Theme III: Maintenance and flexibility of use

Objekttyp: **Group**

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

Band (Jahr): **21 (1975)**

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Organisation der planmässigen Instandhaltung von Bauwerken (PIB)

The Organization of Planned Maintenance of Constructions

L'organisation de l'entretien systématique des constructions

Dieter SCHWERDTNER
Dr.-Ing.
VEB Kombinat Elektromaschinenbau
Dresden, DDR

1. Allgemeines

Die Bauwerke, Gebäude und bauliche Anlagen, werden für eine bestimmte Nutzungszeit projektiert, während der sie einem bestimmten praktischen Zweck dienen und während der sie sukzessiv abgeschrieben werden.
Die Erhaltung der Nutzungsfähigkeit der Bauwerke und damit ihrer Substanz während dieser im voraus bestimmten Zeit erfordert hohe Aufwendungen, sie liegen häufig über dem Doppelten der Investitionskosten, ohne dabei steigende Materialpreise oder wachsende Löhne zu berücksichtigen. Im volkswirtschaftlichen Maßstab erfordert die Erhaltung der Bauwerke in allen Ländern bedeutende Mittel, Grund genug, diesen Prozeß zu objektivieren, im Rahmen der heute gegebenen Möglichkeiten zu optimieren und damit planmäßig zu gestalten.

2. Zielstellung der Bauerhaltung

In allen Bereichen einer Volkswirtschaft ist zu fordern, die Nutzungsfähigkeit während der "normativen Nutzungsdauer" der Bauwerke mit dem geringsten Aufwand an Arbeitszeit und Material zu erhalten. Für ein optimales Ergebnis sind sowohl Projektanten, Bauausführende als auch die Nutzer verantwortlich:

- Die Projektanten für die Anwendung von Baustoffen mit geringer Schadensanfälligkeit, Beachtung der einschlägigen Vorschriften, Reduzierung der Angriffsflächen gegen aggressive Medien auf ein Mindestmaß, Beachtung von Reparaturtechnologien bei kurzlebigen Bauwerksteilen, Studium des Langzeitverhaltens bestehender Bauwerke mit dem Ziel der Verbesserung der Konstruktionen, kurz für die Durchsetzung des instandhaltungsarmen, instandhaltungsgerechten und rekonstruktionsfreundlichen Bauens.
- Die Bauausführenden für saubere, gewissenhafte, den "anerkannten Regeln der Baukunst" entsprechende Bauausführung, sowie für Verwendung qualitativ einwandfreier Materialien.
- Die Bauwerksnutzer (Rechtsträger) für die Organisation der planmäßigen Instandhaltung der Bauwerke (PIB), mit dem Ziel, durch systematisch angepaßte, annähernd regelmäßige Maßnahmen tiefergreifenden Verschleiß zu verhindern.

3. Die besondere Problematik der planmäßigen Instandhaltung

Das Langzeitverhalten der Bauwerke wird durch die Kurve nach Bild 1 charakterisiert. Die Wahrscheinlichkeit W für das Auftreten von Bauschäden in Abhängigkeit von der Zeit ist am größten zum Beginn und gegen Ende der Nutzungsdauer. Nach einer Anlaufperiode treten erfahrungsgemäß längere Zeit nur wenige Schäden auf [1]. Mit den Alterungs- und Abnutzungsvorgängen erhöht sich dann wieder die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Bauschäden. Die Kurve W_1 erfaßt vornehmlich die Schäden aus Projektierung und Ausführung, die Kurve W_2 die aus Abnutzung und Alterung. Diese Charakteristik spricht gegen Erhaltungsmaßnahmen in festen Zyklen.

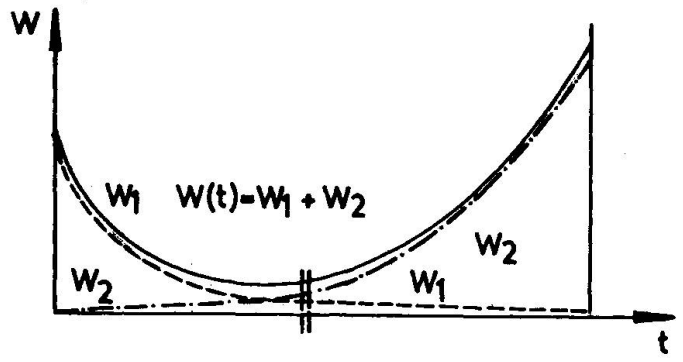

Bild 1 Schematische Darstellung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Bauschäden in Abhängigkeit vom Bauwerksalter

Die einzelnen Teile eines Bauwerkes zeigen unterschiedliches Langzeitverhalten und erfordern damit differenziert die Aufmerksamkeit der Verantwortlichen. Am Beispiel einer Stahlbrücke wird das deutlich: Fundamente, Pfeiler, Lager, konstruktiver Überbau, Dichtung, Fahrbahn, Belag, Schutzgeländer, Oberflächenbehandlung verschleißen in unterschiedlichen Zeiträumen. Kontrollen sind deshalb auf das Bauwerksteil zu orientieren, nicht auf das Gesamtbauwerk. Diese Differenzierung vervielfältigt den notwendigen Verwaltungsaufwand, der ökonomisch nur mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung bewältigt werden kann.

Der Zustand der Bauwerke wird von verschiedenen, nicht quantifizierbaren, in unterschiedlichem Maße wirkenden Faktoren beeinflußt, wie z.B.

- Art der Konstruktion
- verwendeter Baustoff
- Baujahr
- Art und Intensität der Nutzung
- Bauwerksgröße
- Qualität von Projektierung und Ausführung
- Lage des Bauwerkes in bezug auf äußere Einflüsse
- subjektive Einwirkungen im Instandhaltungswesen selbst.

Diese Vielfalt der Einflüsse macht deutlich, daß Normative mit praktisch verwendbarer Aussage für relativ kleine Bereiche nicht gebildet werden können.

4. Wesentliche Voraussetzungen für die Entwicklung eines datenverarbeitungsgerechten Systems der PIB

Die Einzelbauwerke mit ihren charakteristischen Merkmalen, ihren einzelnen Teile, den möglichen Schäden und den infragekommenden Bauerhaltungsmaßnahmen müssen datenverarbeitungsgerecht verschlüsselt werden. Das erfordert insbesondere bei den Bauwerksteilen und bei den Schäden eine übersichtliche Klassifizierung. Für die Erfassung von Schäden hat sich die im Bild 2 dargestellte Systematik bewährt:

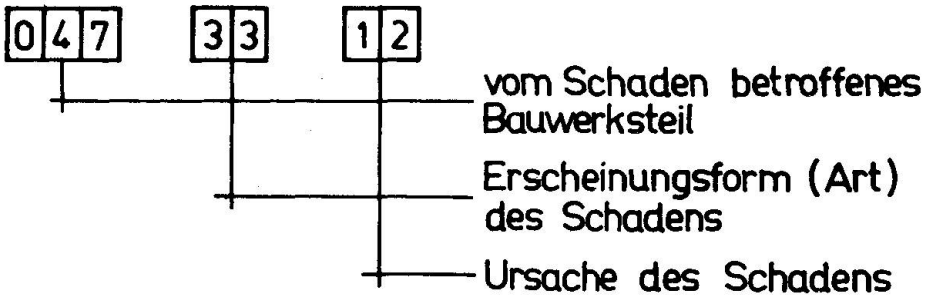

Bild 2 Klassifizierung der Bauschäden

Die Schadensarten z.B. sind wie folgt eingeteilt:

1 Abnutzungserscheinungen
2 Verformungen
3 Risse
4 Versagen
5 Durchfeuchtungen
6 Abplatzungen und Korrosion
7 Holzzerstörung
9 Sonstige Erscheinungsformen

In der zweiten Ziffer der Gruppe ist die Erscheinung näher beschrieben, also bei

5	Durchfeuchtungen	1	Erdfeuchtigkeit
		2	Niederschlagswasser
		3	Brauchwasser
		4	Öle, Fette
		5	Chemikalien
		6	Schwitzwasser

Die Klassifizierung der Schadensursachen erfolgt nach den jedem Gebäude zuzuordnenden zeitlich aufeinanderfolgenden Phasen:

Die Projektierungsfehler z.B. sind wiederum unterteilt in

1 Projektierung	1	Falsche Baustoffwahl
	2	Fehlerhafte Bemessung
	3	Fehlerhafte Konstruktion
	4	Ungenügende Beachtung der Umweltbedingungen
	9	Sonstige Ursachen in der Projektierungsphase

Untersuchungen an über 800 Bauwerken eines ökonomisch definierten Bereiches haben zu der Erkenntnis geführt, daß sich die Bauerhaltungsmaßnahmen in drei Gruppen einteilen lassen:

1. Annähernd regelmäßig durchzuführende Pflege- und Reparaturarbeiten ohne vorherige Besichtigung (z.B. Anstriche)
2. Instandhaltungsarbeiten auf Grund annähernd regelmäßig durchzuführender Besichtigungen und Kontrollen (z.B. Festziehen von Verbindungsmitteln, Beseitigung der Ursachen von Rißbildungen
3. Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten auf Grund besonderer Informationen (z.B. Havarien, Unwetterschäden)

Diese Einteilung ist neben den Klassifizierungen der Bauwerksteile und Schäden wesentliche Voraussetzung für die Organisation der Bauerhaltung (PIB).

5. Die Organisation der planmäßigen Instandhaltung von Bauwerken

Den im Abschnitt 4 beschriebenen drei Gruppen von möglichen Bauerhaltungsmaßnahmen werden die Teilsysteme 1 - 3 des Gesamtsystems der PIB zugeordnet:

Teilsystem 1 - Annähernd regelmäßig durchzuführende Arbeiten

Für jedes zum betrachteten Bereich gehörende Gebäude wird zuerst eine Stammkarte (Teil 1) eingerichtet, die neben den allgemeinen Daten zum Objekt eine Aufzählung der an diesem Bauwerk möglichen dieser Gruppe zuzuordnenden Leistungen beinhaltet. Nach erster Überprüfung der einzelnen Bauwerksteile wird neben dem zu erwartenden Aufwand für Lohn und Material der jeweils nächste notwendige Zeitpunkt für die Instandhaltungsmaßnahme festgehalten. Darnach werden diese Primärinformationen auf geeigneten Datenträgern (Lochkarten, Magnetband) gespeichert und erstmalig für die Planung der Leistungen eines bestimmten Zeitraumes abgefordert. Das erfolgt auf ausgedruckten Listen in alpha-numerischer Form nach interessierenden Gesichtspunkten, z.B. nach Dringlichkeit. Nach Bilanzierung des Bedarfes mit der vorhandenen Baureparaturkapazität (und/oder den vorhandenen Geldmitteln) wird für jeden durchzuführenden Einzelauftrag die sogenannte Auftragsinformation ausgedruckt, die alle notwendigen Daten zur kommerziellen und technischen Abwicklung des Auftrages einschließlich seiner Wiederholung enthält. Mittels handschriftlicher Eintragungen zu Istwerten und künftigen Sollwerten, speziell Termin und Aufwand, wird dieser Ausdruck zum neuen Primärbeleg, der auf Datenträger gespeichert die wiederkehrende Leistung bis zum nächsten für diesen Fall infragekommenden Planungs- und Durchführungszeitpunkt

festhält. Damit ist ein Zwangsablauf eingerichtet, der kontrollfähig und von subjektiven Einflüssen weitgehend unabhängig ist.

Teilsystem 2 - Annähernd regelmäßig durchzuführende Kontrollen

Es ist im Abschnitt 3 begründet worden, daß die Kontrollen auf die Bauwerksteile zu orientieren sind. Demzufolge enthält die Gebäudestammkarte (Teil 2) die Bauwerksteile und den nach erster Überprüfung festzulegenden nächsten Kontrolltermin. Nach Speicherung auf Datenträgern werden die daraus entstehenden "Kontrollaufträge" vom Organisations- und Rechenzentrum dem Verantwortlichen rechtzeitig zugeleitet, damit die Kontrolle planmäßig durchgeführt werden kann. Der ausgedruckte Kontrollauftrag wird wiederum durch handschriftliche Eintragungen zum Primärbeleg und damit auch dieser Teilprozeß in einen sich wiederholenden Zwangsablauf gebracht. Festgestellte Schäden werden in einem speziellen datenverarbeitungsgerechten Protokoll notiert.

Teilsystem 3 - Havariereparaturen

Informatorisch sei mitgeteilt, daß bei speziellen unerwartet kurzfristig durchzuführenden Instandsetzungsmaßnahmen die notwendigen Daten auf dem bei Teilsystem 2 erwähnten Protokollformular festgehalten werden. Auch diese Leistungen und ihre planmäßige Durchführung werden vom Organisations- und Rechenzentrum überwacht.

Spezielle in das Rechenprogramm eingearbeitete Kontrollmechanismen (z.B. Mahnlisten für nicht ermingemäß durchgeführte Leistungen), periodische Analysen (z.B. Soll-Ist-Vergleich) usw. runden das Gesamtsystem der planmäßigen Instandhaltung der Bauwerke ab.

6. Der Nutzen der PIB

Die organisierte Bauerhaltung hat verschiedene Nutzensaspekte, sie sind teils quantitativ, teils qualitativer Art. Der wesentlichste Nutzeffekt liegt darin, daß die planmäßigen, weitgehend unabhängig von subjektiven Einflüssen, auf die Bauwerke gerichteten Aktivitäten den substantiellen Zustand unter Kontrolle halten.

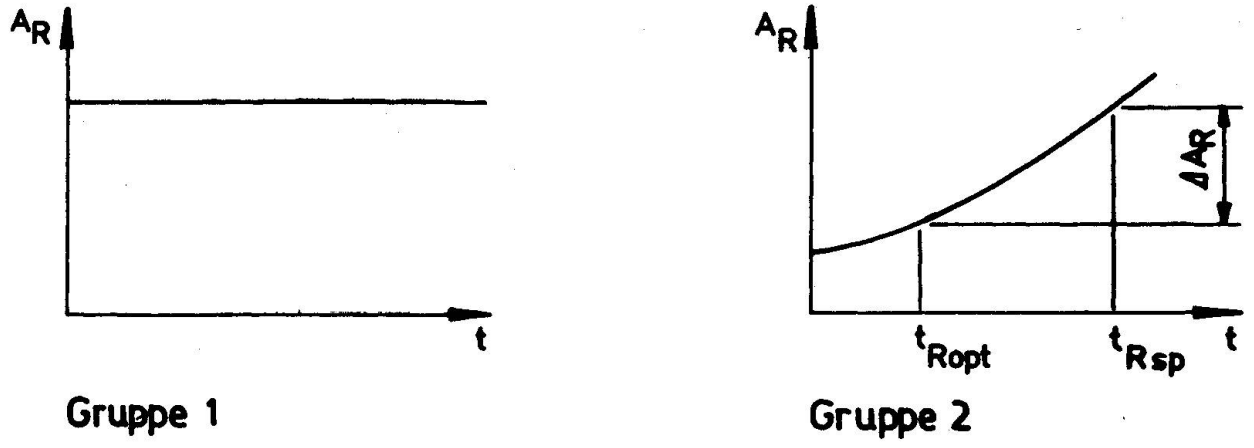

Bild 3 Die zwei Gruppen von Bauschäden

Die beiden charakteristischen Schadensgruppen - solche mit und solche ohne Ausbreitungstendenz - können unterschieden werden. Aus Bild 3 kann abgelesen werden, in welcher Weise bei der zweiten Gruppe durch Bestimmung des optimalen Reparaturzeitpunktes ($t_{R_{opt}}$) gegenüber dem sporadisch festgelegten ($t_{R_{sp}}$) eine Aufwandseinsparung (ΔA_R) erzielt werden kann.

Die Lösung von festen Zyklen und die Hinwendung zu nach fachmännischer Einsicht objektiv bestimmten Terminen ermöglicht den Einsatz der Kapazitäten und Mittel zum richtigen Zeitpunkt an der richtigen Stelle.

Die Nutzung der elektronischen Datenverarbeitung für das Auslösen der einzelnen Aktivitäten objektiviert den Prozeß der Bauerhaltung, er wird kontrollfähig. So läßt sich z.B. die Entwicklung des Zustandes einer definierten Bauwerksgruppe mit einer einfachen Formel

$$Z_{G_T} = \frac{A_R}{B_G} \left[\frac{M}{TM}\right]$$

Z_{G_T} = Zustand der betrachteten Bausubstanz zum Zeitpunkt T

A_R = Aufwand für offene Reparaturen

B_G = Bruttowert der betrachteten Bausubstanz

verfolgen. Geht der Koeffizient gegen Null, so verbessert sich der Zustand, wächst er an, verschlechtert er sich.

Die Ausdrucke der elektronischen Datenverarbeitung über Kontrollen, wiederkehrende Arbeiten und solche, die auf Grund von Schadensprotokollen entstehen, ergeben, in der allerorts vorgeschriebenen Bauwerksakte festgehalten, einen lückenlosen Lebensbericht des jeweiligen Objektes. Damit ergeben sich zugleich zuverlässige Basiswerte für die Erforschung des Langzeitverhaltens der Bauwerke und ihrer Teile.

Diese jederzeit abrufbaren Detailinformationen lassen Schadensschwerpunkte sowohl lokal als kausal erkennen. So sind Maßnahmen von konstruktiven Änderungen bis zu Forschungsaufträgen aus diesen Informationen abzuleiten.

Die hier besprochene Organisation der planmäßigen Instandhaltung für Bauwerke - eingeführt zunächst in einzelnen Bereichen der Industrie in der DDR - ist für praktisch alle volkswirtschaftlichen Bereiche anwendbar. Insbesondere dort, wo Kontrollen und Revisionen aus Sicherheitsgründen obligatorisch sind (z.B. Brücken, Talsperren) läßt sich der Aufwand insgesamt und insbesondere die manuelle Verwaltungsarbeit reduzieren.

[1] Göner, H. und Sauer, R.: Eine Planungsgrundlage für die Bauwerksinstandsetzung; Die Wirtschaft, Heft 43/1968, S. 12, Verlag Die Wirtschaft, Berlin.

ZUSAMMENFASSUNG

Die hohen Aufwendungen für die Erhaltung der Bauwerke während ihrer Nutzungszeit erfordern den Uebergang von der sporadischen zur planmässigen Instandhaltung. Mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung ist es möglich, diesen Prozess rationell zu organisieren und zu objektivieren. Der Nutzen ergibt sich aus dem Einsatz der Mittel und Kapazitäten zum optimalen Reparaturzeitpunkt.

SUMMARY

The high expenses for construction maintenance during service life require a change from a sporadical to a planned maintenance. With the use of the computer it is possible to rationalize and to objectivate this process. The profit results by using the materials and equipments at the most favourable time for repair.

RESUME

Les dépenses élevées pour l'entretien des constructions pendant leur durée de vie exigent le passage d'un entretien sporadique à un entretien systématique. L'emploi de l'ordinateur permet une organisation rationnelle et objective de l'entretien. L'avantage en est un engagement des matériels et équipements au moment optimal pour la réparation.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Bauzeit als Teilproblem des „Nutzungsgerechten Bauens"

The Erection Time as a Partial Problem of „Structures for Users' Needs"

Le temps de construction comme problème partiel des „structures conçues pour l'usage"

Franz FALTUS
Dr. sc. Prof. Dr. Ing.
Prag, Tschechoslowakei

In keinem der zur Behandlung stehenden Themen wird mehr als flüchtig des Zeitraumes gedacht, der von den Entschluss zu Bauen bis zur schlüsselfertigen Inbetriebsnahme verfliesst. Auch diese Zeit ist jedoch in die Kalkulation einzubeziehen, da sie einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung eines Baues haben kann. Je kürzer die Entwurfs- und Bauzeit wird, umso früher beginnt das investierte Vermögen einen Nutzen zu bringen. Oft ist daher die Bauzeit ausschlaggebend für die Wahl der Bauart und des Baustoffes. Versuchen wir schlagwortartig die Rolle des Stahlbaues in dieser Hinsicht zu beleuchten.

In der Zeit des Entwerfens bietet der Stahl den Vorteil, dass keine Bedingungen bezüglich Spannweiten, Lastannahmen und Baugrundverhältnissen bestehen, dass also der Entwerfende vollkommen freie Hand für die Gestaltung des Baues hat. Auch auf schlechtem Baugrund kann ohne Bodenverfestigung, oder in Bergwerksgebieten ohne besondere Rücksicht auf Bodensenkungen eine einfache, leichte statisch bestimmte Konstruktion die beste Lösung sein. Auch bei schweren Bauten begegnen wir aus diesen Gründen einem statisch bestimmten Aufbau.

Das Vorhandensein von Typenprojekten kann die Entwurfs-

und Bauzeit ganz wesentlich herabsetzen, insbesondere wenn sie sich auf eine Serienfertigung von Bauteilen stützen kann, welche vom Lager oder kurz nach Abruf geliefert werden können. Wie das Symposium in Prag 1971 gezeigt hat, ist eine grosse Menge solcher Konstruktionstypen in Stahl vorhanden. Man wird also aus Gründen der Bauzeit oft zu Typenprojekten Zuflucht nehmen, auch wenn sie den Anforderungen nicht vollkommen gerecht werden. Die Verwendung von typisierten bzw. vorfabrizierten Bauteilen hat oft den Vorteil, dass nicht nur das tragende Gerippe, sondern auch die Aussen- und Innenwände, Installationen usw. geplant und kurzfristig lieferbar sind. Ist diese Bindung an die Kompletation des Baues nicht vorhanden, verliert die Vorfabrikation der Tragkonstruktion viel an Bedeutung. Es sei hier vorweggenommen, dass gerade das Bestehen eines organisierten Unternehmens, welches den Bau schlüsselfertig, also nicht nur die stählerne Tragkonstruktion liefern und aufbauen kann, den wesentlichsten Vorteil vorgefertigter Konstruktionen bildet. Es ist zu fragen, ob dieses organisierte Unternehmen zweckmässiger einem Hütten- bzw. Stahlbaubetrieb oder einem Baubetrieb angegliedert sein sollte. Da bei Hochbauten die stählerne Tragkonstruktion nur etwa 20% der gesamten Baukosten ausmacht, ist es eigentlich verwunderlich, dass die Initiative für die Ausbildung von Baukastenbauweisen gewöhnlich vom Stahlbausektor kommt.

Wenn es sich um individuelle Bauten handelt, ist die Bauzeit von der Lieferung und Montage der Stahlkonstruktion und deren Kompletierung abhängig. Der Liefertermin der Stahlkonstruktion hängt von der raschen Erstellung des Projektes, der Materialbestellung und Lieferung und der Anarbeit der Konstruktion ab. Die Projektbearbeitung kann durch moderne Computeranlagen und Plotter welche auch die Werkstattzeichnungen und Stücklisten liefern stark beschleunigt werden. Oft ist die Lieferung des Walzmaterials zeitbestimmend. Eine Beschränkung

auf gängige oder auf Lager gehaltene Walz- und Schweissprofile kann sich hier sehr stark zeitsparend auswirken. Dass hiebei nicht immer das optimale Stahlgewicht erreicht wird ist einleuchtend.

Da mit den Erd- und Betonarbeiten gewöhnlich früher begonnen werden kann, wird auch aus diesem Grunde nicht nur das Kellergeschoss, sondern oft auch das Erdgeschoss in Beton und Stahlbeton projektiert. Aus diesem Grunde ist manchmal auch der Entwurf eines Hochhauses mit zentralem Betonkern nicht nur statisch günstig sondern auch zeitsparend.

Die Anarbeitung der Konstruktion hängt stark von der Ausstattung der Werkstätten und der Anpassung der Konstruktionsdetails an die Anlagen für Serienfertigung ab. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Entwurfsbearbeitern und den Fabrikationstechnologen kann sich hier sehr Zeit- /und Geld-/sparend auswirken. Auch der Montageverlauf wird stark vom Projektverfasser beeinflusst. Eine Grossmontage mit dem Zusammenbau grosser Bauteile auf dem Boden ohne Berücksichtigung der erforderlichen Deteils schon im Projekt ist undenkbar Oft ist der Ablauf der Montage mitbestimmend für das statische Konzept des Baues. Auch die Frage ob die Konstruktion nur mit Grundanstrich oder fertig gestrichen geliefert werden soll, ist nicht nur eine Geld- sondern auch eine Zeitfrage. Auch die Entscheidung zwischen einem Stahl- oder Stahlbetonverbundbau wird oft von der zur Verfügung stehenden Bauzeit abhängig sein. Verbundbau mit vorfabrizierten Betondecken ist oft eine gute Lösung.

Für die gesamte Bauzeit ist gewöhnlich die Kompletierung der Stahlkonstruktion massgebend. Wir sind leider oft Zeugen eines raschen Baufortschrittes beim Stahlskelet und sehen verwundert, wie sich das Tempo bei der Vollendung verlangsamt, weil eine straffe Organisation der übrigen Arbeiten bis zur Schlüsselreife fehlt und die Sublieferanten verspätet zur Baustelle kommen. Es sind oft Kleinigkeiten, welche die übergabe

eines Baues verzögern. Der Einwand, dass dies bei anderen Bauweisen auch der Fall ist, ist nicht voll stichhältig, da eben der massgebende Vorteil des zeitsparenden Stahlbaues verloren geht. Der Vorteil der grösseren Massgenauigkeit der Stahlkonstruktion, welche zu einer wesentlich rascheren Komplettierung führen sollte wird nicht immer ausgenützt.

Wenn die Bauzeit ein massgebender Faktor ist, ist der Bau als organisiertes Ganzes zu betrachten und nicht in seine Teilprofessionen zu zerlegen. Das Projekt des Stahlskelettes ist weitgehend den Möglichkeiten der Lieferung der übrigen Materiale unterzuordnen. Bauzeitverkürzung ist eine überwiegend organisatorische Angelegenheit und weniger Aufgabe des Statikers oder des Konstrukteurs, doch können beide wesentlich zur zeitgerechten Inbetriebnahme beitragen.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird darauf hingewiesen, dass eine kurze Bauzeit einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung des Nutzens eines Baues darstellt. Die Vorteile der Stahlbauweise in dieser Hinsicht werden kurz beleuchtet.

SUMMARY

The article points out, that a short erection time is an important contribution to the fulfilment of the users' needs. The advantages of steel constructions in this regard are mentioned.

RESUME

Un temps de construction réduit contribue largement à augmenter le rendement d'un bâtiment. On mentionne les avantages de l'acier à cet égard.

Instandsetzung stählerner Überbauten von Eisenbahnbrücken kleiner Stützweiten im Austauschverfahren

Maintenance of Steel Railway Bridges with Small Spans through Exchange and Rotation

Entretien des ponts-rails métalliques de faible portée par échange et rotation

Manfred KÜMMEL
Dr.-Ing.
Reichsbahndirektion Dresden
Dresden, DDR

1. Einleitung

Analysiert man die vorhandenen Brücken im Bezirk der Reichsbahndirektion Dresden nach der Bauweise, so kann man feststellen, dass rund 60 % aller Bauwerke Stahlüberbauten haben.

Die Bedingungen bzw. bestimmenden Faktoren zur Anwendung der Stahlbauweise sind heute andere als bei der Errichtung der Bauwerke vor 50 - 100 Jahren.

Die grosse Anzahl von Stahlbrücken zwingt dazu, die Erhaltungskosten und die arbeitsaufwendige handwerkliche Baustellenarbeit für die Instandhaltung zu senken.

2. Analyse der vorhandenen Überbaugrössen

Betrachtet man die vorhandenen Tragwerke, so kann man bei den einzelnen Strecken feststellen, dass rund 80 - 90 % aller Brücken der Deutschen Reichsbahn Überbauten mit Stützweiten kleiner als 20 m haben. Bild 1 zeigt die prozentuale Aufteilung der Stützweiten einer Hauptstrecke des Bezirkes der Reichsbahndirektion Dresden.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Stahlüberbauten mit geringen Stützweiten eine verhältnismässig minimale Bauhöhe haben, die die Verwendung von Massivüberbauten nicht gestatten.

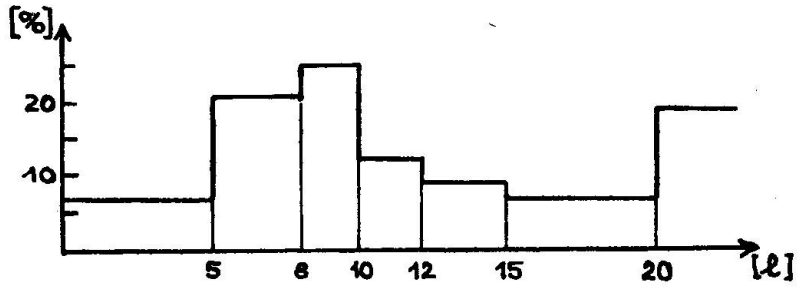

Bild 1

3. Analyse der auftretenden Schäden

Auf Grund der Brückenprüfungen kann man folgende Gruppen von Schäden an Stahlüberbauten zusammenstellen:

Gruppe	Schäden
1	- am Korrosionsschutz
2	- an der Abdichtung des Schottertroges und den Entwässerungseinrichtungen
3	- an den Verbindungen zwischen Oberbau und Überbau (Brückenbalkenbefestigung, elastische Schienenbefestigung usw.)
4	- an der Fahrbahn mit Längs- und Querträgern, Querscheiben usw.
5	- an den Verbänden
6	- an den Gangstegen, den Geländern, den Abdeckungen usw.
7	- an den Hauptträgern bzw. Haupttraggliedern
8	- an den Lagern

Je nach der Konstruktion des Stahlüberbaues und der Betriebsbelastung kann man die in den einzelnen Gruppen zu erwartenden Häufigkeit der Schadensbeseitigung bzw. Lebensdauer der einzelnen Teile einer Gruppe zur Gesamtnutzungsdauer des Überbaues darstellen. Man erkennt dabei, wieviel Instandhaltungszyklen die einzelnen Gruppen zur Erreichung der Gesamtnutzungsdauer benötigen.

In Bild 3 ist dies für den Zwillingsträgerüberbau nach Bild 2 angegeben. (Die Gruppe 2 entfällt dabei, weil kein Schottertrog und keine Entwässerungseinrichtung vorhanden ist.)

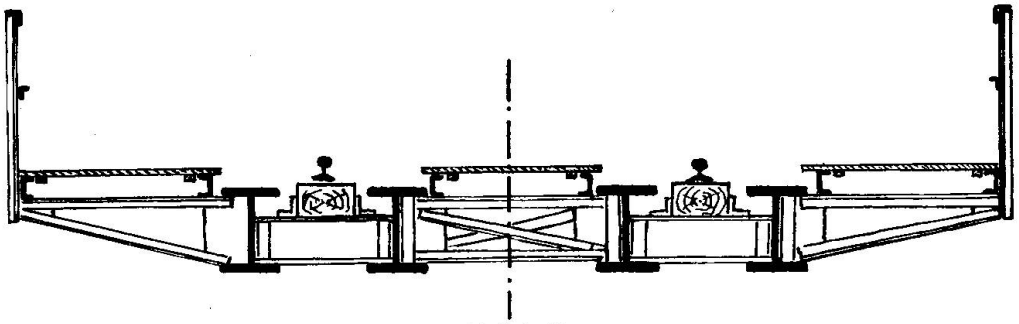

Bild 2

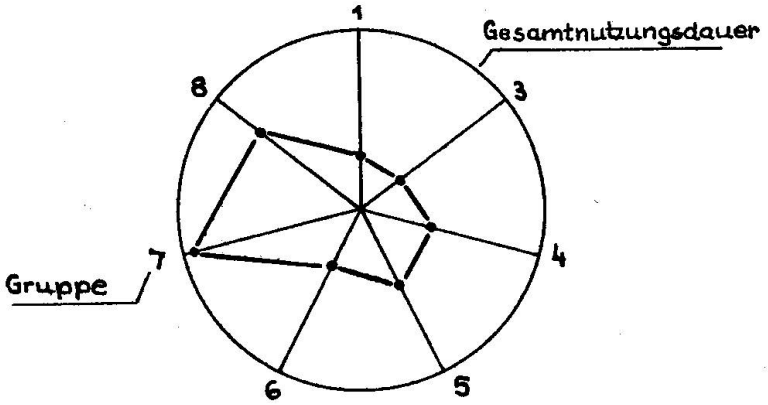

Bild 3

4. Bedingungen für einen instandhaltungsgerechten Überbau

Ideal ist eine Überbauart, wenn alle Teile bzw. Schadensgruppen während der Nutzungsdauer keiner Instandhaltungsarbeiten bedürfen bzw. nicht eintreten. Wie aus Bild 3 zu erkennen ist, gilt dies für den Zwillingsträgerüberbau nicht.

Ein Vorteil wird schon erreicht, wenn alle Instandhaltungsarbeiten, die notwendig werden, in bestimmten Zeitintervallen gleichmässig über die gesamte Nutzungsdauer auftreten und so ausgeführt werden können. Ideal ist bereits ein Stahlüberbau, wenn nur 1 bis 2 Hauptinstandsetzungen zur Erreichung der gesamten Nutzungsdauer notwendig sind.

Diese Konzentration der Reparaturarbeiten gestattet dann bei der Möglichkeit des leichten Transportes den Austausch des Überbaues und eine industrielle Instandsetzung.

5. Beispiel für einen instandhaltungsgerechten Überbau der eine industrielle Instandhaltung gestattet

Eine grössere Anzahl von Überbauten nach Bild 2 im Bezirk der Reichsbahndirektion Dresden zwangen auf Grund des grossen Anfalles von Instandhaltungsarbeiten und der Notwendigkeit des Ersatzes zur Entwicklung einer neuen Konstruktion mit minimaler Bauhöhe. Dabei wurde der im Bild 4 dargestellte Brückenquerschnitt entwickelt.

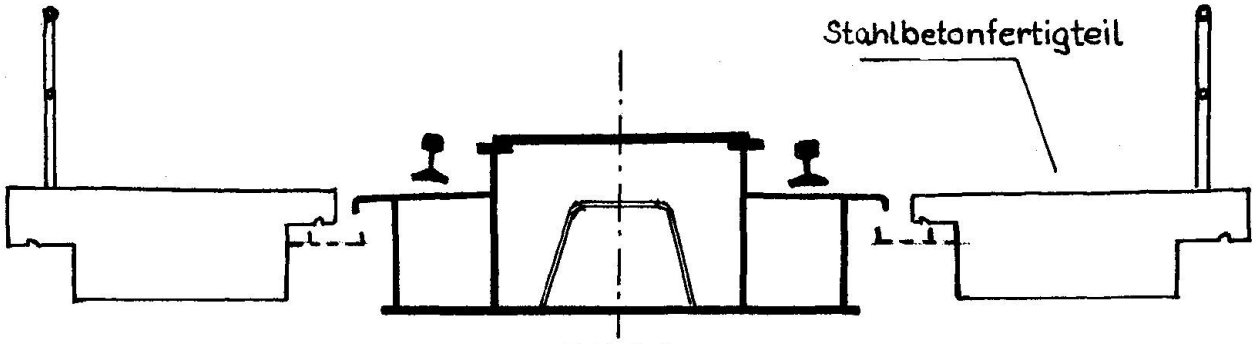

Bild 4

Für die Instandhaltung konnten folgende Kriterien positiv verändert werden:

1. Für den Korrosionsschutz wurden durch die glatten Flächen sehr günstige Voraussetzungen für eine lange Lebensdauer erzielt. Durch Anwendung des Hohlkastenquerschnittes hat sich die Grösse der Anstrichfläche gegenüber dem Zwillingsträgerüberbau nach Bild 2 um 50 bis 60 % vermindert.
2. Die Anwendung der elastischen Schienenbefestigung hat die notwendigen Unterhaltungsarbeiten für die Oberbaubefestigung verringert.
3. Die Anwendung von Stahlbetonfertigteilen für die Gangstegkonstruktionen hat den Instandhaltungsaufwand wesentlich gesenkt. Keine unmittelbaren Schwingungen der Konstruktion aus der Verkehrslast.
4. Der Obergurt des Hohlkastens wirkt als Schutzschiene, damit entfällt im Überbaubereich die Unterhaltung der Schutzschienenanlage.

5. Die Konstruktion kann durch Anordnung von Entwässerungsrinnen am Stahlbetonfertigteil leicht tropfsicher für den unterführten Verkehrsweg hergestellt werden. Die Rinnenanlage erhält keine unmittelbaren Schwingungen aus der Verkehrslast und erfordert deshalb wenig Unterhaltungsarbeiten.
6. Die Querscheiben bzw. Schotte liegen im Inneren des Hohlkastens und erfordern somit keinen Unterhaltungsaufwand. Die Verbände können durch die Scheiben des Hohlkastens entfallen.
7. Durch die Trennung von Gangsteg und Überbau ist eine leicht transportfähige Konstruktion ohne Lademassüberschreitung für den Eisenbahnverkehr entstanden. Auf der Baustelle sind nur Lagerarbeiten bei der Montage erforderlich.

Stellt man für diese Überbaukonstruktion nach Abschnitt 3 die zu erwartende Schadensbeseitigung in den einzelnen Gruppen zur Gesamtnutzungsdauer dar, so ergibt sich die nach Bild 5 dargestellte zweimalige Hauptinstandsetzung.

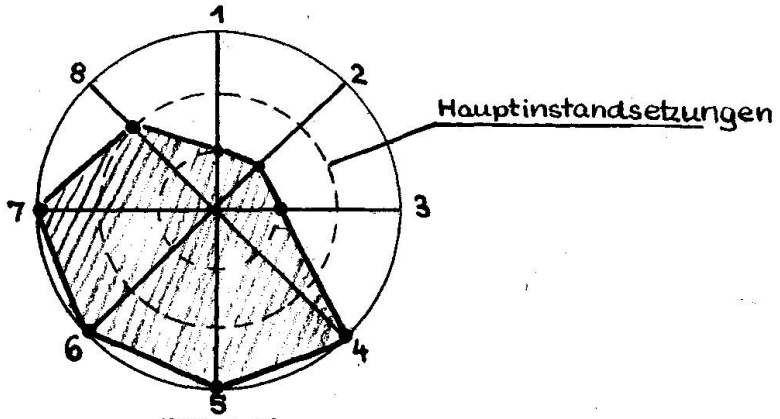

Bild 5

Auf Grund der günstigen Voraussetzungen für die Transportfähigkeit des Überbaues und der leichten Montage nach Pkt. 7 gestattet diese Konstruktion eine industrielle Instandsetzung.

Folgende 2 Varianten für die industrielle Instandsetzung bei Eisenbahnstahlbrücken sind möglich:

1.Variante: Für die Zeit der Instandsetzung wird eine vorhandene Behelfsbrücke eingebaut.
Es ergibt sich für die notwendigen Arbeiten einschliesslich der Betriebskosten je nach der Streckenbelastung die im Bild 6 dargestellte Abhängigkeit. Die Kosten für die Instandsetzung des Überbaues sind dabei nicht enthalten, da sie für beide Varianten gleich sind.

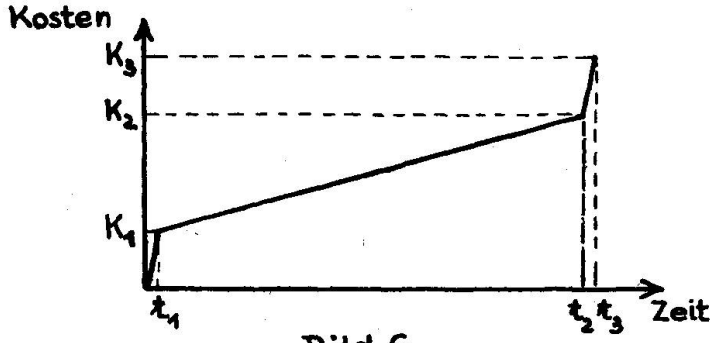

Bild 6

t_1 = Zeit für Austausch gegen Behelfsbrücke
t_2-t_1 = Zeit der industriellen Instandsetzung
t_3-t_2 = Zeit für Austausch gegen instandgesetzten Überbau
K_1 = Kosten für Austausch gegen Behelfsbrücke einschliesslich der Betriebskosten je nach der Streckenbelastung
K_2-K_1 = Betriebskosten infolge Minderung der Streckenleistung, da Behelfsbrücke
K_3-K_2 = Kosten für Austausch gegen instandgesetzten Überbau einschliesslich der Betriebskosten

2. Variante: Es wird ein Austauschüberbau eingebaut, dieser verbleibt und der gewonnene Überbau wird dann nach der Instandsetzung Austauschüberbau.
Es sind hier nur die Kosten K_1 und die Zeit t_1 nach Bild 6 notwendig.

Nach Bild 7 lässt sich bei gleicher Streckenbelastung bzw. bei gemittelter Streckenbelastung für mehrere gleiche Überbauten eine Aussage treffen, wo die Variante 1 oder 2 für die industrielle Instandsetzung wirtschaftlich ist. K_I = Herstellungskosten für den Austauschüberbau.

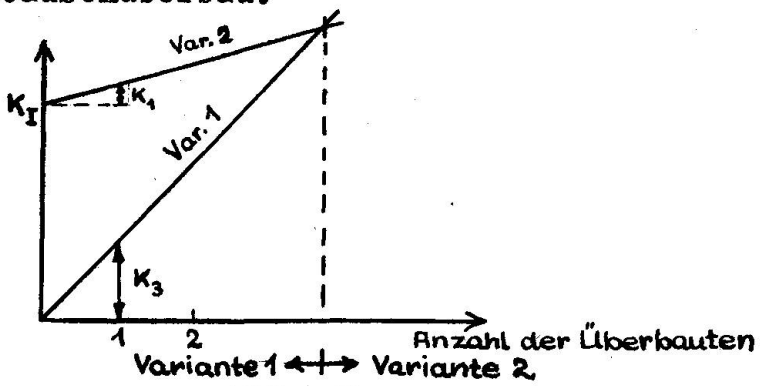

Bild 7

Wie bei der Herstellung der Überbauten in einer gewissen Stückzahl der Stundenaufwand pro t Stahlkonstruktion gesenkt werden kann, so ist dies auch bei der industriellen Instandhaltung möglich. Bei der nach Bild 4 dargestellten Überbaukonstruktion konnte durch Anwendung von Lehren und Vorrichtungen der Stundenaufwand pro t um 50 % bei der Werkstattfertigung gesenkt werden. Der Einsatz von Vorrichtungenwar möglich, da infolge der Eisenbahnspur der Oberteil des Hohlkastens bei allen Stützweiten gleich ist. Bei der industriellen Instandhaltung kann je nach der Streckenbelastung mit einer Senkung des Stundenaufwandes von 30 - 80 % gegenüber der Baustelleninstandsetzung gerechnet werden. Ausserdem muss bemerkt werden, dass die Qualität bei der Werkstattinstandsetzung wesentlich besser ist.

6. Darlegung der Grundsätze für eine industrielle Instandhaltung durch Austauschverfahren im Stahlbrückenbau

Im Abschnitt 5 sind für eine bestimmte Überbaukonstruktion die Möglichkeiten für eine industrielle Instandhaltung dargelegt. Grundsätzlich sollten bei der Herstellung von mehreren Überbauten mit gleichen Stützweiten die Möglichkeit der späteren Instandhaltung mit untersucht werden und daraus sich ableitende Bedingungen berücksichtigt werden.

Folgende Forderungen sind für die industrielle Instandhaltung durch Austauschverfahren zu berücksichtigen:

1. Der Überbau muss leicht transportfähig sein.
2. Die notwendigen Montageaufwendungen auf der Baustelle müssen gering sein.
3. Die Masstoleranzen für die Austauschüberbauten müssen in vertretbaren Grenzen liegen. Masstoleranzen sollten an den Auflagern leicht ausgeglichen werden können.
4. Die notwendigen Instandsetzungsarbeiten sollten in gleichen Intervallen während der Gesamtnutzungsdauer anfallen. Anzustreben sind höchstens 2 Hauptinstandsetzungen.

Nach einer Analyse über die vorhandenen Überbaugrössen und die auftretenden Schäden wird an einem Beispiel die industrielle Instandhaltung durch Austauschverfahren für Stahlüberbauten von Eisenbahnbrücken mit kleinen Stützweiten erläutert. Es werden die Varianten und Bedingungen dafür aufgezeigt.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer Analyse über die vorhandenen Ueberbaugrössen und die auftretenden Schäden wird an einem Beispiel die industrielle Instandhaltung durch Austauschverfahren für Stahlüberbauten von Eisenbahnbrücken mit kleinen Stützweiten erläutert. Es werden die Varianten und Bedingungen dafür aufgezeigt.

SUMMARY

After an analysis of the actual span sizes and the arising damages an example is given on the industrial maintenance by means of exchange and rotation for steel railway bridges with small spans. Different possibilities and conditions are shown.

RESUME

Après avoir examiné les portées et le genre des dégâts à considérer, on présente un exemple d'entretien de type industriel consistant en un échange et une rotation des ponts-rails métalliques de faible portée. Quelques variantes sont mentionnées ainsi que les conditions s'y rapportant.

Ökonomische Probleme des Korrosionsschutzes durch Anstriche

Economical Problems of Protection against Corrosion through Painting

Problèmes économiques de la protection antirouille par couches de peinture

Winfried RÜCKRIEM
Fach-Ing. für Korrosionsschutz
Kombinat VEB Chemische Werke Buna
Schkopau, DDR

Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Korrosionsschutzes kommt darin zum Ausdruck, daß in Industriestaaten bis zu 3,5 % des jährlichen Bruttosozialproduktes (1) durch Korrosion verloren gehen, wovon allerdings bis zu 25 % durch richtigen Werkstoffeinsatz, optimalen passiven Korrosionsschutz und dergleichen als vermeidbar eingeschätzt werden. Nach neueren Erkenntnissen werden z.B. die jährlichen Verluste in der DDR mit ca. 10 Md. Mark, die der BRD mit ca. 19 Md. DM beziffert (2, 3).

Besondere Anforderungen sind naturgemäß an den Korrosionsschutz von Tragwerken, Konstruktionen und Ausrüstungen aus niedrig- und unlegierten Stählen in Betrieben der chemischen Industrie zu stellen, wo je nach mikroklimatischer Beanspruchung lineare Abrostungsgeschwindigkeiten zwischen 0,12 und 1,7 mm zu verzeichnen sind (4).
Allgemein wird angenommen, daß in vorgenannten Betrieben durch Korrosion, Verschleiß und analoge Ursachen die jährlich entstehenden primären und sekundären Kosten in etwa 10 % der vorhandenen Grundmittelsumme entsprechen (5).

Von den zur Zeit angewandten passiven Korrosionsschutzmaßnahmen entfallen rd. 90 % auf Anstriche, 6 % auf Metallisierungen und 4 % auf sonstige Schutzmaßnahmen (6), speziell beim atmophärischen Korrosionsschutz fast 100 % auf Anstriche und Duplexsysteme. Eine Betrachtung der ökonomischen Probleme des Korrosionsschutzes durch Anstriche muß von der Aufgabenstellung ausgehen, eine Kostenoptimierung zu erreichen, wobei unter optimalen Lösungen solche zu verstehen sind, die bestimmte Zielstellungen unter Einhaltung gegebener, einschränkender Bedingungen maximieren oder minimieren.

Für den Korrosionsschutz bieten sich folgende 3 Basisvarianten an:

Variante 1: Geringe Aufwendungen für den Korrosionsschutz: Sie führen durch Produktionsstörungen, Werkstoff- und Materialverluste zu hohen Gesamtkosten.

Variante 2: Hohe Aufwendungen für den Korrosionsschutz: Diese bedingen geringe Werkstoff- und Materialverluste,

insgesamt aber ebenfalls hohe Gesamtkosten.

Variante 3: Vertretbare Aufwendungen für den Korrosionsschutz: Sie beinhalten technisch und ökonomisch kalkulierbare Material- und Werkstoffverluste, führen aber im Endeffekt zu einem Kostenoptimum, welches als Minimum der Gesamtkosten ausgewiesen werden kann.

Die Zielstellung bei der Optimierung des Korrosionsschutzes besteht also ausschließlich in einer Minimierung der Gesamtkosten. Da diese Aufgabe nur unter Einbeziehung eines Zeitgliedes erfolgen kann, sind Methoden der dynamischen Optimierung anzuwenden.

In den folgenden Ausführungen sollen die entstehenden Kosten für Erst-, Instandhaltungs- und Erneuerungsanstriche untersucht werden. Nach der in der DDR verbindlichen Terminologie sind unter den vorgenannten Anstrichen gem. TGL 25087 zu verstehen (7):

Erstanstrich: Auftrag eines kompletten Anstrichsystems auf neue Anstrichträger.

Instandhaltungsanstrich: Auftrag von Anstrichen auf bereits beanspruchte Anstrichsysteme, um deren Schutzfunktion zu erhöhen und die Haltbarkeit zu verlängern.

Erneuerungsanstrich: Auftrag eines kompletten Anstrichsystems nach Entfernung des alten und zerstörten Anstriches vom Grundwerkstoff.

Bei Erstanstrichen ist die kostenmäßige Gegenüberstellung verschiedener Systeme durch den jährlichen Kostenfaktor sinnvoll. Dieser errechnet sich bezogen auf die Flächeneinheit von 1 m^2 aus der Summe der Kosten für Anstrichstoffe und Löhne (A), Untergrundvorbehandlung (B), Rüstungen und dergleichen (C) dividiert durch die Standzeit des Anstrichsystems (D).

Für die in Abbildung 1 angegebenen Faktoren wurden aus Gründen der Vereinfachung B und C als Konstante angenommen, die Anstrichstoff- und Lohnkosten entsprechen verbindlichen Preisen (8).

Anstrichsystem n. TGL 18 738/2	Systemaufbau	A (M/m^2)	B (M/m^2)	C (M/m^2)	D (a)	Gesamtkosten (M/m^2)	Kg (M/m^2 a)
as 101	RGO 3 RGO 4 RVO RDO	5,40	13,67	4,--	4 5 6 7 8	23,08	5,77 4,62 3,85 3,30 2,88
as 201	RGO 3 RGO 4 RVA RDA	4,51	13,67	4,--	4 5 6 7 8	22,18	5,54 4,44 3,70 3,17 2,77
as 505	2xRGV RDV 102 RDV 302 RDV 350	8,77	13,67	4,--	4 5 6 7 8	26,44	6,61 5,28 4,41 3,78 3,30
as 601	Ep.-Grund. " -Vorstr. " -Deckf.	15,91	13,67	4,--	4 5 6 7 8	33,58	8,90 6,72 5,60 4,79 4,20
Duplexsystem 0,15 mm Zn	+ Primer RVA RDA	12,20 +3,55	13,67	4,--	5 6 7 8	33,42	6,68 5,57 4,77 4,18
Duplexsystem 0,05 mm Zn 0,2 mm Al	+ Primer RVA RDA	25,40 +3,55	13,67	4,--	5 8 10 11	46,66	9,33 5,83 4,67 4,24

Abb. 1: Jährliche Kostenfaktoren für verschiedene Anstrich- und Duplexsysteme

Aus dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, daß zur Erreichung des annähernd gleichen jährlichen Kostenfaktors von 2,7 bis 2,8 folgende Standzeiten erforderlich sind:

8,5 Jahre bei Anstrichsystemen auf Ölbasis
8,0 Jahre bei Anstrichsystemen auf Alkydharzbasis
9,5 Jahre bei Anstrichsystemen auf PC-Basis
12,0 Jahre bei Anstrichsystemen auf Epoxidharzbasis
12,0 Jahre beim Duplexsystem Zink und Alkydharzanstriche
17,0 Jahre beim Duplexsystem Zink/Aluminium u. Anstriche.

Bei der Ermittlung des Optimums von Anstricharbeiten in der Instandhaltungsphase ist zunächst die Frage zu klären, wann derartige Korrosionsschutzmaßnahmen auszuführen sind.
Verschiedene Autoren (9,10) vertreten die Meinung, daß bereits bei 10 - 15 % Durchrostung ein Voll-Wiederanstrich, d.h. ein Erneuerungsanstrich auszuführen ist. Ökonomisch ist festzustellen, daß ein derartiger Turnus des Erneuerungsanstriches nicht zu empfehlen ist, die Ausführung von Instandhaltunsanstrichen dagegen zu diesem Zeitpunkt eine günstige Variante darstellt. Unter Berücksichtigung der Anstrichzeiten in Abhängigkeit vom Bindemitteltyp und der Art der Untergrundvorbehandlung kann eine pauschale Turnusfestlegung jedoch nicht erfolgen. Die Betriebspraxis zeigt, daß die Ausführung von Instandhaltungsanstrichen im notwendigen Turnus oft nicht möglich ist. Deshalb ist es interessant, welche Kosten nach der Turnusüberschreitung zu kalkulieren sind.

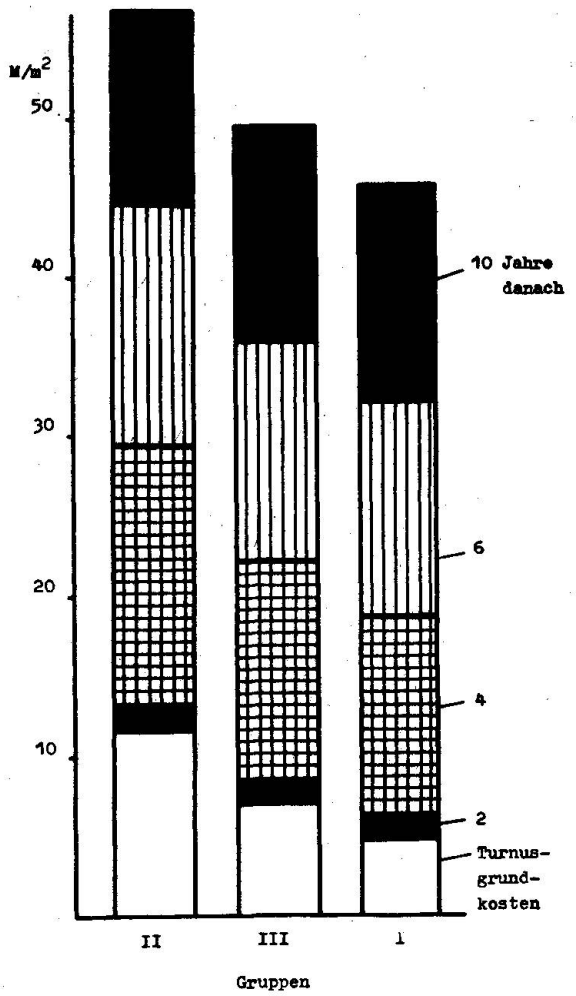

Abb. 2
Kosten für Anstriche nach Überschreitung der Turnuszeiten.

Diese sind in Abb. 2 dargestellt, wobei die Anstrichgruppen folgende, preislich vergleichbare, Anstrichstoffe beinhalten:

Gruppe I: Oxydativ-trocknende Systeme (Öl-, Alkydharzsysteme)
Gruppe II: Chemisch-trocknende Systeme (Epoxid-, Teerpoxidharz-Systeme)
Gruppe III: Physikalisch-trocknende Systeme (PC-, Chlorbuna-, Chlorkautschuk-Systeme)

Aus diesen Darlegungen ist abzuleiten, daß bei Erneuerungsanstrichen die Frage nach dem Optimum gleichbedeutend mit der Fragestellung ist, an welchen Objekten und unter welchen Bedingungen unter Berücksichtigung der vorhandenen Kapazitäten ein Korrosionsschutz durch Anstrich überhaupt noch ökonomisch durchführbar ist.

Allgemein wird davon gesprochen, daß bei Anstricharbeiten bis zu 40 % der aufzuwendenden Kosten auf die Untergrundvorbehandlung und rund 60 % auf Material-, Lohnkosten u. dgl. entfallen. Die vorliegende ökonomische Betrachtung weist jedoch darauf hin, daß diese Relation nur für Erst- und Instandhaltungsanstriche zutrifft. Für Erneuerungsanstriche ergaben sich in Abhängigkeit vom möglichen Zeitpunkt der Korrosionsschutzarbeiten die in Abb. 3 zusammengefaßten Relationen, die erkennen lassen, daß die Kosten für Anstrichstoffe und Löhne für deren Aufbringung eine untergeordnete Bedeutung erreichen können.

Zeitpunkt	Kosten für					
	Untergrundvorbehandlung (%)			Anstrichstoffe und Löhne (%)		
Gruppe	I	II	III	I	II	III
Turnus	52	22	35	48	78	65
2 Jahre danach	64	31	48	36	69	52
4 Jahre danach	73	46	61	27	54	39
6 Jahre danach	84	63	76	16	37	24
10 Jahre danach	89	72	82	11	28	18

Abb. 3: Kostenrelationen in Abhängigkeit von der zeitlichen Ausführung der Anstricharbeiten

Auch diese Feststellung läßt erkennen, daß höhere Aufwendungen für den Erstkorrosionsschutz ökonomischer sind, als ein billiger Erstanstrich mit einem kurzen Instandhaltungsturnus.

Ein praktisches Beispiel soll diese Aussagen unterstreichen. Die stark korrodierte stählerne Konstruktion eines Kühlturmes sollte durch Schutzmaßnahmen vor einer weiteren Zerstörung geschützt werden. Aus der bisherigen Handhabung waren folgende Kriterien bekannt:

Mögliche Untergrundvorbehandlung: Handentrostung
Kosten für den Korrosionsschutz : ca. 100.000 M
Zusätzliche Kosten für provisorische Schutzwände u.dgl. : 20.000-30.000 M
Standzeit des Anstriches : ca. 1,5 Jahre

Bereits aus Kapazitätsgründen war eine derartige Verfahrensweise nicht mehr vertretbar. Die Aufgabe bestand also darin, eine neue technologische und ökonomische Variante auszuarbeiten und in die Praxis zu überführen.

Zunächst war es erforderlich, folgende Fakten zu ermitteln:

Erneuerungsanstrich mit Handentrostung: ca. 100.000 M
Neue Stahlkonstruktion (einschl. Montage): ca. 70.000 M
Vorkonservierungsanstrich mit Strahlentrostung : 50.000-60.000 M
Duplexsystem (Vorkonservierung mit Strahlenentrostung) : ca. 75.000 M
Instandhaltungsanstrich : 30.000-40.000 M

Nach Kenntnis dieser Kostenrelationen konnte bereits gesagt werden, daß eine Erhaltung der alten Stahlkonstruktion durch Erneuerungsanstriche ökonomisch nicht vertretbar ist. Es wurde deshalb entschieden, die alte Konstruktion auf Verschleiß zu fahren und im Rahmen einer Rekonstruktion durch eine neue Stahlkonstruktion zu ersetzen. Es muß deshalb die weitere Fragestellung beantwortet werden, welche Anstrichvarianten sind technisch durchführbar und welche davon ist die optimale.
Als für die weitere Betrachtung interessante Varianten boten sich an:

Variante II: Anstrich nach der Montage
Entrostungsart : Handentrostung
Anstrichsystem : 6-facher PC-Anstrich
Anstrichturnus : 5 Jahre
Anstrichart : Erneuerungsanstrich

Variante IV: Anstrich vor der Montage
Entrostungsart : Strahlenentrostung
Anstrichsystem : 6-facher PC-Anstrich
Anstrichturnus : 5 Jahre
Anstrichart : Erneuerungsanstrich

Variante V : Anstrich vor der Montage
Entrostungsart : Strahlentrostung
Anstrichsystem : Duplexsystem (100 /^{u}m Zn, 200 /^{u}m Al und 4 - 6-facher PC-Anstrich)
Anstrichart : Instandhaltungsanstrich

Der aus diesen Varianten resultierende Kostenspiegel ist in Abb.4 graphisch dargestellt. Er weist aus, daß die ursprünglich relativ teure Variante V eindeutig die optimale Verfahrensweise bietet. Die zwischenzeitlich gesammelten praktischen Erfahrungen nach dieser Variante lassen erwarten, daß eine weitere Modifizierung möglich ist. Diese Modifizierung könnte so gestaltet werden, daß bei einer Standzeit des Duplexsystems von etwa 12 - 15 Jahren auf Instandhaltunsanstriche verzichtet wird und die Stahlkonstruktion bis zur Erreichung der normativen Nutzungsdauer wieder auf Verschleiß gefahren wird. Die Entscheidung darüber muß aber der weiteren praktischen Bewährung vorbehalten bleiben.

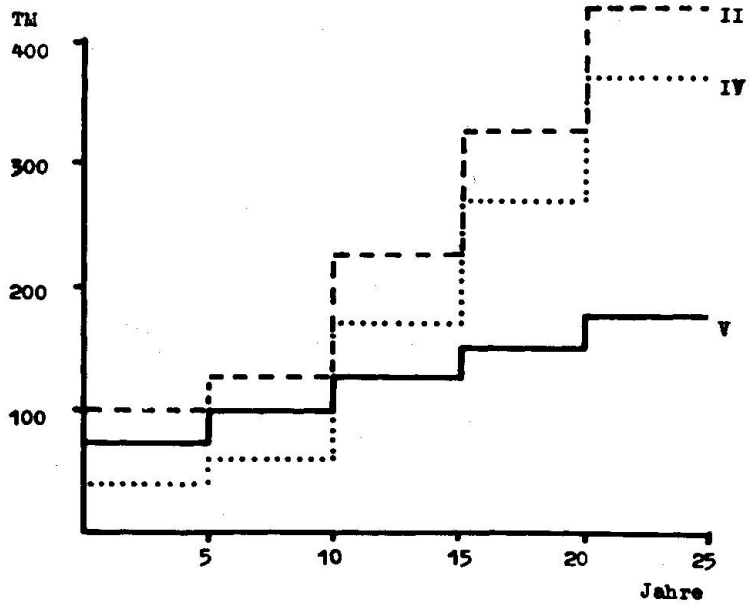

Abbildung 4:
Graphischer Kostenspiegel beim Variantenvergleich des Korrosionsschutzes eines Kühlturmes

Literaturnachweis

(1) "Report of the Commitee on Corrosion and Protection", London 1971 (Werkstoffe und Korrosion 22 (1971) 9, S. 789 - 792)
(2) "Korrosionsschutz in der Chemie", Nr. 20/21
(3) Behrends, D., Vortrag zur 74. Tagung der Europäischen Förderation Korrosion, Budapest 1974
(4) Philipp, H.J., Rückriem, W.: Plaste und Kautschuk 14 (1967) 12, S. 925 - 930
(5) Philipp, H.J., Zöllner, A.: Chem.Techn. 24 (1972) 8, S. 509 - 513
(6) "Werkstoffeinsatz und Korrosionsschutz in der chemischen Industrie", VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig 1973
(7) TGL 25087: Anstrichstoffe - Anstriche - Begriffe
(8) Preisanordnung 4410, Anlage 25 vom 1.4.1966
(9) Charlton, R.F.: Chem. Engng. Bd. 70 (1963), Nr. 22
(10) Sille, G., Damm.O.: Technik 14 (1959) 7, S. 469 - 471

ZUSAMMENFASSUNG

Die Darlegungen lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

1. Minimierung der Gesamtkosten heisst nicht Minimierung der Korrosionsschutzkosten.
2. Die Korrosions- und Korrosionsschutzkosten sind keine Konstanten, sondern zeitabhängig.
3. Unter Nutzung betrieblicher Erfahrungen hinsichtlich der Standzeit verschiedener Anstrichsysteme kann nachgewiesen werden, dass hohe Primärkosten relativ sind und durch eine längere Standzeit kompensiert werden. Diese Tatsache ist deshalb von Bedeutung, weil bei Neuanlagen es durchaus möglich sein kann, dass die Kosten für den Korrosionsschutz den Preis der zu schützenden Konstruktion übersteigen. Eine Senkung der Investitionssumme zu Lasten des Korrosionsschutzes stellt - wie durch die ökonomische Betrachtung nachgewiesen wurde, - im Regelfall eine kurzsichtige Oekonomie dar.

SUMMARY

The statements allow the following conclusions:

1. The least total costs do not mean the least costs for protection against corrosion.
2. The costs for corrosion and for anti-rust protection are not stable, but vary with the time.
3. Experimentation of longtime behaviour of different painting systems proves, that high primary costs are relative and are balanced by a longer duration. This fact is of importance, as it can happen, that for new buildings the costs for the protection against corrosion are higher than the price for the structure to be protected. A reduction of the investment sum on charge of protection against corrosion is generally a short-sighted economy, as has been proved by economical considerations.

RESUME

Le rapport conduit aux conclusions suivantes:

1. Un prix total minimum ne signifie pas un coût de protection antirouille minimum.
2. Les dépenses provoquées par la corrosion et par la protection antirouille ne sont pas constantes mais varient dans le temps.
3. L'expérience de la tenue dans le temps de divers systèmes de peinture montrent que des investissements élevés sont relatifs et sont compensés par une plus longue durée de vie. Ceci est important car il se peut que dans des constructions nouvelles, le coût de la protection antirouille soit plus élevé que celui de la structure à protéger. Une réduction de l'investissement aux dépens de la protection antirouil ne représente en général qu'une économie à court terme, ainsi que le montrent des considérations économiques.

Beitrag zur Bestimmung des Korrosionsverhaltens von korrosionsträgen Stählen an genutzten Stahlbauwerken

Corrosion's behaviour of Weathering Steels in Steel Structures

Comportement à la corrosion des aciers patinables en construction métallique

Werner KATZUNG — Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.
Helga MORICH — Dipl.-Ing.
Horst POSTER — Ing.
VEB Metalleichtbaukombinat, Forschungsinstitut
Leipzig, DDR

1. Bedeutung des Korrosionsschutzes in der Volkswirtschaft

Die fortschreitende Industrialisierung im Bauwesen und die verstärkte Anwendung des Stoff- und Formleichtbaues im Zusammenhang mit sich ständig verschärfenden aggressiven Beanspruchungen der Bauwerke und Konstruktionen aus Umwelt und Nutzung bewirken, daß bereits kleine Fehler bei der Projektierung, Konstruktion oder Bauausführung zu vorzeitigen Verschleißerscheinungen und Bauschäden führen.

Durch Korrosion verursachte Schäden nehmen, wie übereinstimmende Untersuchungen in den hochindustrialisierten Staaten ergeben haben, den ersten Platz ein und führen zu ernsthaften Belastungen der Volkswirtschaft.

Der Hauptanteil der Korrosionsverluste wird durch atmosphärische Korrosion verursacht. Umfangreichen Untersuchungen zufolge [1] wird die Größe der direkten Korrosionsverluste in den hochindustrialisierten Staaten mit 1,2...1,5 % des Bruttosozialproduktes angegeben. Mit etwa 10 % der Gesamtverluste ist der durch Korrosion von Bauwerken bzw. Stahlkonstruktionen verursachte Schaden beziffert.

In der DDR sind bereits heute 36000 Arbeitskräfte, die sich ständig mit Anstricharbeiten beschäftigen, nicht mehr in der Lage, die technisch erforderlichen Zyklen für Ausbesserung und Wartung einzuhalten.

Berücksichtigt man außerdem, daß in nahezu allen Fällen des passiven Korrosionsschutzes die Lebensdauer geringer als die Nutzungsdauer der entsprechenden Stahlbauten und der Korrosionsschutz mit ca. 20...30 % an den Kosten einer Stahlkonstruktion beteiligt ist, sind Veränderungen in der Struktur der angewendeten Korrosionsschutzverfahren durch Verschiebung der Proportionen zugunsten des aktiven Korrosionsschutzes dringend erforderlich.

2. Die Entwicklung korrosionsträger Stähle in der DDR

Die Herstellung eines Werkstoffes mit verbesserten technologischen Kennwerten, dem gleichzeitig technische Problemlösungen mitgegeben werden, ist in diesem Zusammenhang besonders bedeutungsvoll.

Auch von der DDR-Metallurgie wurde erstmals 1966 mit Heko 35/50 ein Stahl angeboten, der sich durch Bildung einer festhaftenden, dichten Schicht aus Korrosionsprodukten, der sogenannten Schutzschicht oder auch Deckschicht, selbst schützt. Die chemische Zusammensetzung ist eng an den in den USA entwickelten Corten-Stahl angelehnt. 1968 wurden die Stahlmarken Kt 45 und Kt 52 entwickelt. Sie unterscheiden sich vor allem durch den Gehalt an den Elementen P, Cr, Cu sowie in der Art der für die Verarbeitung notwendigen Feinkornbildner von der Grundvariante [2].

Entsprechend den Forderungen des VEB Metalleichtbaukombinat wurde bei der Entwicklung berücksichtigt, daß sich die Festigkeitseigenschaften der korrosionsträgen Stähle in Übereinstimmung mit vorhandenen Baustählen befinden und in die bestehende Baustahlreihe einordnen. Darüber hinaus gewährleisten Sprödbruchverhalten, Dauerfestigkeit und technologische Eigenschaften, wie Schweißeignung und Verformbarkeit die Austauschbarkeit mit unlegierten Baustählen gleicher Festigkeit.

Die nutzungsgerechte Anwendung dieser Stähle, abhängig von möglichst exakten Kenntnissen ihres Korrosionsverhaltens, war ohne Zeitverluste nur auf der Grundlage von Analogieschlüssen zu Angaben des internationalen Schrifttums über Corten-Stahltypen realisierbar.

Zur Absicherung der getroffenen Annahmen zum Korrosionsverhalten wurden gleichzeitig umfangreiche Untersuchungen begonnen. Im Auftrage der Metallurgie der DDR führte die Stahlberatungsstelle Freiberg an Standorten, die einen repräsentativen Querschnitt der atmosphärischen Bedingungen der DDR darstellen, Bewitterungsversuche mit Probeblechen aus korrosionsträgen Stählen im Vergleich zu St 38 u-2 durch [3].

Auf der Grundlage der für 4 Bewitterungsjahre erhaltenen Ergebnisse werden Einschätzungen über

- Einsatzbedingungen, unter denen die Anwendung von korrosionsträgen Stählen volkswirtschaftliche Vorteile bringt und
- die für den Korrosionswiderstand günstigste Stahlzusammensetzung abgeleitet.

Den im Forschungsinstitut des VEB Metalleichtbaukombinat durchgeführten Arbeiten lag nachfolgende Konzeption zugrunde:

- Bestimmung des Korrosionsverhaltens bei unterschiedlichen Korrosionsbelastungen durch Makro- und Mikroklima am genutzten Stahlbauerzeugnis
- Verhalten korrosionsträger Stähle im Kontakt zu anderen passiv geschützten Stahltypen (anstrichstoffgeschützt, verzinkt) und Aluminium sowie bei sich überlappenden Flächen
- Ableitung von Richtlinien für die Projektierung, Konstruktion, Herstellung und Abnahme.

Die sich sinnvoll ergänzenden Ergebnisse beider Arbeitsgruppen ermöglichen heute konkrete Angaben über zulässige Korrosionsbelastungen bzw. territorial geeignete Einsatzgebiete sowie Art und zweckmäßige konstruktive Gestaltung von Erzeugnissen aus korrosionsträgen Stählen.

3. Entwicklung eines geeigneten zerstörungsfreien Meßverfahrens

Das Korrosionsverhalten, d. h. die Veränderung der Korrosionsgeschwindigkeit, ist determiniert durch die Abnahme der metallischen Dicke der exponierten Stahlprofile in Relation zur Zeit und den Korrosionsbedingungen.

Aus der Literatur bekannte Meßverfahren, wie auch das Masseverlustverfahren für die Bewertung von exponierten Probeblechen, sind nur im Laboratorium applizierbar oder in der Meßgenauigkeit für wissenschaftliche Arbeiten nicht ausreichend (z. B. Dickenmessung mittels Ultraschall).

Geeignete Kurzzeitprüfungen, die eine schnelle und auf natürliche Verhältnisse übertragbare Aussage gestatten, befinden sich noch im Entwicklungsstadium und sind z. Z. noch nicht anwendbar [4, 5].

Prinzip der selbst entwickelten Meßmethode [6] ist die Messung der Gesamtdicke, d. h. der metallischen Dicke plus Schutzschichtdicke an beiden Seiten der zu messenden Teile, mit einer Feinmeßschraube und der Schutzschichtdicken mit einem magnetinduktiven Schichtdickenmeßgerät.

Die zur Ermittlung des Korrosionsverhaltens korrosionsträger Stähle primär interessierende metallische Dickenabnahme ergibt sich aus der Differenz der nach Gleichung (1) bestimmten metallischen Dicke zum Zeitpunkt X und der Ausgangsdicke.

$$\bar{s}_{Metall} = \bar{s}_{Gesamt} - \bar{s}_{Schutzschicht\ 1} - \bar{s}_{Schutzschicht\ 2} \qquad (1)$$

Vergleichende Untersuchungen an metallographischen Querschliffen mit lichtoptischen Labormethoden (Neophot, Meßmikroskop) ergaben, daß ferromagnetische Bestandteile der Schutzschicht (Magnetit) und die Rauheit der Schutzschicht und des Metalles an der Phasengrenze Schutzschicht/Metall die Genauigkeit der Meßmethode beeinträchtigen.

Es konnte nach fünfjähriger Anwendung der Methode und dem Vergleich mit am Querschliff eines ein bis fünf Jahre exponierten Probekörpers ausgemessenen Werten nachgewiesen werden, daß die sich mit der Expositionszeit verändernde Rauheit der Schutzschichtoberfläche und der metallischen Oberfläche den Haupteinfluß ausübt. Die durch ferromagnetische Bestandteile innerhalb der Schutzschicht bedingten Fehler bei Schutzschichtdickenmessung sind gegenüber dem Rauheitseinfluß von geringerer Bedeutung und können vernachlässigt werden.

Der Einfluß der Rauheit der Schutzschichtoberfläche wurde durch Verwendung von Hilfsmitteln, mit denen eine konstante Bezugslinie fixiert wird, eliminiert.

Als entscheidende Fehlerquelle verblieb die Rauheit der Metalloberfläche, deren Einfluß meßtechnisch nicht ausschaltbar ist.

Es wurden Möglichkeiten gefunden, die Größe eines Korrekturgliedes E_R rechnerisch zu bestimmen, mit dem dieser Einfluß entscheidend minimiert werden kann.

Nach Gleichung (2) ermittelte Werte sind damit nur noch mit einem Fehler von < + 50 µm behaftet.

$$\bar{S}_{Metall} = \bar{S}_{Gesamt} - \bar{S}_{Schutzschicht\ 1} - \bar{S}_{Schutzschicht\ 2} + a\ E_R \qquad (2)$$

Die erreichbare Meßgenauigkeit von < + 50 µm für die Bestimmung der metallischen Dicke gestattet ausreichend genaue Angaben über das Korrosionsverhalten korrosionsträger Stähle in Relation zur Zeit und ermöglicht die Kontrolle genutzter Stahlbauwerke überall dort, wo die zu messenden Teile beidseitig zugänglich sind.

4. Korrosionsverhalten korrosionsträger Stähle

4.1. Allgemeine Bewertung

In Auswertung der erhaltenen Ergebnisse ist bei freibewitterten korrosionsträgen Stählen ein in 3 Phasen verlaufender Prozeß abzuleiten.

1. Phase: 1...2. Bewitterungsjahr; charakterisiert durch Abfall des Walzzunders und/oder hohem Anteil lose haftender bzw. abfallender Rostpartikel; Ausbildung der Schutzschicht mit nicht ausreichender Sperrwirkung; große Korrosionsgeschwindigkeit; starker Rostwasserablauf.

2. Phase: 2...3. Bewitterungsjahr; zunehmende Verdichtung der Schutzschicht, Bildung einer Sperrschicht (im metallographischen Querschliff nachweisbar). Der Anteil lose haftender Rostpartikel ist gering. Rostwasserablauf wie in der ersten Phase nicht mehr feststellbar.

3. Phase: Ab 3...4. Bewitterungsjahr; visuell gegenüber der zweiten Phase keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Bildung und Abfall bzw. Auswaschen lose haftender Rostpartikel in geringem Umfang nachweisbar. Auch im 5. Bewitterungsjahr bleibt diese Erscheinung unveränderlich. Die Schutzschichtdicke ändert sich nur noch in engen Grenzen. Da eine weitere Abnahme der metallischen Dicke erfolgt, jedoch im Vergleich zu den Vorjahreswerten weiterhin mit eindeutig degressiver Tendenz, scheint die Schutzschichtbildung hinsichtlich der Dicke einen Gleichgewichtszustand erreicht zu haben. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, daß Metall durch Korrosion zu Korrosionsprodukten umgebildet wird, die einerseits zu einer Verdichtung der Schutzschicht und andererseits zu einer Volumenvergrößerung (Dickenzunahme) führen. In der Größenordnung der Dickenzunahme werden Bestandteile der Schutzschicht abgestoßen bzw. durch Erosion abgetragen.

Nicht untersucht werden konnte, inwieweit beim Durchgang der an der Phasengrenze Metall/Schutzschicht entstehenden Korrosionsprodukte durch die Schutzschicht selektierende Vorgänge ablaufen, die zu einer chemischen Umwandlung leichtlöslicher zu schwerlöslichen Verbindungen führen oder ob lediglich durch Absorption bzw. Filtraktion eine Trennung großer und kleiner Teilchen erfolgt.

Eine Bewertung der an der Phasengrenze Metall/Schutzschicht ablaufenden Vorgänge, d. h. eine Beantwortung der Frage, ob der durch Messung der Dickenabnahme des Metalles weiterhin nachweisbare Korrosionsprozeß einen stationären Zustand erreicht hat oder in den nächsten Jahren eine weitere Reduzierung der Korrosionsgeschwindigkeit eintreten wird, kann erst durch Messungen im 6. bzw. 7. Bewitterungsjahr erfolgen.

In Abb. 1 ist in Abhängigkeit von der Expositionszeit das Verhalten von Schutzschicht und Metall (als Dickenabnahme dargestellt.

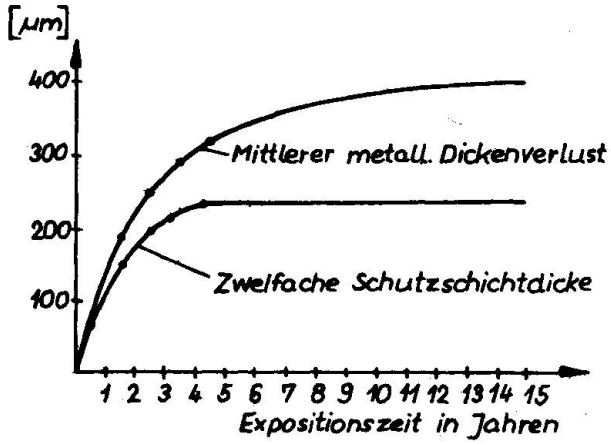

Abb. 1 Schutzschichtbildung und Abnahme der metall. Dicke in Relation zur Expositionszeit

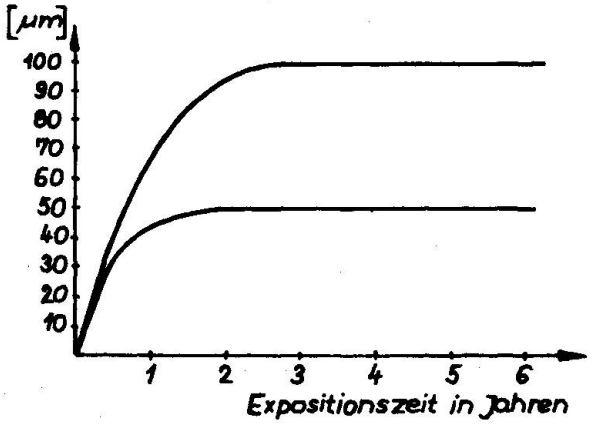

Abb. 2 Schutzschichtbildung bei freier Bewitterung und bei Innenraumbeanspruchung

Bei ausschließlicher Innenraumbeanspruchung von KT-Stahlkonstruktionen ist mit wenigen Abweichungen ein prinzipiell ähnlicher 3-Phasenverlauf für Schutzschichtbildung und Korrosionsgeschwindigkeit feststellbar.

Während die Dicke der Schutzschicht in den einzelnen Phasen wie auch im Gleichgewichtszustand und auch die Korrosionsgeschwindigkeit generell gegenüber freibewitterten Konstruktionen geringer sind, unterscheidet sich der zeitliche Ablauf der Phasen von dem bei Freibewitterung [Abb. 2].

Es ist erkennbar, daß bei Innenraumbeanspruchung eine scharfe Trennung der Phasen 1 und 2 nicht möglich ist und je nach den Nutzungsbedingungen (mikroklimatischen Beanspruchungen) der Gleichgewichtszustand der Schutzschichtdicke nach 1,5 – 2 Jahren erreicht ist. Das wird auch bei Bewertung der visuell festgestellten Erscheinungen deutlich.

Der Anfall lose haftender bzw. abfallender Rostpartikel, absolut gesehen wesentlich geringer als bei Freibewitterung, ist bis Phase 3 hoch.

4.2. Korrosionsgeschwindigkeit

Die Korrosionsgeschwindigkeit wurde durch Messung der Abnahme der metallischen Dicke ermittelt.

$$V_K = \frac{\Delta S}{t} \quad \left[\frac{\mu m}{a}\right]$$

Nach sehr hohen Abrostungswerten in den ersten zwei Jahren ist ab dem dritten Expositionsjahr eine deutliche degressive Tendenz nachweisbar.

Es kann auch für bereits 6 Jahre bewitterte Konstruktionen noch nicht festgestellt werden, ob die Korrosionsgeschwindigkeit ihren niedrigsten Wert erreicht hat, der im weiteren Nutzungszeitraum in engen Grenzen unveränderlich bleibt.

Für ein Bauwerk (Versuchsbau) in Industrieatmosphäre mit einer durchschnittlichen SO_2-Flächenbeaufschlagung von

>100 mg/m^2.d und ohne Sonneneinstrahlung wurde nach 6jähriger Bewitterung noch eine Korrosionsgeschwindigkeit von 90 µm/a gemessen. Daraus ist mit großer Wahrscheinlichkeit abzuleiten, daß unter derartigen klimatischen Bedingungen korrosionsträge Stähle nicht geeignet sind.

In Abb. 3 ist die zeitliche Änderung der metallischen Dickenabnahme bei freier Bewitterung und bei Innenraumbeanspruchung dargestellt.

Abb. 4 zeigt die zeitliche Änderung der Korrosionsgeschwindigkeit. Der Schutzwert der sich bildenden Schutzschicht nimmt deutlich zu.

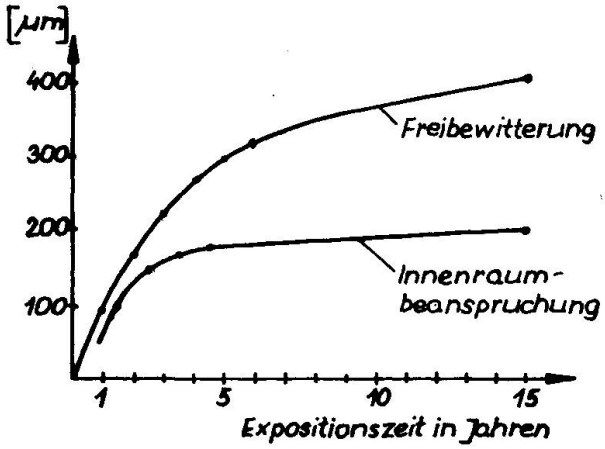

Abb. 3 Änderung der metall. Dickenabnahme in Relation zur Beanspruchung und der Expositionszeit

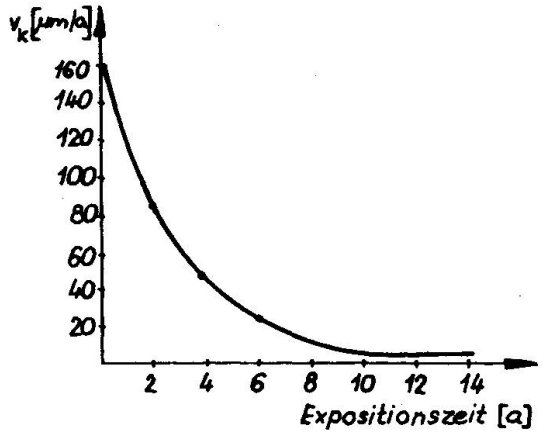

Abb. 4 Korrosionsgeschwindigkeit in Relation zur Expositionszeit

Für die Produktion des VEB Metalleichtbaukombinat ist es von besonderer Bedeutung, daß der Korrosionsverlauf nur innenraumbeanspruchter Konstruktionen prinzipiell dem bei Freibewitterung entspricht. Unterschiede bestehen in erster Linie in der Korrosionsgeschwindigkeit. Während z. B. für KT-Stahlmaste für die ersten zwei Jahre V_K = 85 µm/a gefunden wurde, beträgt in einer Metalleichtbau-Halle für den gleichen Zeitraum V_K = 50 µm/a. Im 5. Nutzungsjahr konnte gegenüber dem Vorjahreswert meßtechnisch bereits keine Abrostung mehr ermittelt werden. V_K hat demzufolge so kleine Werte angenommen, daß mit dem zur Verfügung stehenden Meßverfahren erst nach 1 oder 2 weiteren Nutzungsjahren Abrostungswerte erfaßbar werden.

Mit dem Nachweis der Identität von im Innenraum gebildeten Schutzschichten mit in freier Bewitterung entstandenen [7] und mit den von uns gefundenen Ergebnissen ist es möglich, relativ sichere Einsatzgrenzen für korrosionsträge Stähle bei ausschließlicher Innenraumbeanspruchung anzugeben.

5. Anwendung der erhaltenen Ergebnisse

Von Barton wurde aus der Analyse von Korrosionsverlust/Korrosionsdauer-Kurven für Eisen ein kritischer SO_2-Konzentrationswert ($C_{SO_2 kritisch}$) von 6...10 g/m^2 Jahr vorgeschlagen.

Knotkova-Cermakova [8] definierten darauf aufbauend Aggressivitätsklassen, die durch den Grad der SO_2-Verunreinigung gekennzeichnet sind.

In Auswertung der von uns bei der Untersuchung genutzter Bauwerke und der von Reutler [3] nach dem Masseverlustverfahren gefundenen Abrostungswerte haben wir Eignung und Einsatzgrenzen korrosionsträger Stähle in direkte Beziehung zur SO_2-Flächenbeaufschlagung bestimmter Atmosphärentypen der DDR in Anlehnung an TGL 18704 gebracht und dabei die von Knotkova-Cermakova vorgeschlagene Unterteilung in Aggressivitätsklassen modifiziert berücksichtigt (Tabelle 1).

Atmosphärentyp	Aggressivitätsklasse	SO_2-Flächenbeaufschlagung [mg/m^2.Tag]	Eignung korrosionsträger Stähle
Land-	I	≦ 25	++
Stadt-	II	25...50	++
Industrie-	III	50...80	++
I/I$_{aggressiv}$	IV	80...100	+-
I$_{aggressiv}$	V	> 100	-
Meer-	I	≦ 25	+
Dauerbefeuchtung (Freibewitterung)	Relative Luftfeuchtigkeit ständig >65...70 %		-
Innenraum	Bei Atmosphärentyp M,L,S,I,I/I$_{aggr.}$ und ≦ 70 % rel. Luftfeuchtigkt.		++
	Bei Atmosphärentyp I$_{aggressiv}$		+-
	Bei Belastung durch produktionsbedingte Schadstoffe, z. B. > 100 mg/m^{2}d SO_2		-

Tabelle 1: Eignung korrosionsträger Stähle in Abhängigkeit der makro- und mikroklimatischen Belastung (++ = gut geeignet; +- = bedingt geeignet, Prüfung erforderlich; - = nicht geeignet; + = geeignet bei > 500 m Entfernung von Ostsee)

Ausgehend von den in Tabelle 1 aufgeführten Eignungsbedingungen bzw. Einsatzgrenzen korrosionsträger Stähle erfolgte eine Überprüfung der Stahlbauerzeugnisse des VEB Metalleichtbaukombinat hinsichtlich der Produktionsumstellung von passiv geschützten St 38 oder St 52 auf ungeschützten Kt 45 oder Kt 52. Nach den Versuchsanwendungen im Jahre 1969 und der ersten serienmäßigen Produktion von Hochspannungsmasten im Jahre 1970 wurden im Jahre 1974 ca. 20000 t korrosionsträge Stähle verarbeitet.

Die nachfolgenden Stahlbauerzeugnisse werden aus diesen Stählen hergestellt:
Hochspannungs-, Funk-, Flutlicht-, Niederspannungsmaste, Freiluftschaltanlagen, Gasreglerstationen, offene und geschlossene Großgaragen, Dach- und Stützkonstruktionen für Industrie- und Lagerhallen, offene und geschlossene Bandbrücken, Rohrbrücken Straßenbrücken, bautechnischer Stahlhochbau für Kohlekraftwerke (Maschinen-, Kesselhäuser, Umlenktürme), Kesselgerüste, individueller Stahlhochbau.

Einige dieser Erzeugnisse, wie z. B. Maste, Band- und Rohrbrücken, werden inzwischen serienmäßig hergestellt. Für Kesselgerüste und bestimmte Hallentypen ist die serienmäßige Produktion vorgesehen. Im VEB Metalleichtbaukombinat ist geplant, den Anteil korrosionsträger Stähle am Gesamtstahldurchsatz bis 1977 auf ca. 15 % zu steigern.

Neben den Vorteilen die sich für den VEB Metalleichtbaukombinat ergeben, wie Steigerung der Arbeitsproduktivität, Einsparungen an Investitionsmitteln für Korrosionsschutzanlagen, Wegfall von Transport- und Montageerschwernissen, wird durch Wegfall der Instandhaltungsarbeiten und der damit verbundenen indirekten Verluste, wie z. B. Produktionsbehinderung oder -ausfall, ein erheblicher volkswirtschaftlicher Nutzen erwirtschaftet.

In den Abb. 5 und 6 werden aus dem Vergleich der Erstschutzkosten bzw. der Gesamtkosten bei 40jähriger Nutzung für passive Korrosionsschutzmaßnahmen und korrosionsträge Stähle die ökonomischen Konsequenzen augenscheinlich.

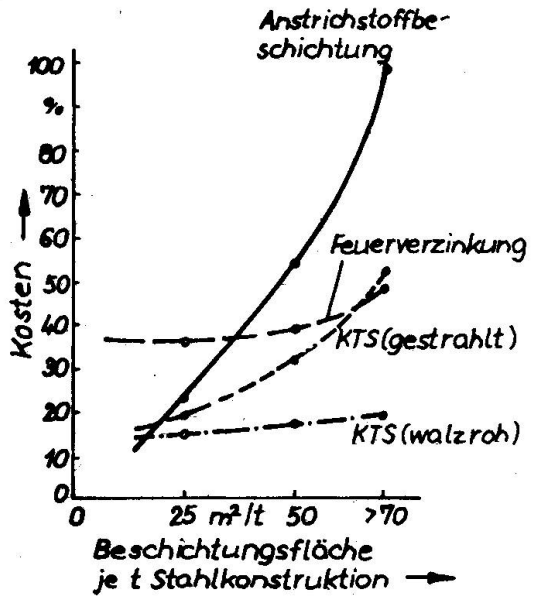

Abb. 5 Vergleich der Erstschutzkosten für passive Korrosionsschutzmaßnahmen und korrosionsträge Stähle

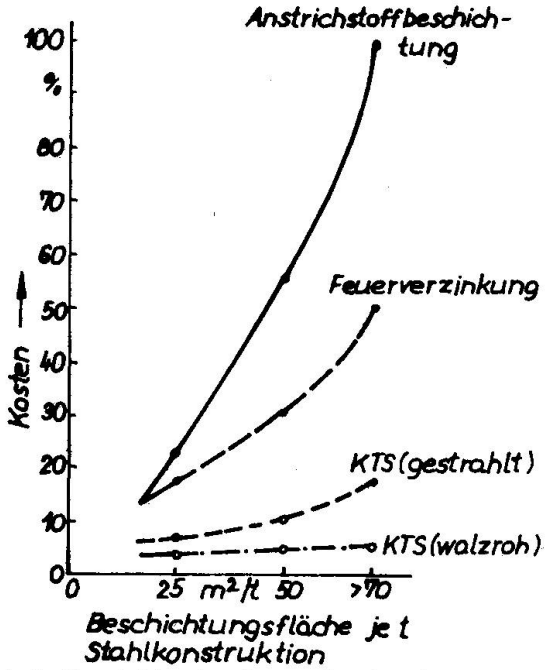

Abb. 6 Vergleich der Gesamtkosten bei 40jähriger Nutzungszeit für passive Korrosionsschutzmaßnahmen und korrosionsträge Stähle

Wenn wir einleitend aus den der Volkswirtschaft entstehenden Verlusten durch Korrosion die Notwendigkeit der Erhöhung des Anteiles aktiver Korrosionsschutzmaßnahmen ableiteten, können wir darauf Bezug nehmend feststellen, daß mit der durch Gemeinschaftsarbeit von Metallurgie, Stahlberatungsstelle und VEB Metalleichtbaukombinat möglichen kurzfristigen Entwicklung und Anwendung korrosionsträger Stähle ein wichtiger Beitrag zur Realisierung dieser Forderung geleistet wurde.

Literaturverzeichnis

1 Kulis, M. Ein methodischer Vorschlag zur Bewertung der Korrosionsverluste in den Mitgliedsländern des RGW, Korrozioz Figyelö, Budapest 14(1974)2, 45...52

2 Löscher, H. und Günther, E. Entwicklung, mechanisch-technologische Eigenschaften und Standardisierung der korrosionsträgen Baustähle. Stahlberatung 1(1974)III, 12...25

3 Reutler, H. Atmosphärische Korrosion - Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen von korrosionsträgen Stählen. Stahlberatung 1(1974)III, 30...40

4 Pourbaix, Elektrochemische Methoden der beschleunigten Untersuchung der atmosphärischen Korrosion Vortrag zur 74. Veranstaltung der Europäischen Föderation Korrosionsschutz "Woche der Korrosion", Budapest, 14...20.10.1974 (unveröffentlicht).

5 Siebert, H. und Köhler, W. Laborkorrosionsversuche an korrosionsträgen Stählen. Korrosion 4(1973)2, Dresden

6 Koch, M., Morich, H. und Poster, H. Verfahren zur Messung der Restdicke ferromagnetischer Profile und dergleichen. Erfindung die beim Patentamt der DDR angemeldet wurde.

7 Reutler, H. Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsgrenzen korrosionsträger Stähle. Sonderheft "Aus der Zentralstelle für Korrosionsschutz Dresden" 10, Dresden 1973.

8 Knotkova-Cermakova, D. Die Korrosionsaggressivität von Modellgebieten der CSSR. Sonderheft "Aus der Zentralstelle für Korrosionsschutz Dresden" 10, Dresden 1973.

ZUSAMMENFASSUNG

Die jährlich der Volkswirtschaft entstehenden Korrosionsverluste erfordern künftig eine Erhöhung des Anteiles aktiven Korrosionsschutzes. Die Entwicklung korrosionsträger Stähle, die Untersuchung ihres Korrosionsverhaltens und ihre schnelle Anwendung im Stahlbau der DDR führen für die stahlbauherstellende Industrie und für Nutzer solcher Bauwerke und Konstruktionen zu technischen und ökonomischen Vorteilen. Die auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse abgeleiteten Festlegungen für Projektierung, Konstruktion, Herstellung und Nutzung ermöglichen im VEB Metalleichtbaukombinat eine Erhöhung des Anteiles korrosionsträger Stähle am Gesamtstahldurchsatz auf 15 %.

SUMMARY

The yearly losses for the national economy due to corrosion need in the future a higher anti-rust protection. The development of weathering steels, the experimentation of its behaviour toward corrosion, as well as its fast application in steel constructions in the GDR, bring to the steel producing factories and to the users technical and economical advantages. The statements are based on the results of experiments made in design, fabrication, erection and utilization, by the steel construction firm of "VEB Metalleichtbaukombinat, rendering an increase in the use of steels protected against corrosion up to 15 % of the total steel production.

RESUME

Les pertes annuelles dues à la corrosion justifient à l'avenir une meilleure protection antirouille. Le développement d'aciers patinables, l'étude de leur comportement et leur application rapide en construction métallique en RDA apportent des avantages tant techniques qu'économiques aux producteurs et aux utilisateurs. En s'appuyant sur les résultats des recherches, l'entreprise VEB Metalleichtbaukombinat a établi les règles relatives au projet, à la fabrication, au montage et à l'utilisation, ce qui a permis de porter à 15 % la part des aciers patinables dans la production totale.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Vorteile des Baukastensystems

Advantages of Prefabrication and Standardization

Avantages de la préfabrication et de la normalisation

Alice BÁRTLOVÁ Ladislav VOTLUČKA
Doc. Ing. Ing.
Technische Universität Prag
Prag, Tschechoslowakei

Obwohl bei der Entwicklung der heutigen Baukastensystemen im Stahlbau die technologischen Hinsichten respektiert und vor allem die Massenherstellung angestrebt werden, haben manche von diesen Systemen auch besonders gute Eigenschaften was ihre Nutzunsdauer und Variabilität betrifft. Es zeigt sich, dass alle diese Forderungen nicht voneinander unabhängig sind und dass es unter bestimmten Bedingungen leicht möglich ist, ein völlig nutzungsgerechtes Baukastensystem zu entwerfen. Eine Übersicht dieser Bedingungen wird in folgendem durch ein Beispiel der Lösung eines Baukastensystems begleitet, welches in der ČSSR in Zusammenarbeit der Forschungsanstalt für Hochbau, Prag /VUPS, Ing. Zd. Šlajs/ und der Technischen Universität, Prag, entwickelt wurde.

1. Es ist ein selbstverständlicher Grundsatz beim Entwurf jedes Baukastensystems, die Konstruktion aus einer möglichst kleinen Anzahl verschiedener Teile zusammenzustellen. Man soll dann nur diesen Grundsatz erweitern und die Zusammenstellung einer möglichst grossen Zahl von Dispositionslösungen von einer kleinen Bauteilenanzahl fordern, um ein System /als Neubau/ mit einer guten Anpassungsfähigkeit an die Bedürfnisse verschiedener Betriebe zu erzielen. Das gilt vorallem für leichte Hallenbauten ohne Krahnbahnen, wo man durch eine geeignete Wahl von a/ des statischen Systems, b/ der Konstruktionslösung zu günstigen Ergebnissen gelangen kann.

Für das oben genannte System in der ČSSR sind Rahmen mit Fussgelenken, bei mehrschiffigen Hallen /zwei bis vier Schiffe/ Durchlaufriegel mit inneren Pendelstützen vorgesehen. Die daraus folgende günstige Momentenverteilung der Riegel ermöglicht auch bei grossen Unterschieden der Spannweiten /von 10,5 m bis 18 m, eventuell bis 24 m / die Konstruktionslösung nicht zu ändern. Für 84 verschiedene Objekte sind nur 21 verschiedene Rahmenteile nötig /die Dachpfetten, Windträger, Dach- und Wandplatten sind einheitlich, da der Rahmenabstand, 6 m, konstant ist/. Abb. 1 zeigt Beispiele einiger möglichen Kombinationen.

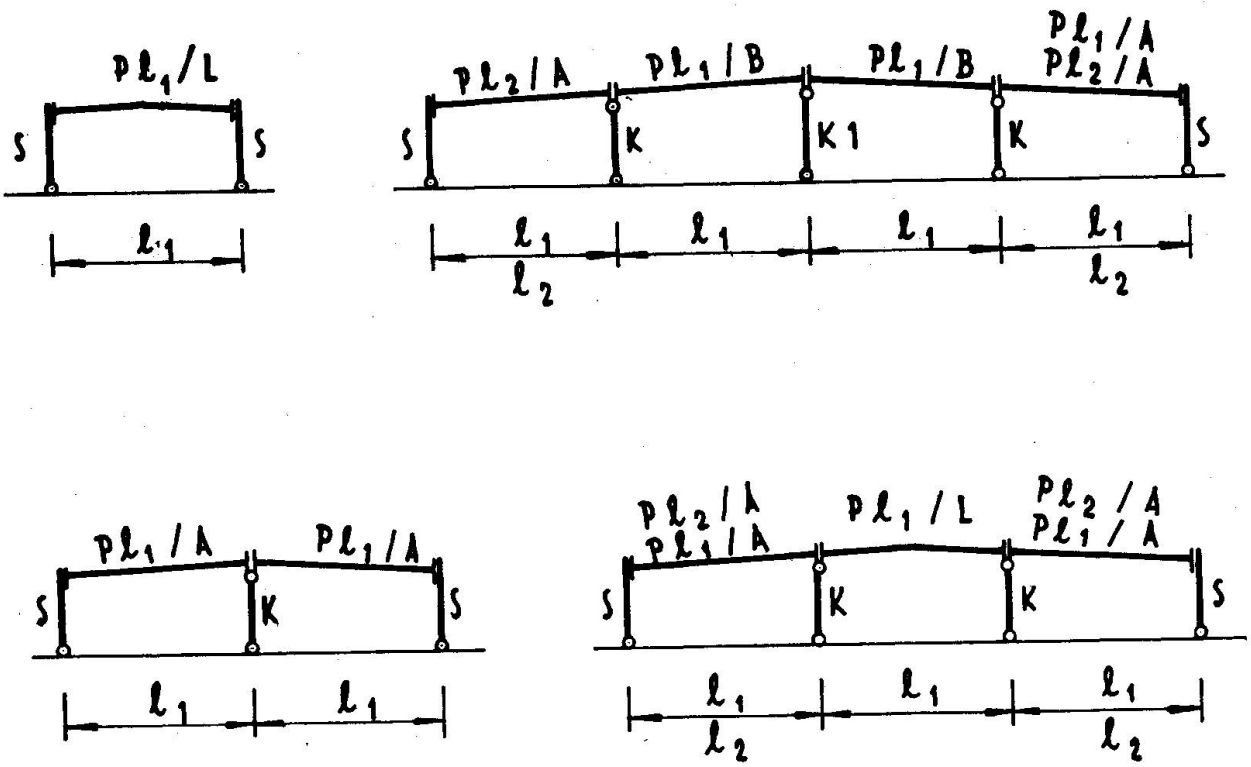

Abb. 1

Jede Spannweite hat höchstens drei Arten von Riegeln: L - sattelförmig, A - gerade, verstärkt, B - gerade, normal. Die Rahmenstiele /S/ sind auch als normal oder verstärkt entworfen, die Pendelstützen/K/ unterschieden sich nur der Länge nach. Die Stösse der Riegel /Abb.2/ und die Verbindungen zwischen Riegeln und Rahmenstielen /Rahmenecken, Abb.3/ werden mittels einheitlichen Stirnplatten und HV - Schrauben erzielt, so dass beliebige Spannweiten kombiniert werden können /Abb.1/.

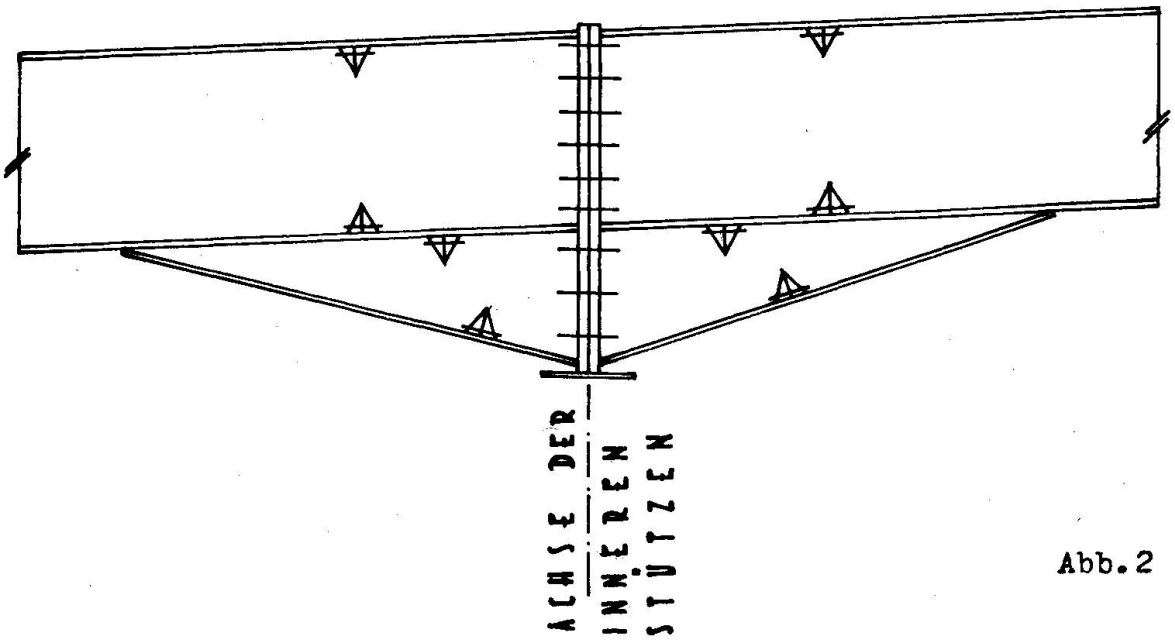

Abb.2

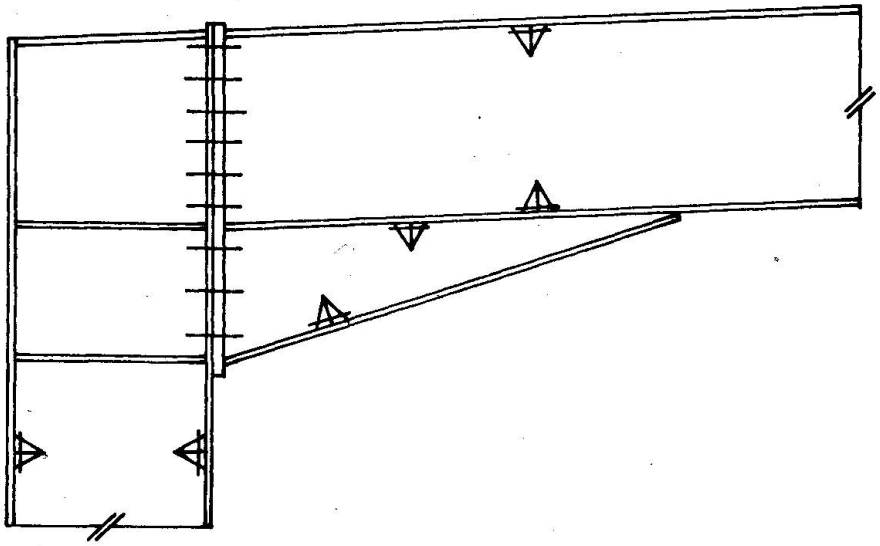

Abb. 3

2. Es ist weiter wichtig, eine genügend grosse moralische Lebensdauer der Halle zu erreichen: deshalb soll ein Austausch einzelner Bauteile, ein Anbau neuer Schiffe und sogar ein totaler Umbau möglich sein, damit auch die physische Lebensdauer der Bauteile voll ausgenützt werden kann. Bei den Baukastensystemen sind viele Elemente gegenseitig vertauschbar, in jedem Falle wird ein einfacher Zusammenbau angestrebt und es ist deshalb kein Problem die Verbindungen auch mit Hinsicht auf eventuelle Umbauten zu lösen – bei den Stössen nach Abb. 2, 3 ist es zum Beispiel nur nötig, die HV – Schrauben gegen Verrostung zu schützen. Dagegen ist es uns nicht gelungen die Zahl der Montageverbindungen auf ein Minimum zu beschränken: es wäre besser Dachplatten mit der Spannweite 6 m anzuwenden und die Pfetten wegzulassen.

3. Die einzelnen Teile des Baukastensystems müssen eine genügend grosse physische Lebensdauer besitzen, was bei der statischen Belastung vor allem eine Frage des Korrosionsschutzes ist. Die Querschnitte der Stützen und Riegel des betrachteten Systems sind als geschweisste I – Profille konstanter Höhe mit abgestuften Flanschendicken entworfen. Um eine halbautomatische Metalliationsanlage anwenden zu können, wurde hier diese Lösung wenn auch nicht optimal was den Materialverbrauch anbelangt, als nötig angesehen; deshalb ist auch die Flanschenbreite konstant.

Aus allen diesen Grundsätzen und aus dem Beispiel ihrer Anwendung folgt, dass Baukastensysteme, vor allem im Leichthallenbau, besonders gut geeignet sind, hohe Parameter der Lebensdauer und der Variabilität, und zwar nicht nur als Neubauten, sondern auch jederzeit später, zu errreichern.

ZUSAMMENFASSUNG

Baukastensysteme, vor allem für leichte Hallen ohne Krahnbahnen, kann man besonders zweckmässig so entwerfen, dass sie auch bei einer kleinen Anzahl von Teilen eine grosse Variabilität der Dispositionslösungen besitzen und dass die Verbindungen den Austausch einzelner Teile oder einen beliebigen Umbau ermöglichen. Dabei kann auch ein guter Korrosionsschutz erreicht werden. Als Beispiel wird ein solches in der CSSR entwickeltes System beschrieben.

SUMMARY

Standard prefabricated structures, especially for light weight factory halls without cranes, are very easy to design for a large layout variability. It is easy to replace individual components, even to make a new layout. A good protection against corrosion is also possible. The system developed in Czechoslovakia is described in the report.

RESUME

Les constructions normalisées préfabriquées, en particulier pour les halles légères sans ponts roulants, doivent être conçus de façon à offrir une grande soupless d'utilisation et à permettre de remplacer des éléments ou d'effectuer une transformation quelconque. De plus, on assurera une bonne protection antirouille. Les auteurs présentent un système développé en Tschécoslovaquie.

Funktionsgerechtes Konstruieren bei schweren Industriehallen

Suitable Construction of Heavy Factory Halls

Adaptation de la construction aux fonctions des halles industrielles lourdes

W. HOYER
o. Professor, Dipl.-Ing.
Technische Universität Dresden
Dresden, DDR

P. LUCKWALDT
Dipl.-Ing.
J. REICHE
Ing.
VEB Rohrkombinat, Stahl- und Walzwerk Riesa
Riesa, DDR

Industriehallen für schweren Betrieb sind wichtige Konstruktionen des Stahlhochbaues. Es bestehen in der Hauptsache folgende Besonderheiten:

a) Die Anpassungen an die betriebliche Technologie und den Arbeitsschutz ergeben oft weitgehende Forderungen.
b) Die großen Nutzlasten sind gegenüber den übrigen Lasten in hohem Grade bemessungsmaßgebend.
c) Der betriebliche Verschleiß und Havariefälle können für die Bemessung eine größere Rolle spielen als bei anderen Stahlkonstruktionen. Deshalb sind Forderungen und Gesichtspunkte zu berücksichtigen, die sonst wenig oder keine Bedeutung haben und sogar bekannten Konstruktionsgrundsätzen evt. widersprechen.

Nachfolgend werden einige Beispiele von Hallen-Rekonstruktionen für metallurgische Betriebe vorgestellt. Sie sind aus der Sicht und Erfahrung der Verfasser dargestellt und können nicht ohne Einschränkung als Standard-Lösungen angesehen werden. Es soll aber die Aufmerksamkeit auf einige oft zu wenig, nicht oder nicht mehr beachtete Konstruktionsgesichtspunkte gelenkt werden.

1. Zielforderungen für Entwurf und Konstruktion

Im Schema, Bild 1, sind Zielforderungen für den Entwurf und die Konstruktion von Industriehallen zusammengestellt. Die Begriffe "schwerer" und "leichter Betrieb" sind dabei als Grenzfälle aufzufassen. Aus der Gegenüberstellung werden drei Punkte herausgegriffen:

a) Eine Industriehalle für einen Betrieb mit leichten Kranen oder geringen Lastspielzahlen ist wirtschaftlich, wenn die A u s f ü h r u n g s k o s t e n kleiner sind als die der möglichen anderen Lösungen. Bei Hallen metallurgischer Betriebe sind aber betriebsabhängig in längeren oder kürzeren Zeitabständen einzelne Bauteile zu ersetzen. Die Gründe können natürlicher Verschleiß, Havarie oder Technologie-Änderungen sein. Nur wenn der dabei unvermeidliche Produktionsausfall schon vor der Bauausführung in die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen einbezogen wird, kann eine optimale Lösung gefunden werden. Die Überlegung spielt eine um so größere Rolle, je größer der Wertumfang oder die wirtschaftliche Bedeutung der Produktion im Vergleich zu den Baukosten ist.

b) Die Ausführung von Industriehallen wird um so wirtschaftlicher, je höher der Grad der S e r i e n f e r t i g u n g und des Einsatzes getypter Bauteile ist. Diese Regel gilt auch bei schweren Hallen in bezug auf zahlreiche Einzelelemente der Kranbestückung, der Dachkonstruktionen, der Laufstege usw. Für hochbelastete Bauteile ist aber die Voraussetzung des Bedarfes großer Stückzahlen nicht gegeben. Gleichzeitig treten bei "rauhem Betrieb" schwer erfaßbare Sonderlasten auf. Deshalb sollte hier die Forderung nach Typisierung mit Einschränkungen verwirklicht werden: Binderstützweiten, Stützenabstände sowie die Konstruk-

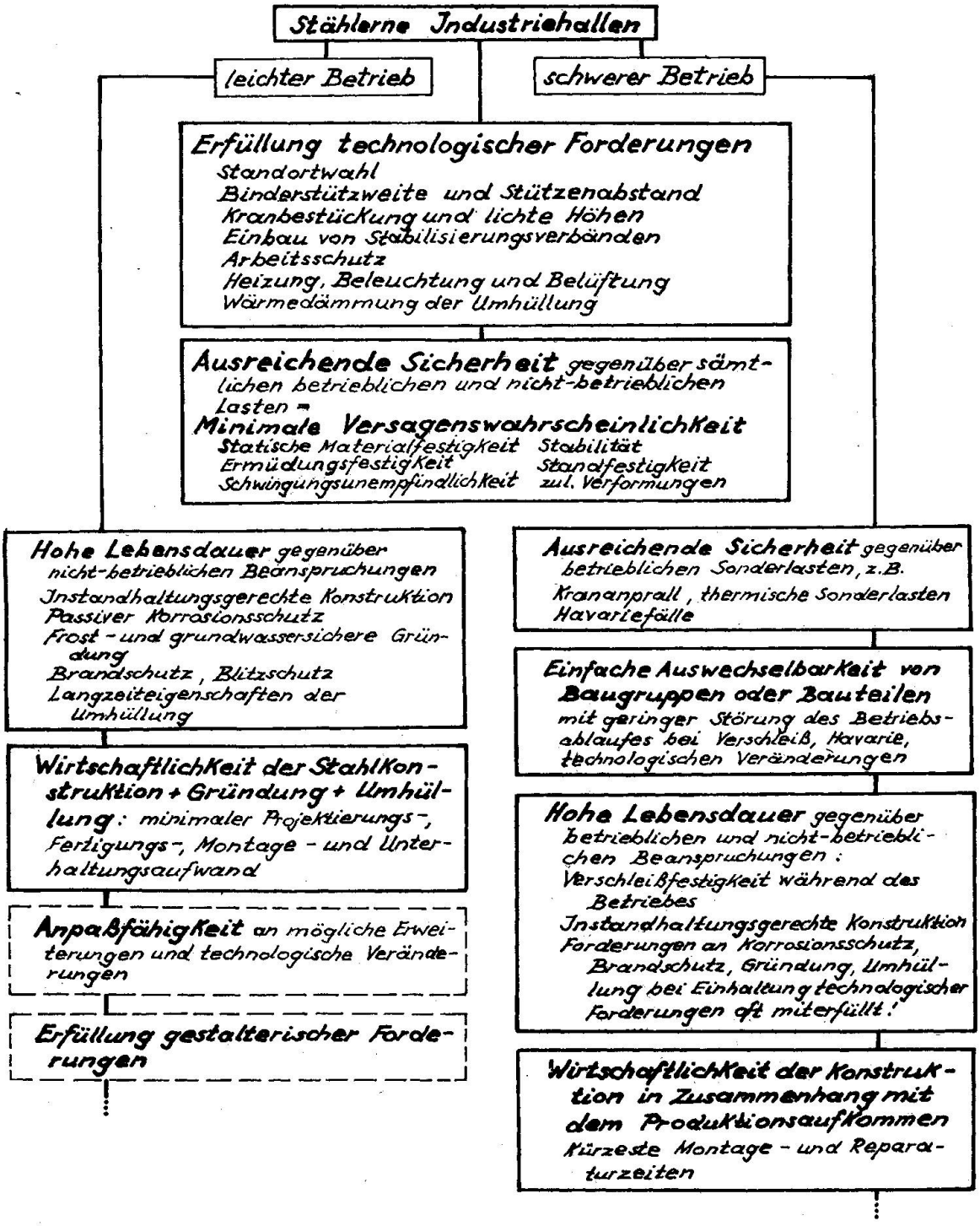

Bild 1: Zielforderungen für stählerne Industriehallen

tion von Kranen, Kranbahnen und Stützen sind in erster Linie den konkreten betrieblichen Forderungen anzupassen.

c) Bei der Forderung nach hoher Lebensdauer der Stahlkonstruktion ist der K o r r o s i o n s s c h u t z wichtig. Unterliegen stark dimensionierte Bauteile einem hohen betrieblichen Verschleiß, so wird die Bedeutung dieses Problems eingeschränkt. Auf anerkannte Konstruktionsgrundsätze kann dann zugunsten der Erfüllung anderer Forderungen verzichtet werden.

Diese Betrachtungen sollten verdeutlichen, daß für Hallen mit schwerem Betrieb einige andere Grundsätze als für Hallen mit leichtem Betrieb gelten. Das muß sich in Abweichungen bei der Systemwahl und den Detaillösungen auswirken.

2. Beispiele für Besonderheiten bei der Systemwahl

1. Grundgedanke: Industriehallen für schweren Betrieb sollen aus k u r z e n , voneinander unabhängig wirkenden und in sich s t a n d f e s t e n B a u a b s c h n i t t e n aufgebaut sein.

Dazu ein negatives Beispiel: Bild 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Längssystem der inneren Stützenreihe eines Siemens-Martin-Stahlwerks in Riesa vor dem Umbau und während der Stabilisierungsarbeiten. Die Dachbinder der alten Konstruktion sind auf den oberen Kranbahnen abgefangen. Die Konstruktion ist genietet. Das System ist durch laufende Umbauten, Vergrößerung der SM-Öfen und Änderung der Technologie entstanden. Dabei war die Aufrechterhaltung der Produktion oberstes Gebot.

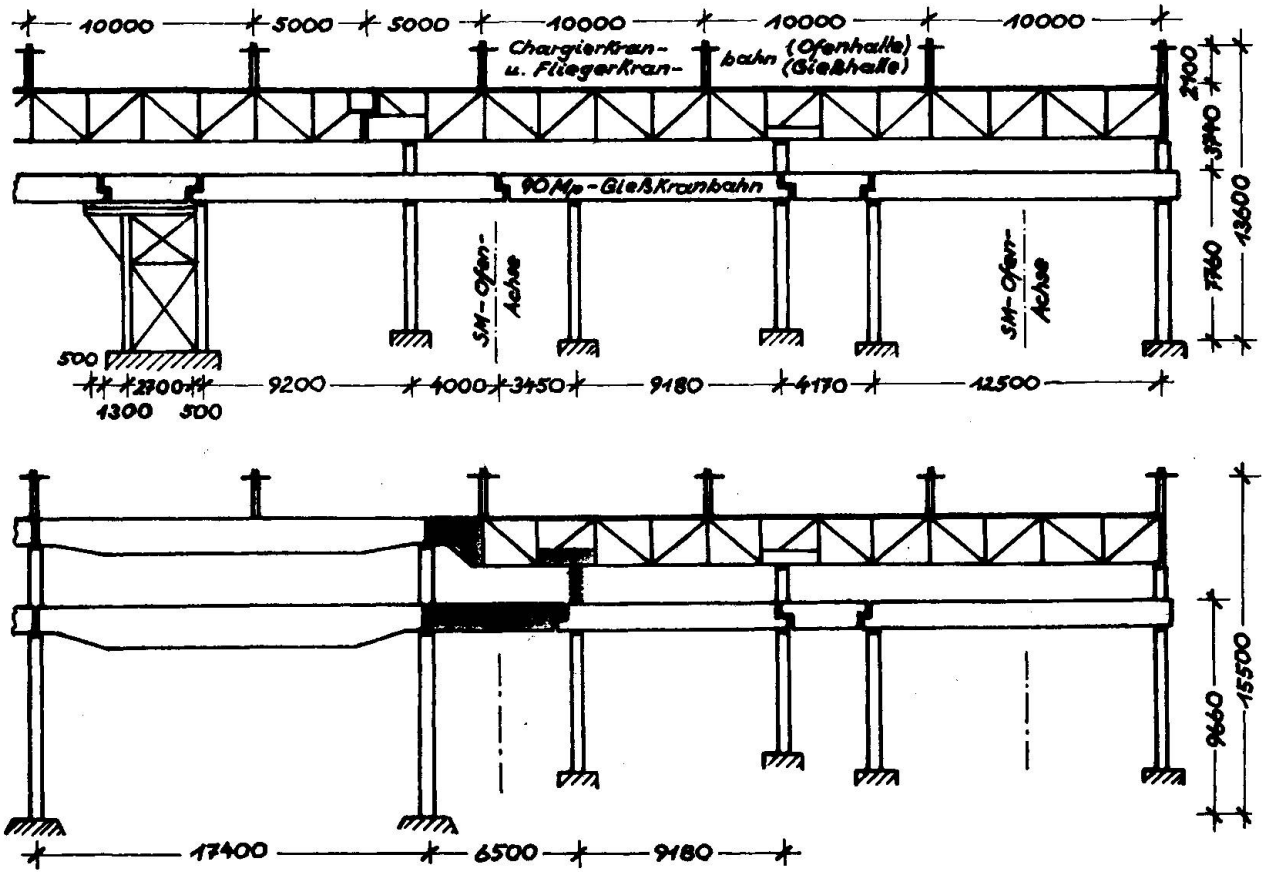

Bild 2: Umbau der inneren Stützenreihe eines SM-Stahlwerks

Die neueste Verstärkung war deshalb problematisch, weil alle tragenden Bauteile in einem längeren Hallenabschnitt zusammenwirkten und nicht schrittweise ausgewechselt werden konnten. So mußten größere Hallenteile stillgelegt und Abfangekonstruktionen eingebaut werden. Sie sind auf Bild 2 teilweise zu erkennen. Zusätzlich wurden die Dachbinder quer über zwei Hallenschiffe zusammengeschlossen. Die Auswirkung dieser Baumaßnahmen auf die Produktion konnte durch die gleichzeitige turnusmäßige Neuzustellung je eines SM-Ofens in einem Bauabschnitt eingeschränkt werden.

Das neue System vermeidet diese Nachteile weitgehend - eine völlige "Entflechtung" durch Binderabfangung auf einem besonderen Unterzug konnte wegen technologischer Forderungen nicht erreicht werden.

Auf Bild 3 ist ein Abschnitt dieser Stützenreihe nach dem Umbau zu sehen.

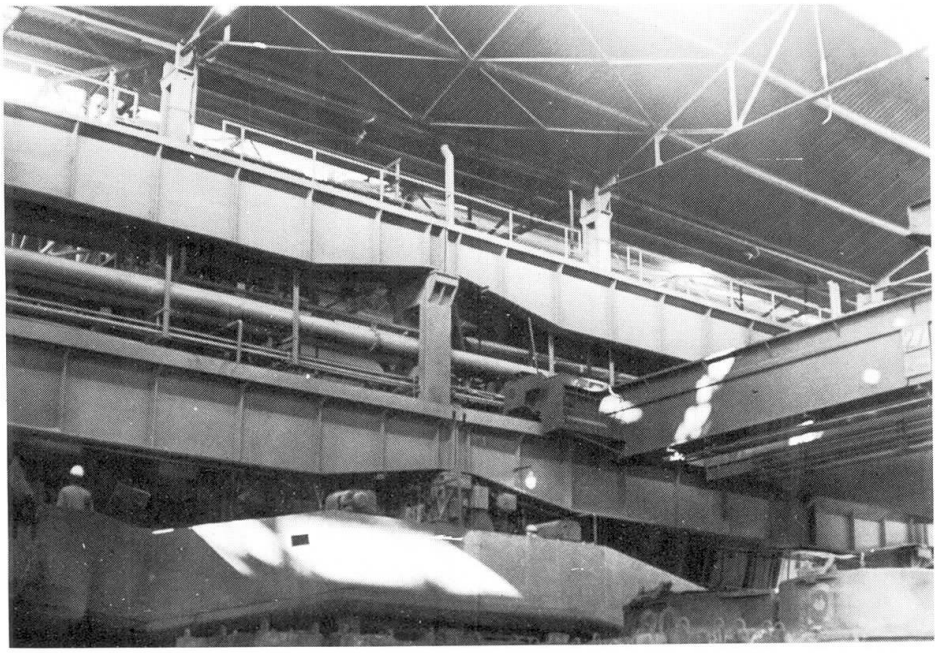

Bild 3:
Erneuerte Kranbahnträger und Stützen eines SM-Stahlwerks

2. Grundgedanke: Bauteile die hohe betriebliche Lasten aufzunehmen haben, sollen nicht mehreren statischen Teilsystemen angehören, d.h. keine mehrfachen Funktionen haben. Das steht im Gegensatz zur Tendenz des modernen Stahlbrückenbaues, durch mehrfache Ausnutzung Materialeinsparungen zu erzielen, z.B. beim Deckblech von Stahlbrücken mit orthotroper Fahrbahnplatte. Bei Industriehallen kann diese Bemessungsart zu Komplikationen führen.

Dafür soll Bild 2 noch einmal als Beispiel dienen: Jede Auswechslung der oberen Kranbahnen erfordert eine Abfangung der Dachkonstruktion.

Noch ungünstiger, weil alle Hilfskonstruktionen die Produktion beeinträchtigen, ist das Beispiel einer Tiefofenhalle im gleichen Betrieb, Bild 4. Der horizontale Verband g hat dabei folgende Funktionen:

- Giebelwindverband des Stabwalzwerks (zusammen mit Verband h) zwischen den Stützen a, b
- Horizontalträger der Tiefofenkranbahn e (zusammen mit Obergurt f)
- Horizontalträger der Konsolkranbahn c (zusammen mit Obergurt f)
- Horizontalträger der Stabwalzwerk-Kranbahn d
- Gurt des Fachwerk-Giebelwandunterzugs i

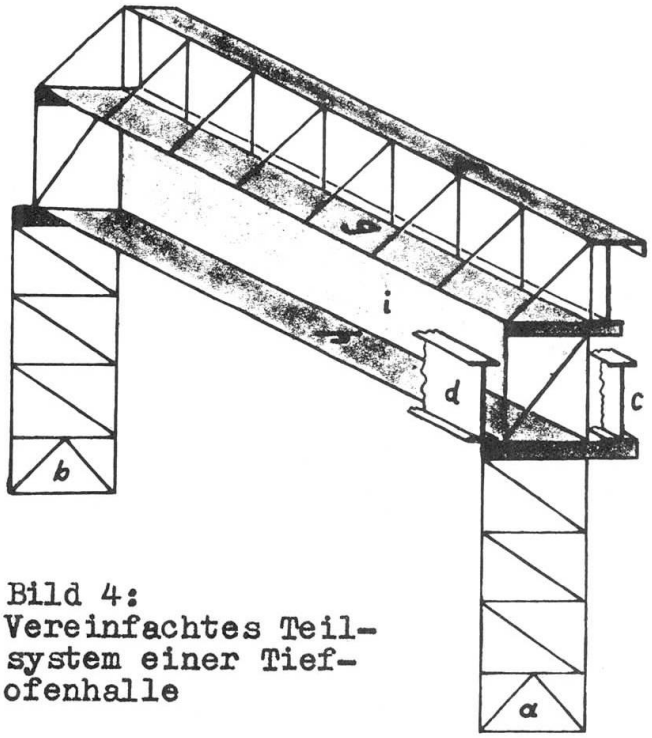

Bild 4: Vereinfachtes Teilsystem einer Tiefofenhalle

Bei der Erneuerung der Tiefofenkranbahn e/f konnte die Funktionstrennung nicht erreicht werden, weil die mögliche Systembreite für den Obergurt f zwischen Giebelwand und Kranlichtraumprofil nicht ausreichte, um den Träger zur Aufnahme aller Kranseitenkräfte genügend steif zu machen.

Auf Bild 5 ist das statische System der Gießkranbahn des Edelstahlwerks Freital dargestellt. Die Schrägstreben und Kopfbänder zwischen Trägern und Stützen verkürzen die Spannweiten und erlauben deshalb eine höhere Belastung. Gleichzeitig dienen sie der horizontalen Längsstabilisierung.

Eine Havarie an den Schrägstreben, die in einem Stahlwerk nie auszuschließen ist, erfordert die Stillegung des ganzen Hallenbereichs. Die volle Gießkranbahnbelastung würde durch Stützweitenvergrößerung nicht nur die Träger überbeanspruchen, sondern gleichzeitig unzulässige Horizontalkräfte in die Fundamente eintragen.

Als Gegenbeispiel dazu kann der Verband, Bild 6, aus dem genannten SM-Stahlwerk dienen. Die Funktionen der Übertragung lotrechter und horizontaler Lasten sind klar getrennt.

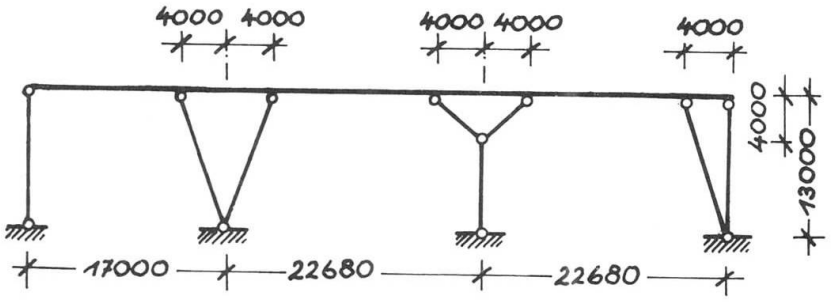

Bild 5: Statisches System der Gießkranbahn eines E-Stahlwerks

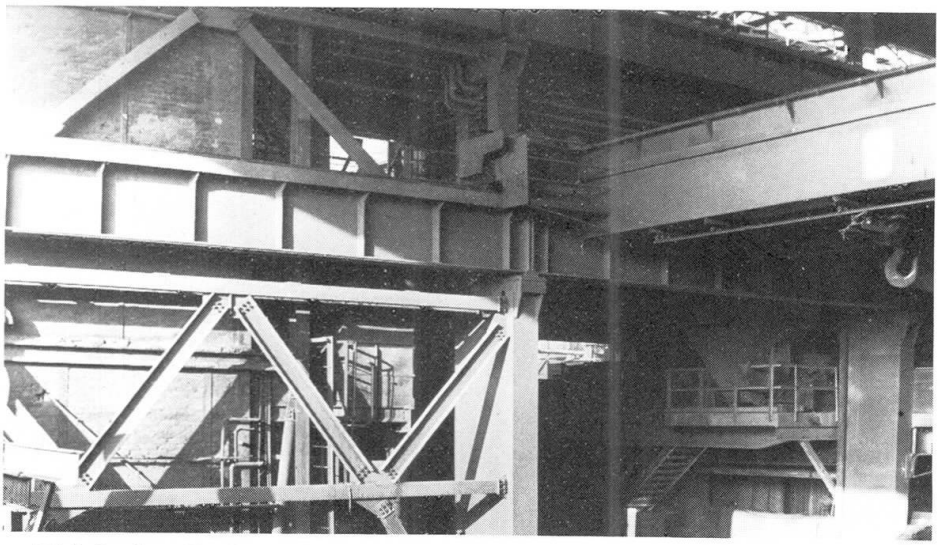

Bild 6: Lotrechter Verband in einem SM-Stahlwerk

3. Grundgedanke: Statisch unbestimmte Systeme, wie Durchlaufträger für Kranbahnen, Rahmenkonstruktionen sind oft unzweckmäßig. Die Bilder 2 und 5 veranschaulichen die Nachteile bei Auswechslungen. Es gibt aber noch weitere Mängel: Temperaturänderungen verursachen Zwängungskräfte, die Montage ist komplizierter und Geometriekorrekturen sind schwerer ausführbar als bei statisch bestimmter Lagerung.

4. Grundgedanke: Bei der Systemwahl sind neben der Technologie die Forderungen des Arbeitsschutzes zu beachten.

Als Beispiel sei darauf hingewiesen, daß Kranbahnen mit mehreren Kranen auch entsprechenden Raumbedarf für geschützte Reparatur-Podeste und Zugänge erfordern. Bei drei und mehr Kranen sind die Hallenenden allein nicht ausreichend. Es sind weitere Reparaturstellen erforderlich. Das schränkt die technologisch voll nutzbare Hallenfläche ein.

Falls die Möglichkeit der Kranmontage während der Produktion gefordert wird, muß eine Giebelwand zum Ein- und Ausfahren der Krane ausgebildet sein.

Entlüftung, Ableitung technologischer Wärme und Frischluftzufuhr können das System und die Konstruktion maßgebend beeinflußen.

5. Grundgedanke: Schwerer Betrieb erfordert große horizontale Steifigkeiten von Kranen, Kranbahnen und Verbänden. Außer den betriebs- und normgemäßen Lasten treten schwer erfaßbare Sonderlasten auf, Bild 1. Dazu gehört die Problematik der örtlichen und einseitigen Arbeitsweise von Kranen mit erhöhtem Verschleiß der Kranbahnschienen und großen Seitenkräften.

In den Jahren 1969 und 1970 wurden in Riesa Kranseitenkräfte im normalen Betrieb gemessen. Bei den Tiefofenkranen betrug der Maximalwert aus Schräglauf 8,25 Mp, das entspricht $R_s/R = 0{,}26$. Nach den seinerzeit in der DDR gültigen Berechnungsvorschriften sind nur 2,6 Mp, aus der überarbeiteten Norm 6,5 Mp ermittelt worden. Bei den Blockhallenkranen mit Drehkatze im MW I wurden bis zu 7,8 Mp, $R_s/R = 0{,}28$, aus dem Pufferstoß der Katze gemessen. Der Berechnungswert war 2,8 Mp. Die Sonderkonstruktionen der Krane und die speziellen Betriebsbedingungen erlaubten hier bei gewissenhafter Berücksichtigung aller Einflüsse nicht die Anwendung der Vorschrift.

Neben konstruktiv richtiger Detailausbildung kann zweckmäßige Systemwahl solche Lasten einschränken. Es verursachen z.B. große Kopfträgerlängen der Krane und reichliche Systembreiten der Verbände kleine elastische Verformungen und niedrige Seitenkräfte aus Schräglauf.

6. Grundgedanke: Die Dimensionierung einiger Bauteile, wie Binder, Stützen, Kranbahnen, zur Aufnahme von Montagesonderlasten kann die Montage vereinfachen.

3. Beispiele für die Ausbildung von Details

(a) Es ist bekannt, daß während des Betriebes erhebliche Differenzen in den Kranspurweiten entstehen, die nur

schwierig zu beseitigen sind. Bei der Ausstattung der Kranräder mit Gleitlagern ergeben sich Korrekturmöglichkeiten durch Beilegen von Zwischenblechen am Radlagerbolzen. Da die Herstellerbetriebe der DDR in Zukunft nur noch Krane mit Wälzlagerung liefern, die nur geringfügige Toleranzen zulassen, kommt der Spurkorrekturmöglichkeit eine besondere Bedeutung zu.

Aus den Erfahrungen im Stahlwerk Riesa wurde eine Lösung entwickelt, die eine neuartige Verbindung der Trägerauflager in horizontaler Richtung mit der Stütze darstellt. Die Bilder 7a, b, c zeigen die in der Praxis erprobten Ausführungen bis zur Endlösung. Die ursprüngliche Verbindung des Trägers mit der Stütze, Bild 7a, ergab große Seitensteifigkeit am Auflager und eine gewisse Elastizität in Trägerachse, zeigte aber im metallurgischen Betrieb Zerstörungen der Verbindungsmittel und Aufweitungen der Löcher. Die Auflösung der starren, vertikalen Scheibe in einzelne Gelenke, Bild 7b, ergab eine geringere Störanfälligkeit und wurde Voraussetzung für die Endlösung, Bild 7c. Hier wird der Träger durch starkwandige Rohrkontaktbülsen und Bolzen im oberen Drittel mit der Stütze verbunden.

Während der Montage, die bei dieser Konstruktion sehr einfach ist, lassen sich Korrekturen durch Veränderungen der Distanzstücke auf einfache Art ausführen. Beim etwaigen Lockern der Bolzenverbindung trotz Bolzensicherung ist durch die leichte Zugänglichkeit der Bolzenmutter ein Nachziehen unproblematisch. Die Lösung ermöglicht wiederholte Spurweitenkorrekturen, wobei durch Versetzen des ganzen Trägers die geometrische Lage der Schiene zum Stegblech unverändert bleibt. Alle bisher durch Ausgleich in der Schienenachse allein ausgeführten Korrekturen führten durch die entstehenden Außermittigkeiten zur Zerstörung der Halsnähte bzw. der Halsniete.

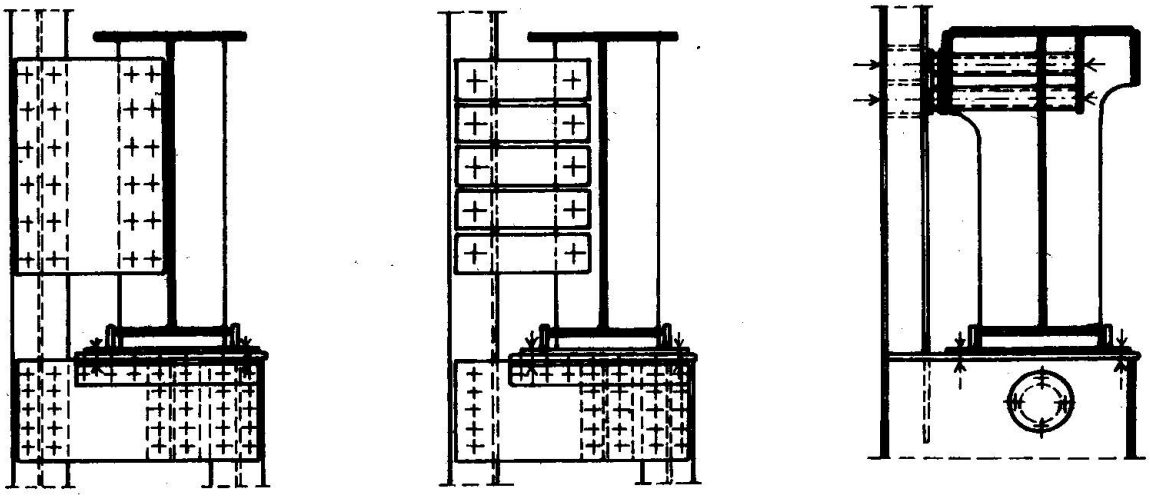

Bild 7a Bild 7b Bild 7c
Kranbahnträgerauflagerungen mit horizontaler Verankerung

(b) Die in der Praxis üblichen Kranschienenbefestigungen, z.B. Befestigungen mit Knaggen, Verschrauben des Schienenfußes, am Obergurt aufgeschweißte Bolzen usw., haben sich für den metallurgischen Betrieb als sehr störanfällig erwiesen.

Auf Bild 8 ist eine Kranschienenbefestigung dargestellt, die sich bei Chargier- und Gießkranbahnen bewährt hat und eine ein-

fache Schienenauswechslung erlaubt. Das Grundprinzip ist die schwimmende Lagerung der Kranschiene. Die Schiene wird jeweils in dem für sich stabilisierten Bereich der Tragkonstruktion zu einem endlosen Strang verschweißt. Zwischen den angeschraubten Deckblechen und dem Schienenfuß bleibt ca. 1 mm Luft. Die seitliche Führung wird vom am Obergurt aufgeschweißten Knaggen übernommen. Die Anordnung der Bleche und Knaggen in Längsrichtung erfolgt abwechselnd in Abständen von ca. 700 mm. Je nach Länge des Stranges werden durch Knaggen, die in Aussparungen des Schienenfußes eingreifen, ein oder mehrere Festpunkte angeordnet. Im Bereich der Dehnungsfuge der Tragkonstruktion liegt auch die Dehnungsmöglichkeit der Kranschiene.

Bei der unbedingt erforderlichen Anordnung einer Verschleißlamelle sei darauf hingewiesen, daß die Breite dieser Lamelle höchstens gleich der des Schienenfußes sein soll.

(c) L ö s b a r e V e r b i n d u n g e n vereinfachen die Auswechselbarkeit von Einzelteilen. Aus diesem Grunde werden z.B. auf Bild 6 sämtliche Fachwerkstäbe des Portales angeschraubt.

(d) Der A n p a s s u n g s f ä h i g k e i t der Konstruktion an technologische Forderungen kommt ebenfalls große Bedeutung zu. Zweckmäßige Anordnung der Aussteifungen bei Kranbahnträgern zur Aufnahme von Schleifleitungshalterungen oder Versorgungsleitungen, rahmenartige Aussparungen in den Stützen als Durchgangsprofil für Leitungen gewährleisten vor allem bei dynamisch hochbelasteten Stahlbauteilen das in Berechnung und Konstruktion zugrunde gelegte Tragverhalten, Bild 9 und 10.

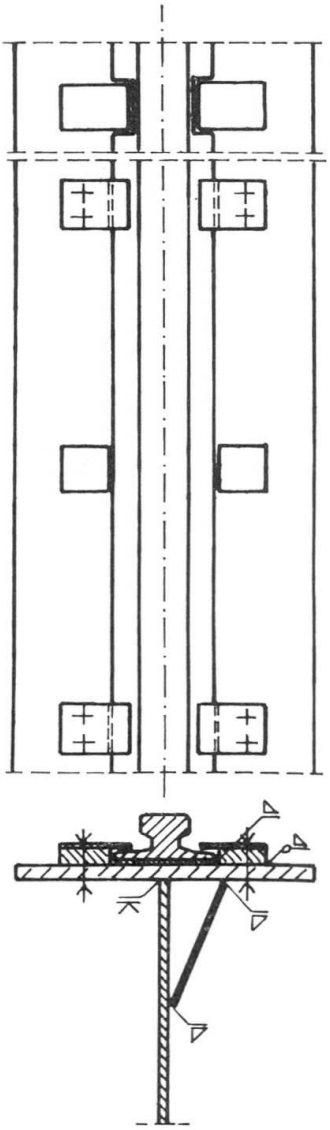

Bild 8: Kranschienenbefestigung

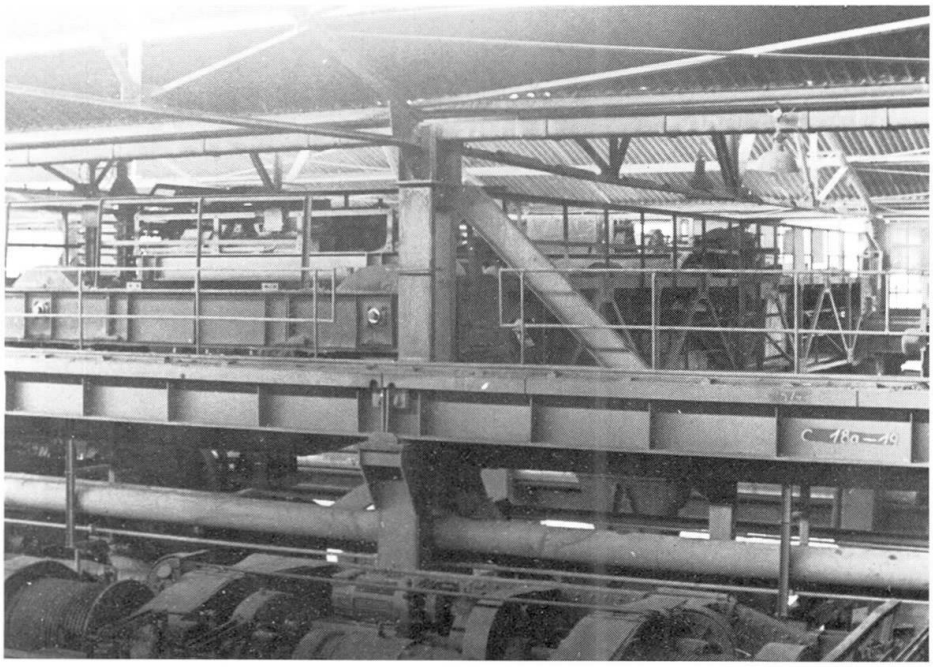

Bild 9: Kranbahnträger mit Aussteifungen

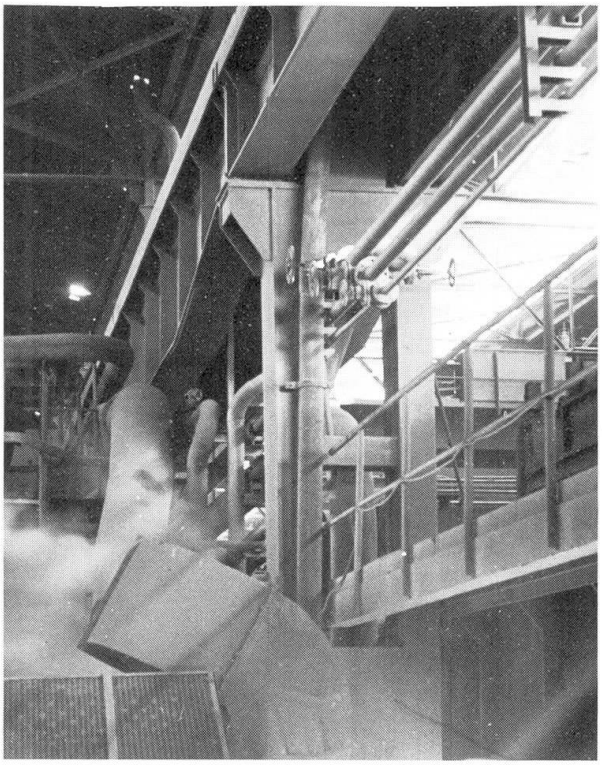

Bild 10: Kranbahnstütze

Nach den Erfahrungen im metallurgischen Betrieb erscheint es zweckmäßig, keine zu hohe Auslastung gefährdeter Bauteile anzustreben, um bei Havarien durch Sofortmaßnahmen (z.B. Anschweißungen) die Weiterführung der Produktion zu gewährleisten.

Die Behauptung widerspricht zwar dem Gedanken der konsequenten Materialeinsparung. Die Praxis lehrt aber, daß im schweren Industriehallenbau derartige Einsparungen an Baukosten zu hohen zusätzlichen Aufwendungen während des Betriebes (evtl. Produktionsausfall) führen können. Dies liegt aber nicht im Sinn des nutzungsgerechten Bauens im Stahlbau.

ZUSAMMENFASSUNG

Industriehallen mit schwerem Betrieb erfordern beim funktionsgerechten Konstruieren die Beachtung zahlreicher Besonderheiten. Es werden einige Beispiele für Systeme und konstruktive Details von Hallen für metallurgische Betriebe erläutert. Ein Hauptgedanke dabei ist es, die Konstruktion so zu gestalten, dass bei betriebsbedingten Veränderungen oder Auswechslungen von Bauteilen die Produktion wenig beeinträchtigt wird.

SUMMARY

Factory halls for heavy operations need consideration of various particularities for a suitable construction. Some examples are given for systems and structural details of halls for steel works. The main idea is to build the structure in such a way, that in case of operational changes or exchange of elements the production will only slightly be affected.

RESUME

Une conception fonctionelle des halles industrielles lourdes doit tenir compte de nombreuses contraintes. On présente quelques exemples de systèmes et de détails constructifs pour des aciéries. L'idée de base est de réaliser une construction permettant des transformations ou remplacements d'éléments sans porter préjudice à l'exploitation.

Leere Seite
Blank page
Page vide