Versandt an: Gagner, Moser, Cyron E 88/37
Lemke, Schulze

ÜBERBLICK ÜBER HOLZBAUWEISEN UND HOLZVERBINDUNGEN IN JAPAN

Eine Untersuchung durchgeführt am Institut für Tragwerkslehre und Baukonstruktionen des Holz- und Stahlbaues an der Technischen Universität Wien

Projektleiter: o. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn.
Georg KATTINGER

Sachbearbeiter: Dipl. Ing. Dr. techn.
Hans-Christian FREINGRUBER

Dipl. Ing. Dr. techn.
Karlheinz HOLLINSKY

Univ. Doz. Dipl. Ing. Dr. techn.
Emmerich SIMONCSICS

ENTWICKLUNGSGEMEINSCHAFT
HOLZBAU in der DGfH e.V.
Schwanthalerstraße 79, D-8000 München 2
Telefon 0 89 / 5 30 91 90

Wien, im März 1987

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. ALLGEMEINES 1
2. HOLZKONSTRUKTIONEN IN JAPAN 1
2.1 Holzhauskonstruktionen 3
2.1.1 Holzhauskonstruktionen im traditionellen Stil 4
2.1.2 Die modifizierte Form der traditionellen japanischen Holzhauskonstruktionen 12
2.1.3 Die 2" x 4" (Zoll) Konstruktion 19
2.1.4 Holzhauskonstruktion in Tafelbauweise 26
2.1.5 Eine aus Europa übernommene Bauweise für weiter gespannte Dachkonstruktionen 26
3. VERLEIMTE HOLZKONSTRUKTIONEN 29
4. HOLZVERBINDUNGEN 31
4.1 Zimmermannsmäßige Verbindungen 31
4.1.1 Tragfähigkeitsuntersuchungen 36
4.2 Verbindungsmittel des konstruktiven Ingenieurholzbaues 45
4.2.1 Dübel, Dübel besonderer Bauart, Schraubenbolzen, Schrauben, Nägel, Sondernägel, Bauklammern 45
4.2.2 Stahlblechformteile 50
4.2.3 Verbindungsmittel bei brettschichtverleimten Konstruktionen 52
4.3 Brandverhalten von Holzkonstruktionen unter Berücksichtigung der Verbindungsmittel 54
5. ZUSAMMENFASSUNG 54
6. COMPUTERUNTERSTÜTZTES ÜBERSETZUNGSPROGRAMM FÜR DEN HOLZBAU 56

UNTERSUCHUNG JAPANISCHER HOLZVERBINDUNGEN AUF IHRE ANWENDBARKEIT IN ÖSTERREICH

1. ALLGEMEINES

Da relativ wenig Unterlagen über japanische Holzkonstruktionen, Holzverbindungen und Verbindungsmittel in Österreich zur Verfügung standen, war es notwendig, das für die vorliegende Untersuchung erforderliche Grundmaterial aus Japan direkt zu besorgen. Die Möglichkeit hiezu ergab sich im Zuge einer im Jahre 1986 von mir durchgeführten Vortragsreise in Japan. Dabei konnten fachbezogene Universitätsinstitute, Forschungslaboratorien sowie Industriebetriebe besucht werden. Außerdem konnten in persönlichen Gesprächen wichtige Informationen über den Stand der Holzbauforschung, den Stand der industriellen Fertigung und über allgemeinen Probleme der derzeitigen Verwendung des Materials Holz im japanischen Bauwesen gesammelt werden. Außerdem war es möglich, die notwendige Literatur in Form von Fachartikeln, Zeitschriften, Büchern, Normen etc. zu sammeln. Da diese Unterlagen durchwegs in japanischer Sprache verfaßt sind, mußte die für die vorliegende Aufgabe relevante Literatur zumindestens teilweise übersetzt werden. Die Lösung dieses Problems erbrachte ein nicht unbedeutendes Nebenprodukt vorliegender Forschungsaufgaben, nämlich ein computerunterstütztes Übersetzungsprogramm für den Fachbereich Holzbau. Entwickelt wurde diese Programm von Herrn Univ. Doz. Dipl. Ing. Dr. techn. E. Simoncsics in Zusammenarbeit mit der Universität Tokio, Abteilung Computerlinguistik (Prof. Iri), welches im Punkt 6 genauer beschrieben wird.

2. HOLZKONSTRUKTIONEN IN JAPAN

Auf die Konstruktionsform der Tempel, Pagoden und Holzbrücken wird im vorliegenden Bericht nicht eingegangen. Die Formvielfalt dieser Holzkonstruktionen läßt sich an den drei dargestellten Beispielen Byodo-In Tempel, Pagoden in der Yakushiji Tempelanlage in Nishinokyo-Nara und der Kintai Brücke sehr gut erkennen.

Abb. 1: Byodo-In Tempel, Präfektur Kyoto
fertiggestellt 1953

Abb. 2: Pagoden in der Yakushizi Tempelanlage
Nishinokyo-Nara

Abb. 3: Kintai Brücke

2.1. HOLZHAUSKONSTRUKTIONEN

Hier kann formal zwischen fünf Bauweisen unterschieden werden:

a) Holzhauskonstruktionen im traditionellen japanischen Stil. Hier kommen nur zimmermannsmäßige Holzverbindungen zur Anwendung.

b) Die modifizierte Form der traditionellen japanischen Holzhauskonstruktion.
Bei dieser Bauweise werden die zimmermannsmäßigen Holzverbindungen mit den im Ingenieurholzbau verwendeten metallischen Verbindungselementen kombiniert.

c) Die 2" x 4" (Zoll) Konstruktion.
Bei dieser Bauweise kommen keine zimmermannsmäßigen Holzverbindungen zur Anwendung, sondern nur Verbinder des Ingenieurholzbaues.

d) Holzhauskonstruktion in Tafelbauweise
Bei diese Bauweise kommen nur Verbinder des Ingenieurholzbaues zur Anwendung.
Diese vier Konstruktionen sind auf dem Modul der Tatamimatte von 0,981 x 1,837 m aufgebaut, wobei die Konstruktionen c) und d) auch auf einem anderen Modul aufgebaut sein können.

e) Eine aus Europa übernommene Bauweise, die für weiter gespannte Dachkonstruktionen verwendet wird.
Als Verbindungselemente kommen sowohl zimmermannsmäßige Verbindungen als auch Verbinder des Ingenieurholzbaues zur Anwendung.

2.1.1 Holzhauskonstruktionen im traditionellen Stil

Bei dieser Bauweise kommen nur zimmermannsmäßige Holzverbindungen zur Anwendung. Der Aufbau dieser Konstruktionen ist von der Bauweise in China beeinflußt, die sich im Gefolge mit dem Buddhismus, der im 6. Jahrhundert nach Japan eingeführt wurde, schnell ausbreitete.
Das Grundsystem dieser Bauweise ist die Pfosten- und Balkenkonstruktion mit nichttragenden Wandfüllungen, dem ausladenden, von Konsolensystemen gestützten Dach und dem von kurzen, auf Steinen ruhenden Säulen getragenen Holzfußboden. Neben Kantholz kommt auch Rundholz, für spezielle Tragglieder auch in natürlich gekrümmter Form, zum Einsatz. Es waren solide und schwere Konstruktionen.
In Japan wurde dann diese Bauweise in Anpassung an das Klima (niederschlagsreicher, feuchter Sommer, trockener Winter) und an die japanische Lebensweise, eigenständig weiterentwickelt und hat unter dem Einfluß des Buddhismus zu einer extremen Schlichtheit geführt (Abb. 4). Für die Außenwandkonstruktion verwendete man Zypressenholz, welches sich gut zur Verwendung im Freien eignet und dessen Festigkeit etwa mit Fichtenholz vergleichbar ist.

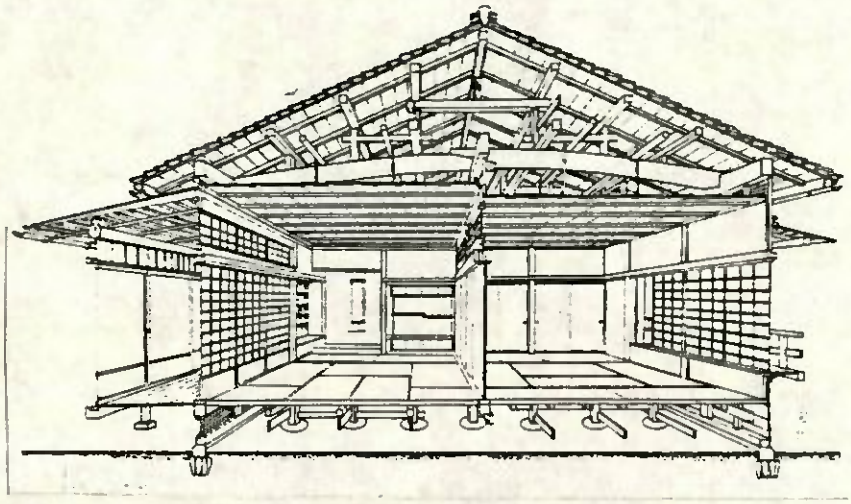


Abb. 4: Schnitt durch ein japanisches Wohnhaus

Für Dachbalken wurde Redpine verwendet. Die Lattenrostdecke aus Sugiholz-Paneelen wurde am Sparrenwerk aufgehängt. Die festen Wände eines japanischen Hauses bestanden aus den zwischen Pfosten angebrachten Bambusgittern, auf die beiderseits eine Füllung aus Lehm und Sand und einem Zusatz aus feinem Strohhäcksel aufgebracht wurde (Abb. 5).

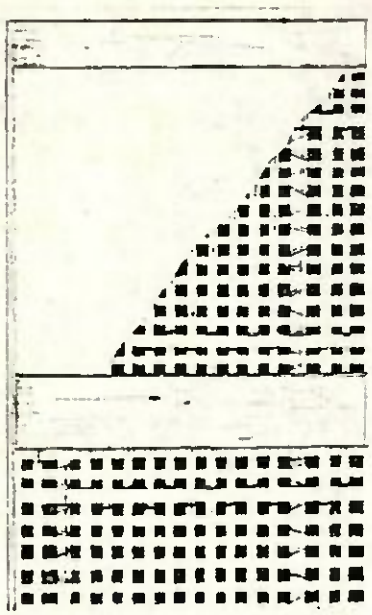


Abb. 5: Aufbau eines Wandelements
Die Abmessungen von ca. 0,92 x 1,84 bildeten die Grundlage für das Rastermaß der Ständerkonstruktionen in zweistöckiger Bauweise

Das japanische Wohnhaus ist eine Stützen-Trägerkonstruktion ohne Eckverstrebungen oder Diagonalaussteifungen (Abb. 4) Die Gesamtsteifigkeit des Bauwerks wird allein durch die Holzverbindungen gewährleistet, die mit großer Präzision ausgeführt werden.
Zwangsläufig ergibt sich dadurch auch die große Vielfalt und Kompliziertheit dieser Holzverbindungen, deren Herstellung mit großem handwerklichen Können verbunden sein muß.
Ein Beispiel für die Bearbeitungskunst zeigen die kurzen Steher, die auf Steinen als Fundament aufgelagert sind, und deren Aufstandsfläche entsprechend der Form des Steines bearbeitet werden (Abb. 6). Diese Bilder wurden bei den Renovierungsarbeiten eines alten Wohnhauses in Imaimachi aufgenommen, wo die Steher neu ersetzt werden mußten. Diese hohe Bearbeitungskunst findet ihren Ausdruck in einer großen Vielfalt verschiedener Bearbeitungsgeräte (Abb. 7).

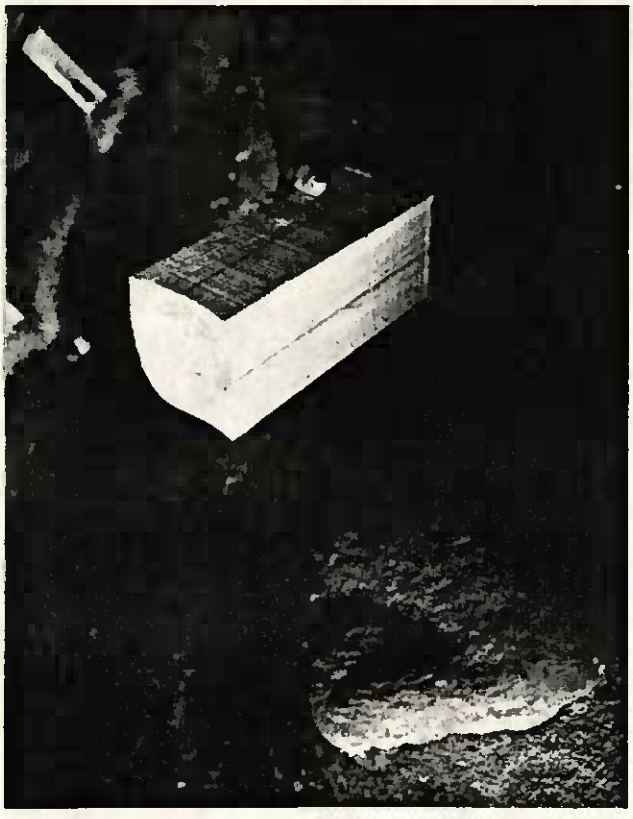


Abb. 6:
Nach der Form des Fundamentsteines angearbeiteter Steher für die Fußbodenkonstruktion. Das dafür verwendete Sugi - Holz (schnellwüchsiges Nadelholz) läßt sich mit scharfen Schneidewerkzeugen leicht bearbeiten, trokknet gut und schnell, hat eine gleichmäßige Struktur, besitzt aber nur eine geringe Festigkeit, die hier jedoch wegen der geringen Belastung nicht von Bedeutung ist.

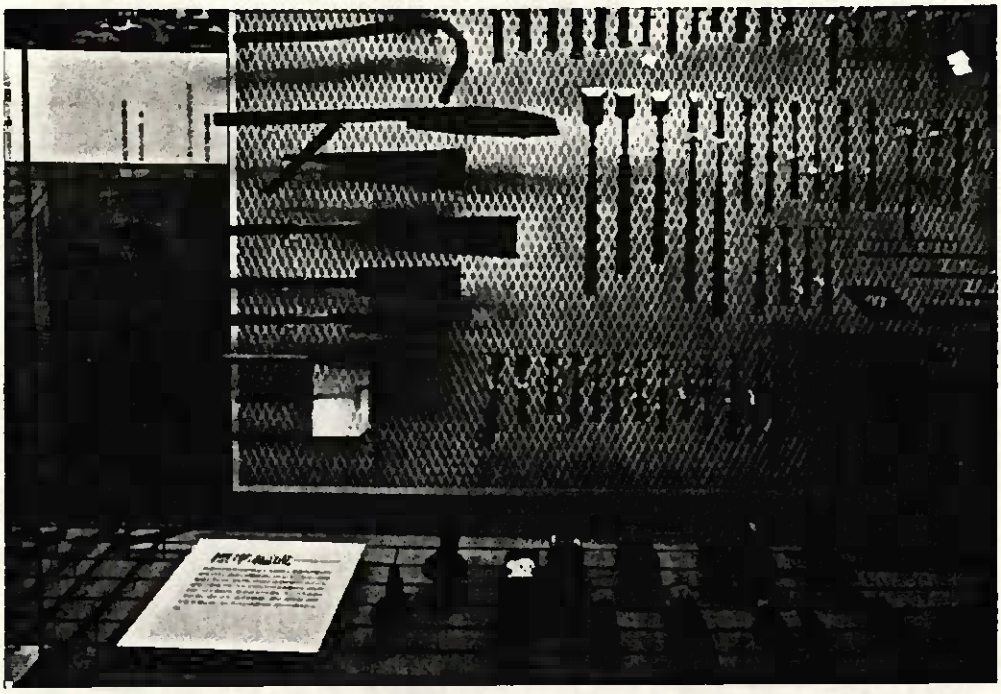


Abb. 7: Ausschnitt aus der Vielfalt der Bearbeitungsgeräte, wie sie im Takenaka Carpentry Museum in Kobe zu besichtigen sind.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Konstruktion der heute in Japan errichteten Holzhäuser im traditionellen Stil. Die Dachkonstruktion, die Decke über dem Erdgeschoß, die Wandkonstruktion und die Decke im Erdgeschoß (über dem Erdreich) mit den dazugehörigen zimmermannsmäßigen Holzverbindungen, werden getrennt dargestellt.

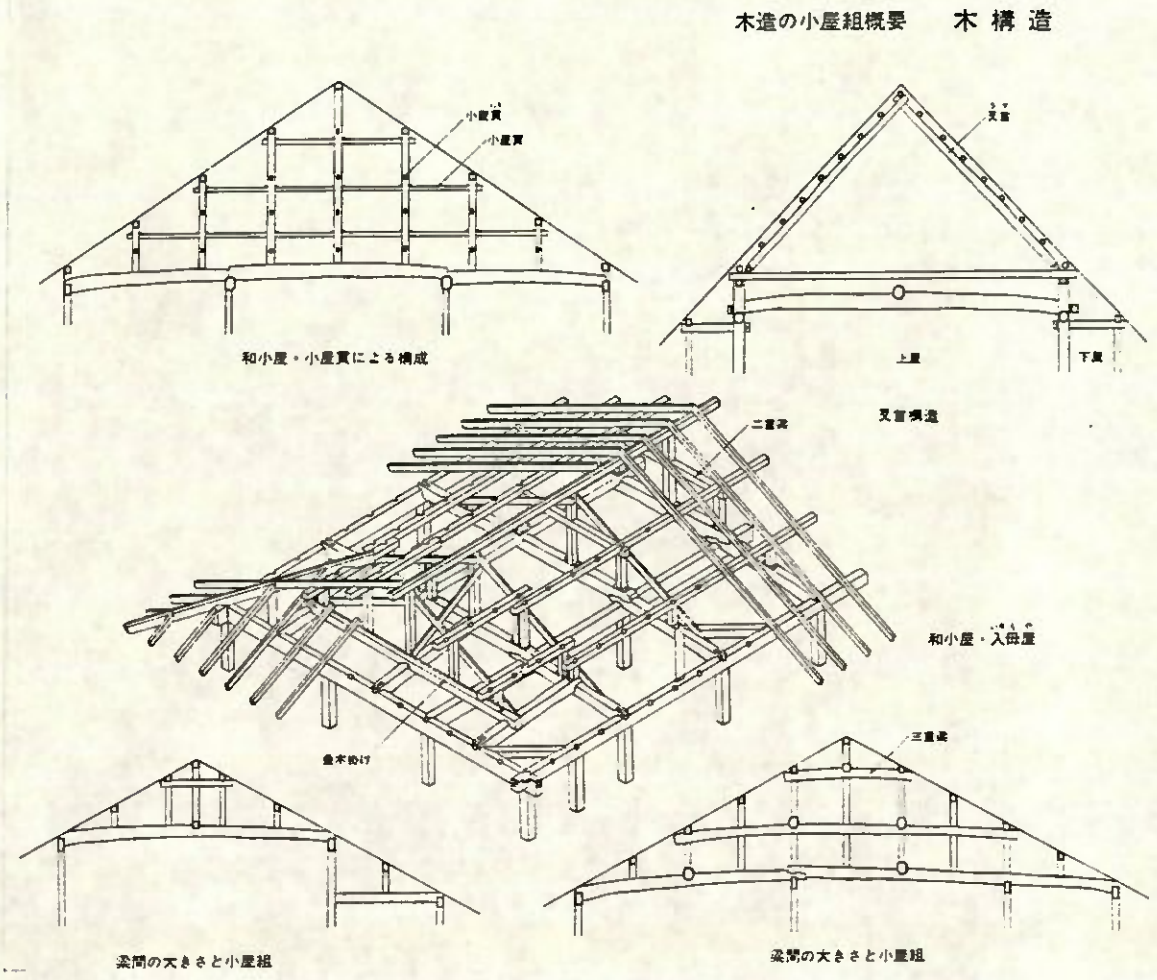


Abb. 8: Dachformen im traditionellen Stil

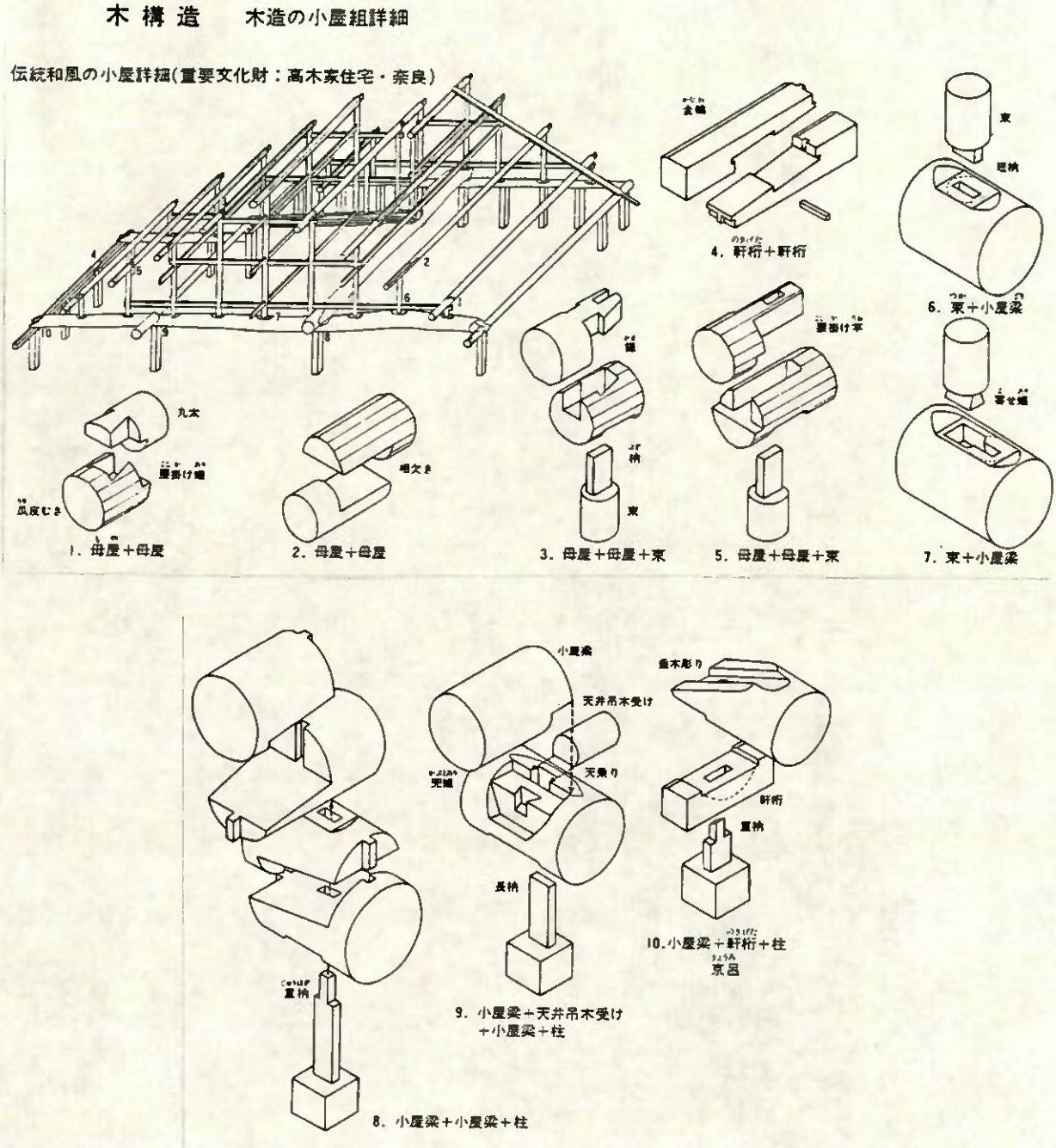


Abb. 9: Dachstuhl im traditionellen Stil mit den dazugehörigen zimmermannsmäßigen Holzverbindungen

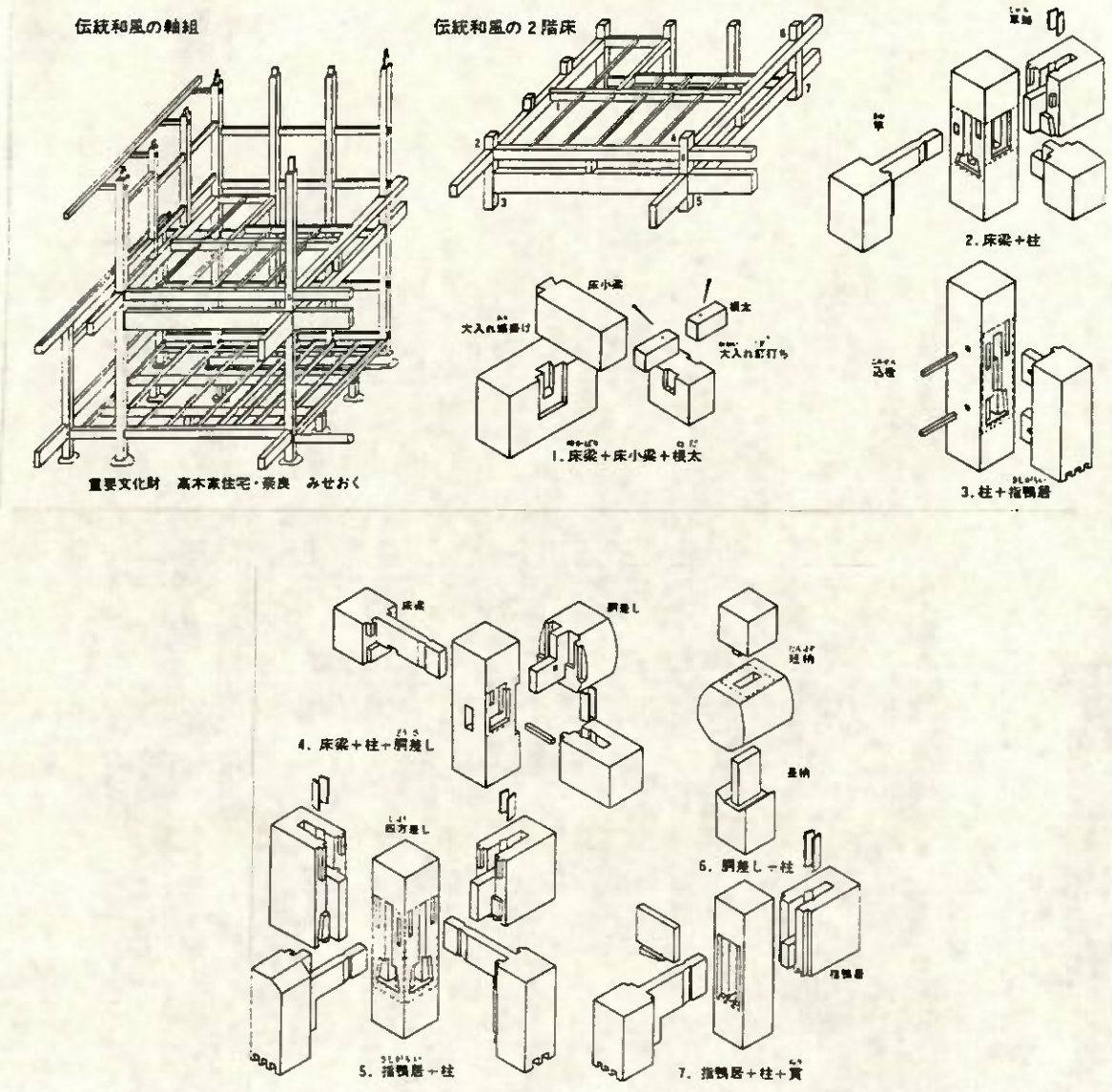


Abb. 10: Deckenkonstruktion über dem Erdgeschoß im traditionellen Stil mit den dazugehörigen zimmermannsmäßigen Holzverbindungen

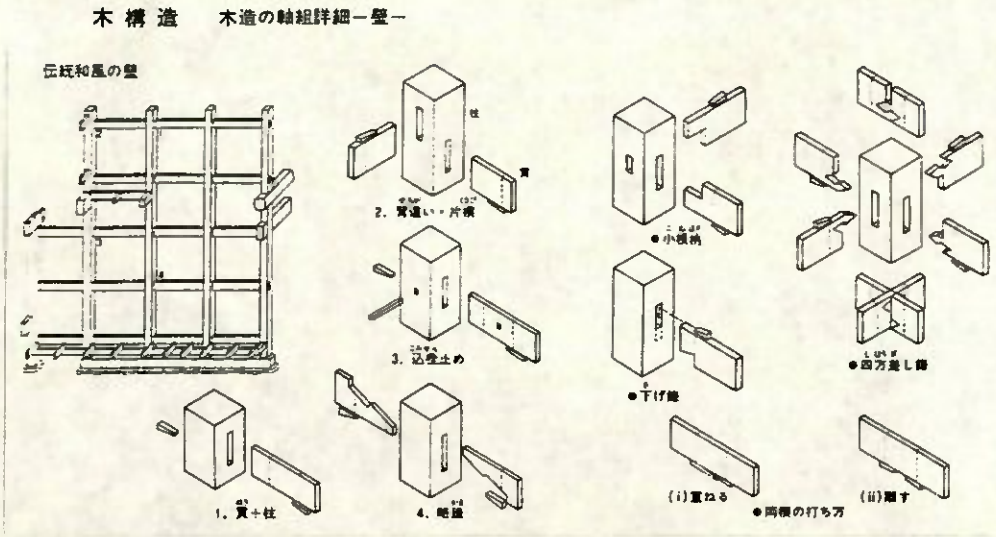


Abb. 11: Wandkonstruktion im traditionellen Stil mit den dazugehörigen zimmermannsmäßigen Holzverbindungen

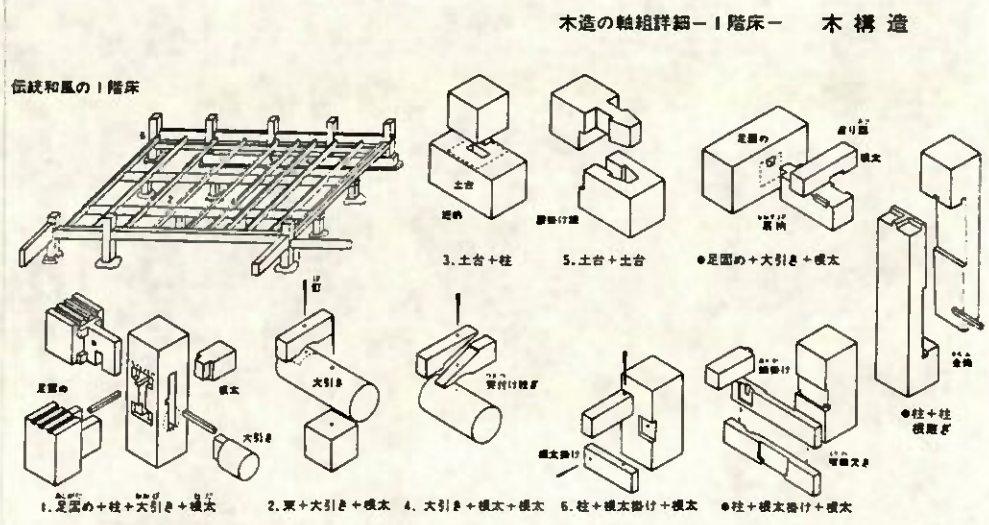


Abb. 12: Konstruktion der Erdgeschoßdecke im traditionellen Stil mit den dazugehörigen zimmermannsmäßigen Holzverbindungen

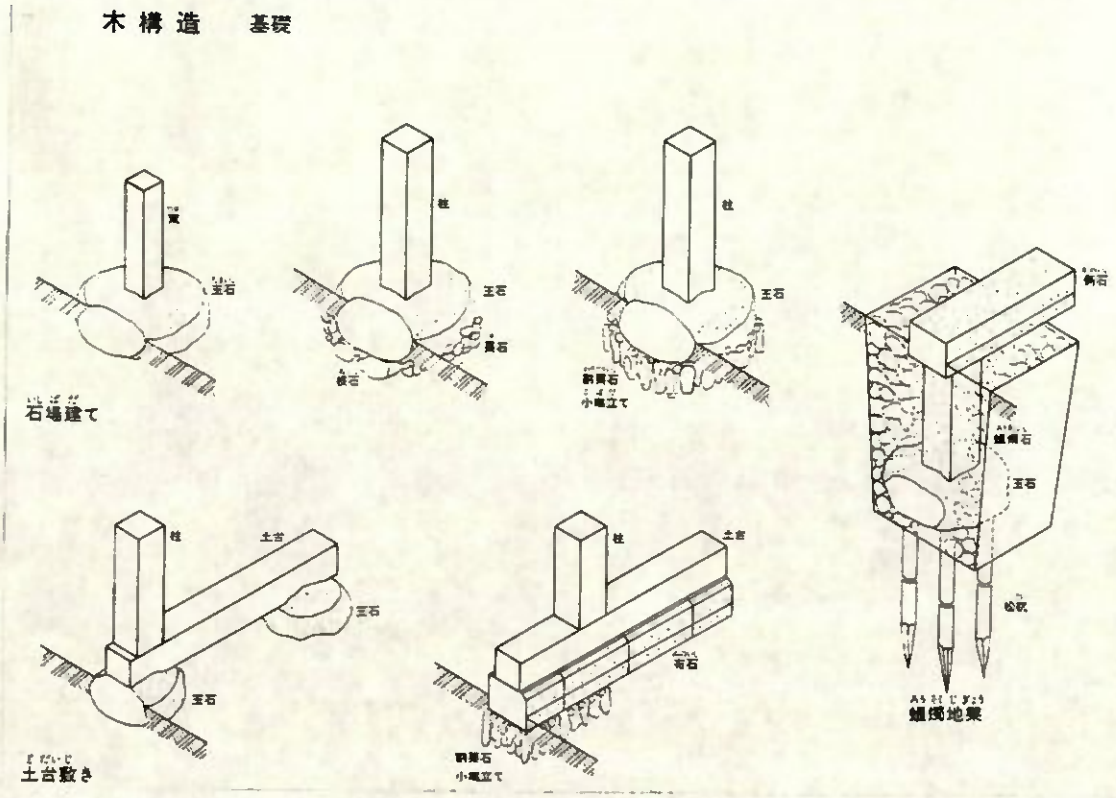


Abb.13: Auflagerung der Steher bzw. Fußschwellen auf das Fundament im traditionellen Stil

2.1.2 Die modifizierte Form der traditionellen japanischen Holzhauskonstruktionen

Bei dieser Bauweise kommen neben zimmermannsmäßigen Holzverbindungen auch Verbindungsmittel des modernen Ingenieurholzbaues zur Anwendung. Die zimmermannsmäßigen Holzverbindungen werden heute teilweise auch schon mit Industrierobotern hergestellt.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen das Gesamtkonzept dieser Konstruktionsart. Dachkonstruktion, Decke über Erdgeschoß, Wandkonstruktion, Decke im Erdgeschoß sowie die Fundamentausbildung werden wieder getrennt dargestellt. Von Interesse ist hier zu vermerken, daß in allen drei Deckenebenen horizontale Eckverstrebungen ausgeführt und in der Wandkonstruktion einfache bzw. gekreuzte Diagonalen eingebaut werden und daß im Dach ein Längsverband zur Aussteifung angeordnet wird.

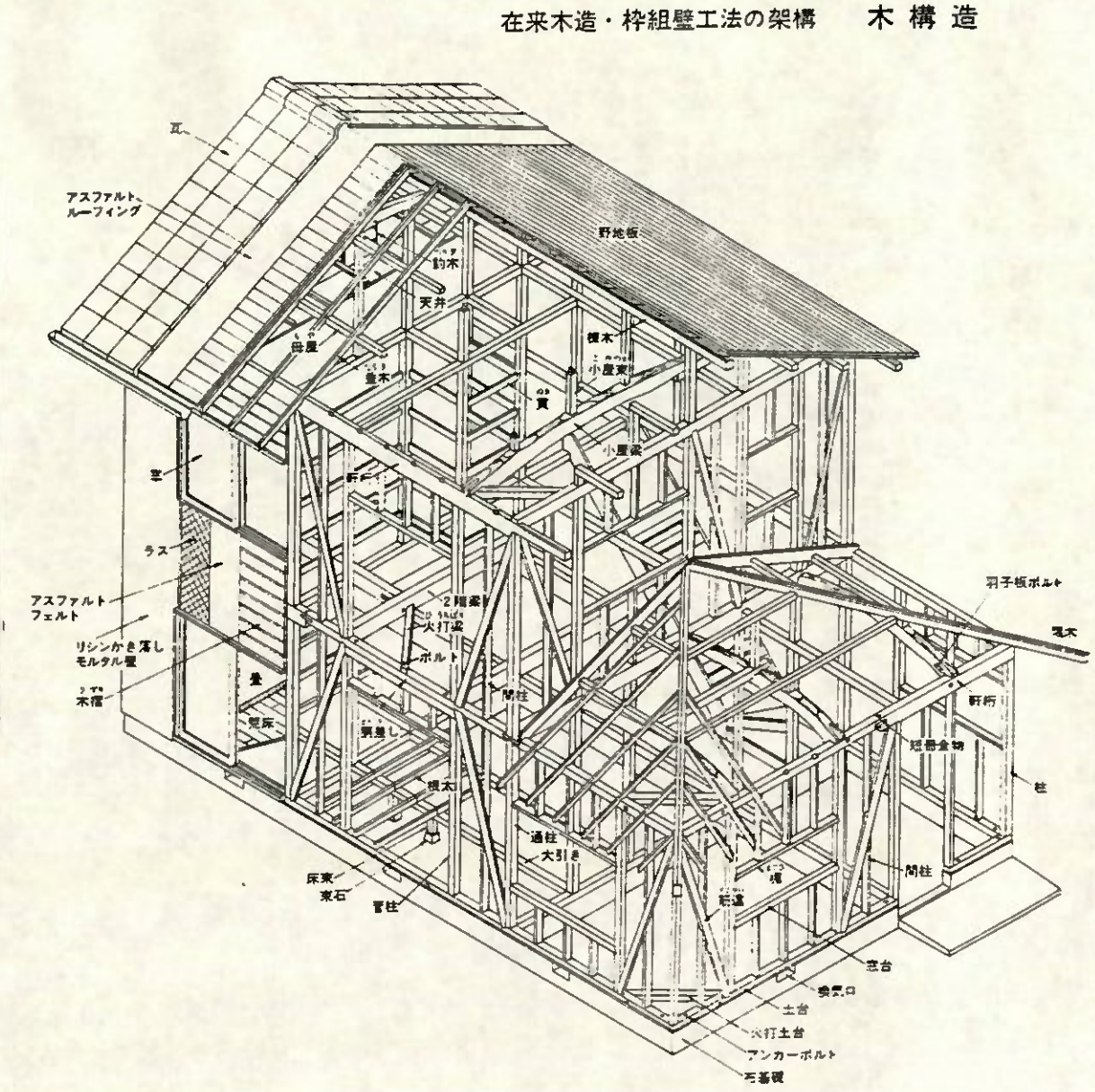


Abb. 14: Gesamtübersicht der modifizierten Form der traditionellen japanischen Holzhauskonstruktion

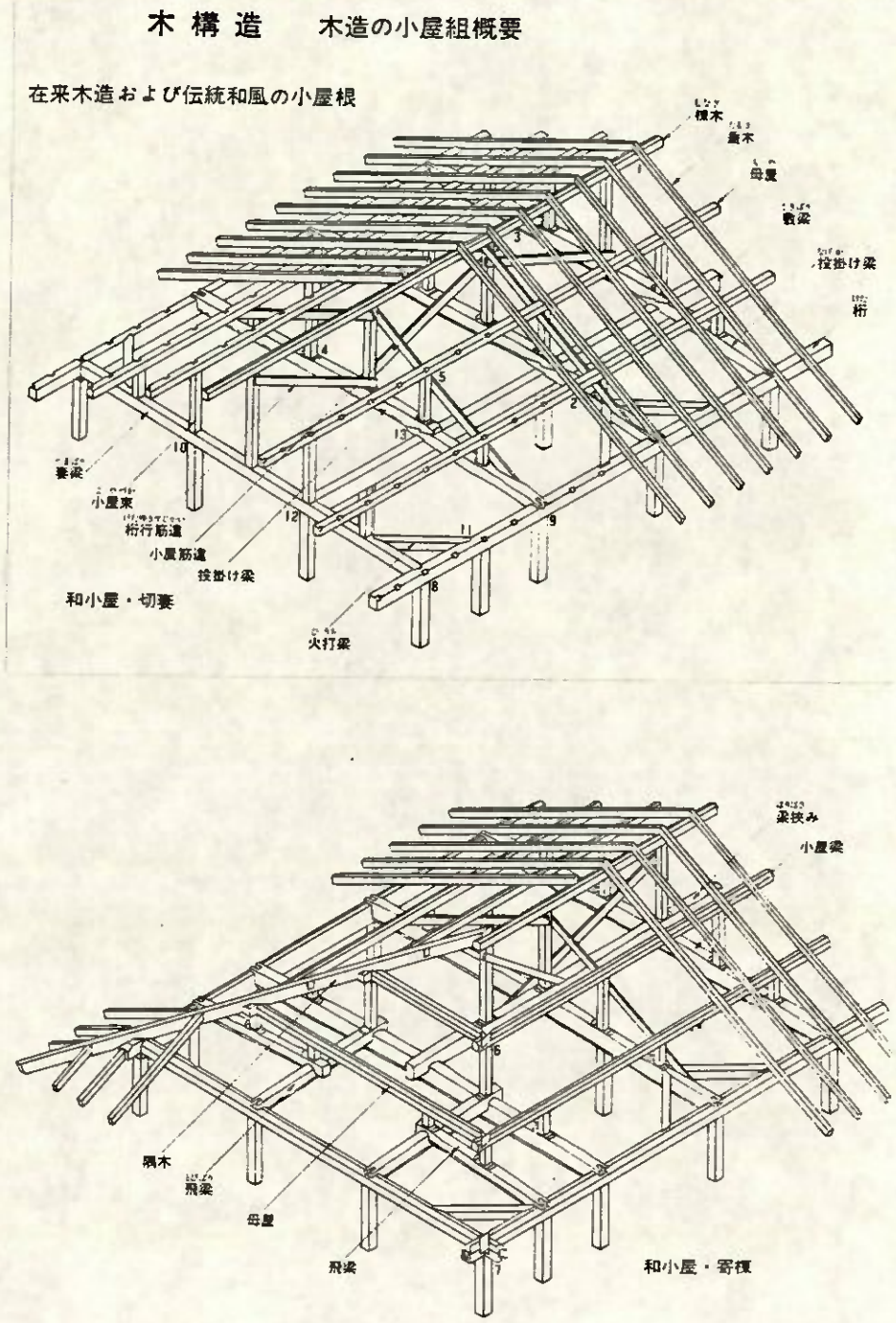


Abb. 15: Ausführungsmöglichkeiten der Dachkonstruktion in der modifizierten Form der traditionellen Holzhauskonstruktionen.

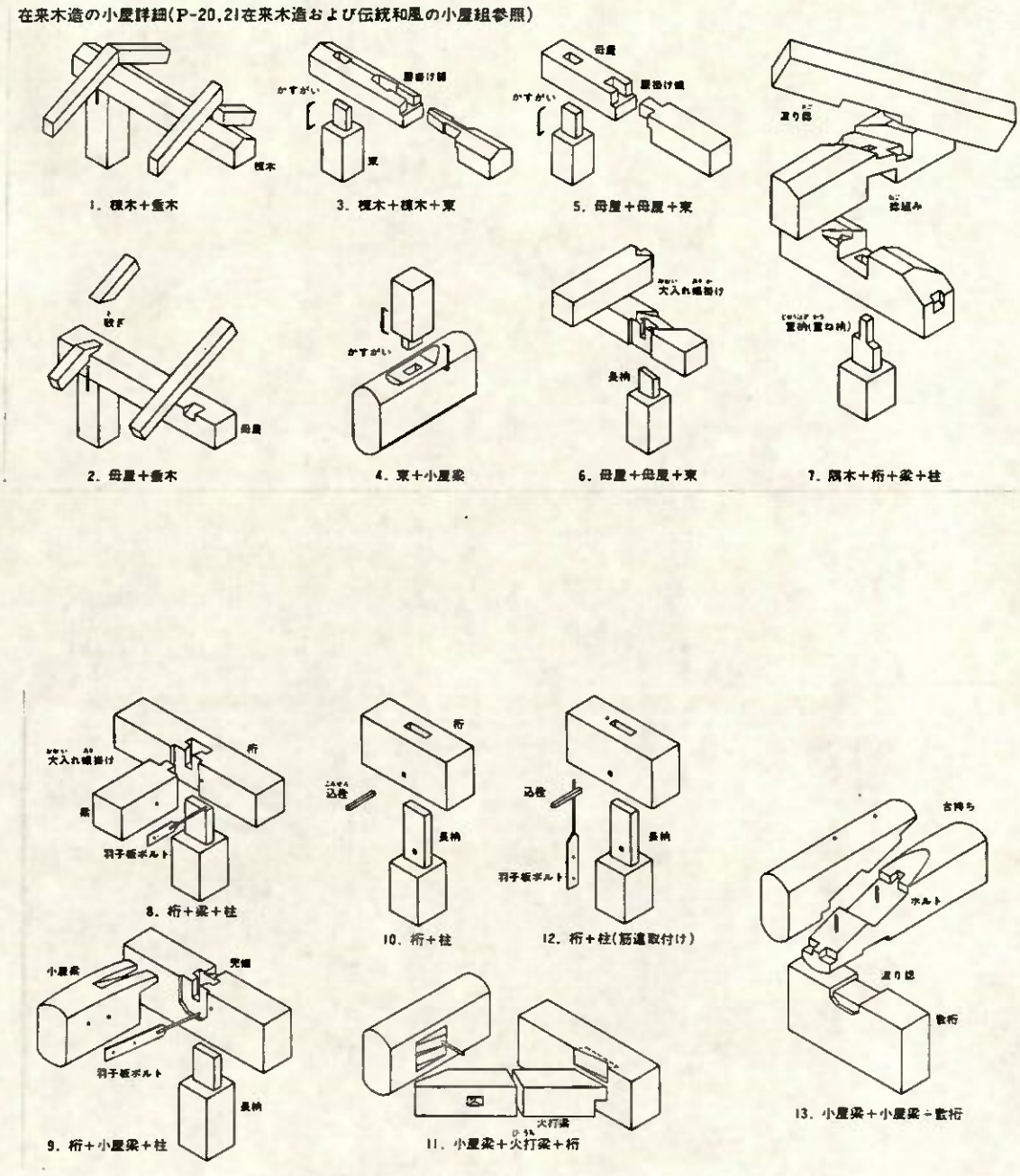


Abb. 16: Anschlußdetails der Dachkonstruktion
(modifizierter traditioneller Stil)

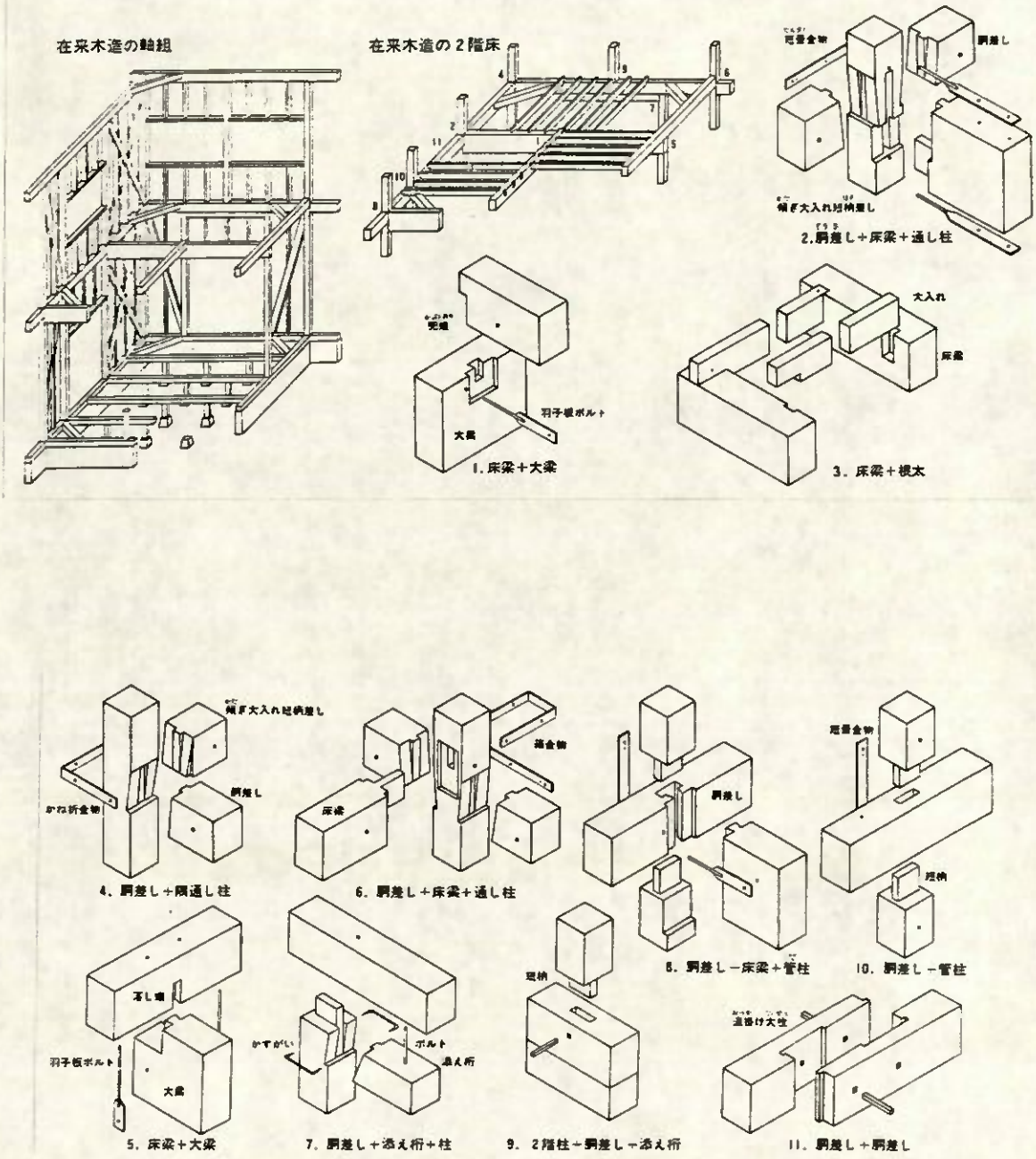


Abb. 17: Decke über Erdgeschoß mit Anschlußdetails
(modifizierter traditioneller Stil)

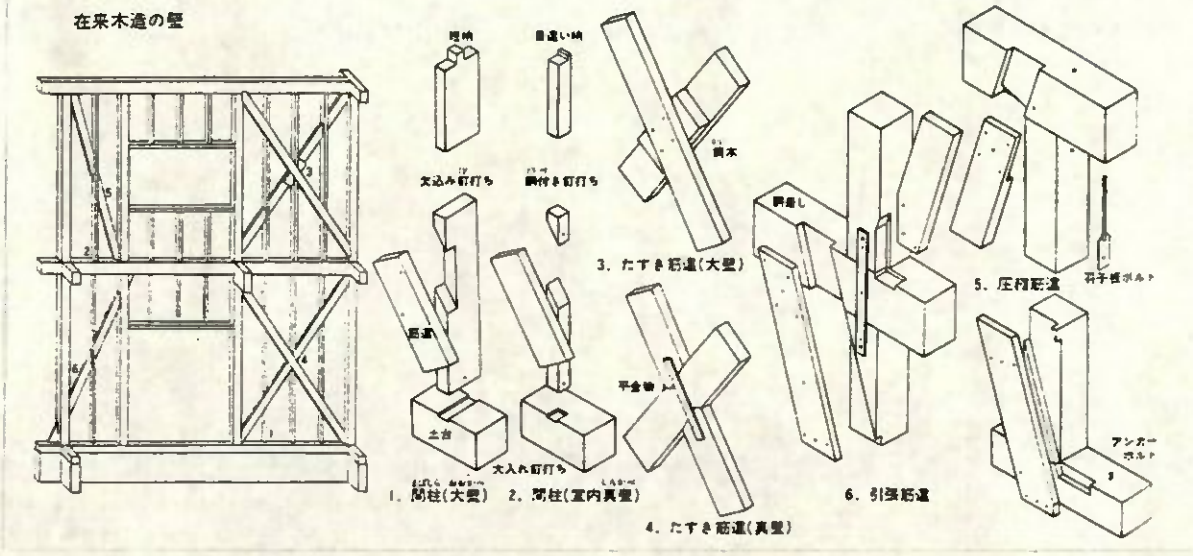


Abb. 18: Wandkonstruktion mit Anschlußdetails
(modifizierter traditioneller Stil)

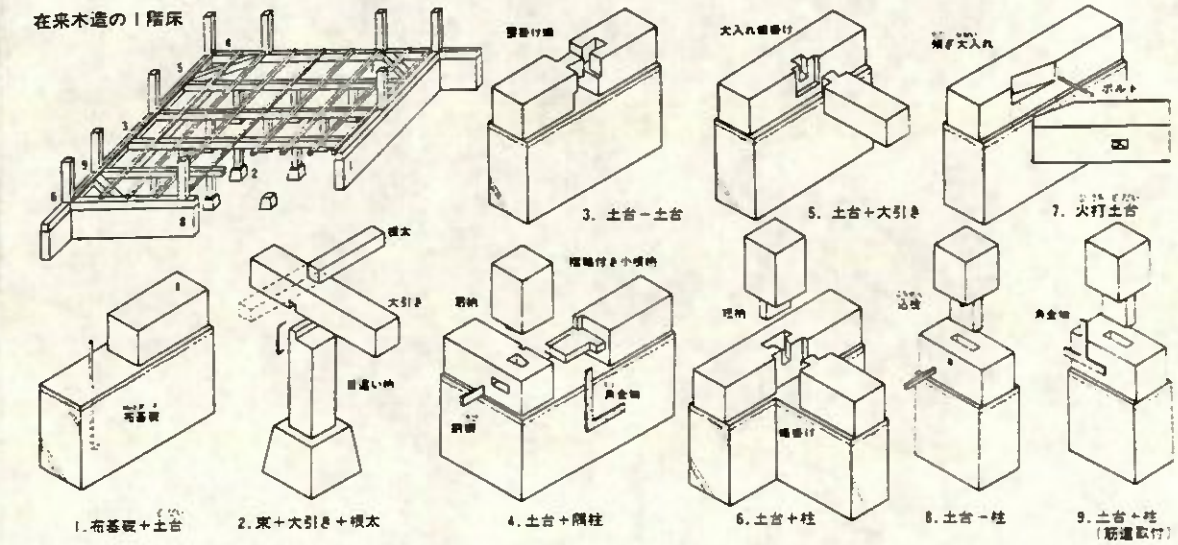


Abb. 19: Decke im Erdgeschoß mit Anschlußdetails
(modifizierter traditioneller Stil)

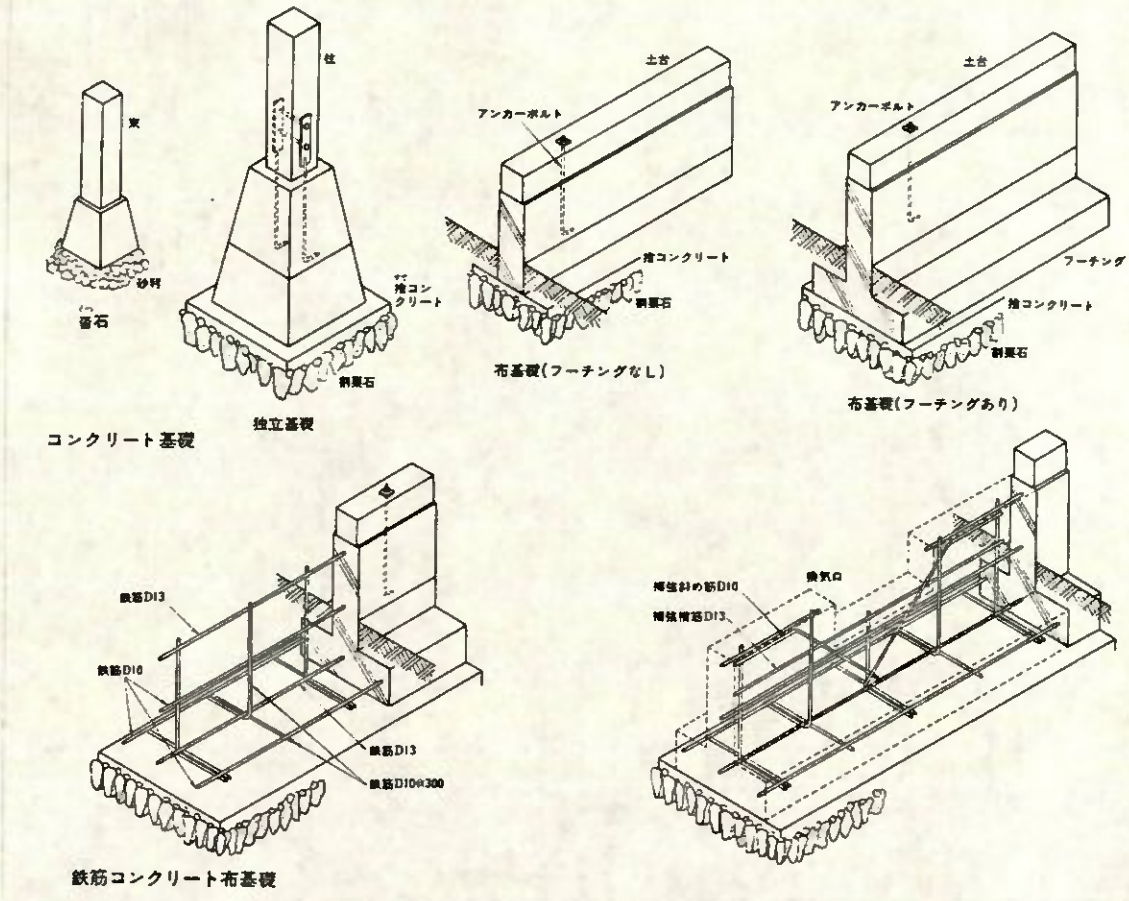


Abb. 20: Auflagerung der Steher bzw. Fußschwellen auf das Fundament (modifizierter traditioneller Stil)

2.1.3. Die 2" x 4" (Zoll) Konstruktion

Diese Bauweise wird in den USA bzw. Kanada als "Platform" - Konstruktion im Wohnhausbau angewendet. Die tragenden Teile des Gerippes bestehen aus genormten Hölzern mit dem Grundmaß 2 x 4 Inches (1 Inch = 1 Zoll = 24,5 mm). Die Charakteristik dieser Konstruktion liegt im engen Abstand der Wandrippen und der Deckenträger, in den USA 60 cm. Die Rippen erhalten eine ein- oder beidseitige Beplankung, die zur Lastabtragung herangezogen werden kann und gleichzeitig die Horizontalaussteifung gewährleisten. Diese Rippenkonstruktion bildet den Übergang vom Skelettbau zum Tafelbau. Diese Bauweise wurde nach dem 2. Weltkrieg in Japan eingeführt und auf japanische Grundrißformen, die auf das Tatamimaß aufbauen, abgestimmt.
Bei dieser Bauweise kommen keine zimmermannsmäßigen Holzverbindungen zur Anwendung, sondern nur Verbinder des konstruktiven Ingenieurholzbaues, wie Blechformteile, Nagelplatten, Schrauben und Schraubenbolzen
Die nachfolgenden Abbildungen zeigen wieder das Gesamtkonzept dieser Konstruktionsart, getrennt dargestellt für die Dachkonstruktion, Decke über Erdgeschoß, Wandkonstruktion und Decke im Erdgeschoß mit der Auflagerung auf dem Fundament.

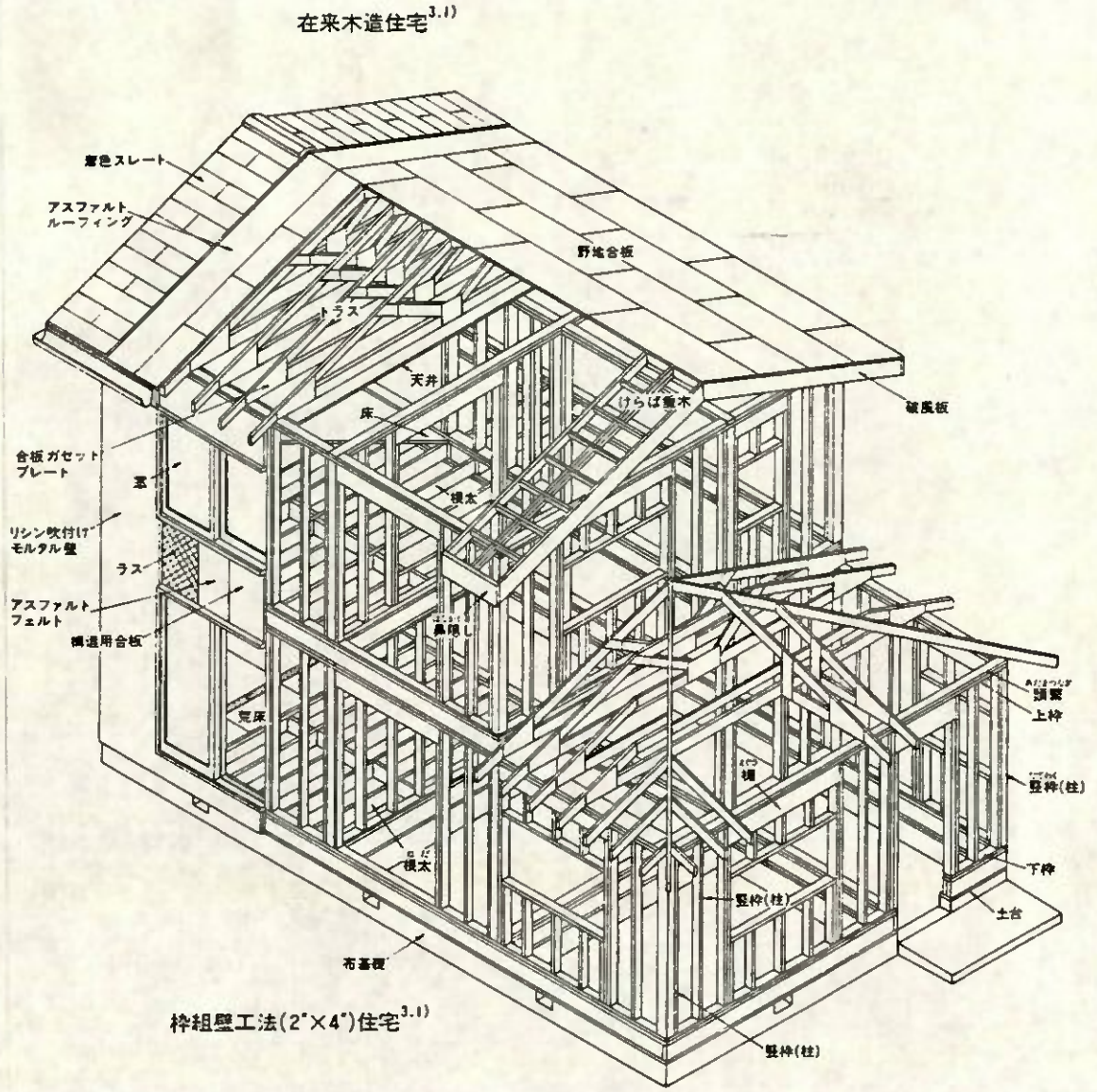


Abb. 21: Gesamtübersicht der 2" x 4" (Zoll) Bauweise

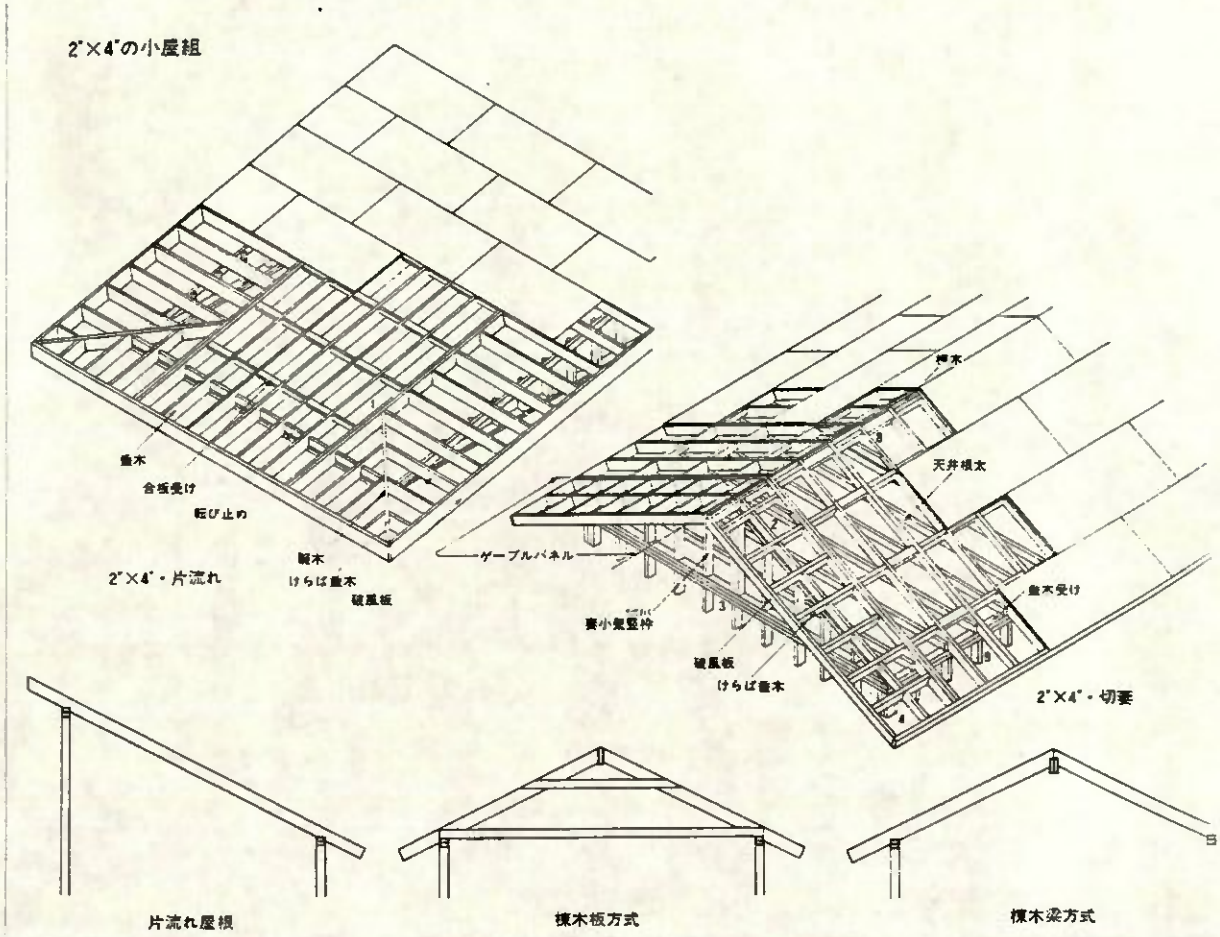


Abb. 22: Dachausbildung bei der 2" x 4" (Zoll) Bauweise

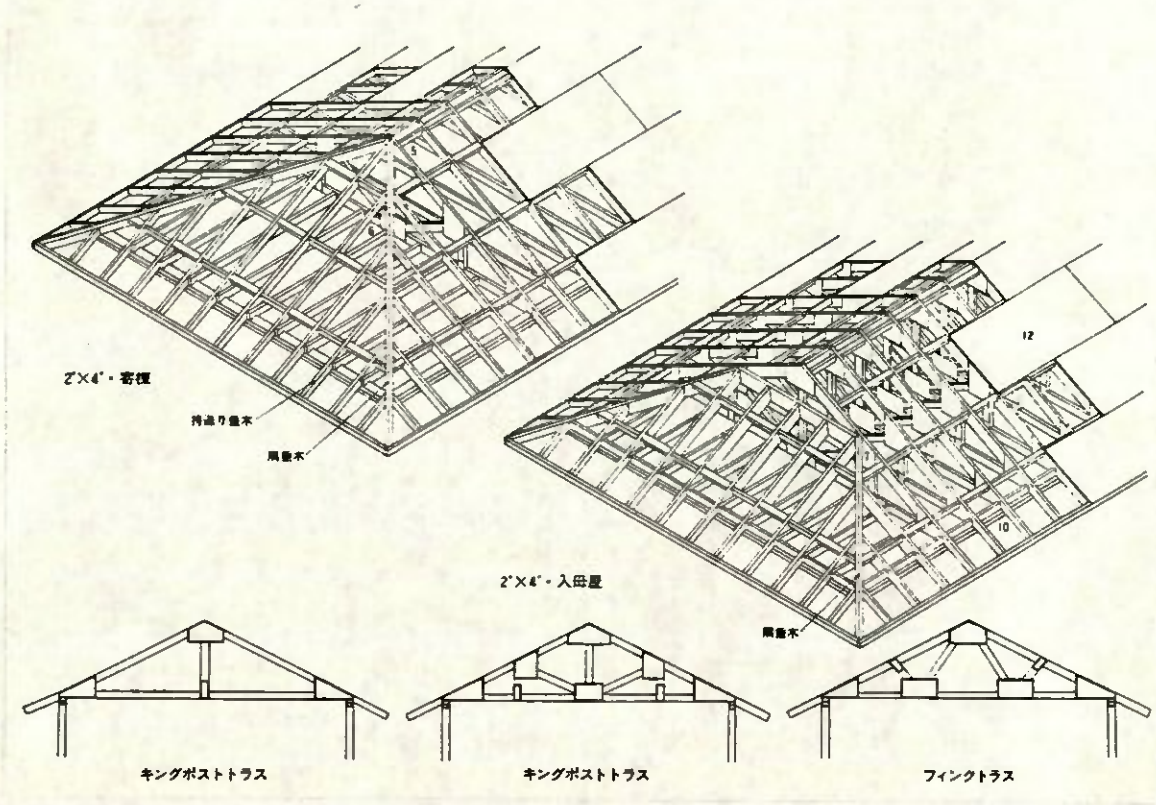


Abb. 23: Dachausbildung bei der 2" x 4" (Zoll) Bauweise
Die unterste Reihe zeigt Dachbinder mit aufgenagelten Sperrholzknotenplatten

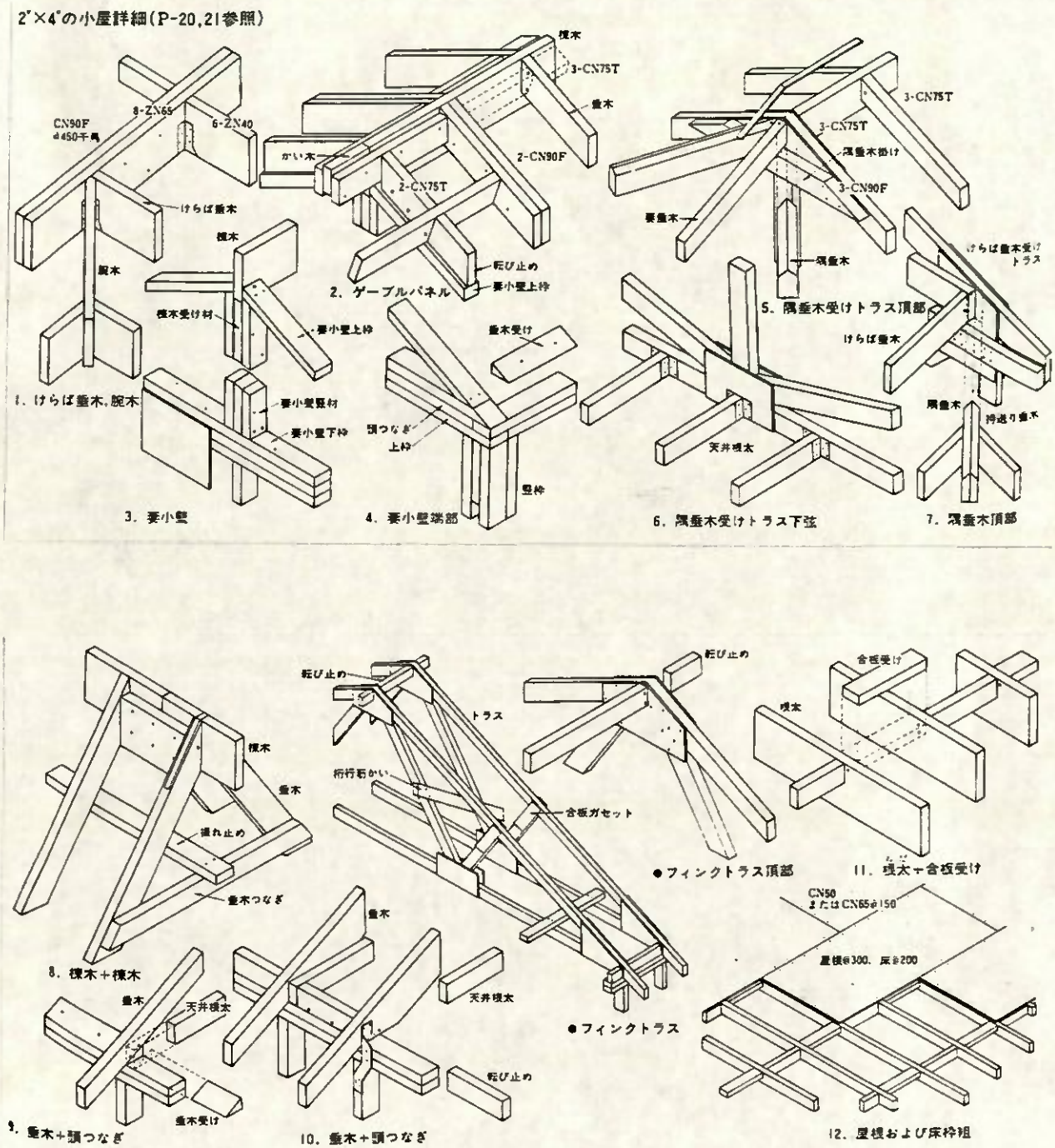


Abb. 24: Anschlußdetails der Dachkonstruktion bei der 2" x 4" (Zoll) Bauweise

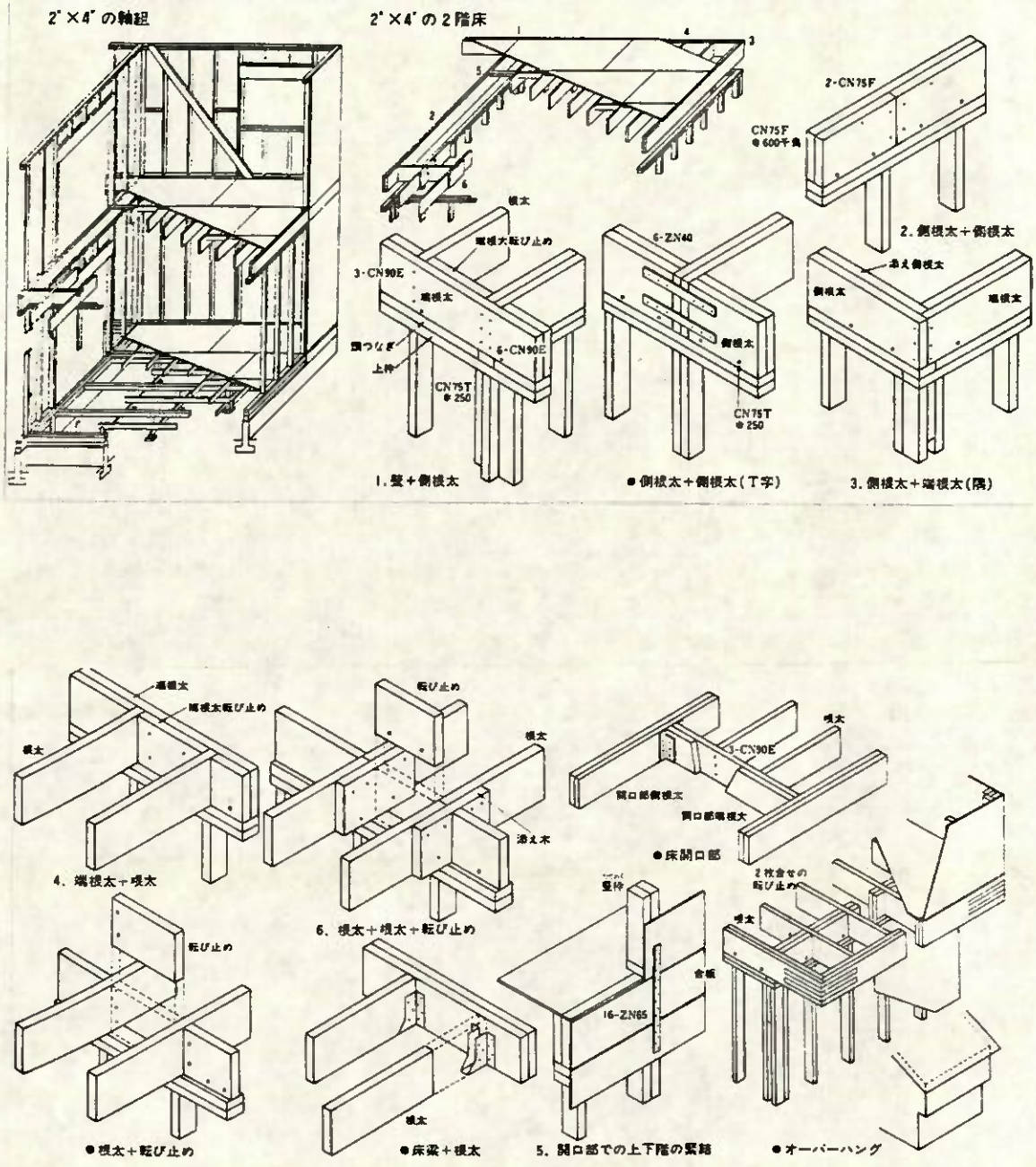


Abb. 25: Decke über Erdgeschoß mit Anschlußdetails bei der 2" x 4" (Zoll) Bauweise

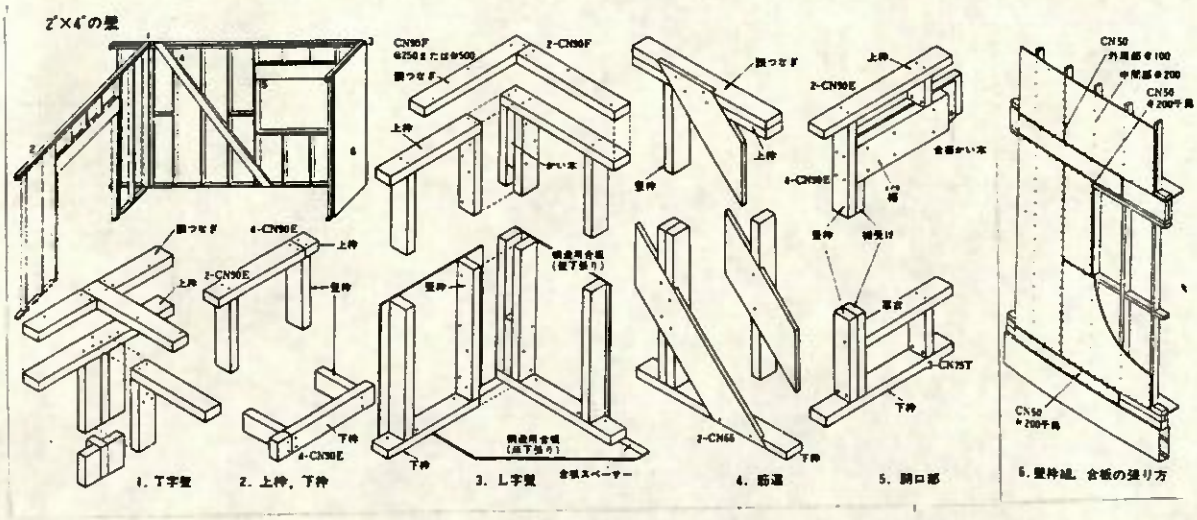


Abb. 26: Wandkonstruktion mit Anschlußdetails bei der 2" x 4" (Zoll) Bauweise

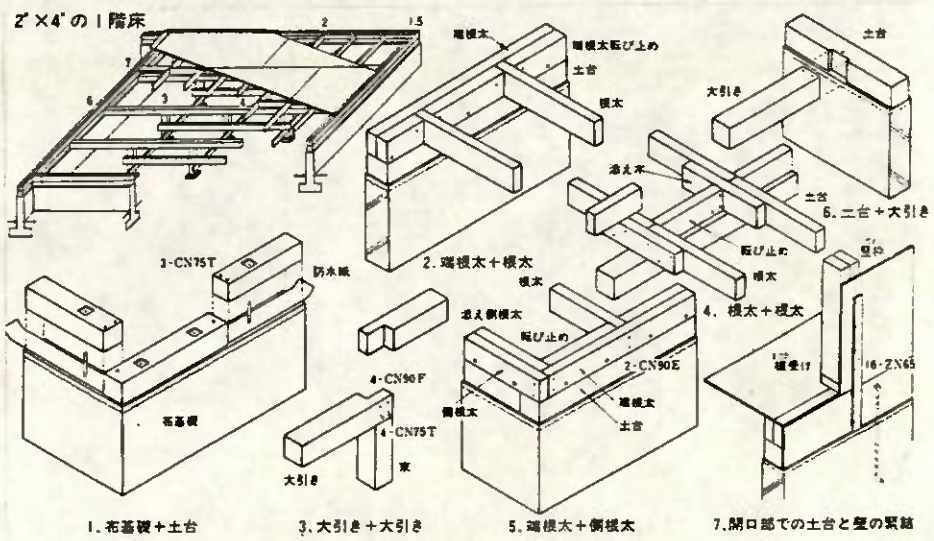


Abb. 27: Erdgeschoßdecke mit Anschlußdetails und Auflagerung auf dem Fundament bei der 2" x 4" (Zoll) Bauweise

2.1.4 Holzhauskonstruktion in Tafelbauweise

Walter Gropius hat bereits 1931 ein vorgefertigtes Baukastensystem aus großen Wandteilen entwickelt. In den Jahren 1943-1945 haben dann die Architekten Walter Gropius und Konrad Wachsmann dieses System in den USA weiterentwickelt. Diese Bauweise ist nach dem 2. Weltkrieg sowohl in Europa als auch in Japan übernommen worden. Zwischen Japan und Europa bzw. Österreich besteht in der Konstruktion prinzipiell kein Unterschied. Bei dieser Bauweise kommen nur Verbinder des Ingenieurholzbaues zur Anwendung. In der Abb. 27 ist der detaillierte Aufbau eines japanischen Wohnhauses in Holztafelbauweise dargestellt.

2.1.5. Eine aus Europa übernommene Bauweise für weiter gespannte Dachkonstruktionen

Diese Konstruktion ist bei uns zwischen der traditionellen Zimmermannsbauweise und dem heutigen Ingenieurholzbau angesiedelt. Die Grundelemente dieser Konstruktion sind Kanthölzer, Bohlen und Bretter. Als Verbindungselemente kommen sowohl zimmermannsmäßige Verbindungen als auch Verbinder des Ingenieurholzbaues zur Anwendung. Mit dieser Dachkonstruktion ist es möglich mittlere Spannweiten zu überbrücken. In Japan kommen diese Konstruktionen bei Turnhallen oder anderen Dachkonstruktionen zum Einsatz, die nicht den üblichen japanischen Bauformen entsprechen. Die Abb. 28 zeigt zwei Anwendungsmöglichkeiten und zwar einen Dreiecksbinder und ein Mansardendach.

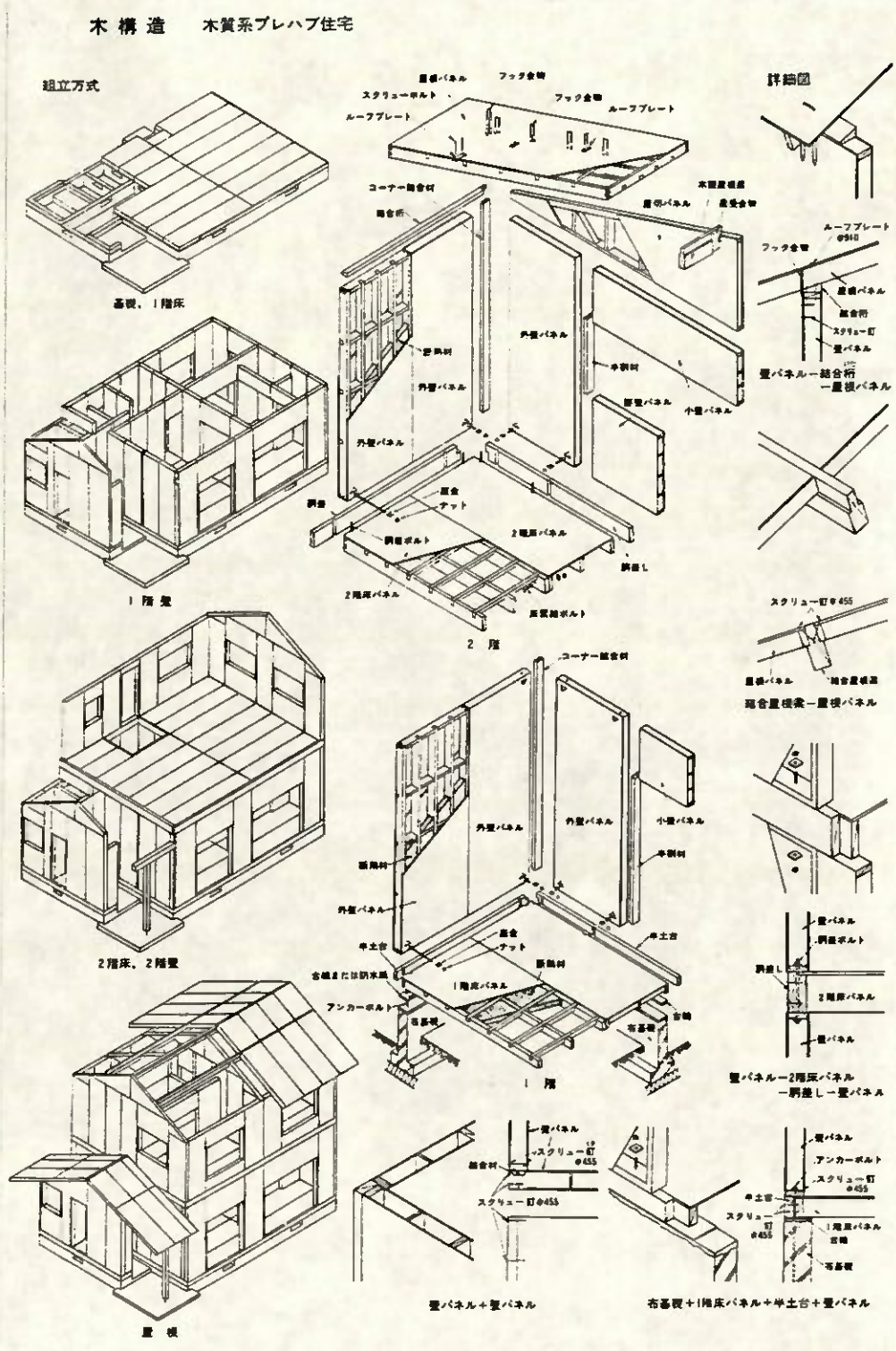


Abb. 28: Holzhauskonstruktion in Tafelbauweise

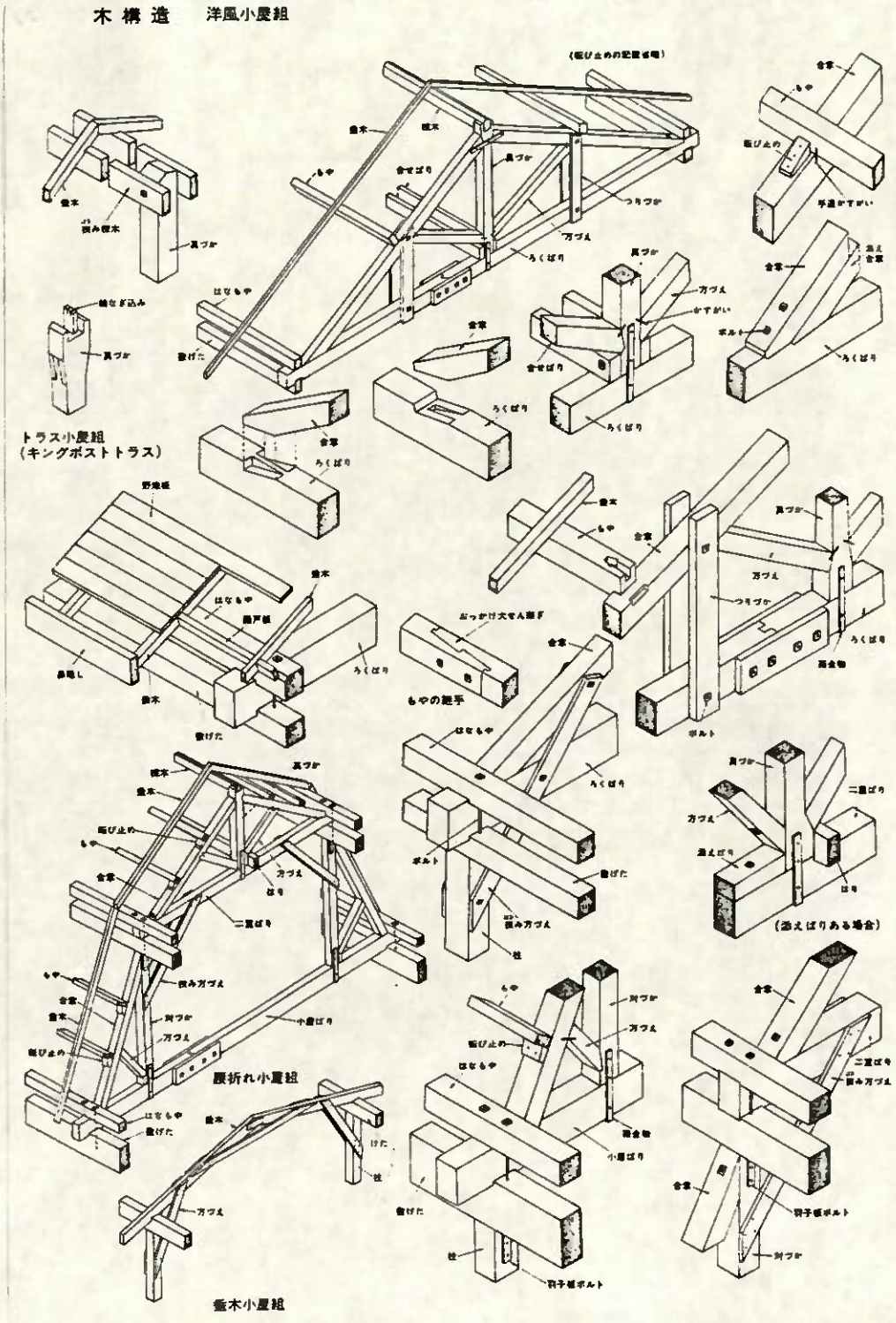


Abb. 29: Aus Europa übernommene Dachkonstruktion

3. VERLEIMTE HOLZKONSTRUKTIONEN

Interessanterweise werden in Japan derzeit nur ganz selten verleimte Holzkonstruktionen ausgeführt und nur wenige Holzbaufirmen befassen sich mit deren Herstellung.
Die Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet des Holzleimbaues in Japan zeigt die Verkaufsstatistik über Holzleimbaukonstruktionen der Firma MITSUI LUMBER CO., LTD, welche eine eigene "Timber Engineering Division" besitzt, die sich speziell mit dem Holzleimbau beschäftigt. Die Firma besitzt 30 Zweigstellen in Japan, machte 1985 einen Gesamtjahresumsatz von YEN 32.000 Millionen = ÖS 3,2 Milliarden.

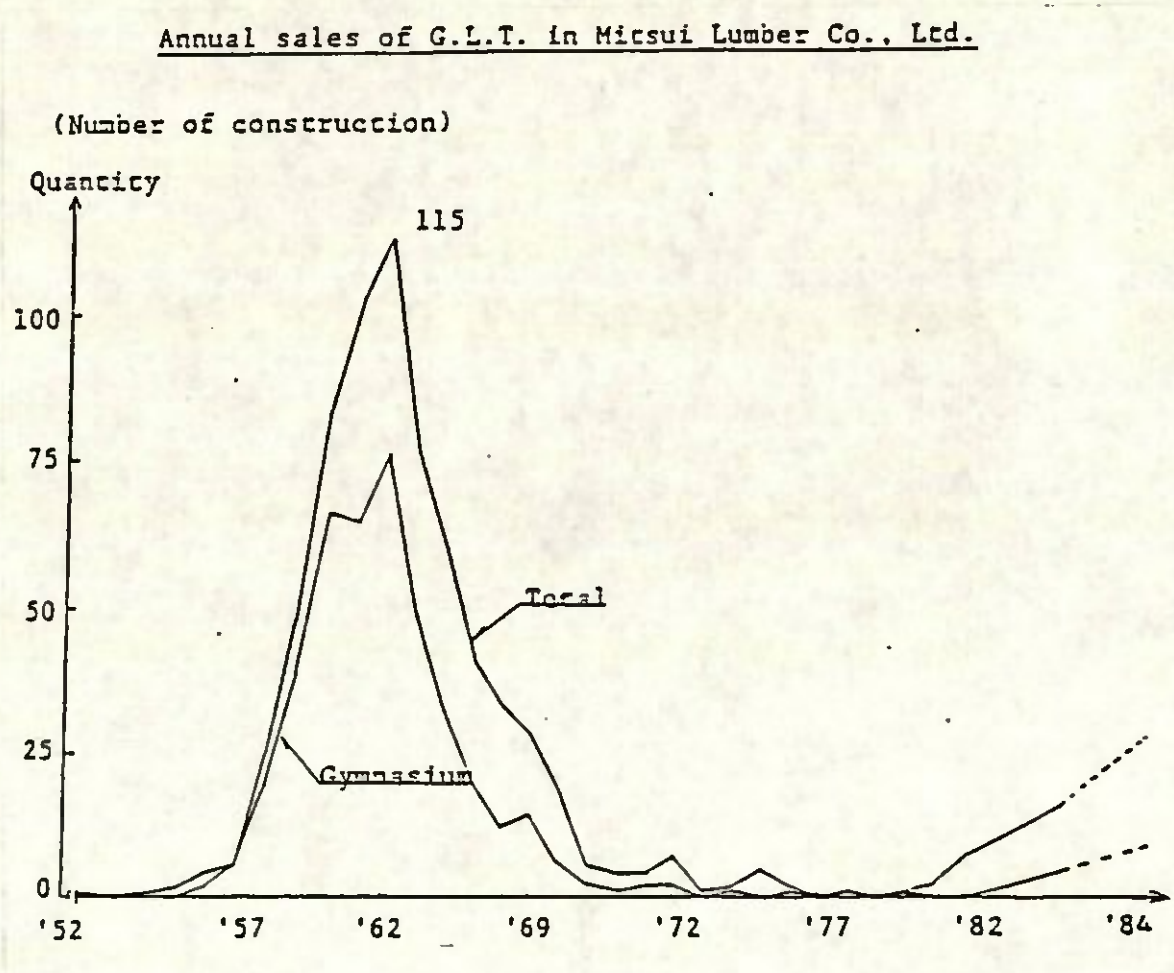


Abb. 30: Verkaufsstatistik der Firma Mitsui Lumber Co., LTD

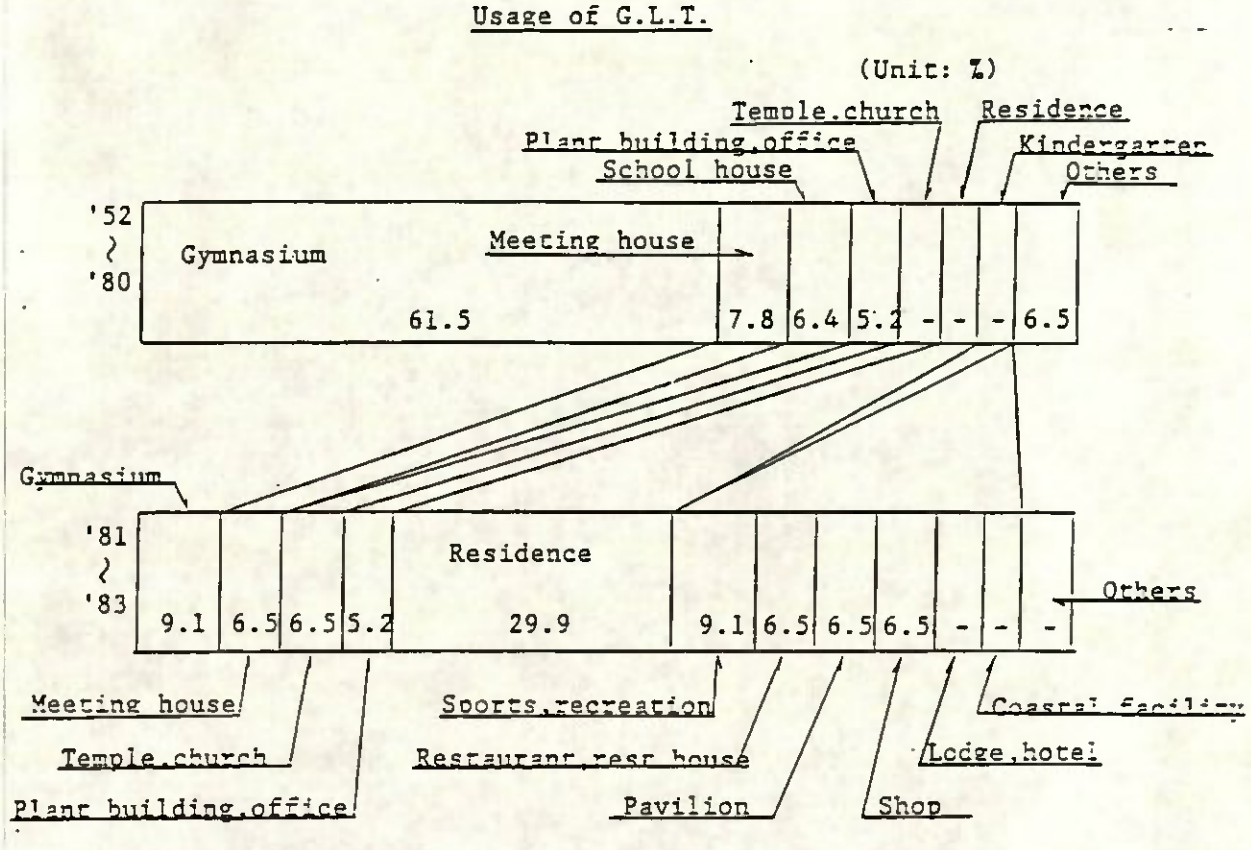


Abb. 31: Übersicht über die von der Firma MITSUI LUMBER CO., LTD in den Jahren 1952 - 1983 in Holzleimbaukonstruktionen errichteten Bauwerke

Aus der vorher angeführten Statistik ist das allgemeine Problem des Holzleimbaues in Japan deutlich erkennbar: Brettschichtholzkonstruktionen konnten sich in Japan gegenüber dem Werkstoff Stahl und Beton bisher nicht durchsetzen. Um dieses Manko zu beseitigen hat das zuständige Ministerium (Ministry of Construction) im Jahre 1986 ein längerfristiges Forschungsprogramm gestartet. Mit Herrn Prof. Dr. Hideo Sugiyama, welcher in seinem Amt als Vice President of Japan Wood Research Society über die Vergabe der Forschungsmittel mitentscheidet, konnte ich in Tokio über dieses Problem ein längeres Gespräch führen. Erwähnenswert ist, daß Herr Prof. Dr. Sugiyama im Juli 1987 als Delegationsleiter einer ca. 30 Personen umfassenden Gruppe nach Wien kommen will, um sich über Brettschichtkonstruktionen in Österreich zu informieren (Herstellung, Ausführung, Einsatzgebiet etc.).
Die Betreuung hat der Bundesholzwirtschaftsrat übernommen, wobei an der TU- Wien, an meinem Institut, ein Symposium über relevante Probleme im Ingenieurholzbau veranstaltet wird. Anschließend werden ausgeführte Bauwerke und ein Leimbaubetrieb besichtigt.

4. HOLZVERBINDUNGEN

4.1 Zimmermannsmäßige Verbindungen

Holzverbindungen dienen der Verbindung von Hölzern, wobei der Verbund durch entsprechende Gestaltung der Berührungsflächen erreicht wird. Bei den jeweiligen Verbindungen muß vorher der Kräftefluß zufolge der im Bauwerk auftretenden Lasten herausgefunden werden, um ihn dann durch eine geeignete Fügeform von einem Tragglied auf das andere übertragen zu können. Daneben sind sowohl die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Holzarten zu berücksichtigen als auch das unterschiedliche Verhalten des Holzes aus den verschiedenen Stammquerschnitten und Stammabschnitten, aber auch die unterschiedlichen Festigkeitseigenschaften des Holzes bei Kraftwirkungen aus verschiedenen Richtungen.

Erst wenn man die einer Verbindung innewohnende Logik versteht, kann man die Bedeutung der kreativen und innovativen Kraft dieses Handwerks verstehen.
Die japanischen Holzverbindungen zeichnen sich durch große Maßgenauigkeit aus. Die einzelnen Fügeteile passen fast ohne sichtbare Fugen zusammen. Die Maßgenauigkeit gewährleistet die Steifigkeit der einzelnen Verbindungen. Durch die Auswahl der geeigneten Holzqualität, entsprechenden Trocknungsmaßnahmen und Nachbehandlungen mit Wachsen werden Schwindrisse fast zur Gänze vermieden.
In Japan gibt es gegenüber Österreich oder dem europäischen Raum eine viel größere und vielfältigere Anzahl von zimmermannsmäßigen Verbindungen. Die Begründung dafür liegt in der alten traditionellen Bauweise in Form einer Stützen-Träger Konstruktion ohne Eckverbindungen und ohne Diagonalaussteifungen. Die Gesamtsteifigkeit des Bauwerks, vor allem gegen horizontal wirkende Kräfte, wie Erdbeben und Wind (Taifun), die in Japan maßgebende Belastungen darstellen, mußten von den Holzverbindungen allein aufgenommen und übertragen werden. Daraus resultiert die große Vielfalt und die teilweise sehr komplizierten japanischen Holzverbindungen.
Einen Überblick über die japanischen zimmermannsmäßigen Holzverbindungen zeigen die Abbildungen in Punkt 2.1.1 und 2.1.2.
Die Herstellung dieser zum Teil sehr komplizierten Holzverbindungen erfolgt heute in Japan auch schon durch Industrieroboter. So z.B. von der House Engineering Division der Sumitomo Forestry Homes Co LTD.

Nachfolgende Abbildungen geben einen Einblick in die maschinelle Herstellung japanischer Verbindungen

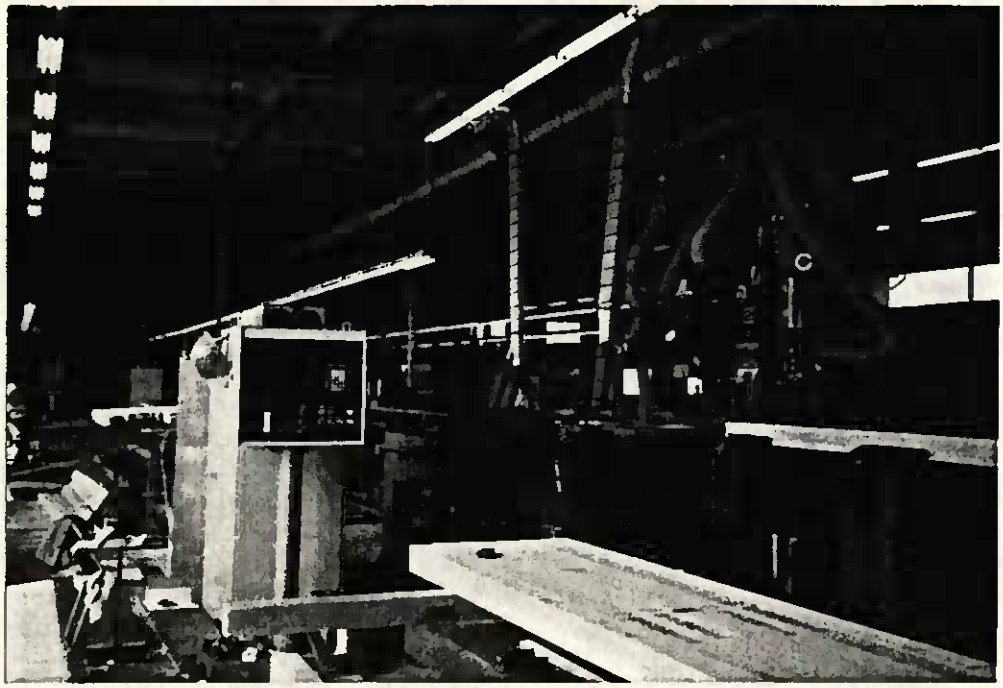


Abb. 32: Sumitomo Forestry Homes Co., LTD, Betriebsanlage

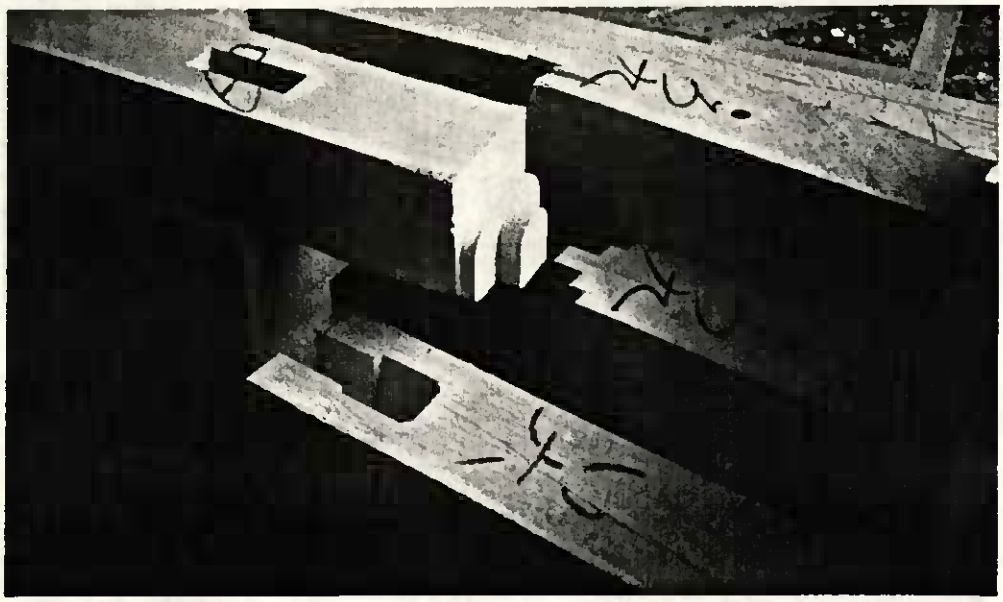


Abb. 33: Holzverbindungen, hergestellt mittels Industrieroboter

Abb. 34: Montage eines Holzhauses, hergestellt in der modifizierten Form der traditionellen japanischen Holzhauskonstruktion

Abb. 35: Konstruktionsdetails

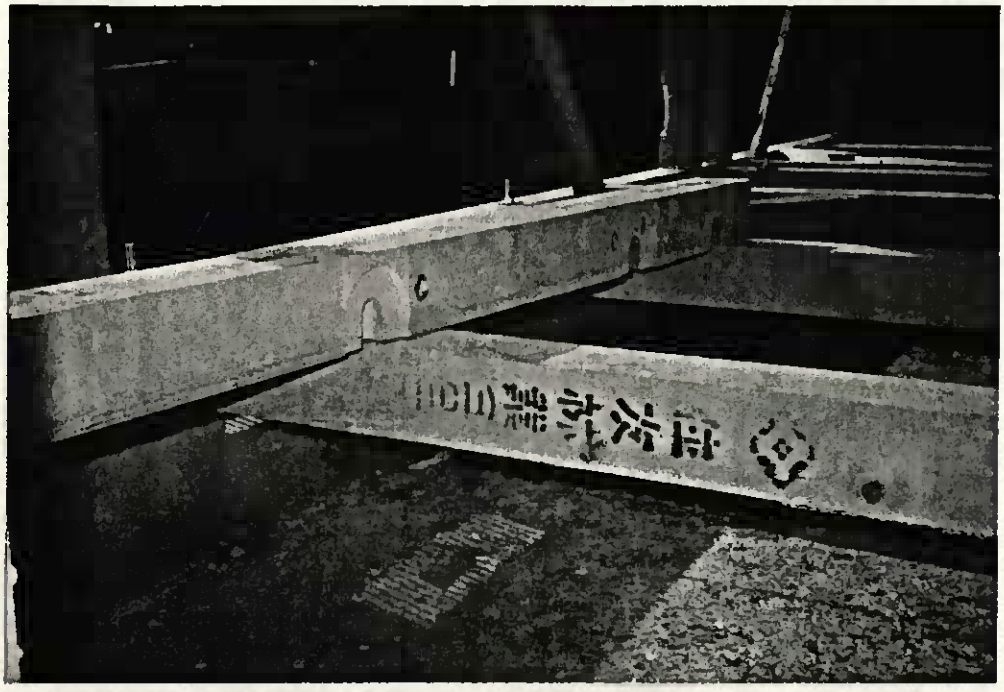


Abb. 36: Ausbildung der Decke über dem Erdreich

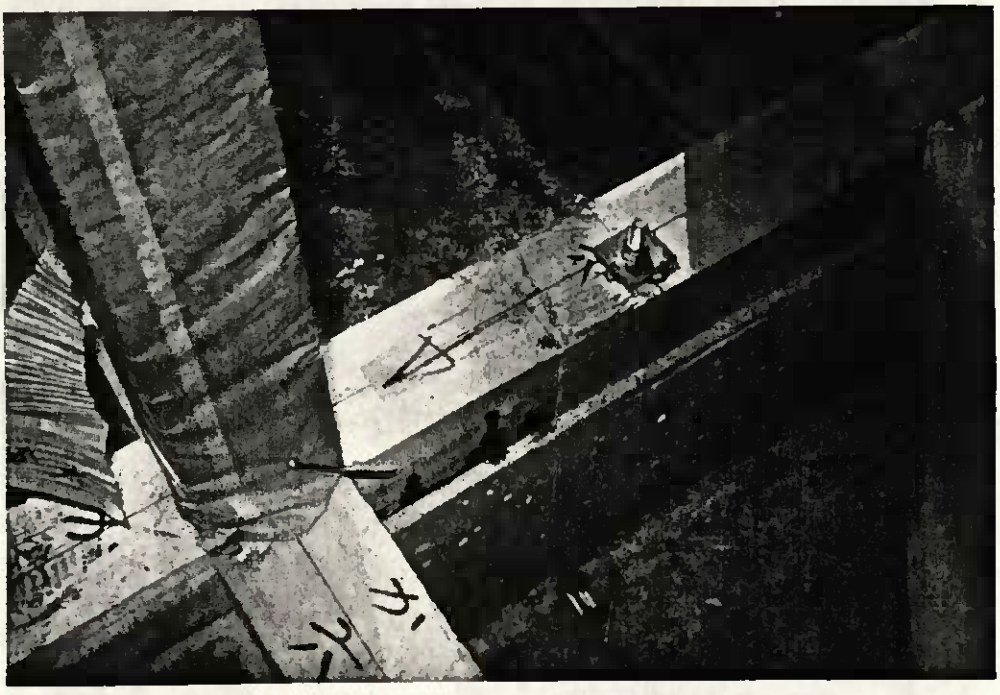


Abb. 37: Fußschwellenstoß (maschinell hergestellt)

4.1.1. Tragfähigkeitsuntersuchungen

Die Tragfähigkeiten dieser Holzverbindungen werden derzeit durch experimentelle Untersuchungen unter anderem an der Universität Tokio im Laboratory of Wood-based Material and Timber Engineering Department of Forest Products, Faculty of Agriculture und im Forschungszentrum Tsukuba im Forestry and Forest Products Research Institutee, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries durchgeführt.

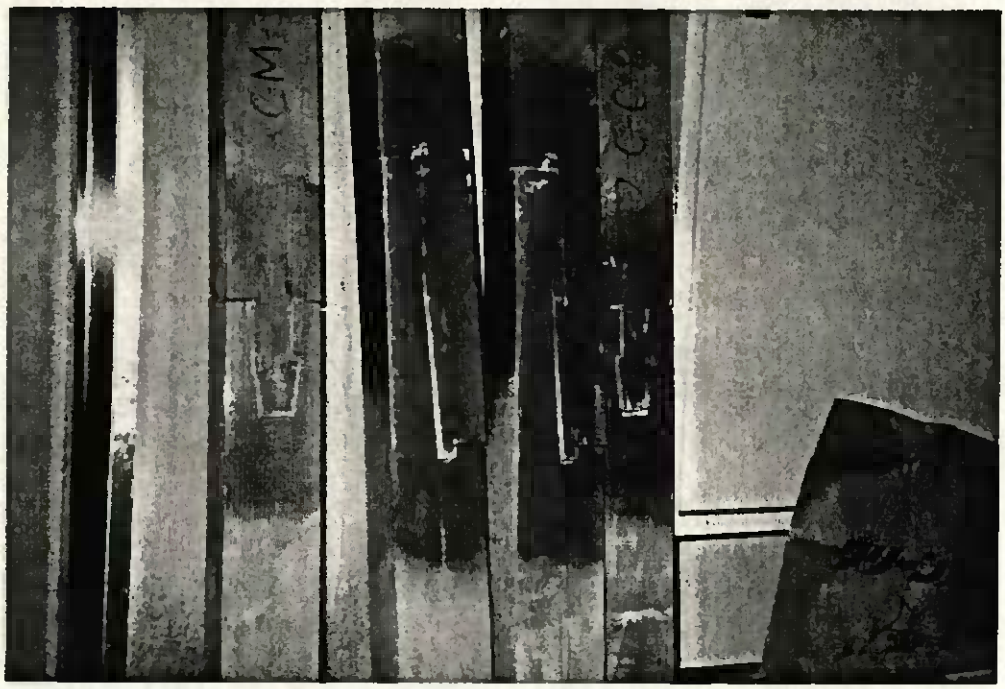


Abb. 38: Überprüfung der Zugfestigkeit der Balken-Verbindung "Kama-Tsugi" und "Kanawa-Tsugi"

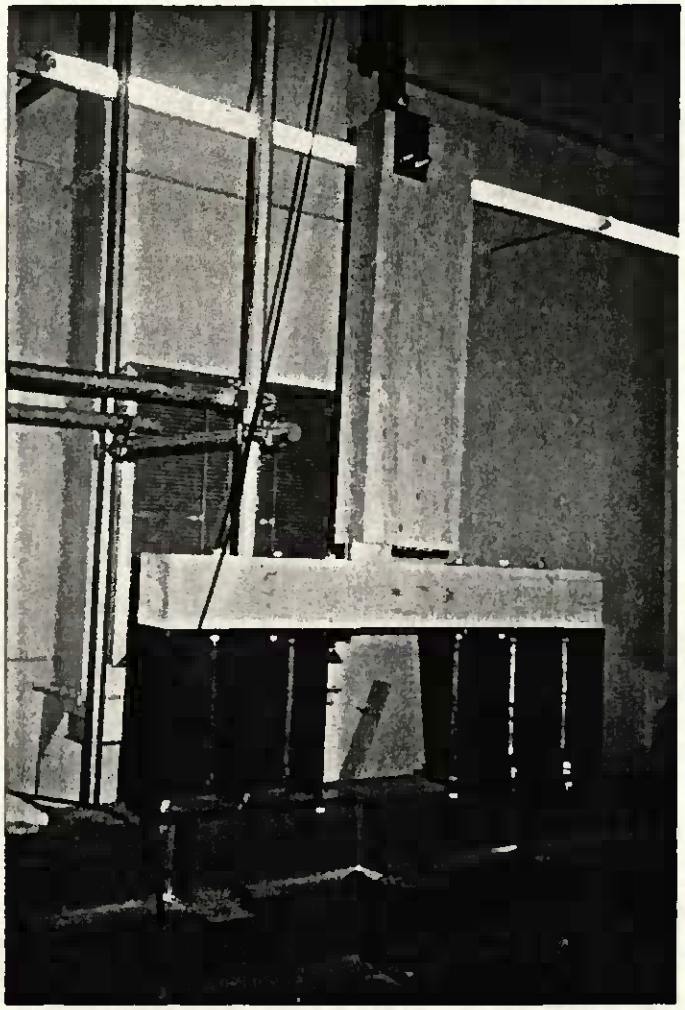


Abb. 39: Überprüfung der Zugfestigkeiten eines Stützen-
-Träger Anschlusses

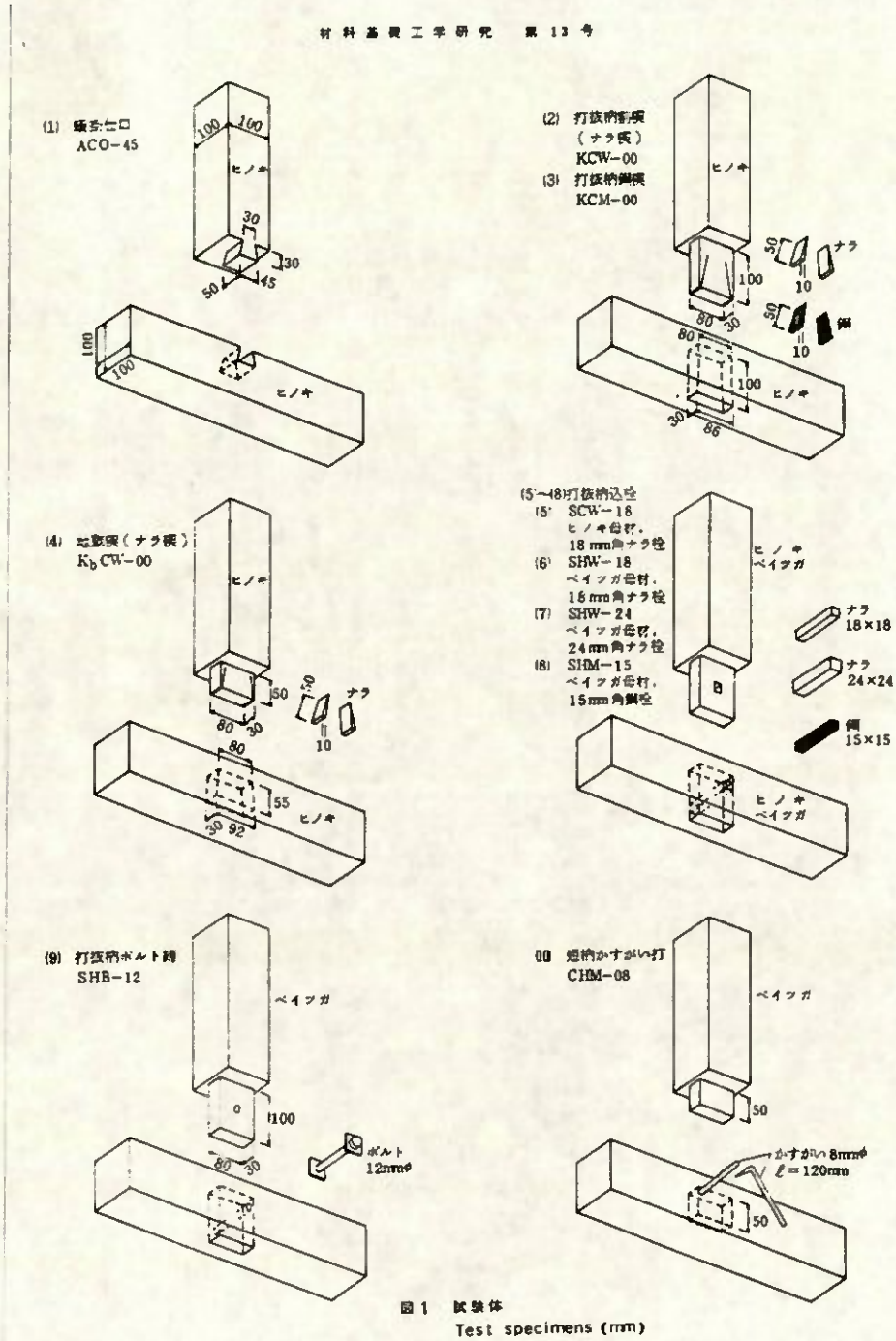


図1 試験体
Test specimens (mm)

Abb. 40 : Untersuchte Verbindungen in Abhängigkeit der verschiedenen Holzarten der Probekörper und der verschiedenen Verbindungsmittel

Nachfolgend wird auszugsweise der Untersuchungsbericht von Gorozo Iizuka über die Zugfestigkeit von T-Verbindungen wiedergegeben. Die Versuche wurden mit "Japanese cypress" und "Western hemlock" und verschiedenen Verbindungsmitteln durchgeführt.

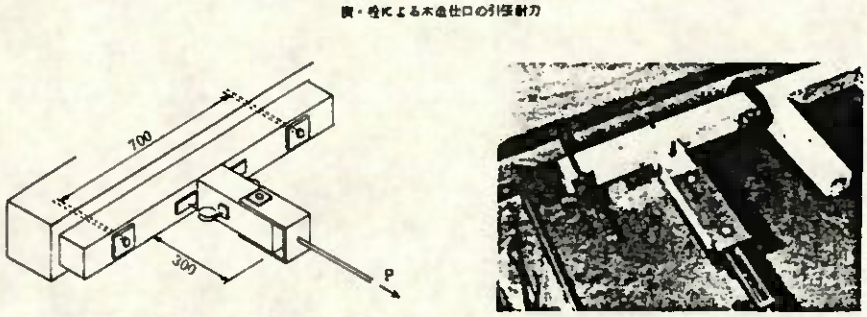
Tensile Strength of the T-joint with Wedge or Pin in Timber Construction.

Gorozo IIZUKA

Traditional ways of timber connection were re-evaluated in this report. Contemporary ways of nailed joint and bolted connection are not always satisfactory for conventional Japanese house constructions. Nails are too weak to fasten solid members such as 10 cm sq. columns and adjacent girders or sills. While bolted joints are apt to slip slightly because of the clearance.

Following types of T-connections for 10 cm sq. members were tested and allowable strength were inferred in the Table 7.

(1) Dovetail (Japanese cypress)
(2) Japanese cypress tenon with Japanese oak wedge.
(3) do. with steel wedge.
(4) Japanese cypress hidden tenon with Oak wedge.
(5) Japanese cypress tenon with 18 mm sq. Oak pin.
(6) Western hemlock tenon with 18 mm sq. Oak pin.
(7) do. with 24 mm sq. Oak pin.
(8) do. with 15 mm sq. steel pin.
(9) do. with 12 mmø bolt.
(10) Western hemlock short tenon with four 8 mmø clamps.



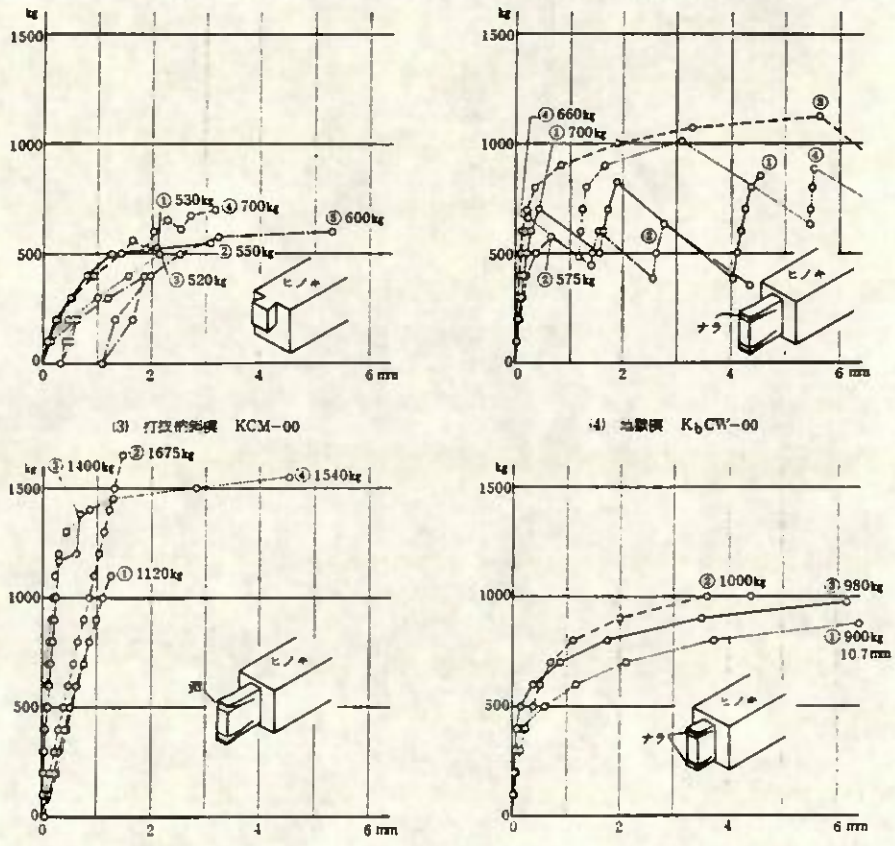


Abb. 41: Versuchsanordnung sowie Last-Verschiebungsdiagramme der untersuchten Verbindungen

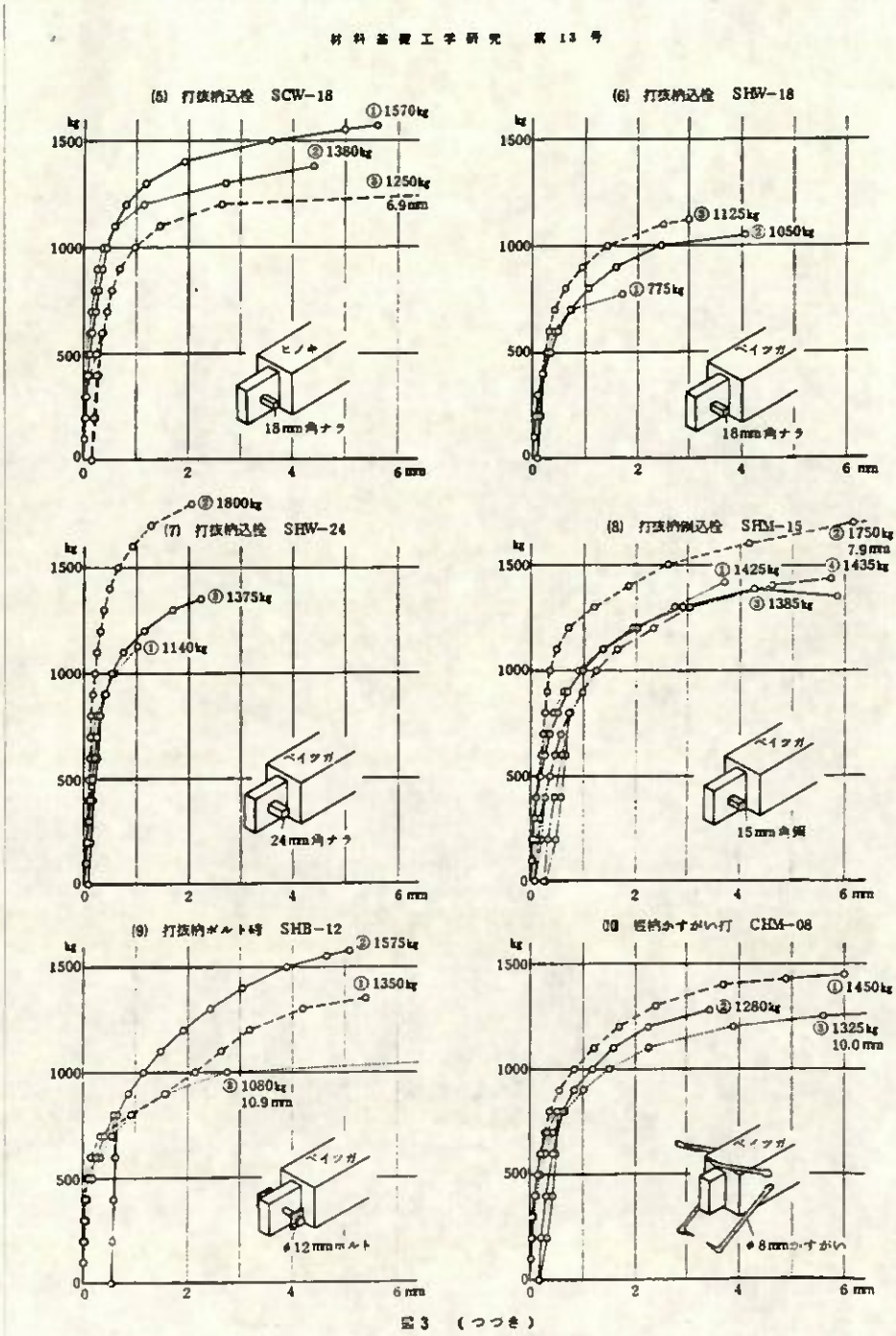


図3 (つづき)

Abb. 42: Last-Verschiebungsdiagramme der untersuchten Verbindungen

表2　各種仕口引張試験結果 Test results

Test specimens	No.	P_{1mm} (kg)	P_{max} (kg)	$P_0/\delta_0=R_0$ initial (kg/mm)	$P_p/\delta_p=R_p$ secondary (kg/mm)	$\delta_{P_{max}}$ (mm)
(1) 蟻掛仕口	ACO−4S−1	470	530	960	370	2.1
（ヒノキ母材）	2	460	550	980	340	3.1
Dovetail	3	300	520	720	170	2.3
(Japanese Cypress)	4	410	700	800	220	3.2
	5	275	600	715	160	4.6
	Ave.	383	580	835	238	3.1
(2) 打抜栓割楔	KCW−00−1	600*	700	2400	1700	0.4
（ヒノキ母材，ナラ楔）	2	510*	575	2100	1350	0.6
Jap.Cypress tenon with	3	920	(1125)**	4600	1400	(5.6)**
Jap.Oak Wedge	4	515*	660	4200	1900	0.2
	Ave.	636	645	3325	1588	0.4
(3) 打抜栓鋼楔	KCM−00−1	925	1120	1030	770	1.3
（ヒノキ母材）	2	1200	1675	1350	1120	1.5
do. with steel wedge	3	—	1400	5200	3500	0.7
	4	1420	1540	6100	3500	(4.5)**
	Ave.	1182	1434	3420	2223	1.2
(4) 地栓実	KbCW−00−1	575	900	4800	480	10.7
（ヒノキ母材，ナラ楔）	2	780	1000	2900	900	3.6
Jap.Cypress hidden tenon with	3	720	980	4800	1520	6.3
Jap.Oak wedge	Ave.	691	960	4167	967	6.9
(5) 打抜栓込栓	SCW−18−1	1250	1570	4500	1830	5.6
（ヒノキ母材，18mm角ナラ栓）	2	1175	1380	9000	2570	4.4
Jap.Cypress tenon with 18mm sq.	3	1050	1250	5500	970	6.9
Jap.Oak pin	Ave.	1158	1400	6333	1790	5.6
(6) 打抜栓込栓	SHW−18−1	745	775	2000	950	1.7
（ベイツガ母材18mm角ナラ栓）	2	790	1050	3000	820	4.1
Western Hemlock tenon with	3	920	1125	2300	1180	3.1
18mm sq.Oak pin	Ave.	818	983	2433	983	3.0
(7) 打抜栓込栓	SHW−24−1	1120	1140	4600	2280	1.1
（ベイツガ母材24mm角ナラ栓）	2	1635	1800	6200	2200	2.1
do. with 24mm sq. Oak pin	3	1170	1375	3100	1950	2.6
	Ave.	1308	1438	4633	2143	1.9
(8) 打抜栓鋼込栓	SHM−15−1	1025	1425	3400	2060	3.7
（ベイツガ母材15mm角鋼栓）	2	1265	1750	3000	2370	7.9
do. with 15mm sq. steel pin	3	1015	1385	6500	1470	4.3
	4	915	1435	2200	1130	5.7
	Ave.	1055	1499	3775	1758	5.4
(9) 打抜栓ボルト締	SHB−12−1	810	1350	5300	1550	5.4
（ベイツガ母材，12mmφボルト）	2	920	1575	6000	1700	5.1
do. with 12mmφbolt	3	815	1080	5200	1820	10.9
	Ave.	848	1335	5500	1690	7.1
(10) 短枘かすがい打	CHM−08−1	1040	1450	3500	2250	6.0
（ベイツガ母材8mmかすがい4本打）	2	940	1280	5000	1530	3.5
West.Hemlock short tenon	3	880	1325	3000	2250	10.0
with 4−8mmφ clamps	Ave.	953	1352	3833	2010	6.5

* 1次破壊（P_{max}）後の荷重低下の値

** 例外的な値なので平均値計算から除く，荷重−変形図参照

Abb. 43: Zusammenstellung der experimentellen Versuchsergebnisse

Wie aus den Diagrammen und der Tabelle erkennbar, ist die Tragfähigkeit der Verbindung mit Holzbolzen aus Oakpin am größten und erreicht eine Tragfähigkeit von über 50 % des Zapfenquerschnitts.
Allgemein zusammenfassende Aussagen über diese experimentellen Untersuchungen der verschiedensten Holzverbindungen und Berechnungsmöglichkeiten gibt es derzeit noch nicht.
Neben diesen Untersuchungen von Einzelverbindungen werden auch experimentelle Untersuchungen der Gesamtstabilität von ganzen Häusern sowie von einzelnen Wandscheiben im Maßstab 1:1 gemacht. Diese Großversuche kommen bei allen Konstruktionstypen zur Anwendung. Sie werden sowohl im Freien als auch in den dementsprechend eingerichteten Forschungslaboratorien, wie z.B. Tsukuba, durchgeführt.
Die folgenden Abbildungen zeigen die prinzipielle Durchführungsmethodik:

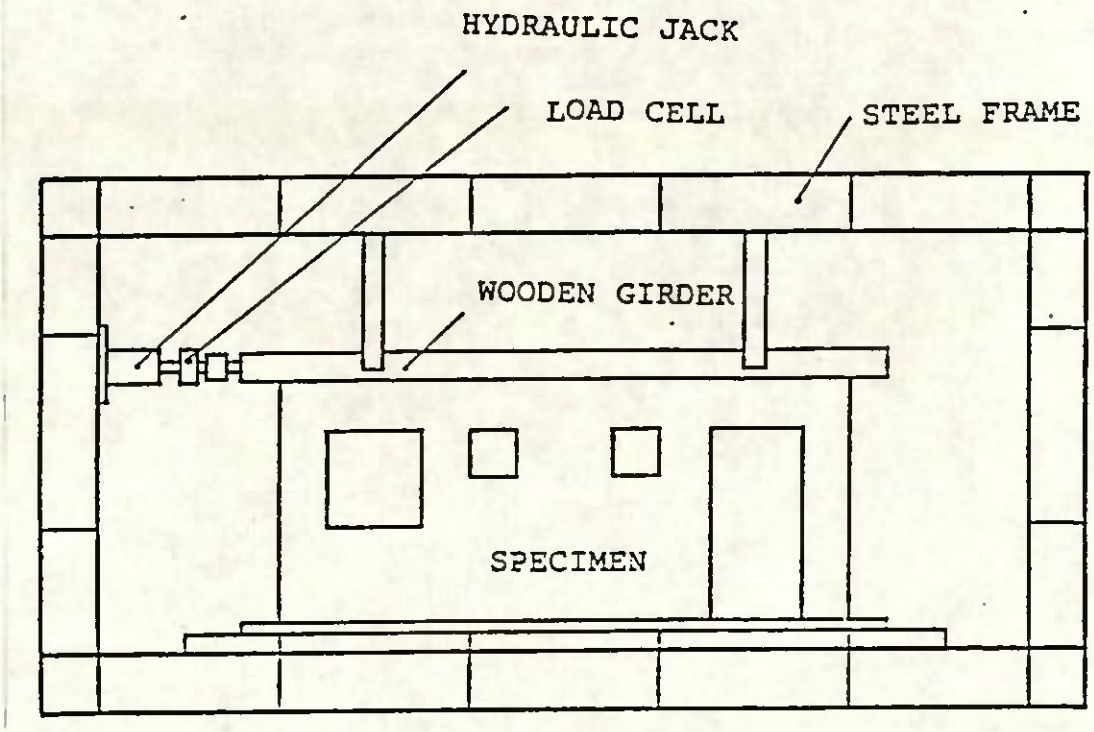


Abb. 44: Großversuchsanordnung im Laboratorium an einer Wandscheibe im Maßstab 1:1

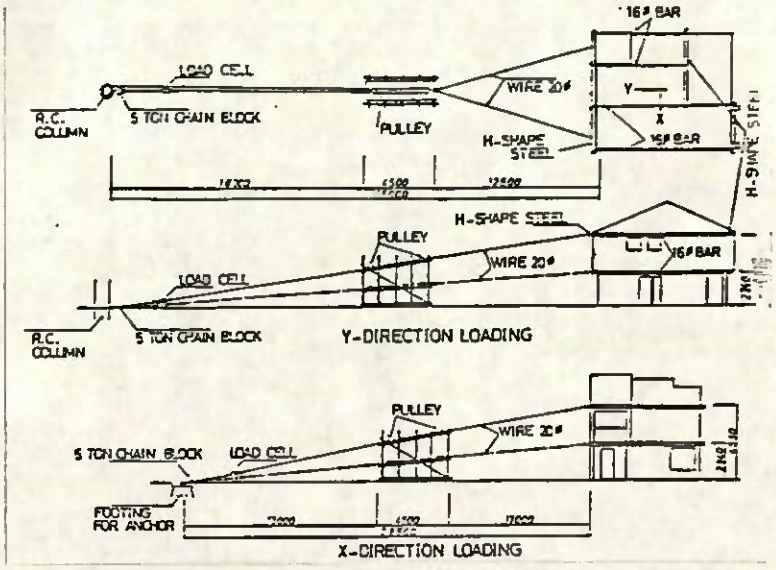


Abb. 45: Großversuchsanordnung im Freien an einem Holzhaus im Maßstab 1:1 zur experimentellen Überprüfung der Gesamtsteifigkeit gegen horizontale Lasten

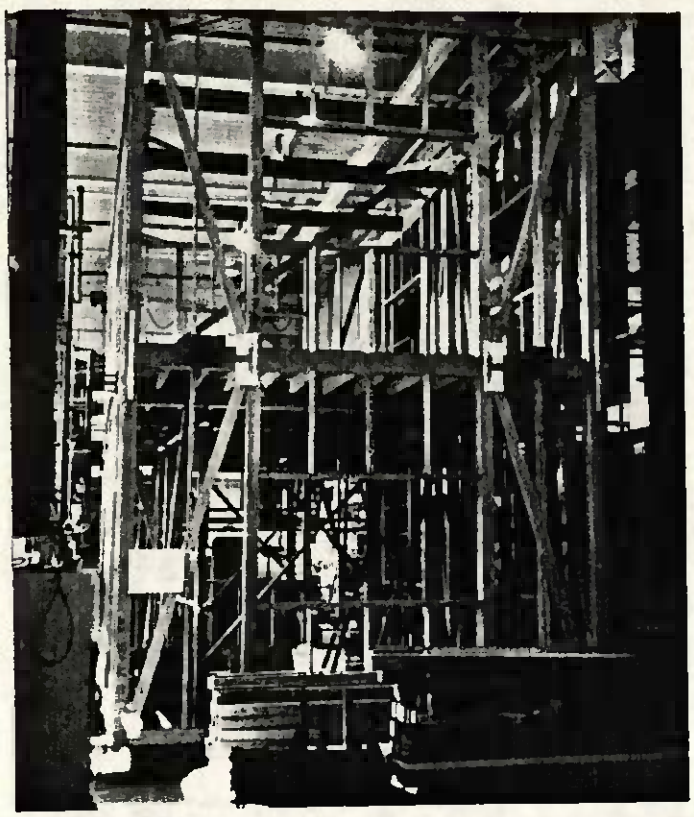


Abb. 46: Großversuch an einer Holzskelettkonstruktion zur experimentellen Überprüfung der Gesamtsteifigkeit gegen horizontale Lasten im Forschungslaboratorium in Tsukuba

4.2 Verbindungsmittel des konstruktiven Ingenieurholzbaues

4.2.1 Dübel, Dübel besonderer Bauart, Schraubenbolzen, Schrauben, Nägel, Sondernägel, Bauklammern

Dübel:

Die in japanischen Standards erlaubte Verdübelung (Abb. 47) mittels gekreuzter Bleche, stehender Bleche und trapezförmiger Holzdübeln, ist nach der österreichischen Norm nicht erlaubt. Daneben werden natürlich auch Dübel konventioneller Bauart, wie auch in Österreich gebräuchlich verwendet, z.B. offene Ringdübel, Holzdübel verschiedener Form, Kübler Holzdübel etc.

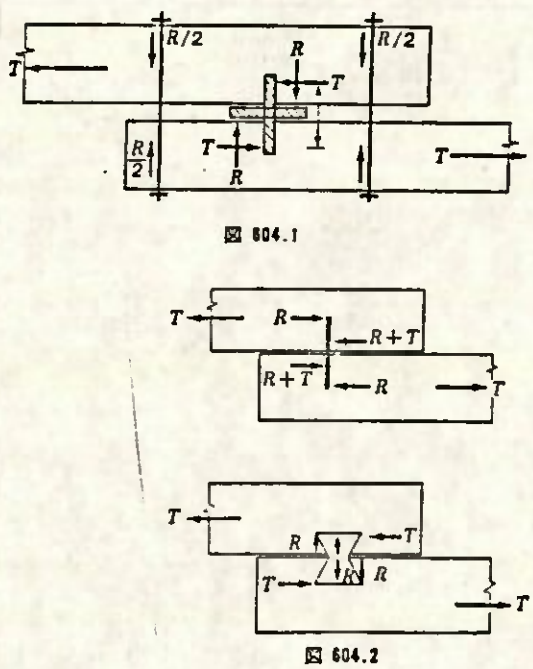


Abb. 47: Schematisch dargestellte Dübelverbindungen

Dübel besonderer Bauart:

Die in Japan verwendeten Dübel dieser Art, die nicht genormt, sondern an eigene Zulassungen gebunden sind, entsprechen jenen in Österreich.

Schraubenbolzen:

Ein international verwendetes Verbindungsmittel (Abb. 48) wird natürlich auch in Japan verwendet, wobei auch der Berechnungsansatz dem in der österreichischen Norm B 4100 angegebenen entspricht.

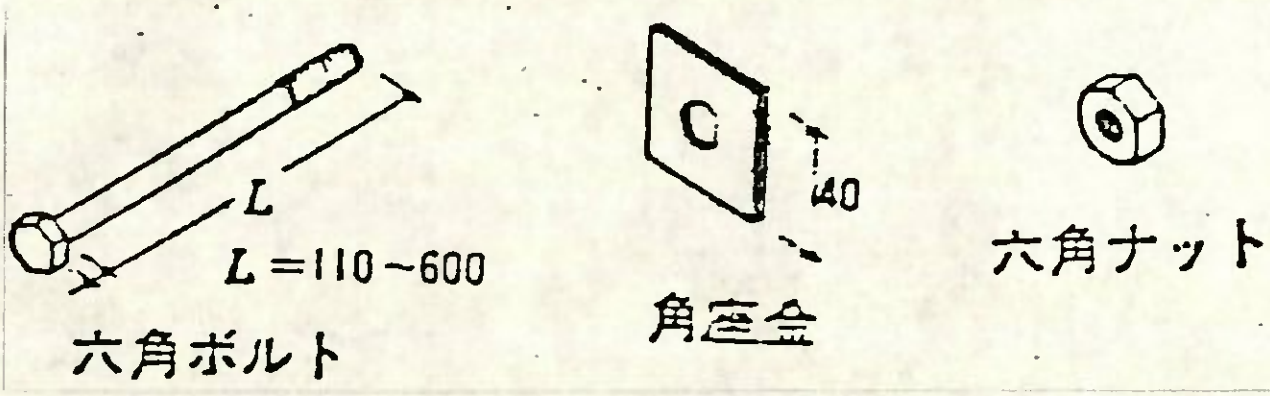


Abb. 48: Schraubenbolzen

Neben den normalen Schraubenbolzen werden auch Sonderausführungen mit aufgeschweißten Laschen verwendet (Abb. 49)

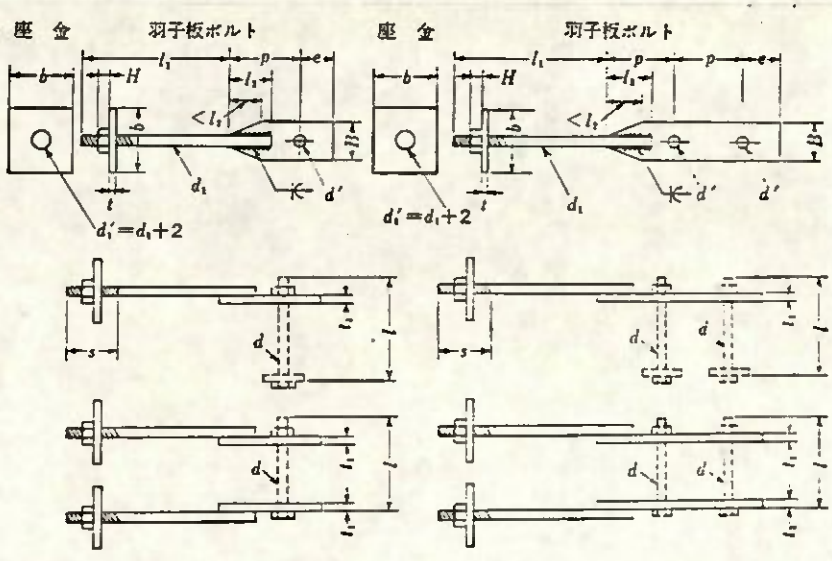


Abb. 49: Schraubenbolzen mit angeschweißten Laschen
(Auszug aus der japanischen Norm)

Schrauben:

Im Gegensatz zu Österreich werden in Japan Holzschrauben (Schlüsselschrauben) in viel größerem Ausmaß verwendet wie in Östereich, so z.B. für biegesteife Trägerstöße in Verbindung mit Stahllaschen. Diese Verbindung wird in Österreich unter Verwendung von Stabdübeln und eingeschlitzten Stahlblechen oder mit vorgebohrten Nägeln in Verbindung mit Nagelplatten hergestellt.

Nägel und Sondernägel:

Gewöhnliche Drahtnägel sowie Sondernägel mit gerilltem oder schraubenförmigem Schaft sind in Japan ebenfalls in Verwendung. Die Drahtnägel besitzen meist einen eigenen Farbüberzug, um die Unterscheidung der einzelnen Größen zu erleichtern.

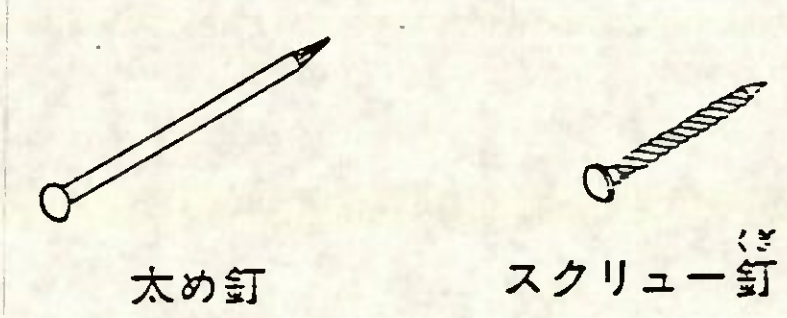


Abb.50 : Draht- und Rillennagel

Eine Nagelart, die im europäischen Raum nicht in Verwendung steht, ist der "FLAT-NAIL", der einen rechteckigen Querschnitt mit abgerundeten Kanten sowie einen gestauchten Kopf besitzt.

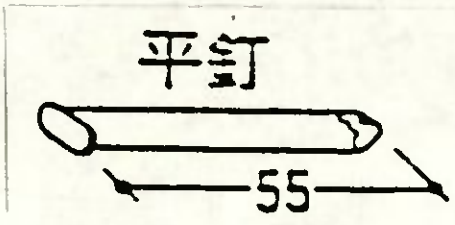


Abb. 51: "FLAT-NAIL"

Diese "FLAT-NAILS", die auch in Kanada in Verwendung sind, werden in verschiedenen Längen, aber mit einheitlichem Querschnitt hergestellt. Die genauen Abmessungen sind in Abb. 52 angegeben.

Dimensions of flat-nail:

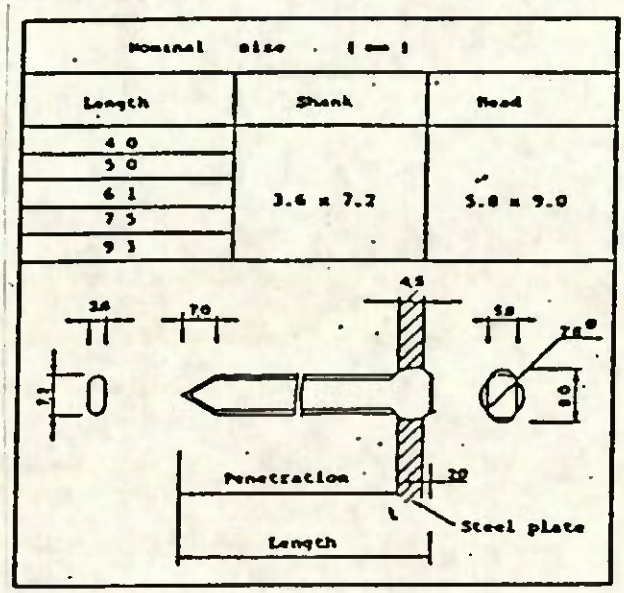


Abb. 52: Abmessungen der "FLAT-NAILS"

In Japan sind derzeit Versuche im Gang, welche die Tragfähigkeit der "FLAT-NAILS" quer und längs zur Faserrichtung bei verschiedenen Holzarten sowie den Ausziehwiderstand ermitteln sollen.

Stabdübel und Gewindestange

Beide Verbindungsmittel sind auch in Japan bekannt (Abb. 53). Bevorzugtes Einsatzgebiet dieser Verbindungsmittel sind verleimte Konstruktionen, die aber in Japan bisher eher selten zur Ausführung gelangen.

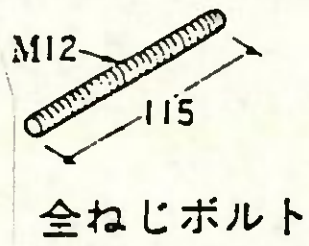


Abb. 53 Gewindestange

Von Interesse ist vielleicht zu vermerken, daß der Stabdübel in Japan auch mit "Stabdübel" bezeichnet wird, also ein Zeichen dafür, daß dieses Verbindungsmittel aus dem deutschsprachigen Raum übernommen wurde.

Bauklammern:

Im Gegensatz zu Österreich werden in Japan auch kleine Bauklammern von 90 - 180 mm Länge und einem runden Querschnitt von Ø 6, 9 und 13 mm verwendet, wobei es auch um 90 verdrehte Ausführungen gibt (Abb. 54). Diese Bauklammern werden im Holzhausbau sehr häufig verwendet.

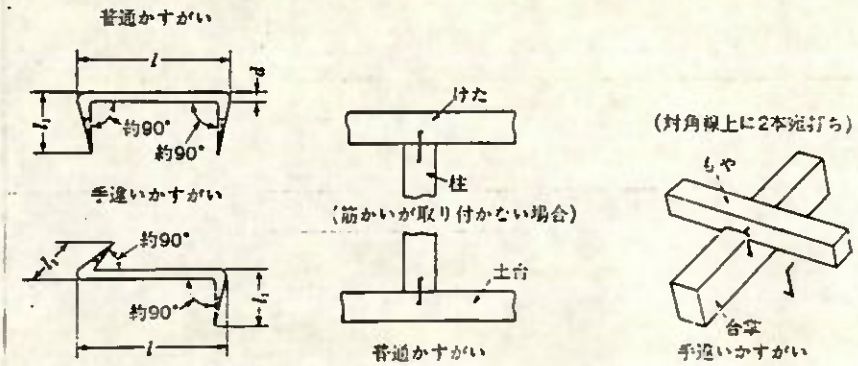


図 606.11　　図 606.12

表 606.7 か す が い　　(単位：mm)

呼び方		寸法 径 d	寸法 働き長さ l	寸法 つめ長さ l_1	備考
普通かすがい	90	6	90	30	つめは，l_1 の $\frac{1}{3}$～$\frac{1}{2}$ を角すい形とする
	120	6	120	45	
	120	9	120	45	
	150	9	150	45	
	180	13	180	50	
手違いかすがい	90	6	90	35	
	120	9	120	45	
	150	9	150	50	
	180	13	180	50	

Abb. 54: Bauklammern (Auszug aus der japanischen Norm)

Auch für diese Verbindungsmittel werden in Japan derzeit Tragfähigkeitsversuche durchgeführt.

4.2.2 Stahlblechformteil

Die in Japan verwendeten Stahlblechformteile zur Verbindung der einzelnen Konstruktionselemente als Ersatz für die zimmermannsmäßigen Holzverbindungen entsprechen im großen und ganzen den in Europa und in Österreich gebräuchlichen Verbindern, wobei allerdings teilweise eine veränderte Geometrie ausgeführt wird, z.B. senkrecht zur Verbinderfläche ausgebildeten Zacken, die eine provisorische Befestigung erlauben und daher eine gewisse Montageerleichterung beim Zusammenbau mit sich bringt (Abb. 55).

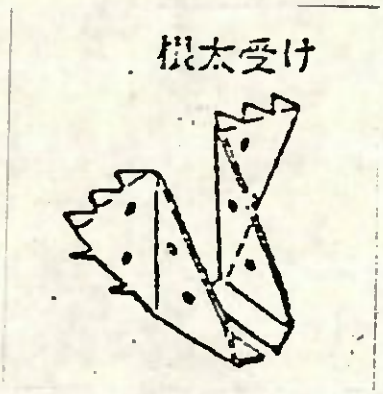


Abb. 55: Auflagerschuh mit senkrecht zur Verbinderfläche ausgebildeten Zacken

Die üblichen Verbindungsmittel, die bei der modifizierten Form der traditionellen japanischen Holzbaukonstruktion bevorzugt zur Anwendung kommen, sind in Abb. 56 und jene, die bei der 2" x 4" (Zoll) Konstruktion Verwendung finden, in Abb. 57 dargestellt.

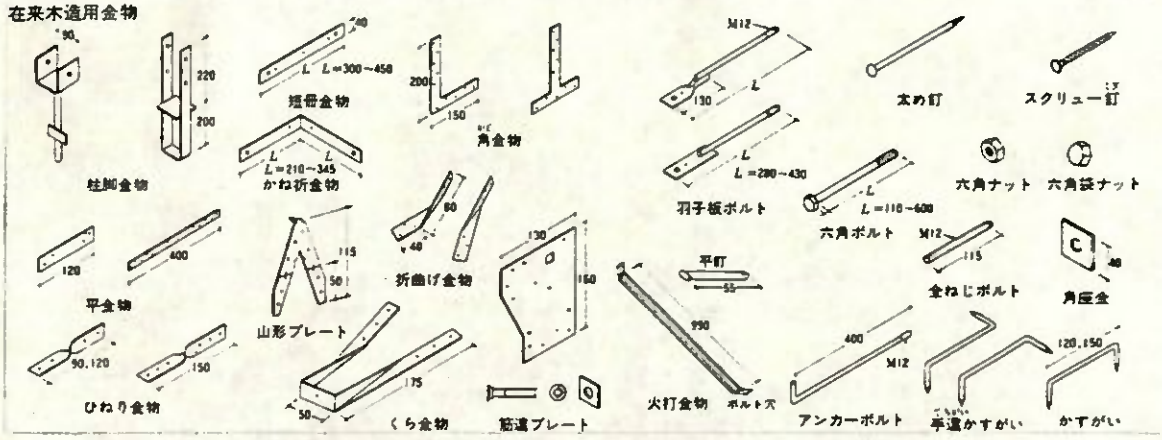


Abb. 56: Verbindungsmittel, die üblicherweise bei der modifizierten Form der traditionellen japanischen Holzbaukonstruktion zur Anwendung kommen.

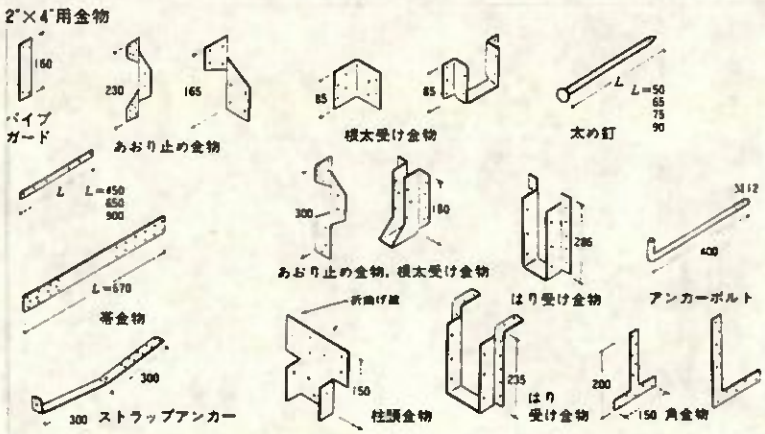


Abb. 57: Übliche Form der Holzverbinder, die bei der 2" x 4" (Zoll) Konstruktion verwendet werden

4.2.3 Verbindungsmittel bei brettschichtverleimten Konstruktionen

Bei der Verwendung von Brettschichtholz im Wohnhausbau kommen neben den üblichen Stahlblechformteilen und modernen Verbindungsmitteln auch zimmermannsmäßige Holzverbindungen kombiniert mit Schraubenbolzen zur Anwendung (siehe Abb. 58 bis 59)

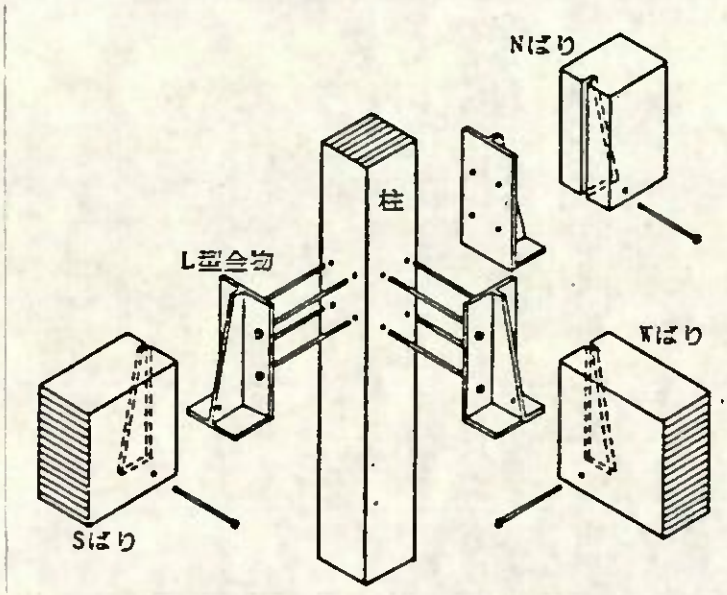


Abb. 58: Verbindung mit Balkenschuh

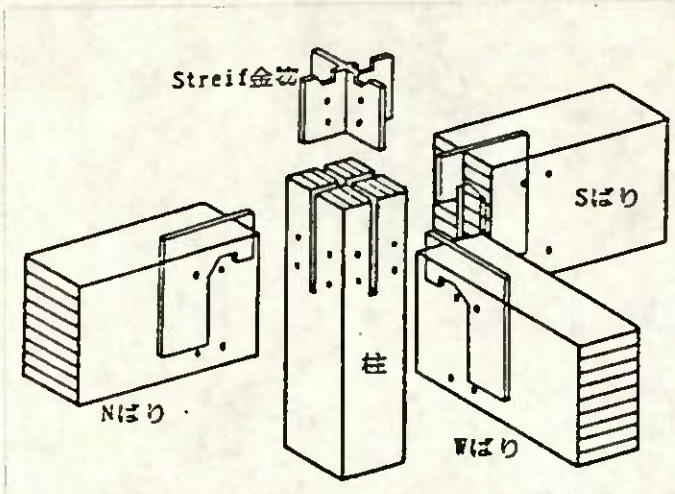


Abb. 59: Verbindung mit dem patentierten Streifverbinder aus der BRD

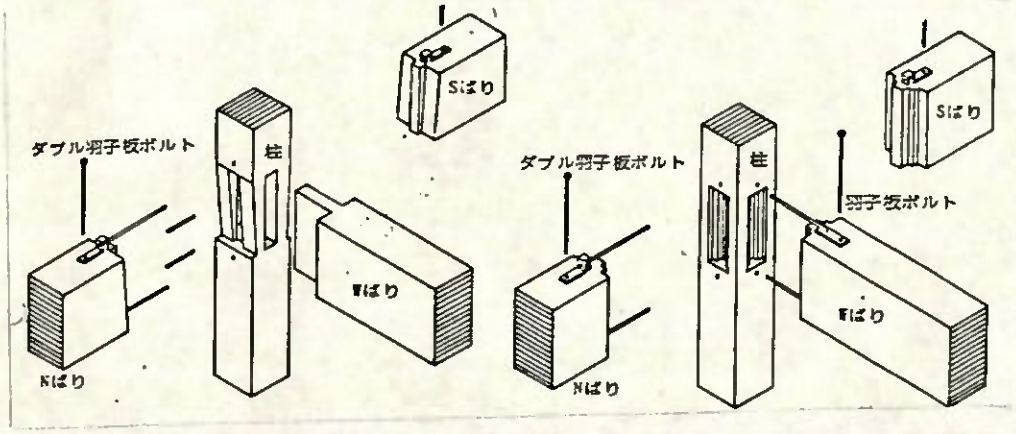


Abb. 60: Zimmermannsmäßige Holzverbindungen bei brettschichtverleimten Konstruktionsgliedern kombiniert mit modernen Verbindungsmitteln, im vorliegenden Fall mit Bolzen mit aufgeschweißter Lasche

Bei weiter gespannten Traggliedern des Holzleimbaues treten größere Anschlußkräfte auf. In Japan wie auch in Österreich werden hiezu erforderliche Verbindungslemente aus zusammengeschweißten Blechen hergestellt (Abb. 61).

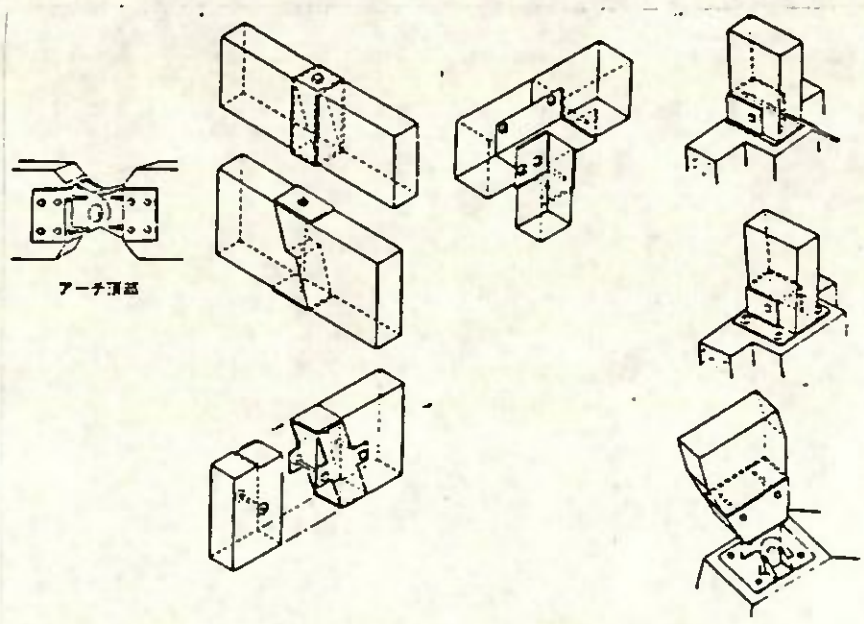


Abb. 61: Verbindungselemente aus zusammengeschweißten Blechen Von links nach rechts: Firstgelenk, Gelenksausbildung, Balkenauflager auf Stütze, Fußgelenksausbildung.

4.3 Brandverhalten von Holzkonstruktionen unter Berücksichtigung der Verbindungsmittel

Auch in Japan werden Brandversuche durchgeführt. Ein Hauptaugenmerk wird dabei, wie bei uns, der Problematik der Verbindungsmittel zugewendet. Die Untersuchungen über "Fire Resistance Test of Glued Laminated Timber" vom Dezember 1985 herausgegeben vom "Building Research Institute, Ministry of Construction" zeigen quantitativ ähnliche Ergebnisse wie in Österreich.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der Holzverbindungen und Verbindungsmittel, welche bei japanischen Holzkonstruktionen zur Anwendung kommen und deren Vergleich mit österreichischen erlaubt folgende Aussagen:

In Japan werden im Wohnhausbau bevorzugt zimmermannsmäßige Holzverbindungen mit hoher Paßgenauigkeit ausgeführt. Die Herstellung dieser Verbindungen erfolgt teilweise auch mit eigens hiezu entwickelten Robotern. Diese Bauweise im traditionellen und im modifizierten traditionellen japanischen Stil, ist als Fortführung der aus China übernommener Holzbaukunst zu verstehen. Daß sie auch heute noch bevorzugte Anwendung findet, kann durch die tiefe Verwurzelung der Bevölkerung in ihrer Geschichte und Tradition erklärt werden. Die Tragfähigkeit dieser Verbindungen, die auch für die Gesamtstabilität des Bauwerks verantwortlich ist, hat sich über Jahrhunderte bewährt. Für diese Verbindungen gibt es natürlich keine Berechnungsmethodik. Daher ist es auch erklärbar, daß in Japan zahlreiche experimentelle Untersuchungen über die Tragfähigkeit dieser zimmermannsmäßigen Holzverbindungen durchgeführt werden.

Auch in Österreich werden im Zimmereigewerbe noch zahlreiche zimmermannsmäßige Holzverbindungen verwendet, für die es keine Berechnungsmethodik gibt. Es erscheint durchaus überlegenswert für diese Verbindungen Tragfähigkeitsuntersuchungen durchzuführen, denn experimentell abgesicherte Tragfähigkeitswerte könnten wieder einen Innovationsprozeß im Zimmereigewerbe bewirken.

Auch die in Japan angewandte Methodik zur Vermeidung von Schwindrissen durch Auswahl der Holzqualität und nachträgliche Behandlung mit natürlichen Wachsen gegen Feuchtigkeitsaufnahme, sollte in Österreich weiter verfolgt werden. Dies vor allem in Hinblick auf sichtbar bleibende Konstruktionsglieder im Innenausbau, die neben ihrer Tragwirkung auch eine ästhetische Funktion besitzen.

Bei den im Ingenieurholzbau verwendeten Verbindern wäre für Österreich vor allem die Möglichkeit des Einsatzes von "FLAT-NAILS" zu untersuchen.

Ein weiterer für Österreich sehr wichtiger Aspekt ist der in Japan vorgesehene Einsatz von Holzhäusern bis zu 3 Geschossen in gekuppelter Bauweise, aber auch in geschlossener Bauweise in Form von Reihenhäusern. Die hiezu erforderlichen umfangreichen brandschutztechnischen Untersuchungen werden derzeit durchgeführt.

Da die österreichischen Bauordnungen derzeit solche Bauten aus brandschutztechnischen Anforderungen nicht zulassen, sollten auch in Österreich in dieser Richtung verstärkt Untersuchungen durchgeführt werden. Dies umso mehr, da Österreich ca. 3,754.000 ha Wald besitzt. Das bedeutet, ca. 45 % von Österreich ist mit Wald bedeckt. Bei entsprechender Betreuung ein unerschöpflicher Rohstoff.

Im Zusammenhang mit dem Waldreichtum Österreichs ist auch der in Japan erkennbare Trend zum Einsatz von Substitutionsprodukten in der Art von" Flak-Boards" an Stelle von Furnierplatten als Beplankungsmaterial etc. für die österreichische Spanplattenindustrie nicht uninteressant.

Der Holzleimbau ist in Japan erst in Entwicklung begriffen, hier besitzt Österreich einen eindeutigen technologischen Vorsprung. Ein Know-how Transfer nach Japan wäre angebracht.

Im Verlauf dieser Untersuchung war es auch erforderlich japanische Literatur zur Übersetzen. Die Lösung dieses Problems

brachte ein computergestütztes Übersetzungsprogramm für den Fachbereich Holzbau. Mit dieser Einrichtung ist es nun möglich, österreichische Fachkräfte auf dem Gebiet Holzbau die japanische Fachliterartur zu erschließen.
Alle für die österreichische Holzindustrie relevanten Punkte werden dem Bundesholzwirtschaftsrat als zuständiges Gremium vorgetragen.

6. COMPUTERUNTERSTÜTZTES ÜBERSETZUNGSPROGRAMM FÜR DEN HOLZBAU

Zur Durchführung vorliegender Untersuchung war es erforderlich, japanische Fachwörter aus dem Gebiet des Holzbaues ins Deutsche zu übersetzen. Zugleich sollte ein japanisches Holzbaufachbuch über Verbindungsmittel lesbar gemacht werden. Mit dieser Aufgabe wurde Herr Univ. Doz. Dipl. Ing. Dr. techn. E. Simoncsics betraut.

Allgemeine Beschreibung der Arbeit:

Um neu entwickelte Technologien aus Japan nach Österreich zu bringen, war es erforderlich eine Einrichtung zu schaffen, mit deren Hilfe österreichische Fachkräfte der technischen Wissenschaften die japanische Fachliteratur erschließen können. Mit der Unterstützung des BMfW konnte die Anlage soweit ausgebaut werden, daß japanische Termini computermäßig erfaßt werden konnten. Die Voraussetzung zur Verwirklichung der obigen Anlage war das Vorhandensein des von Dozent Simoncsics entwickelten Kodifizierungssystems für die Abrufbarkeit von 6.500 sino-japanischen Schriftzeichen.
Die computermäßige Erfassung von japanischen Termini erfolgte meistens aus vorhandenen Wörterbüchern. Die gespeicherten Wörter konnten danach nach dem mnemotechnischen Code abgerufen werden.

Neue Zielsetzung im Rahmen des Projekts:

Bei der neuen Aufgabenstellung, ein konkretes japanische Holzfachbuch lesbar zu machen, mußte eine Methode gefunden werden, wie man den im Buch verwendeten Wortschatz erfaßt. Um eine schnelle und effiziente Speicherung zu ermöglichen, mußten folgende Arbeiten geleistet werden:

1. Erstellung eines Computerprogrammes zur Erfassung japanischer Termini. Das bestehende Programm zur Erfassung von Einzelschriftzeichen mußte wesentlich erweitert werden (Fachausdrücke der japanischen Sprache bestehen aus mehreren Einzelschriftzeichen).

2. Erstellung eines Programmes, mit dessen Hilfe eine Doppelerfassung desselben Terminus vermieden werden kann.
   (Bevor ein neues Wort aufgenommen wird, wird durch die Betätigung einer Kontrolltaste geprüft, ob es bereits gespeichert ist).

3. Die Termini mußten formal so erfaßt werden, daß ihre grammatische Funktion (Wortarten in Englisch: noun, verb, adjective, adverb, conjunction, particle) bei einer Satzanalyse mit Computerhilfe eruiert werden kann.
   Dazu war die Zusammenarbeit mit einem japanischen Institut in Tokio erforderlich.

4. Da bei einem Text (in japanischer Sprache) die Lesung der Termini für Österreicher unbekannt ist, mußten für die Erfassungsarbeiten japanische Mitarbeiter herangezogen werden. Auf diese Weise konnten aus dem Buch "Japanische Holzverbindungen" von Seike 1.000 Wörter samt englischer Übersetzung erfaßt werden. Die deutsche Äquivalente wurden über die englischen Übersetzungen, in einer zweiten Arbeitsphase, gespeichert.

5. Zur Lesbarmachung eines Buches ist auch eine computerunterstützte Satzanalyse erforderlich. Auch auf diesem Gebiet wurden weitgehende analytische Vorarbeiten geleistet und für einfache Sätze bzw. Sätze mit einem Relativsatz Computerprogramme erstellt. Eine detaillierte Satzanalayse mit Computerhilfe kann jedoch nur im Rahmen eines neuen Projektes zum Ziel gesetzt werden, da sich diese als ein sehr komplexer Aufgabenbereich erwies.

Beilagen:

BASISPROGRAMME

1. Schreiben mit Silbenschrift
2. Findung von Einzelschriftzeichen

AUFBAUPROGRAMME:

1. Computermäßige Erfassung von Termini (samt Kontrolle) eventueller Doppelaufnahmen

2. Findung von Termini mit Hilfe des mnemotechnischen Codes (SIM-CODE).

COMPUTERUNTERSTÜTZTE SATZANALAYSE

1. Analyse der Satzstruktur durch
   - Findung der Wortfugen
   - Berücksichtigung der Valenz

2. Lesbarmachung von Fachartikeln bzw. Fachbüchern durch
   -Bestimmung der Begrifffe (Syntax und Semantik)
   -Feststellung der noch nicht erfaßten Begriffe
   (Die Forschung über das letzte Teilproblem wird im Rahmen eines Folgeprojektes fortgesetzt).