

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 50 (1986)

Artikel: Qualitätssicherung bei Entwurf und konstruktiver Durchbildung von Ingenieurbauwerken
Autor: König, Gert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-39124>

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: 17.01.2026

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

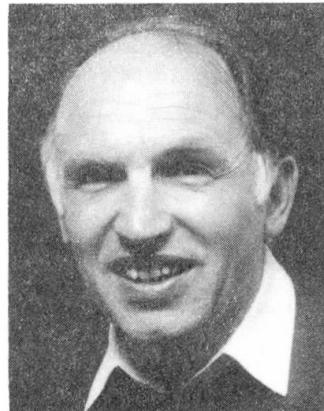
Qualitätssicherung bei Entwurf und konstruktiver Durchbildung von Ingenieurbauwerken

Quality Assurance in Planning and Design of Civil Engineering Structures

Assurance de la qualité dans la phase de conception et de projet

Gert KÖNIG

Institut für Massivbau
Technische Hochschule
Darmstadt



Gert König, geboren 1934. Bauingenieur-Ausbildung an der TH Darmstadt, seit 1971 Beratender Ingenieur VBI für Bauwesen, seit 1972 Prüfingenieur für Baustatik, seit 1975 Professor für Massivbau TH Darmstadt, seit 1976 Partner von König und Heunisch, Beratende Ingenieure VBI, Frankfurt/Main.

ZUSAMMENFASSUNG

Es werden das notwendige Überschreiten des Erfahrungsbereiches beim Entwurf von Tragwerken im Wettbewerb, die Sicherung von Bauwerken gegen schwer einzuschätzende, stark streuende und gut beschreibbare Gefahren, Kriterien für die Qualität eines Bauwerkes, der Einfluss des entwerfenden Ingenieurs, die Qualitätssicherung bei der Entwurfs- und Konstruktionsarbeit sowie die Grenzen der Qualitätssicherung an Beispielen behandelt. Gefordert ist zielgerechtes, ganzheitliches Denken sowie Phantasie und Intuition. Der Tragwerksentwurf muss aus einem Guss sein, Detailarbeit kann einen schlechten Gesamtentwurf nicht wesentlich verbessern.

SUMMARY

By means of examples the following topics are dealt with in this paper: the inevitable exceeding of the limits of experience for the design of structures in a competition; the safeguarding of buildings against hazards which vary greatly and are difficult to assess or be well described; quality criteria of a building; the influence of the design engineer; quality assurance during design and construction and the limits of quality assurance. Thinking which is directed towards the end result as a whole as well as imagination and intuition is demanded. The planning of the structure must be a perfect whole, the mere elaboration of details cannot essentially improve a bad general design.

RÉSUMÉ

Divers aspects de l'assurance de la qualité sont présentés, et illustrés par des exemples, dans les phases de la conception et du projet de constructions de génie civil. Il faut souvent aller au-delà de sa propre expérience lors de concours de projets. L'assurance de la qualité de constructions doit prendre en compte des dangers bien ou mal connus, ou difficiles à apprécier. D'autres aspects doivent être considérés, tels que les critères de qualité d'un ouvrage, l'influence de l'ingénieur projeteur, les limites de l'assurance de la qualité. L'ingénieur doit avoir un raisonnement sain et orienté vers l'objectif final qu'est la construction; il doit faire preuve de fantaisie et d'intuition. Le projet doit être le résultat d'une conception intégrale et le projet de détail ne peut améliorer que modestement un mauvais projet général.



1. DILEMMA DES ENTWERFENDEN INGENIEURS

Der im Wettbewerb stehende Ingenieur ist häufig gezwungen, an der Grenze des Erfahrungsbereiches Bauwerke zu entwerfen. Dies sichert der Menschheit das Überleben. Für den Ingenieur bedeutet jedoch jeder Schritt aus dem Erfahrungsbereich heraus ein Wagnis mit höchst realer persönlicher Verantwortung zivilrechtlicher und strafrechtlicher Art. Es gelingt nur schwer, außerhalb des Erfahrungsbereiches Modellvorstellungen von der Wirklichkeit zu entwickeln. Dies heißt für den Ingenieur: Er kann nur innerhalb des gesicherten Erfahrungsbereiches davon ausgehen, daß er mit dem Nachweis des Einhaltens seiner Zielvorgaben ein dauerhaftes, gebrauchstüchtiges und betriebssicheres Bauwerk garantiert. Das Dilemma ist nur mit Phantasie und Intuition zu bewältigen.

Rückschläge sind unvermeidbar; meist führen sie zu nutzbaren neuen Einsichten, die neue Möglichkeiten eröffnen. Insofern sind solche Rückschläge für eine Volkswirtschaft durchaus verkraftbar. Als beispielweise die Cottbuser Flugzeughallen in den 30iger Jahren einstürzten, weil die Auswirkungen des Kriechens von Beton nicht richtig bedacht worden waren, hat dies in der Folge zu einer wahren Flut neuer Erkenntnisse über das Kriechverhalten von Stahlbetonkonstruktionen durch Dischinger geführt. Noch heute ziehen wir davon.

2. QUALITÄTSSICHERUNG GEGEN ERKANNTES GEFAHREN

Schwer einzuschätzenden Gefahren sollte man ausweichen. Ein Beispiel dafür wäre etwa das Vermeiden eines Standortes mit weichen Bodenschichten innerhalb eines Felseinschnittes in einem seismisch hoch aktiven Gebiet für ein sicherheitstechnisch bedeutsames Bauwerk, weil hier der Schüsseleffekt die Erdbebenwirkung kaum vorausrechenbar verstärkt.

Stark streuenden Gefahren, wie etwa den Windkräften bei einem hohen Bauwerk, begegnet man am besten durch die Wahl von Tragwerken, die ganz unempfindlich auf diese Gefahren reagieren. Als Beispiel sei die Wahl einer Tube-Lösung für die Aussteifung hoher Gebäude genannt: hier dämpft die große Kernweite die Auswirkungen der Windkräfte spürbar.

Erkannten, gut beschreibbaren Gefahren läßt sich gezielt entgegenwirken. Eine tiefe und große Baugrube mit setzungsempfindlicher Nachbarbebauung kann z.B. durch Drucksteifen so ausgesteift werden, daß mögliche Horizontalverformungen der Baugrubenwände sicher kontrollierbar bleiben.

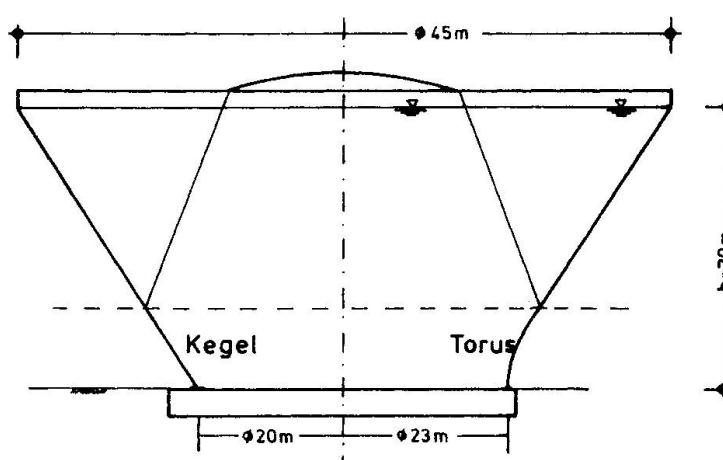


Bild 1: Zwei Tragwerkslösungen für einen Biohochreaktor

Entscheidend für die Stimmigkeit eines Entwurfs ist, daß eine Grundidee geboren wird, die mehrere mögliche Gefahren mit einem Schlag bannt. Als Beispiel möge der in Bild 1 dargestellte Biohochreaktor dienen. Die Tragwerkslösung mit einem Kegel birgt mehrere Schwachpunkte. Es besteht erhöhte Beulgefahr wegen einfacher Krümmung, es muß erhebliche Stahlmasse in den Fußring investiert werden, damit die Störmomente aus der Ringverformung in der Schale beherrscht werden können, zudem handelt man sich Schweißprobleme ein, weil die dünne

Schale auf einen dicken Fußring stößt. Die Tragwerkslösung mit einem Torus eliminiert alle diese Schwierigkeiten. Für die Kraftumlenkung steht der innere Flüssigkeitsdruck zur Verfügung, damit entfällt der dicke Fußring. Es entstehen keine Schweißprobleme. Eine doppelte Krümmung vermindert die Beulgefahr. Mit einer solchen Grundidee lassen sich dann Details leicht abstimmen und in der Entwurfsarbeit überwachen. Fehlt eine solche Grundidee, bleibt alle Detailarbeit Stückwerk. Die Gesamtqualität kann bei noch soviel Fleiß und Sorgfalt nicht entscheidend gesteigert werden.

3. KRITERIEN FÜR DIE QUALITÄT EINES BAUWERKS

Als Kriterien für die Qualität können besonders herangezogen werden der Nutzen, beschrieben durch

- Funktionsgerechtigkeit
- Güte im Gebrauch
- Sicherheit
- Einordnung in die Umwelt

sowie die Kosten für den Bau, die Unterhaltung und den Abbruch eines Bauwerks. Beide sind für eine Entscheidungsfindung miteinander zu verknüpfen über eine sog. Kosten-Nutzen-Analyse.

Am Beispiel einer außergewöhnlichen Bauaufgabe, nämlich Autobahn und Neubau-strecke der Deutschen Bundesbahn über das Werratal zu überführen, sei die Vorgehensweise demonstriert. Es wurden zwei Entwürfe ausgearbeitet, nämlich eine sog. Einbrückenlösung, auf der beide Verkehrswege auf einer Brücke überführt werden sowie eine Zweibrückenlösung, bei der beide Verkehrswege völlig getrennt überführt werden (Bilder 2 und 3).

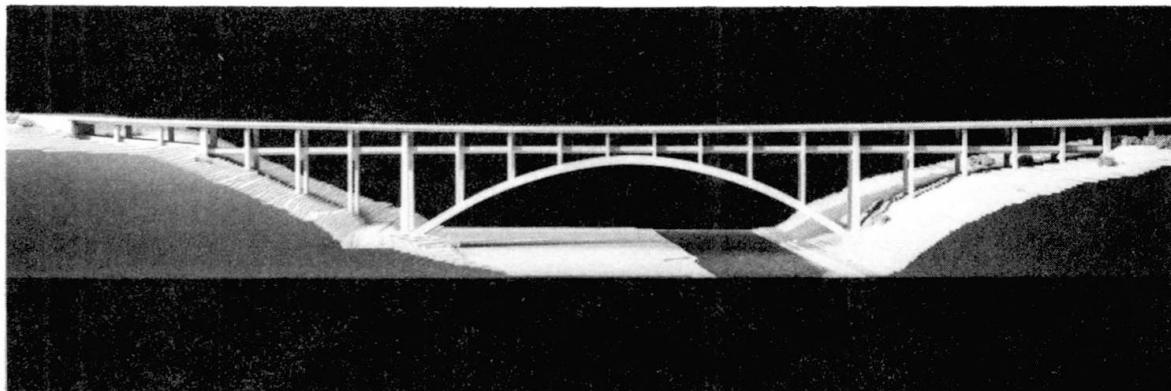


Bild 2: Einbrückenlösung Werrabrücke Hedemünden
Entwurf König und Heunisch, Frankfurt am Main

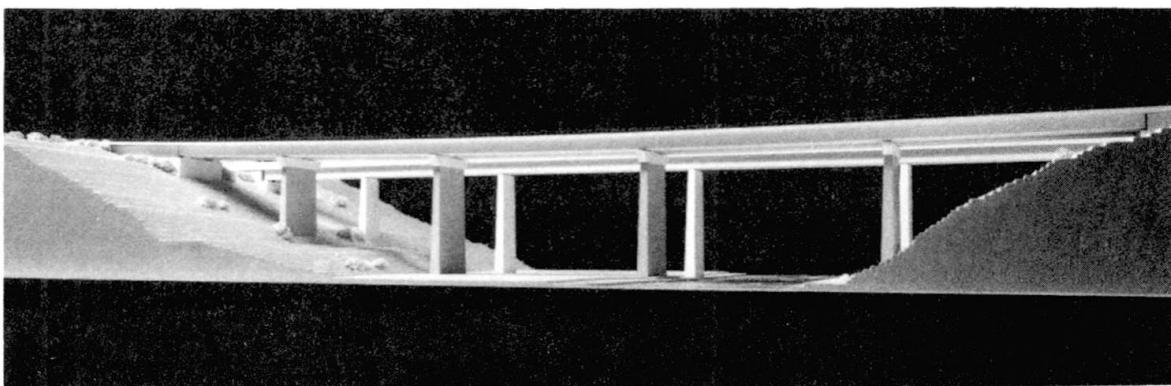


Bild 3: Zweibrückenlösung Werrabrücke Hedemünden
Entwurf König und Heunisch, Frankfurt am Main



Der Nutzenvergleich ergibt folgende Punktewertung:

	Optimum	Bogen	Zweibrücken- lösung
Funktion			
- Betrieb	30	19	25
Gebrauch	30	24	28
- Wartung			
Sicherheit	10	7	9
- Reserven			
- Katastrophenfall			
Technik insgesamt	70	50	62
Gestaltung Umwelt	30	25	17
	100	75	79

Aspekte der Sicherheitsreserven des Bogens und der Unfallfolgen bei der Einbrücklenlösung heben sich dank besonderer Schutzmaßnahmen gegen den Ausfall eines Bogenständers nahezu auf. Ein Unfall kann jedoch für den unmittelbar nicht betroffenen Verkehrsweg bei der Einbrücklenlösung gravierende Folgen haben: Man denke an den Brand eines Tanklastzuges. Bei der Zweibrücklenlösung ist durch die räumliche Trennung kaum eine gegenseitige Beeinträchtigung durch Unfall zu erwarten. Der Wegfall der gegenseitigen Abhängigkeit im Betrieb und der Wegfall gegenseitiger Abstimmung bei Reparatur- und Wartungsarbeiten sprechen ebenfalls für die Zweibrücklenlösung.

Bei der Einordnung in die Umwelt ist die größere Flächenversiegelung der Landschaft und die Behinderung des Taldurchblickes durch die Pfeilerpaare der Zweibrücklenlösung gegenüber der Einpassung der Bogenbrücke in die Landschaft abzuwegen.

Der Kosten-Nutzen-Vergleich ist in Bild 4 festgehalten. Der Bauherr hat sich schließlich wie der Entwurfsverfasser für die Zweibrücklenlösung als die insgesamt ausgewogenere Lösung entschieden.

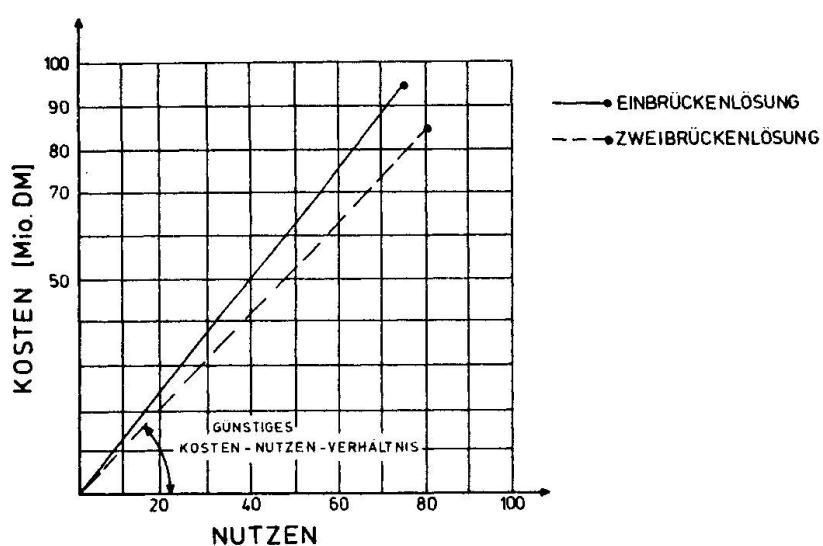


Bild 4: Kosten-Nutzen-Vergleich der Ein- und Zweibrücklenlösung

4. EINFLUSS DES ENTWERFENDEN INGENIEURS AUF DIE QUALITÄT EINES BAUWERKS

Der Entwurf entscheidet ganz wesentlich über die spätere Qualität eines Bauwerks. Dabei ist zielgerichtetes, ganzheitliches Denken gefordert.

Beim Wettbewerb um den Wiederaufbau der Kongreßhalle Berlin eliminiert etwa der Entwurf in Bild 5 die Empfindlichkeiten des alten Bauwerks (Bügelschnur-effekt des alten "Hängedaches", das auf engstem Raum zwischen Bogen und Innenring den Temperaturbewegungen des Randbogens folgen mußte, ohne daß durch eine Schalenverdickung im Übergangsbereich Schale - Randbogen eine Krümmungsminde-rung stattfand) und schafft Redundanzen, weil das Dach teilweise durch Aspan-nung im Sattelbogen stabilisiert wird.

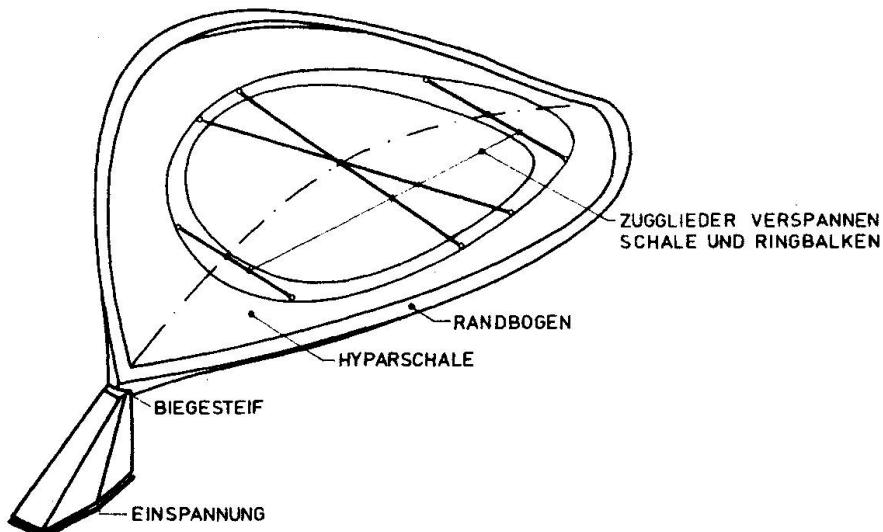


Bild 5: Wettbewerbsentwurf Wiederaufbau Kongreßhalle Berlin,
Entwurf König und Heunisch, Frankfurt am Main

Der Bauherr entschied sich für einen Entwurf gemäß Bild 6, der ganzheitlich sowohl die Aspekte der Bauphysik als auch die Aspekte der Tragwerksstandsicherheit bedacht hatte, indem dem noch vorhandenen Innendach die Funktion des Schall- und Wärmeschutzes und einem neuen Außendach die Funktion des Witte-
rungsschutzes zugedacht wurden.

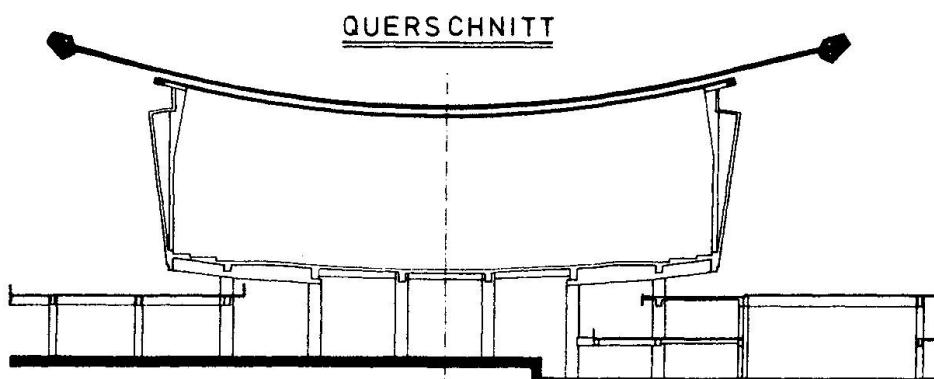


Bild 6: Wettbewerbsentwurf Wiederaufbau Kongreßhalle Berlin,
Entwurf Dyckerhoff & Widmann AG, München

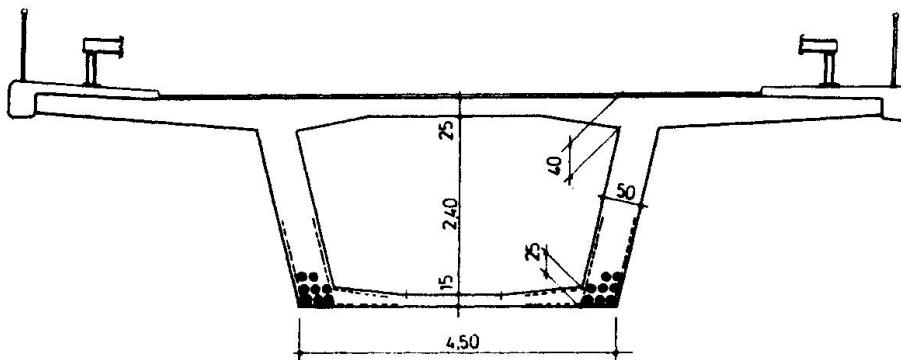


Bild 7: Fälschlich auf ein Massenminimum optimierter Brückenquerschnitt

Ein Negativ-Beispiel zeigt Bild 7. Ein vorhandener Brückenentwurf mit auskömmlichen Stegbreiten wurde in der Ausschreibungsphase derart in den Massen minimiert, daß durch Wegnahme von "Stegfleisch" im Feld schließlich die vorhandenen Spannglieder das Einbringen des Bodenplattenbetons durch den Steg nahezu verhinderten. Als Folge übermäßigen Rüttelns wurden die Hüllrohre beschädigt, was zu sehr langen Verstopfungen führt. Dies machte den Teilabbruch des Bauwerks erforderlich.

Als Fazit läßt sich ziehen, daß einseitiges Denken (z.B. gerichtet auf Massenminimum) oder rezepthaftes Denken (z.B. gerichtet auf Einhalten aller Bedingungen einer Vorschrift) kaum zu einem optimalen Entwurf führen, der alle Aspekte voll befriedigt.

5. QUALITÄTSSICHERUNG BEI DER ENTWURFSARBEIT

Diese muß gerichtet sein auf

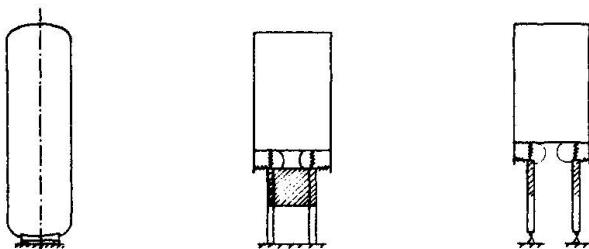
- Fehleinschätzung oder Erkennen von Risiken
- falsche Vorgaben
- falsche Systemannahmen (Randbedingungen!)
- Nichterkennen spezieller Systemempfindlichkeiten
- Fehleinschätzung des Verformungsverhaltens
- Mißinterpretation von Rechenergebnissen

Als Beispiele hierzu seien genannt: Der Einsturz der Tjörnbrücke mit den nicht planmäßig verhinderten Folgen für die verunglückten Autofahrer, falsche Lastvorgaben durch überforderte Dritte (etwa nicht fachkundiger Bauherr), Fehleinschätzungen des Schwingungsverhaltens von Gebäuden durch Nichtbeachten des Mitwirkens von allen "nichttragenden" Ausbauteilen (z.B. von Trennwänden), Nichtbeachten des "Bügelschnureffektes" bei der Kongreßhalle Berlin, Nichtbedenken aller Folgen von Systemannahmen für alle Tragwerksteile. Gerade zur Vermeidung der letztgenannten Fehler hat es sich als besonders mützlich erwiesen, mit einfachen Systemannahmen Ergebnisse einzugrenzen. Bild 8 zeigt, daß verfeinerte Modelle nicht unbedingt größere Wirklichkeitsnähe bringen.

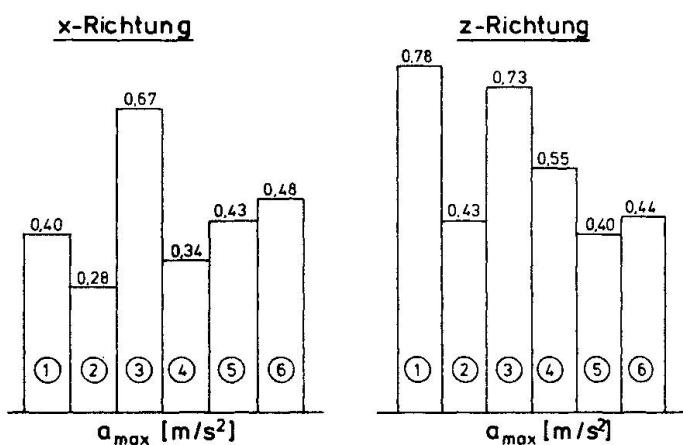
Beim Erstellen von Ausführungsunterlagen muß vor allem darauf geachtet werden, daß

- Mißinterpretationen von Rechenergebnissen bei der konstruktiven Durchbildung
- Nichtbeachten des Ausführungsablaufes
- Nichtbeachten der Ausführungsmöglichkeiten
- Nichtbeachten der Wartungsmöglichkeiten
- fehlerhafte konstruktive Durchbildung infolge Nichtbeachtens des Kraftflusses im Detail
- Abweichungen zwischen Planung und Ausführung

unterbleiben. Der beste Schutz vor Pannen auf diesem Sektor ist die Beauftragung eines Ingenieurs für Entwurf und Ausführungsplanung.



Starrkörpermodell



- (1) FE Balkenmodell
- (2) FE Balkenmodell
- (3) FE Schalenmodell
- (4) Starrkörpermodell, steif
- (5) Starrkörpermodell, weich
- (6) Messung

Bild 8: Vergleich errechneter und gemessener max. Beschleunigungen eines Flutwasserbehälters

Checklisten (Tabelle 1 und 2) können helfen, derartige Fehler zu vermeiden. Es muß jedoch beachtet werden, daß sie zum Ende hin offen sind!

Tabelle 1: Auszug aus einer Checkliste für den Standsicherheitsnachweis von Ein- und Zweifamilienhäusern /1/

Montagedecken (Zusatzfragen zu Stahlbetondecken)

1. Ist eine Erhöhung der Verkehrslast wegen unzureichender Querverteilung (z.B. Balkendecken) erforderlich (Trennwände $g > 1 \text{ kN/m}^2$)?
2. Sind bei unzureichender Querverteilung Trennwände $g > 1 \text{ kN/m}^2$, die parallel zur Deckenspannrichtung verlaufen, gesondert abgefangen?
3. Ist die Einspannung von Balkonen und Drempeln (z.B. bei quergespannten Rippendecken) gewährleistet?
4. Sind Nachweise für Montagezustände erforderlich?



Tabelle 2: Inhaltsverzeichnis der Checkliste für Planung, Berechnung, Prüfung und Überwachung von Traggerüsten /2/

1. Vorbemerkungen
2. Allgemeine Fragen zur statischen Berechnung
3. Spezielle Fragen zu einzelnen Bauteilen
 - Schalung
 - Rüstträgerlage
 - Rüststützen
 - Verbände und Abspannungen
 - Gründung
 - Vorschubrüstungen
 - Freivorbaurüstungen
 - Taktschiebeeinrichtungen
 - Kletter- und Gleitschalungen
 - Gerüstkonstruktionen zum Anheben oder Absenken von Überbauten
4. Konstruktionszeichnungen
5. Bauleitung und Bauüberwachung

6. GRENZEN DER QUALITÄTSSICHERUNG

Rasche Entwicklungen bergen größere Gefahren in sich. Von Nachteil ist besonders, daß Fehlentwicklungen oft erst nach Jahren ausgemacht werden können. Zunächst liegen zwar Schäden als Folgen von Fehlern offen zu Tage, das richtige Erkennen der Ursachen dauert jedoch manchmal viele Jahre. Den besten Schutz bieten kreatives und gründliches Arbeiten, so daß für alle Zeiten der schöpferisch tätige Ingenieur auch künftig gesucht bleiben wird.

LITERATUR

- /1/ Vereinigung der Prüfingenieure für Baustatik in Hessen: Check-Liste für den Standsicherheitsnachweis von Ein- und Zweifamilienhäusern ..., 2. Auflage, 1981, Privatdruck der Vereinigung
- /2/ Krebs und Kiefer, Darmstadt: Traggerüste. Checkliste für Planung, Berechnung, Prüfung und Überwachung. Privatdruck des Ingenieurbüros.