

Hans-Günther Schippke

Bewegliche Stahlbauten Planung, Ausführung und Betrieb

1 Bewegliche Bauwerke

Unter dem Begriff „Bewegliche Bauten“ oder, hinsichtlich des bevorzugt für das Tragwerk dieser Bauten verwendeten Materials Stahl, auch „Bewegliche Stahlbauten“ werden im Bauwesen im Wesentlichen

- Geräte der Fördertechnik, Krane,
- Bewegliche Brücken und
- Stahl-Wasserbauten

verstanden.

Allgemein gilt für alle beweglichen Bauwerke, dass sie ein- oder mehrfach bewegliche, d. h. statisch unterbestimmte Tragwerke mit entsprechender Anzahl von Verschiebungs- und Drehfreiheiten sind, deren Beweglichkeit über formschlüssige Verbindungen kontrolliert behindert wird. Die Umsetzung erfolgt durch elektro-mechanische oder hydraulische Antriebe sowie Brems- und Verriegelungseinrichtungen.

Der Anspruch an die Auslegung eines beweglichen Bauwerks ergibt sich primär aus seiner Funktion. Somit sind an der Planung und Ausführung beweglicher Stahlbauten Ingenieure des Bauingenieurwesens, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik zu beteiligen (s. u.a. [1]).



Abb. 2: Planungsbeteiligte (nach [2])

Zur Instandhaltung eines beweglichen Bauwerks gehören Angaben über Ersatzteile und zur Wartung der Technischen Ausrüstung, ferner der Einsatz von eingewiesenem Fachpersonal und im Betriebshandbuch niederzulegende Handlungsanweisungen zur Beseitigung von Störungen.

2 Maschinenrichtlinie

Bewegliche Bauwerke unterliegen der aktuellen EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (MRL), in Nachfolge der Richtlinie 89/392/EWG. Durch sie wird, mit dem Ziel Handlungshemmnisse im europäischen Wirtschaftsraum abzubauen, das Schutzniveau zur Unfallverhütung beim Inverkehrbringen von Maschinen geregelt. Sie enthält grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen.

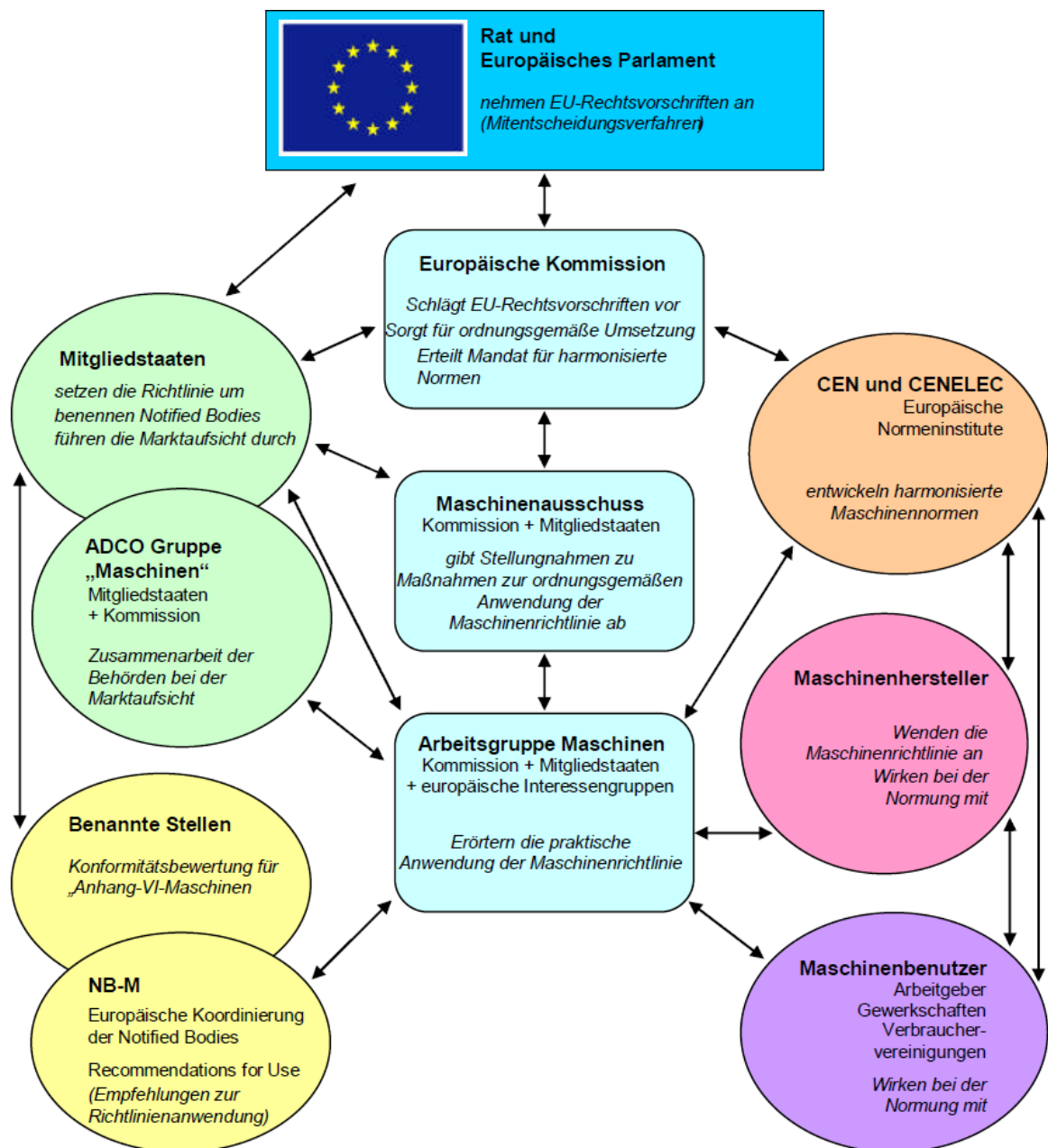


Abb. 3: MRL, beteiligte Organe und Einrichtungen (s. [3], §149, S. 134)

Eine übersichtliche Zusammenstellung der rechtlichen Grundlagen und Anforderungen an das Inverkehrbringen von Maschinen, wie

- Erstellung und Bereithaltung von Betriebsanleitung und Dokumentation,
- Baumusterprüfung,
- CE-Kennzeichnung, Hersteller- und Konformitätserklärung [4]

enthält [5], Zitat:

„Maschinen im Sinne dieser Richtlinie sind dabei aber nicht nur die klassischen Maschinen, man versteht darunter z.B. auch ... Schleusenanlagen und Schiffshebewerke ...“

Für mit beweglichen Bauwerken vertraute Ingenieure nicht neu, aber für herkömmlich ausgebildete Bauingenieure gewöhnungsbedürftig, sind die formelhaften Abläufe

- zur Festlegung der physikalischen und zeitlichen Grenzen der Maschine,
- zur Identifikation von Gefährdungen und Gefährdungssituationen (Gefahrenanalyse) und
- Einschätzung des zugehöriger Risikos,
- zur Bewertung und Beseitigung oder Minderung von Risiken (Risikobeurteilung) [6, 7],

besonders, da hier schon vor Beginn der Tragwerksplanung alle beteiligten Fachdisziplinen gefragt sind. Das gilt auch für die Einstufung von Veränderungen an den Bauwerken als wesentlich [8].

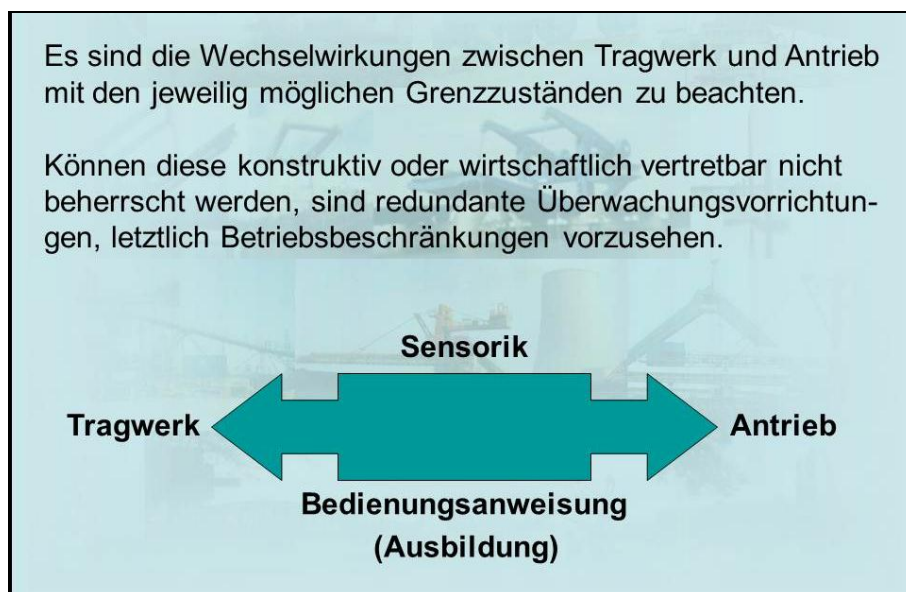


Abb. 4: Bewegliche Bauwerke, Auslegung

Die getrennte Behandlung durch Fachplaner ohne Überwachung der Schnittstellen verbietet sich somit.

Eine richtungsweisende Anleitung zur Umsetzung der MRL wurde von der Wasserschifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) vorgelegt [9].

3 Planung

3.1 Grundsätze

Am Beginn der Planung steht das Erkennen der Funktion und der Nutzung des Bauwerks. Dazu bedarf es der strengen Befragung des Nutzers, gefolgt von einer Untersuchung auf Machbarkeit, mit dem Ziel, alle Ansprüche aus der Nutzung in die folgenden Planungsschritte, Grundlagenermittlung, Vorplanung usw. einzubeziehen.

Es sind alle von der Baumaßnahme berührten Fachdisziplinen festzustellen, einschließlich der Genehmigungsbehörden und deren Beauftragten, wie Prüfsachverständige und Sachverständige. Die zugehörigen Fachleute sind zu befragen und in gebotenerem Umfang an der Planung zu beteiligen. Ansprüche aus dem Schall-, Brandschutz und der Energietechnik sind zu beachten. Es ist zu überprüfen, ob für die Betriebsgebäude die Energieeinsparverordnung (EnEV) zur Anwendung kommen muss.

Der Planer muss sich der Komplexität der Aufgabe bewusst sein, um beurteilen zu können, ob Ausschreibungsreife schon allein über eine Entwurfsplanung oder nur mit Anteilen oder sogar vollständiger Ausführungsplanung erreicht werden kann. Da in der Regel mehrere Fachplaner der Objektplanung zuarbeiten müssen, kann eine Projektsteuerung erforderlich werden. Innerhalb einer Planungsgemeinschaft ist eine versierte Planungscoordination unerlässlich.

Der Planer sollte eingehend prüfen, ob ein Planungsvertrag auf Basis der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) Auskömmlichkeit erwarten lässt.

3.2 Fachplanungen

In Verbindung mit der **Objektplanung** steht die **Tragwerksplanung** im Zentrum der Vorentwurfs- und der Entwurfsplanung, Hier entscheidet es sich, ob es möglich und wirtschaftlich vertretbar ist, Tragwerksteile inhärent sicher auszulegen, oder ob Ansprüche an die maschinelle Einrichtung (in Anlehnung an die HOAI **Technische Ausrüstung**, TA) entstehen, die dort zu berücksichtigen sind. Weiter kann es erforderlich werden, eine aus den Komponenten des Maschinenbaus, z.B. den Antrieben oder den Bremsen, herrührende Beanspruchung durch Überwachungseinrichtungen zu begrenzen. Daraus erwächst die Frage nach der Zuverlässigkeit der Überwachungselemente, auf die durch eine redundante Anordnung, z.B. durch Doppelung von Sensoren, reagiert werden kann. Ist dennoch zu befürchten, dass die Verfügbarkeit der Anlage (des beweglichen Bauwerks, der Maschine) unzumutbar eingeschränkt werden kann, ist die Planung zu überarbeiten.

Schon in der Vorentwurfsplanung bedarf es also eines gründlichen Durchdenkens, gestützt mit Angaben über die Zustandsgrößen an den Verbindungsstellen der beweglichen Teile. Diese Angaben, Lager- und Gelenkkräfte, Verschiebungen und Verdrehungen, können nur durch die Tragwerksplanung dem Maschinenbau und der Elektro- und Steuerungstechnik (E/MSR) zur Verfügung gestellt werden.

Weniger benötigt werden zu diesem Zeitpunkt aufwändige strukturmechanische Analysen, z.B. auf der Basis eines die Gesamtstruktur abbildenden Finite-Elemente-Modells, geht es doch vorerst um die Entwicklung des Bewegungsapparates mit seinem Trag- und Antriebssystem.

Das probate Mittel dazu ist die Anwendung der Stereo- oder auch Starrkörperstatik, mit der die vom Planer des Maschinenbaus verlangten Angaben, auch z.B. die Antriebs- und Bremskräfte, ohne großen Aufwand berechnet, für alle Beteiligten übersichtlich und damit erhellend als Grundlage weiterer Planungsschritte zusammengestellt werden können.

Der Tragwerksplaner benötigt dazu nur die Hauptabmessungen (Lager- und Gelenkpunkte), geschätzte Eigengewichte und Ausbaulasten mit zugehörigen Schwerpunkten (sog. G*x-Listen) sowie die Resultierenden der äußeren Beanspruchungen und ihre Angriffspunkte.

Natürlich sind sämtliche Bewegungszustände zu betrachten und zu vergleichen. Hierin liegt ein beträchtlicher, den ungeübten Tragwerksplaner erschreckender Aufwand, dem aber nicht ausgewichen werden darf.

Erst die Zusammenfassung dieser Angaben und der Lager- und Gelenkkräfte in einer eigenen und zur Genehmigung vorzulegenden Unterlage (sog. Grundlagenstatik, s. auch Tabelle Ziff. 7) ermöglicht fundierte Diskussionen mit dem Maschinenbau und der Steuerungstechnik über die weitere Ausbildung des Bauwerks, schließlich den einvernehmlichen Abschluss der Vorentwurfsplanung und Festlegungen für die Ausarbeitung eines Entwurfes.

Beim Bau von **Tagebaugeräten** (s. Abb. 1, Deckblatt) zur Gewinnung von Braunkohle bzw. zum Abtrag des Deckgebirges (Schaufelradbagger, Absetzer, Antriebs- und Umlenkstationen für Förderbänder usw.) wurde schon früher so verfahren (vergl. [10-12]). Anders waren aus der Vielzahl der Lastfälle (z. B. Eigengewicht, Verschmutzung usw.) und der Kombinationen aus diesen keine verwertbaren Erkenntnisse für eine günstige Auslegung zu gewinnen. Dazu kamen die vielfältigsten Stellungen (Hoch-, Tiefschnitt, Schwenken usw.).

DIN 22261-2 [13] gibt in Tab. 7 Lastfälle und zugehörige Lastfallkombinationen (Auszug s. Folgeseite) vor. Wesentlich ist, dass die Kombinationen geregelt und deutlich verschiedenen Sicherheiten zugeordnet sind. Es werden die schon früher üblichen einleuchtenden Bezeichnungen H für Hauptlast usw. verwendet. Der Faktor ψ ist in dem Sicherheitsbeiwert γ , vergleichbar γ_F , enthalten.

Beachtenswert sind die Kombinationen im Grenzfall (HZG), dort „nur immer eine Katastrophe auf einmal“, und allgemein weitere sinnvolle Auslassungen oder Minderungen. Die für die Betriebsfestigkeitsnachweise anzusetzenden Kombinationen sind ebenfalls angegeben (Zeile 1b).

Natürlich kann auch diese Norm nur den Regelfall betreffen. Die Analyse des Tragverhaltens in bestimmten Situationen obliegt weiter dem Tragwerksplaner allein.

Abb. 5 zeigt einen Montageunfall, der sich aus der Änderung von Stützbedingungen während des Einbringens von Ballast ereignete.

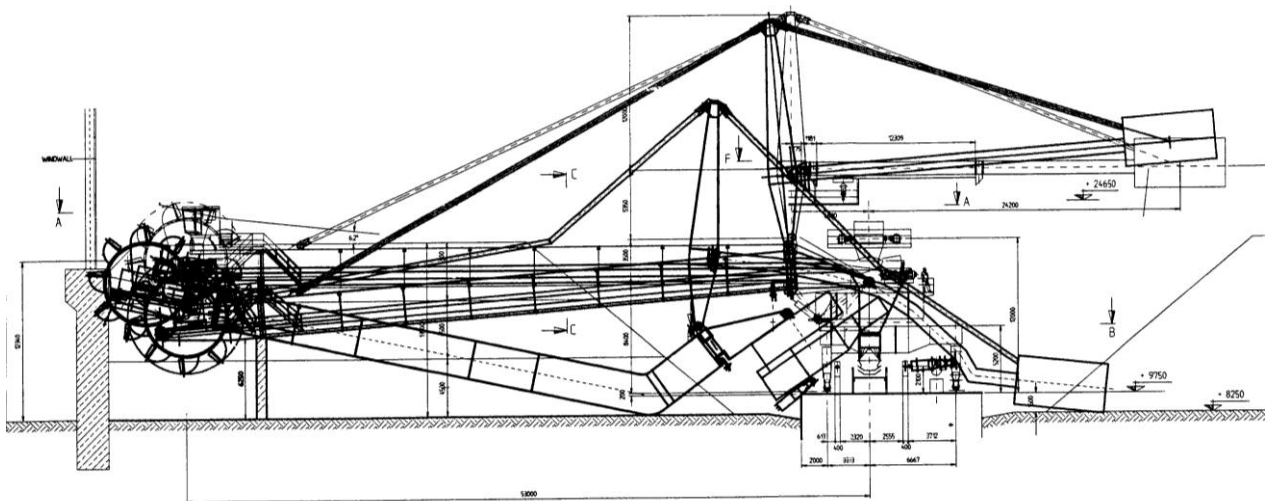


Abb. 5: Gerät, Schadensaufnahme nach Einsturz während des Ballastierens.

Wesentlich geringer sind die Ansprüche an **Bewegliche Brücken**. Hier geht es in der Regel nur um die Beherrschung eines Freiheitsgrades:

- Klappbrücken, zu öffnen um eine horizontale,
- Drehbrücken um eine vertikale Drehachse,
- Hubbrücken durch Bewegung des Brückentragwerks in vertikaler Richtung.

Leider entsteht bei vielen Planern dadurch der Eindruck, wie von festen Brücken gewohnt vorgehen zu können. Dabei wird nicht bedacht, dass auch hier die Zusammenarbeit mit dem Maschinenbau und der Steuerungstechnik im Vordergrund steht. Hinzu kommt die Forderung nach nur sehr geringen Verschiebungen der Gründungsbauwerke. Ansonsten wären aufwändige Übergangskonstruktionen zum Ausgleich der Relativverschiebungen vorzusehen.

Sollen z.B. bei beweglichen Eisenbahnbrücken aufwändige und wartungsintensive Sonderkonstruktionen, wie Schienenauszüge, zur Überbrückung der Schienenfugen vermieden werden, ist nur ein Seitenversatz von (+/-) 2 mm in der Verkehrslage zulässig [14].

Vertragliche Regelungen zur Auslegung von Beweglichen Straßenbrücken sind in der ZTV-ING, Teil 9 Bauwerke, Abschnitt 2 Bewegliche Brücken [1] zu finden. Die dort enthaltene Tabelle der Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationen (Auszug s. Folgeseite) lässt als Vorbild die vorgenannte Vorschrift für Großgeräte DIN 22261 erkennen. Auch hier wird der Beiwert ψ für vorgegebene Kombinationen festgelegt, ebenfalls mit Nennung der bewährten Lastfallbezeichnungen. Ferner sind Kombinationen für Montagelastfälle angegeben. Der für Betriebsfestigkeitsnachweise anzusetzende Wind wird als schädigungsgleiches Einstufenkollektiv zu 1/3 der Windlast im Betrieb vorgeschrieben.

Auch für diese Vorschrift gilt, dass sie den Planer nicht von einer genauen Analyse seiner Planungsaufgabe entbindet. Im Besonderen gilt das bei den für die öffentliche Nutzung freigegebenen Beweglichen Brücken für die Beherrschung auftretender Verschiebungen als Voraussetzung der Verfügbarkeit.

Bei zweiflügeligen Klappbrücken besteht das besondere Problem im formänderungsschlüssigen Kontakt der Klappenspitzen bei Übertragung von Querkräften und gegebenenfalls zusätzlicher Aufnahme von Momenten durch Verriegelung.

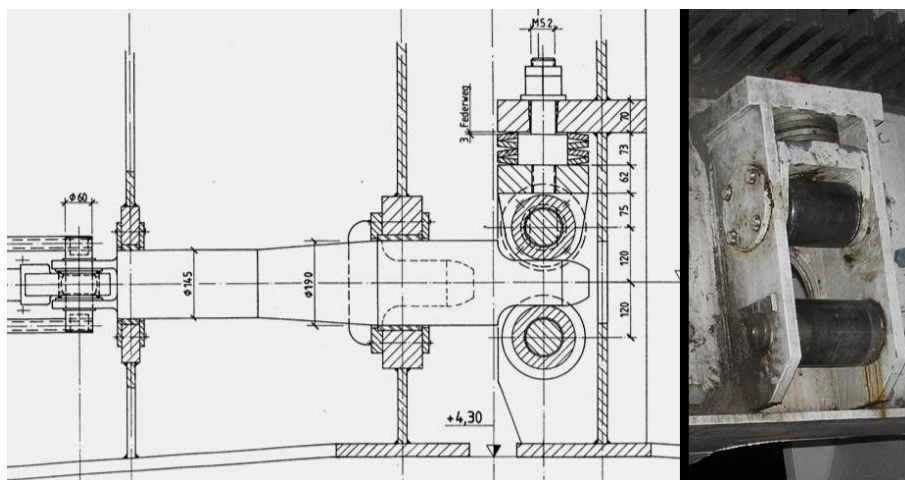


Abb. 7: nur Querkräfte übertragende Verriegelung der Klappenspitzen

ZTV-ING Teil 9 Bauwerke, Abschnitt 2 Bewegliche Brücken:

Tabelle 9.2.3: Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationen für den Nachweis der Tragfähigkeit der Stahlkonstruktionen

Einwirkungsart	Einwirkung	Nummer	LF ⁵⁾	I (H)		II (HZ)		III (HZS)		IV (HZG)	Montage	
			$\psi \rightarrow$	1,0		0,9	0,8		0,75	1,0	0,8	
			$\gamma_F \downarrow$	1a 3)	1b ⁴⁾	2 ⁴⁾	3a ⁴⁾	3b ⁴⁾	4 ⁴⁾	5a ⁴⁾	5b ⁴⁾	
ständig	Konstruktionsgewicht	8.2.1	1,35	+	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
	Ausbaulasten			+	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
quasi-ständig	Herstellungs- und Montageunauigkeiten	8.2.2(1)	1,35	+	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
	Verschmutzung	8.2.2(2)		+	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
	Form- und Lageänderungen	8.2.2(3)		+	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕			
	Massenkräfte aus planmäßigen Bewegungsvorgängen	8.2.2(4)		+/-	⊕	⊕		⊕				
	Auftrieb	8.2.2(5)		+	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕			
	Antriebskräfte	8.2.2(6)		+/-	⊕	⊕	⊕					
	Schräglauf	8.2.2(7)		+/-	⊕	⊕	⊕		⊕			
	Reibung	8.2.2(8)		+/-	⊕	⊕		⊕	⊕			
veränderlich	Verkehrseinwirkungen auf Treppen, Podesten und Laufstegen	8.2.3(1)	1,35			⊕	⊕	⊕	⊕			
	Wind	8.2.3(2)-(8)		+/- 3)		⊕	⊕	⊕				⊕
	Temperatur	8.2.3(9)-(10)				⊕	⊕	⊕	⊕			
	Schnee und Eislast	8.2.3(11)-(12)				⊕	⊕	⊕	⊕			
	Eisdruck	8.2.3(13)				⊕	⊕	⊕	⊕			
	Puffer, Verriegelung, Zentrierung	8.2.3(14)-(19)			⊕	⊕	⊕					
	Nicht-ständige dynamische Einwirkungen, ¹⁾	8.2.3(20)				⊕						
außergewöhnlich	Erhöhte Lagerreibung	8.2.4(1)-(2)	1,35				⊕					
	Bewegungsbehinderungen	8.2.4(3)						⊕				
	Ungewollte Brückenbewegungen	8.2.4(4)							⊕			
	Schiffsstoß	8.2.4(5)-(6)							⊕			
Montage	Herstellungs-, Montage-, Auswiege- und Reparaturzustände	8.2.5	1,35								⊕	⊕

¹⁾ für Lastspielzahlen $n < 2 \cdot 10^4$

²⁾ schädigungsgleiches Einstufenkollektiv mit 1/3 der Windlast im Betrieb

³⁾ Nachweis der Betriebsfestigkeit:

(+): Einwirkung stets vorhanden mit dem betragsmäßig größten Wert

(+/-): Wechsel zwischen den Extremwerten

⁴⁾ Die jeweils in den Spalten mit (⊕) gekennzeichneten Einwirkungen sind zu kombinieren (Verknüpfung durch und bzw. oder)

⁵⁾ Lastfälle (LF) H, HZ, HZS, HZG nach Ziff. 6.3

(Randstrich: verbindliche Regelung im Sinne von ZTV-ING Teil 1 Abschnitt 1 Ziff. 1 Abs. 2)

Vorbild für den Verschluss der Klappen in Brückenmitte der zurzeit im Bau befindlichen Rethebrücken, Straßen- und eingleisige Eisenbahnbrücke, in Hamburg (Klappenlänge rd. 52 m, Bauherr Hamburg Port Authority) ist u.a. eine Straßenbrücke in Italien (Klappenlängen rd. 21 m).

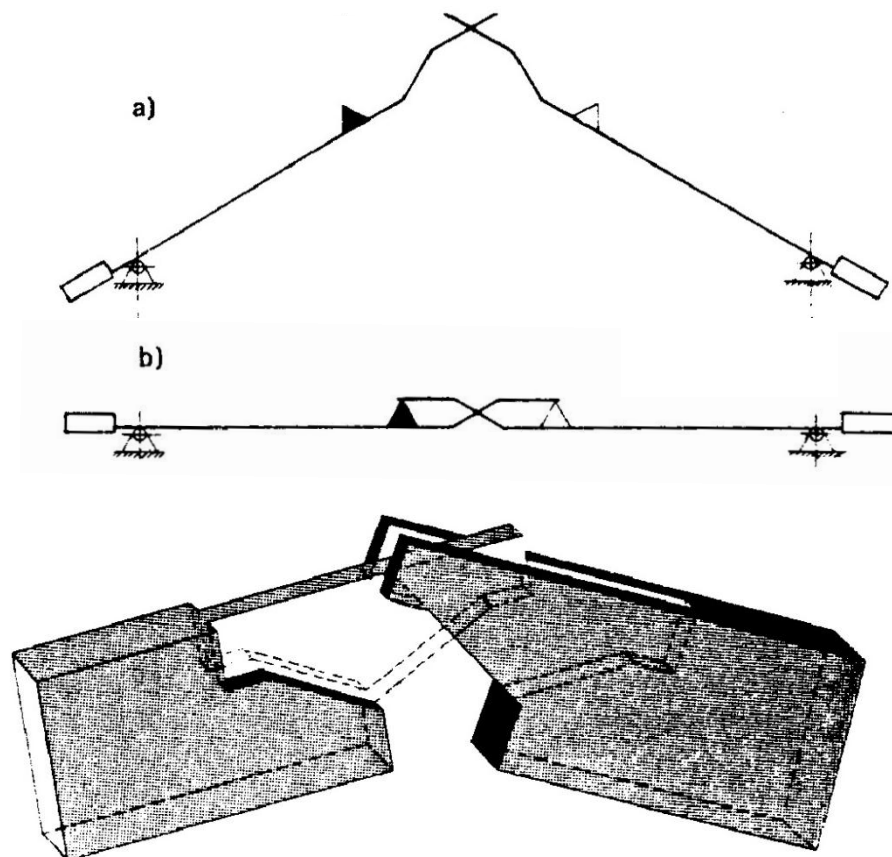


Abb. 8: aus Peil, Konstruktionsprinzip für Klappbrücken, Bauingenieur 60 (1985), S. 142

Die Verbindung der Klappenspitzen muss durch Verträglichkeit der Verschiebungen sowohl beim Schließvorgang als auch durch Herstellung des Formschlusses für alle Betriebszustände allein aus dem Eigengewicht der Klappen über die Anordnung des Ballastes sicher erfolgen. Bei einer Eisenbahnbrücke bestehen aus dem Bahnverkehr noch besondere Ansprüche an tolerierbare Verschiebungen am Gleisübergang.

Die beweglichen Einrichtungen im **Stahlwasserbau**, z. B. Schleusentore, Wehrverschlüsse, Hubeinrichtungen und Schütztafeln, sind in der Regel, ähnlich den beweglichen Brücken, nur einfach verschieblich. Da die für die Auslegung grundlegende Norm DIN 19704 [15] über viele Jahre für die Berücksichtigung des Zusammenspiels von Stahl- und Maschinenbau bekannt war, wurde sie bis zum Erscheinen der ZTV-ING für Bewegliche Brücken [1] auch für diese herangezogen. Seit 2012 liegt mit dem Norm-Entwurf DIN 19704-1:2012-05 [16] eine Überarbeitung vor, die eine bemerkenswerte Änderung in der Anwendung des Konzepts der Teilsicherheitsbeiwerte vorsieht (Auszüge s. Folgeseite). Auch hier wird jetzt der Kombinationsbeiwert ψ mit einem Festwert verwandt. ψ darf stets zu 1,00 gesetzt werden, auch kleiner, wenn die Abweichung nachprüfbar ermittelt wurde. Somit sind jetzt bei vorausgesetzt gleichem Sicherheitsniveau wie in der zu ersetzenden Norm andere γ_F -Werte anzuwenden.

Damit ist es nun auch im Stahlwasserbau möglich, Kombinationslastfälle (Bemessungssituationen) gruppenweise mit denselben Teilsicherheitsbeiwerten zu bilden.

E DIN 19704-1:2012-05, Auszug:

Tabelle 5 — Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die Einwirkungen auf Stahlkonstruktionen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ohne Ermüdung)

Nr.	Einwirkungen	Lasten	Siehe Abschnitt	Bemessungssituation		
				Ständig ^a	Vorübergehend ^a	Außergewöhnlich ^{a b c}
1	ständig	Eigenlasten	5.1	$\gamma_F = 1,35$		
2	veränderlich	Hydrostatische Einwirkungen	5.2.1	$\gamma_F = 1,35$	$\gamma_F = 1,25$	$\gamma_F = 1,10$
3		Hydrodynamische Einwirkungen	5.2.2			
4		Wasserlast	5.2.3			
5		Änderungen der Stützbedingungen	5.2.8			
6		Eisauflast	5.2.4			
7		Verkehrslast	5.2.6	$\gamma_F = 1,50$		
8		Massenkräfte	5.2.7			
9		Eisdruck, Eisstoß	5.2.5			
10		Temperatureinflüsse	5.2.9			
11		Schiffsreibung	5.2.10			
12		Einwirkungen bei Transport-, Montage- und Instandhaltungszuständen	5.2.14			
13		außer gewöhnlich	Leckwerden von Luftkammern	5.3.1		
14	Lastweiterleitung von Stoßschutzeinrichtungen		5.3.2			
15	Einwirkungen des Antriebs im Störfall		5.5			

^a Veränderliche Einwirkungen sind als gleichzeitig auftretend nach Vorgabe des Auftraggebers nur zu berücksichtigen, wenn ihr Zusammentreffen möglich ist.
^b Von den außergewöhnlichen Einwirkungen Nr. 13 bis Nr. 15 braucht immer nur eine berücksichtigt zu werden.
^c Gegebenenfalls vom Auftraggeber vorzugebende weitere Einwirkungen siehe 5.4.

Große Bedeutung haben die Gebrauchstauglichkeitsnachweise als Bestätigung der Funktionsfähigkeit einer Anlage des Stahlwasserbaus. Hier geht es um die Berücksichtigung tatsächlich auftretender physikalischer Zustände bei Nachweisen für Dichtheit, z.B. Dichtprofile unter Anpressdruck oder die Lagesicherheit, wie nachstehendes Beispiel zeigt.

Bei einem Klappenwehr mit fester Drehachse gilt es sicherzustellen, dass die Resultierende der Einwirkungen bei allen Belastungssituationen noch mit genügendem sich aus den aufnehmbaren Pressungen herleitendem Abstand zu den Rändern durch die Kontaktfläche geht.

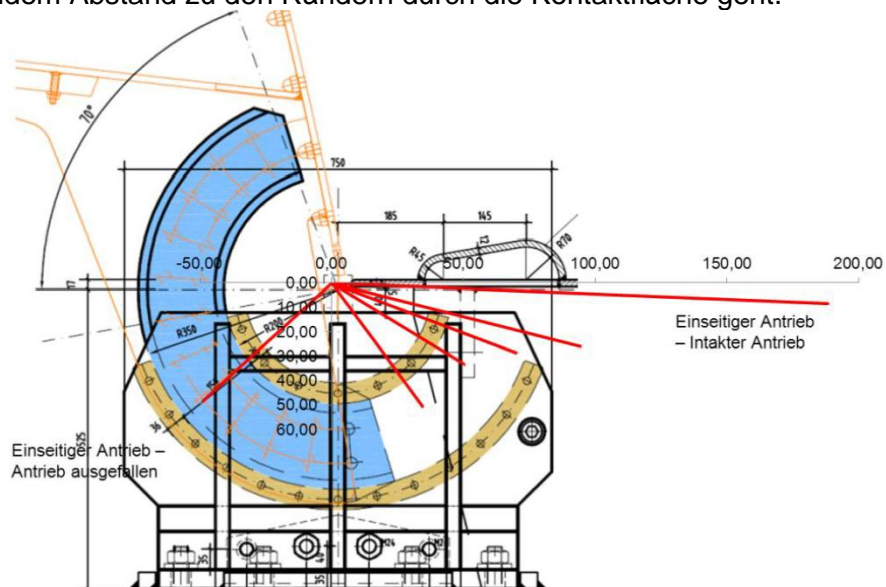


Abb. 9: Drehsegmentlager eines Klappenwehres, Lage der Resultierenden

Ist das nicht der Fall, kann es zur Beschädigung der Lagerfläche und Folgeschäden aus erhöhtem Reibwiderstand kommen.

Besonders heikel sind Drehsegmentlager bei Aufsatzklappen wegen der den stellungsabhängigen Verschiebungen folgenden Abweichungen der Drehachse von einer Geraden. Es ist außer einer gebrauchstauglichen Konstruktion eine hohe Fertigungs- und Montagegenauigkeit erforderlich.

Beim im Betrieb befindlichen Schiffshebewerk in Niederfinow wird der Spalt zwischen Trog und Kanal durch Längsverschiebung des Andichtungsrahmens überbrückt (s. Abb. 10). Geringfügige Abweichungen der Parallelität von Trog- und Kanalquerschnitt können durch die federnd gelagerten Antriebe ausgeglichen werden. Größere Abweichungen, wie für den im Bau befindlichen Neubau erwartet, erfordern auch Drehungen beim Verschieben des Andichtungsrahmens.

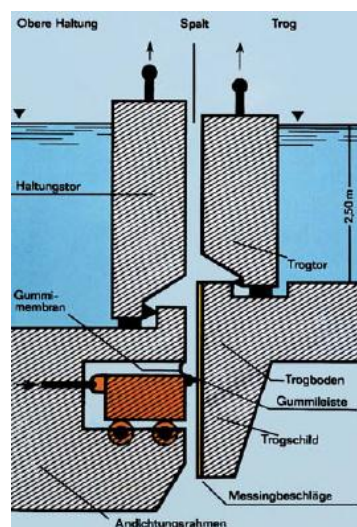


Abb. 10: Schema des Dichtungssystems (Quelle: www.wsa-egerswalde.de)

Der Zusammenhang von Nachweisen, Berechnungen und Konstruktion zwischen denen für die **Tragkonstruktionen**, dem **Maschinenbau**, der **Antriebstechnik** und der **Elektrotechnik und Steuerung (E/MSR)** ist in den vorgenannten Regelwerken dargelegt (s.u., aus z.B. [1]).

ZTV-ING Teil 9 Bauwerke, Abschn. 2 Bewegliche Brücken (Inhalt, Auszug):

Ziff.	Inhalt	Ziff.	Inhalt
8	Nachweise für die Tragkonstruktionen	10	Berechnung und Konstruktion
8.1	Allgemeines	10.1	Beweglicher Überbau
8.2	Einwirkungen	10.1.1	Fahrbahnübergänge
8.2.1	Ständige Einwirkungen	10.1.2	Gewichtsausgleich
8.2.2	Quasi-ständige Einwirkungen	10.1.3	Tariergewichte
8.2.3	Veränderliche Einwirkungen	10.2	Maschinenbau
8.2.4	Außergewöhnliche Einwirkungen	10.2.1	Rauheiten
8.2.5	Herstellungs-, Montage-, Auswiege- und Reparaturzustände	10.2.2	Gelenklager
8.3	Nachweis der Tragfähigkeit	10.2.3	Puffer
8.4	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	10.2.4	Verriegelungen
9	Nachweise für die Maschinenkonstruktionen	10.3	Antriebstechnik
9.1	Einwirkungen	10.2.1	Antriebsmotoren
9.2	Antriebsleistung	10.3.2	Seiltriebe, -rollen und -trommeln
9.3	Betriebsdrücke ölhydraulischer Antriebe	10.4	Elektrotechnik und Steuerung
9.4	Nachweis der Tragfähigkeit		
9.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit		

4 Baudurchführung

4.1 Koordination

Nach vorzugsweise Beschränkter Ausschreibung nach Öffentlichem Teilnahmewettbewerb (VOB/A § 3) und dringend empfohlenen Aufklärungsgesprächen (VOB/A § 15) sind Auftraggeber und Auftragnehmer (im Allgemeinen eine Arbeitsgemeinschaft) nunmehr in der gleichen Situation wie die Objekt- und Fachplanung, ein komplexes Bauwerk mit Beteiligung verschiedener Fachrichtungen und auch unterschiedlichster vertraglicher Bindung untereinander zu erstellen.

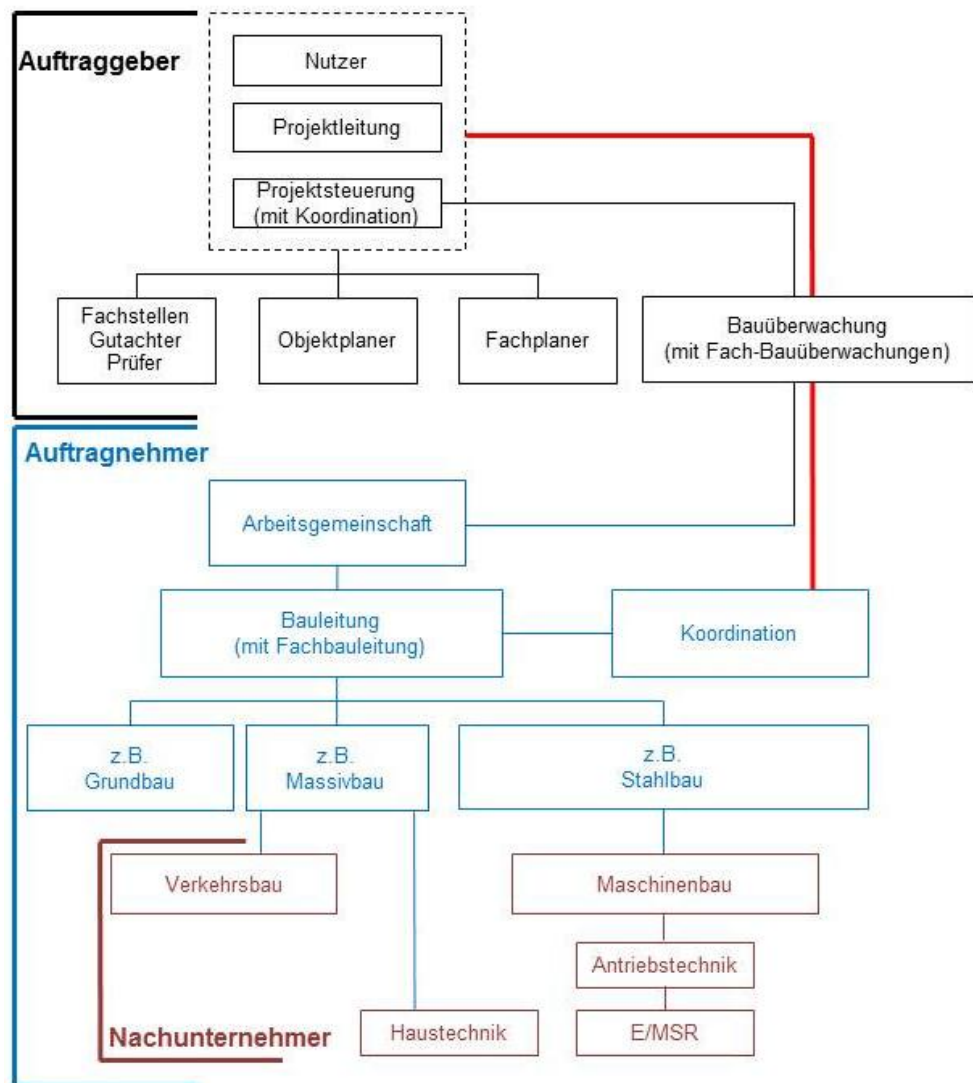


Abb. 11: Organigramm, Beispiel

Das geht nur über die fachliche Bündelung durch einen Koordinator auf der Auftragnehmerseite, empfehlenswert auch für den Auftraggeber zur Koordination von Prüfern, Sachverständigen und Fachbauüberwachungen. Aus diesem Grund fordert auch die ZTV-ING einen Koordinator. Leider ist es überwiegend üblich, diesem Anspruch nur formal zu genügen, so dass man sich nicht wundern muss, wenn in Bausitzungen zu fällende notwendige Entscheidungen durch Beiträge von „Ingenieuren mit Rechtsansichten“ blockiert werden. Der Koordinator ist direkt der Projektleitung zuzuordnen, mit direktem Kontakt zur Bauüberwachung bzw. Oberbauleitung. Die Bauüberwachung benötigt die Hilfe von Fachbauleitern (Gründung, Druckluftarbeiten, Maschinenbau usw.).

Ein Organigramm zu den Entscheidungsabläufen, besonders den Planlauf zur Beurteilung der durch den Bauherrn zur Ausführung freizugebenden Unterlagen, ist unabdingbar.

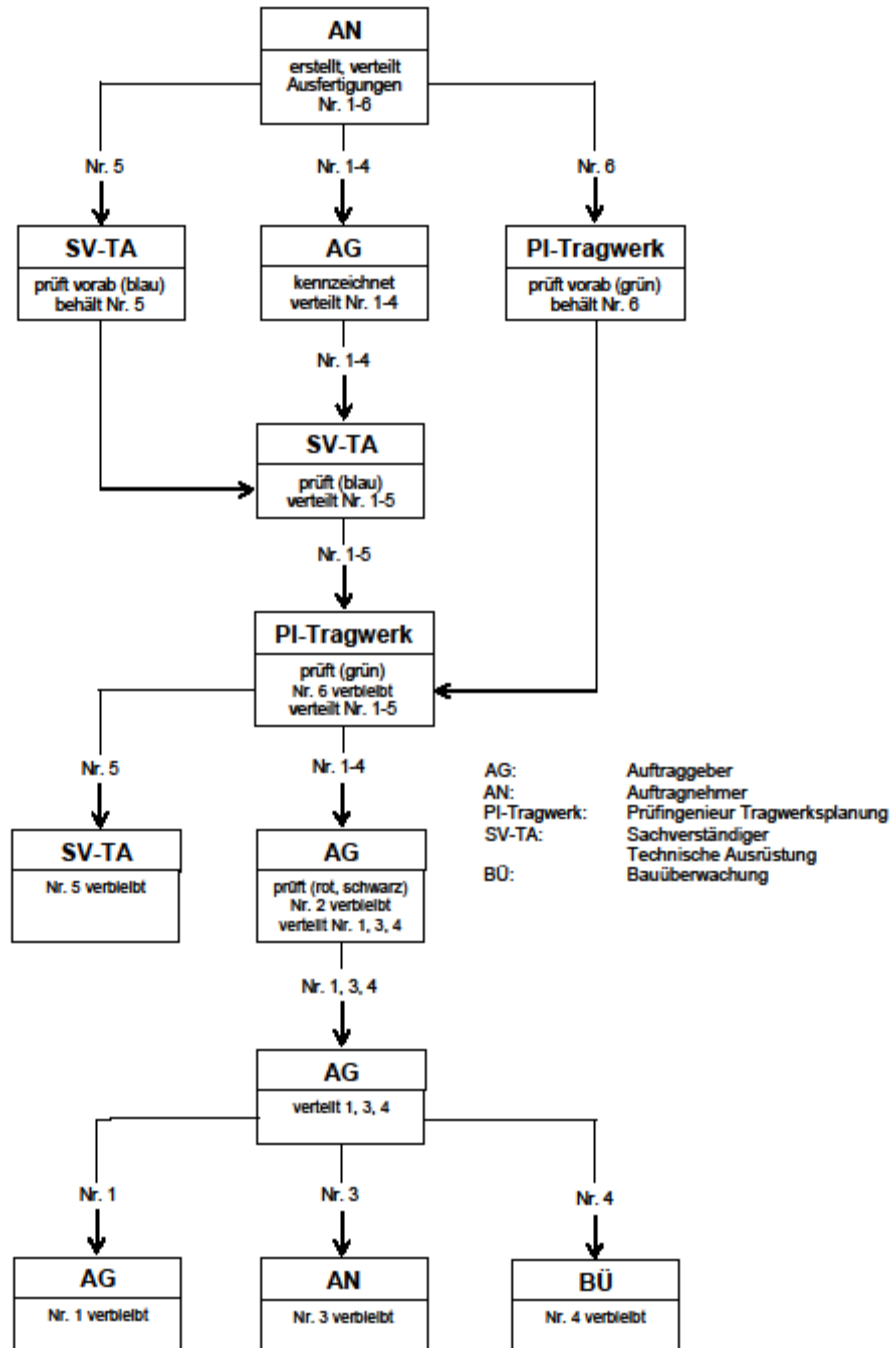


Abb. 12: Planlauf, Beispiel

4.2 Ausführung

Da der Auftragnehmer verpflichtet ist, zum Zeitpunkt der Abnahme ein den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechendes Bauwerk abzuliefern, ist es normal, dass Überarbeitungen der Ausschreibungsunterlagen auch während der Baudurchführung anstehen. Auch partielle Neuplanungen sind üblich. Wenn es sich nicht gerade um einen häufig bei bewährten Bauwerken des Geräte-

und Stahlwasserbaus üblichen Nachbau handelt, führt gerade erst die aus unterschiedlichen Erfahrungen gespeiste Diskussion bei den im öffentlichen Raum stehenden und städtebaulich als Solitär begriffenen, beweglichen Brücken zu einem befriedigenderen Ergebnis, als das bei Beharren auf der ausgeschriebenen Planung der Fall wäre. Persönliche Empfindlichkeiten sind bei dem Ringen um die beste Lösung fehl am Platz.

Der planende Ingenieur muss auch hinnehmen, wenn städtebauliche, architektonische oder andere öffentlichkeitswirksame Absichten den reinen Zweck eines Bauwerks, z.B. der Querung eines Gewässers, überdecken.



Abb. 13: Dreifeld-Faltbrücke über die Hörn, Kiel (Entwurf gmp/SBP)

Entscheidend für Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks, letztlich also für die Verfügbarkeit, ist der verträgliche Übergang in der Konstruktion vom Massivbau zum Stahlbau und weiter zum Maschinenbau. Die Gewerke für sich unterliegen auf sie abgestimmten Anforderungen an Toleranzen ihrer Ausführung. Im Zusammenhang aller Gewerke sind die Anforderungen an die Beweglichkeit (Bewehrungsapparat) und an die Übergänge zwischen festen und beweglichen Teilen (Übergabe des Förderguts, Fahrbahn- und Schienenübergänge, Dichtlinien) maßgebend, also überwiegend die Toleranzen des Maschinenbaus.

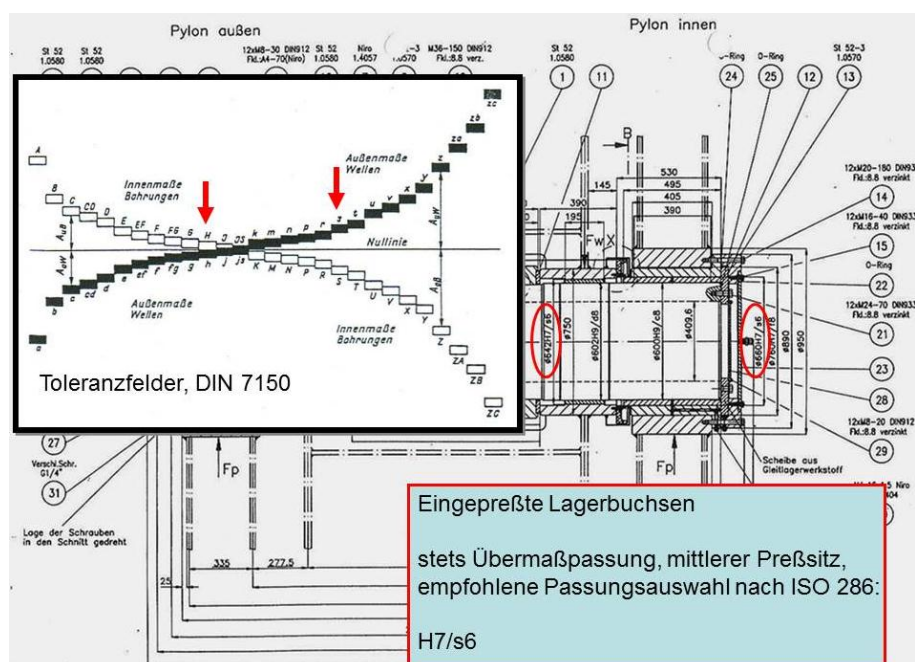


Abb. 14: Passungspaarungen (Drehlagerbolzen, Durchmesser 600 mm)