

		Erreichbare gemittelte Rauheitswerte $R_a$ in $\mu\text{m}$										Erreichbare arithmetische Mittelrauwerte $R_a$ in $\mu\text{m}$																	
		0,04	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,63	0,80	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10	12,5	16	20	25	31,5
Urformen	Sandformgießen																												
	Kokillengießen																												
	Druckgießen																												
	Gesenkgeschmieden																												
Umformen	Tiefziehen																												
	Fließpressen, Strangpressen																												
	Längerdrehen																												
	Querdrehen																												
	Hobeln																												
	Stoßen																												
	Schaben																												
	Bohren																												
	Aufbohren																												
	Reiben																												
Treiben	Fräsen																												
	Räumen																												
	Fellen																												
	Rund-Längschleifen																												
	Rund-Platenschleifen																												
	Flaschschleifen																												
	Polierschleifen																												
	Langhubbohren																												
	Läppen																												
	Brennschneiden																												

Die in den Tabellen angegebenen Werte sind Orientierungs- und Erfahrungswerte. Die unteren Werte der jeweiligen Bereiche der erreichbaren Rauheitswerte  $R_a$  dürfen nicht als obere Grenzwerte in einer Zeichnungsangabe verwendet werden. Soll ein bestimmter  $R_a$ - oder  $R_z$ -Wert vorgeschrieben werden, so muss dies durch Rauheitsangaben nach DIN ISO 1302 geschehen.

Abb. 15: Oberflächengüte

### Oberflächengüte

- Welligkeit
- Rauheit ( $R_a$ ,  $R_z$ )

Bohrungen  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$ Bolzen  $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ Kolbenrohr  $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ Kolbenstange  $R_a = 0,3 \mu\text{m}$ 

Die Anforderungen der Regelwerke des Beton- und des Stahlbaus, orientiert an den nur begrenzt möglichen Fertigungsgenauigkeiten, erfordern Übergangselemente, wie auszuspendelnde Stahlbauteile und Buchsen bei Drehlagern oder auch spezielle Konstruktionen wie teleskopierbare Bandbrücken oder Spannvorrichtungen bei Gurtförderern und Fingerübergänge oder mechanische Schienenauszüge bei beweglichen Brücken.



Abb. 16: Übergänge Leitplanke, Fahrbahn, Gleis

Alle dazu erforderlichen Einrichtungen müssen austauschbar oder/und nachstellbar sein.

Auch hier bedarf es allgemein der Koordination der Ansprüche aus unterschiedlicher Nutzung und im Besonderen der Anwendung der Ingenieurvermessung, zweckmäßig, zur Garantie eines durchgängigen Standards, durch Einsatz nur eines Unternehmens mit immer denselben Messinstrumenten für alle Gewerke.

<b>Ingenieurvermessung</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amtliche Netze</li> <li>• Sondernetze</li> </ul>	
<b>cm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tragwerk               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brückenklappe</li> <li>• Waagebalken</li> </ul> </li> </ul>	<b>Objektbau (Arge)</b>
<b>mm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsapparat               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gelenkviereck</li> <li>• Drehachsen</li> <li>• Fahrbahnübergang, Schienenauszug</li> <li>• Antrieb</li> </ul> </li> </ul>	<b>Stahlbau (Arge-Partner oder NU)</b>
<b>µm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberfläche               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buchsen</li> <li>• Gelenklager</li> <li>• Bolzen</li> </ul> </li> </ul>	<b>Maschinenbau (mehrere NU)</b>

Abb. 17: Toleranzbereiche, gewerkeabhängig (bewegliche Brücke)

Wenn es, wie bei der Drehbrücke in Bremerhaven (Planung WTM/nps/SP), der Stahlbaufertigung gelingt, der Planungsvorgabe nach Tragwirkung der gesamten Stahlkonstruktion des Überbaus zu genügen, kann auf das Heben der Brücke vor Beginn der Drehbewegung verzichtet werden. Die Verschiebungsdifferenzen an den Übergängen zu den festen Brücken können dann allein durch die Querkraftverriegelungen ausgeglichen werden.



Abb. 18: Hafendrehbrücke Bremerhaven, Tragwerk, Bauzustand

### 4.3 Inbetriebsetzung, Probetrieb und Inbetriebnahme

Meilensteine der Bauausführung sind **Fertigungs- und Werksabnahmen**, die durch den Auftragnehmer zu erfolgende **Inbetriebsetzung**, der darauf folgende **Probetrieb** und die **Funktionsprüfung** sowie abschließend die **Abnahme** mit Übernahme des Bauwerks durch den Auftraggeber, der dann verantwortlich mit dem von ihm gestellten Personal das Bauwerk in Betrieb nehmen kann (**Inbetriebnahme**).

Die Bauüberwachung hat in Folge ihrer Mitwirkungspflicht oder -obliegenheit (VOB/B §§ 3 und 4) den Ablauf vorausschauend zu begleiten. Anders sind Kenntnisse zur Beurteilung der Notwendigkeit von Anordnungen nicht zu erlangen. Dazu gehören auch eigene Messungen.

Alle Vorschriften für bewegliche Stahlbauten enthalten Hinweise für die Überwachung des Bauablaufs. Weitere detaillierte Angaben sind in DVWK, Merkblätter zur Wasserwirtschaft [17] enthalten.

Ein wesentliches Überwachungselement ist die **Technische Abnahme** (VOB/B § 4 Nr. 10). Sie ist immer dann notwendig, wenn durch den jeweils nächsten Ausführungsvorgang der davorliegende nicht beurteilt werden kann oder nur mit großem Aufwand veränderbar ist. Besondere Wichtigkeit hat die Technische Abnahme bei der Überwachung der Fertigung von nicht zertifizierten Zukaufteilen (z.B. Elementen der Antriebstechnik).

Im **Probetrieb** sind alle für den Betrieb der Maschine notwendigen Einrichtungen einzustellen und zu erproben. Auch ihr Ausfall muss getestet werden.

Dabei kann es immer noch zu Korrekturen, besonders der Überwachungseinrichtungen, kommen, die sich im Probetrieb als eigentlicher Grund einer Störung, und nicht der zu überwachende Vorgang, herausstellen. Aber auch Unzulänglichkeiten der Tragwerksplanung werden offenbar. So kann eine Lagemessung an einem Schienenstoß zu einer Fehlermeldung führen, die allein aus unterschiedlichen Durchsenkungen des Tragwerks am Stoß herrührt. Dieser ist zwar inhärent sicher ausgelegt, entspricht aber nicht dem Anspruch auf Gebrauchstauglichkeit.



Abb. 19: Bahnbrücke, Schienenhöhenüberwachung

Bei beweglichen Straßenbrücken gibt es die aus der Nutzung auch als feste Brücke abgeleitete Regelung, dass die vorzeitige Nutzung in der verriegelten Verkehrslage nicht als Abnahme im Sinne der VOB gilt (s. [1], Ziff. 12.6 Abs. 1).

## 5 Betrieb

Bewegliche Bauwerke (Maschine nach MRL) sind ausschließlich von für die spezielle Aufgabe ausgebildetem Personal zu bedienen.

Wichtigstes Arbeitsmittel des Bedienungspersonals sind das Betriebshandbuch und die Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen.

Die **Überwachungseinrichtungen** umfassen die Kontrolle der Steuerungselemente, wie Aktoren und Sensorik, und dienen der Überwachung des Umfelds, z.B. durch Videokameras.

Im **Betriebshandbuch** sind die durch die Prozesssteuerung ausgeführten Betriebsarten, alle Wartungsarbeiten und -zyklen mit Angaben zu Verschleißteilen einschließlich mittlerer Nutzungsdauer und besondere Werkzeuge aufzuführen. Handlungsanweisungen bei Störungen sind dort ebenso anzugeben wie Verhaltensregeln im Gefahrenfall.

Die **Ausbildung** des Personals hat nach Abschluss der Baumaßnahme durch Einweisung in die Maschine und durch Schulung am Steuerungsprogramm zu erfolgen. Dabei müssen außer der Handhabung des Steuerungsprogramms im alltäglichen Automatik- und Halbautomatikbetrieb auch Störungssituationen geübt werden. Es muss zwischen Störungen unterschieden werden, die durch Quittierung einmalig umgangen (Bagatellstörungen) oder sogar selbständig vom Bedienpersonal behoben werden können und solchen, die Spezialisten vorgestellt werden müssen.

Externe Spezialisten sind über langfristige Verträge, vorzugsweise einschließlich Rufbereitschaft, zu binden.

In der Regel hat die Bedienung von einem Standort direkt am Bauwerk aus zu erfolgen, in Ausnahmen auch durch Fernbedienung von einer ortsfernen Einrichtung aus. Die Entscheidung für eine Fernbedienung darf nicht allein aus Gründen zur Einsparung von Personalkosten getroffen werden, sondern erst nach Abwägen der Vorteile, z. B. Konzentrierung der Steuerung und Überwachung ähnlicher Anlagen in einer Bedieneinheit (Steuerstand), gegenüber den Nachteilen in Folge ortsfernen Personals. Davon zu unterscheiden ist die Fehlerdiagnose durch Einsicht in die Abläufe und Aufzeichnungen aus der Ferne zur Vorbereitung der stets vor Ort durchzuführenden Störungsbeseitigung oder Fehlerbehebung einschließlich Tests, Funktionsprüfung und Abnahme.



Abb. 20: Steuerstand mit Mosaiktableau, Visualisierung, Videoüberwachung

Bei Altanlagen war die Steuerung der Abläufe über ein Mosaiktableau üblich, während heute die Bedienung in der Regel über einen PC mit Visualisierungsoberfläche erfolgt. Die Abfolge der Bedienung wird auf dem Bedienpult über die Anordnung der Schalter des Mosaiktableaus „begrifflich“ vorgegeben. Visualisierungsprogramme bilden das auf dem Bildschirm ab und ermöglichen darüber hinaus über zusätzlich anwählbare Menüs eine Vielzahl von Informationen. Welcher Umfang dem Bedienungspersonal außer den ausschließlich für die Bedienung notwendigen Informationen zugemutet werden soll und kann, ist sorgfältig abzuwägen.

Beliebt sind beim Bedienungspersonal wegen der auf das Allernötigste beschränkten Funktionen die für Wartungsarbeiten unerlässlichen Handsteuergeräte.



Abb. 21: Handsteuergerät (falsche Beschriftung NOT-AUS, richtig NOT-HALT)

Die für die Funktion der Anlage maßgebenden Parameter der Prozesssteuerung sind dem Steuerungsprogramm in einer Parameterliste voranzustellen. Änderungen hieran dürfen nur von eigens dafür Bevollmächtigten innerhalb der genehmigten Grenzwerte vorgenommen werden, Eingriffe in die Prozesssteuerung nur von Sachkundigen. Alle Prozessdaten und weiteren anlagenspezifischen Messwerte sind zu erfassen und zur Dokumentation zwecks weiterer Auswertung zu speichern.

Im Arbeitsbereich des Bedienungspersonals ist ein Ablaufplan in leicht verständlicher Form (Blockdiagramm) mit Angabe der hauptsächlichen Abfolgen von mechanischen Vorgängen und Steuerungsschritten anzuordnen, gegebenenfalls auch ein Hydraulikschaltplan mit Angabe der Einstellwerte.

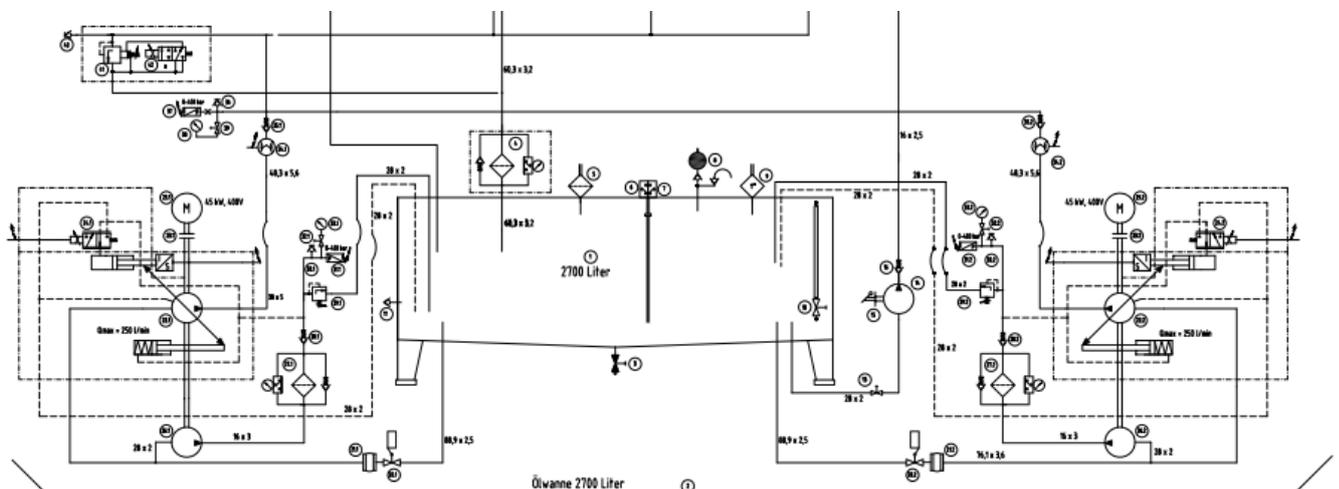


Abb. 22: Aushang Hydraulikschaltplan, Auszug (Tank, Pumpen, Motor, Abgänge)

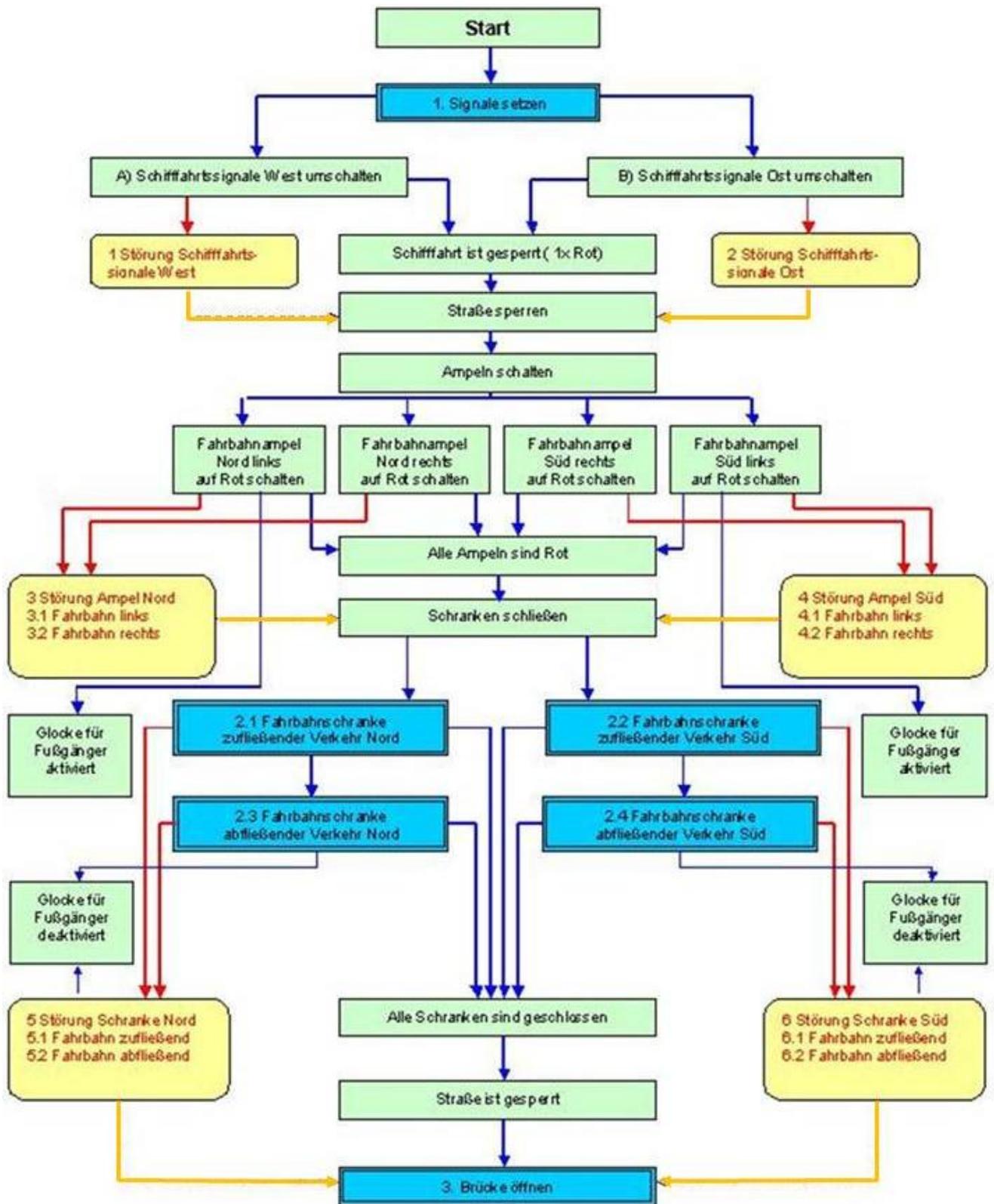


Abb. 23: Aushang Ablaufplan des Steuerungsablaufs als Blockdiagramm, Auszug Klappbrücke, Vorgang Öffnen (Automatikbetrieb/blau, Bagatelstörungen/gelb)

## 6 Instandhaltung

### 6.1 Übersicht

Die unterschiedlichen der Instandhaltung (auch Revision oder Unterhaltung, s. Abb. 24) des Bauwerks dienenden Handlungen sind u.a. in [17] für den Stahlwasserbau unter Rückgriff auf DIN 31051, Grundlagen der Instandhaltung, 2012-09 [18] übersichtlich dargelegt. Dort wird statt Modernisierung der Begriff Verbesserung verwandt und als zur Instandhaltung zugehörig definiert.

Begriffe	Definitionen	Bemerkungen
1. Inbetriebsetzung	Herstellen und Prüfen der Funktionsfähigkeit der Anlagenteile.	Hierfür ist der Auftragnehmer verantwortlich.
2. Probebetrieb	Prüfen und Nachweisen der Funktionsfähigkeit der Anlage.	Der Probebetrieb endet mit der Abnahme durch den Betreiber.
3. Inbetriebnahme	Bereitstellen der funktionsfähigen Anlage.	Nach der Abnahme beginnt der Betrieb und das Betriebsrisiko geht auf den Betreiber über.
4. Instandhaltung *)	Feststellung und Beurteilung des Istzustandes sowie Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes.	Die Instandhaltung umfaßt die Maßnahmen, die in zeitlich logischer Aufeinanderfolge aufgeführt sind: Wartung, Inspektion und Instandsetzung.
4.1 Wartung	Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes.	Die Maßnahmen beinhalten: Erstellung eines Wartungsplanes, Vorbereitung, Durchführung, Rückmeldung.
4.2 Inspektion	Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes. Die Inspektion erfolgt durch Überwachung und Prüfung.	Die Maßnahmen beinhalten: Erstellung eines Inspektionsplanes, Vorbereitung, Durchführung, Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse, Folgerungen.
4.2.1 Überwachung	Kontrolle der Anlage ohne größere Hilfsmittel.	
4.2.2 Prüfung	Untersuchung der Anlage unter Benutzung aller erforderlichen Hilfsgeräte.	
4.3 Instandsetzung	Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes.	Ausgangssituation: Bauteil ist nicht mehr funktionsfähig.
5. Modernisierung	Gesamtheit aller Maßnahmen, um die Anlage auf den Stand der Technik zu bringen.	

Auf DIN 31 051 „Instandhaltung, Begriffe und Maßnahmen“ wird ergänzend hingewiesen.

\*) Instandhaltung wird mitunter auch als Revision bezeichnet. Im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wird aus wasserwegerechtlichen und haushaltsrechtlichen Gründen statt Instandhaltung der Begriff Unterhaltung benutzt.

Abb. 24: Begriffe, u.a. Instandhaltung ([17], Auszug)

Für andere bewegliche Stahlbauten gelten ähnliche Vorschriften, so u.a. Regelwerke der Berufsgenossenschaften für Krane und Großgeräte (zu Prüfungen s. [19], [20]) und die ZTV-ING für bewegliche Straßenbrücken ([1] Ziff. 13, verbindliche Regelungen zur Wartung und Anhang D, Hinweise zu den Ersatzteilen). In [1] sind auch praxisgerechte Angaben über die mittlere Nutzungsdauer von Komponenten der Technischen Ausrüstung angegeben.

Für alle beweglichen Stahlbauten gilt, dass Wartungs- und Inspektionspläne sowie Listen über vorzuhaltende Ersatzteile in Abstimmung zwischen den am Bau Beteiligten zu erstellen sind. Sie sind Grundlage der Verträge zur Wartung und weiterer zyklischer Handlungen, die außerdem stets vom

Auftraggeber überwacht und abgenommen werden sollten. Wartungs-, Inspektionspläne und Ersatzteillisten müssen hinsichtlich des tatsächlichen Zustands des Bauwerks und des erforderlichen Erhaltungsstands fortgeschrieben werden. Eine gute Orientierung zur Erstellung von Leistungskatalogen und Verträgen zur Wartung und Inspektion, direkt anwendbar allerdings nur auf kleinere Anlagen, gibt [21].

## 6.2 Durchführung

Typisch für **Wartungsarbeiten** ist, dass sie im Wesentlichen der Pflege der Maschine dienen, somit in kurzen Zeitabständen anfallen und in der Regel durch das Bedienungspersonal erfolgen können (Sichtkontrollen, Reinigung, Nachschmierung, Austausch von Betriebsstoffen usw.).



Abb 25: Wartung einer Verriegelung

Die Feststellung und Beurteilung des Zustandes der Anlage durch Spezialisten (Sachkundige, aus begründetem Anlass auch Sachverständige) wird als **Inspektion** bezeichnet.

Die einzelnen Schritte haben einem unter Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften und den allgemein anerkannten Regeln der Technik aufzustellenden Inspektionsplan zu folgen. Es ist zu beachten, dass programmgestützte Bestandsaufnahmen und Beurteilungen, z.B. im Sinne von RI-EBW-PRÜF [24] oder über WSVPruf [25], noch nicht in ausreichendem Maße für bewegliche Bauwerke vorliegen, so dass umfangreiche Ergänzungen durch den Aufsteller erforderlich sind. Im Besonderen gilt das für die Klassifizierung der Schäden der Technischen Ausrüstung.



Abb. 26: Schaufelradbagger (aus Gutachten, Ersteller SP)

Bei Großgeräten des Tagebaus umfasst die Inspektion als Jahreshauptuntersuchung zunächst die Feststellung der Identität des Gerätes anhand des Prüfbuches, weiter Funktionsprüfungen der elektrischen Betriebsmittel und die Zustandserfassung der Begehungen, Lastaufnahmemittel, Seile, Schwenk- und Hubwerke sowie des Tragwerks und des Fahrwerks. Insbesondere die dynamisch hoch beanspruchten Bauteile und Bauteile mit einer ungünstigen Kerbfalleinstufung müssen sorgfältig auf Risse geprüft werden. Der Zugang zu diesen Bauteilen muss, falls erforderlich, durch Gerüste o.ä. ermöglicht werden.



Abb. 27: Schaufelradbagger, Einsturz nach Reparatur (aus Gutachten, Ersteller SP)

Abb. 26 und 27 zeigen denselben Schaufelradbagger, den ein am aufgehenden Rahmen unbemerkter Ermüdungsriß zum Einsturz brachte (kein Personenschaden). Der Riss hatte seinen Ursprung am Ende einer Verstärkungsrippe, deren Anschluss bei ohne Gerüst durchgeführten Inspektionen nur unzureichend aus der Ferne begutachtet werden konnte.

Schwer zugängliche Konstruktionen verhindern sowohl eine fachgerechte Wartung als auch die für eine Inspektion erforderliche Zugänglichkeit. Dadurch kommt es stets zu Auffälligkeiten im Betrieb, die nur über eine **Instandsetzung** beseitigt werden können. Ganz besonders gilt das für unsachgemäß verwandte sogenannte wartungsfreie oder wartungsarme Lager. Hier hilft außer dem Tausch des Lagerkörpers nur eine schon anfängliche Einrichtung zur Zuführung eines Trennmittels (Schmierung) zum Erhalt der Notlaufeigenschaft.



Abb. 28: Austausch Gleitlager, Buchse mit zerstörter Gleitfläche

Unter Instandsetzung fallen auch der planmäßige Austausch von funktionsrelevanten Bestandteilen (Schlauchleitungen, Filterelemente, Lager, Dichtungen, E/MSR-Komponenten) und die Ausbesserung des Korrosionsschutzes. Beeinträchtigungen der Lebensdauer von Ersatzteilen durch Alterung schon ab ihrer Herstellung, z.B. bei Schlauchleitungen und Dichtungen, sind zu beachten.

Eine **Verbesserung (Modernisierung)** mit dem Ziel einer besseren Zugänglichkeit kritischer Stellen durch Veränderung der Konstruktion ist oft nicht oder nur mit umstrittenen Auswirkungen auf das Erscheinungsbild des Bauwerks zu erreichen, bleibt aber zur Erhaltung der Funktionstauglichkeit bei möglichst geringer Einschränkung der Verfügbarkeit unabdingbar.

Die Zugstangendrehlager der abgebildeten Klappbrücke konnten ohne aufwändige Hilfsmittel weder gewartet noch durch Abnahme der Lagerabdeckungen fachgerecht inspiziert werden, so dass die Lagerkörper (an sich als wartungsfrei ausgewiesen) schadhft wurden und ausgewechselt werden mussten.



Abb. 29: schadhftes Drehlager, Wartungspodest

Das nachträglich fest installierte Wartungspodest ermöglicht nun dem Bedienungspersonal die vorgeschriebene Wartung einschließlich der Abnahme des Lagerdeckels zur Schmierung.

Verbesserungen verlangt auch die **Erhaltung des Standes der Technik**. Das gilt besonders für neue Erkenntnisse zur Unfallverhütung und veränderte Sicherheitsstandards, zur Energieeinsparung und Erfüllung weiterer gesetzlicher Anforderungen, aber auch bei Auslauf von Produktreihen.



Abb. 30: Seil-Hubwerk, Faltbrücke, Detail

Die **Instandhaltung** der Drahtseile des Hubwerks der Faltbrücke in Kiel (s. Abb. 13 und 30) umfasst die jährliche **Wartung** durch Säubern und Schmieren, dazu häufigere Sichtprüfungen, die **Inspektion** in zweijährigem Abstand mit elektromagnetischen Seilprüfung und die **Instandsetzung** durch Austausch des Drahtseiles nach Erfordernis.

Eine **Verbesserung** (Modernisierung) zwecks Minderung der hohen Unterhaltungskosten würde sich z.B. durch größere Umlenkrollen ergeben. Die Abstände der elektromagnetischen Seilprüfung könnten vergrößert werden. Die Nutzungsdauer bis zur Ablagereife der Seile würde sich erhöhen.

Zu welcher verheerenden Unfällen eine ungenügende Instandhaltung führen kann, zeigt Abb. 31. Die Verankerung einer Seilzugvorrichtung in einem Theater hatte sich unbemerkt gelockert und versagte während eines Hubvorgangs (vergleichbar dem Heben eines Eisernen Vorhangs), zum Glück ohne Personenschaden.



Abb. 31: Theaterbau, Unfall Bühnentechnik

Auch bühnentechnische Einrichtungen gehören zu den beweglichen Stahlbauten. Es wird auf die umfangreiche Literatur dazu verwiesen (Hinweise u.a. in [22] und 23]).

## 7 Hinweise

Planung, Baudurchführung, Betrieb, Instandhaltung und Modernisierung beweglicher Bauwerke (beweglicher Stahlbauten), Maschinen im Sinne der in nationales Recht umgesetzten im europäischen Wirtschaftsraum (EWR) geltenden Maschinenrichtlinie, erfordern zwingend die Koordination der beteiligten Gewerke, im Wesentlichen Stahlbau, Maschinenbau und Elektro- und Steuerungstechnik (E/MSR). Hier sind zur der Planung und während des Baus von Fördergeräten, beweglichen Brücken und Stahlwasserbauten vor allem Objekt- und Tragwerksplaner des Bauingenieurwesens gefragt.

Funktion und Verfügbarkeit der Maschinen haben im Vordergrund aller Planungs- und Ausführungsschritte zu stehen. Daraus erwachsen besondere über das im Bauwesen übliche Maß hinausgehende Forderungen an die Einhaltung von Toleranzen.

Bewegliche Bauwerke müssen von geschultem Personal bedient und gewartet werden.

Folgende Liste, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, mag dem Planer hilfreich sein:

<b>Abfolge</b>	<b>Hinweise</b>
Klärung	Zweck und Funktionsweise der Maschine
	strenges Interview des Auftraggebers
Machbarkeitsstudie	Entscheid für eine grundsätzliche Lösung
Planungsgemeinschaft	Kompetenz, Personaleinsatz, Liquidität
Vorentwurf	Entscheid für eine Variante
Recherchen	Industriestandard
	Zukaufteile, Sonderanfertigungen
Entwurf	Erstellung <b>Unterlage A, Teil 1</b> : Grundlagenstatik, durch Tragwerksplaner
	Aufgabenstellungen für alle Gewerke
	<b>Unterlage A, Teil 2</b> : Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung
	Koordination und Zusammenführung der Einzelplanungen
Ausschreibung	Ausschreibungsreife ist nur mit Anteilen der Ausführungsplanung möglich
Vergabe	Aufklärungsgespräche
Ausführungsplanung	i.d.R. durch die ausführende Arbeitsgemeinschaft, gemäß Bauvertrag
	<b>Unterlage B, Teil 1</b> : Strukturmechanische Berechnungen
	Fortschreibung Unterlage A, Teil 2
	<b>Unterlage B, Teil 2</b> : Maschinentechnische Berechnungen
	<b>Unterlage B, Teil 3</b> : Elektrotechnik und Steuerung
	<b>Unterlage C</b> : Bedienungs- und Wartungsanweisungen
	Koordination der Fachplanungen
Prüfung der Ausführungsplanung und Freigabe zur Ausführung	
Baudurchführung	Benennung und Koordination von Fachbau- und Fachmontageleitungen
	Werksplanungen
	Technische Abnahmen
	Inbetriebsetzung
	Schulung des Bedienungs- und Wartungspersonals
	Probetrieb mit Funktionsprobe
	Abnahme
Betrieb	Wartungsvertrag und Beauftragung
	Inbetriebnahme
	Mängelansprüche, Verjährungsfristen
	Instandhaltung
	Verbesserung

## 8 Nachwort

Die Komplexität beweglicher Bauwerke ist offensichtlich, der Anspruch an Nutzer, Planer und Ausführende dadurch hoch, der Reiz, an diesen Bauwerken mitzuarbeiten, ebenfalls. Wie können Ingenieurinnen und Ingenieure diesem Anspruch gerecht werden?

Sicher nicht durch eine vorgebliche Generalkompetenz. Es wird Spezialwissen verlangt, wie es nur in den Studiengängen der einzelnen Ingenieurdisziplinen und nachfolgender langjähriger Praxis erworben werden kann. Darüber hinaus muss aber Interesse für das gesamte Ingenieurwesen vorhanden sein und gestärkt werden, damit daraus das für eine Kooperation notwendige Verständnis für andere Sichtweisen erarbeitet werden kann.

Hier besteht weiter eine große Aufgabe für die Lehre an den deutschen Hochschulen und für die Weiterbildung in Ingenieurbüros und ausführenden Firmen.

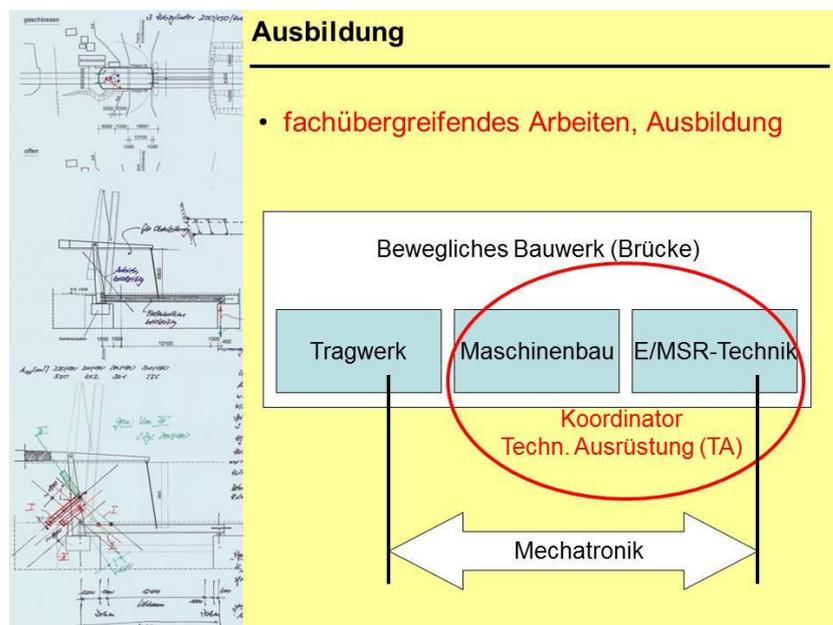


Abb. 32: Fachkenntnisse

Letztlich geht es um die Konkurrenzfähigkeit im internationalen Vergleich. National haben spezialisierte Ingenieurbüros dazu noch die Hürden der VOF-Verfahren, Referenzen, wirtschaftliche Daten und hohe Kosten der Teilnahme, zu überwinden. Hier hilft wohl nur der Zusammenschluss zu Bewerbungsgemeinschaften, mit nachfolgendem Mehraufwand für die Koordination in der Gemeinschaft sowie einem höheren Risiko durch gesamtschuldnerische Haftung. Ob die sich auch in Deutschland abzeichnende Entwicklung zur Konzentration von Ingenieurkapazität in großen Gesellschaften der Handlungsfähigkeit zuträglich ist, wird sich zeigen. Die vorausgegangene ähnliche Entwicklung bei den ausführenden Firmen gibt eher zu Zweifeln Anlass.

In der Aus- und Weiterbildung der Bauingenieure wird die MRL mehr berücksichtigt werden müssen. Sonst geraten die grundlegenden und ordnenden Beiträge der Tragwerksplaner gegenüber den Problemstellungen aus der Elektro- und Steuerungstechnik weiter in den Hintergrund. Von dieser Seite derzeit geforderte Simulationsberechnungen gehen deutlich an der Baupraxis vorbei. Allerdings müssen auch Bau- und Maschinenbauingenieure ihrem ursprünglichen Auftrag wieder nahe kommen: Finite-Elemente-Berechnungen, 3D-Visualisierungen und ein Klammern an Formalien aus den Regelwerken garantieren noch lange kein nachhaltig wirksames bewegliches Bauwerk.

## Literatur

(aufgeführt in der Reihenfolge der Erwähnung im Text)

- [ 1] ZTV-ING Teil 9 Bauwerke, Abschnitt 2 Bewegliche Brücken
- [ 2] H. Pfannmüller: Großgeräte in Braunkohlentagebauen, Vortrag Stahlbautag 1970
- [ 3] EC: Guide to application of the Machinery Directive, June 2010, jan.fraser@ec.europa.eu
- [ 4] Loerzer u.A.: Produktkonformität und CE-Kennzeichnung, Beuth
- [ 5] Klindt u.A.: Die neue EG-Maschinenrichtlinie 2006, Beuth
- [ 6] Kessels, Muck: Risikobeurteilung gemäß Maschinenrichtlinie, Beuth
- [ 7] Funktionale Sicherung von Maschinensteuerungen, www.dguv.de
- [ 8] Ostermann: Wesentliche Veränderung von Maschinen, www.maschinenrichtlinie.de
- [ 9] Schneider: Leitfaden zur Gefahrenanalyse von Anlagen der WSV, FVT-WSV
- [10] BG 60, Großgeräte in Braunkohlentagebauen Berechnungsgrundlagen, 12.2.1960
- [11] FEM Section II: Grundlagen zur Berechnung verfahrbarer Stetigförderer für Schüttgut, 1997
- [12] TGL 13472, Stahltragwerke der Tagebaugroßgeräte, 1984
- [13] DIN 22261, Bagger, Absetzer und Zusatzgeräte in Braunkohlentagebauen, Teile 1-6  
Teil 2: Berechnungsgrundlagen, 2006-12
- [14] DB-Systemtechnik: Klappbrückenstoß S54, Brücken Sande-Jever und Anklam, 2007
- [15] DIN 19704-1, Stahlwasserbauten - Teil 1: Berechnungsgrundlagen, 1998-05
- [16] Norm-Entwurf DIN 19704-1, Stahlwasserbauten - Teil 1: Berechnungsgrundlagen, 2012-05
- [17] DVWK: Betrieb von Verschlüssen im Stahlwasserbau, Merkblatt 249/1998
- [18] DIN 31051, Grundlagen der Instandhaltung, 2012-09
- [19] BGG 905, Prüfung von Kranen
- [20] BGR 500, Betreiben von Arbeitsmitteln
- [21] AMEV: Wartung, Inspektion ... in öffentlichen Gebäuden, 2006
- [22] VBG-Fachinformation, BGI 810-1, 2006, www.vbg.de
- [23] DTHG, Verordnungen, www.dthg.de
- [24] Ri EBW-Prüf, Richtlinie zur ... Bauwerksprüfung nach DIN 1076, 1998
- [25] WSVPruf, Programmsystem zur Dokumentation von Zustandsdaten, www.baw.de

## Weitere Quellen

- DEBRIV Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V., www.braunkohle.de
- Germanischer Lloyd SE, Bauvorschriften & Richtlinien, www.gl-group.com
- Hafentechnische Gesellschaft e.V., [www.htg-online.de](http://www.htg-online.de)
- PIANC Deutschland, BMVBS Ref. WS 12, www.pianc.org

## Bauwerke, Abbildungen

Alle erwähnten Neubauten mit Beteiligung des Büros DR. SCHIPPKE + PARTNER (SP).  
Alle Abbildungen, soweit nicht dort anders ausgewiesen, vom Autor.

## Autor

Honorarprofessor Dr.-Ing. Hans-Günther Schippke  
30169 Hannover, Hildesheimer Str. 15, [hannover@dr-schippke.de](mailto:hannover@dr-schippke.de)

Der Autor bittet Leser und Zuhörer um Mitteilung eigener Erfahrungen und weiterer Anregungen zur Fortschreibung dieses Textes, in der Hoffnung, dass jüngere Ingenieurinnen und Ingenieure davon profitieren können.