram registrados mais danos na araucária do que nas madeiras folhosas.

Diferentemente, apresenta-se a problemática do reconhecimento dos demais insetos danificadores, sobretudo tratando-se de coleopteras (besouros). Paralelamente, foram também observadas ou identificadas muitas himenopteras, entre eles não somente xilófagos mas também algumas espécies xylophilas. A intensidade dos danos causados por besouros e himenopteras foi também, como no caso das isopteras (térmitas), registrado em três graus de danificação e protocolado nas respectivas 93 edificações analisadas.

A maioria dos danos em madeiras construídas, aproximadamente 80% é conseqüência do ataque de térmitas, seguido de fungos de podridão, besouros e, por último, das himenópteras. Em 70% das construções a madeira encontra-se danificada tanto por insetos como por fungos. De maneira geral, isto comprova a necessidade urgente de seu saneamento. Crítica é a incidência das térmitas de madeira seca, que ocasionam danos mesmo em áreas secas e cobertas, sem grandes áreas de umidade. As diferentes espécies de térmitas de solo, por sua vez, dependem de um substrato úmido. Quando não foram introduzidas por madeira recém cortada e substituídas nas edificações, podem encontrar caminhos protegidos nas madeiras construídas utilizando-se de áreas internas ou mesmo realizar os típicos túneis de terra. Com isto, demonstrou-se que o espectro alimentar das Termitidae é maior, considerando-se as várias madeiras atacadas. Somente 4 tipos de madeiras foram raramente e só em determinadas partes danificadas. Também as áreas da construção tiveram graus de ataque diferenciado.

Das 93 edificações diagnosticadas, 90% apresentaram vestígios de ataque de besouros. 2/3 das áreas atingidas referem-se à madeira de araucária (gimnospermas) e 1/3 diz respeito às 18 madeiras folhosas (angiospermas). Identificados foram 12 espécies de besouros pertencentes a 8 famílias. Em 10 pontos de infestação, não foi possível identificar o nome de inseto, provavelmente tratam-se de besouros de casca (Borkenkäfer) ou anobídeos.

Um levantamento de besouros, em edificações construídas nesta abrangência, ainda não tinha sido feito, até hoje, em nossa região. Especificidades mostraram-se em madeiras isoladas, da mesma forma com diferenças regionais. Destaca-se a incidência dos besouros roedores na madeira de araucária. Em parte, trata-se de áreas massivamente atacadas, principalmente no tocante às partes do alburno das madeiras construídas. Todos os danos típicos do ataque de besouros foram documentados fotograficamente. Considerando as diferentes madeiras atingidas, foi possível realizar um quadro da danificação. As causas devem residir na preferência de determinados substratos e em parte na oferta de madeira construída. Também a variabilidade na freqüência dos danos em determinados elementos construtivos foram passíveis de identificação, dependendo das diferentes possibilidades de acesso dos besouros à madeira.

Diferentemente dos grandes danos causados pelos besouros nas madeiras, as himenópteras caracterizam-se por pouca danificação. Isto diz respeito especialmente às espécies xylophilas que se utilizam de buracos e frestas existentes para a instalação de seus ninhos, em parte, em madeiras já apodrecidas, construindo galerias para o depósito de ovos. Este é o caso, principalmente, das abelhas. Na primeira categoria estão inseridas as abelhas sociais, do grupo Stachellose (sem ferrão); na segunda, as abelhas carpinteiras. As últimas, podem contribuir na danificação da madeira, porém, raramente atacam madeira dura e sadia, agem somente em áreas menos duras, anteriormente atingidas por apodrecimentos de fungos. Aqui, também, foram registrados fotograficamente os danos mais típicos.

A identificação das madeiras e dos insetos foi possível graças ao apoio de vários especialistas brasileiros e alemães.

Além da identificação visual dos muitos danos encontrados, realizei inspeção através da abertura de fendas retiradas da superfície e provas de batimento manual ou martelo de todas as áreas atingidas. Aproximadamente na metade das 200 casas vistoriadas, foram identificados danos por fungos, muitas vezes de forma intensiva. Os três tipos mundialmente conhecidos: podridão parda, branca e mole, foram praticamente encontrados em todas as partes. Adicionalmente, foram registrados emboloramentos e fungos manchadores. Com destacada frequência, fiz uma comparação fotográfica com literatura específica, através da qual pude relacionar as ordens dos prováveis fungos. A identificação da espécie teria exigido uma maior abrangência neste projeto, uma vez que não existe, até hoje, publicado no sul do país, um diagnóstico dos causadores de danos em madeira construída.

Os resultados demonstraram uma clara diferença na araucária e nas madeiras folhosas, bem como especificidades regionais, que foram tabelarmente registradas nos gêneros supostos. Assim como para os insetos, também no caso dos fungos foram registradas fotograficamente, de forma exaustiva, todas as danificações típicas. As áreas danificadas diferenciam-se, em parte, na madeira de araucária e nas folhosas, o mesmo valendo para o espectro dos danos.

Os danos macroscópicos duvidosos ou não visíveis, os que podem interferir massivamente na sua consistência, foram comprovados histologicamente nas amostras de laboratório. Madeiras extremamente danificadas, especialmente peças estruturais, podem significar a possibilidade de desmoronamento da construção. Isto fica claro na listagem das madeiras danificadas. Como no caso dos insetos, os danos por fungos foram classificados em três graus. Não raramente, pude observar a duplicidade de danos, ou mesmo danos variados na mesma peça de madeira, acrescidos, em vários casos, de ataque secundário por insetos.

O crescimento de líquens e outras plantas, nas superfícies de madeira ou fundações e muros próximos, não causa dano direto, facilita, porém, a umidade no local, o que atrai aparentemente os fungos.

Entre os fatores abióticos, é a umidade da madeira o fator de grande impacto. Madeiras secas não apresentaram apodrecimento, mas podem, porém, ser atingidas por determinados insetos, como já mencionado, sobretudo pelas térmitas de madeira seca. Igualmente, as edificações próximas, inclusões ou anexos provocam danificação, sobremaneira a introdução de áreas molhadas, duchas por exemplo.. As várias circunstâncias ou situações de umidificação encontradas foram listadas. Também a falta de manejo e reparos nas casas, muitas vezes abandonadas ou ocupadas por pessoas idosas, são alguns dos fatores básicos de deterioração.

As áreas de danos mais freqüentes foram também registradas em desenhos esquemáticos nas plantas de elevação das respectivas tipologias mais usuais.

Na discussão da tese, é abordada a importância deste levantamento biológico/construtivo, nos seus diversos aspectos. Uma série de medidas de saneamento não são apenas desejadas, porém, necessárias e urgentes, se é que se pretende resguardar a substância das construções históricas em madeira no RGS. O seu valor patrimonial não é, até hoje, de uma forma geral, conhecido ou consagrado, e muito menos aceito. Um dos motivos deve ser a falta de informação. Como arquiteta do patrimônio na instância pública de Porto Alegre, procurarei, no futuro,

influenciar positivamente esta situação, reclamada pelos proprietários, comunidades locais e órgãos de preservação.

Os resultados desta pesquisa multidisciplinar deverão ter um efeito multiplicador, na medida em que serão publicados em revistas especializadas e contribuirão para um conhecimento fundado de Biologia Aplicada na área de Preservação de Bens Culturais, em especial das construções históricas no sul do Brasil. Após 15 anos de experiência na área encontro-me familiarizada com a tarefa e a problemática da preservação dos bens culturais do Rio Grande do Sul e espero que os resultados auferidos possam contribuir para o preenchimento das lacunas de conhecimento, já há muito reclamadas, na área do patrimônio histórico edificado.

7. Literatur

- Araujo R L (1988) Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. *In: Mariconi F A M (Coord.) Tomo III. Animais invasores dos domicílios e de outras construções.* Nobel, São Paulo, p 95-123
- Backes P, Bianco S, Irgang B (2002) Árvores do Sul: guia de identificação & interesse ecológico. Editora Palotti, Porto Alegre, 325 p
- Balat M, Ayar G (2005) Biomass energy in the world, use of biomass and potential trends. *Energy Source* 27: 931-940
- Barron G L (2003) Predatory fungi, wood decay, and the carbon cycle. *Biodiversity* 4: 3-9
- Bertussi P I (1983) Elementos de arquitetura da imigração italiana. *In: Arquitetura no Rio Grande do Sul.* Mercado Aberto, Porto Alegre, 224, p121-154
- Braun H J (1963) Die organisation des Stammes von Bäumen und Sträuchern. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H., Stuttgart, 160 p
- Braun H (1964) Baum und Leben der Bäume. Rombach Verlagshaus, Freiburg, 860 p
- Brauns A (1991) Taschenbuch der Waldinsekten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, 860 p
- Brazolin S, Lelis A T, Lopez G, Guimarães F P (2006) O Problema de Fungos e Insetos Xilófagos no Museu de Arte Sacra de Salvador, Bahia. www.abracor.com.br, 23 p
- Brazolin S, Tomazello M (2006) Alterações na estrutura anatômica de madeira de *Tabebuia* spec. (Ipê) de torre de resfriamento de água, por fungos de podridão mole. *Scientias Florestalis* (1999) 55: 97-105
- Burger L M, Richter H G (1991) Anatomia da madeira. Nobel, São Paulo, 154 p
- Carvalho P E R (1994) Espécies florestais brasileiras. Recomendações silviculturais e uso da madeira. EMBRAPA-CNPQ. Brasília, 640 p
- Costa-Leonardo A M (1996) A metodologia de iscas para controle de cupins subterrâneos. *Revista Agricultura* 7: 337-345
- Costa-Leonardo A M (2002) Cupins-praga: morfologia, biologia e controle. Rio Claro, São Paulo, 128 p
- Dallwitz M J, Paine T A, Zurcher E J (1995 onwards). User's guide to Intkey: a program for interactive identification and information retrieval. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>
- Dallwitz M J (2000 onwards) A comparison of interactive identification programs. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>

- Edwards R, Mill A E (1986) Termites in buildings. Their biology and control. Rentokil Library, East Grinstead, UK, 261 p
- Ebeling W (1996-2004) Urban Entomology. Wood-Destroying Insects and Fungi. UC Riverside Entomology, ENT133-RUST, Chapter 5 Part 1, p 128-107
<http://www.insects.ucr.edu/ebeling/ebe/5-1.html>
- Endres J (1998) Zur Überlebensstrategie solitär lebender Wildbienen (Hymenoptera Apoidea). Populationsstruktur der roten Mauerbiene (*Osmia rufa* L) und anderer xylophiler Megachiliden-Arten. Cuvillier, Göttingen, 305 p
- Engels W (2003) Araukarienwald. *In*: Kohlhepp G (Hrsg) Brasilien – Entwicklungsland oder tropische Großmacht des 21. Jahrhunderts? Attempto Verlag, Tübingen, p 239-262
- Fengel D, Wegener G (1989) Wood chemistry, ultrastructure, reactions. De Gruyter Verlag, Berlin, 613 p
- Fontes L R (1995) Cupins em áreas urbanas. *In*: Berti F E, Fontes L R (Ed) Alguns aspectos atuais da biologia. FEALQ, Piracicaba, p 57-75
- Fontes L R (1996) Controle de cupins em ambientes urbanos. *In*: Simpósio latino-americano sobre controle de pragas urbanas, São Paulo. Anais Expo Prag, p 53-68
- Fontes L R, Berti F E (1998) Cupins. O desafio do Conhecimento, Piracicaba. FEALQ, 512 p 109-124
- Frössel F (2002) Biologische Schäden in Gebäuden. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart. Holzzerstörende Insekten, p 404-415
- Galileo M H (2002) Insekten in Araukarien, AFZ Der Wald, Editora Presença 22: 1171-1172
- Geib S, Hoover K, Hatcher P, Tien M (2006) Lignin degradation in two wood-feeding insects. Proc Entomol Soc America, abstract 0265
- Gerner M (2002). Die Kunst der Zimmerer. Meisterwerke aus Europa, Amerika und Asien. DVA, Stuttgart, 136 S
- Golte W (1993) Araucaria. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 167 p
- Gomez Ros V L, Gabaldón C, Pomar F, Merino F, Pedreño M A, Barceló A R (2007) Structural motifs of syringyl peroxidase predate not only the gymnosperm-angiosperm divergence but also the radiation of tracheophytes. New Phytologist 173: 63-78
- Hampp R, Breuninger M, Mertz A (2000) Die Brasilkiefer, Überlebenskampf eines lebenden Fossils. Bioforum 4/ Ökologie. Easy info 750, p 222-224

- Hofer M C, Schulze N (1992) Aspects of cultural heritage conservation under the jurisdiction of the twelfth coordination of the Brazillian Institute of Cultural Heritage. *In: Concepts and problems of conservation of historical monuments. A Brazilian-German Workshop.* GKKS Forschungszentrum Geesthacht GmbH.
- Hofer M C (1994) Baudenkmäler in RGS: Kulturlandschaft muß erhalten werden. Zeitschrift der Vereinigung ehemaliger Stipendiaten von Deutschland. AEBA, Porto Alegre, 35 p
- Hofer M C (1995) A trajetória do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional: a atuação da 12. Coordenação Regional. LOGOS, Canoas 7: 35 p
- Hogue C L (1993) Latin American Insects and Entomology. University of California Press, Berkeley. Los Angeles. Oxford, 594 p
- Holzhandel (2005) Holzerstörung durch Pilze und Insekten. www.holzhandel.de, p 1-2
- Hörmeyer J (1858) Südbrasilien. Ein Handbuch zur Belehrung für Jedermann, insbesondere für Auswanderer. Mit einer Karte. Von Capitän J. Hörmeyer. Gustav Carl Würger, Hamburg, 339 p
- Hörmeyer J (1863) Was Georg seinen Deutschen Landsleuten über Brasilien zu erzählen weiss. Hofbuchdruckerei in Rudolstadt, Leipzig. 4°, VIII, 256 p
- Hunt G M, Garrat G A (1967) Wood preservation. McGraw Hill, New York, 433 p
- Huckfeldt T, Schmidt O (2006) Hausfäule- und Bauholzpilze. Verlag Rudolf Müller, Köln, 377 p
- Hyodo F, Tayasu I, Inoue T, Azuma J I, Kudo T, Abe T (2003) Different role of symbiotic fungi in lignin degradation and food provision for fungus-growing termites (Macrotermitidae: Isptera). *Functional Ecol* 17: 186-193
- Ihering H v (1885) Taschenbibliothek für deutsche Auswanderer. *In: Über's Meer, Lesson R & Aberländer R, Rio Grande do Sul. Gera, Band XI u. XII.* p 39-53
- Ihering H v (1887) Zur Kenntnis der Vegetation der südbrasilianischen Subregion. *Das Ausland, Stuttgart, 60:* 801-805
- Inter Naciones (1974) Denkmalpflege in der Bundesrepublik Deutschland. Hens Moss Verlag München, Bonn-Bad Godesberg, 126 p
- Jacobs W., Renner M (1988) Biologie und Ökologie der Insekten. Gustav Fischer Verlag, Suttgart, New York, 690 p
- Kempe K (2001) Dokumentation Holzschädlinge. Holzerstörende Pilze und Insekten an Bauholz. Verlag Bauwesen, Berlin, 168 p

- Klingenberg C (2006) *Brasiliense Pilzzüchter-Ameisen der Gattung Mycetophylax, Lebensweise und Taxonomie*. Dissertation, Fakultät für Biologie, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, 138 p
- Kiesow G (2000) *Denkmalpflege in Deutschland*. Theiss Verlag, Stuttgart, 253 p
- Kuhnigk T, König H (2007) Degradation of dimeric lignin model compounds by aerobic bacteria isolated from the hindgut of xylophagous termites. *J Basic Microbiol* 37: 205-211
- Lélis A T, Brazolin S, Fernandes J L G, Lopez G A C, Monteiro M B, Zenid G (2001) *Biodegradação de madeiras em edificações*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT, São Paulo, 54 p
- Lélis A T (2001a) O Papel do patrimônio histórico na pesquisa de novos métodos de controle de cupins. *Boletim da ABRACOR, marc/abr/mai*: 3-6
- Lélis A T (2001b) Sobre o emprego de iscas para o controle de cupins. *Vetores & Pragas* 9: 30-35
- Lepage E S (Coord.) (1986) Reimpressão (1989) *Manual de preservação de madeiras*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, IPT Divisão de Madeiras. São Paulo, vol. I + II, 708 p
- Lexikon der Biologie (2007) www.wissenschaft-online.de
- Lima A M C (1956) *Insetos do Brasil: coleópteros*. ENA, Rio de Janeiro, 10, 279 p
- Lorenzi H (1992) *Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Ed Plantarum, Nova Odessa, 352 p
- Magel E (2001) Physiology of cambial growth, storage of reserves and hardwood formation. *In: Huttunen S et al (eds) Trends in European Forest Tree Physiology Research. Cost Action E6: EUROSILVA*, Kluwer Academic Press, Netherlands, p 19-32
- Maineri C, Chimelo J P (1989) *Fichas de caracterização das madeiras brasileiras*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo IPT, 419 p
- Marchiori J N C (1991) *Florestas nativas privadas: uma análise fitogeográfica e histórica do problema no Rio Grande do Sul*. *In: Seminário sobre a situação florestal do Rio Grande do Sul*, Santa Maria, p 21-27
- Marchiori J N C (1997a). *Dendrologia das angiospermas: leguminosas*. Ed. UFSM, Santa Maria, 200 p
- Marchiori J N C (1997b). *Dendrologia das angiospermas: das magnoliáceas às flacurtiáceas*. Ed UFSM, Santa Maria, 271 p
- Marchiori J N C (2000a) *Dendrologia das gimnospermas*. Ed UFSM, Santa Maria, 158 p

- Marchiori J N C (2000b) Dendrologia das angiospermas: das bixáceas às rosáceas. Ed UFSM, Santa Maria, 240 p
- Marchiori J N C (2002). Fitogeografia do Rio Grande do Sul: enfoque histórico e sistemas de classificação. Ed Est, Porto Alegre, 118 p
- Mariconi FAM (1999) Insetos e outros invasores de residências. FEALQ, FAM (Ed), Piracicaba, 460: 35-90.
- Martin M M (1991) The evolution of cellulose digestion in insects. Phil Transact: Biol Sci 333: 281-287
- Mecke R (2002) Insetos do pinheiro brasileiro - Insekten der brasilianischen Araukarie - Insects of the Brazilian Pine. Attempto Service GmbH, Tübingen, 79 p
- Mecke R, Barbosa M S, Engels W (2000) A new Brazilian sawfly, *Derecyrtia araucariae* spec. nov. (Hymenoptera: Xiphhydriidae), associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. J Kansas Entomol Soc 73:177-182
- Meira A L (2004) O passado no futuro da cidade: políticas públicas e participação popular na preservação do patrimônio cultural de Porto Alegre. Ed Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 208 p
- MichiganTech (2001) Researchers discover gene that could be key in hardwood evolution. www.admin.mtu.edu
- Milano S, Fontes L R (2002) Cupim e cidade: implicações ecológicas e controle. (Manuscrito impresso), São Paulo, 141 p
- Milano S (1988) Diagnóstico e controle de cupins em áreas urbanas. In: Fontes L R & Berti F E Cupins. O desafio do conhecimento, Piracicaba. FEALQ, 512 45-85
- Möller G (2004) Lebensraum Alt- und Totholz. Naturmagazin 6
- Monteiro N B (2003) Polígrafo Palestra IPHAN, UCS. Caxias do Sul, 35 p
- Müller J (Hrsg.) (2005) Holzschutz im Hochbau. Grundlagen-Holzschädlinge-Vorbeugung-Bekämpfung. Frauenhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 363 p
- Northwesttermite (2006) Wood-destroying organisms. www.northwesttermite.com, p 1-4
- Paes J B (2002) Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook) K.D.Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. Viçosa, Revista Árvore 26
- Paiva C L (1996) História da técnica das construções coloniais em São Paulo. Fundação Pró-Memória, Indaiatuba (Manuscrito impresso), 49 p

- Paiva C L (1999) Características gerais de edificações coloniais e imperiais com relação ao ataque de cupins. www.geocities.com/lagopaiva/cuppatri.htm. 4abr.
- Palatina (2007) www.palatina-gmbh.de
- Paula J E, Alves J L H (1997) Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso. Fundação Mokiti Okada-MOA, Brasília, DF
- Posenato J (1983) Arquitetura da imigração italiana no Rio Grande do Sul: assim vivem os italianos, 4. EST/EDUCS, Porto Alegre, 600 p
- Putzke J, Putzke M T L (2002) Os reinos dos fungos. UNISC, Vol. 1, 829 p, (2004) Vol. 2, 605 p
- Rambo S J (1949) A flora de Cambará. Anais botânicos do herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, 1: 111-135
- Rambo S J (1953) História da flora do planalto riograndense. Anais botânicos do herbário Barbosa Rodrigues. Itajaí, 5:185-23
- Rambo S J (1960) Die Südgrenze des brasilianischen Regenwaldes. Pesquisas, São Leopoldo, Série Botânica 8: 5-41
- Reitz R, Klein R, Reis A (1988) Projeto madeira do Rio Grande do Sul. CORAG. Porto Alegre, 525 p
- Röhrig E (1992) Totholz im Wald. Forstliche Umschau 34: 259-270
- Roche J A (1969) A colonização alemã e o Rio Grande do Sul. Editora Globo, Porto Alegre, v. 1 + 2, 874 p
- Santini E J (1986) Biodeterioração e preservação da madeira. UFSM/CEPEF/FATEC, Santa Maria, 125 p
- Sbeghen A C (2001) Potencialidades de utilização de óleos essenciais de plantas aromáticas para o controle de *Cryptotermes brevis*. Dissertação de mestrado, Universidade de Caxias do Sul, 80 p
- Sbeghen A C, Dalfovo V & Barros N M (2002) Repellence and toxicity of Basil, Citronella, Ho-Sho and Rosemary oils for the control of the termite. Sociobiology 40: 585-593
- Schedl K E (1966) Etwas über die Borkenkäfer der Araukarien. 239. Beitrag zur Morphologie und Systematik der Scolytoidea. Anz Schädlingkd Hamburg 39: 42-45
- Sjöström E (1993) Wood chemistry. Fundamentals and applications. Academic Press, New York, 293 p
- Smulski, S (1996) Wood-destroying fungi in residential constructions. www.umass.edu, BMATWT

- Schulze-Hofer C (2003) Bauschäden an historischen Holzhäusern. Z Defender, Cachoeira do Sul, p 22-23
- Schmidt H (1977) Insektenschäden an Importhölzern. Springer Verlag. Berlin, 316 p
- Secretaria de Coordenação e Planejamento (2002). Atlas Socioeconômico: Estado do Rio Grande do Sul. 2 ed. SPC, 69 p
- Six D L (2003) Bark Beetle-Fungus Symbioses. *In: Contemporary Topics in Entomology Series*. Thomas A Miller (Ed), London, Washington, p 97-103
- Silva P F da (1967) Características físico-mecânicas de espécies lenhosas do sul do Brasil. Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, Boletim 42, Porto Alegre, 41 p
- Silva A G A (1968) Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Laboratório Central de Patologia Vegetal, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 622 p
- Souza H, Magliano M M & Camargos J A A (1997) Madeiras Tropicais brasileiras. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Laboratório de Produtos Florestais, Brasília, DF, 152 p
- Stumpp E (2007) Tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no Rio Grande do Sul para o controle do cupim-de-madeira-seca, *Cryptotermes brevis*. Doktorarbeit, UFRGS, Porto Alegre, Brasilien.
- Usoltsev V A, Koltunova A I, Kajimoto T, Osawa A, Koike T (2002) Geographical gradients of annual biomass production. *Eurasian J Forest Res* 5: 55-62
- Weimer G (1983) A arquitetura da imigração alemã: um estudo sobre a adaptação da arquitetura centro-européia ao meio rural do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Ed.UFRGS, São Paulo, Nobel, 296 p
- Weimer G (1983) A arquitetura rural da imigração alemã. *In: A arquitetura no Rio Grande do Sul*. Mercado Aberto, Porto Alegre, 224 p
- Yamin M A (1980) Cellulose metabolism by the termite flagellate *Trichomi*. *Appl Environ Microbiol* 39: 859-863
- Zenid G J (2002) Espécies Nativas com potencial Madeireiro e Moveleiro: IPT- Divisão de Produtos Florestais. III Seminário de Produtos Sólidos de Madeira de Eucalipto - SIF, São Paulo, Brasil. www.ipt.br/areas/dpf/pbm/manual
- Zorzenon FJ, Potenza M R, Justi J. & Almeida S L (2000) Field evaluation of a 0,5% hexaflumuron bait (Recruit II) for colony elimination of the subterranean termite *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Anais do XXI International Congress of Entomology*. Resumo 4165, Foz do Iguaçu, Brasil.

Anhang

Tabelle 25. Liste der 93 detailliert untersuchten Bauten.

<i>Region 1</i>	Baujahr
1.1 - Casa Kroeff – São Francisco de Paula	1925-1927
1.2 - Casa Mack – Canela	1925
1.3 - Casinha dos Pesquisadores – Pró-Mata – São Francisco de Paula	1960-1970
1.4 - Sede do IBAMA – Faixa para Terra de Areia – São Francisco de Paula	1750 (Baum)
1.5 - Castelinho – Caracol, Canela	1912
1.5.1 Umgesiedelte Fachwerkhäuser – Caracol, Canela	1850-1890
1.6 - Casa Trindade – Cambará do Sul	1939-1940
1.7 - Hotel Grande – Canela	1910-1950
1.8 - Fazenda Fogaça – São Francisco de Paula	1930-1960
1.9 - Antiga Serraria Gaúcha – São Francisco de Paula (Ruine, abgerissen)	1940-1960
1.10 - Clube do Lugarejo – Tainhas	1950-1960
1.11 - Casa da Idosa – Tainhas	1940-50
1.12 - Casa Castro – Canela	1930
1.13 - Casa do Papai-Noel – Canela	1910-20
1.14 - Moinho Hilebrandt – Nova Petrópolis	1879
1.15 - Moinho Centro – Nova Petrópolis	1940
<i>Region 2</i>	
2.1 - Casa Bender – Boa Vista – Santa Cruz do Sul	1860-80
2.2 - Casa Panke – Rio Pardinho – Santa Cruz do Sul	1940-50
2.3 - Galpão Panke – Rio Pardinho – Santa Cruz do Sul	1930
2.4 - Antiga Casa Panke em enxaimel (in der Scheune gelagert)	1860-72
2.5 - Antiga Serraria Panke	1860-1953
2.6 - Casa Krüger – Becker – Rio Pardinho – Santa Cruz do Sul	1860-70
2.7 - Residência Wiethöler – Westfália	1899
2.8 - Cozinha Wiethöler – Westfália	1870
2.9 - Casa Schmidt – Alt Hamburg – Novo Hamburgo (Nationaldenkmal)	1840-70
2.10 - Antiga Cozinha – Haus Nr.2 – Buraco do Diabo (Teufelsloch) Ivoti	1840-70
2.11 - Casa Enxaimel Nr. 4 – Buraco do Diabo (Teufelsloch) Ivoti	1840
2.12 - Casa Enxaimel Franke – Linha Andreas, Santa Cruz do Sul	1860-70
2.13 - Casa Enxaimel Rahm (Linha Travessa) Santa Cruz do Sul	1853-70
2.14 - Casa Enxaimel Dremeyer (Möbel Werkstatt) – Teutonia	1870-95
2.15 - Casa Enxaimel – Estrada Presidente Lucena	1890-99
<i>Region 3</i>	
3.1 - Casa Conz – Travessão Garibaldi – Flores da Cunha	1920
3.2 - Casa Fillipon – Santa Bárbara – Monte Belo do Sul	1885-1900
3.3 und 3.4 – Escritório Técnico und Museu – Antônio Prado	1900-20
3.5 - Casa da Neni – Antônio Prado	1910
3.6 - Casa Zulian – Antônio Prado	1900-20
3.7 - Casa Stiochetto – Antônio Prado	1910-20
3.8 - Casa Bezutti Zen – Linha 21 – Antônio Prado	1920-40
3.9 - Casa Grazziotin – Sta. Barbara – Monte Belo do Sul	1920-1930
3.10 - Casa Tomassini – Ilópolis	1919-20
3.11 - Casa Bozeto (2 Häuser) – Ilópolis	1920
3.12 - Venda Central – Ilópolis	1910-20
3.13 - Moinho Colognese – Ilópolis	1920-40
3.14 - Casa Estrada Soledade – Ilópolis	1940-45
3.15 - Casa Reserva do IBAMA – Ilópolis	1950-60
3.16 - Casa Ruindo – Muçum	1920-40
3.17 - Restaurant und Hotel Girardi – Muçum	1920-40
3.18 - Casa Av.Principal – Muçum (balastrada)	1940-60
3.19 - Casarão alteado – Santa Tereza	1920-50
3.20 - Casa esquadrias verde – Santa Tereza	1930-40
3.21 - 3.48 Gesamtanlage Antônio Prado, 28 Häuser	1890-1930

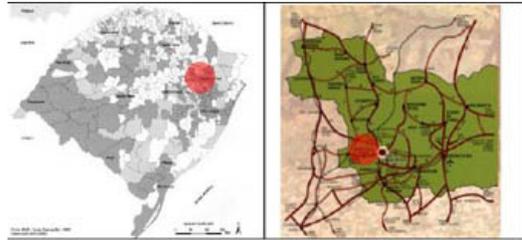
<i>Region 4</i>	
4.1 - Moinho Richter – Chapada	1930-40
4.2 - Moinho Riograndense – Passo Fundo	1940-50
4.3 - Casa branca – Soledade	1950-55
4.4 - Casa – varanda central de Soledade	1950-55
4.5 - Casa com pinheiro – Soledade	1930-50
4.6 - Antigo Moinho – em Enxaimel – Panambi (Neu Württemberg)	1920-30
4.7 - Chalé Rosa ao lado do Moinho – Panambi (Neu Württemberg)	1920-40
4.8 - Casa tipo alemã – gaúcho estrada Soledade Fontoura Xavier – Arvorezinha	1920-1940
4.9 - Residência do Sr. Gaúcho – estrada Soledade para Ilópolis, Arvorezinha	1940-60
4.10 - Casa e Galpão de Fazenda – estrada Soledade para Ilópolis, Fontoura Xavier	1940-60
4.11 - Casa de colono italiano – estrada Arvorezinha para Ilópolis	1940-50
4.12 - Casarão tipo suabo na entrada da cidade de Panambi (Neu Württemberg)	1930-40
Sondergebiet: Missionen	
4.13 - (4.20) – Igreja de São Miguel das Missões (4 Proben) – São Miguel	1730-50
4.14 - (4.21) – Archäologische Ausgrabungen – São Lourenço Mártir	1690
4.15 - (4.22) – Cachorros, ehemalige Kirche – São Luiz Gonzaga	1687

Tabelle 26. Sonder-Tabelle mit Protokoll-Beispiel der bei Feldarbeiten erstellten Gebäude- und Bauschäden-Diagnostik eines der 13 detailliert untersuchten und auch zeichnerisch dokumentierten Wohnhäuser.

Für weitere 12 Gebäude liegen ähnliche Protokolle vor. Die Ergebnisse sind zusammen mit den Daten der übrigen 80 detailliert untersuchten Häuser in Tabell 28 (Anhang) dargestellt.

Bestandsaufnahme: 3.2 – Casa FILLIPON, Monte Belo do Sul, Region 3

(Fettdruck bedeutet, daß dies im Protokoll vorgegebene Fragen waren, die hier aus dem Portugiesischen lediglich ins Deutsche übertragen sind)



1. Objektbeschreibung

Adresse/Ort: Santa Bárbara, Monte Belo do Sul

Baujahr: Ansiedlung 1885, Hausbau 1900

Eigentümer/Bewohner: Erben der Familie Aldo Alfredo Filippon

Geschosse: Keller, EG, Dachgeschoss

Nutzung: Wohnhaus

Ursprungsnutzung: Wohnung und Weinkeller

Schutzart: Keine, in Liste der denkmalwerten Bauten der Italienischen Kultur in Rio Grande do Sul, auch im Projekt ECIRS der Universität Caxias do Sul.



Lage in RS, Lage im Dorf, Südwest-Ansicht mit Küchenanbau.

Geschichte und Hausbeschreibung: Gebäude aus dem Ursprung der italienischen Kolonisation im Großraum Bento Gonçalves und Caxias do Sul. Der italienische Einwanderer Schelso Filippon (Handwerker und Winzer aus Norditalien) kaufte das Land im Jahr 1885 und baute das Haus um 1900. Baumeister war Agostinho Brum (Einwanderer vermutlich aus dem deutschsprachigen Raum). Das ganze Haus ist noch aus handgesägtem und gespaltenem Holz erstellt. Auch Beschläge, Dolen, Dübel, Verbindungen, Türe und Fenster mit vielen Details sind aus Holz. Nach der Befragung aus Araukaria, Cabriúva, Guajuvira und Batinga. Die Rückseite = Westfassade ist unterkellert aus Natursteinen. Als Besonderheit gelten die Dekorationen im Holz an Fenstern und Türbogen, die städtische Glasfenster simulieren.



Verzierte Haustür, alte Einrichtung an Wand aus Araukarienh Holz, Rückseite mit Weinkeller.

Bemerkungen: Nach Aussage von Bürgermeister Leonir vor Ort besteht Interesse der Stadtgemeinde und der Eigentümer an einer kompletten Sanierung des Hauses. Noch keine Farbe an der Fassade. Beschläge und Mobiliar teilweise Original. Das Araukarienholz ist verwittert, mit Patina.

Veränderungen, wichtige Hinweise über das Haus:

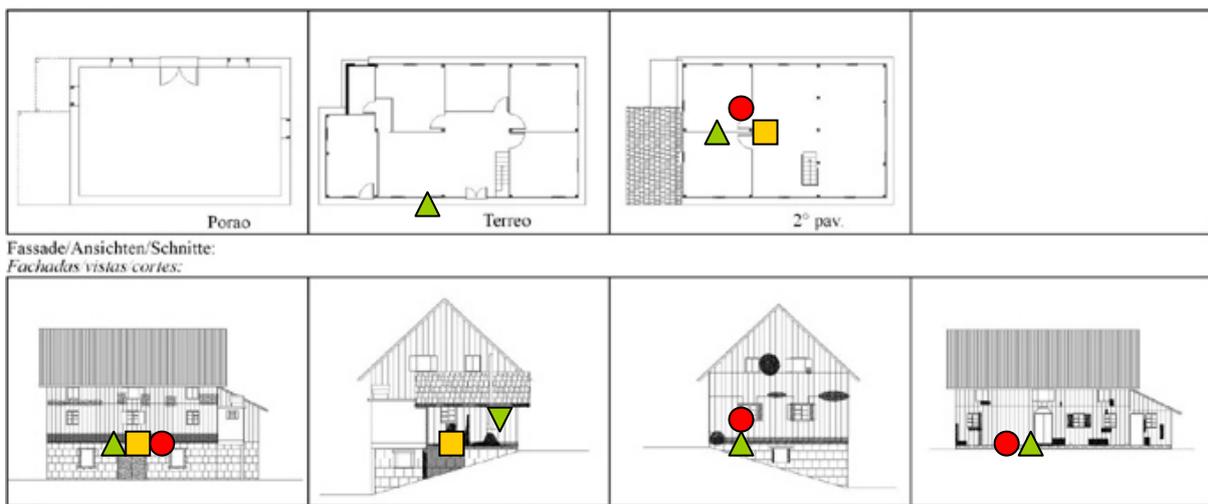
Nach Aussage von „Nona“ Oma Fillipon und *in loco* beobachtet, sind grundlegende Veränderung am Dach vorgenommen worden. Auch ein Einbau im Süden mit Küche, Toiletten und Naßräumen. Das Haus war ursprünglich mit Holzsschindeln „Scandole“ (auf italienisch) gedeckt.

Städtebauliche Lage: Ländlich, originale Situation, ursprünglich Linha Santa Bárbara, eine sehr traditionelle italienische Kleinstadt. Das Haus ist in Nord-Süd Richtung zur Strasse ausgerichtet in einer leichten Hangsituation. Die Rückseite ist unterkellert.

Bauaufnahme und Schadensdiagnostik:

Konstruktion: Rahmenholzbauweise mit Verschalung aus Araukarienholz, teilweise unterkellert

Material: Holz und Natursteinmauerwerk



Fassade/Ansichten/Schnitte:
Fachadas vistas cortes:

oben: Grundrisse Keller, Erdgeschoß, Dachgeschoß
unten: Westfassade, Südfassade, Nordfassade, Ostfassade

Schadstellen (Feuchtigkeit) ● Holzprobe ▲ Pilzbefall ● Insektprobe ■

Bauschäden:

Hauptschäden im Dachbereich und am Anbau durch Feuchtigkeit und daraus resultierendem Insektenbefall.

Dachveränderung mit teilweise unterdimensionierten Balken, statische Probleme erkennbar. Auch die originale Dachdeckung aus Schindeln wurde durch Blech ersetzt, mit ungünstigem Raumklima und idealen Bedingungen für Insekten-Befall, Trockenholztermite bereits vorhanden.

Wassereindringung an 2 Stellen, verursachte Feuchtstellen im Dachboden mit erheblichem Insektenbefall.

Weitere Schäden bei Holzverbindungen und durch den Einbau von Weichhölzern in Fensterrahmen. Erhebliche Schäden am Anbau, durch Stauwasser, und an allen Stellen mit direkter Verbindung zum Erdreich, ausgegangen von der Hauptfassade, wo Schäden durch xylophage Insekten im weiteren Unterbereich entstanden, auch bei der unterkellerten Fassade, die sich in der Dachgeschossebene weiter verbreiten.

Vorhandene bauliche Schutzmaßnahmen:

Baukonzept für Restauration: Einfaches Abwassersystem, Belüftung von Keller und Dachbereich, Überdachung des Giebels.



links - Beispiele Bauschäden: Veränderung Dachkonstruktion, Insektenfraß am Türrahmen und Fensterrahmen, mangelhafte Holzverbindungen

rechts - Beispiele baulicher Schutzmaßnahmen: Belüftung Keller, Giebel Überdachung, einfaches Abwassersystem

Probenentnahme:

6 Holzproben P3.2 - Nr. 1 bis 8 (2 davon mit starkem Pilzbefall P3.2- Nr.2IP und P3.2 Nr. 4IP)

3 Insektenproben P3.2 - Nr. 1 I , P3.2 - Nr. 2 I und P3.2 Nr.3 I bei 5, unterschiedliche Schadensbilder

2. Holzbestand

Nach Befragung sollen die Hölzer Araukarie, Batinga, Cedro und Cabriuva sein.

Araukarie in Aussenfassade nachgewiesen. 4 Proben entnommen. Im Innenbereich und Keller Laubhölzer, ebenfalls Proben entnommen zur Laboruntersuchung.

5 Proben wurden auch auf Insekten und Pilze untersucht



Holzansicht im Innenbereich, die Wände sind aus Araukarie, Fußboden und Balken aus Laubholz. Die Fassade ist aus Araukarienholz mit grauer Patina. Rechts Holzproben mit Insekten- und Pilzbefall.

Holzproben

P3.2 Nr.1

Entnahmestelle: sichtbarer Balken im Dachboden

Bemerkung: Kaum Material, sehr schlechter Zustand. Verpilzt. Holz mit Insektenprobe P3.2 Nr.2 I (2 erwachsene Käfer und P3.2 Nr.3 I Larve. Auch Pilzbefall P3.2 Nr. 1IP

P3.2 Nr.2

Entnahmestelle: Schwelle und Ständer an der Nordfassade

Bemerkung: Termitenbefall. Intensiver ist der Käferbefall

P3.2 Nr.3

Entnahmestelle: Westfassade. Schwelle

Bemerkung: Viele Schäden, in der Nähe Verbretterung aus Araukarie befallen. Käferfrass vorhanden
P3.2 Nr.4 I. Auch Pilzbefall P3.2 Nr. 2IP

P3.2 Nr.4

Entnahmestelle: Nordfassade Außen: Tragend

Bemerkung: ähnliches Schadensbild und P3.2 Nr.1 I. Käferbefall

P3.2 Nr.5

Entnahmestelle: Hauptfassade (Ostfassade) Verkleidung mit Brettern

Bemerkung: Insektenbefall, intensiver druch Käfer, auch Ameisen sekundär (P3.2 Nr 5.I)

P3.2 Nr.6 Araucaria

Entnahmestelle: Südfassade

Bemerkung: Intensiver Pilzbefall, Holzfragmente mit Merkmalen früherer Trockenholztermen (P3.2 Nr.1 I)

Pilze

Bezeichnung: P3.2 Nr. 1PI

Weissfäule im Dachboden und an der Fassade

Entnahmestellen: Dachboden und ähnlich an der Südfassade

Holz: Laubholz (Canela) und Araukarie

Temperatur 15°C

Holzfeuchtigkeit 16,3 % in 1 m Höhe, in Befallsnähe (Dachboden)

Schadensbild: Weisse Flecken streng begrenzt. Fruchtkörper liegt Holz flach auf. Holz mit weissen Flecken und Löchern, punktförmiger Holzabbau. An der Südfassade weisser Mycelbelag. Holzproben lösen sich in Faserbüschel auf und lassen sich zerreiben.

Befallsintensität: Mittel im Dachboden und hoch an der Südfassade



Weißfäule. Pilzmycel im Dachboden auf Laubholz und liegende Fruchtkörper auf Araukarienholz an der Südfassade

Bezeichnung: P3.2 Nr. 2PI

Entnahmestelle: Westfassade

Bemerkung: Intensiver Pilzbefall, Holzfragmente mit Merkmalen früherer Trockenholztermen

Fäuletyp: Braunfäule an einer Stelle

Holz: Laubhölzer (angico) auch Araukarie

Schadensbild: gelbes, dämmwollartiges Oberflächenmycel. Filzig-orangene Oberfläche. Staubende Fruchtkörpermasse mit Insektenbefall. Holz ist nicht in seiner Standfestigkeit beeinträchtigt. In Befallsnähe Holz mit Längs- und Querrissen und feingliedrigem Würfelbruch. Gleiches Bild an der Westfassade. Beides mit Insektenbefall verbunden.

Befallsintensität: Niedrig

Schadstelle: Dachboden mit wechselnder Feuchte

Schadensbeschreibung: Schwarz-rötliche Feuchtflecken, schmierige Oberfläche, Holz intakt mit kleinem Würfelbruch an trockenen Stellen. Verdacht auf Moderfäule.

Befallsintensität: Niedrig



Pilzbefall, gelbes, dämmwollartiges Oberflächenmycel an der Südfassade auf Schwelle und Brett aus Laubholz,

Fassade aus Araucaria. Veränderung der Holzstruktur: Außen Verwitterung und Vergrauen durch Regenwasser und Wind. Silberglanz.

3. Insektenschäden

Bezeichnung: P3.2 Nr.1 I

Entnahmestellen: Nordfassade (auch Ost-, West- und Südfassade)

Umgebungstemperatur 15°C

Holzfeuchte: 15% in 50 cm vom Befall

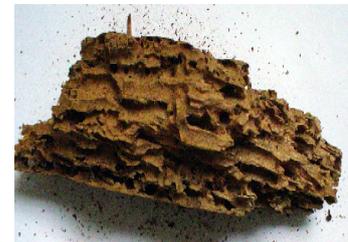
Insekten: Trockenholztermiten an verschiedenen Stellen des Gebäudes.

Imagines, Flügel nach Hochzeitsflug. Eventuell weitere Termitenarten.

Holz: Araucaria HF Nr.5, innen Canela Pinho HF Nr. 2, Canafistula Laborprobe Nr. 20

Schadensbild: Im Gebäude mehrere Stellen befallen. Holzkörper vielfach ausgehöhlt, nur noch Spätholzlamellen. Fluglöcher circa 2 mm Durchmesser. Kotpartikel Granulat 0,5 mm lang, mit holzähnlicher Farbe. Befallenes Holz mit Kotresten. Teils Kot in Galerien. Abfallhäufchen unter Ausflugslöchern. Kot in Holzspalten. Käfer und Ameisen.

Befallsintensität: Hoch, teils nur früherer Befall. Aktiv und intensiv ist Käferbefall



Termiten-Soldat mit schwarzem Kopf, Flügel, befallenes Holz mit Kotresten

Bezeichnung: P3.2 Nr.2 I

Entnahmestelle: Innen, Fußboden und Träger im Hauptsaal

Viele Käfer, wohl Anobien, ca. 4 mm lang, dunkle Farbe, ungekniete Fühler. 2 adulte Käfer gesammelt, dazu 1 gekrümmte Larve mit schwarzem Punkt am Hinterende. Trockenholztermiten in der näheren Umgebung.

Holz: P3.2 Nr.1

Umgebungstemperatur 15°C

Holzfeuchtigkeit: 18% in 80cm vom Befall

Schadensbild: Oberfläche mit massenhaft runden Ausflugslöchern von 1 – 2 mm Durchmesser, innen vollständige Zersetzung und Pulverisierung. Zusammen mit begrenztem Pilzbefall.

Unregelmäßig verlaufende Larvengänge, im Querschnitt rund. Bohrmehl holzfarben, locker, mit einseitig zugespitzten Kotpartikeln.

Befallsintensität: Hoch. Pilzbefall im Holzinernen und an der Oberfläche.

Innen und an Westfassade Käfer-Altbefall.

Probenbezeichnung: P3.2 Nr.3 I

Insekten: Anobien, nach Aussage der Bewohner klopfen sie besonders abends.

Käferrest mit Flügeldecken und Halsschild dunkelbraun mit graugelben Haarflecken.

Früher Trockenholztermiten.

Entnahmestellen: Teil eines Insekts in altem Augschlupfloch in verpilztem Holz.

Hauptfassade im Osten, Bretter der Verkleidung.

Bemerkung: Ameisen und intensiver Käferbefall, auch im Dachgeschoss.

Holz: Laubholz Holzprobe HF Nr. 2.

Schadensbild: Verpilztes Holz, Oberfläche nach Massenbefall mit 1 – 2 mm runden Ausflugslöchern, innen vollständige Zersetzung und Pulverisierung. Auch begrenzter Pilzbefall am Holz. Unregelmäßig verlaufende Larvengänge im Querschnitt rund. Bohrmehl ist holzfarben.

Befallsintensität: Hoch, aber fleckenweise. Pilzbefall im Holzinneren und an der Oberfläche.

Probenbezeichnung: P3.2 Nr.4 I

Insekt: Borkenkäfer

Umgebungstemperatur 15°C, Holzfeuchte 11% in 1 m Nähe vom Befall

Holz: HF Nr. 3, Laubholz und Araucaria

Entnahmestelle: Westfassade, Schwelle

Bemerkung: Viele Schäden, Verbretterung aus Araukarie stark befallen, Käferfraß.

Schadensbild: Mit Pilz befallenes Holz, Gangwände dunkel verfärbt. Eingangsröhren bis ca. 6 cm tief, kurze Larvengänge in Faserrichtung. Schwarz gefärbte Gänge von 2 mm.

Befallsintensität: Mittel

Probenbezeichnung: P3.2 Nr.5I

Schädlinge: Ameisen, Wespennester, darunter Honigwespen.

Holz: P3.2 Nr.5

Entnahmestelle: Hauptfassade (Ostfassade, Bretter an der Fassade)



Fußboden aus Laubholz mit Pilz- und Insektenbefall, Detail befallene Holzprobe, aus Insektenproben entnommen. Detail Käfer Befall an der Schwelle in der Westfassade

Assistenz: Valeria und Felipe bei Aufmaßen und Zeichnungen

Datum: 11. und 12. 4. 2003

Tabelle 27. Ergebnis der Befragung von 33 Experten über Holz und seine Verwendung in historischen Bauten von Rio Grande do Sul.

Nr.	Ort	Datum	Name	Beruf	Aussagen über Hölzer	Aussagen über Bauten
<i>Region 1</i>						
1	São Francisco de Paula	12.3.2003	Arturo Soligo	Forstingenieur - IBAMA Araukarien -Wald	++ *	+
2	Jaquirana Engenho Jaquirana	2.4.2003	Ademar Cardoso Alves Sohn einer Indianerin	Holzfäller, Rentner 50 Jahre lang Arbeiter in einer Sägerei, mit 14 Jahren schon Holz geschlagen	+++	+
3	Cambará do Sul Fazenda Campo Bom	2.4.2003	Protasio de Oliveira Titoni Andre Tittoni (Sohn)	Landwirt Araukarienwald-Besitzer Holzhändler, hatte 5 Sägewerke in der Region	+++	++
4	Cambará do Sul	3.4.2003	Gesmar Borges	Lehrer und Historiker (hat ein Buch über Cambará geschrieben)	+	**
5	Linha Imperial Nova Petropolis	2.4.2003	Elmar Hillebrand	Sägewerks Eigentümer, noch in Betrieb	++	++
6	Canela P. Alegre	27.3 2003 1.5.2003	Ing. Cilon Estivalet	Beamter der METROPLAN Präsident der ASCON, Verein für Araukarienschutz	++	++
7	Canela Castelinho Caracol	2.4.2003 und Juni 2005	Erna Bethge Correa und Luiz Fernando Correa Silva	Geschäftsführer Castelinho und Grande Hotel, Eigentümer	+	**
8	Jaquirana	2.4.2003	Sebastião Lopes	Historiker		*
9	São Francisco de Paula	5.4.2003	Frida Mack	Tochter des deutschen Architekten Otto Mack aus Stuttgart		+
10	Potreiro Velho São Francisco de Paula	13.3.2003	Leni Maria Marques Pinto	Landwirtin, Fazenda Potreiro Novo, bekannte Holzhändlerfamilie	++	+
11	São Francisco de Paula	4.4.2003	Frau Borges	Ehemalige Lehrerin. Vater baute das Haus Kroeff	+	**
<i>Region 2</i>						
1	Westfalia	25.4.2003	Herr und Frau Withölder	Bauern und Waldeigentümer	+++	++
2	Westfalia	25.4. 2003	Helmuth und Sohn Rudi Blomcker	Zimmerrmeister und Tischler	++	++
3	Linha Frank Teutonia	24.4.2003	Erpidio Dremeyer	Bauer und Sägemühlenbesitzer Waldeigentümer	+++	+
4	Teutonia	26.4.2003	Rimar Roloff u. Ruth Driemeyer	Restauratoren	++	++

5	Rio Pardino, Santa Cruz do Sul	3.5.2003 23.4.2003 3.8.2005	Benjamin Panke, Ilse Panke	Holzexperte, Zimmermann, Sägewerksbesitzer und Parkettfabrikant	+++	+++
6	Santa Maria, alle Regionen	15.7.2005	Dr. José N. Marchiori	Professor an der UFSM. Holzanatom.	+++	++
7	Teutonia	23.4.2003	Herr Dick	Musiker, Musikinstrumentenbauer	+	+
8	Boa Vista	19.3.2003	Iraci Bender	Bäuerin Hausfrau		**
9	Rio Pardino, Santa Cruz do Sul	21.3.2003	Frau Krüger	Bäuerin		**
<i>Region 3</i>						
1	Antonio Prado	13.4.2003	Fernando Roveda	Historiker	++	++
2	Antonio Prado	14.4.2003 und Juli 2005	Adelar Carrisime	Baumeister, Zimmermann, Tischler	++	+++
3	Monte Belo do Sul	11.4.2003	Isolina Fillipon Schwager dabei	Bäuerin		+
4	Flores da Cunha	13.4.2003	João Cons	Ehemaliger Landarbeiter	+	++
7	Caxias do Sul alle Regionen	12.4.2003	Dr. Eugen Stumpp	Bauingenieur, Professor an der UCS und ehemaliger Mitarbeiter des größten Holzhändlers der Region	+++	++
5	Monte Belo do Sul	9.4.2003	Leonir	Bürgermeister; ehemaliger Lehrer	++	+**
6	Linha 15 Antonio Prado	13.4.2003	Casa Alada	Bäuerin		**
<i>Region 4</i>						
1	Linha Bonita, Chapada	6.5.2005	Eusébio Matije	Sägerei besitzer, Holzhändler	+++	++
2	Chapada	9.4.2003	Herr Steffler	Tischler und Möbelfabrikant	++	+
3	Passo da Palmeira Carazinho	14.8.2005	Viliro Weirich	Farmarbeiter Waldexperte	+++	+
4	Chapada	5.5.2003 und 25.7.2005	Jorge Hofer	Ehemaliger Bürgermeister, Geschäftsführer im Baugewerbe	++	**
<i>Alle Regionen</i>						
	Sitz Hauptstadt Porto Alegre, Bausanierungen in alle Regionen	1.5.2003	Architekt Edegar Bittencourt da Luz	Bauunternehmer für Altbausanierung , mit 40 Jahren Erfahrung	++	+++

+++ hat viel erzählt

++ hat mittel erzählt

+ hat wenig erzählt

** nur historische Informationen

Tabelle 28. Zustand der 93 detailliert untersuchten Gebäude.

Region	Haus Nr.	Datum	Hölzer	Termiten	Käfer	Hautflügler	Schaden	Pilze	Schaden insgesamt
1	1.1+	4.2003	b	3	2	2	2	3	3
	1.2*	4.2003	b	1	0	0	2	2	2
	1.3+	4.2003	b	2	2	2	2	2	2
	1.4	3.2003 4.2003	b	0	1	0	1	1	1
	1.5 1.5.1	3.2003 4.2003 und 6.2005	b, e a, e	0 2	1 1	2 1	1 2	1 1	1 2
	1.6+	4.2003	b	1	2	2	2	1	3
	1.7	3.2003 4.2003	b	2	0	1	3	?	1
	1.8+	4.2003	b	3	3	2	3	3	3
	1.9	4.2003	b	2	-	-	2	3	3
	1.10	4.2003	b	3	2	-	3	2	3
	1.11*	4.2003	b	3	2	1	3	2	3
	1.12*	4.2003	b	1	1	1	2	1	1
	1.13	7.2005	b	1	0	0	1	0	0
	1.14	4.2003	b,l,o,c,f	2	2	2	2	2	2
	1.15	7.2005	b	2	3	2	3	2	3
	* Kein Zugang im Innenbereich, 1.4 Holzstamm								
2	2.1	3.2003 5.2003	r,j,o,a,c, b	3	2	2	2	2	3
	2.2	3.2003 5.2003	c,i,q,b	0	1	0	1	0	1
	2.3	3.2003 5.2003 6.2005	l,j,g,f,c,p ,b	3	2	2	3	2	3
	2.4	3.2003 6.2005	a,o,c,i	1	2	1	2	1	2
	2.5	3.2003 6.2005	a,o,m,n, s	3	2	2	2	1	2
	2.6	3.2003 6.2005	r,a,b	2	2	2	2	1	2
	2.7	4.2003	a,c,b	1	2	2	2	1	2
	2.8	4.2003	o,b,g,m	2	3	2	2	2	2
	2.9	5.2003	s,a,c	3	1	0	2	2	2
	2.10	4.2003 7.2005	o	3	2	2	3	2	3
	2.11	4.2003 7.2005	o,b	3	2	1	3	2	3
	2.12	5.2003	c,o,j,l	2	2	1	2	2	2
	2.13	5.2003	a,o	2	1	1	2	2	2
	2.14	3.2003	b,e	2	3	-	3	2	3
	2.15*	7.2005	e	3	2	1	3	3	3
	* Kein Zugang im Innenbereich								
3	3.1+	4.2003	b	2	3	2	2	3	3
	3.2	4.2003	b,a,d,g	2	3	2	2	2	2
	3.3+	4.2003	b,i,n,r,e	3	2	0	3	2	2
	3.4	6.2005							
	3.5	4.2003	b,e	2	2	1	2	1	2
	3.6	4.2003	b	2	2	1	2	2	2
	3.7	4.2003 7.2005 8.2005	b	3	2	2	3	3	3
	3.8	4.2003	b	2	2	1	2	1	2
	3.9	4.2003	b	3	2	2	3	2	3
	3.10	8.2005	b,i,t,l	2	2	1	2	1	2
	3.11*	8.2005	b,e	2	1	1	2	1	1
	3.12	8.2005	b	2	2	2	2	2	2
	3.13	8.2005	b,i,t	3	3	3	3	2	3

	3.14	8.2005	b,i,t	2	2	2	2	2	2
	3.15	8.2005	b	2	1	2	1	2	2
	3.16	8.2005	b	3	3	2	3	3	3
	3.17	8.2005	b,e	3	2	1	3	2	3
	3.18*	8.2005	b	3	1	1	3	3	3
	3.19	8.2005	b	3	2	0	3	2	3
	3.20	8.2005	b	3	2	0	2	1	2
	3.21 bis 3.48+	4.2003 7.2005 8.2005	b,i,l,j,n,o	2 bis 3	2	2 bis 1	2 bis 3	1 bis 2	2 bis 3
	3.21 bis 3.48 Gesamtanlage AP sind 28 Holzhäuser, die meisten ohne Zugang * Kein Zugang im Innenbereich								
4	4.1	2.2003 8.2005	b,a,m	1	2	1	2	2	2
	4.2	5.2003	b,a,i	2	2	0	2	2	2
	4.3*	7.2005	b	2	2	1	2	1	2
	4.4*	7.2005	b	3	2	1	3	2	3
	4.5	7.2005	b	3	2	2	3	1	3
	4.6	7.2005	b	2	1	0	2	2	2
	4.7*	7.2005	b	1	1	1	1	1	1
	4.8*	7.2005	b,l,t	2	2	2	2	1	2
	4.9	7.2005	b	1	2	1	1	2	2
	4.10	7.2005	b	3	2	2	3	3	3
	4.11	7.2005	b	2	2	2	2	2	2
	4.12*	7.2005	b	2	1	0	1	1	2
	4.13	8.2005	n, (b,i)	0	2	1	2	2	2
	4.14	8.2005	n, (b,i)	0	2	1	2	2	2
	4.15	8.2005	n, (b,i)	0					
	* kein Zugang im Innenbereich , 4.13 bis 1.15 Sondergebiet Missões (Holzteile aus der Ruine) - (b,i) Statuen am Bau								

PS: + Jahre 2004 und 2006 (Denkmalpflege Eduardo Hahn, IPHAN und Studentinnen Valeria Möller und Ruth Drymeier, Daten Ergänzungen aus 13 Bauten.

Bei den Schadorganismen und den Schäden bedeuten die Ziffern 1 bis 3 unterschiedliche Befalls- bzw. Schädigungs-Stufen:

1. wenig befallen bzw. wenig geschädigt
2. mittel befallen bzw. mittel geschädigt
3. stark befallen bzw. stark geschädigt

Für die 19 verschiedenen Hölzer wurden folgende Kennbuchstaben verwendet:

a	Angico
b	Araukarie
c	Cabriuva Parda
d	Canafistula
e	Canela Amarela
f	Canela Branca
g	Canela Pinho, Guaiká
h	Canela Preta
i	Cedro
j	Grapia
l	Canjerana
m	Guajuvira
n	Ipê Roxo
o	Louro Pardo, Freijó
p	Mata-olho,
q	Mutamba, Embiru, Araticum
r	Peroba Rosa
s	Tajauva
t	Tarumã
e	Laubholz (ohne Labor Bestimmung)

Tabelle 29. Termiten-Befall im Holz einzelner Gebäude

Termiten-Gattung und Art	Gebäude Nr.	
	Araukarie	Laubhölzer
<i>Region 1</i>		
1, Kalotermitidae <i>Cryptotermes brevis</i>	1.1, 1.2, 1.6, 1.7, 1.8, 1.10, 1.11, 1.12, 1.14, 1.15	1.1, 1.5, 1.7, 1.13, 1.14
2. Termitidae <i>Nasutitermes spec.</i> <i>Nasutitermes aquilinus</i> <i>Cortaritermes spec.</i> <i>Cortaritermes fulviceps</i>	1.5.1, 1.5	1.5.1
3. Rhinotermitidae <i>Reticulitermes lucifugus</i> <i>Coptotermes spec.</i>	1.8, 1.11, 1.13	1.5.1
<i>Region 2</i>		
Kalotermitidae <i>Cryptotermes brevis</i>	2.14	2.9
Termitidae <i>Nasutitermes spec.</i> <i>Nasutitermes aquilinus</i> <i>Cortaritermes spec.</i> <i>Cortaritermes fulviceps</i>	2.7, 2.8 2.6, 2.3 2.12, 2.1, 2.5	2.6., 2.7 2.1, 2.3, 2.4, 2.10, 2.11 2.13
Rhinotermitidae <i>Reticulitermes lucifugus</i> <i>Coptotermes spec.</i>		2.11, 2.13, 2.15
<i>Region 3</i>		
Kalotermitidae <i>Cryptotermes brevis</i>	3.1, 3.2, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.15	3.2, 3.13 3.16 3.17 3.19 3.20 + 3 AP
Termitidae <i>Nasutitermes spec.</i> <i>Nasutitermes aquilinus</i> <i>Cortaritermes spec.</i> <i>Cortaritermes fulviceps</i>	3.1, 3.3 3.4, 3.13, 3.14	3.3, 3.4; 3.13 3.14 + 3 AP
Rhinotermitidae <i>Reticulitermes lucifugus</i> <i>Coptotermes spec.</i>	3.1, 3.2?, 3.9, 3.15, 3.16, 3.20	3.1 3.9, 3.15, 3.16, 3.20 + 1 AP
<i>Region 4</i>		
Kalotermitidae <i>Cryptotermes brevis</i>	4.2, 4.3, 4.5, 4.12	4.6, 4.12
Termitidae <i>Nasutitermes spec.</i> <i>Nasutitermes aquilinus</i> <i>Cortaritermes spec.</i> <i>Cortaritermes fulviceps</i>	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.6, 4.10	4.6, 4.10
Rhinotermitidae <i>Reticulitermes lucifugus</i> <i>Coptotermes spec.</i>	4.3, 4.4, 4.10	4.3, 4.4,

AP - Antonio Prado, Gesamtanlage mit 28 Häusern

9. Lebenslauf

Maria Cristina Schulze-Hofer

05.12.1958 geb. in Chapada, Rio Grande do Sul, Brasilien
Eltern: Georg und Nelsy Maria Hofer
Staatsbürgerschaften: brasilianisch und deutsch
verheiratet, eine Tochter, geboren 1997

1965 – 1977 Schule

Studium in Brasilien

1978 – 1980 Kunsterziehung
1981 – 1986 Architektur und Städtebau
1989 – 1990 Restauration von Baudenkmalern, Stadt- und Dorferneuerung
Abschluß: Architektin in der Denkmalpflege

Studium in Deutschland

1991 – 1992 Baudenkmalpflege
1995 – 1999 Architektur und Städtebau, Universität Stuttgart
2000 Abschluss Dipl.-Ing.

2003 Beginn der Doktorarbeit im Fach Zoologie, Universität Tübingen

Berufliche Tätigkeit

1986 - 1995 Bundesdenkmalamt, Außenstelle Porto Alegre, seitdem beurlaubt

1991 – 1992 in Deutschland verschiedene Praktika und Fortbildungen in der Denkmalpflege
und 1995 mit einem Stipendium der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung:

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Abteilung Insekten, Berlin,
über Termiten im Holz

Landesämter für Denkmalpflege in Hessen, Rheinland-Pfalz und Bayern

Rathgen Forschungslabor, Berlin

IGS-Institut für Gebäudeanalyse und Sanierungsplanung, München

1996 - 2003 Organisation von Seminaren und Workshops über Stadterneuerung und
Bausanierung in Brasilien

Mitwirkung an der Organisation von Forschungsprojekten brasilianischer und
deutscher Universitäten und Forschungsinstitute, unter anderem

Denkmalpflege - Methodik und Theorie: Forschung und Technologie für den
Denkmalschutz“ Forschungszentrum Geesthacht (GKSS), Rheinisches Amt für
Denkmalpflege, IEPHA, und Ministerium für Wissenschaft und Technologie, Minas
Gerais

Initiatorin der Forschungs-Kooperation über biologische Termiten-Kontrolle des
Bundesamtes für Materialprüfung, Berlin, der Universität Caxias do Sul und des
Nationalen Amtes für Denkmalpflege, Porto Alegre

Vorträge und Artikel in Fachzeitschriften über die Holzarchitektur der deutschen
Einwanderer in Brasilien

