

MATERIALGERECHT ODER MONTAGEGERECHT? – ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG EINES RÄUMLICHEN TRAGWERKES IN DER DDR

Zusammenfassung

Mit dem durch den VEB Metalleichtbaukombinat gemeinsam mit Bauakademie und Hochschulen konzipierten und stetig weiterentwickelten Raumtragwerk ‚Typ Ruhland‘ stand dem Leichtbau in der DDR ab den 1970er-Jahren ein materialeffizientes Baukastensystem für segmentierte Dachtragwerke zur Verfügung. Neben der Verbesserung von Material- und Fertigungseffizienz verlagerte sich der Schwerpunkt der weiteren Entwicklungstätigkeit auf Effizienzsteigerungen im Montageprozess. Im Artikel wird untersucht, wie sich die Maßstäbe zur Wertung der Effizienz des Gesamtproduktes verschoben und wie die Ingenieurhochschule Cottbus, als wichtige Bildungs- und Forschungseinrichtung des DDR-Bauwesens, durch theoretische Arbeiten und praktische Großversuche dazu beitragen konnte.

Abstract

From the mid-1970s onwards, the ‚Ruhland‘ type spatial truss system provided an efficient, light-weight and flexible modular solution for segmented roof structures supplementing the variety of light structures in the GDR. The system was designed and produced by the VEB Metalleichtbaukombinat in cooperation with the Bauakademie and universities. During its development and optimisation process, the engineering focus shifted from material efficiency towards efficiency of installation. The article explores this shift by examining the contribution of the engineering college in Cottbus to theoretical investigation and experimental verification of the structural type and its associated processes.

Einleitung

Als im Januar 2021 eine Lagerhalle auf dem Zentralcampus der heutigen Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg in Cottbus abgerissen wurde, verschwand ein auf den ersten Blick recht unspektakuläres Typentragwerk, wie es in der DDR tausendfach bei der Errichtung von Industrie- und Sporthallen eingesetzt worden war. Obwohl über mehrere Jahrzehnte als Materiallager und Parkplatz genutzt, hatte das vor sich hin rostende Bauwerk dennoch einen unfertigen Charakter bewahrt: drei Seiten der Halle ohne Wandbekleidung, keinerlei technische Installationen, im Inneren ein deutlich sichtbares filigranes stählernes Raumfachwerk, das auf sechs Stützen ruhte; die Dachfläche ein bloßes Trapezblech, das an zwei Stellen unvollständig war und das darunterliegende Tragwerk seit Jahren der Witterung aussetzte (Abb. 1).¹

Ein zweiter Blick auf das Tragwerk offenbart parallel laufende, über 30 Meter gespannte, dreigurtige Fachwerke, gegliedert in zwei voneinander getrennte Segmente, die jeweils unterschiedlich auf die Stützen aufgelagert wurden. Das im allgemeinen Sprachgebrauch als ‚Stenker-Halle‘ bekannte Bauwerk – nach Horst Stenker (1923–2000), dem früheren Leiter der Sektion Ingenieurbau an der damaligen Ingenieurhochschule Cottbus – stellt dabei nur einen von mehreren Versuchs- und Experimentalbauten dar, die in verschiedenen Bauweisen auf dem Campus errichtet worden waren und damit nicht nur der Forschung, sondern zugleich auch der Befriedigung des Raumbedarfs der Ingenieurhochschule zugutekamen.

Im Innovationsgefüge zur Entwicklung und Weiterentwicklung baubezogener Technologien in der DDR nahmen die Ingenieurhochschulen eine wichtige Rolle ein. Ingenieurhochschulen waren Ende der 1960er-Jahre als Institutionen für eine praxisorientierte Lehre und Forschung gegründet worden, die theoretische Grundlagenforschung mit der schnellen Bereitstellung anwendungsreifen Wissens verknüpfen sollten. Die Schwerpunkte des sogenannten ‚wissenschaftlich-produktiven‘ Studiums orientierten sich dabei an den praktischen Zielstellungen der planwirtschaftlich gelenkten Industrie.² Der frühzeitige

¹ Der Artikel ist im Rahmen des Forschungsprojektes ‚Reallabor Cottbus – Forschung, Lehre und Praxis im Bauwesen der DDR 1960–1990‘ entstanden, das der Verfasser als Promotionsvorhaben am DFG-Graduiertenkolleg 1913 ‚Kulturelle und technische Werte historischer Bauten‘ an der BTU Cottbus-Senftenberg bearbeitet. Dank gebührt der Lausitzer Stahlbau Ruhland GmbH, die den Zugang zu ihrem Archiv ermöglicht hat, an Susanne Schneider-Weller für ihre Hilfe bei der konstruktiven Bestandsaufnahme der ‚Stenker-Halle‘ sowie an Prof. Karen Eisenloffel und Prof. Werner Lorenz für eine Vielzahl wichtiger Gespräche, Anregungen und Hinweise.

² Die insgesamt zwölf Ingenieurhochschulen wurden als von den großen Universitäten unabhängige Bildungseinrichtungen mit einem schlanken Fächerangebot aus den Ingenieurwissenschaften konzipiert. Die Ingenieurhochschulen in Cottbus und Wismar konzentrierten sich dabei ausschließlich auf ein bauwissenschaftliches Studienprofil, mit einer Sektion Militärbau als Cottbusser Besonderheit. Vgl. dazu unter anderem Rothert, Heinrich: *Zur Ausbildung von Bauingenieuren und Architekten in den 5 neuen Ländern vor und nach der Wende*. Vortrag vor der Klasse für Ingenieurwissenschaften der BWG am 18. April 1994. In: Jahrbuch 1994 der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Göttingen 1994, S. 75–92.



Abb. 1 Versuchsbau ›Stenker-Halle‹ in Cottbus

Kontakt der Studierenden zu ihren späteren Arbeitgebern sollte in Verbindung mit einem intensiven Praxissemester einen reibungslosen Übergang von der Hochschule in die Bauindustrie gewährleisten.

Die DDR-Bauwirtschaft stützte sich wesentlich auf Bauweisen aus industriell vorgefertigten, typisierten Bauteilen. Die für die Bauweisenentwicklung notwendigen Forschungsarbeiten wurden in den Instituten der Bauakademie der DDR, in den Entwicklungsabteilungen der produzierenden Kombinate, jedoch auch in den Instituten der Universitäten und Ingenieurhochschulen geleistet.

Im Folgenden wird anhand des Versuchsbauwerks in Cottbus beschrieben, wie das Zusammenspiel zwischen Industrie, Lehre und Forschungstätigkeit einen Beitrag für die Effizienzsteigerung räumlicher Dachtragwerke liefern konnte. Anhand dessen lässt sich beobachten, wie sich im Laufe der Entwicklungs- und Anwendungsgeschichte von Typen-Tragwerken die Maßstäbe zur Beurteilung der Effizienz veränderten.

Das ›Räumliche Tragwerk Ruhland‹

Mehr als anderen Materialien hafteten in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg metallischen Werkstoffen hohe Erwartungen an Technizität und Materialeffizienz an. Der Metalleichtbau – mit optimierten, hochausgenutzten Querschnitten und Werkstoffen, analytischer Durchdrin-

gung des Tragverhaltens und in das Tragwerkskonzept integrierten Fertigungsprozessen – stand zeichenhaft für das fortschrittliche Bauen in der neuen Zeit.³

Eines der ausgereiftesten Produkte des Metalleichtbaus stellte das sogenannte ›Räumliche Tragwerk Ruhland‹ (RTR) dar, das durch den VEB Metalleichtbaukombinat hergestellt wurde. Das Metalleichtbaukombinat war 1969 als Zusammenschluss mehrerer Spezialunternehmen im Stahlbau entstanden, die neben Stahlkonstruktionen für eingeschossige und mehrgeschossige Bauten auch Brücken, Förderanlagen und Tore produzierten. Seinen Namen erhielt der ›Typ Ruhland‹ durch den Kombinatsbetrieb in Ruhland im Bezirk Cottbus, an dem das Dachtragwerk auch entwickelt worden war.

Das RTR ist ein Dachtragwerk für eingeschossige Industriebauten, Mehrzweckhallen und Sportstätten, dessen Grundmodul Segmente mit 12 Metern Breite mit unterschiedlichen Spannweiten bilden. Das Haupttragwerk wird gebildet durch zwei kräftige dreigurtige Fachwerkbinder pro Dachsegment (Abb. 2, Nr. 5). Die Binder bestehen aus jeweils zwei V-förmig aneinandergesetzten Fachwerkscheiben, die sich den Untergurt teilen. Die im First geknickten, durchlaufenden Unter- und Obergurte bestehen aus offenen Walzprofilen. Die Füllstäbe – Pfosten und fallende Diagonalen – werden aus Rohrprofilen mit gequetschten Rohrenden gebildet, die über Knotenbleche an die Gurtstäbe angeschlossen sind. Die die Hauptbinder tragenden, quer gespannten Randträger (Abb. 2, Nr. 3) werden aus filigranen Stäben aus zusammengesetzten Walzprofilen gebildet, die über massive Konsolen auf die Hallenstützen auflagern. Die direkt auf den Obergurten der Hauptbinder aufgebrachte Dachhaut (Abb. 2, Nr. 4) wird aus dem seit 1974 im Eisenhüttenkombinat Ost (EKO) Eisenhüttenstadt pro-

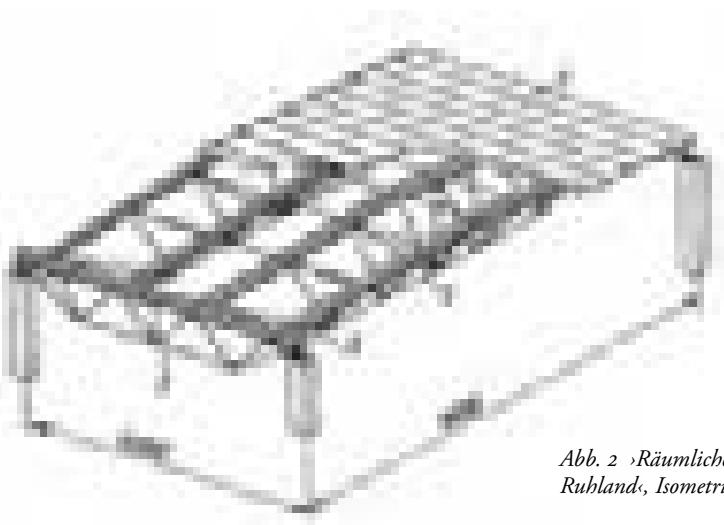


Abb. 2 ›Räumliches Tragwerk Ruhland‹, Isometrie

³ Vgl. Büttner, Oskar; Stenker, Horst: *Metalleichtbauten. Band 1: Ebene Raumstabwerke*. Berlin 1971, S. 10.

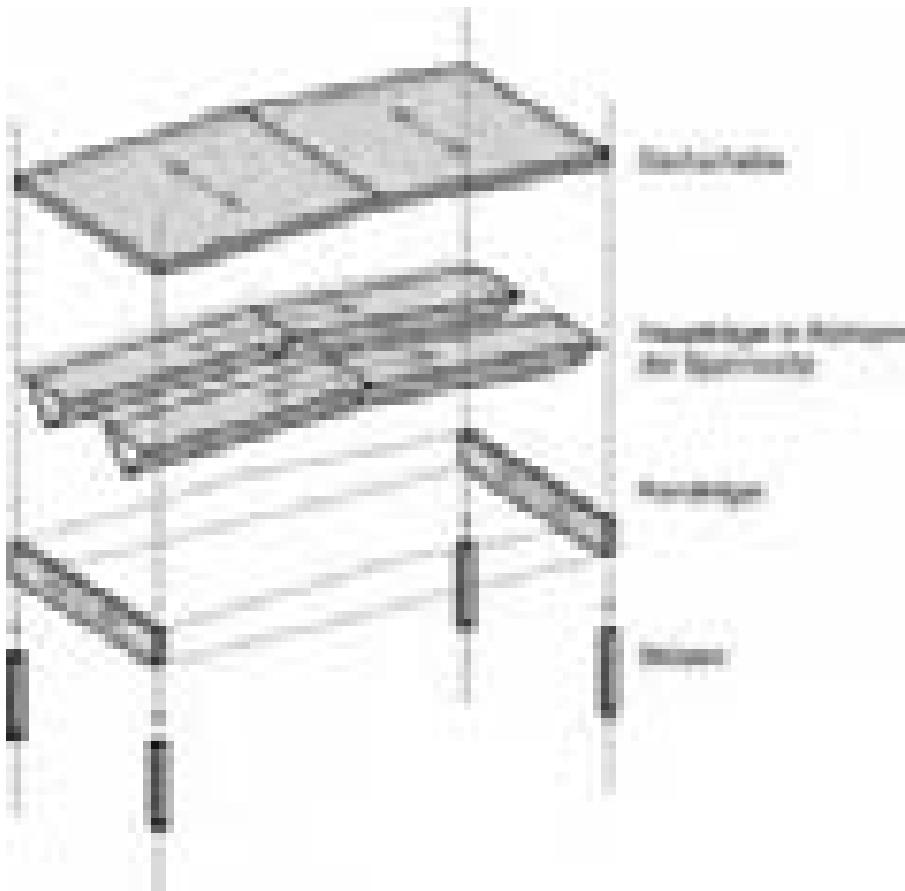


Abb. 3 'Raumliches Tragwerk Ruhland', Fügung der wesentlichen Tragglieder und vertikaler Lastabtrag

duzierten 'Ekotal[®] gebildet, einem kunststoffbeschichteten Trapezblech. Außer leichten, zwischen den Obergurten angeordneten Koppelstäben, die als Leichtbauprofile aus gekantetem Blech gebildet werden, befinden sich damit in der Dachebene keine weiteren lastabtragenden Bauteile.

Für die Bildung von Hallenbauten konnten Segmente des Raumtragwerkes beliebig aneinander gereiht werden. Im Laufe des Anwendungszeitraumes entwickelte das Metalleichtbaukombinat ein breites Sortiment aus Segmenten verschiedener Spannweiten (12, 18, 24, 30, 36 Meter).

Die über die gesamte Segmentbreite durchlaufenden Dachbleche bilden ein dreifeldriges System mit seitlichen Kragarmen, das die auf die Dachfläche einwirkenden vertikalen Las-

ten auf die vier Obergurte der Hauptbinder verteilt. Das Dachblech bildet eine schubsteife Scheibe aus, die die Dreigurtbinder zu verwindungssteifen Röhren schließt. Diese sind damit in der Lage, auch asymmetrische Einwirkungen von der Dachfläche an die Randträger weiterzuleiten. Der klare vertikale Lastabtrag – Dachblech, Hauptbinder, Randträger, Stütze – unterstreicht die tektonische Natur des Tragwerkes. Die deutlich gerichtete Tragwirkung der einzelnen Tragglieder macht es fraglich, ob hier in der Tat von einem räumlichen Tragwerk gesprochen werden kann, wie es die Eigenbezeichnung des Erzeugnisses nahelegt – auch wenn die Hauptträger eine räumliche Stabanordnung besitzen (Abb. 3).⁴ Horizontale Einwirkungen, wie sie durch Windlasten über die Fassadenpfosten oder als Koppelkräfte aus den Nachbarsegmenten eingetragen werden, werden hauptsächlich über die Dachscheibe an die nächsten Segmente oder an Windverbände weitergegeben. In den Randbereichen gibt es zusätzliche verbindende Diagonalen zwischen Obergurten und Randträgern, durch die die Querbiegung der Randträgerobergurte vermieden wird (Abb. 2, Nr. 6).

Durch den Einbezug des Dachbleches in den Lastabtrag konnten einige in der Dachebene liegende Bauteile wie Windverbände und biegesteife Pfetten eingespart werden – das Ergebnis ist ein höchst materialeffizientes Tragwerk. Der Stahleinsatz für das Fachwerk selbst liegt bei nur 21,74 Kilogramm/Quadratmeter (24-Meter-Segment) beziehungsweise 22,2 Kilogramm/Quadratmeter (30-Meter-Segment); hinzu kamen 14 Kilogramm/Quadratmeter für die Blechscheibe. Damit erreicht das Tragwerk nicht die Materialeffizienz andersartiger Hallensysteme aus unterspannten oder zugbeanspruchten Konstruktionen. Es stellt jedoch innerhalb des Typus ›räumliches Fachwerk‹ ein sehr leichtes Tragwerk dar. Die gemeinhin als höchst materialeffizient gepriesene, ebenfalls über 30 Meter spannende Schwedlersche Kuppel des Gasometers an der Holzmarktstraße in Berlin (1863), erreichte eine Tragwerksmasse von 28,4 Kilogramm/Quadratmeter.⁵

Der ›Typ Ruhland‹ und seine Wurzeln

Der Herausbildung der diesem Tragwerk zugrunde liegenden strukturellen Idee ging eine längere Phase der Entwicklung und Anwendung räumlicher Fachwerke voraus. Unter den regelmäßigen Fachwerken nehmen dabei Stabwerkrostte wie das Halbktaeder-Tetraeder-(HO-T)-System eine bedeutende Rolle ein. Diese aus einer regelmäßigen Packung weniger geometrischer Grundformen zusammengesetzten, zweiachsig spannenden Fachwerke erlebten nach dem Zweiten Weltkrieg beiderseits des Eisernen Vorhangs eine Blüte, zu der auch Technikeuphorie und Fortschrittsbegeisterung beitrugen. Verarbeitet wurde diese Idee unter anderem in Produkten von Konrad Wachsmann (1901–1980) oder dem System ›Mero‹ von

⁴ Vgl. Büttner, Oskar; Stenker, Horst: *Stahlhallen. Entwurf und Konstruktion*. Berlin 1986, S. 89, S. 101–102.

⁵ Vgl. Kurrer, Karl-Eugen: *Geschichte der Baustatik. Auf der Suche nach dem Gleichgewicht*. 2. Aufl. Berlin 2016, S. 642.

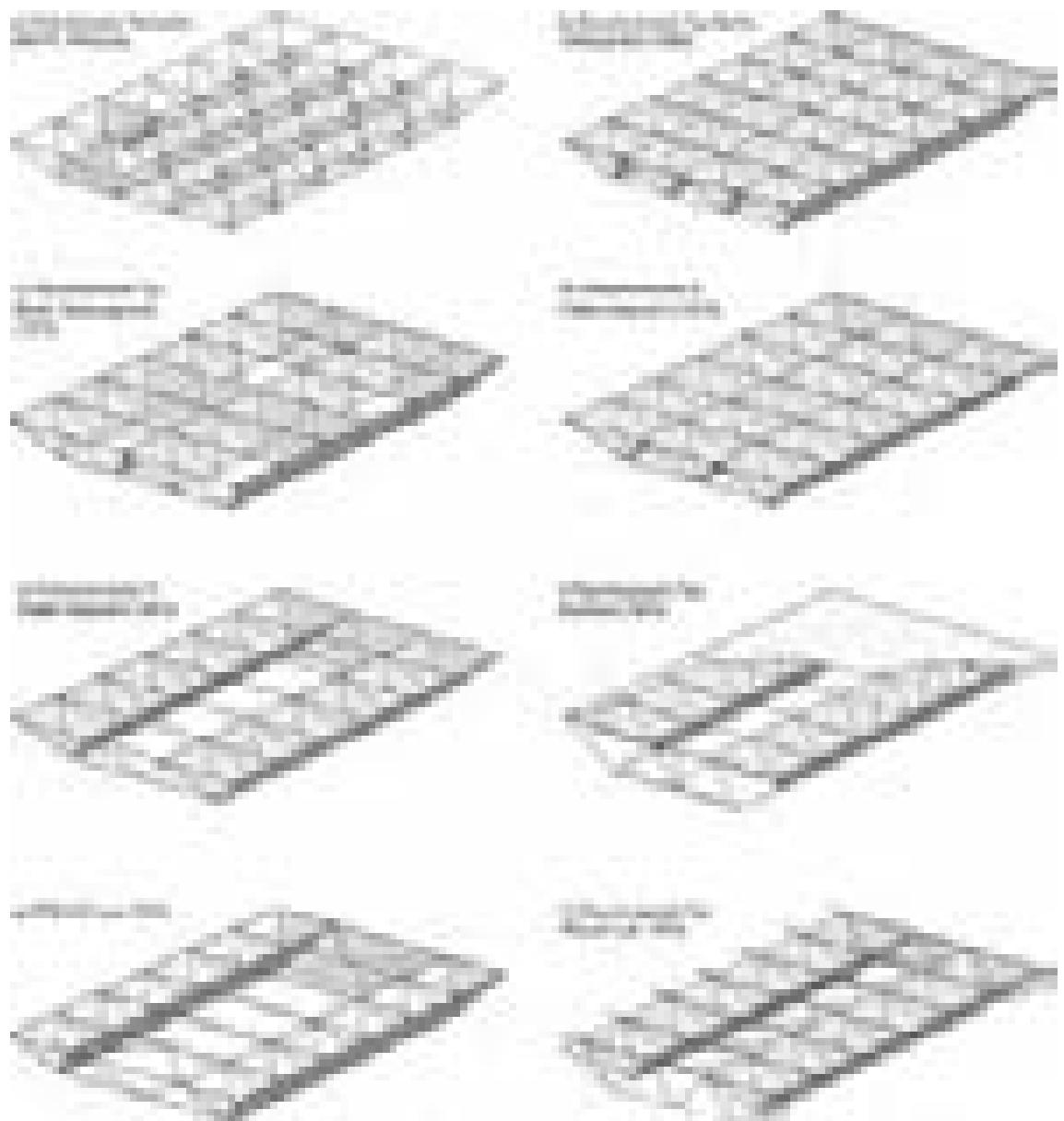


Abb. 4 Entwicklung von Segmentgeometrien ausgewählter Dachtragwerke in der DDR

Max Mengeringhausen (1903–1988) sowie in der ehemaligen DDR in Gestalt des Stabwerkrostes ‚Typ Weimar‘. Die strenge Ungerichtetheit des idealen Rostes wurde mit dem 1967–1968 am Institut für Industriebau der Bauakademie der DDR entwickelten Raumtragwerk ‚Typ Berlin‘ aufgebrochen.⁶

Unter Verzicht auf einige quer zur Spannrichtung laufenden Stäbe in der Ober- und Unterurtebene wurde dabei ein Stabnetzfaltwerk mit einer Maschenweite von 3 Metern aus acht geneigten Fachwerkscheiben ausgebildet, die in Querrichtung durch durchlaufende, obenliegende Pfetten ergänzt und stabilisiert wurden. Alle Fachwerkstäbe wurden als Rohrquerschnitte unterschiedlicher Abmessungen gebildet, die über einen eigens entwickelten und gesondert gefertigten Tellerknoten miteinander verbunden wurden. Die Fachwerkscheiben jedes Segmentes lagerten über Randträger auf den Stützen auf, während das Tragwerk ‚Typ Weimar‘ noch punktgestützt war (Abb. 4a–b).

Durch ‚Ausmagerung‘, das heißt den Entfall weiterer Stäbe, konnten aus dem ‚Typ Berlin‘ um 1972–1973 sogenannte Sparsegmente gebildet werden, die mit einer Mittelfalte und zwei Randscheiben bei nahezu gleicher Tragfähigkeit nochmals um einiges leichter wurden. Studien zur weiteren Vereinfachung dieses Typs zielten besonders auf die Verringerung der Stab- und Knotenanzahl ab, zum Beispiel in Form eines Segmentes mit nur noch drei oder zwei Längsfalten mit entsprechend vergrößertem Achsabstand (Abb. 4c–e).

Eine wesentliche Entscheidung in diesem Prozess stellte der Verzicht auf den bisher verwendeten Sonderknoten zugunsten stahlbauüblicher halbvorgespannter Schraubverbindungen dar. Ab 1974 stand darüber hinaus mit ‚Ekotal‘ ein als Gebäudehülle geeignetes Trapezblech zur Verfügung, das als Schubblech in den Lastabtrag eingebunden werden konnte und die zuvor vorhandenen schweren Pfetten unnötig machte. Dies mündete ab 1975 in dem Dachsegment aus zwei V-Fachwerkfalten mit senkrecht stehenden Randträgern, durchlaufenden Gurten und mittragender Dachscheibe, das später als ‚Typ Ruhland‘ angewandt wurde. Aus Variantenstudien entstandene Parallelentwicklungen wie das ‚RTR-IHC‘ (Sondertyp der Ingenieurhochschule Cottbus) oder der ‚Typ Plauen‘ wurden hingegen nur in einzelnen Fällen als Muster- und Experimentalbauten realisiert (Abb. 4f–h).

Das aus der skizzierten Entwicklung hervorgegangene serielle Dachtragwerk stellte in vielerlei Hinsicht bereits ein hochoptimiertes Erzeugnis dar. Es setzte sich aus einer überschaubaren Anzahl klar zugeordneter Tragwerksteile zusammen, deren Proportionen wie Trägerhöhen und Achsabstände auf die vorherrschenden Einwirkungen abgestimmt waren. Es war materialgerecht konstruiert in einem Sinne, dass alle Bauteile hoch ausgelastet waren und sich am primären Lastabtrag beteiligten – also kein Stab zu viel, aber auch kein Stab zu wenig verbaut wurde.

Zugleich ist das RTR beanspruchungsgerecht konstruiert worden. Dies zeigt sich gut in der Abstufung der Querschnittsabmessungen der Fachwerkstäbe je nach Größe der Stab-

⁶ Vgl. Büttner/Stenker 1971 (Anm. 3), S. 26–31.

schnittgrößen sowie im Einsatz unterschiedlicher Profilformen je nach Beanspruchungsart, wie beispielsweise von Rohrquerschnitten für die knickgefährdeten Druckpfosten und Doppel-T-Profilen in den biegebeanspruchten Obergurten. Diese müssen in einer Achse sehr biegesteif sein, benötigen aber in der anderen Achse lediglich eine geringe Steifigkeit, da sie durch die Blechscheibe am Ausknicken in der Dachebene gehindert werden. Zudem wurde zwischen warmgewalzten Profilen und kaltverformten Leichtbauprofilen unterschieden sowie in den hochbeanspruchten Tragwerksbereichen ein höherfester Stahl verbaut. Als ausdifferenziertes, flexibles Baukastensystem ließ das RTR sich für ein breites Spektrum von Einsatzbereichen nutzen: Das Sortiment wurde im Laufe des Einsatzzeitraumes um Segmente mit verschiedenen Spannweiten und Laststufen, Giebel- und Traufsegmente sowie schmale Sondersegmente erweitert.

Die jahrelange Optimierung der Materialgerechtigkeit, Beanspruchungsgerechtigkeit und Flexibilität vor und nach der ›Markteinführung‹ hatten beim RTR allerdings auch zu einem Tragwerk geführt, das innerhalb seiner Randbedingungen nur noch bedingt optimierbar war, ohne Tragreserven, Gebrauchstauglichkeit oder Robustheit anzugreifen. Angesichts nur noch marginal zu erwartender Verbesserungen beim Materialeinsatz bei gleichbleibendem Entwicklungsaufwand lag es nahe, mit der Verbesserung von Montagegerechtigkeit und Fertigungsgerechtigkeit auch andere Felder für weitere Effizienzsteigerungen zu erschließen.

Dimensionen der Effizienz

Die zugrunde liegende Erkenntnis, dass die alleinige Fokussierung auf die Baustoffmasse für eine angemessene Bewertung der strukturellen Qualität und Wirtschaftlichkeit eines Tragwerks bei Weitem nicht ausreichend ist, beeinflusste auch die Tragwerksentwicklung in Westeuropa. In der Nachkriegszeit war eine große Anzahl räumlicher Fachwerke ausgeführt worden, an denen die geringe Tragwerksmasse, große Spannweiten und die mögliche Vormontage großer Tragwerksteile geschätzt wurden (Abb. 5)⁷. Eine allmähliche Verbilligung der Baumaterialien in Bezug auf die Lohnkosten machte leichte, bis aufs äußerste ausgereizte Systeme zunehmend unattraktiver, da deren Fertigung meist aufwendiger war, weswegen sich der Trend ab den 1960er-Jahren in Richtung der Vereinfachung von Tragwerken zugunsten preiswerterer Fertigung wandte. Die damit zunehmend ›glatteren‹ Konstruktionen wurden durchaus nicht nur negativ bewertet: ›Dass dadurch die durch die Gewichtsschinderei der Vergangenheit laufend vermindernden Sicherheitsreserven nunmehr durch fertigungsgerechte Konstruktion wieder auf ein vernünftiges Maß aufgefüllt werden, kann nur jeder verantwortungsbewusste Ingenieur begrüßen.‹⁸

⁷ Vgl. Makowski, Zygmunt Stanislav: *Räumliche Tragwerke aus Stahl*. Düsseldorf 1963.

⁸ Jungbluth, Otto; Pegels, Georg; Zwanzig, Wilfried: *Konzept für Entwurf und Fertigung im Stahlbau*. In: International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) (Hg.): Bd. 8, Symposium. In Serien gefertigte Stahlbauten, Prag 1971 (IVBH-Berichte der Arbeitskommissionen, Bd. 8). Zürich 1971, S. 36.

Diese Entwicklung prägte prinzipiell auch die Tragwerksplanung in der DDR, setzte dort aber – unter anderen wirtschaftlichen Auspizien – später ein. In der zeitgenössischen Forschung wurde durchaus anerkannt, dass in den 1970er-Jahren neben der unnötigen Ausdünnung des Bauweisensortimentes die Optimierung der Materialeffizienz noch zu sehr im Zentrum der Bauweisenentwicklung stand und Fragen der optimalen Produktion, Montage oder gar Nutzung bestenfalls zögerlichen Eingang in die Planungspraxis fanden. Der Einbezug von über den Materialeinsatz hinausgehenden Bewertungskriterien für die Tragwerkseffizienz stimulierte gleichzeitig die Entwicklung von systematischeren Zugängen zum Tragwerksentwurf und zur Effizienzbewertung.⁹

An der Sektion Ingenieurbau der Ingenieurhochschule Cottbus hatte sich ein wissenschaftliches Cluster um den Sektionsleiter Prof. Horst Stenker gebildet, das zur Statik und Kinema-



Abb. 5 Montage eines Stabrostes aus dem Space-Deck-System

⁹ Vgl. Zeidler, Dietrich: *Beitrag zur Auswahl und Weiterentwicklung rationeller und effektiver Tragstrukturen für Dächer von ausgewählten eingeschossigen Mehrzweckgebäuden des Industriebaus bei hinreichender Erfüllung komplexer Anforderungen*. Dissertation B. Bauakademie der DDR. Berlin 1980, S. 4–7. Zeidler macht dort auch Vorschläge für ein auf breiterer Basis ruhendes, aber dennoch einfach zu handhabendes Bewertungssystem für den Tragwerksentwurf.

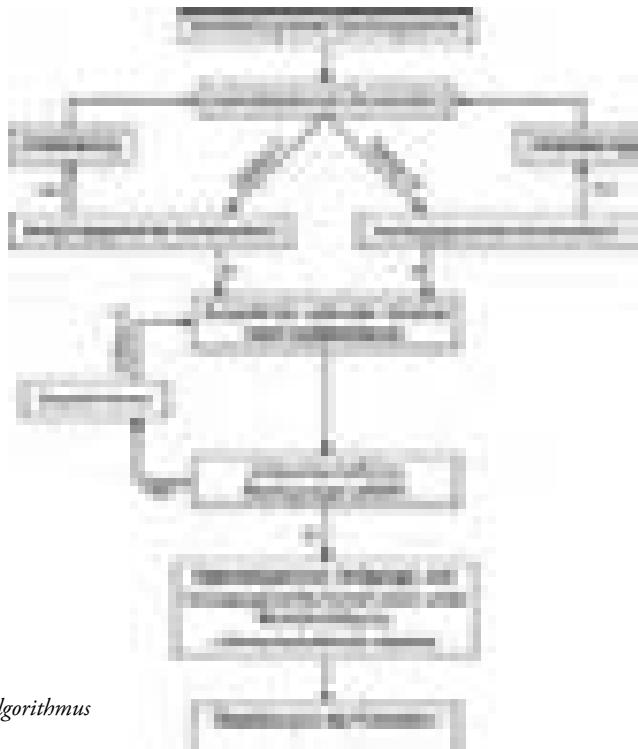


Abb. 6 Vorschlag für einen Algorithmus zum Tragwerksentwurf

tik räumlicher Fachwerke, zum Entwurf, zur Fertigung und zur Montage von segmentierten Dachtragwerken forschte. Stenker hatte nach seiner Promotion in Weimar im Team von Prof. Siegfried Speer an der Konzeption des ‚Typs Weimar‘ gearbeitet, bevor er Anfang der 1970er-Jahre nach Cottbus kam und dort an der Entwicklung und Weiterentwicklung des RTR und dessen Nachfolgern beteiligt war. Die an der Sektion forschenden Dietmar Grünberg und Siegfried Thomas waren zugleich als Mitarbeiter des Metalleichtbaukombinats beziehungsweise des Bau- und Montagekombinates Süd eng an die industrielle Bauweisenentwicklung angebunden. In ihrer gemeinsam verfassten Dissertation entwickelten Grünberg und Thomas 1981 eine Bewertungsmethodik für Tragwerke, die deren Qualität in den drei Dimensionen Materialgerechtigkeit, Herstellungsgerechtigkeit und Montagegerechtigkeit zum Gegenstand hatte – mit jeweils einer Vielzahl zugeordneter Kriterien. Auf dieser Grundlage wurde ein Algorithmus zum iterativen Tragwerksentwurf entwickelt, bei dem diese drei Dimensionen durch zyklisch zu durchlaufende, parallele Schleifen Berücksichtigung fanden (Abb. 6).¹⁰

¹⁰ Vgl. Grünberg, Dietmar; Thomas, Siegfried: *Beitrag zur Entwicklung von materialsparenden, fertigungsgerechten und montagegerechten Dachkonstruktionen in Metalleichtbauweise*. Dissertation A. Ingenieurhochschule Cottbus. Cottbus 1981, S. 69.

Als Ausgangspunkt für diesen Entwurfsalgorithmus diente eine auf Materialeffizienz optimierte Tragwerksvariante, die in den folgenden Schritten sukzessive in Richtung Herstellungs- und Montageeffizienz fortentwickelt wurde. Nach jedem Überarbeitungsschritt wurde dabei eine Bewertung der Effizienz vorgenommen. Graduelle Unterschiede zwischen den gebildeten Varianten sollten auf Ebene der Kosten als neutraler Vergleichsmaßstab miteinander verglichen werden. Neben dem Kostenvergleich formulierten Grünberg und Thomas aber auch eine Reihe Ja-/Nein-Kriterien, die sich kostenmäßig nicht erfassen ließen, zum Beispiel technische und organisatorische Kriterien zur Beurteilung der Montagegerechtigkeit.¹¹

Erfüllte die Konstruktion eines dieser Kriterien im Hinblick auf Fertigungs- und Montagegerechtigkeit überhaupt nicht, beispielsweise beim Überschreiten der maximalen Montagemasse eines Tragwerksteiles, sollte es zu einer tiefgreifenderen Umarbeitung kommen.

Versuche zur montagegerechten Tragwerksgestaltung

Durch ihre fachlich konzentrierte, hervorragende personelle und materielle Ausstattung konnte die Ingenieurhochschule Cottbus die Optimierung von Bauweisen des Metalleichtbaukombinats sinnvoll unterstützen. Die 1969 am Standort einer bereits bestehenden Ingenieurschule für Bau- und Straßenwesen gegründete Hochschule wurde in den frühen 1970er-Jahren mit einem Campus ausgestattet, auf dem die soziale Infrastruktur, Wohneinrichtungen und weitere berufsbildende Schulen angesiedelt wurden.

Die angestrebte enge Einbindung der Bauindustrie in das Studienprogramm spiegelte sich in den zahlreichen Kooperationen zwischen der Ingenieurhochschule Cottbus und der Industrie wider: Mitarbeiter der Kombinate, die direkt in die Erzeugnisentwicklung oder Produktion eingebunden waren, erhielten Lehraufträge an der Ingenieurhochschule, die Bauindustrie vergab Entwicklungsaufträge und Aufträge für experimentelle Prüfungen direkt an akademische Institute und Studierende absolvierten ihre obligatorischen Praktikumssemester zum Teil in den Kombinatsbetrieben des Metalleichtbaukombinats, die im weiteren Studienverlauf auch die Betreuung der Abschlussarbeiten und die Absolventen übernahmen.

Als Leuchtturm der technischen Ausstattung an der Ingenieurhochschule Cottbus ist das ›Technikum‹ hervorzuheben, ein Lehr- und Forschungslabor, in dem praktische Lehrveranstaltungen ebenso wie Materialprüfungen durchgeführt und Prototypen für Bauweisen hergestellt werden konnten. Das angegliederte Versuchsgelände stellte dabei Platz für Versuchsbauten und Montageversuche zur Verfügung.

Auf eben diesem Versuchsfeld wurden zwischen 1978 und 1980 zur Beantwortung von Fragen zum Montageablauf versuchsweise die beiden Segmente des ›Typs Ruhland‹ errichtet, die schließlich für die nächsten 40 Jahre den Hochschulcampus prägen sollten. Die ›Stenker-

¹¹ Ebd., S. 7, S. 137–139.

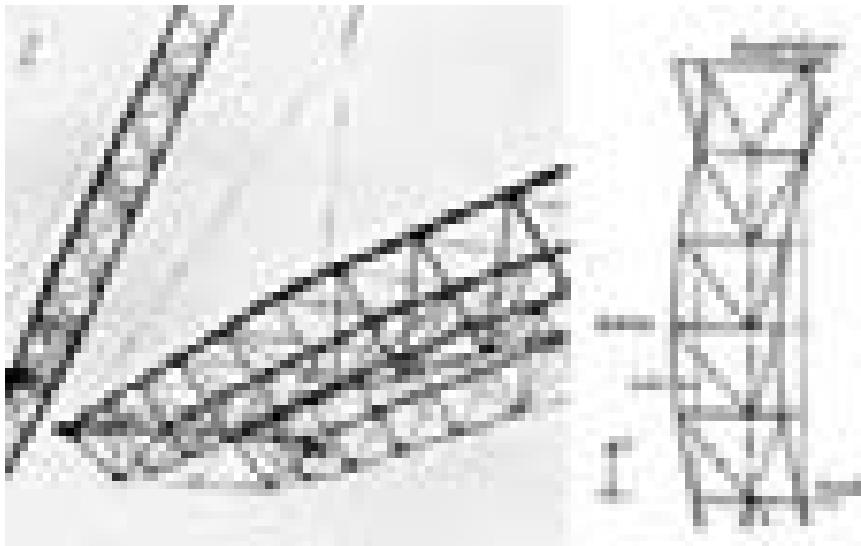


Abb. 7 ›Räumliches Tragwerk Ruhland, Hubprozess ohne Dachscheibe und Montageverbände; Knickfigur

Halle< sollte dabei helfen, die Montage des zu diesem Zeitpunkt schon vielfach hergestellten und eingesetzten Tragwerkstypus zu verbilligen.

Die Segmente des RTR wurden in der Regel vollständig ›vorkomplettiert‹ montiert, das heißt das ganze Primärtragwerk mit aufgebrachter Dachscheibe und gegebenenfalls Haustechnik und Elektroinstallation auf die vorbereiteten Stützen gehoben.¹² Für die erst später in das Sortiment gelangten Segmente mit 30 Metern Spannweite bedeutete dies angesichts der Segmentmasse den Einsatz schwerer Mobilkrane, die einerseits in der DDR schwer verfügbar waren und andererseits bei nur kurzer Einsatzdauer hohe Fixkosten verursachten. Eine Verringerung der Montagemasse von 14 Tonnen auf etwa 9 Tonnen durch eine nur teilweise Vormontage und eine nachträgliche Installation der Dachscheibe konnte zur Einsparung von Kosten und Arbeitszeit beitragen, da sich das Dach mit leichteren Hebezeugen montieren ließ.

Da die Dachscheibe essenziell am Lastabtrag beteiligt ist, war durch den Hubversuch das Stabilitätsverhalten des teilkomplettierten Resttragwerkes zu bewerten. Im Vorfeld hatte Stenker rechnerisch nachgewiesen, dass das Tragwerk im Montagezustand auch ohne einen temporären und arbeitsaufwendigen Montageverband in der Dachebene eine ausreichende Stabilität besitzt. Die dafür maßgebliche Knickfigur führte zu einem Kippen des Dreigurt-

¹² Vgl. Thomas, Siegfried; Hinz, Werner: *Montage räumlicher Tragwerke vom Typ »Ruhland«*. In: Bauplanung Bautechnik 30 (1976), H. 11, S. 538–540. Der Terminus der ›Vorkomplettierung‹ wird in der zeitgenössischen Literatur oft genutzt, siehe unter anderem bei Grünberg, Dietmar; Thomas, Siegfried: *Entwicklungsstand und Tendenzen der Montage von Dachkonstruktionen in Metalleichtbauweise*. In: Bauplanung Bautechnik 36 (1982), H. 12, S. 562–565.

binders um die relativ starre Achse des Untergurtes unter Berücksichtigung der zusätzlichen Längskräfte, die durch das Krangehänge in die Fachwerkobergurte eingetragen wurden. Durch die Hubversuche mit einem 30-Meter-Segment an der Ingenieurhochschule Cottbus konnte gezeigt werden, dass das Tragwerk sowohl mit als auch ohne eingegebene Koppelstäbe während des Hubs nicht versagt und dass die nachträgliche Anbringung der Dachhaut problemlos möglich ist (Abb. 7). Diese Technologie eröffnete damit einen Weg, weitergespannte Dachsegmente bei kleineren Bauvorhaben wesentlich wirtschaftlicher zu montieren.¹³

Eine andere Optimierungsmöglichkeit wurde beim zweiten Segment mit der Erprobung eines kranlosen Montageverfahrens gezeigt, das an der Ingenieurhochschule Cottbus unter anderem durch Horst Bark und Berthold Groth entwickelt und patentiert worden war. Bei kranlosen Hubverfahren wird das Dachsegment in der Regel direkt im Grundriss zusammengebaut und bei der Montage lediglich vertikal nach oben bewegt.¹⁴

In einem ersten Schritt wurde ein hydraulisches Hubverfahren getestet, das eine Adaption von aus dem Hubdeckenbau bekannten Verfahren darstellte: An den Segmentencken angebrachte hydraulische Pressen kletterten an Hubstangen nach oben, die über Galgenkonstruktionen an den Stützenköpfen befestigt worden waren. Die Hydraulikpressen waren an ein gemeinsames Aggregat angeschlossen. Der Versuch sollte Erkenntnisse bringen, ob der Hub gleichmäßig und in der geforderten Präzision möglich war. Die Erfahrungen aus diesem erfolgreichen Versuch flossen in die Entwicklung einer gänzlich neuen elektromechanischen Hubeinrichtung ein, die im Gegensatz zu den maßgefertigten Galgen leicht versetbar, an verschiedene Stützenhöhen anpassbar und schwenkbar sein sollte. Die aus einem Mast, Seilwinde und Schwenkarm bestehende Konstruktion wurde an der Ingenieurhochschule konstruiert und in Prototypen gefertigt. Mittels dieser Einrichtung wurde das zweite, nördliche Segment der ‚Stenker-Halle‘ nochmals eingehoben (Abb. 8). Die Beteiligten erhofften sich davon neben Erkenntnissen zur Steuerung und Präzision der vier an eine zentrale Steuer-Einheit angeschlossenen Seilwinden auch quantitative Anhaltswerte zum Arbeitskräfte- und Arbeitszeiteinsatz bei Aufbau, Montage, Abbau und Umbau.¹⁵

¹³ Vgl. Bericht von Ingenieurhochschule Cottbus, VEB Bau- und Montagekombinat Kohle und Energie, VEB Metalleichtbaukombinat: *Versuchsbericht über Montageversuche am Raumtragwerk »Typ Ruhland« 12×30 m ohne Blechscheibe und Stabilisierungsverbände*, Oktober 1978 (Lausitzer Stahlbau Ruhland, Technisches Archiv), S. 10–16.

¹⁴ Bark, Horst; Groth, Berthold; Grünberg, Dietmar u. a.: *Montageverfahren für Hallenkonstruktionen*. Patent. Anmeldenr: 225 993. Veröffentlichungsnr: DD 155 191. Anmeldedatum: 12. Dezember 1980. Vgl. auch Bark, Horst: *Effektives Bauen mit Metalleichtkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung der Segmentbildung bei Dachkonstruktionen*. Dissertation B. Ingenieurhochschule Cottbus, Cottbus 1987. Die Dissertation B an DDR-Hochschulen ist vergleichbar mit einer Habilitation, während die Dissertation A einer Promotion entspricht. Vgl. dazu: Bleek, Wilhelm; Mertens, Lothar: *DDR-Dissertationen: Promotionspraxis und Geheimhaltung von Doktorarbeiten im SED-Staat*. Opladen 1994, S. 32–33.

¹⁵ Vgl. Groth, Berthold: *Beitrag zur Kranlosen Montage von Dachtragwerken des Metalleichtbaues*. Dissertation A. Ingenieurhochschule Cottbus. Cottbus 1982, S. 61–68, S. 136–138; Bark, Horst; Lukácz, István; Thomas, Siegfried: *Verfahren zur Montage von Dachsegmenten in Metalleichtbauweise*. In: Bauplanung Bautechnik 38 (1984), H. 4, S. 177–184.



Abb. 8 Erprobung des kranlosen Hubprozesses, um 1980; elektromechanisches Hubaggregat

Der im Gegensatz zur Kranmontage vertikale Hubprozess machte an den Auflagerpunkten konstruktive Anpassungen im Sinne der Montagegerechtigkeit notwendig, da sich Stützenköpfe und Auflagerkonsolen des Segmentes prinzipiell während des Hubprozesses im Weg sind. Gelöst wurde dies nach einer Variantenuntersuchung durch ein geteiltes, seitlich abschwenkbares Konsol, das erst nach dem Hub in seine endgültige Position geklappt und über einen Kopfplattenstoß mit dem gekürzten Randträger verschraubt wurde. Um den Zugang zu den Randträgern während der Montage zu ermöglichen, wurde die Dachhaut in den Randbereichen erst nach dem Abschluss des Hubs ergänzt.¹⁶ Durch diese Versuche konnte die Praxistauglichkeit der neu entwickelten Hubeinrichtung nachgewiesen werden. Damit stand eine Montagetechnik zur Verfügung, die die Umsetzung von Bauvorhaben mit wenigen Segmenten gänzlich ohne Kran Einsatz möglich machte.

Insgesamt generierten die Forschungsarbeiten am Raumtragwerk ‚Typ Ruhland‘ und seinen Verwandten in den 1970er- und 1980er-Jahren an der Ingenieurhochschule Cottbus mehr als 20 Abschlussarbeiten und Dissertationen – neben den vielen weiteren Arbeiten, die am Metalleichtbaukombinat, am VEB Bau- und Montagekombinat Süd und an der Bauakademie geleistet wurden.¹⁷ Die Verlagerung des Bewertungsfokus auf die Montagegerechtigkeit bedeutete in den Jahren nach dem Versuch allerdings das Ende des ‚Typs Ruhland‘, dessen Produktion um 1982 eingestellt wurde. An seine Stelle trat mit dem ‚Fachwerk 80‘ ein

¹⁶ Vgl. Groth 1982 (Anm. 15), S. 40–44, S. 108.

¹⁷ Unter anderem: Töppel, R.: *Montage von Dachtragwerken nach dem hydraulischen Hubprinzip*. Diplomarbeit, Ingenieurhochschule Cottbus. Cottbus 1980; Zeug, R.: *Einsatzmöglichkeiten der kranlosen Montage von MLK-Erzeugnissen*. Diplomarbeit, Ingenieurhochschule Cottbus. Cottbus 1980; Lukáč, István: *Rationalisierung der Montage von Dachsegmenten in Metalleichtbauweise mit elektromechanischen Hubaggregaten*. Dissertation A, Ingenieurhochschule Cottbus. Cottbus 1986.

aus ebenen Systemen zusammengesetztes Tragwerk, das weniger materialeffizient, aber dafür weitaus wirtschaftlicher und flexibler zu montieren war.¹⁸

Fazit

Mit dem Raumtragwerk ›Typ Ruhland‹ des Metalleichtbaukombinats stand dem DDR-Bauwesen ab 1974 ein sehr materialeffizientes Dachtragwerk für Industriebauten zur Verfügung, dessen Entwicklungsprozess sich auf Vorläufer ab den 1960er-Jahren stützte und das bis zu Beginn der 1980er-Jahre fortlaufend weiter optimiert wurde. Die Schwerpunkte der Optimierung erfuhren dabei im Laufe der Zeit eine Veränderung. Der Blick auf die Errichtung der ›Stenker-Halle‹ zeigt, wie sich die Maßstäbe zur Bewertung der Effizienz von Stahltragwerken allmählich verschoben und über den Aspekt der Materialeffizienz hinaus auch auf die Fertigungs- und Montagegerechtigkeit erweitert wurden. Die dafür notwendige Beurteilung der Machbarkeit und des Aufwandes neuer Montageverfahren, wie des kranlosen Hubes, ließ sich durch die Errichtung eines Versuchstragwerkes am Standort der Ingenieurhochschule Cottbus erreichen. Daran wird deutlich, wie die Hochschulen, besonders die Ingenieurhochschulen, durch theoretische Vorlaufforschung und praktische Versuchsdurchführung einen bedeutenden Beitrag zur Innovation im Bauwesen der DDR leisten konnten.

¹⁸ Vgl. Grünberg/Thomas 1981 (Anm. 10), S. 145–148 sowie Grünberg/Thomas 1982 (Anm. 12), S. 563–564.