Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 20 (1975)

Rubrik: Theme II: Fabrication and erection

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vorfertigung und Bauausführung

Fabrication and Erection

Fabrication et montage

Gustav BÜRGERMEISTER
Prof. (em.) Dr.-Ing. habil.
Technische Universität Dresden
Dresden, DDR

Hans-Dieter DANIEL
Dr.-Ing.
Forschungsinstitut
VEB Metalleichtbaukombinat
Leipzig, DDR

Hans-Dieter GLAS
Dipl.-Ing.
Technischer Direktor
VEB Metalleichtbaukombinat
Leipzig, DDR

Günter RUX
Dipl.-Ing.
Forschungsinstitut
VEB Metalleichtbaukombinat
Leipzig, DDR

Die Wechselbeziehungen zwischen in Serien gefertigten Stahlbauten und der Fertigungs- bzw. Ausführungstechnologie waren Gegenstand des Prager Symposiums im Jahre 1971 und sollen nicht erneut in die thematische Behandlung einbezogen werden. Diese bekannten Ergebnisse [1] basieren insbesondere auf den technischen und wirtschaftlichen Aspekten, die bei der Planung und Ausführung von Stahlkonstruktionen bis zu deren Übergabe an den Auftraggeber im Vordergrund stehen. In Ergänzung zu diesen Problemen wird nunmehr versucht, den weitaus längeren und für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Bauwerkes mindestens ebenso wichtigen Nutzungszeitraum in einem ausgewogenen Maße bei der Entscheidungsfindung in den Phasen der technischen Vorbereitung bzw. Ausführung zu berücksichtigen.

Der Beseitigung des diesbezüglich zu registrierenden Mangels an ausreichenden Kenntnissen und Erfahrungen soll u.a. die Diskussion über den Einfluß von Vorfertigung und Bauausführung auf alle für den Bestand und das Verhalten eines Bauwerkes im Nutzungszeitraum maßgebenden Gesichtspunkte dienen. Andererseits sind ebenso die durch eine planmäßige Begrenzung der Lebensdauer entstehenden Möglichkeiten für eine Überprüfung der bisher erhobenen Forderungen gegenüber den Ausführungsbetrieben von besonderem Interesse.

1. Einfluß des Herstellungsverfahren

Die Verfahren zur Herstellung stählerner Bauteile für Trag- oder Hüllkonstruktionen von Gebäuden oder bautechnischen Anlagen einschließlich der Technologien zur Herstellung metallurgischer Erzeugnisse (Halbzeuge) besitzen Einfluß auf die Größe der technisch, insbesondere mit vernünftigem ökonomischen Aufwand nicht vermeidbaren Imperfektionen eines Bauteiles. Als "Imperfektionen" werden ungewollte Störungen unterschiedlicher Art bezeichnet, die Abweichungen vom angestrebten bzw. vorausgesetzten technischen Zustand von Bauelementen, Baugruppen, Bauwerksteilen oder auch kompletten Finalerzeugnissen darstellen.
Die aus der Fertigungstechnologie resultierenden Imperfektionen können sein:

a) Geometrische Abweichungen vom idealen Zustand der Konstruktionselemente, Kombinationen von Formabweichungen oder Summation von Einzelabweichungen im Gesamtbauwerk. Als geometrische Imperfektionen gelten Dicken- und Längenabweichungen, biegeartige Verkrümmungen und torsionsartige Verdrehungen der Stabachse, Versatz in Anschlüssen, Vorbeulungen von Blechfeldern sowie Abweichungen von der vorgesehenen Querschnittsgestalt.

b) Abweichungen vom theoretisch ermittelten (idealen) Span-

nungszustand der Konstruktionselemente, resultierend aus Zwängungs- bzw. Eigenspannungen infolge plastischer Verformungen oder Wärmeeinwirkungen während der technologischen Prozesse des Walzens, Schweißens, Schneidens und Richtens sowie anderweitiger Wärmebehandlungen.

c) Abweichungen der Werkstoffkennwerte von den der idealisierten Berechnung zugrunde gelegten Ausgangsgrößen. Hierzu zählen die aus der Spannungs-Dehnungslinie abgeleiteten Moduli, die Proportionalitäts-, Fließ- und Bruchgrenze, gegebenenfalls auch fiktive Proportionalitäts- und Fließgrenze, sowie Werkstoffkonstanten, die einem mehrdimensionalen anisotropen Verhalten des Materials zuzuordnen sind.

d) Abweichungen der Werkstoffstruktur vom Idealbild infolge Gefügestörungen im Inneren oder an der Oberfläche, welche die Homogenität des Materialverhaltens verletzen und damit einen Festigkeitsverlust bei statischer oder auch dynamischer Beanspruchung nach sich ziehen.

Die Bewertung des Einflusses der Imperfektionen auf die Tragfähigkeit und Nutzungsdauer der Bauteile ist dabei recht unterschiedlich. Im allgemeinen muß vorausgesetzt und gefordert werden, daß die ingenieurtheoretischen Berechnungs- und Bemessungsverfahren unter Berücksichtigung dieses Aspektes eine zutreffende Ermittlung der Tragfähigkeit von Konstruktionen gestatten. Damit haben die aus der Fertigungstechnologie resultierenden Abweichungen in erster Linie Einfluß auf die Weiterentwicklung der ingenieurtheoretischen Methoden zur exakteren Darstellung der Zusammenhänge zwischen Imperfektionen und Tragfähigkeit bzw. zur Sicherung der Tragfähigkeit im Nutzungszeitraum.

Bei statisch auf Zug beanspruchten stählernen Bauteilen besitzen sowohl geometrische Imperfektionen als auch Eigenspannungen eine geringere Bedeutung, da das Plastizierungsvermögen des Baustahles im allgemeinen einen Spannungsausgleich ermöglicht und der nach Theorie II. Ordnung zu be-

rücksichtigende Verformungseinfluß spannungsreduzierend wirkt. Unter der Voraussetzung, daß der im Gegensatz dazu erhebliche Einfluß der geometrischen Imperfektionen auf die Ermittlung der kritischen Lasten bei statisch auf Druck beanspruchten Bauteilen mit genügender Genauigkeit in den hierfür geltenden determinierten Berechnungsvorschriften [2] Berücksichtigung findet, dürfte auch in diesem Beanspruchungsfall kaum eine unmittelbare Beziehung zur Lebensdauer der Stahlkonstruktion bestehen.

Ein direkter Zusammenhang zwischen im Herstellungsverfahren begründeten Abweichungen vom angestrebten bzw. vorausgesetzten technischen Zustand und der Nutzungsdauer besteht dagegen bei ermüdungsbeanspruchten Stahlkonstruktionen. Im Gegensatz zur statischen Beanspruchung kann in diesem Fall nicht mit einem Abbau und Ausgleich örtlicher Spannungsspitzen durch das Plastizierungsvermögen des Baustahles gerechnet werden. Alle beschriebenen Imperfektionen bewirken effektiv eine Reduzierung der Ermüdungsfestigkeit. Die Zeitabhängigkeit und der Einfluß der Ausführungsart sowie der Qualität auf diesen Festigkeitsparameter finden in den Bemessungsvorschriften für Stahltragwerke in der DDR [3] sowohl durch eine Differenzierung der dynamischen Einwirkungen nach drei Lastspielgruppen (Anzahl der in der angenommenen Nutzungsdauer zu erwartenden Lastwechsel) als auch durch eine Zuordnung von Verbindungsmitteln und speziellen Konstruktionsformen zu entsprechenden Dauer- bzw. Zeitfestigkeitslinien (Darstellung der ertragbaren Ermüdungsbeanspruchung in Abhängigkeit von Grenzspannungsverhältnissen und ausgewählten Konstruktionsformen) Berücksichtigung. Ergänzend dazu sind in den Vorschriften über die Ausführung von Stahltragwerken [4] die speziell für ermüdungsbeanspruchte Konstruktionen zu erfüllenden Qualitätsforderungen beschrieben. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, inwieweit mittels einer planmäßigen Begrenzung der Nutzungs-

dauer und entsprechender Berechnungsverfahren auf stochastischer Grundlage spürbare Vorteile bei der Festlegung zulässiger Imperfektionen sowohl für den Hersteller als auch für den Nutzer zu erwarten sind. Bei Halbzeugen auftretende Abweichungen in Querschnittsgröße und -gestalt werden durch Toleranzen begrenzt. Hinsichtlich der Festlegung der Größe und Zuordnung der Toleranzen bestehen naturgemäß zwischen Hersteller und Anwender unterschiedliche Auffassungen. Die in den metallurgischen Standards beispielsweise ausgewiesenen Minus-Abweichungen können vom Stahlbau nur insoweit akzeptiert werden, wie sie innerhalb der Sicherheitskonzeption für die Berechnung und Bemessung von Stahltragwerken vertretbar sind.

Die aus den Zusammenbau- und Transportvorgängen auf der Baustelle abzuleitenden Unregelmäßigkeiten ergeben erfahrungsgemäß vorrangig kritische Situationen für den Montagezustand von Stahltragwerken [5], [6], [7]. Auf die Funktionstüchtigkeit im Nutzungszeitraum können dabei insbesondere Imperfektionen Einfluß nehmen, die aus den auf der Montagestelle zu realisierenden Fertigungsvorgängen resultieren. Der Stellenwert des Einflusses der stahlbautechnischen Montagevorgänge auf den Nutzungszeitraum kann dabei für Konstruktionen des Stahlhoch-, Stahlwasser- sowie Stahlbrückenbaues auf Grund bestehender Unterschiede in der Ausführungstechnologie verschieden sein.

Erfahrungsgemäß besitzen im Stahlhochbau die Hüll- und Ausbaukonstruktionen in der Regel eine wesentlich größere Bedeutung für die Nutzungsdauer eines Gebäudes oder einer baulichen Anlage als die mit ihnen komplettierte stählerne Tragkonstruktion. Da der jeweilige Nutzer die Leistungen des Stahlbaues im Zusammenhang mit der Funktionstüchtigkeit des Gesamtbauwerks bewertet, müssen auch diese Konstruktionen, ihr Einfluß auf die Nutzungsdauer sowie die Zusammenhänge zwischen Vorfertigungs- und Unterhaltungsaufwand für derar-

tige Elemente in die Überlegungen der Stahlbaubetriebe einbezogen werden. Dabei ist eine thematische Trennung von den Aufgaben einer instandhaltungsgerechten konstruktiven Gestaltung bzw. der Austauschbarkeit kurzlebiger Ausbauelemente kaum möglich. Stellvertretend für die Vielzahl der Probleme soll hier lediglich der Einfluß der Ausführungsqualität von Verbindungsstellen (Fugen) raumabschließender Bauteile auf Dichtigkeit und Unterhaltungsaufwand Erwähnung finden.

Bei leichten Mehrschichtenelementen wird bei der konstruktiven Gestaltung vorzugsweise auf sogenannte "Trockenfugen" orientiert (vgl. Bild 1), um damit dem subjektiven Einfluß der Monteure zu begegnen und eine weitgehende Witterungsunabhängigkeit der Montagearbeiten zu garantieren.

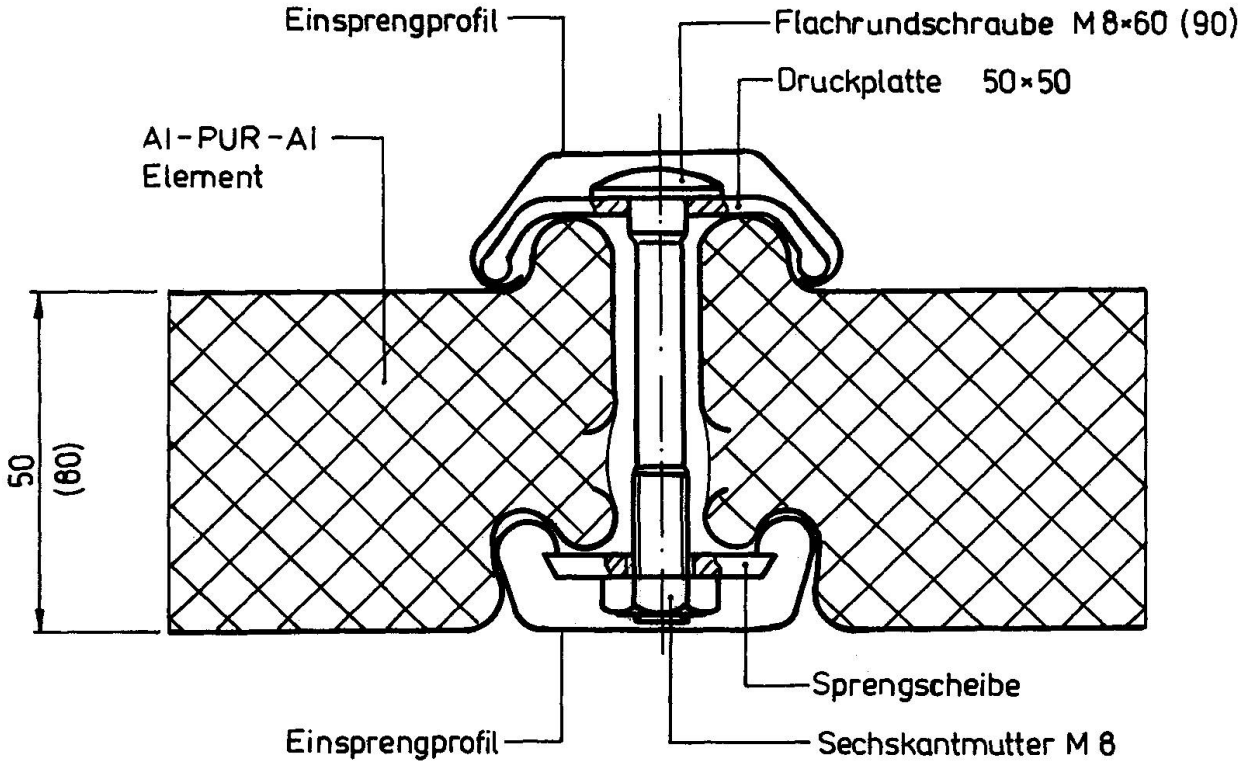

Bild 1:
Fugenlösung des VEB Holzbauwerke Bernsdorf für AL-PUR-AL-Sandwichelemente

Mit derartigen Ausbildungen erhält die Fertigungsgenauigkeit dieser Elemente eine besondere Bedeutung für die Fugendichtigkeit und den Unterhaltungsaufwand. Aus diesem Grunde werden die Forderungen an die Herstellungstechnologie hinsichtlich zulässiger geometrischer Abweichungen (Toleranzen) in der Regel im jeweiligen Erzeugnisstandard ausgewiesen. Damit sollen gleichzeitig Paßgenauigkeit, Dichtigkeit sowie Widerstandsfähigkeit des leichten Mehrschichtenelementes gegen Korrosion der metallischen Deckschicht bzw. Verrottung von Plastwerkstoffen gesichert werden.

Ausgehend von der Bedeutung dieser Verbindungsstellen sind folgende wichtige Kriterien für die Fugenqualität zu nennen:

- Erzielung der Fugendichtigkeit in erster Linie durch eine entsprechende geometrische Formgebung und nur, wenn es unumgänglich ist, Dichtungsbänder und Fugenkitte vorsehen;
- Beachtung der allgemeinen bauphysikalischen Grundregeln bei der Fugenausbildung, wie z.B. Verhinderung des Eindiffundierens von Wasserdampf in Mehrschichtenelemente mit metallischer Deckschicht und Vermeidung von Wärmebrücken;
- Bevorzugung der Zweistufenfuge gegenüber einer Ausbildung von Einstufenfugen;
- Ableitung des Niederschlagswassers auf Dachflächen von der Fuge durch konstruktive Maßnahmen, so daß der Wasseranfall an diesen Verbindungsstellen möglichst gering ist, z.B. durch Herausnahme der Fuge aus der Ebene;
- Gewährleistung der Dichtigkeit auch bei gegenseitig unterschiedlichen Durchbiegungen und Bewegungen der Elemente;
- Verwendung nur solcher Materialien bei der Fugenausbildung, deren Lebensdauer der des Elementes entsprechen. Auf die Verträglichkeit der miteinander zu verbindenden Materialien ist dabei zu achten;
- Einsatz solcher Fugenschlußmaterialien, die eine witterungs-

unabhängige Montage ermöglichen, keine aufwendigen Fugenvorbereitungsarbeiten (z.B. Entfetten, Haftgrundierung usw.) erfordern sowie unkompliziert zu montieren sind;

- Möglichkeit der Demontage einzelner Elemente zwecks Auswechselung;
- Vermeidung überstehender, nicht ausgesteifter Deckschichten wegen der Gefahr des Abschälens und der Deformation. Fugenausbildung darf einer transportgerechten Ausbildung des Elementes nicht entgegenstehen;
- Beachtung der allgemeinen Anforderungen des Wärme-, Schall-, Brand- und Korrosionsschutzes.

Für die Ausführungsvorgänge auf den Baustellen gilt insbesondere die Forderung nach Verhinderung des Eindringens von Feuchtigkeit in das Innere der Bauteile durch Wasserdampfdiffusion über die Elementränder bzw. die Forderung nach Möglichkeiten zur Ableitung eingedrungener Baufeuchte. Mit der Gefahr des Korrosionsangriffes vom Elementinneren auf Deckschicht und Plastschaumkern durch kondensierten Wasserdampf sowie der Zerstörung des Plastschaumstoffes und des Haftverbundes bei entsprechenden Temperaturen durch Gefrieren wird die Bedeutung des Einflusses der Montagevorgänge auf die Nutzungsdauer dieser Konstruktionen sichtbar. Ebenso wichtig ist dabei eine qualitätsgerechte Ausführung bei Verwendung unterschiedlicher Materialien im Zusammenhang mit der Vermeidung von Erscheinungen der Kontaktkorrosion.

Unbestritten und offensichtlich ist die direkte Beziehung zur Nutzung und zur Nutzungsdauer von stählernen Tragwerken bei den technologischen Verfahren zur Herstellung des erforderlichen Korrosionsschutzes durch Anstrichstoffbeschichtung sowohl im Fertigungsbetrieb als auch auf der Baustelle. Der bislang dem Stahlbau nachgesagte hohe Unterhaltungsaufwand für die Instandsetzung bzw. Erneuerung der jeweiligen Korrosionsschutzsysteme durch den Nutzer kann durch geeignete

Maßnahmen deutlich eingeschränkt werden. Einmal sind in Abhängigkeit von einer differenzierten und standortabhängigen Korrosionsbeanspruchung vernünftige Forderungen in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer des Stahltragwerkes und der zu erwartenden Lebensdauer des Schutzsystems zu formulieren. Zum anderen gibt es erfahrungsgemäß immer noch eine Vielzahl von Fehlerquellen bei der Oberflächenvorbereitung, der Aufbringung sowie Behandlung der Schutzsysteme, die deren Lebensdauer einschränken. Hierfür können folgende hauptsächliche Ursachen genannt werden:

- Nichterreichung des geforderten Säuberungsgrades der Stahloberfläche vor dem Aufbringen der Anstrichstoffbeschichtung durch das Vorhandensein von Rost, Staub und Fett;
- Nichteinhaltung der geforderten Gesamtschichtdicke des Anstrichsystems;
- Verwendung ungeeigneter Anstrichstoffqualitäten in Abhängigkeit von tatsächlichen klimatischen Belastungen;
- Zu große Zwischenstandzeiten von Teilschutzsystemen bis zu deren Komplettierung;
- Versäumte Ausbesserung von Transport- und Montageschäden;
- Fehlende qualitätsgerechte Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten durch Nichteinhaltung der Zwischentrocknungszeiten sowie Nichtbeachtung der Verarbeitungsvorschriften der Farbhersteller bezüglich zulässiger Temperatur und Feuchtigkeit;
- Mangelhafte korrosionsschutzgerechte Gestaltung der stählernen Tragkonstruktion.

Insgesamt wird die Widerstandsfähigkeit eines Bauteiles gegenüber Korrosion letztlich von einer qualifizierten Werkstoff- und Korrosionsschutzauswahl beeinflußt. Gegenwärtig sind diesbezügliche Entscheidungen noch zu häufig allein von den Erfahrungen und Kenntnissen bzw. auch dem Gutdünken des jeweiligen Projektanten oder Konstrukteurs abhängig.

Diese Feststellungen gelten nicht nur für eine Konservierung mittels Anstrichstoffen, sondern gleichfalls für den Einsatz der Feuerverzinkung und die Verwendung korrosionsträger Stähle zum Zwecke des Schutzes stählerner Tragwerke gegen Korrosion. Aus diesem Grunde bilden entsprechende Projektierungsrichtlinien eine wesentliche Erleichterung bei der technisch und ökonomisch richtigen Auswahl eines geeigneten Korrosionsschutzsystems unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedingungen des Einsatzortes [8] und [9].

Der Gedankenaustausch über Inhalt und Bedeutung der Herstellungsverfahren für ein nutzungsgerechtes Bauen im Stahl- und Stahlverbundbau muß dem Aspekt der zunehmenden Industrialisierung in der Stahlbaufertigung und -montage sowie dem daraus abzuleitenden Effekt einer qualitativ besseren Ausführung und größeren Genauigkeit Rechnung tragen [10]. Die Darstellung des Einflusses der Ausführungstechnologie sowohl auf die Qualität eines Stahltragwerkes oder eines komplettierten Erzeugnisses schlechthin als auch auf die Zuverlässigkeit im vorgesehenen Nutzungszeitraum sollten thematisch als Schwerpunkt behandelt werden. In Ergänzung zu den bereits angedeuteten Problemen bietet sich in diesem Zusammenhang eine Untersuchung und Diskussion zu folgenden Einzelthemen an:

- Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit im vorgesehenen Nutzungszeitraum durch Mängel, die in der Ausführungstechnologie begründet sind;
- Analyse der gegenwärtigen und zukünftigen Einflußmöglichkeiten der Ausführungstechnologie auf die Gewährleistung der Nutzungsfähigkeit von Gebäuden und baulichen Anlagen;
- Darstellung der Wechselbeziehungen zwischen konstruktiver Gestaltung, technologischen Verfahren und Lebensdauer am Beispiel verzinkter Stahlkonstruktionen mit folgenden Aspekten:
  - Verzinkungsgerechte Gestaltung

  - Restriktionen für Fertigungstechnologie, Montagetechnologie und Verbindungstechnik
  - Lebensdauer verzinkter Konstruktionen;
- Darstellung der Zusammenhänge zwischen Berechnungsannahmen und technologisch bedingten Imperfektionen:
  - Schweißverformungen und Schweißeigenspannungen
  - Stegblechbeulung durch thermische Beanspruchung (z.B. Verzinkung);
- Systematische Darstellung von Forderungen an die technologischen Verfahren unter Berücksichtigung der Entwicklungstendenzen des Stahlbaues;
- Darstellung des Einflusses vorhandener technologischer Möglichkeiten sowie veränderter technologischer Verfahren auf die konstruktive Gestaltung bzw. bauliche Durchbildung;
- Darstellung ökonomischer Aspekte bei der Erfüllung bestimmter Forderungen an Technologien zur Gewährleistung der Nutzungsfähigkeit von Gebäuden und baulichen Anlagen;
- Erschließung weiterer Einsatzgebiete bei gleichzeitiger Beschreibung der Anwendungsmöglichkeiten von korrosionsträgen Stählen, insbesondere bei nicht frei bewitterten stählernen Tragkonstruktionen;
- Behandlung von Aspekten für eine richtige Einordnung der Korrosionsschutzarbeiten in den Fertigungsdurchlauf und Darstellung der Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Oberflächenschutzes.

2. Qualitätssicherung und -kontrolle

Die Voraussetzung für eine Qualitätssicherung und -kontrolle im Bauwesen bildet die Festlegung von Qualitätsmerkmalen für Gebäude und bauliche Anlagen. In Übereinstimmung mit der Begriffsdefinition in den anderen Industriezweigen bezeichnet

man mit dem Terminus "Qualität" die Gesamtheit der Eigenschaften eines Erzeugnisses, die den Grad der Eignung für einen vorgegebenen Verwendungszweck bestimmen. Eine Qualitätsbeurteilung fordert daher insbesondere die quantitative Beschreibung der Eigenschaften eines Gebäudes oder einer baulichen Anlage aus der Perspektive des Nutzers. Es ist wichtig, festzustellen, daß stets mehrere Erzeugniseigenschaften zur Beschreibung der Erzeugnisqualität gehören.

Eine Besonderheit des Bauwesens gegenüber anderen Industriezweigen besteht darin, daß die Funktionstüchtigkeit (Eignung) von Bauwerken in der Regel über einen wesentlich längeren Zeitraum gewährleistet werden muß, als dies z.B. im Maschinen- oder Fahrzeugbau üblich ist. Sowohl aus der Zeitabhängigkeit der Qualitätsforderungen und den damit verbundenen Veränderungen der Erzeugniseignung (moralischer Verschleiß) als auch aus der geringeren Lebensdauer einzelner Bauelemente (natürlicher Verschleiß) ergibt sich zwangsläufig eine Funktionsminderung des Gebäudes oder der baulichen Anlage.

Mit der Wahrscheinlichkeit, daß ein Erzeugnis unter definierter Beanspruchung für ein bestimmtes Zeitintervall innerhalb vorgeschriebener Grenzen (Toleranzen) funktionsfähig ist, wird der Begriff der Zuverlässigkeit verknüpft. Als Vorbedingung für eine Bestimmung der Zuverlässigkeit von Bauwerken auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage gilt, daß der Nutzer die von ihm gewünschte Lebensdauer quantifiziert. Außerdem sind die äußeren Einwirkungen auf das Erzeugnis (z.B. Belastung, Klima, Lärm, Licht, Brand, Korrosion usw.) nach Art und Größe zu definieren, um eine entsprechende Beurteilung sowohl des Bauwerkes als auch seiner Bauteile vornehmen zu können. Die Schwierigkeiten bei der Quantifizierung der Eignungsmerkmale, der äußeren Einwirkungen und der gewünschten Lebensdauer haben letztlich dazu geführt, daß

bisher die projektierten Lösungen allgemein auf Erfahrungswerten basieren. In jedem Fall wird es notwendig sein, für die einzelnen Bauwerksteile unterschiedliche Nutzungszeiträume festzulegen.

Eine moderne Qualitätssicherung kann heute nicht auf eine statistische Qualitätskontrolle beschränkt bleiben, da die Mehrzahl der Fehlerursachen nicht in der Fertigung, sondern vor allem in der Fertigungsvorbereitung zu suchen ist [11]. Die z.B. in der Bauprojektierung anzustrebenden Veränderungen beinhalten in der ersten Phase eine gemeinsam mit dem Auftraggeber vorzunehmende Präzisierung der Anforderungen an das Bauwerk sowie der Vorstellungen über die Lebensdauer, so daß daraus eindeutige Eigenschaftsforderungen abgeleitet werden können. In der folgenden Phase sind unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der vorgesehenen Nutzung die Einwirkungen auf das Gebäude oder die bauliche Anlage sowie auf deren Bauteile genauer zu beschreiben. Daraus lassen sich die gewünschte Qualität des Bauwerkes bestimmen und zugleich die erforderlichen Qualitäten der Bauwerksteile ableiten. In der dritten Phase der Projektierung sind aus dem Lieferangebot der Zulieferindustrien die Bauelemente auszuwählen, die den Qualitätszielen entsprechen. Anschließend ist unter Einbeziehung der ökonomischen Kennwerte und unter Berücksichtigung der Lebensdauer eine Optimierung vorzunehmen (Gebrauchswert-Kosten-Analyse).

Eine Projektierung, die diese Stufen einer Qualitätsplanung beinhaltet, gestattet nicht nur konkrete Angaben über den Umfang der Garantieleistungen und der Garantiedauer, sondern auch Hinweise über die Höhe laufender Kosten innerhalb der projektierten Nutzungsdauer. Ein derartiges Verfahren ist jedoch nur möglich, wenn die Zulieferindustrie gleichzeitig zu den von ihr angebotenen Bauelementen eindeutige und kontrollfähige Angaben über Eigenschaftswerte und Lebensdauer liefert und diese garantiert. Für die Funktionstüchtigkeit

von stählernen Tragwerken bilden entweder unter Verwendung determinierter Berechnungs- und Bemessungsverfahren die "Tragsicherheit" oder aber bei einer stochastischen Betrachtungsweise die "Versagenswahrscheinlichkeit" das entscheidende Qualitätsmerkmal. Sofern die Forderung nach einer hinreichend genauen ingenieurtheoretischen Ermittlung des Tragverhaltens nicht erfüllt werden kann, bedient man sich zum Zwecke der Qualitätssicherung und -kontrolle der experimentellen Tragsicherheitsprüfung (vgl. Bild 2).

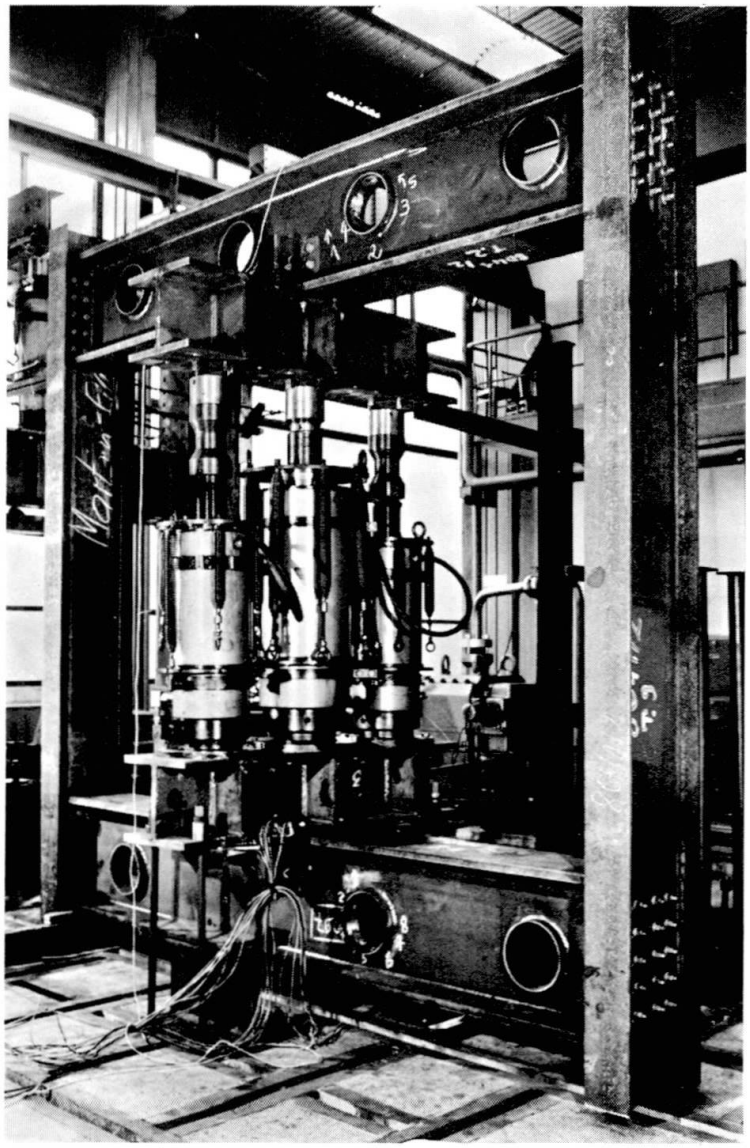

Bild 2:
Experimentelle Ermittlung des Tragverhaltens von hochbelasteten Trägern mit gesäumten und ungesäumten Stegblechaussparungen

Bevorzugte Prüfgegenstände sind Bauteile oder Baugruppen, für welche eine Beurteilung des Beanspruchungszustandes (Kräfteverlauf) bzw. eine Abschätzung entstehender Spannungskonzentrationen außerordentlich schwierig ist [12]. Bei einem klaren und übersichtlichen Spannungsverlauf bringt die experimentelle Tragsicherheitsprüfung in der Regel gegenüber den theoretischen Untersuchungen kaum Vorteile.

Als problematisch gilt bei allen Bauteilversuchen die versuchstechnische Realisierung der der Wirklichkeit entsprechenden Krafteinleitung und Auflagerung. Sofern Bauteile nicht in Originalgröße geprüft werden, ist der Einfluß der abweichenden Bauteilgröße auf das Versuchsergebnis mitunter erheblich und kann im allgemeinen auch nicht durch entsprechende Analogiebetrachtungen ohne weiteres erfaßt werden. Alle Ergebnisse von Prüfungen müssen außerdem auf Werkstoffe und Abmessungen bezogen werden, die Normwerten entsprechen. Mögliche Streuungen sind dabei abzuschätzen. Erfahrungsgemäß liegen in vielen Fällen die versuchsmäßig ausgewiesenen Sicherheiten wesentlich über den geforderten Werten. Daraus sollte aber nicht die allgemeine Forderung abgeleitet werden, daß allein auf der Grundlage von Laborversuchen eine weitere Ausschöpfung vorhandener Tragreserven möglich ist. Dies betrifft sowohl die Bauteilprüfungen für einen speziellen und einmaligen Anwendungsfall als auch die Versuche, die mit Serienerzeugnissen vorgenommen werden. Es ist empfehlenswert, die Verallgemeinerungsfähigkeit von Prüfergebnissen in jedem Fall durch eine Praxiserprobung zu stützen. Bekanntlich ist die Erfassung des Zusammenwirkens verschiedener Bauteile im Bauwerk theoretisch äußerst problematisch und deshalb schon häufig Gegenstand experimenteller Untersuchungen gewesen [13], [14], [15]. Diese haben sich z.B. auch im Zusammenhang mit der Einsatzvorbereitung von oberflächenbeschichteten Trapezblechen als vorteilhaft erwiesen (vgl. Bild 3). Die Verwendung derartiger profilierter Blech-

tafeln als Dach- und Wandverkleidung ermöglicht Überlegungen, inwieweit bei genügender Schubsteifigkeit dieser Falttafeln eine zusätzliche Schubaussteifung in den Dach- und Wandfeldern entfallen kann.

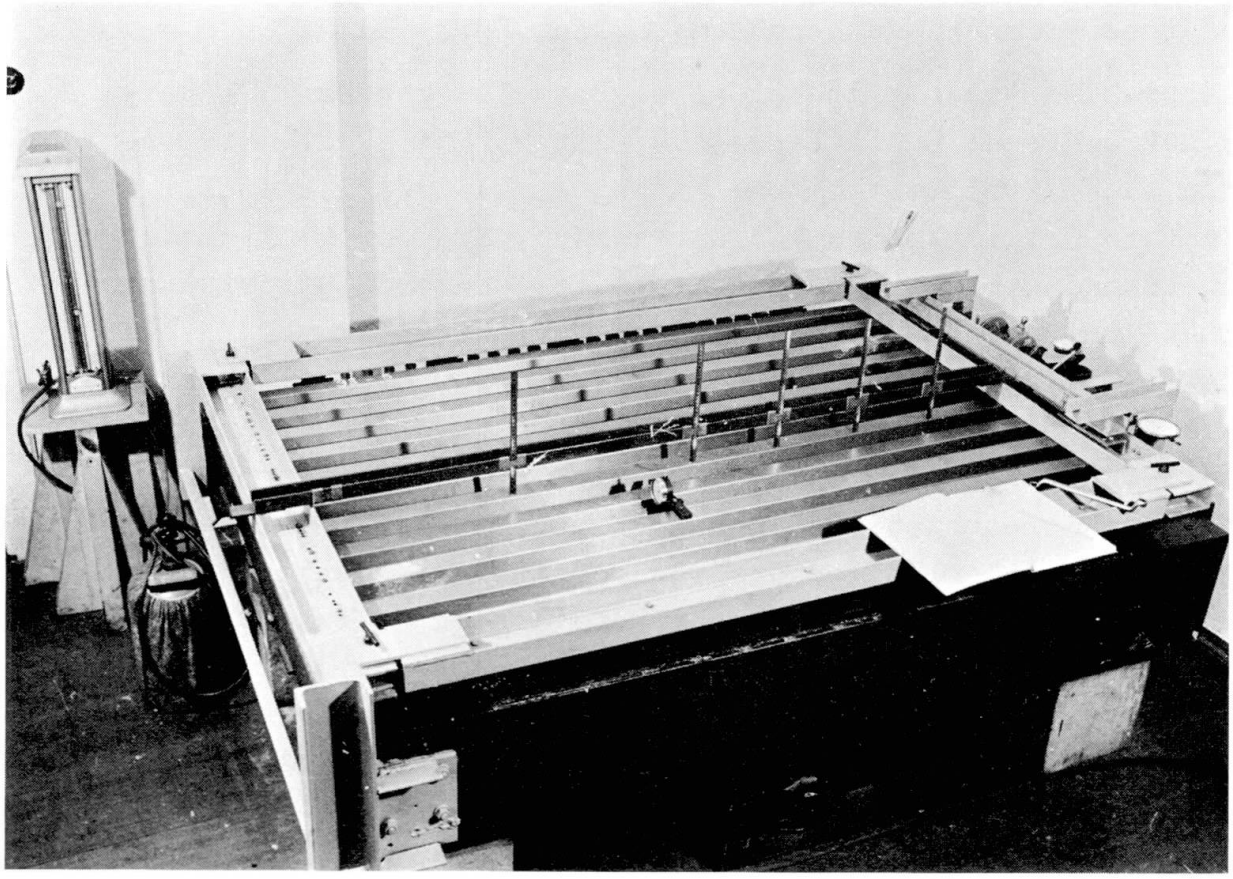

Bild 3:
Versuchseinrichtung zur Tragfähigkeitsprüfung von profilierten Blechtafeln unter kombinierter Quer- und Schubbelastung mittels Schubrahmen und Luftkissen
(Manometer am linken Bildrand)

Die entsprechenden Laborversuche verdeutlichen den Einfluß der Befestigungspunkte des Bleches auf die Schubaufnahmefähigkeit. Der Schlupf in der Verschraubung, das örtliche

Ausbeulen des Bleches und die starke Deformation der Falte am Plattenende werden als Ursachen für eine Begrenzung der Kraftübertragung angesehen. Unter einer den praktischen Erfordernissen angepaßten kombinierten Quer- und Schubbelastung wurde ein Abfall der ertragbaren Querlast bis zu 20 % registriert, sofern gleichzeitig eine Horizontallast zu übertragen ist. Gleichzeitig konnten aus den Versuchen baukonstruktive Forderungen für die Schubkrafteinleitung abgeleitet werden, die zur Einschränkung der an den Tafelenden festgestellten starken Schubdeformationen notwendig sind. Durch die zunächst an verkleinerten Modelltafeln vorgenommenen experimentellen Untersuchungen erhält man einen guten Überblick über das grundsätzliche Tragverhalten (vgl. Bild 4).

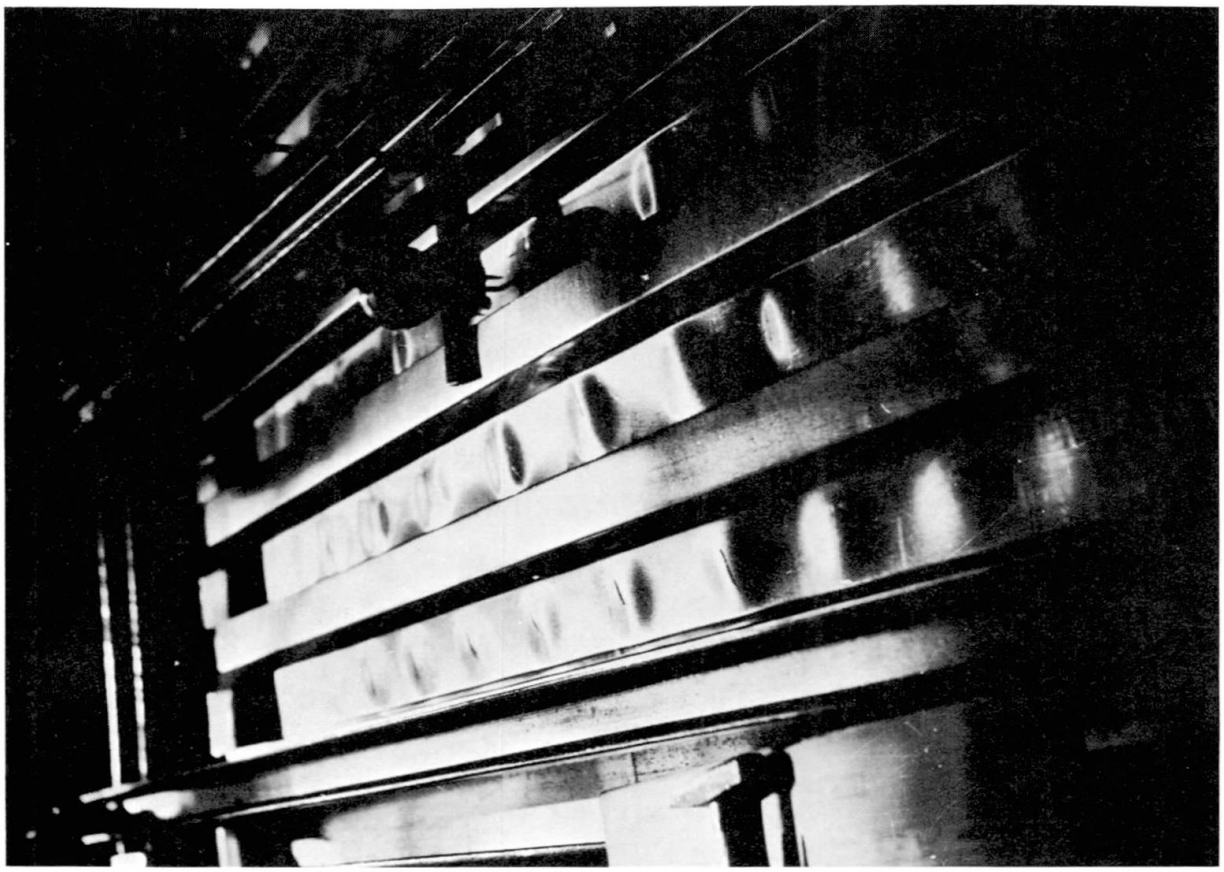

Bild 4:
Beulfiguren in einer Versuchstafel kurz vor dem Versagen

Das für eine industrielle Fertigung ausgewählte Faltprofil kann anschließend im Zusammenhang mit den Befestigungsmitteln in einem Großversuch zur Bestätigung der Modellmeßwerte untersucht werden.

Grundsätzlich bildet der Laborversuch eine der Möglichkeiten zur Kontrolle oder Überprüfung von Qualitätsmerkmalen. Trotzdem ist damit die Problematik der Qualitätskontrolle für viele Eigenschaften eines Erzeugnisses nicht zu lösen. Aus diesem Grunde besitzen Untersuchungen und Darstellungen über zweckmäßigste Methoden und Organisationsformen einer Qualitätssicherung und -kontrolle im Bauwesen eine besondere Wichtigkeit. Dies gilt in besonderem Maße auch für die im Zusammenhang mit dem ständig steigenden Vorfertigungsgrad im Bauwesen an Bedeutung gewinnende Problematik der Paßfähigkeit und Toleranzen. Eine diesbezüglich eigenständige Qualitätsbeurteilung im Stahlbau sollte sich die grundsätzlichen Erfahrungen und Ordnungsprinzipien technologisch verwandter Produktionsformen nutzbar machen. Ein eventueller Vergleich mit den entsprechenden Methoden dieser Industriezweige, insbesondere des Maschinen-, Flugzeug- und Fahrzeugbaues, dürfte wichtige Hinweise und Anregungen beinhalten.

Besondere Aufmerksamkeit sollte in der Diskussion einer kritischen Überprüfung der gegenwärtig praktizierten Qualitätsforderungen bezüglich ihrer tatsächlichen Bedeutung und Wirksamkeit im Nutzungszeitraum beigemessen werden, so daß gegebenenfalls überspitzte Forderungen in den Herstellungs- und Abnahmevorschriften verändert werden können. In diesem Zusammenhang wird die thematische Behandlung folgender Probleme als notwendig erachtet:

- Methoden der Qualitätskontrolle am fertigen Bauwerk;
- Bedeutung und Aussage experimenteller Prüfungen für die Kontrolle der Tragsicherheit von Serienerzeugnissen des Stahlhoch- und Brückenbaues;

- Erarbeitung von Qualitätsmerkmalen einschließlich Angabe von Möglichkeiten zu ihrer Überprüfung;
- Probleme der Übertragbarkeit und Verallgemeinerung von Prüfergebnissen;
- Darstellung der Zusammenhänge zwischen auftretenden Schäden im Nutzungszeitraum und deren Vermeidung durch Prüfungen am fertigen Bauwerk bzw. durch eine Verlagerung der Kontrollen in die Vorfertigung;
- Qualitätssicherung und -kontrolle von
  - Montageschweißverbindungen
  - vorgespannten Montageverbindungen
  - Klebverbindungen zur Verstärkung von Bauwerken bzw. Schadensbeseitigung.

3. Beschädigungsarmer Transport

Die thematische Behandlung eines beschädigungsarmen Transportes schließt die organisatorischen Probleme des Transportes, der Lagerung und der Baustellenprozesse ein. Die zunehmende Bedeutung von Beschädigungen während des Transportes zur und auf der Baustelle ergibt sich zwangsläufig durch:

- die Weiterentwicklung des Metalleichtbaues unter Verwendung dünnwandiger oder feingliedriger Konstruktionselemente und der daraus abzuleitenden Verformungsgefährdung im Transportprozeß;
- die in stationären Anlagen zu erreichende höhere Qualität eines Korrosionsschutzes und des damit ständig steigenden Anteiles von entweder teilgeschützten oder vollkonservierten Stahlkonstruktionen.

Die Bedingungen für einen beschädigungsarmen Umgang mit Bauteilen sind bereits in der Phase der technischen Vorbereitung beeinflußbar. Der Konstrukteur hat den Forderungen nach

einer transport- und verpackungsgerechten Gestaltung nachzukommen, so daß auch die Stapelfähigkeit der Bauteile und eine maximale Auslastung des Transportmittels gewährleistet sind. Dabei bilden die jeweiligen Vorschriften der Gesetzgeber (z.B. Straßenverkehrszulassungsordnung) oder der Eisenbahnverwaltungen (z.B. Lademaße) die Grundlage für die Dimensionierung der Versandknoten im Stahlbau. Zur weitestgehenden Vermeidung von Beschädigungen des Korrosionsschutzsystems und von Deformationen beim Umschlag und während der Montage von schweren sowie unsymmetrischen Bauteilen sind entsprechende Transport- und Montageösen konstruktiv vorzusehen. Dabei ist die Ösenanordnung so zu wählen, daß sie den nachfolgenden Einbau von Komplettierungsteilen (Gitterroste, Betonelemente, technologische Ausrüstungen usw.) nicht behindert. Sofern Transport- und Montageösen keine Anwendung finden, empfiehlt sich in jedem Fall für alle unsymmetrischen Bauteile die Festlegung und entsprechende Markierung von Anschlagpunkten in den Konstruktionszeichnungen sowie auf den Bauteilen. Während bei Serienerzeugnissen das Sortiment der zu kennzeichnenden Bauteile innerhalb eines Werkstandards [16] fixiert werden kann, ist bei den individuellen Konstruktionen des Stahlbaues von Fall zu Fall über die Notwendigkeit der Kennzeichnung in Abhängigkeit von der Lastgeometrie zu entscheiden, wobei auch hierfür entsprechende grundsätzliche Hinweise für das Lastanschlagen formuliert werden können.

Die Einschränkung des Beschädigungsgrades sowie der Verformungen gelingt bei dafür geeigneten Bauteilen durch die Zusammenfassung zu Transport- und Ladeeinheiten in Form von Kollis, Bündeln oder Paletten, die grundsätzlich mit Anschlagpunkten zur Befestigung eines Lastaufnahmemittels zu versehen sind. In Abhängigkeit von der Bauteilgeometrie erstreckt sich die Auswahl der Verpackungsmittel für diese Ladeeinheiten von einer einfachen Bandstahlumschnürung bis zum schweren Spannrahmen.

Als problematisch gilt das Verpacken und der Versand von Konstruktionen bei noch nicht voll ausgehärteten Anstrichsystemen, da die beizulegenden Zwischenlagen aus Holz oder Gummi am Anstrichstoff haften. Als allgemeine Forderungen für die Entwicklung von Verpackungsmitteln gelten:

- Berücksichtigung von an den Konstruktionsteilen vorhandenen Bohrungen, Anschlußblechen oder Winkeln zur Befestigung des Verpackungsmaterials;
- Verpackungsmittel müssen stapelbar, mit Kran transportierbar und stabil sein;
- Im Verpackungsmittel lagernde Teile müssen sich arretieren lassen.

Diese aus den speziellen Bedingungen des Stahlbaues abgeleiteten Aussagen gelten in viel stärkerem Maße für alle Komplettierungsteile des bautechnischen Ausbaues. Beispielsweise sind leichte Mehrschichtenelemente auf Grund ihrer Materialkombinationen und geringeren Masse weitaus empfindlicher gegen Schlag, Stoß oder Biegebeanspruchung als traditionelle Bauteile aus Stahl oder Stahlbeton. Dieser Umstand muß in einer transportgerechten Gestaltung der Elemente und Verpackung Berücksichtigung finden.

Aus der Kenntnis, daß technologisch bedingte Beschädigungen der Korrosionsschutzsysteme in einem bestimmten Umfang nicht auszuschließen sind, ergeben sich Untersuchungen über die Anwendungsgrenzen des Teil- bzw. Vollkorrosionsschutzes. Bestehende Forderungen nach einer kompletten Verlagerung der Korrosionsschutzarbeiten von der Baustelle in die Fertigungsbetriebe des Stahlbaues sind in jedem Fall technisch und ökonomisch zu begründen. Entsprechende Auswertungen für stählerne Tragwerke des Anlagenbaues (Kraftwerksbau), bei denen Beschädigungen des Korrosionsschutzes infolge der Transport- und Montagevorgänge auch anderer Bau- und Ausrüstungsgewerke auftreten, haben ergeben, daß bei einer

ca. 7-10%igen Beschädigung des Korrosionsschutzes bis zum Stahluntergrund eine mit Teilschutz ausgelieferte Stahlkonstruktion ökonomisch günstiger wird als bei einer Vollkonservierung (vgl. Bild 5). Dabei bleiben Überlegungen bezüglich des geringeren Korrosionsschutzwertes von Vollkonservierungen mit behobenen Schadstellen gegenüber auf der Baustelle ausgebesserten Teilkonservierungen und mit einem Vollschutz versehenen Stahlkonstruktionen unberücksichtigt. Ergänzende Untersuchungen über den Kostenanteil für die absoluten Baustellenanforderungen bei Ausbesserungs- bzw. Komplettierungsarbeiten ergaben, daß dieser bei einem Beschädigungsgrad von mehr als 13 % beim Teilschutz geringer ist (vgl. Bild 6).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß als wichtigstes Kriterium für die Festlegung des Anlieferungszustandes der durch Transport zur und auf der Baustelle, Zwischenlagerung, Stahlbaumontage und Nachfolgegewerke verursachte Beschädigungsumfang bis zur Stahloberfläche gilt.

In Ergänzung zu den hier angedeuteten Problemen eines beschädigungsarmen Transportes werden folgende Gesichtspunkte ebenfalls als bedeutungsvoll beurteilt:

- Einfluß der Transportorganisation auf die konstruktive Ausbildung von Stahlkonstruktionen;
- Kriterien für eine transportgerechte Gestaltung;
- Anwendung des Palettentransportes bei Stahlbauteilen von Serienerzeugnissen
- Qualitätsforderungen bei Nachbesserungen von Schadstellen des Korrosionsschutzes
- Möglichkeiten einer hochmechanisierten Ausbesserung und Komplettierung der Anstrichsysteme auf der Baustelle
- Probleme des Exportes von Stahlkonstruktionen in Länder mit veränderten technologischen Möglichkeiten und klima-

tischen Bedingungen;

- Erarbeitung und Anwendung von Richtlinien für die Bauausführung einschließlich deren Wirksamkeit für die unmittelbar mit dem Transport, dem Umschlag oder der Lagerung beauftragten Arbeitskräfte.

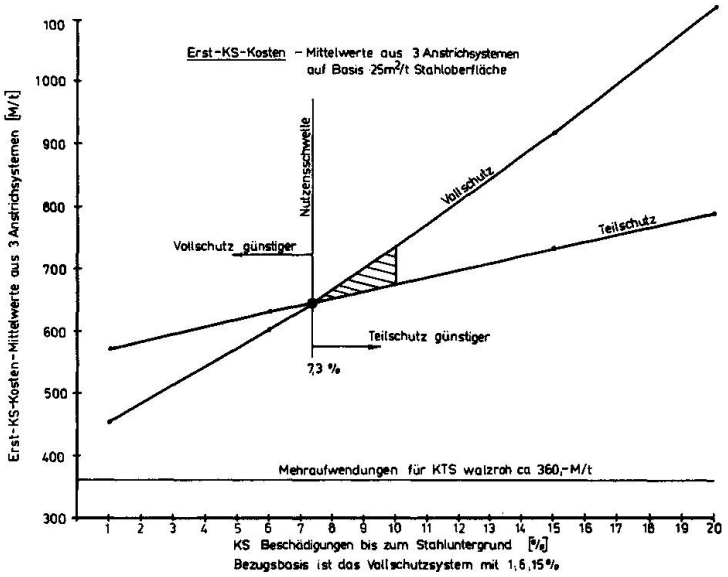

Bild 5: Erstmalige Kosten für Anstrichstoffbeschichtung bei teil- und vollgeschützten Stahlkonstruktionen in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad

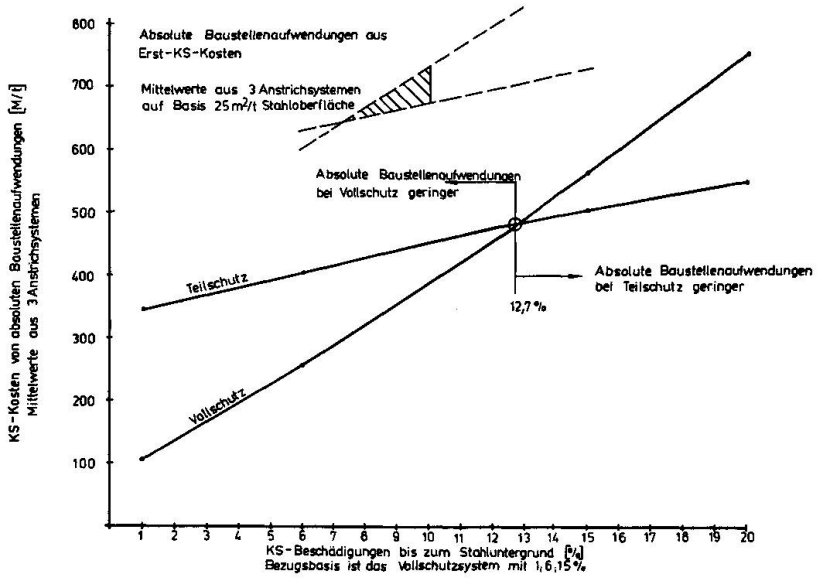

Bild 6: Vergleich absoluter Baustellenaufwendungen für teil- und vollgeschützte Stahlkonstruktionen in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad

Literaturverzeichnis

[1] IVBH-Symposium Prag 1971 — Berichte der Arbeitskommission
Band 8 Einführungsbericht
Band 9 Vorbericht
Band 10 Schlußbericht

[2] Lutteroth, A. — Neue Stabilitätsvorschrift im Stahlbau, TGL 13503
Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 11 (1971) Heft 2, Seite 51-57

[3] TGL 13500 — Stahlbau-Stahltragwerke Berechnung und bauliche Durchbildung
Ausgabe März 1972

[4] TGL 13510 — Stahlbau
Ausführung von Stahltragwerken (Blatt 1 bis 9)
Entwurf März 1974

[5] Sattler, K. — Betrachtungen über die Bruchursachen der neuen Wiener Donaubrücke
Tiefbau, Gütersloh 12 (1970) Heft 10, Seite 948

[6] Maquoi, R./ Massonnet, Ch. — Lezioni da trarre da incidenti avvenuti a quattro grandi ponti metallici a cassone
Costruzioni metalliche, Milano 25 (1973) Heft 2, Seite 84

[7] Kemp, K.O. — Concepts of structural safety
Civil Engenineering and Public Works Review, London Vol. 68 (1973) Februar, Seite 132

[8] Richtlinien für Projektierung und Konstruktion des VEB Metalleichtbaukombinat

- Richtlinie für Korrosionsschutz im Stahl-, Metalleicht- und Feinstahlbau vom 10.8.1973
- Richtlinie für feuerverzinkungsgerechtes Projektieren, Konstruieren und Fertigen im Stahl-, Metalleicht- und Feinstahlbau vom 1.1.1970
- Richtlinie für Korrosionsschutz durch Anstriche im Stahl-, Metalleicht- und Feinstahlbau vom 1.9.1971
- Grundsatzordnung über die Verwendung von Verbindungsmitteln für korrosionsgeschützte Metallkonstruktionen vom 1.1.1974

[9] Katzung, W./ Poster, H.

Korrosionsträge Stähle im Stahl und Metalleichtbau
- Richtlinie für die Produktionsvorbereitung und -durchführung

Informationen Leipzig, 12 (1973) Heft 4, Seite 10

[10] Reinig, A.

Stahlbau in den 70er Jahren Aspekte und Prognosen
Herausgeber: Deutscher Stahlbau-Verband Köln
Selbstverlag 1970

[11] Deutsche Gesellschaft für Qualität

Jahrestagung 1972
Thema: "Durch gezielte Qualitätssicherung zur Produktionssicherung"

Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, Freiburg 67 (1972) Heft 11, Seite 622

[12] Lutteroth, A. Traglastversuche an Bauteilen
Informationen, Leipzig 7 (1968)
Heft 2, Seite 11

[13] Pelikan, W. Traglastversuche mit kontinuierlichen Pfetten und Welleternit-Eindeckung
Der Bauingenieur, Berlin (1966)
Heft 11, Seite 440

[14] Riedeburg, K. Zur Berechnung und Konstruktion von Dachpfetten und Wandriegeln
Informationen, Leipzig 10 (1971)
Heft 3, Seite 5

[15] Hildenbrand, P. Versuche zur Kippsicherheit von durchlaufenden Pfetten mit dünnwandigen Stahltrapezblechen als Dacheindeckung
Der Bauingenieur, Berlin 48 (1973)
Heft 9, Seite 334

[16] Werk-Standard MLKS 4401 Richtlinie für Kennzeichnung der Anschlagpunkte und das Anschlagen von Stahlhochbau- und Metalleichtbaukonstruktionen vom Dezember 1971, VEB Metalleichtbaukombinat

ZUSAMMENFASSUNG

Als thematische Schwerpunkte werden ausführlich behandelt:

- Imperfektionen infolge Fertigungsverfahren und deren unterschiedlicher Einfluss auf die Nutzungsdauer
- Unterhaltungsaufwand und Nutzungsdauer von Hüllelementen in Abhängigkeit der Fugenausbildungen
- Vorschläge für eine qualifizierte Entscheidungsfindung zur Auswahl geeigneter Korrosionsschutzsysteme
- Bedeutung der experimentellen Tragsicherheitsprüfung für Qualitätssicherung und -kontrolle
- Einfluss des Beschädigungsgrades der Konservierung auf die Anwendung eines Teil- oder Vollschutzes.

Jeder Abschnitt erhält weitere Vorschläge für mögliche Diskussionsschwerpunkte.

SUMMARY

The introductory report gives a comprehensive assessment of the following main problems:

- imperfections caused by the manufacturing process and their influence upon service life
- interdependence between joint design and service life and maintenance costs of roof and wall constructions
- suggestions concerning improved criteria for the selection of appropriate corrosion protecting systems
- importance of load carrying tests for the safeguarding and control of quality
- degree of damage and its effect upon the choice of partial or complete corrosion protecting systems.

Further suggestions as to possible items of discussion are made in each paragraph of the introductory report.

RESUME

Le rapport introductif traite en détail les problèmes principaux suivants:

- les imperfections résultant des procédés de fabrication et leur influence sur la durée d'utilisation
- les dépenses pour l'entretien et la durée d'utilisation des éléments enveloppants en fonction de la configuration des joints
- propositions en vue d'une amélioration des critères de sélection pour les systèmes de protection anticorrosion
- l'importance des essais de la sécurité des structures pour la garantie et le contrôle de la qualité
- l'influence de la détérioration des couches anticorrosives pour l'application d'un système de protection partiel ou complet.

D'autres objets pour la discussion sont proposés dans les divers chapitres du rapport introductif.

Leere Seite
Blank page
Page vide