Günter Zöhrer

From track survey to cultural comparisation. On interdisciplinary research illustrated on the architecture of Palau.

Von der Vermessung zum Kulturvergleich. Illustration interdisziplinärer Forschung an der Architektur von Palau.

Abstract

The appearance of traditional vernacular architecture is a result of regional believes, mythos, and cultural aspects all over the world. In the turn, constructive aspects and symbolic details of architectural forms allow a detailled view to these cultural connections of the specific culture. Construction and detail of architecture are always there, as long as traditional buildings exists; however, they are hardly recognised, although they preveal lots about self identity of a particular society. Nowadays, in times of globalisation, building traditions change at a rapid pace and it must be feared that not only the various types of buildigs might be forgotten, but also cultural heritage of a society that is embedded in architecture gets lost. In order to envision cultural connections and at least to conserve the knowledge of a society it is important to analyse architectural form, construction and building details precisely. One method to do this is track surveying of a building in order to understand it in detail. Collateral studies at the site as well as scientific publications from various disciplines accomplish the state of art. The technique of track surveying is a very important component and should not be underestimated, particularly if the building is located far away, difficult to reach, or located in an area with extreme weather conditions. Thus, it is important for architects concerned with architectural survey to understand latest techniques of track surveying in order to use it themselves. Particularly the recently developed technique of Terrestric Laserscanning (TLS) seems to be very appropriate. The method of TLS will be observed precisely in this article by using the case study of the architecture of Palau. By doing so it will be demonstrated how track surveying can help to understand the very special architecture of Palau. However, by only analysing one type of building the reader would hardly unerstand the building tradition and culture; thus the article will start with an overview of culture and building tradition of Palau. After this short introduction the method of TLS will be described by analysing one type of building, the Bai. This demonstrates how much construction and details of the building reveals of the particular culture and tradition of Palau and how important it is to use TLS in similar situations elsewhere.

This paper shows some of the results of a research project, taken out under the kind patronage of the Christian Doppler Laboratory (CD-Labor) of the Instiute for Photogrammetrie of the Technical University of Vienna, Austria.

Inhalt

Die Ausprägung traditioneller und primitiver Architektur steht weltweit immer in enger Verbindung mit regionalem Glauben, Mythos und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Als Umkehrschluss legen konstruktive Aspekte und symbolische Details der betrachteten Architektur den Blick auf diese „Cultural Connections" einer spezifischen Kultur frei. Konstruktion und Details der Architektur sind immer vorhanden, solange traditionelle Gebäude bestehen; sie werden jedoch kaum wahrgenommen, obwohl sie so viel über das kulturelle Selbstverständnis einer Gesellschaft aussagen. In Zeiten der Globalisierung verändern sich Bautraditionen rasch und so besteht die berechtigte Sorge, dass nicht nur Gebäudetypen in verGessenheit geraten, sondern auch das kulturelle Erbe einer Gesellschaft, das sich in diesen Gebäuden manifestiert hatte. Um „Cultural Connections" sichtbar werden zu lassen und das Wissen einer Gesellschaft wenigstens zu konservieren, ist es wichtig Architekturform, Konstruktion und Details genau zu analysieren. Eine Methode dafür ist es, ein Gebäude zu vermessen und es dadurch von Grund auf zu erfassen. Begleitende Studien vor Ort und Fachpublikationen aus unterschiedlichsten Disziplinen ergänzen den Stand der Information. Die Technik des Vermessens ist hierbei wichtiger Bestandteil und ein nicht zu unterschäzender Faktor bei der Aufnahme von Gebäuden, vor allem dann, wenn das betreffende Gebäude weit entfernt ist, schwer zugänglich ist oder in klimatisch extremen Gebieten liegt. Hierbei ist es auch für Architekten, die sich mit Bauaufnahmen beschäftigen, wichtig, die neuesten Vermessungstechniken zu verstehen und einsetzten zu können. Vor allem die erst vor wenigen Jahren entwicklelte Technik des Terrestrische Laserscanning (TLS) scheint hierbei eine besonders geeignete Methode. Die Methode des TLS wird in diesem Artikel genau beschrieben und am Fallbeispiel der Architektur Palaus dargestellt. Dadurch soll genau dargestellt werden, wie man von der Vermessung die sehr spezielle Architektur Palaus verstehen kann. Anhand eines einzelnen Gebäudes würde sich jedoch dem Leser diese Kultur nicht gänzlich erschließen, weshalb in diesem Artikel vorab die Kultur und Bautypoligien der Palau dargestellt und beschrieben wird. Duch die daran anschließende Beschreibung der Methode des TLS an einem Gebäudetyp, dem Bai, wird jedoch in die Tiefe genau beschrieben, wie sehr Detail und Konstruktion Rückschlüsse auf die Kultur in Palau zulassen und wie wichtig es daher ist, TLS auch in anderen, ähnlich gelagerten Bereichen zum Einsatz zu bringen.

Das hier beschriebene Forschungsprojekt wurde mit der Unterstützung des Christian Doppler Labors (CD-Labor) des Instituts für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF) an der Technischen Universität Wien ermöglicht.

Einleitung

Als Teil der Forschungsarbeit „Architektur und Symbolik im Pazifischen Raum" (Arbeitstitel) ist es ein persönliches Anliegen, traditionelle, dem Verfall preisgegebene Bauten, zu dokumentieren, skizzieren und visualisieren – sozusagen der Nachwelt zu erhalten. Ich denke, in solchen Bauten, wo auch immer diese errichtet wurden, spiegelt sich menschliche Geschichte und menschliches Wissen und Denken wider. Traditionelle Architektur ist so etwas wie der Behälter all jener humanen Aspekte und dadurch auch der augenscheinlichste Ausdruck unterschiedlichster Bevölkerungsgruppen dieser Erde.

Wie bereits erwähnt bot sich mir die Möglichkeit, die Techniken des TLS (3D Laserscannings) zu erlernen und diese an einem Forschungsobjekt zu testen. Es ist wichtig zuerst den Prozess der Aufnahme und der Auswertung darzustellen, damit der Leser sich ein Bild des Gebäudes machen kann, um danach näher auf die Architektur Palaus einzugehen. Mir liegt es sozusagen daran, visuelle Darstellungsmethoden mit menschlichem Gedankengut zu verbinden und somit dieses Gedankengut bildhaft zu machen. Die vier Aspekte Errichtung, Konstruktion, Symbolik und Funktion sind untrennbar mit dem Gebäude verbunden. Die Verbindungen dieser vier Begriffe zu anderen Kulturen stehen eine Ebene darüber und bleiben dem Betrachter meist Verborgen. Diese sollen in diesem Artikel anhand von Beispielen am Ende dargestellt werden. Da eine Reise in den Pazifik aufgrund der hohen Reisekosten nicht möglich war, ergab sich die Möglichkeit, ein originales Männerclubhaus aus Palau (*Bai*), welches im Ethnologischen Museum Berlin Dahlem ausgestellt ist, zu vermessen und zu studieren (Abb. 1). Es wurde im Jahre 1907 von Augustin Krämer beim Club *Ngaratëkángĕl* in *Gorégŏr* (Palau) in Auftrag gegeben und kam danach per Schiff nach Deutschland, um hier ausgestellt zu werden. Der *Bai* trägt den Namen *Kekerél Gosobulngau* (kleines Gosobulngau) und wurde vom Baumeister *Golegeríl* errichtet.

Um die Besonderheit eines solchen Gebäudes hervorzuheben möchte ich Krämer zitieren, der am Anfang des 20. Jahrhunderts schreibt, dass die Zierkunst am *Bai* (*logúkl*) „in ihrem Reichtum und in ihrer Art ihresgleichen auf Erden sucht" und dass der *Bai* „ein märchenhaftes Wunder" sei. In der Tat, es ist ein beeindruckendes Gebäude, welches mehr ist, als nur Konstruktion. Es war das politische, gesellschaftliche und kultische Zentrum der Gesellschaft Palaus. Der *Bai* im Ethnologischen Museum Berlin Dahlem und ein *Bai* in Palau (*Bai ra Irrai*) sind heute die beiden letzten vorhandenen, originalen Bauten Palaus.

Warum Laserscanning:

Da die Forschungsarbeit ein interdiziplinäres Thema behandelt, ist der aufgebaute Kontakt zwischen Ethnologie, Architektur und Photogrammetrie als sehr positiv hervorzuheben. Es ist sehr wichtig der Architektur die neue Technik des Terrestrischen Laserscannings (TLS) näher zu bringen, andererseits aber auch wichtig der Photogrammetrie Einblicke in die Gedankenwelt der Architektur und Ethnologie zu zeigen. Zu zeigen, was wäre an einem Objekt für Architekten und Ethnologen wichtig und welche Schlüsse und Ergebnisse ergeben sich daraus. Es ist sicherlich nicht von weit hergeholt, wenn ich behaupte, dass ein Architekt, neben einem technischen und juristischen Verständnis, ein großes visuelles und 3-dimensionales Denkvermögen besitzen sollte, dass aber gerade eine visuelle Darstellung für Menschen, die eine solche Gabe nicht oder nur im geringem Maße besitzen, die beste, und womöglich auch die einfachste Methode ist, etwas – ein Gebäude, dessen Konstruktion, ein Detail einer Konstruktion, warum Rundbau, warum Rechteckbau - zu verstehen oder aber auch entstehen zu lassen – wie bei architektonischen Entwürfen.

Das TLS eröffnet neue Möglichkeiten im Umgang mit der Dokumentation von Gebäuden. So sind daraus alle nur erdenklichen Auswertungen, von 2D bis zur 3D Echtzeit Virtual Reality möglich, und dies sogar schon aus den ersten gewonnen Vermessungsdaten, der 3D Punktwolke.

Aus meinen Forschungsreisen in den Südpazifik und den damit verbundenen Bauaufnahmen traditioneller Architektur ist mir ein gewisser „Workflow" eigen, der auf der einfachen Handvermessung (berührendes Messverfahren) beruhte. Die aus diesem Prozess gewonnenen Daten waren ausschließlich in 2D - in Skizzen und Fotografien - vorhanden. Der Weg von der Skizze zum 3D Modell war daher ein sehr langer aber dessen ungeachtet trotzdem erfolgreich. Es stellte sich immer wieder die Frage, ob es nicht doch eine andere Möglichkeit gibt mehr Informationen aus den Aufnahmedaten zu bekommen. Das 3D Laserscanning (berührungsloses Messverfahren) stellte eine solche Möglichkeit in einem ungeahnten Ausmaß dar. Die aus meiner Sicht wichtigen Vor- und Nachteile beider Verfahren zu extrahieren waren Teil des Lernprozesses und sollten für die Planung zukünftiger Bauaufnahmen herangezogen werden um zu wissen wie man die Vermessung unterschiedlicher Konstruktionsformen – Holzskelettbauten, Steinbauten, Lehmbauten - am besten durchführt.

Wie funktioniert 3D-Laserscanning:

Es handelt sich beim 3D-Laserscanner um ein aktives und direktes 3D-Messgerät (Abb. 1). ‚Aktiv' bedeutet hier, dass das Gerät sein eigenes Signal erzeugt. Somit ist der Einsatz im Wesentlichen unabhängig vom natürlichen Sonnlicht und ist auch im Dunklen möglich. ‚Direkt' bedeutet, dass bereits mit einer Aufnahme von einem Standpunkt der sichtbare Bereich eines Objekts dreidimensional erfasst werden kann. Pro erfasstem Objektpunkt werden der Horizontal- und Vertikalwinkel sowie die Raumstrecke zwischen Gerät und dem Objektpunkt gemessen. Aus diesen sogenannten 3D-Polarkoordinaten können sofort kartesische 3D-Koordinaten berechnet werden.

Abb. 1

Das Messprinzip des Laserscannings besagt, dass sehr viele Punkte auf einem Objekt in bestimmten Abständen (z.B. alle 5mm) automatisch und flächenhaft in einem Raster abgetastet werden. Die Menge der so erfassten Punkte wird häufig als Scan oder allgemeiner als Punktwolke bezeichnet. Dieses Prinzip unterscheidet sich somit grundlegend von der manuellen Vermessung, bei der nur wenige ausgesuchte und markante Punkte erfasst werden.
Die am meisten verbreitete Gruppe von Laserscannern sind die sogenannten Rotationsscanner (Abb. 2). Sie bestehen aus einem um 360° horizontal rotierenden Gehäuse in dem sich ein vertikal rotierender Spiegel befindet. In der Lasereinheit wird ein Signalimpuls (im Infrarot-Bereich) erzeugt und in eine Richtung ausgesendet, die sich aus den momentanen Stellungen des Spiegels und des Gehäuses ergibt. Der vom Objekt zum Scanner reflektierte Signalanteil wird von der Empfangseinrichtung detektiert und über die gemessene Laufzeit des Impuls wird so die Raumstrecke zum Objektpunkt ermittelt (typischerweise mit einer Genauigkeit von einigen mm). Zusätzlich wird die Intensität des empfangenen Signals verspeichert. Danach wiederholt sich dieser Vorgang mit einem weiteren erzeugten Impuls.

Abb. 2

Der bei dieser Vermessung verwendete Scanner von Faro arbeitet mit dem Phasenvergleichsverfahren welches keinen Impuls aussendet, sondern eine modulierte Welle. Diese wird vom Objekt reflektiert und ist gegenüber der ausgesandten Welle verschoben (Phasendifferenz), woraus sich die Entfernung ableiten lässt. Der Entfernungsmessbereich liegt hier unter 100m (bei einer Genauigkeit von wenigen mm), jedoch werden die Punkte mit einer sehr hohen Frequenz von etwa 100.000 Punkten pro Sekunde erfasst. Auf Grund dieser Eigenschaften erscheint das Phasenvergleichsverfahren besonders geeignet für architektonische Vermessungen. Des Weiteren findet dieses Verfahren auch auf anderen Gebieten Anwendung: Tief- und Tunnelbau, Schiffs- und Autoindustrie und Archäologie.
Um auch die natürliche Echtfarbeninformation des Objekts zu erfassen (z.B. für fotorealistische Anwendungen), ist die zusätzliche Verwendung von digitalen Fotos unerlässlich. Wenn die Fotos und die Punktwolke richtig registriert sind (d.h. die Fotos sind mit der Punktwolke richtig in Beziehung gesetzt), dann kann jedem Scan-Punkt die passende Farbinformation aus den Fotos zugewiesen werden und man erhält dadurch die sogenannte eingefärbte Punktwolke. Solche Fotos können per Handkamera oder über eine Kamera, die mit dem Scanner fix verbunden ist, geschossen werden. Letztere haben den Vorteil, dass die Registrierung automatisch erfolgen kann, während bei Handfotos die Registrierung erst aufwändig per Hand durchgeführt werden muss.

Ausgangslage und Objektsuche:

Während meines Studiums war ich bereits in die Betreuung von Studenten in der Bauaufnahme eingebunden. Zudem führte ich auch selbst Bauaufnahmen in Wien und Umgebung, der Ukraine, in Ladakh, Fidschi, Samoa, Neukaledonien und Bolivien durch, wobei infolgedessen jener gewisse „Workflow" erreicht wurde, der - für die spezielle Konstruktionsweise der Häuser und dem erforderlichen Detailierungsgrad der Auswertung – sehr genau und damit für Forschungen und Visualisierungen ausreichend war. Jedoch fanden die Vermessungen mit herkömmlichen Messmethoden – Laser-Distometer, Messband und Skizzenblock – statt, was manchmal, vor allem bei komplexeren Konstruktionen und extrem hohen Bauten, Schwierigkeiten bereitete, oder auch die Zeitspanne der Vermessung erheblich verlängerte. Das ausgesuchte Forschungsobjekt in Berlin-Dahlem bot den Vorteil, ein originales Gebäude aus Palau (Bai) studieren zu können ohne dafür eine weite Reise nach Palau in Kauf nehmen zu müssen. Ein weiterer Punkt war die Suche nach einem geeigneten Scanner, denn auch der Transport des TU-Internen Laserscanners nach Berlin gestaltete sich als schwierig. Die Vermessungsarbeiten wurden durch die Fa. FARO unterstützt indem ein Scanner für

Abb. 1: Bai im Ethnologischen Museum Berlin Dahlem

Abb.2: Laserscanner auf Stativ

einen Tag nach Berlin überstellt wurde und ein Mitarbeiter der Fa. FARO den Scanprozess überwachte. Ich möchte mich hier aufrichtig dafür bedanken.
Um das Vermessungsteam noch zu erwähnen, es bestand aus mir, Hr. DI Karell (beide Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung [IPF], Christian Doppler Labor [CD Labor], TU Wien), Hr. DI Bergholz (Fa. FARO) und Hr. Dr. Schindlbeck (Ethnologisches Museum Berlin Dahlem).

Die berührungslose Aufnahme

Wie auch immer mein Verständnis von Vermessung bis zu diesem Zeitpunkt war, es musste ein neues Verständnis erlernt werden. Die Herangehensweise im Gegensatz zur Handvermessung ist dementsprechend anders. Als erstes mussten geeignete Positionen für die Reflektorkugeln und –marken – etwa 10 cm große Kugeln aus Plastik und Papier mit Markierung (Abb. 3) - gefunden werden, welche zwar in unterschiedlichen Höhen, aber in bestmöglichem Sichtkontakt zueinander aufgestellt und aufgeklebt wurden. Es sind insgesamt 18

Abb. 3

Reflektormarken und –kugeln, sowohl im Inneren und an der Außenhaut des Gebäudes, als auch im umgebenden Raum auf diversen Glasvitrinen und Gipskartonwänden angebracht worden. Im Gegensatz zur Handvermessung, wo man zuerst das Gebäude im Grundriss, Schnitt oder Ansicht skizziert, ist der Zeitaufwand beim Aufbringen der Reflektormarken sehr gering. Andererseits lässt das Skizzieren des Gebäudes ein wesentlich detailierteres Bild dessen, was zu vermessen ist, zu und gestattet somit, sich mit den konstruktiven, räumlichen aber auch mit den materialspezifischen Eigenschaften des Objektes zu befassen. Beim Anbringen der Reflektormarken beschäftigt man sich hingegen hauptsächlich mit Sichtbeziehungen und Positionen der Marken, was eigentlich vom Gebäude ablenkt. Man ist sozusagen mit etwas anderem beschäftigt, aber nicht mit dem Vermessungsobjekt. Hier möchte ich kurz mein Verständnis – als Architekt - der berührungslosen Aufnahme darstellen (die technische Definition definiert einen automatisierten Vermessungsvorgang), denn Berührungslos kann auch mit geistig „nicht berühren" definiert werden, was sich durch meine vom Objekt abgelenkte Konzentration auf Passmarken, Scannerstandpunkt und Laptop darlegt, wohingegen ich bereits beim Erstellen der Skizze geistig „in Berührung" mit dem Objekt komme, da ich es ja – wie oben beschrieben – analysieren muss, um zu einer korrekten Skizze, in der ich meine Maße eintrage (berührendes Messverfahren), zu kommen. Wie dem auch sei, um ein Gebäude mit der Technik des Laserscannings zu vermessen, müssen diese Vorarbeiten gewissenhaft gemacht werden, um auch eine genaue Auswertung zu erreichen. Trotz all der Vorarbeiten für die Reflektorobjekte muss dennoch eine einfache Grundrissskizze des Objekts angefertigt werden, um darin in weiterer Folge die Reflektorkuglen und –marken (ist nicht wirklich erforderlich), aber auch die einzelnen Scanpositionen und Standpunkte der Fotos darzustellen. Wie sich herausgestellt hat, war dies sehr zum Vorteil der weiteren Verarbeitung der Punktwolken gewesen.
Nach dem Anbringen aller Passmarken, dem Aufsetzten des Scanners auf ein Stativ, dem Anschließen der Verkabelung sowie dem Starten des Scanners und des Laptops konnte nun mit dem Sannen begonnen werden. Es wurde vorher noch kurz besprochen wo die einzelnen Scannerstandpunkte zu sein haben – was sich nicht ganz mit meiner vorbereiteten Skizze deckte – und dann startete der Scanprozess mit einer beeindruckenden Geschwindigkeit. Es wurden insgesamt 10 Scans außerhalb des Gebäudes, 8 Scans unter der Traufe und 8 Scans im Inneren des Gebäudes, in unterschiedlichen Höhen vorgenommen. Der Grund in unterschiedlichen Höhen zu scannen war jener, um die aufwendige Holzkonstruktion mit bemalten Kehlbalken in drei Ebenen erfassen zu können (Abb. 4).

Abb. 4

Ein Vorteil des Scanners lag dabei, dass die Abtastung der Oberflächen bereits ab etwa 30 cm - also etwa dem Rotationsradius des Scannergehäuses - geschah, was einem erlaubte, den Scanner ganz nah zu einem Objekt zu stellen und somit die Dachkonstruktion und die Konstruktionen im Traufenbereich zu erfassen. Insgesamt sind es also 26 Scans, die etwa 120 Mio. Punkte umfassten. Gescannt wurde nicht mit der höchsten Auflösung – was bei einem 360 Grad Scan und der daraus resultierenden Datenmenge ein zuviel an Zeit und Speicherplatz als Resultat gehabt hätte –

Abb. 3: Referenzkugeln

Abb.4: Scannen innerhalb der Dachkonstruktion

sondern mit einer Auflösung von ¼ oder ½ der höchsten Auflösung, je nach Aufnahmesituation. Nachmessungen in FAROScene haben ergeben, dass bei etwa 4,5 m Abstand, mit ¼ der höchsten Scanauflösung (360° Scan = 41.500.000 Punkte), alle 0,003m ein Punkt aufgenommen wurde. Die Datenmenge war mit etwa 3 GB relativ groß. Im Gegensatz zur Handaufnahme muss ich nochmals hervorheben, dass die Geschwindigkeit der Aufnahme mit einem Laserscanner beeindruckend schnell ist, genauer gesagt, für das Setzen der Referenzmarken, das Scannen und das Fotografieren wurde etwa 6 Stunden benötigt, während bei der Handaufnahme, bei einer, der Technik entsprechenden, genauen und detaillierten Vermessung, durchaus mehrere Tage für ein Objekt in dieser Größenordnung benötigt würde. Alleine das Anfertigen von Skizzen benötigt dementsprechend viel Zeit. Hier zeigt sich also der Geschwindigkeitsunterschied während des Vermessungsvorgangs, welcher, abgesehen von der Positionierung des Scanners, zum größten Teil automatisiert und softwaregestützt abläuft, dementsprechend „Berührungslos". Da für die Vermessung des Objekts nur ein Tag zur Verfügung stand, und dies nur in der „Öffnungszeit" des Museums am besucherfreien Tag, wurde darauf geachtet, so viele Scanpositionen wie möglich, an vordefinierten Positionen, zu erreichen, was, wie bereits oben erwähnt, nicht ganz eingehalten werden konnte. Eingeschränkt wurden die Positionen nur durch benachbarte Bauten wie Vitrinen und anderen Ausstellungsgegenständen, aber trotzdem lies sich das Gebäude in seinem gesamten Ausmaß erfassen. Einzig die Dachdeckung, eine etwa 20 cm dicke Schichte aus den einzelnen Blättchen des Kokospalmblattes, war für die Vermessung des Objektes eher unrelevant, da die primäre Intention, das Gebäude zu Vermessen, auf der Konstruktion lag, um im Nachhinein die statischen Gegebenheiten zu erkennen aber auch den symbolischen Charakter des Gebäudes darzustellen. Aufgrund dieser „Timeline" war es uns vor Ort nicht möglich die einzelnen Scans zu orientieren (zusammenzuhängen), denn auch Hr. Dr. Bergholz von der Fa. FARO musste sich auf den Rückweg nach Süddeutschland machen. Er hatte auch den einzigen Laptop dabei. Somit musste die Vorverarbeitung am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung an der TU Wien durchgeführt werden.

Vorverarbeitung

Die Vorverarbeitung der einzelnen Scanpunktwolken stellte eine weitere Hürde dar. Das Orientieren – die Verbindung aller einzelnen Scanpunktwolken - hatte ich zuvor noch niemals gemacht, geschweige denn überhaupt mit einer Software, welche Punktwolken verarbeiten kann gearbeitet. Mit Unterstützung des IPF und dem Studieren des Handbuchs von FAROScene arbeitete ich mich Schritt für Schritt in die Scansoftware ein. Als Erstes galt es, die Referenzmarken (Kugeln und Papiermarken) in der Punktwolke zu erfassen und diese in jedem einzelnen Scan mit derselben Nummer zu versehen (Abb. 5). Ausgangspunkt war eine Punktwolke mit einer hohen Auflösung und einer großen Anzahl von sichtbaren Referenzobjekten. Alle anderen Punktwolken wurden an diese erste angehängt, was, nachdem die Marken erfasst und nummeriert wurden, softwarebasierend automatisch abläuft, und etwaige Fehler von der Software angezeigt wurden. Das Prinzip der Referenzmarken ist einfach, kann aber immer wieder zu Problemen führen, nämlich dann, wenn ein Referenzobjekt – z.B. eine Kugel - mit einer zu geringen Punktdichte im Scan erfasst wurde. Die Software erkennt automatisch einen Durchmesser eines Referenzobjekts, da diese in der Form von Kugeln, Papiermarken oder Reflektoren im Programm verspeichert sind. Die Berechnung der Orientierung dauert ein paar Minuten und das daraus gewonnene Ergebnis war sehr gut und somit die erste zusammengehängte Punktwolke (Abb. 6).

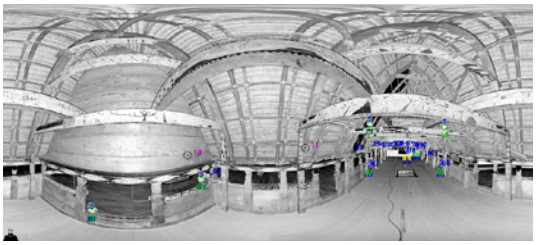

Abb. 5

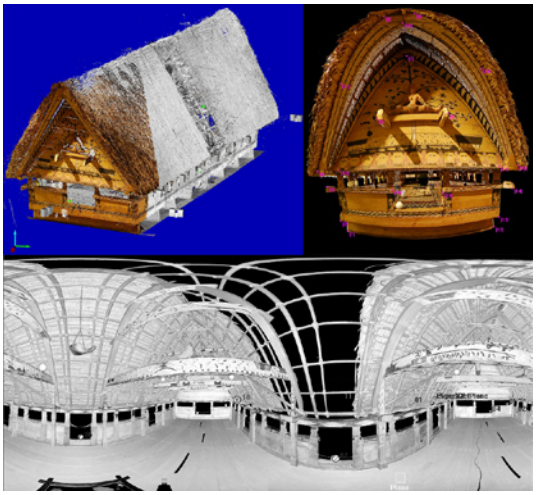

Abb. 6

Diese war aber noch nicht gesäubert und somit machte ich mich auf den mühsamen Weg, die einzelnen Scans von Ausreisern und anderen abnormalen Punktdarstellungen zu säubern. Die Säuberung der Punktwolke ist wichtig für die 3D Modellierung des Objekts, um von der Realität abweichende 3D-Darstellungen zu vermeiden. Diese Arbeit benötigte bei einer so großen Anzahl von Scans ihre Zeit. Ein Vergleich mit der Handaufnahme zeigt hier, dass beim Laserscannen die Vorverarbeitung der Punktwolken – vor allem für jemanden der sich in diesen Workflow einarbeitet - eine sehr zeitintensive Arbeit ist, wohingegen die Handaufnahme direkt in das jeweilige Programm zur Modellierung (in meinem Fall AutoCAD) eingetragen werden kann, und zwar zuerst in 2D,

Abb. 5: Polaransicht der Scanpunktwolke

Abb. 6: Orientierte und teilweise Colorierte Punktwolke

wobei auch für die Generierung von 2D Plänen – für den Typus traditioneller Holzskelettbauten – im Vergleich zur Punktwolkenauswertung, ein wesentlich geringerer Zeitanteil benötigt wird.
Bis es von der Punktwolke soweit war, dass ein Liniengerüst erstellt werden konnte, waren verschiedenste Versuche im Bereich von unterschiedlicher Software nötig, denn eines konnte von vornherein ausgeschlossen werden, nämlich eine Punktwolke dieser Größenordnung zu triangulieren (jeweils drei Punkte aus der Punktwolke zu einer Fläche zu verbinden). Kein herkömmliches und vor allem erschwingliches Programm kann mit einer Flächenanzahl jenseits der 20 Millionen Dreiecke umgehen. Schon gar nicht Programme, die in der Architektur verwendet werden. Erst jetzt beginnen die Hersteller daran zu arbeiten – siehe 3DStudioMAX 10. Ich musste also ein „Low-Polygon-Modell" erstellen, was aus Handskizzen relativ rasch und für die benötigten Zwecke mit einer ausreichenden Genauigkeit erfolgt. Wie dies geschieht wird weiter unten erklärt. Hier möchte ich nur hervorheben, dass mit dem Laserscanning einige Arbeiten hinzukommen, während es bei der Handaufnahme direkt die 2D-Zeichnung oder 3D-Modellierung ist, welche nach der Aufnahme als nächster Arbeitsschritt erfolgen kann.

Auswertung

Als erstes soll kurz erklärt werden, wie ich den Begriff Auswertung aus Punktwolken definiere. Die Auswertung umschließt - für mich - das Weiterverarbeiten von Punkten zu Objekten und nicht die Registrierung von Punktwolken. Diese Auswertung setzt sich in meiner Vorgehensweise im Kapitel „3D Modellierung" fort. Das nur als Info für die Aufteilung der Kapitel „Vorverarbeitung" (Punktwolkenorientierung), „Auswertung" (3D Linienobjekte) und „3D Modellierung" (3D Flächenobjekte) in diesem Artikel.
Nachdem die Punktwolke referenziert wurde, begann ich nach Möglichkeiten zu suchen, welche mir Mittel anboten, aus der Punktwolke ein Liniengerüst oder aber sogar 3D Objekte zu generieren. Ich musste einen Weg finden, wie ich ein 3D Modell aus den Scandaten, in einem Programm, welches auch Architekten benutzen, erzeugen kann. In meinem Fall war dies AutoCAD und 3DStudioVIZ. Zwar hat auch das Programm FAROSzene Standardtools, um einen direkten Export von Linien, Flächen oder sogar Objekten in das Format dxf durchzuführen, aber diese waren bei einer solch aufwändigen Holzkonstruktion von Nachteil, weil daraus zu viele Fehllinien (Linien an denen es gar keine Kante gibt und dies nur in 2D) entstanden, und zudem auch relativ ungenau im Bereich von Kanten und Verschneidungen. Die Triangulation der Punktwolke durch das Programm FAROSzene ergab Dreiecke, die nichts mit dem tatsächlichen Objekt zu tun hatten, also Dreiecke, die durch die Nähe zweier Sparren oder Balken, eben zwischen diesen entstanden. Wie schon weiter oben erwähnt wäre das Triangulieren zwar möglich aber bei 120 Mio. Punkten viel zu rechenintensiv und bei Reduzierung der Dreiecksanzahl zu ungenau. Der Versuch mit dem ACAD PlugIn PointCloud scheiterte an der hohen Punkteanzahl jedes einzelnen Scans. Ebenso ein Versuch mit der Software „Reconstructor", denn diese Software kostet mehr als 10.000,- Euro. Mit dem ScanProgram FaroScene ergab sich eine interessante Möglichkeit die Daten auszuwerten. Es enthält ein spezielles Plugin: das so genannte „Draw to CAD" (Abb. 7).

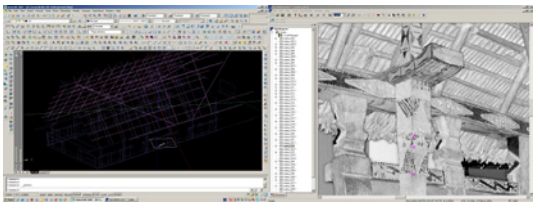

Abb. 7

Dieses Tool ermöglicht die softwaregestützte Verbindung zwischen FAROSzene und ACAD, und zwar in dem Ausmaß, dass Koordinaten, also Punkte, die in FARO Szene ausgewählt wurden, direkt an ACAD übertragen werden. Im Allgemeinen funktioniert dies ganz einfach. ACAD und FAROSzene werden gestartet und durch einen speziellen Button in FAROSzene wird die Verbindung dieser beiden Programme hergestellt. Wichtig ist zuerst der Export einer Ebene – eines Koordinatensystems – aus FAROSzene in ein dxf File. Dieses dxf File kann von ACAD geladen werden und man zeichnet in ACAD im selben Koordinatensystem, in dem die Punktwolke in FAROSzene ausgerichtet ist. Das Koordinatensystem wurde aus der Oberfläche des Fußbodens im gescannten Objekt generiert. Dieser Boden war großflächig und eben und so war es einfach eine Ebene in FAROSzene zu erstellen. Nach dem Import in ACAD mit dem Befehl „dxfin" konnte mit dem Zeichnen begonnen werden, und zwar mit dem Zeichnen eines 3D Liniengerüstes. Folgende Schritte sind dabei zu tun: als Erstes wird ein Befehl in ACAD – z.B. Linie, Polylinie, Kreis etc. - gewählt, danach wechselt man ins Programm FARO Szene und wählt einen der beiden Befehle „2D Linie" oder „3D Linie"- in meinem Fall „3D Linie". Nun kann man in der 2D Darstellung der Punktwolke, also der Polaransicht, mit einem Fadenkreuz Punkte auswählen – z.B. Punkte entlang einer Kante einer Säule – die dann in Echtzeit ins ACAD übertragen werden und dort eine Linie generieren. Dies funktioniert sogar so gut, das man während des Auswählens von Punkten zwischen einzelnen Punktwolken, also einzelnen Scans, hin und her springen kann, ohne den Vorgang des Befehls abzubrechen. Ein Nachteil aber ist die auf die verwendete Hardware beschränkte Möglichkeit, nur eine gewisse Anzahl von Punktwolken laden zu können. Wurde eine Linie fertig gezeichnet, wechselte man wieder in das Programm ACAD und beendete dort den Befehl, um, für eine neue Linie, den Linien-Befehl wieder zu starten und das selbe Schema in FAROSzene durchzuführen (Abb. 8).

Abb. 7: Draw to CAD zwischen FARO Scene und AutoCAD

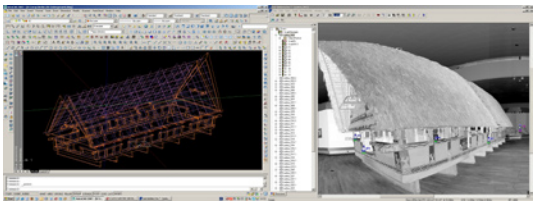

Abb. 8

Wenn man die oben beschriebenen Arbeitsschritte betrachtet, dann kann man diese in einem gewissen Maß mit der Generierung von 2D Plänen aus Handskizzen vergleichen, nur dass beim Laserscanning zwischen der Vermessung und der Auswertung noch ein weiterer Schritt, die Vorverarbeitung der Punktwolken steht. Da ich schon sehr viele Bauaufnahmen von Hand erledigt habe, erlaube ich mir hier zwei Dinge anzuführen. Erstens ist bereits die Vorverarbeitung von Punktwolken – in meinem Fall bei jemandem der in dem Thema Laserscanning neu eingestiegen ist – sehr zeitaufwändig, ja ich möchte fast sagen, dass ich in dieser Zeit, wo ich die Verarbeitung durchgeführt habe, vermutlich das gesamte Objekt ohne Texturierung modelliert hätte. Zweitens ist die Generierung eines 3D Liniengerüsts, vor allem für solch aufwändige Holzkonstruktionen, ein mächtiges Unternehmen, denn aus 26 Scans die jeweiligen Ecken und Kanten zu finden, dabei mit andauernden Softwareabstürzen zu kämpfen und auch nicht immer exakte Koordinaten zur Liniengenerierung aus der Punktwolke zu erhalten, ist für jemanden der auswertet nicht sehr angenehm. Hinzu kommt noch, dass es extrem zeitaufwändig ist, ein Liniengerüst für eine genaue Darstellung zu erstellen. Im Vergleich zur Handaufnahme; dort werden nur einfache Grundrisse und Längs- und Querschnitte aus den Skizzen erstellt, welche aber in Ihrer Dimension korrekt, dass heißt an ihren Schnittstellen, exakt zusammenpassen müssen (Abb. 9). Für den folgenden Schritt in der Auswertung, der 3D Modellierung, sind diese Grundrisse und Schnitte, in Kombination mit Fotos, aber vollkommen ausreichend.

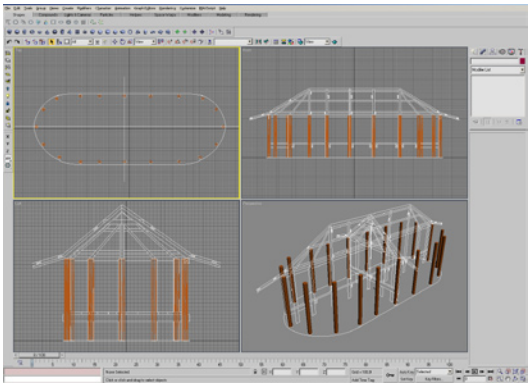

Abb. 9

3D Modellierung

Es stellte sich mir also die Frage, ob es nicht von Vorteil wäre, aus Punktwolken Grundrisse und Schnitte zu erstellen, um diese dann in ACAD übereinander zu legen und daraus das 3D-Modell zu generieren. Diese Methode wäre sicherlich eine Überlegung wert, denn aus eigener Erfahrung hat dies schon funktioniert, aber ich versuchte einen anderen Weg.

Wie wurde nun an die Erstellung eines 3D Modells aus Laserscandaten durchgeführt? Wie bereits im letzten Kapitel erwähnt, wurde mit hohem Aufwand ein 3D Liniengerüst aus den einzelnen Scans generiert. Um dies nun in ein 3D Modell umzuwandeln, musste ein weiteres Programm angewendet werden, ein Programm welches zwar keine – noch nicht – Punktwolken laden kann, aber großartige Tools zur Freiform-Modellierung, der Texturierung, der Beleuchtung und der Visualisierung zur Verfügung stellt und außerdem in vielen Architekturbüros Anwendung findet. Die Rede ist vom Autodesk Programm 3DStudioVIZ/3DStudioMAX. Da sowohl AutoCAD als auch 3DStudio vom selben Hersteller erzeugt werden, ist der Datentransfer zwischen diesen beiden Programmen zu 100% gewährleistet.

Als Erstes wurden mit dem Befehl „File Link Manager" die zuvor konstruierten Linien in 3D Studio geladen. Dieser Befehl ist ähnlich einem XRef (External reference) in ACAD, wobei neu gezeichnete oder geänderte Linien automatisch in 3D Studio übernommen werden. Nun begann aber ein weiterer, sehr mühsamer und langwieriger Weg. Es musste auf Basis der Linien, Körper generieren und diese an die Linien anpasst werden. Da von einem hohem Detailierungsgrad der einzelnen Körper ausgegangen wurde – so gut wie möglich Unebenheiten und Verformungen darzustellen – musste nun reines Freiform-modellieren anwendet werden, das heißt, es musste der Körper als einen Mesh (Netz als Dreiecke) generieren, dementsprechend extrudiert und deformiert, und die einzelnen Vertexpunkte (Schnittpunkte der Netzkanten) an die jeweiligen Ecken und Kanten der Linien aus ACAD anpasst werden. Das Ziel war also so genau wie möglich zu arbeiten, jedoch so wenig wie möglich Faces (Oberflächen) zu generieren, um eine darauffolgende Visualisierung (Rendering, Animation) zeitsparsam durchführen zu können, was ja bei einer Triangulierung aus der Punktwolke nicht möglich gewesen wäre. Komplizierte Elemente wie innen liegende Stützen oder Kragarme als Verbindungselemente zwischen Stützen und Pfetten benötigen schon dementsprechend Zeit (bis zu 1 Stunde pro Objekt), da ja jedes dieser Elemente anders ist und dadurch nicht einfach nur kopiert werden kann. Einzig die runden Pfetten und Sparren des Daches sind mit dem Befehl Extrude in AutoCAD als 3D Objekt erzeugt und danach ins 3DStudioVIZ geladen worden (Abb. 10).

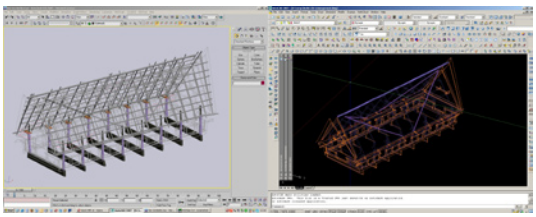

Abb. 10

Abb. 8: Fortschritt der Auswertung

Abb. 9: Modellierung in 3DStudio

Abb. 10: 3D Objekte aus AutoCAD in 3DStudio importiert

Hier möchte ich mit der 3D Modellierung aus Handaufnahmen anschließen und einige Fragen – wenn möglich – beantworten. Es stellt sich bei einer genauen Modellierung vor allem die Frage: „Wie genau sollte diese eigentlich sein, damit die erwünschten Informationen ablesbar sind?". Sind solche Informationen nicht schon aus dem 3D Modell aus der Handaufnahme ablesbar? Um – wie in meinem Fall – konstruktive aber auch symbolische Informationen aus traditionellen Holzskelettbauten ablesen zu können, muss ich sagen, dass diese auf jeden Fall von 3D Modellen aus Handaufnahmen ablesbar sind. Ob nun 5 von 30 außen liegenden Pfetten eine natürlich erzwungene Verformung besitzen, wird an der Tatsache, dass sich 30 Pfetten am Dach befinden nichts ändern. Die Aussage, dass 5 Pfetten leicht gebogen auf den Sparren liegen, lässt sich natürlich auch aus Fotos deuten und hat statisch keinen wirklichen Einfluss auf die Konstruktion des Gebäudes. Primär sind solche Elemente dazu da um einerseits die Deckung zu tragen und andererseits die Stabilität innerhalb der Dachhaut zu verstärken.

Eine weitere Frage ist auch jene, ob es sich, vor allem bei traditionellen Holzskelettbauten, nicht doch lohnt, nur ein Objekt exakt zu modellieren und dieses dann zu kopieren, aber unterschiedlich, den Gegebenheiten entsprechend, zu texturieren. Auch hier ist die Aussage ähnlich; Ich habe z.B. 30 Holzstützen im Inneren eines Gebäudes, welche am oberen und am unteren Ende breiter sind, um genügend Auflager für das Einleiten der Kräfte aus dem Dachstuhl und das Ableiten der Kräfte in den Untergrund zu gewährleisten, und welche nach den originalen Gegebenheiten texturiert wurden, um daran ablesen zu können, welcher Familie innerhalb des Clans welche Säule zugeordnet ist (Darstellung eines verstorbenen Familienoberhauptes) und welcher Familiensprecher vor welcher Säule Platz nehmen darf, um im Rat des Dorfes, im Beisein der spirituellen Kräfte seines Vorfahren zu diskutieren. Auch mit kopierten Säulen lässt sich die selbe Aussage tätigen. Hier lässt sich aber auch sehen, dass, vor allem bei primitiver Architektur, traditionelle Holzskelettbauten nicht nur konstruktive Aspekte beinhaltet, sondern vor allem auch sakrale Botschaften, was den Grund, warum ein Gebäude so gebaut wird, wie es eben ist, entsprechend hervorhebt - eben vermenschlicht. Es soll hier nicht zuviel an Architekturtheorie vorgetragen werden, jedoch ist es wichtig zu wissen, warum diese Forschungsarbeit überhaupt betrieben wird und welcher Detailierungsgrad ausreichend ist.

Um auch den Detailierungsgrad dieser Vermessung darzustellen soll die Genauigkeit der Modellierung kurz beschreiben werden. Nachmessungen in FAROScene (Punktwolke) und ACAD (aus 3DStudio importiertes 3D Modell) haben ergeben, dass die Genauigkeit (z.B. Abstand zwischen den Ecken zweier Innenstützen) zwischen 0,002 m und 0,01 m liegt und somit mehr als Ausreichend für eine realistische Darstellung ist. Bei der Handaufnahme kann es - durch kopierte Elemente - durchaus zu einer Genauigkeit von mehreren Zentimeter (bis zu 5 cm) kommen, was aber bei der Aufnahme von traditionellen Holzskelettbauten keine Einschränkung in der Aussage darstellt.

Nach dem aufwändigen Unternehmen der Modellierung (Abb. 11) begann eine weitere aufwändige Arbeit, das Texturieren. Anders als bei Programmen im TLS Bereich kann eine Textur in 3D Studio nur manuell auf ein Objekt aufgetragen werden. Zuvor muss diese Textur jedoch aus Fotos herausgearbeitet werden, entzerrt, zugeschnitten und, wenn nötig, farblich verbessert. Bei diesem Objekt wurden keine Orthophotos (Entzerrte Bilder) generiert, sondern einzig von Fotos der Kamera, Nikon D200 mit Tokina 12-24mm, F 1/4 gearbeitet. Die Weiterverarbeitung erfolgte in Photoshop und die Daten wurden als jpg File abgespeichert.

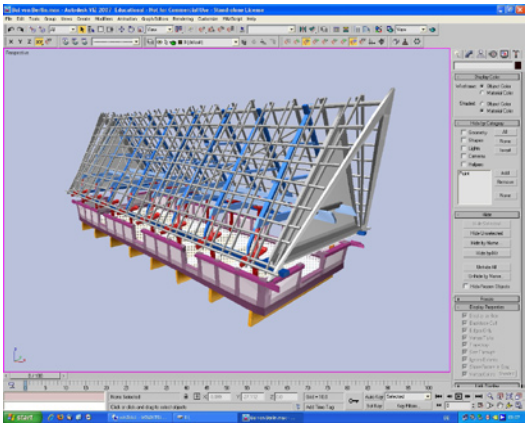

Abb. 11

Es muss auch erwähnt werden, dass manche Konstruktionselemente 4 bis 5 unterschiedliche Texturen besaßen. Mit dem Materialeditor in 3D Studio konnten diese einzelnen Texturen nun zu einem sogenannten „Multi-Sub Material" zusammengefügt werden, wobei die einzelnen Texturen unterschiedliche ID-Nummern bekamen. Der Mesh des Objektes, welcher texturiert werden sollte, wurde ebenfalls in die erforderlichen ID-Nummern aufgeteilt, wobei jedem Dreieck eine solche Nummer zugeordnet werden kann. Weist man nun das Material dem Objekt zu, wird jede Textur dem richtigen Dreieck zugeordnet. Das einzige was noch zu erledigen war, war das Ausrichten der Textur. Dies geschah mit dem Modifyer „UVW Map". Es war die einfachste Variante und zudem kompatibel mit der Weiterverarbeitung zur Virtual Reality. Mit dem Modifyer „UVW Map" konnten die Texturen exakt an die Geometrie des Objektes anpasst werden.

Es wurden etwa 390 Texturen für dieses Gebäude verwendet, wobei der größte Teil der Arbeit das Bearbeiten in Photoshop und das Ausrichten in 3D Studio war. Etwa 10 min. für ein Element des Gebäudes wurden dafür benötigt. Nach einer gewissen Zeit stellte sich ein Problem ein, welches von der Leistung des Computers abhängig war. Durch die vielen Texturen, welche alle in den Speicher geladen werden, wurde das System immer öfter überlastet. Um dieses Problem zu umgehen, wurde die Darstellung fertiger Objekte auf „Display as Box" gestellt,

Abb. 11: Fertiges 3D Modell ohne Textur

womit sich der Arbeitsspeicher nicht mehr überfüllte. Auch nach einem Neustart des Systems wurde dadurch der Arbeitsspeicher nicht verbraucht. Das Texturieren des gesamten Objektes benötigte etwa 9 Tage.

Visualisierung

Um den letzten Schritt der Auswertung - die 3D Modellierung - visuell sichtbar zu machen, bedarf es der Visualisierungstechniken des Programms 3D Studio VIZ. Wie schon weiter oben erklärt wurde, ist es mein Anliegen, menschliches Gedankengut, welches ein Ausdrucksmittel der traditionellen Architektur Ozeaniens ist, bildhaft zu machen. Um dies zu tun, muss das fertige 3D Modell nur noch in das – wie ich es hier einfach sagen möchte – rechte Licht gerückt werden. Licht ist beim Generieren von Renderings – neben Reflexionen – ein besonders rechenintensiver Prozess, es ist aber auch der wichtigste Teil für eine realistische Darstellung. Daher wurde auch versucht, das Gebäude als Low-Polygon-Model zu generieren, um so unnötige Rechenzeit zu minimieren. Was ist das Visualisieren nun genau? Es ist eine möglichst fotorealistische Darstellung eines, mit Computer gestützten Methoden, künstlich erzeugten Objektes. Es ist das Generieren eines Bildes oder einer Animation, deren mathematische Berechnungen auf natürlichen Grundlagen – eben Licht und Reflexion – beruhen. Es mag sein, dass diese Definition nicht zu 100% exakt ist, auf das modellierte Gebäude und den beabsichtigten Darstellungen trifft sie jedoch zu.
Da das Gebäude nicht im Kontext seiner natürlichen Umgebung steht, und somit ein Geländemodell mit Vegetation und Umgebungsbauten wegfällt, ist vor allem das Licht entscheidend, um dem Gebäude die nötige Realität zu verleihen. Basierend auf dem PlugIn „MentalRay Renderer" wurde das Licht so ausgewählt, dass es die nötigen pysikalischen Eigenschaften besitzt, um das Gebäude richtig auszuleuchten. Ein Tageslichtsystem reicht dafür vollkommen aus. Zwar sind bei diesem System viele unterschiedliche Einstellungen zu tätigen, jedoch besitzt dieses Licht in Kombination mit dem MentalRay Renderer die Möglichkeit, den Rechenprozess mit temporären Dateien, auf die bei jedem neuen Rendering zurückgegriffen wird, erheblich zu beschleunigen, ebenso aber die Qualität zu erhöhen. Ein Tageslichtsystem besteht aus direktem Sonnenlicht und dem atmosphärischen Licht – einer Art Reflexions- oder Streulicht. So ist es also auch bei Schattenwurf nicht nur scharfkantiger Schatten, sondern in gewissen Bereichen auch weich verlaufende Abschattungen, welche dem Objekt mehr Plastizität und Natürlichkeit verleihen. Hinzu kommt eine besondere Geländeoberfläche, welche zwar nicht sichtbar ist, trotzdem den Schattenwurf des Objektes darstellt. Ein sogenanntes „Matte/Shadow Material" nimmt dabei die Hintergrundfarbe an, wirft aber selbst keinen Schatten, sondern empfängt ihn nur, und lenkt den Fokus einzig auf das Gebäude. Ein durchaus beabsichtigter Effekt. Je nach gewählter Auflösung eines Renderings (Bildes), der Anzahl von Dreiecken im 3D-Modell und der Anzahl von Leuchtquellen, kann die Rechenzeit bis zu mehrere Stunden pro Bild betragen. Bei einer Kamerafahrt werden Einzelbilder gerechnet, die am Ende zu einer Animation zusammengefügt werden können, sei es im Programm 3D Studio VIZ selbst, oder später in einem anderen Programm. Kamerastandorte und Kamerafahrten werden im 3D Studio File verspeichert und sind so immer wieder abrufbar. Eine weitere Möglichkeit der Visualisierung bietet die „3D Echtzeit Virtual Reality". Diese Technik erlaubt es das Gebäude wie in einem Computerspiel zu durchschreiten. Zwar wird auf die Darstellung von Licht und Reflexionen aus Performancegründen verzichtet, trotzdem ist diese Darstellung für den Betrachter sehr interessant. Es lassen sich Objektteile ausblenden und er kann die noch sichtbaren Elemente von jedem erdenklichen Standpunkt aus betrachten. Interessant ist dabei die Möglichkeit, colorierte (mit Fotos eingefärbte) Punktwolken in einem solchen Projekt darzustellen und diese mit architektonischen Entwürfen zu kombinieren. Auch bei einer hohen Anzahl von Texturen gibt es kaum Einschränkungen einer flüssigen Darstellung.

Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen Exportformaten, die es erlauben eine Visualisierung in Print, Movie oder Internet zu veröffentlichen. Für das gescannte Gebäude wurden Renderings, eine Animation, eine Aufbausequenz und eine Virtual-Reality Darstellung erzeugt.

Resümee der Vermessung:

Laser werden seit einigen Jahrzehnten für unterschiedlichste Aufgaben (besonders für die Entfernungsmessung) eingesetzt. Doch erst die neuesten technischen Weiterentwicklungen – speziell das Scannen (also die flächenhafte Erfassung von vielen 3D-Punkten an einem Objekt) – haben diese Technik in den unterschiedlichsten Gebieten als unverzichtbares Bestandteil integriert. Für den Einsatz des Scanners bei einem Holzskelettbau Palaus muss gesagt werden, dass sich das Gerät durch seine hohe Auflösung, seine Genauigkeit und seine Geschwindigkeit besonders eignet. Trotz des hohen zeitlichen Aufwandes die Scandaten auszuarbeiten und daraus ein 3D Modell zu generieren, muss vor allem der Mehrnutzen der Scandaten hervorgehoben werden. Die Geschwindigkeit der Vermessung ist schlichtweg beeindruckend und ob man daraus im Nachhinein nur Grundrisse extrahiert, True Orthophotos berechnet (Orthogonale Projektion der Punktwolke auf eine Ebene) oder aber auch 3D Modelle generiert kann erst viel Später nach der Aufnahme bestimmt werden, denn die Daten sind ja dreidimensional vorhanden und können immer wieder verwendet werden. Man kann das 3D Laserscanning als eine

der vollkommensten Aufnahmetechniken beschreiben, denn aus den Aufnahmedaten lassen sich die vielfältigsten Ergebnisse für die unterschiedlichsten Anforderungen generieren. Das Ergebnis des 3D Modells des *Bai* ist dabei ein sehr aussagekräftige Argument (Abb. 12 und 13).

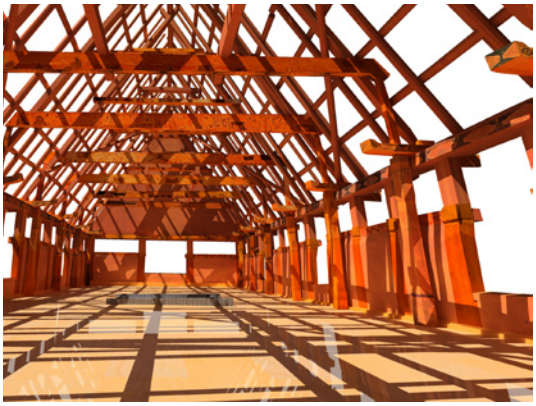

Abb. 12, Abb. 13

Vorwort zur Architektur Palaus

Da nun die Modellierung des Bai abgeschlossen wurde und mit dem Ergebnis ein guter visueller Eindruck des konstruktiven Aufbaus des Gebäudes gewonnen werden kann, soll nun die Architektur Palaus und deren Symbolismus näher beschrieben werden.

Die Architektur Palaus

Betrachtet man das Inselreich Palau im globalen Kontext, fällt vor allem seine geringe Ausdehnung und seine Abgeschiedenheit im pazifischen Raum auf (Abb. 14). Die nächstgelegenen Inseln sind das *Nglulu Atoll* (330 km entfernt) und *Yap* (430 km entfernt) im Nordosten, die *Philippinen* (850 km entfernt) im Westen und die *Indonesischen Inseln* und *Neuguinea* (800 km entfernte, Melanesien) im Süden. Hervorzuheben ist aus diesem Grund vor allem die architektonische Vielfalt, die sich auf dem Inselarchipel entwickelt hat. Obwohl in diesem Manuskript lediglich der vermessene *Bai* aus Berlin Dahlem beschrieben werden soll, ist es hilfreich einen groben Überblick über die unterschiedlichen Bauten Palau's zu erhalten.

Der ***Bai*** war immer das ranghöchste Gebäude in einem Compound. Er gilt als *Rubak*- und *Clubhaus*, und je nach Anzahl der Männer- und Frauenclub's gab es auch dementsprechend mehrere *Bai* in einem Compound. Neben ihnen existierte aber eine Vielzahl anderer Gebäude, welche ihrem Rang gemäß in der näheren Umgebung des *Bai* errichtet wurden, oder aber nur für alltägliche Zwecke an anderen, abgelegenen Orten standen.
Generell ist der *Bai* in zwei Kategorien einzuteilen. Jene die Prunkhäuser sind wurden *Bai tëtíp* genannt, einfache *Bai*, welche auch auf Pfählen gegründet waren, erhielten den Namen *Bai kldók* oder auch *teleót*. Die *Bai tëtíp* sind vorwiegend *Rubakbai*, wobei der *Rubak* der Oberhäuptling von Palau ist (*rubukúl pélau*). Sie sind aber auch *Bai* von angesehenen Männerclubs oder von kleinen Häuptlingen. Es gibt auch Aufzeichnungen von breiten Bai (*metéu l bai*), wobei an der Giebelseite statt einer Türe zwei Türen sein konnten. Der *telegeiĕr Bai* galt als Priesterwohnung und konnte auch ein *Blai* - ein dekoriertes Wohnhaus – sein.
Ein grundsätzlich unterschiedlicher Bautypus im Vergleich mit Ozeanien - mit Ausnahme von Neuguinea - gibt es auch doppelstöckige Bai (*góutang*), die ebenfalls als Kulthäuser Verwendung fanden (Abb. 15).

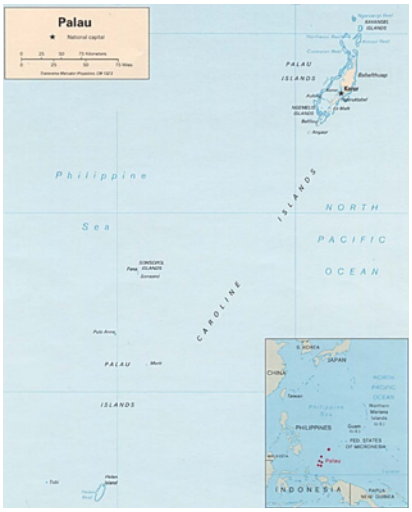

Abb. 14

Abb. 15

Abb. 12: Fertiges 3D Modell gerendert mit Textur und Tageslichtsystem

Abb. 13: Fertiges 3D Modell gerendert mit Textur und Tageslichtsystem

Abb. 14: Palau

Abb. 15: Doppelstöckiges Bai (Goutang)

Definiert wird ein *Bai* immer an der Anzahl von Grundbalken (*bad*), welche auf einer Steinplattform auflagen und das Gebäude trugen (Abb. 16). So hat ein *Bai tëtíp* 8 *bad*, ein *Bai kldók* 6 *bad* und ein *Telegeiĕr Bai* nur 5 *bad*. Die genaue Beschreibung der Konstruktion wird im nächsten Kapitel anhand des *Bai* in Berlin Dahlem dargestellt.

Abb. 16

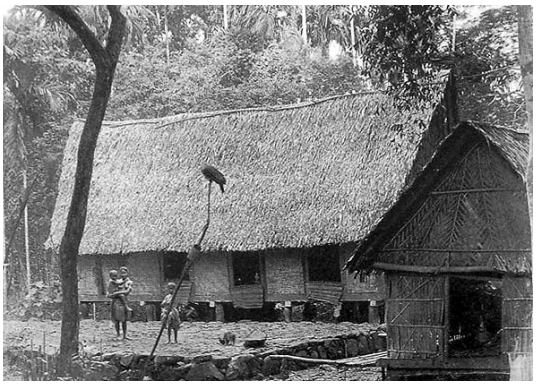

Abb. 17

Neben dem *Bai* gab es auch schon die erwähnten ***Blai*** (Wohnhäuser; Abb. 17). Diese glichen sich im Großen und Ganzen mit dem *Bai*, waren aber nicht so reich oder auch gar nicht dekoriert, und teilweise aus unbehauenem Holz hergestellt. Weiters hatten die *Blai* nur an einer Längsseite (Nordseite = reiche Seite) und meist an einer Giebelseite, der Hauptgiebelseite (*madál a blai*), Türen. In seltenen Fällen gab es auch auf der Hintergiebelseite (*but l blai*) eine Tür. Sie waren nur auf runden Pfählen (*tang* oder auch *utang*) gestellt – als Pfahlbau ausgeführt - und hatten meist Steinplattformen (*gólbed*) als Begräbnis- und Aufbewahrungsplatz toter Familienmitglieder vor dem Haus und nicht unter dem Haus (siehe Abb. 17). Im Gegensatz zum *Bai* wurde der Rang des *Blai* durch die Anzahl der Türen bestimmt. Die *ngelóng*-Seite sollte nach Norden gerichtet sein, wobei der Haupgiebel (*madál a blai*) nach Westen schaute. Die gegenüberliegende rechte Seite des Bai wurde *rebai* genannt. Im Gegensatz dazu sollte bei einem *Bai* der Hauptgiebel (*madál a bai*) nach Osten, dem Sonnenaufgang entgegen gerichtet sein. Um einen *Blai* zu errichten wurden die Querbalken (*bad*), nicht wie beim *Bai* auf Steinsockel *(bad l uétăg)*, sondern auf Pfähle (*tang*) gestellt. Die Konstruktion des *Blai* glich jener des *Bai*, jedoch wurden die Wände durch Bretter (Blai für Priester – *klpóuo*), durch gespaltenes und gehämmertes Bambusrohr (für ärmere Personen und Arbeitsblai – *kldók*) und durch kurz abgeschnittene *Sak* Blätter aus zwei Wandschichten (ranghoher Blai – *kldŏl*) hergestellt (siehe Abb. 17). Auch gab es, ähnlich wie beim *Bai*, zweistöckige Wohnhäuser (*sop*).

Einen Übergang zwischen *Bai* und *Blai* bilden die kleinen **Galidhäuser** (*blil a galid*, Götter- und Geisterhäuser). Sie ähneln sehr stark den Ahnenhäuschen der unterschiedlichen Kulturen Südostasiens. Die Schreine wurden für verschiedenste Zauber und Opfergaben verwendet und waren Göttern und Geistern geweiht. Es gab kleine Weiheschreine mit und ohne Pfahl (*gatekil'l* und *kumerëu*), die aus einem Stück Holz geschnitzt wurden und wie Körbe an einer Leine getragen werden konnten oder einfach mit dem Pfahl in die Erde gesteckt wurden. Der einbeinige Sonnenschrein (*gaiós*) ist der Göttin *Turang* geweiht und stand immer in der Nähe eines *Blai*. Er war dem *Blai* durch seine Konstruktionsweise sehr ähnlich - mit Blättern gedecktes Dach und einer Tür an der Stirnseite – und wurde als Opferstelle verwendet. Auch steinerne Sonnenschreine wurden errichtet. Der vierbeinige Schrein (*tet* und *súmŏg*) stand auch im *Bai*, war ähnlich dekoriert wie ein *Bai* und zudem eine Opferstätte für den Dorfgott. Er wurde symbolisch als Korb des Gottes gesehen. Das Prunkhäuschen (*ulangáng du galsbóng*) diente als Prunkstück für jungverheiratete und für die erstgebärende Lieblingstochter und stand bei jedem reichen *Blai*.

Die meisten der unten genannten Gebäude wurden aus unbehauenem Holz errichtet. Ein weiteres Gebäude ist das **Taubenschießhaus** (*golúmĕl*), ein temporärer Bau zum Erlegen von Tauben. Es besteht aus vier Gabelpfählen und vier Querlatten auf denen frische Zweige gelegt wurden, um den im Haus sitzenden Jäger zu tarnen. Taubenschießhäuser waren auch in den Bildgeschichten auf den Giebel der Bai abgebildet. Zusätzlich gab es noch den Taubenstall welcher ähnlich einem Korb und ein Aufbewahrungsort für eingefangene Tauben war.

Zauberpfähle und **Fischpfähle** gleichen den *galid*-Häuschen. Es konnte sich auch ein *Gátekil'l* Häuschen (Weiheschrein) für Opfergaben darauf befinden. Das Fischbeobachtungshaus und Riffhaus wurde auch als temporärer Bau verwendet. Es war mit heiligen Matten (*telutau*) belegt und bestand aus je zwei diagonalen Stäben, in deren Mitte ein Längsträger eingebunden war und darüber eine Plattform errichtet wurde, wo der Jäger auf der Lauer lag. Ein dem Taubenschießhaus ähnliches Gebäude war die Hochzeitshütte (*delúi*). Sie bestand aus vier in die Erde gesteckte Pfosten mit Gabeln, auf denen ein Liegerost aus Querhölzern errichtet wurde. Bedeckt war die Hütte mit Pandanusblättern und am First mit heiligen Matten. Ähnliche Hütten (*gongróĕl*) wurden bei *ruk*-Tanz errichtet und konnten auch

Abb. 16: Plattform mit Steinfundamenten und Grundbalken

Abb. 17: Wohnhaus (Blai)

als Grabhütte (*blil a debúl*) oder als Bauhütte (*dlidúi*) beim Bau eines Bai errichtet werden.

Schweineställe (*blil a babi*) sind Pfahlbauten und somit den Fischhütten ähnlich.

Das **Bootshaus** (*diangĕl*) bestand aus Pfosten, die in die Erde gesteckt wurden und aus Sparren, welche die Dachhaut trugen. Das besondere beim Bootshaus war die Möglichkeit der Verzierung. So konnten die Giebelrahmen, ähnlich wie beim *Bai*, dekoriert sein. Die Giebelseiten waren meist dem Meer zugewandt und nur bei ungeschützten Gebäuden konnte der Giebel durch Palmblätter verkleidet sein. Das Bootshaus diente jedoch nicht - wie zum Beispiel in Yap - als Schlafstätte.

Das **Tanzhaus** (*diangĕl,* Abb. 18) besitzt den selben Namen wie das Bootshaus. Hier stecken die verlängerten Sparren im Untergrund, ähnlich wie auf alten Abbildungen von *Bai's*.

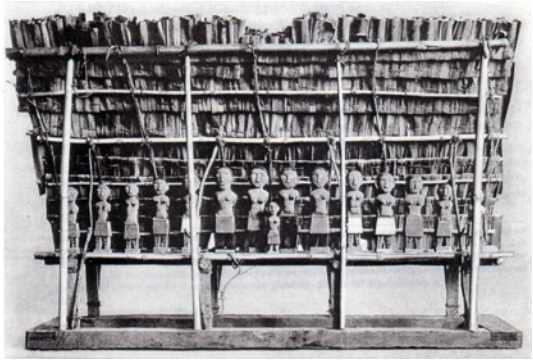

Abb. 18

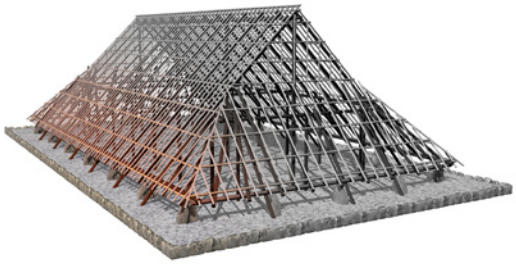

Abb. 19

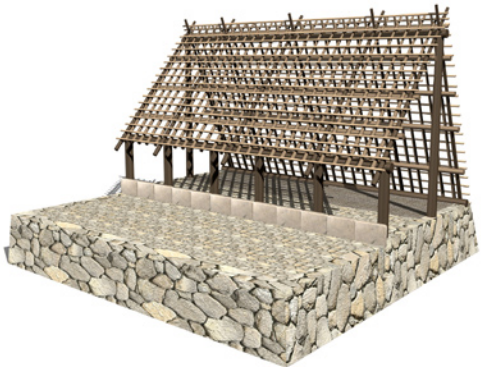

Abb. 20

Außerdem zeigt diese Konstruktionsweise eine große Affinität zum Versammlungshaus der Gilbert Inseln (*Maneaba,* Abb. 19) auf. Es war ein eigenartiges Gebäude mit einem Satteldach, dass durch umschlagen oder falten einer Dachfläche zu einem Pultdach verwandelt werden konnte. Das Gebäude war dadurch auf einer Seite geöffnet, um als Bühne (Tanzboden, *goiláol* oder *uláol*) zu dienen, auf denen die Tänzer tanzten und mit den Tritten ihrer Beine eine bestimmte Planke (*omrúkul*) besonders laut schallen ließen. Ebenfalls interessant bei diesem Gebäude ist die Ähnlichkeit zum *Fa'e* der Marquesas Inseln (Abb. 20) und dem *Drumhouse* der hawaiianischen Heiau's.

Das **Kochhaus** (*vum*) war früher ein Vorrecht großer *Rubak*. Die Form entspricht zwar einem *Blai*, jedoch wurde es gänzlich aus unbehauenem Holz gefertigt und hatte nur ein bis zwei Türen. Den Boden bildeten Bambusrohre, welche an der Außenseite des Gebäudes als eine Art Sitzbank auskragen. Die Wände bestanden aus entrolltem Bambus.

Ein im Boden des *Blai* verankertes temporäres Gestell findet als **Schwitzbad** (*gosúrŏg*) Verwendung. Es wurde für eine erstgebärende am 7. Tag nach der Geburt ein Bambusgestell, bedeckt mit Matten, errichtet. Innerhalb des *gosúrŏg* waren Schüsseln mit kochendem Wasser und gut riechenden Kräutern zum Schwitzen aufgestellt, wobei maximal 2 Personen innerhalb der Konstruktion Platz hatten.

Obwohl die Bauten Palaus hauptsächlich mit dem Baumaterial Holz ausgeführt wurden, gibt es dennoch einige Arten von Steinbau, die nicht unbeachtet bleiben sollten. Wie bereits oben erwähnt, stand jedes Bai auf einer viereckigen **Steinplattform** (*galdúkl,* Abb. 21), auf welcher sich – je nach Anzahl der Grundbalken (*bad,* Abb. 22) des Gebäudes – behauene oder unbehauene Steine (*bad l uétăg*), auf denen die *bad* auflagen. Es ist bemerkenswert, wie groß die konstruktiven Analogien zu den *Batakhäusern* Sumatras oder den Gebäuden von Nias sind. Auch diese stehen heute noch auf lose auf dem Erdboden aufliegenden, massiven Steinfundamenten.

Abb. 21, Abb. 22

Nochmals erwähnt sei die Steinplattform oder der **gepflasterte Bereich** vor einem *Blai*, auf dem die Toten aufbewahrt wurden. Als ein konträrer Brauch, ist der im Süden des Archipels gepflegte Ritus, eine erstgebärende Frau etwa 15 Minuten auf einer Steinplattform dem Volk zu präsentieren. Steinplattformen erhielten dadurch innerhalb Palaus unterschiedliche

Abb. 18: Modell eines Tanzhauses

Abb. 19: Die tragenden Sparren stecken im Erdboden

Abb. 20: Fa'e der Marquesas Inseln

Abb. 21: Plattform

Abb. 22: Grundbalken auf Steinfundament

Funktionen, denn sie scheinen Schauplatz von Leben und Tod zu sein.

Bemerkenswert ist auch die Technik der Pflasterung von **Verbindungswegen** (*gádĕs,* Abb. 23), wobei sich auf und bei diesen Wegen das **Häuptlingspflaster** (*ilíud*) mit den **Sitzlehnen** (*ptangg*) befand.

Abb. 23

Zu erwähnen sind auch die **Steindämme** (*klemădáol*). Die namentliche Verwandtschaft zu der berühmten Basaltstadt Ponpeis (*Nan madol*) ist dabei erwähnenswert. Die Dämme konnten bis zu einem Kilometer lang sein, und bis zu drei Meter hoch. Errichtet wurden sie lose aus Stein- und Korallenplatten, welche mit Öffnungen für die Gezeiten versehen wurden und selten standen Fischhütten auf den Dämmen. Im unwegsamen Gelände wurden Brücken aus Stein und Holz über Wasserläufe und bei Durchlässen (*beripĕr*) der Dämme im Meer errichtet (Abb. 24).

Abb. 24

Weiters sind die zum größten Teil verwitterten **Steinterrassen** auf *Babelthuap* zu erwähnen, die von einer intelligenten landwirtschaftlichen Nutzung und einem ausgeklügelten Bewässerungssystem zeugen.

Wie man sieht, war die Vielfalt der architektonischen Formen sehr groß und das bei einer Landfläche von nur etwa 508 km². Palau ist somit ein perfekter Ausgangspunkt, um die architektonischen Verknüpfungen zwischen dem pazifischen Raum und den Inseln Südostasiens darzustellen.

Konstruktion

Um die konstruktiven Aspekte eines *Bai* zu verstehen, wird nun anhand des *Bai* von Berlin Dahlem (*Kekerél Gosobulngau*) die Konstruktion erklärt. Vorweg noch ein Hinweis über die merkwürdige Vorgehensweise während der Errichtung. Jeder *Bai* wurde zuerst nur zur Probe errichtet – ohne Bemalung und nur der tragende Holzteil (*galdúl'l*) - danach aber wieder abgetragen und erst beim zweiten Male fertig gestellt und dekoriert.
Ein *Bai* kann generell in zwei Hauptbereiche eingeteilt werden, das Dach (*godángĕb,* Abb. 25) und der gesamte Holzteil unter dem Dach (*galdúl'l;* Abb. 26). Diese Zweiteilung zeigt vor allem in konstruktiver Hinsicht Affinitäten auf, wie sie auch beim *Fale Afolau* auf Samoa, dem *Grande Case* in Neukaledonien und dem *Whare nui* auf Neuseeland ersichtlich sind. Bei allen diesen Bauten gibt es eine massive tragende primäre Konstruktion, deren Symbolismus eng mit der gesellschaftlichen Struktur der Erbauer zusammensteht, und eine sich über diese primäre Konstruktion stülpende „Haut" als sekundäre Konstruktion, welche einerseits die tragende Konstruktion, symbolisch gesehen aber den menschlichen Aspekt des Clans schützen soll, und deren konstruktive Ausführung auch ein symbolisch-visueller Gesichtspunkt für den Zusammenhalt der Gesellschaft ist. Der *Bai* teilt sich somit in eine tragende Struktur und in eine nicht tragende Struktur, die in ihrem Symbolismus auch getrennt sind.

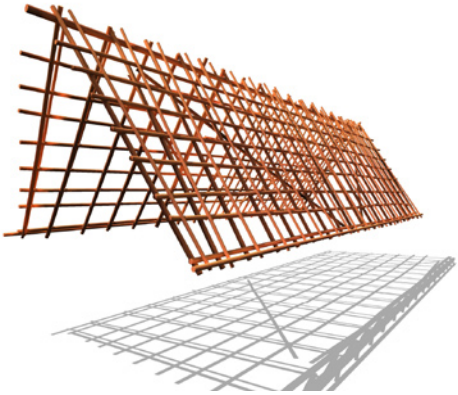

Abb. 25

Abb. 26

Abb. 23: Gepflasterte Verbindungswege

Abb. 24: Brücke

Abb. 25: Dach (*godángĕb)*

Abb. 26: Holzteil unter dem Dach (*galdúl'l)*

Der *galdúl'l*-Baukörper besteht aus zur Gänze behauenem Holz mit Verbindungen aus losen Verzapfungen und steht auf einer im Vorfeld errichteten Steinplattform (*galdúkl*), welche – je nach Lage des Untergrunds - bis zu einem Meter hoch sein konnte. Das Erstellen der Verzapfungen wird *ametäět a ngáléк* (Hauen der Zapfen) genannt, wobei übergreifende Verbände (*ulemegóiěl* = gegenseitige Verhackung) bei horizontalem Stoß, sowie Zapfen (*ongáléк*) und Nuten (*urépět*) bei senkrechtem Stoß Verwendung finden. Der *galdúl'l* Holzkörper kann wieder in drei Teile geteilt werden: dem Unterteil mit Fußboden (Abb. 27), den Giebeln (Abb. 28) und dem Dachstuhl (Abb. 29; im Gegensatz zum Dach).

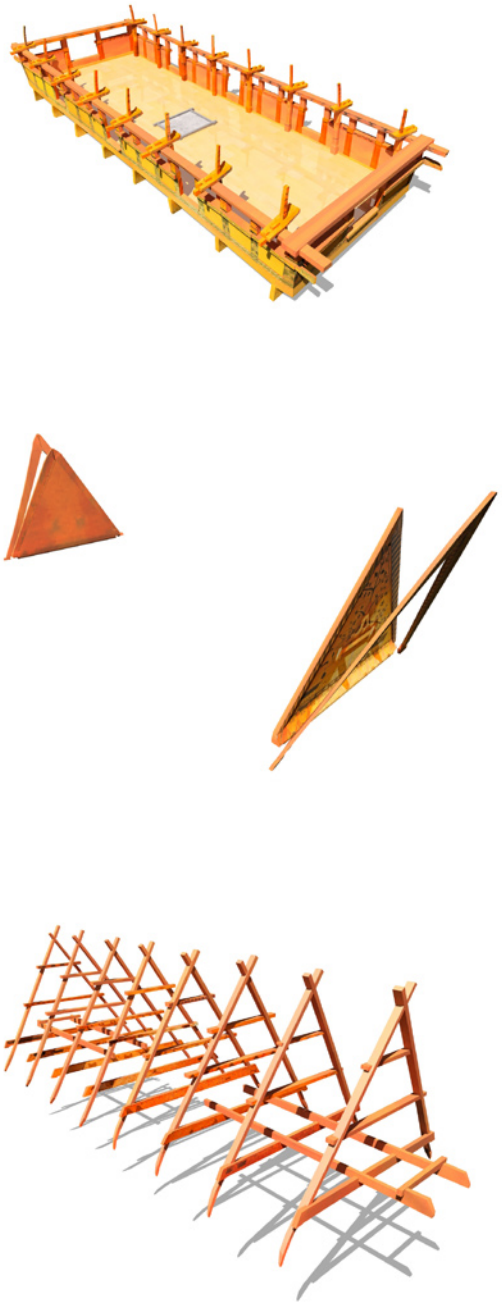

Abb. 27, Abb. 28, Abb. 29

Auf der bereits erwähnten Steinplattform (*galdúkl*) werden besondere, zum Teil behauene Steinblöcke (*bad l uétăg*) positioniert, auf denen die untersten konstruktiven Holzelemente des Bai, die Grundbalken (*bad*) aufliegen. Im Falle des *Bai* aus Berlin Dahlem gibt es keine Plattform oder Steinblöcke, denn das Gebäude steht direkt mit den Grundbalken auf dem Boden des Museums. In symbolischer Hinsicht interessant ist, dass - neben den *bad* - auch die Zugbalken (*imul*) im Inneren des Bai die Größe und den Rang eines *Bai* anzeigen. Das Alter des *Bai* wird jedoch anhand der Anzahl der aufgebrachten Dachdeckungen gezählt. Die Grundbalken sind somit ein Zeichen der Stärke und ein Signal des Ranges des Gebäudes und seines Clubs innerhalb der Gesellschaft.

klao a bedúl = 4 Balkig;
klolom a bedúl = 6 balkig;
kleai a bedúl = 8 balkig;
tákěr a bedúl = 10 balkig;

(Beschreibung des Bai auf den Abb. 30 und 31)

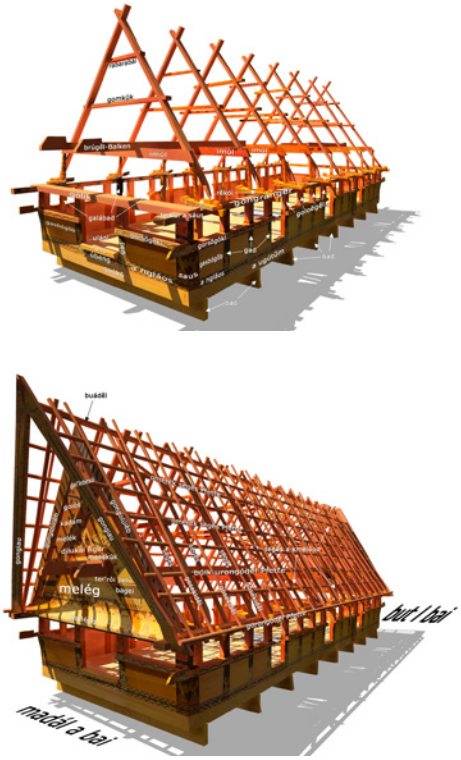

Abb. 30, Abb. 31

Auf den Grundbalken lagert der erste umfassende Rahmen aus zwei Längsbalken (*a ugútŭm*), welche aus drei Teilen bestehen (Mittelteil = *lebúgŏl* und den zwei Endteilen = *gomúsŏg*) und den beiden Querbalken (*guókŭ*) an den Giebelseiten. Der untere Hauptrahmen bildet das Auflager für die darauf stehenden Wandpfosten (*gád*) und die Eckpfosten (*sáus*), welche mit dem Hauptrahmen verzapft sind. *Gád* und *sáus* verjüngen sich im oberen Bereich und sind teilweise gekrümmt. Hinzu kommt noch, dass im Falle des *Bai* aus Berlin der oberste Bereich der Pfosten, im Bereich der Fensteröffnungen (*goloëgěl*) unter der

Abb. 27: Unterteil mit Fußboden

Abb. 28: Giebel

Abb. 29: Dachstuhl

Abb. 30: Beschreibung der Konstruktionselemente

Abb. 31: Beschreibung der Konstruktionselemente

Traufe, anthropomorph ausgebildet sind. Den oberen Abschluss bildet der Hauptrahmen im Bereich der Traufe mit dem die *gád* und *saús* ebenfalls verzapft sind. Dieser teilt sich in Längsbalken (*góngrangĕr*) und Querbalken (*gólik* - auf den Giebelseiten). Unterer- und oberer Hauptrahmen in Kombination mit Wand- und Eckpfosten ergeben hiermit eine stabile Rahmenkonstruktion, welche mit Brettern gefüllt oder durch Türen durchbrochen ist. Die nötige Stabilität und Aussteifung des Gebäudes ist durch die Füllungen der Wand gewährleistet. Um die Rahmenecken (*terkúl a sáus*) zusammenzuhalten, sind die Eckpfosten (*saús*) mit je zwei Zapfen oben und unten versehen. Als Wandfüllung werden Bretter eingelassen, welche mit den Pfosten doppelt vernutet sind. Im unteren Teil der Wand ist immer das kleinere und meist auch verzierte Brett (*a ngláos*) eingesetzt. Darüber liegt das größere und undekorierte Brett (*gasbógŏb*). Doppelt gegabelte und bemalte Fensterbänke (*gorsŏgókl*) bilden den oberen Abschluss der Wandfüllungen. Bei den Türöffnungen kommen zwei dekorierte Holzbauteile zum Einsatz. Direkt am unteren Hauptrahmen liegt die Schwelle (*úbeng*) auf, auf der sich wiederum der Schwelleneinsatz (*a is*) befindet, welcher auch als Trittbrett verwendet wird.
Interessant ist, dass die Fenster der Wetterseite durch Bretter verschlossen werden können. Eine ähnliche Form findet man zum Beispiel auf Samoa, wo die wandlosen *Fales* ebenfalls an der Wetterseite durch geflochtene Kokospalmblattmatten Matten verschlossen werden können (Abb. 32).

Abb. 32

Der Fußboden (*uláol*) besteht aus schweren Planken (*gasbógŏb*), die Spucklöcher (*golbáol*) von 2 bis 2½ cm Durchmesser beinhalten. Von den Alten wurden diese Löcher auch zum Urinieren verwendet. Die Planken des Fußbodens lagern auf den Grundbalken (*bad*) und sind der Länge nach verlegt. In der Mitte des Raumes befindet sich eine Planke (*nggóngg*), die im Anschluss zu den angrenzenden Planken zinnenförmig ausgeführt ist. Dies hat den Zweck, dass der Schmutz durch die aus den Zinnen entstandenen Löcher im Boden nach unten gekehrt werden konnte. Der Fußboden des *Bai* in Berlin Dahlem ist leider nicht mehr im Original ausgeführt und wurde durch einen Parkettboden ersetzt. Eine weitere Öffnung im Boden beinhaltet die Feuerstelle (*gab*). Ein quadratisches Fundament aus Steinen, das auf der Steinplattform errichtet ist, bildet ihre Grundlage und reicht bis an den Fußboden im Haus heran. Diese Form von Fundament findet man bei Feuerstellen fast im gesamten Mikronesischen Raum. Die Feuerstelle ist im Bereich des Bodens durch schwere und zum Teil vorbehandelte Hölzer oder auch mit Steinen eingegrenzt, um das umliegende Holz vor der Glut der Feuerstelle zu schützen. Es konnten auch zwei Feuerstellen im *Bai* vorhanden sein, die in unterschiedlichen Abteilen (*nglosŏg*) des Hauses untergebracht waren. Die *gab* befinden sich immer zwischen den *bad*-Grundbalken, die gemeinsam mit den unteren Zugbalken und den Hauptsparren des Daches, den Boden und das Dach in einzelne Bereiche - den jeweiligen Personen des Clubs zugeteilten Flächen - einteilen.
Ein besonderes konstruktives Detailelement der Architektur Palaus, ist die Verbindung zwischen tragendem Dachstuhl und Außenwand. Nahe an der Innenseite der Außenwand befinden sich Pfosten (*galábad*), welche direkt auf den *bad* stehen und sich somit an jeder Seite die selbe Anzahl von Pfosten ergibt, wie es Grundbalken (*bad*) und Zugbalken (*imúl*) gibt. Die *galábad* sind auf drei Seiten dekorierte Säulen mit einem schmalen umlaufenden Auflager in Traufenhöhe, sowie einem dünneren, gekrümmten Holz am oberen Ende, auf dem der Zugbalken (*imūl*) eingezapft ist und aufliegt. Im Bereich der Traufe durchstößt der *galábad* den Mattenträger (*rĕkói*), der wiederum am Auflager des *galábad* selbst und auf dem Längsbalken (*góngrangĕr*) des oberen Hauptrahmens aufliegt und im Innenraum nach oben gekrümmt und dekoriert ist. Es zeigt sich in diesem Bereich ein ausgeklügelter Knotenpunkt, um einerseits die Kräfte vom Dach in das Erdreich zu leiten, andererseits bewahrt der *rĕkói* den *galábad* vor dem Knicken und ist auch für die Stabilität und das Abfangen des Seitenschubs im Traufenbereich verantwortlich. Auf der Oberseite des *rĕkói* befinden sich zwei vertikale Zapfen. Zwischen ihnen liegen die *gorongóděl* Pfette und das untere behauene Ende des *rekau*-Sparrens auf. Der behauene *rekau*-Sparren bildet an seiner Unterseite eine höchst merkwürdige Form aus. Er ist gekrümmt und um etwa die Hälfte der Dicke des übrigen Sparren verkleinert. Daraus resultiert ein Absatz, wodurch der *rekau* am unteren Zugbalken (*imúl*) aufliegt.
Man könnte meinen, dass die Gesamtheit dieser Konstruktion eine primitive Version von Strebepfeilern darstellt, denn das Gewicht des Daches wird nicht alleine über die *galábad* und *bad* abgeleitet, sondern auch über die Wandpfosten (*gád* und *saús*), da ein Teil der Kraft über den *rekau*-Sparren und den Längsbalken des oberen Hauptrahmens (*góngrangĕr*) in die Wand- und Eckpfosten (*gád* und *saús*) eingeleitet wird. Ähnliche konstruktive Ausbildungen im Traufenbereich findet man eigenartigerweise in den zu den Palauinseln am weitesten entferntesten Inselreichen wie zum Beispiel Hawaii (7600 km) und Neuseeland (6200 km).

Abb. 32: Matten vor einem Fale o'o in Samoa

Die *rekau*-Sparren sind das tragende Element des Daches und im Firstpunkt miteinander Verzapft. Um die Schubkräfte im Dachbereich abzufangen sind drei Zugbalken - auch Kehlbalken genannt - vorhanden. Eine markante Ausbildung von Kehlbalken findet man bei dem Doppelapsidenhaus *Fale Tele* auf Samoa ist aber bei den meisten anderen Bauten Ozeaniens in dieser Form nicht vorhanden. Der Unterste ist der bereits beschriebene *imúl*. Zwei weitere Kehlbalken (*gomkūk* [mitte] und *rebárabal* [oben]) befinden sich in zwei Ebenen darüber. Diese beiden oberen Kehlbalken sind ebenfalls mit den *rekau*-Sparren verzapft. Alle drei Kehlbalken sind an den drei vom Boden aus sichtbaren Seiten dekoriert und tragen auch sogenannte Giebelfigurenbalken (*brúgĕl*-Balken), welche im Falle des *Bai* aus Berlin Dahlem auf dem *imúl* aufliegen und von den Giebelseiten jeweils zwei Abteile (*nglosŏg*) weit ins Innere des Hauses ragen. Es gab aber auch Bai's wo die *brúgĕl*-Balken von Giebel bis Giebel reichten und sich mehrere *brúgĕl*-Balken in unterschiedlichen Ebenen befanden. Die brúgĕl-Balken durchstoßen beide Giebel, wobei sich an der Außenseite die Giebelfigur (*dilukai*) – meist auf der *madál a bai* Seite – befindet, welche eine Frau mit gespreizten Beinen darstellt. *Dilukai*-Figuren gelten als Fruchtbarkeitszauber und sind beim *Bai* gegen Osten, dem Sonnenaufgang entgegen ausgerichtet. In verschiedenen Geschichten werden sie aber auch als Abbildung unmoralischer Frauen dargestellt und dienen als Abschreckmittel oder werden damit psychologisch an den Pranger gestellt.

Um die Konstruktionselemente des Daches zu vervollständigen, bedarf es noch der Erklärung der Dachhaut. Das Dach ist nach Krämer nur auf den Dachstuhl aufgelegt und muss bei Sturmgefahr am Boden festgebunden werden. Die Dachhaut besteht aus einem dichten Netz von Sparren und Pfetten, sowie der dichten Verlegung der Deckung. Bei der Errichtung des Daches gibt es eine besondere Regel, dass nämlich kein dickes Ende (*úgul*) eines Konstruktionselementes mit einem anderen dicken Ende und keine Spitze (*rsél*) mit einer Spitze zusammentreffen darf. *Úgul* muss immer mit *rsél* zusammentreffen, was vor allem im Firstbereich wichtig ist. So zeigt die Spitze des kleinen oberen Firstes (*rádel*) immer in Richtung des Hauptgiebels (*madál a bai*) und die Spitze des großen unteren Firstes (*buádĕl*) immer in Richtung des Hintergiebels (*but l bai*). Alle Spitzen der Pfetten links vom Hauptgiebel aus gesehen zeigen in Richtung des *madál a bai*. Alle Spitzen rechts vom Hauptgiebel zeigen in Richtung *but l bai*. Eine ähnliche Regel findet man beim *Maneaba* der Gilbert Inseln, wo die tragenden Sparren des Daches als männlich und weiblich definiert sind und der Spitz des männlichen Sparrens den weiblichen Sparren im Firstbereich durchstößt. Also ebenfalls eine konstruktive und symbolische Lösung.
Die unterste innere Pfette (*gorongóděl*) liegt wie bereits erwähnt am Mattenträger (*rĕkói*) auf. Die nächste bedeutsame Pfette (*búik urongóděl*) liegt auf dem untersten Kehlbalken (*imūl*) auf, sowie zwei weitere Pfetten (*omérĕk sëgĕs*) auf dem zweiten Kehlbalken (*gomkūk*) und dritten Kehlbalken (*rabarabál*). Zwischen den beschriebenen Pfetten befinden sich noch weitere Pfetten zur Stabilisierung der Dachhautkonstruktion. An der Innenseite dieser Pfetten sind runde Sparren (*sëgĕs*) mit Kokosfaserschnüren befestigt, die den First mit der *gorongóděl* im Traufenbereich verbinden. Vier diagonale Sparren (*sëgĕs a kmëláod*) – zwei auf jeder Seite - spreizen sich vom Mittelpunkt der Traufe bis zum Firstpunkt im Giebelbereich durch das Innere des Daches. An der Außenseite der Pfetten befindet sich die äußeren Dachsparren (*gosekiděl*), auf denen die Dachblätter (*gădo*) – Stäbe mit darauf festgenähten Pandanusblättern – in dicht übereinanderliegenden Reihen befestigt werden. Der First wird mit einer Dachkappe (*ugup*) aus breiten Pandanusblätter belegt. Eine Beschwerung der Dachdeckung erfolgt durch Längshölzer (*gosárăg*) und eine Stabilisierung durch Querhölzer (*galil* oder *golil*). Die Deckung hält im Allgemeinen etwa 7 bis 8 Jahre und muss danach erneuert werden.
Außerhalb der äußeren Dachsparren (*gosekiděl*) befinden sich drei weitere Pfetten (*dūs*), die als Ohrgehänge (*telau*) den äußeren Giebelrahmen (*gongiau*) durchstoßen. Im Falle des *Bai* von Berlin Dahlem ist der äußere Giebelrahmen nicht durchstoßen. Trotzdem war dies die traditionelle Art der Ausführung.
Die Giebel (*melég*) sind in künstlerischer Hinsicht die bemerkenswertesten Elemente eines *Bai* und lassen durch Ihre Ausführung Verbindungen zur Architektur des indonesischen Raumes erahnen.
Der obere äußere Giebelrahmen (*gongiáu*) besteht aus zwei behauenen Holzplanken, die kunstvoll bemalt und am Firstpunkt miteinander verzapft sind. Alte Aufnahmen zeigen auch Querbalken - ähnlich den Kehlbalken im Inneren des *Bai* – die beide Hölzer des äußeren Giebelrahmens miteinander verbinden und teilweise mit Figuren dekoriert waren. Vermutlich wurde auch hier die Schubkraft der Hölzer durch die Querbalken abgefangen. Neben den Pfetten, die als Ohrgehänge den Giebelrahmen durchstoßen konnten, durchbohrt auch der kleine obere First (*rádel*) die Giebelplanken an ihrem Stoß. Eine kleine konstruktive Besonderheit ist in diesem Bereich wirksam. Die Giebelplanken werden im First durch den sogenannten Überfall (*ultutóur*) nach hinten gehalten. Dieses Holz ist am kleinen oberen First befestigt und umklammert, ähnlich einem Haken, den obersten Punkt der Giebelplanken. Im Traufenbereich lagert der äußere Giebelrahmen auf den Längsrahmenbalken (*góngrangĕr*) auf.
Der obere innere Giebelrahmen (*gongolúiĕb*) liegt in der Fläche des Giebelfeldes und ist teilweise durch den äußeren Giebelrahmen (*gongiáu*) verdeckt. Ähnlich wie der äußere Giebelrahmen wird auch der *gongolúiĕb* im Firstbereich durch den großen unteren First (*buádĕl*) durchbohrt. Krämer beschreibt die Umfassung der Firstpfette durch den Giebelrahmen wie mit „Daumen und Zeigefinger". Zudem ist der innere Giebelrahmen

ebenfalls reich dekoriert. Der untere Abschluss ruht mit Zapfen auf dem unteren Giebelrahmen (*gadéng*).

Als unterster Abschluss bildet der tragende Giebelrahmen (*gadéng*) eine eigenartige Form aus. Er ist in seinem unteren Teil stark verbreitert und am oberen Ende sehr schmal und es entsteht der Eindruck eines kleinen Daches (*goldebúŏl*). Die breite Seite liegt am *gólik* auf und an den Stirnseiten liegt er am Längsrahmenbalken (*góngrangĕr*) auf. *Gadéng* bedeutet Hai, was auf die früheren Abbildungen von Haien auf diesem Holz hindeutet. Der *gadéng* ergibt gemeinsam mit dem *gongolúiĕb* eine Umrahmung des inneren Giebels aus drei behauenen und dekorierten Hölzern. Im Inneren des Giebelrahmens liegen 7 dekorierte Planken übereinander. Die Bemalungen des Giebels werden im Allgemeinen *logúkl* genannt und gelten als Besonderheit im pazifischen Raum.

Die erste und unterste Planke (*bagei*) ruht in Zapfen auf dem gadéng auf.
Die zweite Planke (*ter'rói pelú*) gilt als der „Schurz des Bai"
Die dritte Planke (*mesekūk*) ist häufig mit Fischen bemalt
Die vierte Planke (*melék*) assoziiert man mit binden und aufstellen
Die fünfte Planke (*kadám*) stellt oft den Fregattvogel und generell Vögel zeichnerisch dar
Die sechste Planke (*goiós*) wurde früher oft mit Sonnenabbildungen dekoriert
Die siebente Planke (*gal'lebesói*) wurde früher mit Korallenfischer als mystisches Zeichen bemalt.

Um die Jahrhundertwende waren auf der siebenten Planke oft Sonnenabbildungen dargestellt. Das oberste Ende bildet ein dreieckiges Loch damit die Geister (*galid*) entweichen können. Beim *Bai* aus Berlin Dahlem ist das Loch ebenfalls mit einer dekorierten Planke versehen. Da das Gebäude ein *Kraggiebelhaus* ist, neigen sich die Giebelfelder und die äußeren Giebelrahmen nach Außen. Als Unterstützung lehnen die 7 Giebelplanken an der Innenseite des inneren Giebelrahmens an und werden zusätzlich durch drei Sparren – zwei seitliche (*sëgĕs*) und ein mittlerer (*dĕlal* = seine Mutter) - an der Rückseite im Inneren des *Bai* stabilisiert. Diese Sparren laufen im Firstbereich der Giebel zusammen und sind dort durch drei Querhölzer (*delbárd*) fixiert. Beim *Bai* von Berlin Dahlem wurden diese Sparren nicht verwendet. Es scheint, als dass dieser Bau etwas von der ursprünglichen Baukunst Palaus abweicht, jedoch in seinem Ganzen die Pracht dieser Gebäude widerspiegelt. Es kann aber auch sein, dass gewisse Elemente dieses Gebäudes willentlich nicht errichtet wurden, da der *Bai* einem reduzierten Maßstab entspricht, um die Teile auch nach Europa transportieren zu können.

Ritual der Errichtung und symbolische Aspekte des Bai

Das Ritual als Lebensspender

Als ein wichtiger Bestandteil der Pelauer Gesellschaft galt der Ritus der Errichtung eines *Bai*. Der Aufbau des Gebäudes als *Rubak*- oder *Clubbai* war immer ein gesellschaftliches Ereignis, und in weiterer Linie auch ein symbolisches Anliegen an die Geister und Götter, die Rubakfamilie oder den neuen Club und sein Gebäude zu unterstützen und Glück herbeizusprechen, aber auch jene Geister und Götter durch Gaben und Gebete zufriedenzustellen. Im Allgemeinen wird dieser Bauzauber *godogūl* genannt. Die alten Baumeister Palaus (*dágălbai*) sind heute zwar schon verschwunden, aber noch zur Jahrhundertwende wandte man sich an Sie, wenn es darum ging ein *Bai*, ein *Bootshaus*, aber auch ein *Blai* zu errichten, denn alles steht unter dem Einfluss von Geistern, Göttern und Dämonen (*galíd*). Ein *dágălbai* war eben nicht nur ein Mensch, der die Bautechniken beherrschte, sondern der auch tiefgehende Kenntnisse von Zeremonien und Gebeten hatte, die den Aufbau, von der Auswahl des Holzes bis zur Fertigstellung des *Bai* begleiteten.
Es gibt insgesamt 4 Bauzauber (*godogūl*) und deren Kenner – auch der *dágălbai* – wird *telbákl* genannt. Jedem *godogūl* unterstehen 7 Geister (*argád*) in der für Palau charakteristischen Siebenzahl *tëuíd l'lagád*. Der Anruf jener Dämonen durch Gebete und Gaben soll diese zufriedenstellen und Unglück vermeiden. Die 4 Bauzauber sind:

- *Gorágĕl* (Erfinder der Baukunst des Bai)
- *Ngaragárm*
- *Ngeideŭíd* (Steinbaibauer)
- *Garagár ma Gĕlăgáng* (Zukunft und Gegenwart, Sonnenanbeter auf dem Ödland)

Die *7 argád des godogūl gorágĕl*:

- *Góbak l gëvúl* (Häuptling Scolopender)
- *Góbil l gëvúl* (Häuptlingin Scolopender)
- *Góbildép* (Tochter der beiden ersten, Schrat für Fischerei)
- *Dileděgú*
- *Gorágĕl*
- *Bersóiŏg* (Mutter des Gorágĕl)
- *a Nglai* (Schmetterlingspuppe)

Hierbei ist vor allem die Zahl sieben zu erwähnen, denn die mit den *logúkl* bemalten Giebelbretter ergeben ebenfalls die Zahl 7. Weiters werden beim Neubau eines *Bai* je 7 *rúbak* (große Häuptlinge) und 7 *uriúl rúbak* (kleine Häuptlinge) zur Überwachung eingesetzt, denn durch die *rúbak* wirkt der Geist *gëvúlkói*.
Den Beginn der Bauarbeiten stellte die Suche nach einem geeigneten Baum für die erste Fällung dar. Während der Baumeister (*dágălbai*) in den Wald ging, um den ersten Baum zu suchen, schärften zehn Clubmitglieder ihre Dechseln. Die Dechseln wurden danach in einer bestimmten Anordnung in einen bereits vorhanden *Bai* aufgestellt. Je fünf Dechseln wurden Innen in den jeweils linken Ecken des

Raumes, bei Eintritt durch die Giebeltüren des Haupt- und Hintergiebels, in einer Reihe, entlang der Längsseiten, abgestellt. Somit standen fünf Dechseln im Bereich des Sitzplatzes des *rúbak* Nr. I und fünf Dechseln im Bereich des *rúbak* Nr. IV. Eine Beschwörungszeremonie der Dechseln durch Anbetung des 1. und 7. *argád* wurde abgehalten. Am darauffolgenden Morgen ging der *dágălbai* mit seiner Dechsel erneut in den Wald, zu dem ausgesuchten Baum, und vollführt die ersten drei Schläge. Danach setzte er sich nieder und die Clubleute fällten den Baum. Es wurde darauf geachtet, dass der Baum nicht nach Norden fiel, denn dies wäre für die Bewohner des Hauses sehr ungünstig gewesen. Die Dechseln wurden jeden Tag nach vollbrachter Arbeit, bis zur Fertigstellung des *Bai*, immer an die selbe Stelle im alten *Bai* gestellt, wo sie ihren ersten Zauber erhielten. Nun wurde der Club in zwei Gruppen aufgeteilt und er begann mit dem Fällen der Bäume für die *bad*. Die nächste Beschwörung fand nach fertig errichteter Plattform (*galdúkl*), Grundsteinen (*bad l uétăg*) und den darauf aufgestellten Grundbalken (*bad*) statt. Dabei wurden sechzehn Rundhölzer aus Bambus nach einer bestimmten Reihenfolge ausgelegt und wenn die Grundbalken endgültig gestützt waren, trat der *dágălbai* zwischen den vierten und fünften Grundbalken und sprach wieder ein Gebet.
Danach wurde der gesamte *galdúl'l* Holzkörper errichtet, wobei bei dem Aufstellen der 4 Eckpfosten (*sáus*) auf die Rahmenbalken und nach dem Abschluss der Errichtung des *galdúl'l* ein Zauber gesprochen wurde. Der Baumeister stand dabei wieder in der Mitte des Gebäudes. Bis auf die Dachhaut war nun der gesamte Baukörper des *Bai* errichtet, wurde aber nun wieder abgetragen. Es handelte sich hier um einen Probeaufbau um zu sehen wie die Holzelemente zusammenpassten und ob das Haus unter einem wohlwollenden Einfluss stand. Nach dem das Haus abgebaut wurde, bearbeitete man die einzelnen Holzelemente. Es entstanden die *logúkl* und geschnitzte Elemente im Giebel und Traufenbereich. Erst danach waren alle Holzelemente fertig und der *Bai* konnte vollendet werden. Während des endgültigen Aufbaus des *Bai* ging der *dágălbai* zu den vier Ecken des Gebäudes (Sitzplätze der großen *rúbak*) und in die Mitte des *Bai* und beschwörte die Klubmitglieder mit dem mehrmaligen Ruf: „beschleunigt das Bezahlen" (*morgedí gogeráol*). Bezahlt wurde nach der Anzahl von Dachwülsten, die sich durch die vertikale Überlagerung der Dachblätter ergaben. Eine wichtige Zeremonie bildete den Abschluss. Das Beschneiden des Daches. Sie war gleichzeitig die Einweihung des Hauses, und handelte es sich um einen *rúbak* Bai, dann folgte darauf ein *ruk*-Tanz.

Sinnbild der Kultur

Wie bereits am Anfang erwähnt, ist der Zusammenhang von Konstruktion und Symbolik ein Teil jeder traditionellen Architekturform. Besonders in Ozeanien sind Gebäude diesen Gesetzen unterworfen und daher neben dem Schiffsbau das wichtigste skulpturale Element in der Gesellschaft. Nahezu jedes einzelne Element eines Hauses hat eine bestimmte Bedeutung und es ist auch sehr offensichtlich, dass diese symbolischen Elemente in Teils gewandelter oder autark weiterentwickelter Form, tausende Kilometer entfernt wieder zum Vorschein kommen. Da Palau im äußersten Westen des pazifischen Raumes liegt, kann davon ausgegangen werden, dass es eine Art kulturelle Brücke zwischen Südostasien und Ozeanien bildet.
Symboliken in der Architektur Palaus sind natürlich reichlich vorhanden und eine Übersicht einiger Symboliken und ihrer „Cultural connections" eines *Bai* sollen nun dargestellt werden.
Vorweg ist vor allem das Gebäude mit seiner globalen Ausrichtung von Bedeutung (Abb. 33 und 34). Der *madál a bai* (Hauptgiebel)

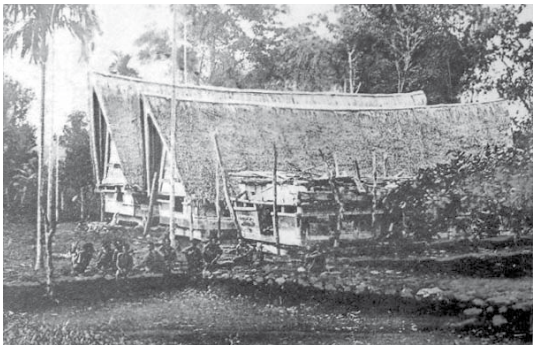

Abb. 33, Abb. 34

eines *bai* sollte immer nach Osten, dem Sonnenaufgang entgegen gerichtet sein. Im Gegensatz dazu sind die *madál a blai* der *blai* (Wohnhäuser) gegen Westen ausgerichtet. Auf der Außenseite des *madál a bai* sitzt die Giebelfigur (*dilukai*), die damit auch nach Osten gerichtet ist. Diese Ausrichtungen der Gebäude zeigen große Affinitäten zu den Kultbauten

Abb. 33: Ausrichtung der Bai in Irrai Village

Abb. 34: Bai im Zentrum von Irrai Village

Indochinas und Indiens wie zum Beispiel die Tempelanlagen von Angkor (Abb. 35) oder Mahaballipuram in Südostindien. Da es sich auch um einen Fruchtbarkeitszauber handelt, und da der Sonnenaufgang mit Leben assoziiert wird, unterstützt die Ausrichtung des *Bai* den Fruchtbarkeitsglauben. Der Hauptgiebel wird daher auch „Auge" oder „Spitze des Bai" genannt. Die Hähne der Außenwand des *madál a bai* krähen der Sonne entgegen und läuten damit symbolisch den neuen Tag ein. Unterstützt wird dieses Merkmal durch die Ausrichtung der übrigen Hähne an den beiden Längsseiten (*ngelóng* und *rebai*) des Bai. Diese sind alle dem Hauptgiebel zugewandt.

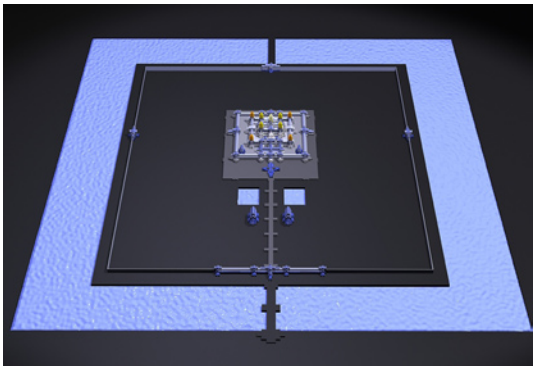

Abb. 35

Betrachtet man das Gebäude als Ganzes, so fällt auf, dass es sich eigentlich um die – vermutlich unbewusste - , in Ozeanien weit verbreitete, symbolische Darstellung eines verstorbenen Clanmitgliedes handelt (Abb. 36 und 37). Am äußeren Giebelrahmen (*góngiau*) befindet sich in den meisten Fällen im Firstbereich ein Gesicht, wobei dieser Bereich durch die Spitze (*rsél*) der kleinen oberen Firstpfette durchstoßen wird.

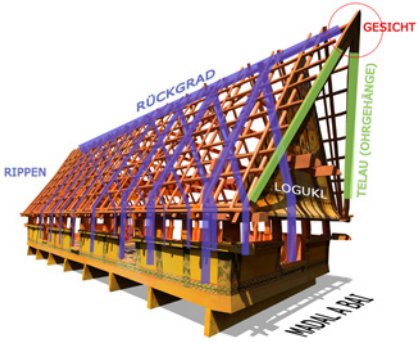

Abb. 36, Abb. 37

Die Giebelplanken selbst werden durch die drei äußeren Pfetten (*dus*) durchstoßen, was als „Ohrgehänge" (*telau*) bezeichnet wird. Die Konstruktion des gesamten Gebäudes, teilt sich in zwei Hauptbereiche, das Dach (*godángĕb*) und die Konstruktion (*galdúl'l*) darunter. Das Zusammenfügen aller Elemente ergibt nun ein interessantes Ergebnis, welches bereits aus Neuseeland, dem Versammlungshaus *Whare nui* der Maori, bekannt ist (Abb. 38). Das Gebäude assoziiert einen Körper in dem die Personen des Club's verweilen. Der *madál a bai* ist dabei die Darstellung einer imaginären Vorderseite der Person, die das Haus repräsentiert, und die durch die Firstpfetten (*rádel* - als Rückgrad) mit dem übrigen Bauteil verbunden ist. Da es zwei Giebelrahmen gibt, werden auch zwei Firstpfetten benötigt, denn auch die zweite große untere Firstpfette (*buáděl*) durchstößt den inneren Giebelrahmen (*gongolúiĕb*). Beide Firste können als Rückgrad angesehen werden, und die tragenden Sparren (*rekau*) im Inneren des Gebäudes sowie die inneren Säulen (galábad) stellen die Rippen des Verstorbenen dar. Sie sind auch – wie beim *Whare nui* Neuseelands - dementsprechend dekoriert.

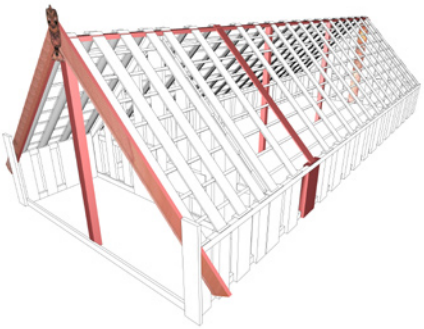

Abb. 38

Aus der Beziehung „Rippen" und Außenwand sowie dem *galdúl'l* und Dachhaut ergeben sich ein primärer und eine sekundärer Aufbau des Hauses. Dies ist wiederum sehr ähnlich zu vielen anderen Bauten des pazifischen Raumes und wurde bereits weiter oben beschrieben.
Erlebnisse und Geschichten dieses, vermutlich verstorbenen Clanmitglieds oder eines hohen Ahnen, könnten als die *logukl* am *madál a bai* neben den allgemeinen Geschichten der Gesellschaft dargestellt sein. Im Falle des *Bai* von Berlin ist am *madál a bai* die Geschichte von *Ugél re gulisiáng* dargestellt, am *but l bai* jedoch die Geschichte vom *Brotfruchtbaum*. Die *logúkl* und die übrige Bemalung des Gebäudes gelten in Ihrer Form als Symbol sowie als Zickzack Muster, als versinnbildlichte, aus dem Mund hervortretende Rede. Im Allgemeinen als das gesprochene Wort.

Da ein Männerclub nur eine Generation lang besteht und danach aufgelöst wird, steht dieser unter bestimmten Schutzgeistern. Einer dieser Schutzgeister kann durchaus durch die Konstruktion und die Bemalung symbolisch dargestellt sein. Es vereint sich damit Körper und Wort zu einem Gebilde, in dem sich die zu beschützenden Clubmitglieder verweilen.

Abb. 35: 3D Modell der Tempelanlage Angkor Vat

Abb. 36: Symbolik des Bai von Außen

Abb. 37: Symbolik des Bai von Innen

Abb. 38: Symolik eines Whare Nui Neuseelands

Beschreibung der häufigsten Zickzackmuster:

Zickzack (blásăg)	=	Grundlage für die Geldranker
Susiuk Zacken der kim	=	gezackter Rand der Matten
Klivuk	=	geöffnete kim-Muschel
Tógĕd suk	=	Pandanus Dorn
Dáob	=	Sturzsee, Meer, Meereswogen
Telúngg	=	Farn
Gelsebúŏg	=	Früchte der Palme
Delūs	=	Tasche oder Regenschirm
Boděsagár	=	Seegrasblüte
Boálăg und tángatang	=	Seeigel und Seestern
Tengdél a rái	=	Fischgräten (Plattfisch)

Ein interessanter Aspekt ist auch die Vorstellung, das Universum teile sich in drei Abschnitte: oben (*bal l uáděs* - Himmelreich), unten (*eóuluáděs* – Menschenreich) und die Unterwelt (*datk*). Diese Auffassung ist vor allem aus dem Glauben und der Architektur Indonesiens bekannt. Auch am *Bai* ist eine Dreiteilung erkennbar, nämlich an der primären Konstruktion (*galdúl'l*). Sie wird – wie oben bereits beschrieben - in den Unterbau (Plattform, Steinsockel, Grundbalken, unterer Rahmen und Fußboden = Unterwelt), den Oberbau (tragende Holzkonstruktion = Menschreich) und den Giebeln (Oberwelt) eingeteilt. Die Tatsache, dass die Oberwelt (Himmel) in 10 Stufen geteilt ist, und dass diese Stufen häufig auf den Giebeln des Bai als *logúkl* abgebildet waren, festigt diese Theorie weiter.

Ein weiterer bemerkenswerter Symbolismus ist die große Anzahl von Türen. Im pazifischen Raum ist es immer wieder ersichtlich, dass gewisse Holzelemente mit Ahnen und Geistern assoziiert werden und damit lebenden Personen - die Nachkommen der Geister - ihre Plätze im Haus zuweisen. In Palau geschieht dies, neben den 4 Eckpfeilern der Außenwand (*saús*) und den tragenden Stützen an der Innenseite der Außenwand (*galábad*), vor allem durch die Öffnungen in der Außenwand. So gelten die Türen als Sitzplätze von *rúbaks*, wobei deren Familien in der Nähe dieser Türen saßen. Auch die Tatsache, dass die Eckpfosten (*saús*) der Außenwand als stabilisierende (zusammenhaltende) Elemente zu verstehen sind, indem sie das Gebäude – nicht nur im konstruktiven Sinn – als „Eckpfeiler der Gesellschaft" zusammenhalten und bei ihrer Errichtung Zeremonien abgehalten werden, wird erst durch die Sitzordnung der *rúbak* verdeutlicht. Die vier ranghöchsten Häuptlinge sitzen an den 4 Seitentüren der Längswände (*túangĕl ra úgul gorongóděl*, *túangĕl rsél gorongóděl*, *gongëdëgáděl*). Die Mitteltüre (*blūl dang*) an der ngelóng Seite war hingegen der Sitz des Ältesten. Dort wurde auch der Tote aufbewahrt – vor allem im *Blai* – und dessen Kopf war außerhalb des Gebäudes, ein Zeichen, dass er das Haus bald verlassen wird.

Der Kraggiebel ist eines der auffälligsten Elemente des Bai aus Palau. Insbesondere die geografische Lage Palaus lässt einen Vergleich zwischen Südostasien und Ozeanien besonders einfach erscheinen. Ausgehend von Sumatra findet man Kraggiebel in den unterschiedlichsten Formen, welche aber alle Ähnlichkeiten zum Bai aufweisen. Die wohl augenscheinlichsten Gebäude auf Sumatra sind die Häuser der Toba Batak (Abb. 39). Ihr Giebel ist reich verziert und gilt als Schaufassade des Hauses. Die Häuser der Simalungun Batak (Abb. 40) verzieren Ihren Giebel ähnlich und gleichen sich auch den Karo Batak Häusern (Abb. 41). Beide haben ebenfalls reich dekorierte Giebelfelder, welche jedoch aus buntem Flechtwerk bestehen. Augenscheinlich ist ebenfalls die Öffnung in jedem dieser Giebel die natürlich auch dem Luftaustausch im Haus dient. Auf Südnias (z.B. *Bawamathalou*) befinden sich Gebäude welche eng aneinander gereiht eine Schaufassade besitzen, die ebenfalls dekoriert ist (Abb. 42).

Abb. 39

Abb. 40

Abb. 41

Abb. 39: Toba Batak Haus

Abb. 40: Simalungun Batak Haus

Abb. 41: Karo Batak Haus

Abb. 42

Auffällig dabei ist vor allem die Neigung der Fassade, die ebenfalls auskragend ist und Öffnungen enthält, welche es den im Haus lebenden Personen ermöglich auf den zentralen Platz des Dorfes zu blicken. Offensichtlich hängt die Auskragung mit den klimatischen Verhältnissen, welche in allen genannten Regionen die selbe ist, in Verbindung. Dadurch wird vermieden, dass Regen in das Hausinnere eindringen kann. Auf Sulawesi findet man die Gebäude der Toraja, die ebenfalls einen markant auskragenden und reich dekorierten Giebel besitzen (Abb. 43). Auf Yap findet man die Gebäude *faluw* und *pepay*, welche ebenfalls leicht auskragende Giebel besitzen (Abb. 44).

Abb. 43

Abb. 44

Diese sind jedoch wenig dekoriert und nur durch ein dichtes Geflecht von Matten geschlossen. Eine auffällige Dachform besitzt das Maneabe auf den Gilbert Inseln (Abb. 45). Es besitzt ein Krüpelwalmdach und hat damit auffällige Ähnlichkeiten zu den Häusern der Karo Batak auf Sumatra aber auch zum *faluw* und *pepay* auf Yap. Ähnlichkeiten sind auch ersichtlich zu den Gebäuden der Amarasi auf Timor, und den Joglo Häusern auf Yava ersichtlich. Der obere Teil des Maneaba entspricht dem Dach des Bai und besitzt ebenfalls eine Giebel der zwar nicht auskragt, jedoch vertikal ausgebildet ist. Nimmt man nun diesen Teil des Daches und sucht nach ähnlichen formen wird man auf den Cook Inseln fündig. Untermauert wird dies auch namentlich, da die Sparren des Maneaba *oka* genannt werden und das das Haus auf den Cook Inseln *Are Oka* heißt (Abb. 46). Es ist ein Dachhaus mit zwei vertikalen, nicht dekorierten Giebeln. Solche Dachhausformen findet man zum Beispiel auch auf Truk in Mikronesien. Geht man nun noch einen Schritt weiter, nach Neuseeland, dann findet man die Versammlungshäuser (*Whare nui*) der Maori, das Endstadium der Giebelhäuser (Abb. 47). Diese Häuser besitzen eine ausgeprägte Giebelfront und sind zudem reich dekoriert, ähnlich dem Bai aus Palau oder dem Batak Häusern in Sumatra. Hier werden ebenso konstruktive und symbolische Aspekte ersichtlich, die auch in Palau wieder gefunden werden können. So zum Beispiel die konstruktive Ausformung des Traufenbereiches, das Gesicht im Firstbereich des Giebels oder aber die symbolische Darstellung eines Verstorbenen in der Konstruktion des Gebäudes. Die Metamorphose des Kraggiebels kann somit über 15.000 km verfolgt werden.

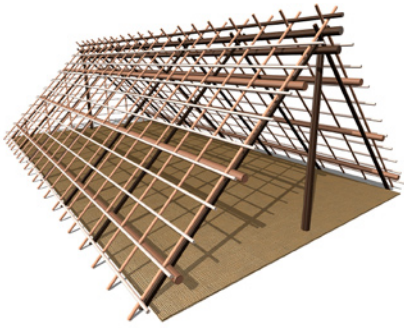

Abb. 45, Abb. 46, Abb. 47

Abb. 42: Häuser in Hilimabtaniha, Südnias

Abb. 43: Häuser der Toraja auf Sulawesi

Abb. 44: Pepay auf Yap

Abb. 45: Maneaba der Gilbert Inseln, Kiribati

Abb. 46: Are Oka der Cook Inseln

Abb. 47: Whare Nui Neuseeland; Hotonui des War Memorial Museums in Auckland

Conclusio

Ozeanien bietet viele weitere Möglichkeiten um architektonische Affinitäten unterschiedlicher Kulturen darzustellen. Es würde aber den Rahmen des Artikels sprengen alle hier anzuführen. Der Weg von der Vermessung bis hin zum 3D Modell ist ein sehr hilfreicher, will man das Gebäude als ganzes verstehen. Hilfreich nicht nur für den Autor, sondern auch für den Interessierten, der sich neben der begleitenden Beschreibung auch ein visuelles Bild des Gebäudes machen kann.
Die Architektur Palaus zeigt eine erstaunliche Verwandtschaft mit der Architektur Südostasien, welche vor allem mit dem komplexen System der Errichtung und der Konstruktion Hand in Hand geht. Auch symbolische Aspekte sind mit Südostasien vergleichbar. Aber vor allem die Verwandtschaft im Pazifischen Raum ist sehr ausgeprägt. Durch die Lage der Palau Inseln im Pazifischen Ozean ist diese Kultur ideal um „Cultural Connections" zwischen den beiden Kontinente herzustellen und zu verfolgen. Ein Thema, welches in meiner Forschungsarbeit an oberster Stelle steht.

Vergangenes ist schwer wieder hervorzubringen, und das in jedem Bereich des Lebens. Trotzdem wage ich den Versuch mich mit dieser Kultur in einer Forschungsarbeit auseinanderzusetzen, um ihre konstruktiven, symbolischen und sakralen Elemente mit anderen ozeanischen Kulturen zu vergleichen. In der Hoffnung, dass es noch nicht zu spät ist, vergangenes Wissen zu erhalten und nicht unwiederbringlich zu verlieren.

DI Günter Zöhrer, geb. 1971, Lehre techn. Zeichner, Studiumsberechtigungsprüfung, Studium Architektur, Sponsion an der TU Wien, Vorstand Institut für vergleichende Architekturforschung IVA, Vorstand Österreichisch-Südpazifische Gesellschaft, laufende Dissertation an der Universität Wien.

Forschungsschwerpunkt: traditionelle Architektur und Symbolik des pazifischen Raumes und Südostasiens, außereuropäische Architekturgeschichte, 3D Modelling, 3D Laserscanning.

Arbeitsschwerpunkt: Projektmanagement im Bereich Architekturdokumentation, 3D Modelling und Visualisierung, Fotografie, Grafik und Webdesign

Publikationsliste:

BOULAY, Roger (1990): *La maison kanak*, Marseille

DOMENIG, G. (1980): *Indonesian Houses: Tradition and Transformation in Vernacular Architecture*.

FOX, Aileen (1976, 1978): *Prehistoric Maori Fortifications in the North Island of New Zealand* (New Zealand Archaeological Association Monograph No. 6), Auckland 1976/1978

Hambruch P. und Sarfert; *Inseln um Truk, Polowat, Hok und Satowall; Bearbeitet von Damm H.; Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910,* II. Ethnographie: B. Micronesien Band 6; 2. Halbband; Thilenius G. (Hg) II. Ethnograpie: B. Mikronesien Band 6; Hamburg 1935, Friederichsen, De Gruyter & Co. m.b.H.

Hockings, John (1989): *Traditional Architecture in the Gilbert Islands*, St. Lucia, Queensland, Australia.

Indonesian Heritage (1998): *Architecture*, Archipelago Press, Singapore.

Krämer A.; *Inseln um Truk, Centralkarolinen Ost, Lukunór und Námoluk; Lósap und Nama; Lëmárafat, Namonuito oder Onóun; Pollap-Támatam; Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, II. Ethnographie: B. Micronesien Band 6; 1. Halbband; Thilenius G. (Hg) II. Ethnograpie: B. Mikronesien Band 5; Hamburg 1932, Friederichsen, De Gruyter & Co. m.b.H.

Krämer A., Nevermann H.; *Ralik-Ratak, Marshall-Inseln; Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, II. Ethnographie: B. Mikronesien, Band 11, Thilenius G. Prof. Dr. (Hg); L. Friederichsen & Co, Hamburg 1917

Krämer A.; *Truk, Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, 5. Teilband; Thilenius G. (Hg) II. Ethnograpie: B. Mikronesien Band 5; Hamburg 1932, Friederichsen, De Gruyter & Co. m.b.H.

Morgan, William N. (1988): *Prehistoric Architecture in Micronesia*, Austin, Texas.

Müller Dr. Wilhelm; *Yap*, *1. Halbband; Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, II. Ethnographie: B. Mikronesien, Band 2, Thilenius G. Prof. Dr. (Hg); L. Friederichsen & Co, Hamburg 1917

Thilenius G. Dr., HG; Krämer A.; *Palau, Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, 2. Teilband; Abteilung III: Siedlungen, Bezirke, Dörfer, Verfassung; Abteilung IV: Demographie, Anthropologie, Sprache; II. Ethnographie: B. Mikronesien Band 3 Hamburg 1919, Friederichsen & Co. m.b.H.

Thilenius G. Dr., HG; Krämer A.; *Palau, Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, 3. Teilband (Schluss); Abteilung V: Stoffliches; Abteilung VI: Geistige Kultur; Hamburg 1926, Friederichsen, De Gruyter & Co. m.b.H

Thilenius G. Dr., HG; Krämer A.; *Palau, Ergebnisse der Südsee-Expedition 1908-1910*, 5. Teilband (Schluss); Abteilung IX: Zierkunst und Kulturvergleich; Abteilung X: Baiverzeichnis; Hamburg 1929, Friederichsen, De Gruyter & Co. m.b.H.

Bildnachweis:

Günter Zöhrer
Abb. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46

Augustin Krämer
Abb. 15, 17, 18, 34

www.pacificworlds.com/palau/native
Abb. 14, 16, 21, 22, 23, 24, 33, 43