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

Band: 22 (1975)

Artikel: Forderungen zur Anstrengungsbeurteilung und zu Sanierungsmaßnahmen von Konstruktionen älterer Industriebauten

Autor: Thiele, Rolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-19385

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.07.2025

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

III

Forderungen zur Anstrengungsbeurteilung und zu Sanierungsmaßnahmen von Konstruktionen älterer Industriebauten

Strain and Repair of Older Industrial Buildings

Sollicitation et réparation de bâtiments industriels anciens

Rolf THIELE
Dr.-Ing.
Hochschule für Bauwesen
Leipzig/DDR

1. Problem

Die permanente gesellschaftliche Forderung nach steigenden Produktionsergebnissen verlangt die ökonomisch vertretbare Ausnutzung aller vorhandenen Industriekapazitäten. Dazu gehören auch Industrieanlagen, für welche die durchschnittlich zu erwartende Bestandsdauer erreicht oder überschritten ist. Pugsley [1] nennt als Schätzwert u.a. für Fabrikgebäude 40 Jahre oder 70 - 100 Jahre für Brücken. Derartige Globalwerte haben zunächst eine qualitative Bedeutung. Sie sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Konstruktion zu spezifizieren. Auf das einzelne Objekt beschränkte ökonomische Gesichtspunkte haben u.U. hinter dem wirtschaftlichen Gesamtinteresse zurückzustehen. Der Grad der mit zunehmender Bestandsdauer auftretenden Veränderungen einer Konstruktion ist ebenso unterschiedlich wie deren Ursachen. Beides kann in der Phase der Projektierung kaum Berücksichtigung finden, zumal die einheitliche Bestandsdauer aller Bauteile eines Objektes illusorisch ist.

2. "Sicherheit"

So stellt sich für die Industrie die Frage nach der bautechnischen Zuverlässigkeit der Anlagen. Bei Baumaschinen, Lagertanks, Eisenbahnbrücken oder den beachtlichen Stahlbauten der Tagebaugroßgeräte sind Überprüfungen der Zuverlässigkeit durch Institutionen der technischen Überwachung festgelegt. Diese Regelmäßigkeit besteht für den Industriehochbau nur begrenzt. Das hat m.E. seine Ursache in der vergleichsweise kleinen Zahl und engen Lokalisierung von Havarien, die in kausalem Zusammenhang mit dem Tragvermögen gestanden haben. Bei der z.T. wesentlichen Überschreitung der Bestandsdauer von Industriehochbauten wird von dem

Geschick, zu konstruieren früherer Generationen, dem hohen Maß an bewußt oder unbewußt belassenen Reserven und einer begrenzten regelmäßigen Pflege profitiert. Analysen zur statischen Zuverlässigkeit werden in diesem Bereich durch Zufälle ausgelöst. In der Mehrzahl muß die Notwendigkeit durch Nicht-Baufachleute erkannt werden. Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über Motive, die zur Veranlassung von Begutachtungen in bautechnischer Hinsicht geführt haben. Dabei liegen - vgl. Tabelle 2 - ohne spezielle Auswahl 69 Stahlbauobjekte zugrunde, über deren Rekonstruktionsprobleme durch Mitarbeit in einem Zeitraum von 7 Jahren Einblick besteht.

Zum Zeitpunkt der Sanierung ist das Alter von 12 % der Industrieobjekte = 50 Jahre, von 55 % = 40 Jahre und von 33 % = 30 Jahre gewesen. Es war stets das Hauptanliegen der Bautätigkeit der Menschen, für die Baukonstruktionen eine angemessene Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Hierzu bedarf es einer Regelung der bautechnischen Untersuchung mit fortschreitender Bestandsdauer. Eine planmäßige statisch-konstruktive Beurteilung würde hektische Kampagnen von überkritischem Abwerten bestimmter Konstruktionen, Begehungen und formalen Nachrechnungen vermeiden.

Konstruktionen mit einem Alter von mehr als 30 Jahren stammen aus einer Zeit, da vereinheitlichte Konstruktionsprinzipien selten gewesen sind. Gleiche Industriebauten mit gleichen äußeren Parametern, zur gleichen Zeit von verschiedenen Firmen errichtet, weisen erhebliche Unterschiede in der konstruktiven Realisierung gleicher statischer Systeme auf. Mit einer schematischen Beurteilung wird im Einzelfall der wahre Sachverhalt und damit der mögliche kritische Zustand nicht erfaßt. Der stets relativierte Charakter des Sicherheitsbegriffes muß in diesem Zusammenhang hervorgehoben werden. Die auf der Wahrscheinlichkeitstheorie beruhenden Überlegungen zur Bauwerkssicherheit gehen von bestimmten Verteilungsgesetzen für das Problem mehr oder weniger einflußreicher Eigenschaften aus.

Der jeweils zur Diskussion stehende Einzelfall der bautechnisch zu sanktionierenden Weiternutzung einer alten Konstruktion gestattet die formale Übernahme dieser Kriterien nicht. Man mag mit Recht einwenden, daß hierzu nur eine Erweiterung des Probabilistischen Modells erforderlich wäre. Abgesehen davon, daß man die Differenz zwischen mathematischer Idealisierung und den wirklichen Verhältnissen - also eine Risikokomponente - vergrößern würde, ist der gegenwärtig in Verantwortung und unter Entscheidungszwang stehenden Bauingenieurgeneration das Denken in wahrscheinlichkeitstheoretischen Kategorien wenig geläufig.

3. Analyse

Durch eine detaillierte sachverständige Analyse werden notwendigerweise anders nicht erfaßbare Unsicherheiten registriert. Die rechnerischen Nachweise für das statische

System oder den einzelnen Querschnitt sind nur für ein die neuen Gegebenheiten adäquat widerspiegelndes Modell sinnvoll und unter dieser Voraussetzung den gültigen Standards gemäß notwendig.

Um einseitige subjektive Urteile bei der Schadensanalyse (vgl. Tabelle 3) oder extrem "risikofreudige" bzw. unvertretbar "vorsichtige" Entscheidungen für Sanierungskonzeptionen zu vermeiden, hat sich die Diskussion zu Alternativauffassungen bzw. die Arbeit eines Fachkollektivs bewährt. Die Beobachtungen und Erfahrungen des Betriebspersonals sind vielfach von außerordentlichem Wert. Neben den genannten sind für die Analyse folgende Maßnahmen und Zielstellungen erforderlich:

3.1. Besichtigung des Bauwerkes an Ort und Stelle

3.2. Information über die Anstrengungsgeschichte, Vergleich vorhandener Unterlagen mit dem Istzustand

3.3. Überprüfung der tatsächlichen statischen Funktion (ebene bzw. räumliche Wirkung) von Haupt- und Nebentraggliedern (lt. Projekt), sowie die Lager- und Stützpunkte. Bereiche der Lastkonzentration verdienen erst recht bei alten Konstruktionen erhöhte Aufmerksamkeit. Dazu gehören auch die Fundamente, obwohl die Auswertung gem. Tabelle 3 für diese Bauteile nur geringe Anteile ergibt und die dort ausgewiesenen 5 % auf Auswaschungen des Untergrundes zurückzuführen sind. Im allgemeinen lassen sich Stütz- und Verbindungskräfte mit geringem Aufwand messen.

3.4. Neue Ermittlung der Eigenlasten und Festlegung der Gebrauchslasten anhand der Betriebsbedürfnisse. Dazu gehören auch Temperatureinflüsse und Montagelasten. Dort, wo das Maß der Lasten garantiert ist, genügen im weiteren u.U. Verformungsmessungen.

3.5. Aufmaß der tatsächlichen Verformungen, um zusätzliche Anstrengungen zu erfassen. Vorverformungen bedeuten bei Druckstäben u.U. wegen Wegfall des Verzweigungsproblems eine "Stabilitätsverbesserung". TGL 13503 bietet die Möglichkeit eines entsprechenden Nachweises auf der Basis zulässiger Spannungen.

3.6. Werkstoffanalyse u.a. im Hinblick auf die Schweißeignung und mechanische Kennwerte. Die auf den Einzelfall begrenzte notwendige Ermittlung von Lasten und Werkstoffkennwerten gestattet dem Statiker einen tatsächlichen Vergleich der äußeren Belastung mit den inneren Anstrengungsmöglichkeiten. Die Unterschiedlichkeit der Unsicherheiten bei Lasten und Werkstoffen beeinflussen dann die Aussagen des formalen Nachweises geringfügiger.

3.7. Träger- und Stabanschlüsse zeigen vergleichsweise häufig Teilversagen, während das Profil selbst ohne Beanstandung bleibt. Eine Kontrolle durch Augenschein

reicht nicht aus. Die probeweise Entnahme von Nieten oder Schrauben gibt Aufschluß über die Notwendigkeit teilweiser oder vollständiger Auswechslung der Verbindungsmittel.

Mit der Analyse sind darüber hinaus die Reihenfolge der Sanierungsmaßnahmen festzulegen und nicht beseitigte Ungewißheiten zu nennen. Die Beurteilung ist durch statische Nachweise und ggf. gezielte Kontrollen zu ergänzen.

4. Berechnung

Selbst bei einer optimalen Analyse des tatsächlichen Zustandes kann ein Rechenmodell mit zunehmender Kompliziertheit der Konstruktion vorhandene innere Beanspruchungen nur annähernd beschreiben. Es besteht u.E. im Rahmen der hier diskutierten Problematik kein zwingender Grund, die Bemessungsmethode nach zulässigen Spannungen auf der Basis der Elastostatik, die den entscheidenden Vorteil der Superposition bietet, abzulösen. Plastizitätstheoretische Betrachtungen können zur Klärung oder Erklärung bestimmter Gegebenheiten dienen, deren Konsequenz jedoch durch planmäßige Veränderung des statischen Systems neutralisiert werden kann.

Die Abschätzung von Eigenspannungen, der Qualität des Kraftflusses bei Profilverstärkungen oder das Problem der Warmfestigkeiten stellen mehr oder weniger große Ungewißheitskomponenten dar. So hat es sich bewährt, die zulässigen Beanspruchungswerte, welche z.Z. der Projektbearbeitung gültig gewesen sind, den neuen Nachweisen zugrundezulegen. Zumindest ist das für den Grenzlastfall "Hauptlasten" zu empfehlen, dem auch Montagezustände zuzuordnen sind.

5. Konstruktive Ausführung und Montage

Hierzu seien einige wiederholt gestellte Forderungen genannt und erläutert:

5.1. Die wichtigste Forderung ist wohl die des zwängungsfreien Austausches von Bauteilen, des zwängungsfreien Anpassens von Zusatzkonstruktionen (Bandagen, Stütz-Böcke, Unterspannungen usw.) sowie der Realisierung notwendiger Toleranzen etwa für Temperaturverformungen.

5.2. Die Auswechslung eines nicht mehr ausreichenden Profils ist der Verstärkung vorzuziehen. Wo diese aber durch schubfeste Verbindung der Beilagen nicht zu umgehen ist, sind damit verbundene Außermittigkeiten gering zu halten.

5.3. Die Einbeziehung von nicht ausgelasteten Nebentraggliedern durch entsprechenden Verbund in Stabilisierungs- und Haupttragfunktionen. Beispiele hierfür sind u.a.:

a) das Verschweißen der Abdeckriffelbleche untereinander und mit der Deckenträgerlage ergibt eine horizontal wirksame Scheibe; oder

b) entsprechend mit dem Stützensystem verbundene

ebene Wandelemente, die ausschließlich mit raumabschließender Funktion projektiert wurden, können tatsächlich zur Entlassung senkrechter Verbandscheiben führen.

5.4. Die Konsequenz aus der z.T. früher unzureichenden Beachtung der Torsionsbeanspruchung (Schubmittelpunkt, Wölbnormalspannungen) muß nicht in jedem Fall kostenaufwendiger Ersatz des verdrehten Trägers sein. Maßnahmen zur Gewährleistung der Profiltreue, zur Verstärkung der Biegeträgheit um die Querschnittsachse in der Biegemontagenebene, die Berücksichtigung der Verdrehung bei der Aufteilung der Schnittkräfte und in der Mehrzahl der Fälle die Sanierung des Trägeranschlusses ermöglichen eine zuverlässige statische Funktion.

5.5. Es wurde und wird oft vergessen, daß auch die "Praxis"-Bedingungen scharf definiert werden müssen, da diese durch nicht sachgemäße Behandlung bei Fertgiung, Transport, Lagerung und Montage jederzeit empfindlich gestört werden können. D.h., die Technologie, die den Montagebrigaden als Anleitung in die Hand gegeben wird, muß ausdrücklich beinhalten, welche negativen Folgen bei Nichtbeachtung bestimmter vom Regelfall des Neubaus abweichender Maßnahmen möglich sind. Dem einzelnen Monteur kann die Abschätzung solcher Einflüsse und damit die entsprechende Verantwortung nicht zugemutet werden.

6. Kontrollen

Die laufende Kontrolle von Konstruktionen mit überzogener Bestandsdauer ist unerläßlich. Kontrollmethode und zu messende Größen sind ebenso wie die Kontrollintervalle von der das Objekt beurteilenden Institution vorzugeben und zu verfolgen. Eine systematische Überwachung, die nach dem Grad der Erfahrung auf gezielte Stichproben beschränkt bleiben kann, ist für überalterte Stahlkonstruktionen sicherlich die zweckmäßigste Zuverlässigkeitsanalyse.

Insbesondere bei Objekten mit verbriefter nur noch kurzzeitiger Nutzung erscheint ein erhöhter Aufwand an regelmäßigen Messungen bei einem jeweiligen Mindestmaß an Sanierung berechtigt, wenn das Tragverhalten als unveränderlich zu bezeichnen ist. Beispielsweise wird die Tendenz hin zum Grenztragvermögen einer vorverformten Stütze - sofern ein Ausweichen aus der Verformungsebene verhindert ist - durch die progressive Tendenz der Verformung selbst bestimmt. Wenn durch Kontrollmessungen für einen längeren Zeitraum und damit für die möglichen Belastungsvarianten Konstanz der Biegelinie ausgewiesen werden kann und der Nachweis für den planmäßig außermittig gedrückten Stab nach den Stabilitätsvorschriften erbracht ist, so ist diese Stütze für ihre Funktion zuverlässig, obwohl sie ursprünglich nur in gerader senkrechter Position ihre Funktion "sicher" erfüllt hat.

Risiken für Menschenleben und materielle Güter (im ökonomischen Vergleich) müssen vermieden werden. Somit sind die Konsequenzen nach Zeile 6 und 7 der Tabelle 4 im weitesten Sinne gleichfalls Sanierungsmaßnehmen. Sie nehmen sich vergleichsweise gering aus, zumal bei der vorliegenden Auswertung nur zwei Industriegebäude Eingang in die Zeilen 6 und 7 finden mußten.

Literatur:

[1] Pugsley, A.:
The safety of structures,
Arnold, London 1966

[2] Schlechte, E.:
Festigkeitslehre für Bauingenieure,
Verlag für Bauwesen, Berlin, 3. Auflage, 1974

[3] Murzewski, J.:
Sicherheit der Baukonstruktionen,
Verlag für Bauwesen, Berlin, 1973

ZUSAMMENFASSUNG

Konstruktionen weisen mit zunehmendem Alter aus verschiedenen Gründen Veränderungen auf. Für Aussagen zur Zuverlässigkeit sind spezielle Analysen erforderlich. Unter Zugrundelegung praktischer Beispiele werden Forderungen zum Inhalt der notwendigen Beurteilung und zu Sanierungsmaßnahmen abgeleitet.

SUMMARY

Constructions will present some alteration with the time, due to various reasons. Reliability will be checked with the help of special analyses. Examples are presented.

RESUME

Pour différentes raisons, les structures présentent des altérations avec le temps. Des analyses particulières sont nécessaires pour contrôler leur sécurité. Des exemples sont présentés.

TABELLE 1: MOTIVE, DIE ZUR VERANLASSUNG VON ANALYSEN IN STATISCHER HINSICHT GEFÜHRT HABEN

ZEILE	VERANLASSUNGSMOTIV	ANTEIL [%]
1	BEABSICHTIGTE VERÄNDERUNG DER ÄUSSEREN BELASTUNG, DES STATISCHEN SYSTEMS ODER DER GEOMETRIE DER KONSTRUKTION	31
2	ZERSTÖRUNGEN ODER VERSAGEN INNERHALB DER KONSTRUKTION (OHNE FIXIERUNG DES AUSMASSES)	43
3	SCHWINGUNGEN	5
4	ROUTINEMÄSSIGE UNTERSUCHUNG, AUSSCHLIESSLICH WEGEN DES ALTERS DER KONSTRUKTION	8
5	ANWEISUNG ZUSTÄNDIGER INSTITUTIONEN	14
6	INFORMATION ÜBER SCHADENS-FÄLLE BEI ÄHNLICHEN VER-HÄLTNISSEN	6

TABELLE 2: VERTEILUNG IN STATISCHER HINSICHT ZU ANALYSIERENDER OBJEKTE [1]

ZEILE	OBJEKT	ANZAHL	ANTEIL [%]
1	GEBÄUDE (MASCHINEN-, KESSEL-, TROCKNERHÄUSER, BRIKETTFABRIKEN) FABRIKATIONSGEBÄUDE DER CHEMISCHEN INDUSTRIE, HALLEN EINSCHLIESSLICH KRANBAHNEN	38	55
2	LAGERTANKS, ROHRLEITUNGEN, BEHÄLTER	14	20
3	TAGEBAUGROSSGERÄTE	11	16
4	BRÜCKEN	4	6
5	KÜHLTÜRME	2	3
6	Σ	69	100

1) IN DEM BETRACHTETEN ZEITRAUM SIND DIE OBJEKTE NACH ZEILE 3 MEHRFACH GEGENSTAND KRITISCHER ANALYSEN GEWESEN.

TABELLE 3: VERTEILUNG DER SCHADENS-URSACHEN [2) 3)]

ZEILE	SCHADENSURSACHE	ANTEIL [%]
1	KORROSION WEGEN UNGENÜGEN-DER KORROSIONSSCHUTZPFLEGE, CHEMISCHER EINFLÜSSE ODER STÄNDIGER FEUCHTIGKEIT (NASS-DIENST)	36
2	UNKONTROLLIERTE STATISCHE EINWIRKUNGEN (Z.B. ASCHEAB-LAGERUNGEN, BEHINDERUNG DER STÜTZLAGERFUNKTION, KRAFT-UMLAGERUNGEN)	11
3	NACHFOLGEERSCHEINUNGEN VON KRIEGSEINWIRKUNGEN ODER UNABWENDBAREN EINFLÜSSEN	9
4	WÄRMEEINWIRKUNG	8
5	UNPLANMÄSSIGE FUNDAMENT-SETZUNGEN	5
6	UNTERBEMESSUNG (Z.B. FÜR TORSION, KIPPEN)	13
7	SCHWINGUNGEN	5,5
8	FERTIGUNGS-, MONTAGE-, SANIERUNGSFEHLER	9
9	NICHT EINDEUTIG ZU SCHLUSS-FOLGERN	3,5

2) ES WERDEN PRIMÄRURSACHEN GEWERTET. FOLGEERSCHEI-NUNGEN (EXTREME VERFORMUNGEN, INSTABILITÄTEN ETC.) SIND NICHT GESONDERT AUSGEWIESEN.

3) DIE HÄUFIGE TEILURSACHE "ÜBERALTERUNG" WIRD NICHT GESONDERT AUFGEFÜHRT.

TABELLE 4: VERTEILUNG DER SANIERUNGSMASSNAHMEN [4)]

ZEILE	MASSNAHME	ANTEIL [%]
1	OHNE, BZW. LÄSST SICH MIT HILFE DER STANDARDS FÜR DAS TAT-SÄCHLICH WIRKSAME SYSTEM EINE AUSREICHENDE SICHERHEIT NACHWEISEN	13,5
2	GEBRAUCHSLAST - BESCHRÄNKUNG	10
3	SANIERUNG AN EINZELELEMENTEN ODER FÜR ÖRTLICHE BEREICHE (AUSWECHSELN VON STÄBEN, QUERSCHNITTSVERSTÄRKUNGEN, REPARATUREN VON ANSCHLÜSSEN	26
4	SANIERUNG GANZER KONSTRUK-TIONSGRUPPEN ODER -ABSCHNITTE	17
5	ZUSATZKONSTRUKTION (ETWA ZUR TEILWEISEN ENTLASTUNG, VER-ÄNDERUNG DES STATISCHEN SYSTEMS, STABILISIERUNG ETC.)	15
6	QUASI VOLLSTÄNDIGE ERNEUERUNG	15
7	SOFORTIGE SPERRUNG	3,5
a	PROBEBELASTUNG MIT 1,25-FACHER GEBRAUCHSLAST FÜR DIE ENT-SCHEIDUNGSFINDUNG	7
b	WEITERE REGELMÄSSIGE BE-OBACHTUNGEN (Z.B. KONTROLL-MESSUNGEN) VERANLASST	8

4) DIE HÄUFIGE PARALLELMASSNAHME "ERNEUERUNG DES KORROSIONSSCHUTZES" IST NICHT AUSDRÜCKLICH AUFGEFÜHRT.