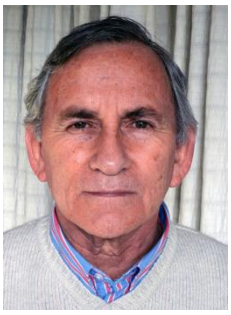
Die Radiata Kiefer und die Entwicklungen des Ingenieurholzbaus in Chile

Radiata pine in engineered wood products in Chile

L‘emploi du pin radiata dans l‘ingénierie de la construction bois au Chili

Mario Wagner
INGE-WAG Ltda.
CL-Santiago



Die Radiata Kiefer und die Entwicklungen des Ingenieurholzbaus in Chile

1. Radiata Kiefer in Chile: Wann und Wie

Chile ist ein schmaler und langer Streifen Land zwischen dem Stillen Ozean und dem Anden Gebirge, begrenzt im Norden von Perú und im Süden von der Antarktis. Seine extreme Ausdehnung ermöglicht verschiedene klimatische Bedingungen, beginnend mit dürren Wüstengebieten im Norden bis kalte Eisregionen im Süden. 22% der Landesfläche bestehen aus Wäldern was ungefähr 15,9 Millionen Hektar entspricht. Von dieser Fläche sind 13,6 Millionen Hektar reine Naturwälder, welche zu 61% unter Naturschutz stehen. Nur 2,3 Millionen Hektar sind Wirtschaftswälder, welche insbesondere der Gewinnung von Nutzholz, Holzwerkstoffen und Zellstoff dienen. In den Wirtschaftswäldern wird neben anderen Holzarten insbesondere die Radiata Kiefer (75%) und Eukalyptus Globulus (17%) angebaut. Die Sägeholzproduktion von Radiata Kiefer entspricht fast 95% der Gesamtproduktion, sodass wenn man von Bauholz in Chile spricht, die Radiata Kiefer meint.

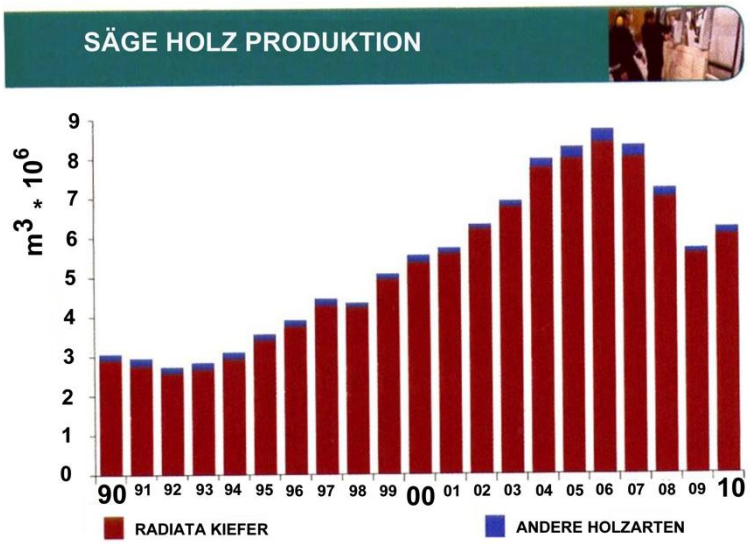


Abbildung 1: Chilenische Sägeholz Produktion

Anekdotisch ist, dass die Holzart Ende des 19. Jahrhunderts, und Dank einer Verwechselung, im Lande eingeführt wurde. Um einen privaten Forstpark zu erweitern wurden im Jahre 1886 aus Frankreich Douglasien Samen bestellt. Ohne es zu wissen, bekam man Radiata Samen. Mit der Zeit konnte man eine Verdoppelung des erwarteten Pflanzenwachstum bemerken, auch dass weder die Form noch die Farbe der Bäume derjenigen von Douglasien entsprach. Erst dann nahm man im Kauf, dass es sich um eine andere Holzart handelte. Die erste systematische Pflanzung (ugf. 400 ha) begann im Jahre 1895 in der Nähe der Kohlebergbauwerke südlich von Concepción. 25 Jahre später zählte man 60.000 ha und Anfang der 1970 betrug die bepflanzte Fläche bereits 300.000 ha.

Einen wirklichen Wendepunkt findet man ab dem Jahr 1974, wo ein staatlicher Anreiz für die private Investition in Pflanzungen eine Vergrößerung der Radiata Pflanzflächen bis zu 1.000.000 ha im Jahre 1984 und 1.700.000 ha im Jahre 1990 bewirkte.

Wirtschaftlich besonders interessant zeigt sich vor allem aber die Tatsache, dass diese Holzart bereits nach etwa 20 Jahren Umtriebszeit abfällreif ist, mit einem jährlichen Zuwachsmittelwert von zirka 20 bis 25 m3 pro Hektar. In Skandinavien, z. B. Ist dieser Index in der Ordnung von 2 m3 pro Hektar. Dies führte dazu, dass die Holzprodukte in Chile bereits 30 Jahre nach Beginn der Aufforstungen mit Radiata nach dem Kupfer zum zweit wichtigsten Exportprodukte wurden. Dank rationaler Anbau-, Bewirtschaftungs- und Verarbeitungsmethoden, hat die Produktion von Holz und Holzwerkstoffen in Chile derzeit noch eine zunehmende Bedeutung.

Die Entwicklung der Holzproduktion fand aber kaum Niederschlag im Bauwesen, vor allem im Wohnhausbau. Im Vergleich mit den herkömmlichen Holzarten sieht das Holz zu knotig und farblos aus. Man muss auch sagen, dass die Qualität der Holzprodukte in den Verkaufsorte meistens mangelhaft war. Was man nicht genügend bewertet hat ist, dass das Holz, im Vergleich zu anderen Holzarten, interessante Vorteile anbietet. Es hat eine geringe Spaltneigung und lässt sich daher gut nageln, es stumpft die Bearbeitungswerkzeuge beim Sägen, Hobeln und Bohren nur wenig ab und es lässt sich problemlos verkleben und imprägnieren.

Man kann behaupten, dass Chile zwar ein Waldbauland ist, aber auf keinen Fall ein Holzbauland. Im allgemeinen und unabhängig vom sozial-ökonomischen oder kulturellen Niveau der Leute, wird Holz noch heute als ein geringwertiges Baumaterial angesehen, mit einer begrenzten Dauerhaftigkeit, durch Pilze und Insekten zerstörbar und zudem wegen seiner Brennbarkeit gefährlich. Deshalb beschränkt sich seine Anwendung im Hausbau im Wesentlichen auf provisorische Lösungen oder Notunterkünfte nach Naturkatastrophen wie Erdbeben, Überschwemmungen usw.

Akzeptanz findet Holz bei wohlhabenderen Schichten beim Bau eines Zweithauses auf dem Lande oder am Strand. Im Allgemeinen werden beim Hausbau Beton, Mauerziegel und Stahl bevorzugt.

Radiata Holz fand als Anwendung hauptsächlich im Paletten- und Verpackungsmarkt seinen Platz. Die Holzindustrie war bis Anfang 1980 damit zufrieden, da diese Geschäfte genügend rentabel waren. Radiata Holz wurde außerdem in grosser Masse, zu einem genügend guten Preis und ohne komplizierte Bedingungen nach Arabien exportiert.

Die inzwischen im Walde generierten Holzressourcen zwängten jedoch, die üblichen kommerziellen Strategien zu ändern, insbesondere bezüglich der Exporte. Nach der Weltwirtschaftskrise von 1980 merkte man, dass die traditionellen Paletten- und Verpackungsmärkte sehr empfindlich auf die Schwankungen der Weltwirtschaft waren und dass es andere Märkte gab, vor allem diejenigen des sortierten Bauholzes, die bessere Preise hatten und viel stabiler angesichts einer Wirtschaftskrise waren: Häuser muss man mit oder ohne Krise weiter bauen, und in diesem Gebiet hat Holz hervorragende Anwendungsmöglichkeiten.
Über dieses wir später berichtet.

2. Ingenieurholzbau in Chile

Der Ingenieurholzbau entwickelt sich in Chile erst ab den 1970 Jahren. Früher hat man nur von Zeit zu Zeit einfache Holzstrukturen unter Benutzung von grobem und konservativem Bemessungsverfahren gebaut. Ausnahmen sind einige Holzstrukturen von den 1890 Jahren, wo man zurzeit eine Lösung der Spitzentechnologie finden kann: verbolztes Brettschichtholz. Es handelt sich wahrscheinlich um einige in Europa (Frankreich?) berechnete Holzbauwerke. In andere von der Bahnhof und Anfangs des vorigen Jahrhundert gebaute Holzstrukturen kann man auch leistungsfähige mit Holz und Stahlgemischte Lösungen, mit sauberen einfachen und doppelten Versatze gebaute Verbindungen, und Ähnliches finden.

Abbildung 2: Verbolzte Brettschichtholzstruktur Santiago (Ende der 1880).

Abbildung 3: Bahnhof Lagerhalle in Santiago (1910)

Eine andere Ausnahme findet man zwischen 1945 und 1960 mit der Einführung in einige Landgebiete der Zollingerbauweise in Form mehrerer für die Landwirtschaft, Weinindustrie und Stadt Märkte Hallen Dachbauten. In diesem Fall handelte es sich um eine individuelle Initiative über welches keine Unterlagen bezüglich die Bemessungskriterien und bauliche Vorgänge blieben. Nur das bestehende Gebaute steht noch als Zeuge dieser „Entwicklung".

Abbildung 4: Wein Lagerhalle in Curicó (1950)

Ein wichtiger Markstein war die Bearbeitung und Veröffentlichung im Jahre 1977 der ersten Holzbauwerke Bemessungsnorm. Das Dokument, basiert in den Britischen „Code of Practice CP112", wurde von Forschern des nationalen Forst Institut bearbeitet. Gleichzeitig und mit den verfügbaren Angaben (Versuch Ergebnisse von Studien mit Kleinproben von fehlerfreies Holz verschiedener Holzarten) wurden verschiedene Sortierklassen und zugehörige zulässige mechanische Eigenschaften bestimmt. Mit diesem Hilfsmaterial in der Hand, hatten Ingenieure und Architekten die Möglichkeit, zuverlässige Strukturen mit Holz zu projektieren und zu gestalten. In der Praxis konnte man jedoch kein Zuwachs der Holzbenutzung im Bauwesen merken.

Das Hauptproblem zu dieser Zeit lag am Mangel von zuverlässigem Bauholz im Baumarkt. Der Grund dafür lag hauptsächlich in der Erschöpfung von wirtschaftlich nutzbaren traditionellen Holzarten Wäldern und in der Sägeindustrie selbst. Wegen ihrer Abwesenheit während der Bearbeitung der Normen waren für sie die Sortierklassen unbekannt und absolut uninteressant und beschäftigten sich mit ihren Kisten-, Verpackungen- und Palettengeschäft weiter. Dieses addiert an das unter die Baufachleute allgemeines Misstrauen bezüglich Holz als zuverlässiges Bauwerkstoff und die Bevorzugung nach spanischer Bautradition für die Benutzung von Beton, Mauerwerk und Stein, lies Holz als Gelegenheit nur für das Bauen von einfache Lösungen „im hinteres Innenhof " wo niemand es sehen kann.

Einige Ereignisse halfen besonders für die Überwindung des Problems:

- Die Initiative, einige Jahre später, der Chilenische Sägeindustrie Gesellschaft, CORMA, für die Bestimmung von Sortierklasen von Radiata Schnittholz und die Ableitung der bezügliche mechanische Eigenschaften.

- Die Studien des Chilenischen Forstinstitut, INFOR, hinsichtlich der Bestimmung von Sortierklasen von Radiata Brettschichtholz und Ableitung der bezüglichen mechanischen Eigenschaften.
- Die Durchführung von Verträglichkeitsforschungen und Studien um die Gültigkeit von ausländische Bemessungskriterien mit Benutzung von einheimische Baustoffe und Verbindungsmitteln.

2.1. Säge Industrie Gesellschaft Projekt

Mit der Absicht die in Bauwerken bedingte mechanische Eigenschaften Radiata Schnittholz zu bestimmen und auf diese Weise den Eintritt der Holzart in die nationalen und internationalen Märkte von sortiertes Bauholz zu ermöglichen, führte die chilenische Holz Gemeinschaft, CORMA, zwischen 1986 und 1992 ein umfassendes Forschungsprojekt durch. Mit staatlicher Unterstützung und einer koordinierten Mitarbeit der Technologie Übertragung Anstalt Fundación Chile wurden in einer ersten Phase 1.800 in drei Qualität Klassen und zwei Querschnitt Größen vorsortierte Hölzer hochkantig mittels eines Biegungsversuches bis zum Bruch getestet. Als Ergebnis konnte man ein klares Bild über die Biegefestigkeiten und Elastizitätsmodule Wertverteilung der untersuchten Sortierklassen bekommen.

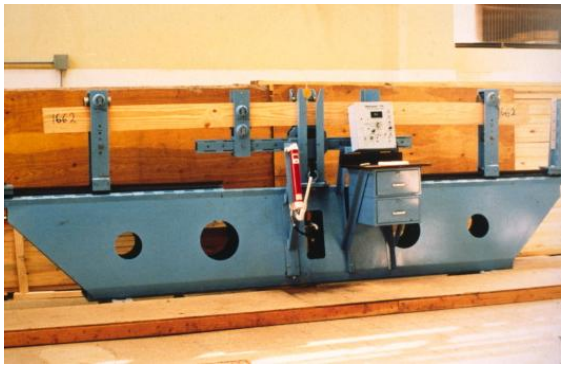


Abbildung 5: Biege Probe Tester Metriguard (Fundación Chile, Santiago)

Abbildung 6: Druck Probe Tester (Instituto Forestal, Concepción)

Am Anfang und wegen der Wuchsbedingungsähnlichkeit entsprachen diese der neuseeländische Bauholz Sortierklassen, aber nach der Ergebnisuntersuchung beschloss man für die zweitbesten Sortierklassen eine Wendung zum englischen Sortierkriterium (Special Structural: SS und General Structural: GS visuelle Sortierklassen) und die Einhaltung der neuseeländische Sortierkriterium nur für die schwächste Klasse. In einer zweiten Phase wurden auch Druck- und Zugversuche mit Stäben in kommerzielle Größe durchgeführt. Die charakteristischen Festigkeitswerte wurden unter eine 75 % statistische Zuverlässigkeit unter Benutzung eines ordnungsstatischen Verfahren nach der ASTM D 2915 Norm ermittelt. Die abgeleiteten Festigkeitswerte wurden mittels Probeversuchen nach dem In Grade Testing Verfahren von mehr als 10.000 in den verschiedenen Klassen sortierten Stäben bestätigt. Diese wurden aleatorisch in den wichtigsten Sägewerken des Landes ausgewählt.

Anfang dieses Jahrhunderts wurde nochmals von CORMA ein umfangreiches Probe-Versuchsprogramm, diesmal mit der Addierung von unter der EN 308 Bezeichnung C16 und C24 maschinell sortierte Stäbe (ohne etwaige visuelle Kontrolle) durchgeführt.

Eine Kurzfassung der visuellen Sortierklassen (Beschreibung in Tabelle 1)

TABELLE 1: Beschreibung der visuellen Sortierklassen für Radiata Kiefer Schnittholz

SORTIERKLASSE	GS		G1		G2	
Knoten[3]	mit RB [2]	ohne RB	mit RB [2]	ohne RB	h ≤15 cm	h > 15 cm
RAN [4]	≤ 0,33	≤ 0,20	≤ 0,50	≤ 0,33	≤ 0,66	≤ 0,50
RANB [4]	≤ 0,50	> 0,50	≤ 0,50	> 0,50		
RANI [4]					≤ 0,50	≤ 0,33
RANNA	nicht erlaubt		≤ 0,25		≤ 0,33	
Faser Neigung	1 : 8		1 : 6		1 : 6	
Mark röhr	Nicht erlaubt		mit Beschränkung[5]		ohne Beschränkung	

1 GS: Ausgewählte Sortierklasse; G1: Sortierklasse 1; G2 : Sortierklasse 2;
2 RB: Randbedingung (RANB > 0,50) ;
3 h: Breite des Querschnitts
4 RAN: Knoten Fläche Verhältnis; RANB: Knoten Fläche Verhältnis im Randbereich;
RANI: Knoten Fläche Verhältnis des größten Knoten;
RANNA: Knoten Fläche Verhältnis von Längsknoten;
5 Mark röhr wird im Mitteldrittel der Breite mit Dicke bis 12 mm in Breiten höher als 140 mm in Sortierklasse G1 erlaubt

Bild 7 zeigt Beispiele von nach dem gewählten Kriterium sortierten Schnitthölzer.

Ausgewählte Sortierklasse GS Sortierklasse G1 Sortierklasse G2

Abbildung 7: Beispiele von Radiata visuelle sortiertes Bauschnittholz

Tabelle 2 enthält die abgeleitetete charakteristische Festigkeiten und Steifigkeiten der zugehörigen Sortierklassen.

TABELLE 2: Charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Radiata Schnittholz. Gültig für trockenes Holz (H ≤ 12 %) und Belastungsdauer 10 Jahre.

		Sortierklasse			
		G1 und Besser	G2	C24	C16
Biegung 1)	f m,k	20,6	13,7	16,9	12,1
Zug II Fa 1)	f t,0,k	11,8	8,0	9,6	7,1
Druck II Fa	f c,0,k	13,9	12,3	14,8	14,6
Druck ⊥ Fa	f c,90,k				
E-Modul II Fa	E0,mean	10.700	8.000	10.300	6.400
	E 0,05	6.000	4.200	6.100	4.300
Schub	f v,k	6,6	4,8	4,8	4,8

1) Werte gültig für eine Querschnittshöhe 90 mm
2) Werte gültig für eine Querschnittshöhe ≥180 mm.

Für Querschnittshöhen "h" > 90 mm, $f_{m,h} = f_{m,90} * \sqrt[5]{\frac{90}{h}}$; $f_{t,h} = f_{t,90} * \sqrt[5]{\frac{90}{h}}$

Für Querschnittshöhen "h" < 180 mm $E_{0,h} = E_{0,180} * \sqrt[4]{\frac{h}{180}}$

2.2. Brettschichtholz Forschungen

Das Radiata-Kiefer Brettschichtholz hat sich zweifelslos als das Material erwiesen, das ein Eindringen von Radiata Bauschnittholz in den lokalen Baumarkt ermöglichte. Obwohl die ersten Holzleimbaubauten in den 60. Jahren des vorigen Jahrhunderts errichtet wurden, konnte man erst fast 25 Jahren später eine wirkliche Entwicklung des Holzleimbaus spüren. Dank des Talentes weitsichtiger Architekten, welche die hervorragenden Eigenschaften erkannten, die das Holz von den anderen Baumaterialien unterscheiden, war es möglich eine Reihe beachtenswerter Bauwerke zu errichten. Obwohl im Vergleich mit den bekannten Bauwerken in Mitteleuropa von der Struktur nach diese Bauwerke sehr einfach sind, machten sie jedoch auf nationalem Niveau deutlich, dass Holz ein Produkt von überragender Qualität ist. Inzwischen hat die Holzverwendung in einigen Baubereichen in Chile einen Status erreicht, den sich vor drei Jahrzehnten niemand vorstellen konnte.

Die in den 80. Jahren vom Chilenisches Forst Institut durchgeführten Forschungen ermöglichten die Bestimmung von Sortierklassen und zugehörigen mechanischen Eigenschaften für Radiata Kiefer verleimtes Brettschichtholz. Unter Benutzung von zwei verschiedenen Lamellen Sortierklassen, A und B die vergleichbar ähnlich mit den Bauholzsortierklassen GS und G1 aussehen, gibt es drei mögliche Produkte. Homogenes Brettschichtholz Klasse A oder B und ein kombiniertes Produkt mit Sortierklasse A in den Randzonen (h/6) und Sortierklasse B in den 2/3 der Querschnittshöhe Bereich.

Im Folgenden werden die zulässigen Spannungen und Elastizitätsmodule für mit den zwei Sortierklassen verleimte Lamellen hergestelltes Brettschichtholz aufgezeigt. Sie gelten für Holz mit Feuchtigkeit H ≤ 15 % und Belastungsdauer von 10 Jahren.

TABELLE 2: Zulässige Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte für Radiata Brettschnittholz, in MPa. Gültig für trockenes Holz (H ≤ 15 %) und Belastungsdauer 10 Jahre.

		Sortierklasse			
		Querscnittshöhe	BSA 1)	BSB 2)	BS ABA3)
Biegung	F m	≤ 375 mm	9,3	7,2	8,9
		> 375 mm	8,2	6,4	7,8
Zug II Fa 1	F t,0		5,6	3,1	4,0
Druck II Fa	F c,0		9,5	5,4	8,0
Druck ⊥ Fa	F c,90		2,5	2,5	2,5
Schub	F v		1,1	1,1	1,1
E-Modul II Fa	E0,mean		10.000	8.000	9.000

1) BSA : Homogenes Brettschichtholz mir Sortierklasse A Lamellen
2) BSB : Homogenes Brettschichtholz mir Sortierklasse B Lamellen1)
3) BSABA : Kombiniertes Brettschichtholz mir Sortierklassen A und B Lamellen

2.3. Andere Forschungen

Insbesondere zählen hier die Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Bereich des Holzbaus an der Ingenieurfakultät der Universidad de Chile und dem chilenischen Forstinstitut. Diese Arbeiten gipfelten darin, dass eine, die Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen im Bauwesen regulierende Normensammlung herausgegeben werden konnte. Diese, von der Universidad de Chile entwickelten Aktivitäten, wurden großzügig aus Deutschland unterstützt, insbesondere von der Universität Karlsruhe (TH). Hier sei an erster Stelle der unvergessene Professor Karl Möhler erwähnt, aber auch seine Nachfolger im Amte, die Professoren Ehlbeck und Blass leisteten wertvolle Unterstützungen. Die Karlsruher stellten umfangreiche Arbeiten zur Verfügung, von denen viele als grundlegende Untersuchungen in die damalige DIN 1052 einflossen. Großzügige Unterstützung erhielt man auch von Professor Brünninghoff, Universität/GSH Wuppertal, sowie den Doktoren Colling und Görlacher, Universität Karlsruhe (TH). Nicht minder wertvoll war die Unterstützung durch Professor Pischl von der TH Graz/Österreich und Prof. Gehri von der ETH Zürich/Schweiz. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die im Jahre 1990 herausgegebene neubearbeitete Holzbaunorm in vielen Bereichen der alten DIN 1052 ähnelt. Demgegenüber lehnten sich die Programme zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Schnittholzes und der Holzwerkstoffe an die entsprechenden nordamerikanischen Richtlinien an. Somit stehen heute die zu einer leistungsfähigen statischen Berechnung erforderlichen Materialkennwerte für Konstruktionen aus Schnitt- oder Brettschichtholz der Radiata-Kiefer für die verschiedenen Belastungsniveaus mit hohem Vertrauensniveau zur Verfügung. Dies erlaubte im letzten Jahrzehnt die Einbeziehung der Holzkonstruktionen in Marktbereiche, die traditionell dem Stahl und Beton vorbehalten waren.

3. Beispiele einiger gewählter Werke

3.1. Chile Halle in der Weltausstellung in Sevilla/Spanien 1990

Das Projek stammt aus dem Büro des Architekten José Cruz Ovalle, der auch dankenswerter Weise die Bilder zur Verfügung stellte. Dieses Werk war die erste Konstruktion die ziemliches Interesse in der nationalen Fachwelt erweckte.

Abbildung 8: Chilenischer Pavillon auf der Weltausstellung 1990 in Sevilla/Spanien

Die Struktur wurde durch mehrere verschiedene gerade Zweigelenkrahmen gebildet. Der langgestreckte Grundriss des Gebäudeschiffes spiegelte die geometrische Form von Chile unter Beachtung der Sonnenbahn wieder.

Abbildung 9: Zweigelenk-Binderkonstruktion des chilenischen Pavillons in Sevilla/Spanien

Äußerlich wurde eine gewundene Verkleidung aus profilierten Leimholzprofilbrettern aufgebracht, welche eine spektakuläre Innenbeleuchtung ergab.

Abbildung 10: Tageslichteinfall im Inneren des chilenischen Pavillons in Sevilla

Der konstruktive Entwurf und die Auswahl der Verbindungsmittel mussten sich der Notwendigkeit anpassen, dass die Konstruktion in Chile vorgefertigt und in Schiffscontainern nach Spanien zu transportieren war. Als Verbindungsmittel wurden Bolzen und Einlassdübel Typ C verwendet. Der Schiffstransport verlangte die Verwendung sehr kleiner vorgefertigter Elemente.

3.2. Holzprodukte Verkaufsgebäude in der Nähe von Santiago

Auch ein Entwurf des Architekturbüros von José Cruz Ovalle. Das Gebäude gehört einer der bedeutendsten Firmen der chilenischen Holzindustrie und wurde im Jahre 1996 errichtet. Es hat eine visuelle Wirkung, die nur schwer mit anderen Baustoffen erreichbar wäre. Das Gebäude liegt an einer der wichtigsten Autobahnen des Landes. Es hat eine Grundfläche von 3 700 m^2 und ist ein ausgezeichneter Schauraum zur Förderung der Holzprodukte dieser Firma.

Abbildung 11: Verkaufslager im Bauzustand

Abbildung 12: Verkaufslager im beendeten Zustand

Das Gebäude besteht aus einer Rahmenkonstruktion, welche zwei Stränge mit lichten Weiten von jeweils 30 m überdacht. Der Abstand der Rahmen unter sich beträgt 6 m (Bild 6). Die Absteifung in der Halle in Rahmenebene erfolgt in den Traufpunkten der Halle, wo die Riegel und die außen liegenden Stützen zusammentreffen und durch eine V-förmige Teilung der Stützen, welche im Fußpunkt das zentrale Auflager bilden. Als Verbindungsmittel wurden Bolzen und Einpressdübel Typ C verwendet. Die Durchlaufwirkung über der zentralen, inneren Stützenreihe wurde dadurch erzielt, dass hier die Riegel überlappten und zu einem kastenförmigen zweiteiligen Querschnitt vereinigt wurden (Abbildung 12). Die äußersten Stützen wurden ebenfalls als zweiteilige kastenförmige Querschnitte hergestellt, beide Teile umfassten an ihrem oberen Ende den Riegel. Da eine der Fassaden total geöffnet ist, stellte die Windlast eine kritischste Last dar, die für die Stützen große Verankerungskräfte in den Fundamenten ergab.

Abbildung 13: Stützen der Tragkonstruktion des Verkaufslagers

Im Jahre 2000 wurde auf demselben Gelände ein Block von Büros vor dem Hauptschiff der Ausstellungshalle erbaut. Diese wurden in der Art einer Hängebrücke zwischen Querrahmen mit 20 m Abständen angeordnet.

Abbildung 14: Verbindungsbrücke zwischen Holzlager und Bürobereich

Seitlich angeordnete Gitterwerke bilden die Hauptträger, welche seitlich die Büroblocks begrenzen und diese in der Boden- und Dachscheibe aussteifen. Die steifen Querrahmen, die die "Brücke" unterstützen, bestehen aus zusammengesetzten Querschnitten und einfachen Querbalken, die durch kreisförmig angeordnete Dübel mit Bolzen steif miteinander verbunden sind. Die Erdbebensimmulation des Systems bedingte das robuste Erscheinungsbild der Unterstützungskonstruktion. Die verschiedenen Schiffe sind mittels eines überdachten Fußgängersteges miteinander verbunden, welcher die untere Durchfahrt von Lastfahrzeugen erlaubt.

3.3. Weinlagerhalle in Paine, in der Nähe von Stantiago

Dieses dritte Werk von José Cruz Ovalle ist ein Lager welches im Jahre 2001 an den Hängen der Anden erbaut wurde. Es handelt sich um ein Gebäude mit gewundenem Grundriss, welcher aus drei miteinander verbundenen Schiffen gebildet wird. Jedes von diesen besteht aus Querrahmen, die statisch überbestimmt mit einer doppelten, halbzylindrischen inneren Envolvente und einer von dieser verschobenen Bedachung verknüpft sind .

Abbildung 15: Weinlager in Paine in Bauzustand

Die äußeren, leicht gewellten Stützen sind mit inneren Dreieckskonstruktionen aus geraden Elementen vereinigt. Das Dachsystem erstreckt sich kontinuierlich über die Länge der Blöcke und erlaubt somit die Überdachung der Bereiche zwischen jeweils zusammengehörigen Blöcken. Die Querrahmen ergeben die notwendige Seitensteifigkeit des Systems, während die Längssteifigkeit der Blöcke und Bedachung durch die Verkleidung mittels Sperrholzplatten erzielt wird.

Es ist interessant zu bemerken, dass der Aufschwung der chilenischen Weinindustrie dazu führte, dass beträchtliche Investitionen in den Bau von Weinlagern notwendig wurden. Obwohl all diese Lager die gleichen Aufgaben haben, strebten die verschiedenen Konkurrenten deutlich unterschiedliche architektonische Formen an. Dies führte dazu, dass die Architekten in der Verwendung von Brettschichtholz eine Möglichkeit entdeckten, diesem Wunsch gerecht zu werden. Bild 10 zeigt die Absteifungskonstruktion des Weinlagers.

Abbildung 16: Außenansicht des Weinlagers mit stabilisierenden Stützen und Schalung

3.4. Flughafen in Ushuaia, Feuerland, Argentinien

Internationales konzipiertes Projekt mit Architektur aus Uruguay (Carlos Ott Architekturbüro), Statik und Herstellung aus Chile, Transport mit Lastwagen von Santiago nach Valparaíso und Versand mit Schiff von Valparaíso nach Ushuaia. Die Holzstruktur wurde von einer chilenischen Firma gebaut mit Teilnahme von Arbeiter aus Argentinien, Bolivien und Chile.

Die Dachstruktur besteht aus einer regelmässigen Anordnung von 42 m breiten dreieckförmigen Fachwerkträgern aus Brettschichtholz mit 5,70 m Binderabstand und 21 m Firsthöhe. Die je 2,4 m angeordneten Brettschichtholz-Hauptpfetten stützen sich gegen die Obergurten der Fachwerkträger und dienen als Stützlinie einer je 0,60 m Anordnung von Schnittholzpfetten. Über dieses System werden Furniersperrholzplatten genagelt um einen Dachscheibeneffekt zu erreichen.

Abbildung 17: Flughafen von Ushuaia

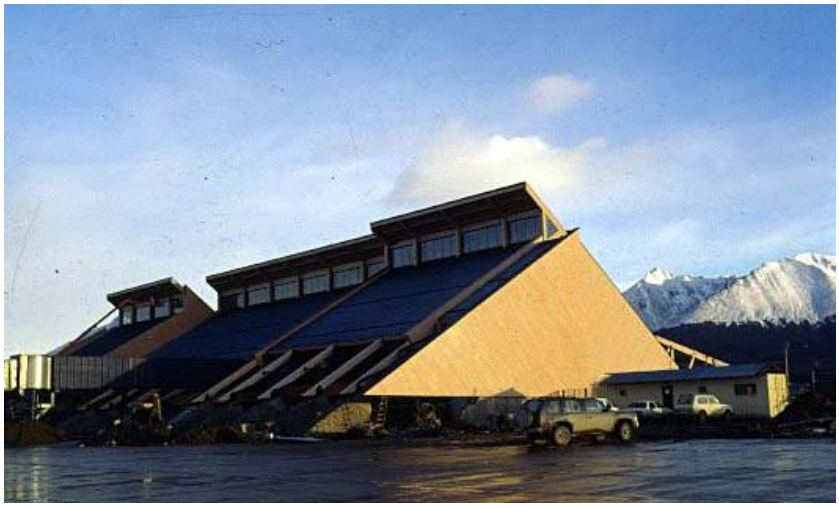


Abbildung 18: Flughafen von Ushuaia

Abbildung 19: Flughafen Ushuaia

3.5. Holzplatten Fabrik Bürogebäude

Dieses Gebäude war ursprünglich in Stahl planiert, aber die hartnäckige Verteidigung des Architekten, Pablo Larraín, um eine Brettschichtholz Lösung brachte am Ende das Gebäude zum Holz. Die Struktur besteht grundsätzlich aus zwei in 9,8 m entfernten Seitenfachwerken, die mit einer sequenziellen Anordnung von kosinoidaler Form und in der Mitte und oberem Rand mittels Längsträger festgehaltenen zusammengesetzten Holzstäben gegliedert werden. Die untere Grundverankerung wird durch die Befestigung der Stützenfüße von paarweise konvergenten Stäben mit einer im Beton geankerte Stahlstütze.

Die Seitenfachwerkträger verbinden sich gegenseitig mittels im Niveau des Gebäudefußboden und des Daches waagerechten gebauten Deckentafeln. Diese Scheiben bestehen aus der planmäßige Anordnung von Querträger (je 4 m), Längsträger (je 2,4 m) und Nebenträger (je 0,60 m) und die auf ihnen genagelten Boden- oder Dachsperrholzplatten. Die Fußbodendeckenplatte (Leimholzträger und Furnierschichtholzplatten) wurde als ein Verbundsystem mit einer oberen mittragenden Betonplatte berechnet.

Das beschriebene System dient als Absteifung in der Längsrichtung des Gebäudes.

Die Quersteifigkeit wir durch in den Querwänden „versteckte" „V" förmige diagonalen Abstützungen und mittels Stahlabsteifungen zwischen die Fußbodenplatte und die Bodengründungen erreicht. Diese Absteifungen diene auch als Längsabsteifung des mittleren Fussbodenbereich.

Abbildung 20: Holzplattenfabrik Büro Gebäude im Bauzustand

Abbildung 21: Hokzplattenfabrik Büro Gebäude

Abbildung 22: Hokzplattenfabrik Büro Gebäude

4. Schlussfolgerungen

Ob man in Chile von echtem Ingenieurholzbau sprechen kann, ist nicht klar. Es fehlen unteranderem noch Bedingungen für eine spezifische und koordinierte Forschungspolitik und mehr Dursichtigkeit in der industriellen Entwicklung von mehreren Holzprodukten, um ein allgemeines Vertrauen in die Holzbaustoffe von Seite der Ingenieurbüros und Bauunternehmungen zu erreichen.

Trotzt allem sieht man ein ständiges Anwachsen der Holzbautenzahl und eine auch steigende Begeisterung über Holzprojekte zwischen den Studenten in den Architektur Fakultäten. Das ist wichtig, denn der Architekt entscheidet in Chile über die Baustoffe bei den meisten Bauprojekten. Beachtenswert ist auch die Tatsache, dass die Brettschichtholzstrukturen sehr gut das starke Erdbeben vom Jahre 2010 überbestanden haben, vor allem im Vergleich mit anderen Baustoffbausystemen, welche ein mangelhaftes Verhalten aufwiesen.

Die Radiata Kiefer Industrie Entwicklung hat unzweifelhaft einen positiven Einfluss auf die Wiedereinführung des Holzes im Bauwesen. Ohne Radiata Schnittholz in Großmengen zur Verfügung, hätte man keine Möglichkeiten für Brettschichtholz Industrie und Bauschnittholz Sortierklassen gehabt. Beides sind eine unentbehrliche Bedingung für die Entwicklung des Ingenieurholzbaus.

Abschließend sei noch festgestellt, dass der Holzbau in Chile noch immer deutlich deutsch beeinflusst ist. Zunächst waren es deutsch stämmige Missionare, die in der zweiten Hälfte des 18 Jahrh. in Südchile, insbesondere auf der Insel Chiloé missionierten und dort Kirchen auch Holz erbauten, die heute als Weltkulturerbe eingestuft werden. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrh. waren es deutsche Einwanderer, die planmäßig zur Besiedlung des südlichen Teiles von Chiles angeworben wurden, um dort die Technik des Baus von Holzhäusern einzuführen und vor Ort weiterzuentwickeln. Heute sind es zumeist Professoren aus dem deutschsprachigen Raum, die regelmäßig als fachkundige Referenten bei den holzbaulichen Fortbildungsveranstaltungen chilenischer Universitäten mitwirken.