

Fachwerkträger aus Brettschichtholz mit 13° Dachneigung für spezielle Einsatzgebiete

Dipl.-Ing. Wolfgang Rug, KDT,
Dipl.-Ing. Jürgen Jankowiak, KDT,
Bauakademie der DDR, Institut für Industriebau,
Dipl.-Ing. Wolfgang Kofent, KDT,
Forschungsinstitut des VEB Kombinat Bauelemente und Faserbaustoffe

Zielstellung

Auf der Grundlage der Analyse des internationalen und nationalen Entwicklungsstandes auf dem Gebiet des Holzbaus wurde in [1] und [2] die Notwendigkeit der stärkeren Nutzung von Holz für Konstruktionen im Industriebau herausgearbeitet.

In der 2. Hälfte der 80er Jahre konzentriert sich die Gemeinschaftsarbeit des Instituts für Industriebau der Bauakademie der DDR und des Instituts des Kombinales Bauelemente und Fa-

serbaustoffe auf die Entwicklung industriebauspezifischer Holzkonstruktionen.

Das bisherige Erzeugnissortiment des Kombinati Bauфа bei Dachtragwerken in Holzbauweise besteht vor allem aus getypten Brettbindern in traditioneller Nagelbauweise, 60 % mit Spannweiten von 6 bis 21 m, und stahlunterspannten Bindern aus Brettschichtholz (40 % Typ D nach Tabelle 1) im Spannweitenbereich von 15 bis 24 m.

Für Anwendungsfälle, vor allem in der Industrie und Landwirtschaft, wo eine hohe chemische Beanspruchung vorliegt, sollte das bisherige Sortiment im Spannweitenbereich 18 bis 24 m durch die Entwicklung eines Fachwerkbinders aus Brettschichtholz mit einer Dachneigung von 13° ergänzt werden (Typ DK nach Tabelle 1).

Das Ziel dabei besteht darin, materialsparende Binderlösungen mit einem geringen Unterhaltungsaufwand zu erproben.

Im Auftrag des Kombinati Bauфа entwickelte das Institut für Industriebau Funktionsmuster von Faserwerkträgern, die durch die Errichtung eines Experimentalbaus im Jahre 1984 in einem Chemiekombinat erprobt wurden.

In Verbindung mit der Errichtung des Experimentalbaus bestand die Aufgabe, verschiedene konstruktive Lösungen hinsichtlich ihrer Serienfertigung unter den gegenwärtigen technischen und technologischen Bedingungen der DDR zu analysieren.

[6] und [7] enthalten erste Ergebnisse der Entwicklung.

Untersuchungen zur Konstruktion

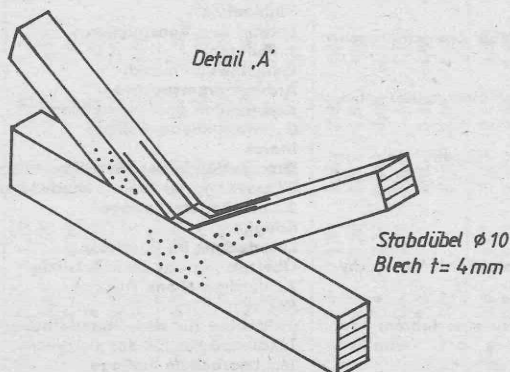
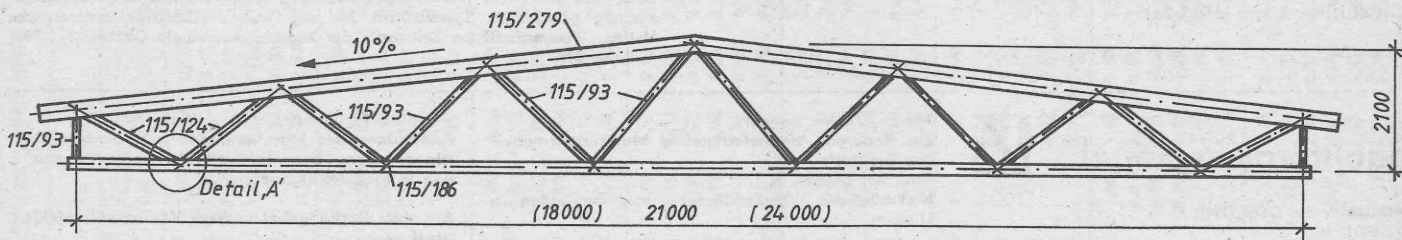
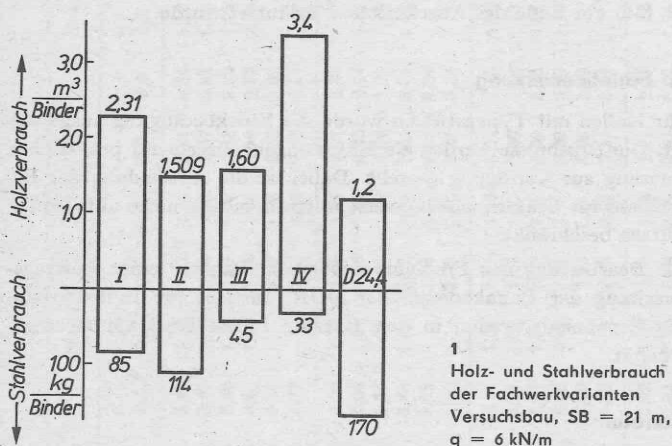
Da die Wirtschaftlichkeit von Holzfachwerkträgern von der Wahl der Verbindungsmittel für die Verbindung des Gurtes mit den Diagonalen und Pfosten des Fachwerks abhängt, wurden für den Versuchsbau Fachwerkträger mit unterschiedlichen Verbindungsmitteln untersucht (Tabelle 2).

Die Spannweite der Fachwerkträger betrug 21 m.

Der Materialverbrauch der Binder für den Versuchsbau, aufgeschlüsselt für die untersuchten Konstruktionslösungen und verglichen mit dem zum gegenwärtig verfügbaren stahlunterspannten Fachwerkträger Typ „Suhling“ (Typ D nach Tabelle 1), wird in Bild 1 dargestellt.

Im Vergleich zum serienmäßig gefertigten „Suhlingbinder“ des Kombinati Bauфа ist der Holzverbrauch der Fachwerkbinders, z. B. der Variante III, bei etwa gleicher Lastgruppe um rd. 33 % höher. Dieser Wert wird sich noch in geringem Maße vergrößern, wenn man die Tatsache einbezieht, daß der Vergleichsbinder Typ „Suhling“ eine größere Spannweite (24 m) und eine um 1 kN/m höhere Laststufe hat. Der Stahlverbrauch des Suhlingbinders liegt um 375 % über dem der Variante III.

Der Holzeinsatz für Serienbinder mit 21 m Spannweite und 6 m Achsabstand wurde unter den Aspekten der Gestaltung, der Geometrie der Binder und verschiedener Arten von Verbindungsmitteln untersucht, wobei auch neueste wissenschaftlich-technische Erkenntnisse der Holzbauforschung auf dem Gebiet der Verbindungsmittel [7] [8] Berücksichtigung fanden.



2
Fachwerkbinder
mit Knotenblechen
(Variante III)

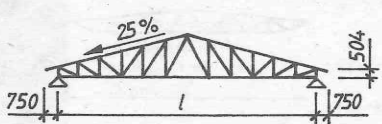
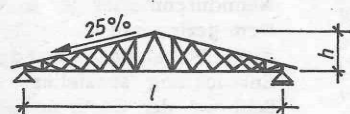
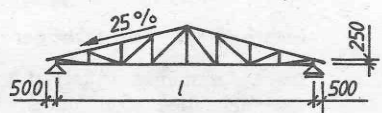
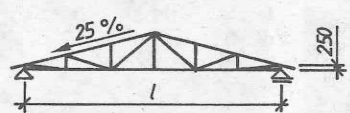
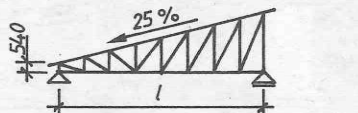
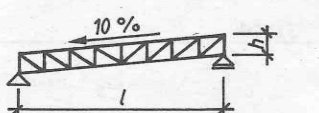
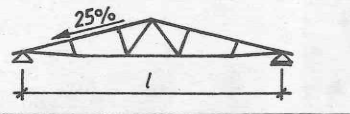
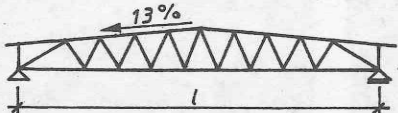
Die Untersuchung ergab, daß in Abhängigkeit von der Art der Verbindungsmittel der Holzverbrauch dem Niveau des handelsüblichen Suhlingbinders angenähert werden kann. Das wäre z. B. mit Stabdübel-Blech-Verbindungen (System Blumer nach [8] bis [11]) und mit Klebstoff als Verbindungsmittel erreichbar (Bild 2). Schlußfolgernd wurden unter Beachtung fertigungstechnologischer und materialökonomischer Aspekte 2 Varianten (Variante I und III) zur Erprobung ausgewählt. Bei beiden Varianten werden Stabdübel bzw. Stahlstifte nach TGL 33 135/02 [12] als Verbindungsmittel verwendet (Bilder 3 und 4).

Die Tragfähigkeit von Stabdübelverbindungen wird durch die Festigkeit des Holzes (Scherfestigkeit) und die Biegefestigkeit des Dübels begrenzt. Welcher Einfluß maßgebend ist, hängt von der Schlankheit des Dübels ab, vom Verhältnis Holzdicke zu Dübel-durchmesser. Ist die Schlankheit groß, wird die Tragfähigkeit durch die Festigkeit des Verbindungsmittels begrenzt. Bei kleiner

Schlankheit ist die Lochleibungsfestigkeit des Holzes ausschlaggebend. Der Holzverbrauch von Stabdübelverbindungen hängt von der richtigen Wahl des Dübel-durchmessers in Beziehung zur Holzdicke ab. Die beste Ausnutzung der Stabdübelverbindung wird dann erreicht, wenn die Schlankheit auf der Grenze zwischen den beiden Kriterien für die Tragfähigkeit liegt (Bild 5).

Wie Untersuchungen in der Schweiz gezeigt haben, kann man die Tragfähigkeit von Stabdübelverbindungen durch eine bestimmte Bolzenlagerung, zum Beispiel durch im Holz befindliche Stahlaschen, sowie durch die Stahlgüte erhöhen, wenn die Stabdübel auf Biegung beansprucht werden, d. h. bei großer Schlankheit des Dübels [9] [10]. Die Ausnutzung dieser Erkenntnis führt zu einer beträchtlichen Reduzierung des Holzverbrauchs. Nachteilige Auswirkungen auf die Tragfähigkeit üben allerdings die Querschnittsschwächungen durch das Schlitten des Holzes aus. Zur vollständigen Klärung der genannten Zusammenhänge sind

Tabelle 1 Bauweisenstruktur Dachtragwerke in Holzbauweise; SB Systembreite, AA Achsabstand, SH Systemhöhe

Bauweisen (Verbin- dungsmittel)	Bezeichnung	Konstruktionsschema	Produktion	SB in mm								AA in mm	SH in mm
				6000	9000	12000	15000	18000	21000	24000	30000		
Nagelbauweise	Satteldachbinder, WB Dach: Asbestzementwell- tafeln und wärmege- dämmte Unterdecke Typ BAB bzw. B5		1990 1985 1980	●	●	●	●	●	●			3000	6000
	Satteldachbinder, KB Dach: Asbestzementwell- tafeln Typ BAA bzw. B5		1990 1985 1980				●	●	●			4500	6000
	Satteldachbinder, WB Dach: Asbestzementwell- tafeln und wärmege- dämmte Unterdecke Typ BBE bzw. B5		1990 1985 1980	●	●	●	●					700...1500	6000
	Satteldachbinder, WB und KB Dach: Asbestzementwell- tafeln und wärmege- dämmte Unterdecke (WB) Typ U		1990 1985 1980	1)	1)	1)	1)					800...1500	6000
	Pultdachbinder, WB Dach: Asbestzementplat- ten und wärmege- dämmte Unterdecke Typ BAG bzw. BT		1990 1985 1980		●	●						3000	6000
	Pultdachbinder WB Dach: Asbestzementwell- tafeln und wärmege- dämmte Unterdecke Typ BP		1990 1985 1980		●	●						3000	6000
	ohne Decke, KB		1990				●	●	●	●		3000-4500, 6000	12000
	Dachbinder, WB Dach: Asbestzementwell- tafeln und wärmege- dämmte Unterdecke Typ D		1985 1980				●	●	●	●		3000-4500, 6000	4800...12000
	Dachbinder, KB, WB Dach: Asbestzementwell- tafeln Typ DK		1990 1985 1980							●		6000	4800...12000

1) Rastermaß 630 mm (ab 3750)

weitere experimentelle Untersuchungen in Anlehnung an die Schweizer Untersuchungen notwendig.

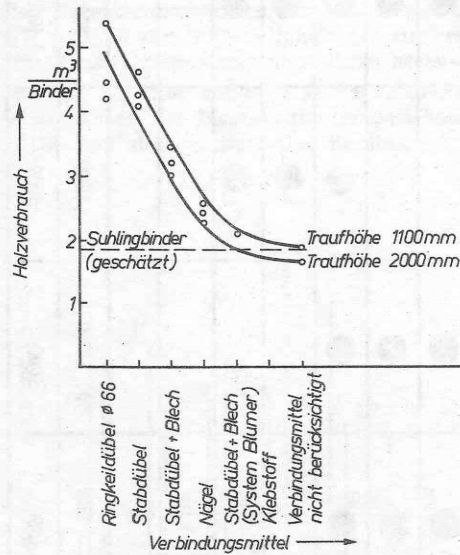
Der Unterschied im Holzverbrauch zwischen den Varianten I und III resultiert daraus, daß aufgrund der gewählten Verbindungsmittellösung bei Variante III einteilige Gurte angeordnet werden können. TGL 33135 [12] [13] läßt für Anschlüsse mit Stahlaschen eine Erhöhung der zulässigen Anschlußkräfte um 25 % zu. Eine weitere Senkung des Holzverbrauchs ist durch die Nutzung der von Gehri in [9] [10] vorgelegten wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse zur Vergrößerung der Tragfähigkeit möglich.

Fertigungstechnologie

Die Binderhälften der Variante I wurden ausgelegt. Die Löcher für die Stabdübel bohrte man mit einer Ständerbohrmaschine, wobei gleichzeitig die Diagonalen und Gurte in einer Tiefe von 295 mm am jeweiligen Knoten durchbohrt wurden.

Bei der Bindervariante III schnitt man die einzelnen Holzteile nach Schablone zu. Die Schlitzte wurden mit einer Kettenfräse ausgeführt.

Nach dem Einlegen der Bleche in die Schlitzte und dem Arretieren der Holzteile wurden mit einem Stahlbohrer die Löcher für die Stabdübel gefertigt (Bild 6).



3
Holzverbrauch für
Fachwerkbinder
Variante III in Ab-
hängigkeit von der
Art der Verbindungs-
mittel
SB = 21 m, AA = 6 m,
q = 12 kN/m

Tabelle 2 Untersuchte Bindervarianten

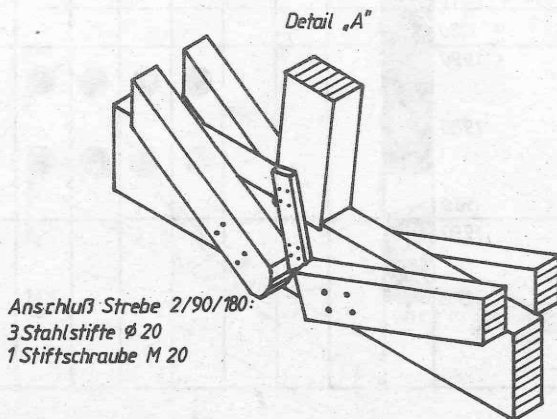
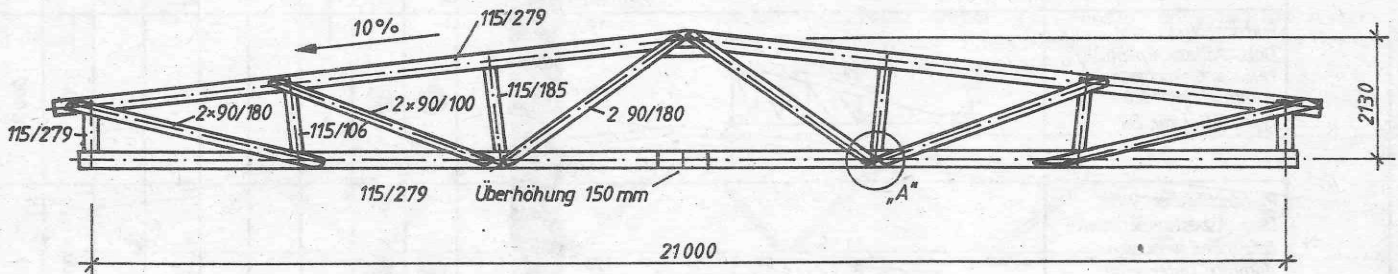
Variante	Beschreibung	Verbindungs- mittel
	Trapezförmiger Satteldachfachwerkbinder mit einteiligen Gurten und aufgesetzten zweiteiligen Diagonalen	Stabdübel
	Satteldachfachwerkbinder mit gebogenem Untergurt, Gurte einteilig, Diagonalen zweiteilig und aufgesetzt	Stabdübel mit zwei Blechen
	Trapezförmiger Satteldachfachwerkbinder mit einteiligen Gurten und einteiligen Diagonalen	Stabdübel mit Knotenblech
	Trapezförmiger Satteldach- fachwerkbinder mit einteil- igen Gurten und aufgesetzten zweiteiligen Laschen	Laubholzring- dübel Ø 66
	Satteldachfachwerkbinder mit gebogenem Untergurt, Gurte einteilig, Diagonalen einteilig, vorgespannter Fachwerkbinder über Spannglied im Untergurt	Stabdübel Knotenblech

Bei beiden Varianten wurden die Stabdübel in Löcher mit einem Nenndurchmesser der Dübel eingeschlagen (Bild 7).

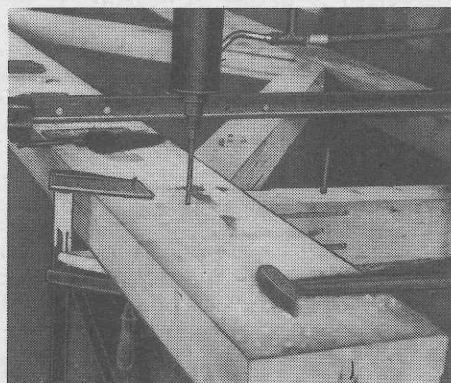
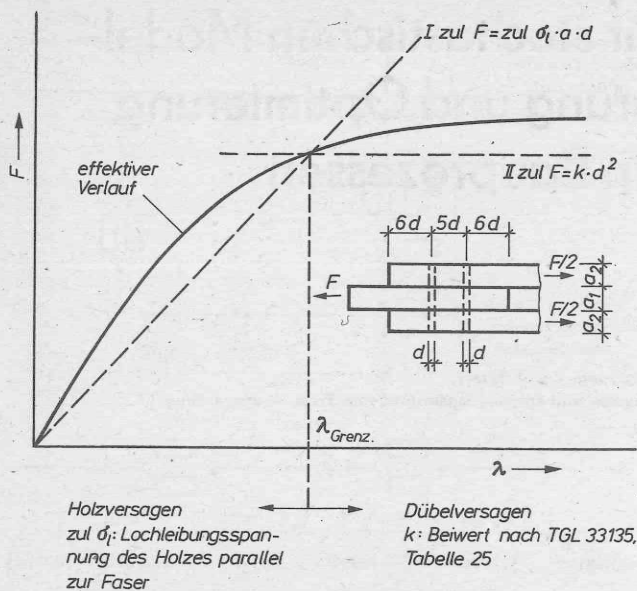
Dem geringeren Materialverbrauch der Variante III steht ein größerer Fertigungsaufwand gegenüber, der sich jedoch durch die Entwicklung spezieller technologischer Einrichtungen für das Schlitzten der Gurte und Diagonalen senken läßt. Nach der Herstellung der Trägerhälften wurden diese peketiert und, gegen Feuchtigkeit geschützt, zur Baustelle transportiert.

Montage der Fachwerkträger

Im Zusammenhang mit der Errichtung des Versuchsbaus kam eine neuartige Montagetechnologie zur Anwendung [14]. Jeweils 2 Fachwerkbinder wurden mit der Dacheindeckung zu Segmenten von 5 m Breite (Binderabstand 3 m) und 22 m Länge vorgefertigt (Bild 8). Diese Segmente hob ein Kran von der Giebelseite des Gebäudes auf 2 Gleitschienen, die sich auf dem Ringanker des Gebäudes befanden (Bild 9).



4
Fachwerkbinder mit
Stabdübelverbindungen
(Variante I)



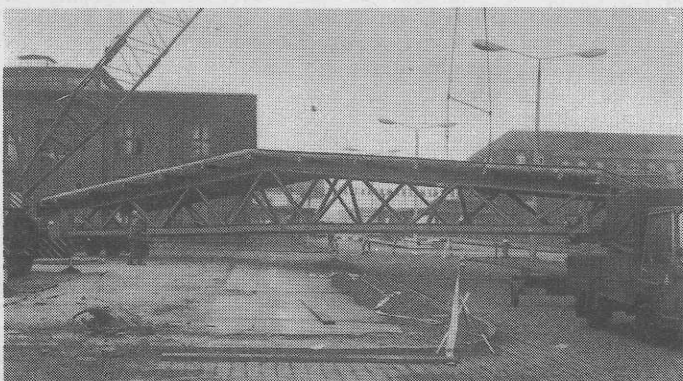
5
Tragfähigkeit eines
Stabdübeln in Ab-
hängigkeit von der
Schlankheit

6
Bohren der Löcher für
die Stabdübel



7 Einschlagen der Stabdübel

9 Anheben des Segments und Einschnen in die Richtung der Gebäudelängsachse



Anschließend verschob man die Segmente auf vier Luftfilmgleitern in die endgültige Lage (Bild 10).

Unterhaltungsaufwand

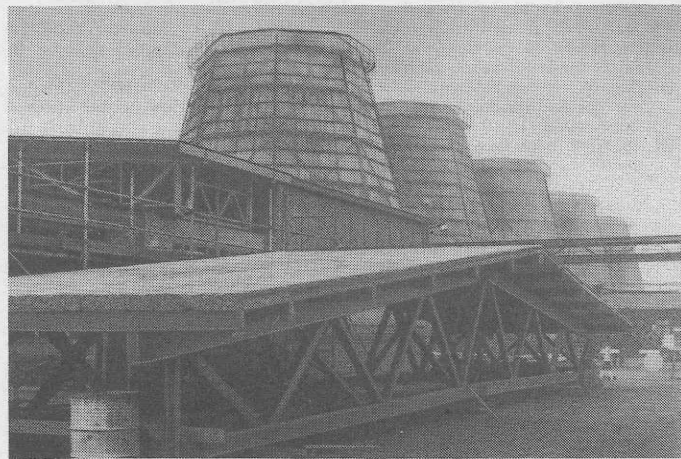
Die Bindervarianten I und III zeichnen sich durch einen guten konstruktiven Korrosionsschutz aus, da die Stahlteile fast vollständig in dem korrosionsfesteren Baustoff Holz eingebettet sind. Die Stabdübel können versenkt und mit Bitumenkitt verspachtelt werden. Bei Variante III erhielten die Stahlbleche einen Korrosionsschutzanstrich. Da alle Stahlteile wartungsfrei im Holz liegen, wird der Unterhaltungsaufwand von der sehr guten Korrosionsbeständigkeit des Holzes gegenüber den meisten aggressiven Stoffen bestimmt. Zusätzliche chemische Schutzmaßnahmen sind bei Holz i. allg. nicht erforderlich.

Der Unterhaltungsaufwand (Bild 11) beträgt für die einzelnen Bindervarianten in Brettschichtbauweise im Vergleich zu einem Binder in Stahlbauweise [15] 9 bis 28 %. Der Unterhaltungsaufwand für den Holzbinder Typ Suhling – D 2.1.1 ist aufgrund der Stahlunterspannung etwas höher. Gleichzeitig muß darauf hingewiesen werden, daß die recht feingliedrige Stahlunterspannung nach einer Standzeit von 10 bis 20 Jahren aufgrund der großen Korrosionsschäden auszuwechseln ist [16]. Die Kosten für die Auswechslung wurden bei der Ermittlung des in Bild 11 dargestellten Unterhaltungsaufwandes nicht beachtet.

Weiterentwicklung

Nach der Errichtung des Versuchsbaus können folgende Schlußfolgerungen für die Weiterentwicklung gezogen werden:

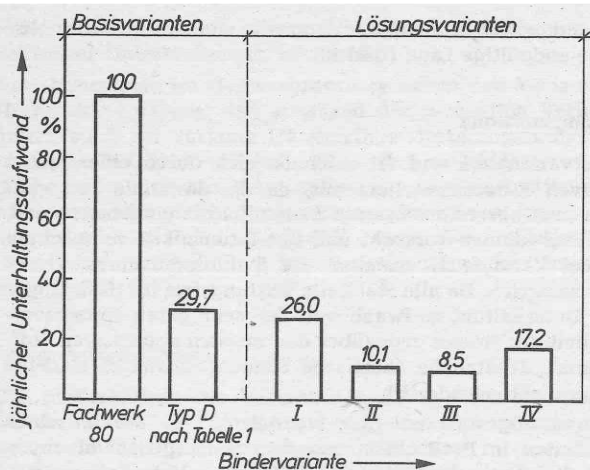
- Durch eine weitere Optimierung der Stabdübelverbindungen können noch Materialeinsparungen bei der Variante III erschlossen werden.
- Die Herstellungstechnologie, besonders der Variante III, ist weiter zu verbessern.
- Im Hinblick auf einen Einsatz bei der Rekonstruktion von Industriegebäuden ist die Variabilität der Fachwerkträger in der Spannweite, Belastung und Dachneigung zu erhöhen, was eine



8 Vormontiertes Dachsegment mit Dacheindeckung (Bindervariante III)

10 Bindersegmente nach dem Vershub





11 Unterhaltungsaufwand je Jahr Standzeit (Erstanstrich + 1 Wiederholungsanstrich) ohne Aufwand für Gerüst

Vereinheitlichung und Typisierung der Knotenpunkte für derartige Fachwerke erfordert.

- Es sind Untersuchungen zur Substitution der Stahlverbindungsstücke durch korrosionsfestere Werkstoffe durchzuführen. Die Serienproduktion wird nach der Erprobung der überarbeiteten Konstruktionslösung in diesem Jahr beginnen.

Literatur

- [1] Rug, W.; Kreifig, W.: Anwendung von Ingenieurholzkonstruktionen im Industriebau. Bauplanung – Bautechnik 37 (1983) 9, S. 408–411.
- [2] Seifarth, H.: Bauweisenstruktur ein- und mehrgeschossiger Gebäude der Industrie bis 1990. Haupttrichtungen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung. Bauakademie der DDR, Institut für Industriebau, Berlin 1984.
- [3] Kolent, H.; Stenker, H.; Michael, A.: Zum Stand und zur Entwicklung der Holzklebbauweise in der DDR. Bauplanung – Bautechnik 36 (1982) 2, S. 37–39.
- [4] Kolent, H.: Dach- und Hallenkonstruktionen in Holzklebbauweise. Bauzeitung 37 (1983) 2, S. 96–98.
- [5] Dach- und Hallenkonstruktionen: Informationen und Systemübersichten 1982. Institut für Bauelemente und Faserbaustoffe, Leipzig 1982.
- [6] Rug, W.: Die Anwendung moderner Brettschichtkonstruktionen bei der Konstruktion in der chemischen Industrie. Bitterfeld/Berlin 1984.
- [7] Jankowiak, J.: Entwicklung und Erprobung von Fachwerkträgern aus Brettschichtholz. Mitteilungen des Fachausschusses Ingenieurholzbau und des Instituts für Industriebau, Berlin (1985) 1.
- [8] Rug, W.: Neue Erkenntnisse zum Tragverhalten von Stabdübeln. Mitteilungen des Fachausschusses Ingenieurholzbau und des Instituts für Industriebau, Berlin (1985) 1.
- [9] Gehri, E.: Zur Berechnung und Bemessung von Fachwerkträgern mit Knotenplatten in eingeschlitzten Hölzern. Schweizer Ingenieur und Architekt (1983) 6, S. 145–152.
- [10] Gehri, E.: Fachwerkträger aus Buche und Fichte mit Stahlknotenplatten in eingeschlitzten Hölzern. Publikation 82-1, Baustatik und Stahlbau, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- [11] Verbindung für Holzträger. Patentschrift CH 636 395, Schweizer Eidgenossenschaft.
- [12] TGL 33135/01, Holzbau, Tragwerke – Berechnung und bauliche Durchbildung.
- [13] TGL 33135/02, Holzbau, Tragwerke – Technische Forderungen, an Verbindungsmittel.
- [14] Flohr, W.; Rohse, A.: Einsatz der Luftfilmleiter-Transporttechnik zur Montage kompletierter Dachtragwerke. Bauplanung – Bautechnik 38 (1984) 8, S. 351–353.
- [15] Grünberg, D.; Sammet, H.; Poetzsch, K.: Das Fachwerk 80 – ein vielseitig verwendbares Hallensystem. MLK-Informationen 21 (1982) 2, S. 2–9.
- [16] Geier, K.: Sanierung korrosionsschädigter Holz-Stahl-Dachbinder in Mineraldünge lagerhallen agrochemischer Zentren. Bauzeitung 34 (1980) 9, S. 494–496.



Fachkolloquium Qualitätssicherung durch Analyse von Bauschäden (II)

am Dienstag, dem 25. November 1986, 9 bis 16 Uhr,
5300 Weimar, Kongreßzentrum Weimar-Halle, Schwanseestr.

Gemeinsame Veranstaltung mit der Staatlichen Bauaufsicht
Thema: Erfahrungen bei Altbauten und Baudenkmälen

- normale Alterung, beschleunigte Alterung, Gewalteinwirkung
- Erkundung der Schadensursachen (nachträgliche Setzungsschäden, Schäden am aufgehenden Mauerwerk, Gewölbe, Holzbal-kendecke, Dachtragwerke)

Einladungen über Informationsleitstelle Land- und Meliorationsbau des Bezirkes Erfurt, 5301 Mellinger, Umgehungsstr. 78 b, Telefon Mellinger 3 31; Telex 618 910 zbowl dd

Zur stochastischen Modellierung und Optimierung von Bauprozessen

Dr. Dipl.-Ing. Čeněk Jarský,
Forschungs- und Entwicklungsinstitut vom Trust Hochbau, Prag

Einleitung

Aufgrund der inneren und äußeren ökonomischen Bedingungen ist es in allen Industriezweigen notwendig, zu sparen und alle Rohstoffreserven, vor allem die Energiequellen, möglichst intensiv zu nutzen. Das trifft auch für das Bauwesen zu. Reserven bestehen hier nicht nur auf dem Gebiet des Energie-, Material- und Zeitverbrauchs, sondern auch bei der Ausnutzung von Maschinenkomplexen, von Arbeitskollektiven sowie von materiellen und finanziellen Mitteln.

Die bisher angewendeten deterministischen Methoden der bautechnologischen Analyse und Synthese beziehen sich aber meistens nur auf den Entwurf und die Auswertung von Herstellungsprozessen der Bauwerke vom Gesichtspunkt der Durchführungsdauer und der Finanzen aus. Mit einer solchen Optimierung von Bauprozessen befassen sich unter anderem die Autoren von [1] und [2]. In der Baupraxis findet dies jedoch so gut wie keine Anwendung.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen ist es aber notwendig, solche Modelle von Bauprozessen zu erarbeiten, die vorausschauend den wirklichen Verlauf eines Bauprozesses so genau wie möglich erfassen, wobei man auch Zufallsereignisse, z. B. subjektive Faktoren, Betriebsstörungen von Baumaschinen, den Einfluß von klimatischen Bedingungen usw., berücksichtigen muß. Nur solche stochastischen Modelle erlauben wirklich eine realistische, optimale und komplexe Gestaltung der Bauprozesse.

Hauptbedingungen der Modellierung von Bauprozessen

Auf Baustellen kommt es sehr oft vor, daß ein bestimmtes Arbeitsmittel, z. B. ein Bagger, andere Arbeitsmittel bedient, z. B. die Lastkraftwagen. Intuitiv ist es klar, daß bei der bautechnologischen Vorbereitung beide Maschinen in Einklang gebracht werden müssen, weil eine Überdimensionierung und somit geringe Ausnutzung der Abfertigungsanlage mit hohen Investitionskosten sowie Leistungs- und Energieverlusten beim Betrieb dieses Systems verbunden ist. Im Gegensatz dazu führt eine Unterdimensionierung der Kapazitäten zu längeren Wartezeiten der abzufertigenden Einheiten in der Warteschlange und zu daraus resultierenden Verlusten.

Die Prozesse der Massenabfertigung, auf deren Basis eine ganze Reihe von Bauprozessen relativ gut beschreibbar ist, kann man gewissermaßen als kontinuierliche Ströme von einer gewissen Intensität charakterisieren, bei denen zufällige störende Einflüsse auftreten. Diese Störungen verursachen vor dem Durchgang der zu bedienenden Einheiten durch die Abfertigungsanlage eine Anhäufung einer wechselnden Zahl von Einheiten, die dann die Abfertigungsanlage unterschiedlich schnell passieren.

Die wirklichen Systeme der Massenabfertigung bestehen meistens nicht nur aus einer Stufe, sondern aus mehreren Kanälen, die in Reihenschaltung angeordnet sind. Ein Beispiel des sogenannten geschlossenen (zyklischen) Systems, das die Erdarbeiten darstellt und sich aus 4 Abfertigungsstufen zusammensetzt, ist in Bild 1 veranschaulicht. In solchen Systemen arbeitet meistens eine bestimmte Anzahl von zu versorgenden Einheiten (Kip-pern), die zu Prozeßbeginn in das System eintreten und dann darin verweilen. Es handelt sich also um einen Prozeß der Massenabfertigung mit einer endlichen Elementanzahl, mit einigen