





Stahlwasserbau sowie Überwachungs- und Betriebstechnik bei Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren

 Handreichung für Planung, Ausführung und Betrieb



Baden-Württemberg

Stahlwasserbau sowie Überwachungs- und Betriebstechnik bei Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren

 Handreichung für Planung, Ausführung und Betrieb

HERAUSGEBER	<p>WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH Maximilianstraße 10, 76133 Karlsruhe LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe</p>
BEARBEITUNG	<p>WALD + CORBE Consulting GmbH, Hügelsheim GBI Gesellschaft Beratender Ingenieure mbH, Stuttgart Bau + Plan GmbH, München</p> <p>Projektbegleitend PG Stauanlagen Daniel Weinbrenner, Daniel Habekost; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Rainer Ell; Regierungspräsidium Karlsruhe Matthias Groteklaes; Regierungspräsidium Freiburg Andrea Bär, Eberhard Beck; Regierungspräsidium Tübingen Uta Felsen, Melchior Rettenmaier; Regierungspräsidium Stuttgart Carsten Scholz; Landratsamt Ludwigsburg Waldemar Ehrmann; Landratsamt Neckar-Odenwald-Kreis Josef Gentner, Marty Straßer; Landratsamt Ostalbkreis Helmut Schneider; Landratsamt Schwäbisch Hall Martin Gekeler; Vorflutverband Sulzbach/Eschbach Stefan Albinger, Harald Miksch; WBW Fortbildungsgesellschaft Bernd Karolus; LUBW</p>
BEZUG	<p>https://pd.lubw.de/10245</p>
STAND	<p>Oktober 2021</p>
SATZ & BARRIEREFREIHEIT	<p>Büro am Fluss GmbH, Wendlingen am Neckar</p>
AUFLAGE	<p>1. Auflage</p>
TITELBILD	<p>Hochwasserrückhaltebecken Bernau [LRA Rhein-Neckar-Kreis]</p>
ZITIERVORSCHLAG	<p>LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg., 2021): Stahlwasserbau sowie Überwachungs- und Betriebstechnik bei Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren</p>

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung der LUBW und WBWF unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



1	EINFÜHRUNG	8
1.1	Anwendungsbereich	8
1.2	Stahlwasserbau	9
1.3	Überwachungs- und Betriebstechnik	10
2	PLANUNGSLEISTUNGEN, PFLICHTEN UND PLANUNGSABLAUF	12
2.1	Grundlagen	12
2.2	Objektplanung Ingenieurbauwerke	13
2.3	Werkplanung Stahlwasserbauliche Anlagen und Antriebe	14
2.4	Fachplanung Tragwerksplanung	14
2.5	Fachplanung Technische Ausrüstung	14
2.6	Dokumentation	15
2.7	Kriterien für die Wahl des Verschluss- und Antriebstyps sowie des Materials	16
3	ANFORDERUNG AN BEMESSUNG, AUSFÜHRUNG UND QUALITÄT	18
3.1	Lastannahmen und Bemessungssituationen	18
3.2	Anforderungen an die Ausführungsqualität	19
3.3	Anforderungen an die konstruktive und bauliche Ausführung	20
4	ABNAHMEN, INBETRIEBNAHME UND GEWÄHRLEISTUNG	22
4.1	Werksabnahmen	22
4.2	Inbetriebsetzung, Funktionsprüfungen und Probebetrieb	22
4.2.1	Grundlagen	22
4.2.2	Inbetriebsetzung durch den Auftragnehmer	22
4.2.3	Trockenprüfungen (Funktionsprüfung)	22
4.2.4	Dichtheitsprüfung	22
4.2.5	Nassprüfungen (Funktionsprüfung)	23
4.2.6	Einweisung des Betriebspersonals	23
4.2.7	Probebetrieb	23
4.3	Bauvertragliche Abnahme und Gewährleistung	24
4.3.1	Bauvertragliche Abnahme	24
4.3.2	Gewährleistungsfristen und Wartungsverträge	24
5	VERSCHLUSSARTEN	26
5.1	Grundlagen	26
5.2	Schütze, Klappen, Druck- und Zugsegment	27
5.2.1	Vor- und Nachteile der Verschlussarten	27
5.2.2	Rollschütz	28
5.2.3	Gleitschütz	29
5.2.4	Klappe	31
5.2.5	Druck- und Zugsegment	33
5.3	Kombinierter Verschluss	36
5.4	Sonderbauweisen	36
5.5	Armaturen	38

6	ANTRIEBSARTEN UND HUBMITTEL	40
6.1	Grundlagen	40
6.2	Ölhydraulische Antriebe und Hydraulikzylinder	41
6.3	Elektromechanische Antriebe und Stange/Spindel	44
6.3.1	Zahn- und Triebstockstangen	45
6.3.2	Spindelantriebe	46
6.3.3	Elektrohubzylinder	47
6.3.4	Kettenantriebe	48
6.4	Stromlose Antriebe und Handantriebe	49
7	WEITERE STAHLWASSERBAUKOMPONENTEN	50
7.1	Revisionsverschlüsse	50
7.1.1	Dammtafeln und Dammbalken	50
7.1.2	Rohrnadeln (Nadelwehr)	51
7.2	Notverschlüsse	51
7.3	Ein- und Zulaufrechen	51
7.3.1	Zulaufrechen	52
7.3.2	Einlaufrechen	52
7.4	Sonstige Bauteile	53
8	DICHTUNGEN, KORROSIONSSCHUTZ UND WERKSTOFFE	55
8.1	Dichtungen und Dichtungswerkstoffe	55
8.1.1	Notendichtungen	56
8.1.2	Flachdichtungen	56
8.1.3	Wulstdichtungen	56
8.1.4	Winkeldichtungen	56
8.1.5	Dichtungswerkstoffe und Qualitätsanforderungen	57
8.2	Korrosionsschutz	57
8.2.1	Korrosionsschutz bei Neubeschichtungen	57
8.2.2	Korrosionsschutz bei Altanstrichen	59
8.3	Werkstoffe im Stahlwasserbau	60
8.3.1	Unlegierte Stähle (Schwarzstahl)	60
8.3.2	Legierte Stähle (Edelstahl)	61
9	ELEKTRIK, STEUERUNGSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG	63
9.1	Energieversorgung	63
9.1.1	Grundlagen	63
9.1.2	Netzversorgung	63
9.1.3	Solarstromversorgung	63
9.1.4	Unterbrechungsfreie Stromversorgung	63
9.1.5	Notstromaggregat	65
9.1.5.1	Mobiles Notstromaggregat	65
9.1.5.2	Stationäres Notstromaggregat	66
9.2	Messtechnik	67
9.3	Steuerungstechnik und Automatisierung	69
9.3.1	Grundlagen	69
9.3.2	Systemaufbau	69

9.3.3	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	70
9.3.4	Prozessleitsystem	70
9.3.4.1	Lokales Prozessleitsystem	71
9.3.4.2	Zentrales Prozessleitsystem	72
9.3.5	Manuelle Anlagenbedienung	73
9.3.6	Übertragungs- und Netzwerktechnik	73
9.3.6.1	Übertragungswege	73
9.3.6.2	Netzwerktechnik	74
9.3.7	Warnung bei automatischer Verschlussbewegung	75
9.4	Fernüberwachung	75
9.4.1	Grundlagen	75
9.4.2	Technik	76
9.4.3	Standorte	77
9.4.4	Übertragungstechnik, Visualisierung	77
9.5	IT-Sicherheit	77
9.6	Daten- und Informationsbereitstellung	78
9.7	Instandhaltung und Prüfung elektrischer Anlagen/Betriebsmittel	79
10	BETRIEBSGEBÄUDE UND AUSSENANLAGEN	80
10.1	Grundlagen	80
10.2	Betriebsgebäude	80
10.3	Außenanlagen	82
10.4	Vandalismus	82
11	ÜBERPRÜFUNG UND UNTERHALT DER ANLAGEN IM BETRIEB	83
12	REGELWERKE, MERKBLÄTTER UND LITERATUR	84
12.1	DIN- und DIN EN-Normen	84
12.2	Merkblätter und Richtlinien	85
12.3	Fachliteratur	86
ANHANG 1:	WASSERSTANDSMESSTECHNIK	88
ANHANG 2:	MUSTER FÜR CHECKLISTE ABNAHME TECHNISCHE AUSRÜSTUNG	91
ANHANG 3:	AUSGEFÜLLTE ARBEITSKARTE FÜR WARTUNG-/INSTANDHALTUNGSARBEITEN	94

1 Einführung

1.1 Anwendungsbereich

Diese Handreichung für Planung, Ausführung und Betrieb wurde für Betreiber und deren Betriebspersonal von Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren (Stauanlagen nach DIN 19700) sowie für die Wasserbehörden erstellt. Sie stellt eine kompakte und praxisorientierte Übersicht zum Themenkomplex Stahlwasserbau mit Steuer- und Überwachungs- sowie Betriebstechnik dar. Die Handreichung soll dem projektierenden, ausschreibenden und planungssteuernden Betreiber bzw. dem Personal, das die Anlagen bedienen und unterhalten muss, die wichtigsten konstruktiven Grundsätze und Regelwerke des Stahlwasserbaus aufzeigen und sie bei ihren Überlegungen und Entscheidungen unterstützen.

Stahlwasserbauten sind funktionelle Einheiten, die in ihrer Gesamtheit ein breites Fachwissen aus den Bereichen Hydrostatik, Hydrodynamik, Stahlbau, Maschinenbau und Elektrotechnik erfordern. Es ist nicht die Aufgabe dieser Handreichung, diese Fachbereiche vertieft zu behandeln. Sie ist vielmehr als Hilfsmittel und Nachschlagewerk gedacht. Diejenigen, die sich nicht tagtäglich und vertieft mit dem Stahlwasserbau an Stauanlagen beschäftigen, finden Informationen zu diesem Themenkomplex.

Die Handreichung soll dabei hilfreich sein, wenn

- ein neues Projekt mit stahlwasserbaulichen Ausrüstungen geplant,
- eine bestehende Anlage saniert,
- ein Schaden oder Mangel erkannt und behoben,
- die Instandhaltung der Anlagen durchgeführt werden muss.

Da es sich bei Anlagen des Stahlwasserbaus meist um Unikate handelt, konzentriert sich die Handreichung auf die heutzutage gebräuchlichsten Ausführungsarten. Sie erhebt dabei nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.



Abbildung 1.1: Schütz und Grobrechen, HRB Aalbach [WV Sechta-Eger]



Abbildung 1.2: Fischbauchklappe und Schütz, HRB Hoftal [LRA Ludwigsburg]

Hinweise zu der Vielfalt der Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren in Baden-Württemberg findet man in dem Leitfaden „Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren – Bauwerkstypen und Übersicht“ [LUBW 10.2008] (<https://pd.lubw.de/66923>). Eine Übersicht wird im Daten- und Kartendienst der LUBW (UDO) gegeben (<https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de>).

1.2 Stahlwasserbau

Eine genaue und abgrenzende Zuordnung des Begriffs Stahlwasserbau ist nur schwer zu treffen, da es hierfür sehr viele und sehr unterschiedliche Einsatzfälle gibt. Stahlwasserbauten sind in der Regel bewegliche Verschlusskonstruktionen für Bauwerke des Wasserbaus. Diese werden aus dem Werkstoff Stahl hergestellt. Mit diesen Betriebsverschlüssen können die Ab- und Durchflussöffnungen dieser Bauwerke abgesperrt, geöffnet oder reguliert werden.

Stahlwasserbauten sind somit ein wesentlicher und meist sicherheitsrelevanter Bestandteil von:

- Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken
- Wehranlagen und Durchlassbauwerken
- Wasserkraftanlagen und Pumpspeicherwerken
- Anlagen des Hochwasserschutzes
- Wasserstraßen und Hafenanlagen
- Anlagen des Fischschutzes
- Pumpwerken und Anlagen der Trinkwasserversorgung

Die beweglichen Verschlussorgane werden zumeist mit elektromechanischen oder ölhydraulischen Hubmitteln angetrieben. In manchen Anwendungsfällen kann auch die Gewichtsschwerkraft oder der auf den Verschluss wirkende Wasserdruck als bewegungserzeugender bzw. bewegungsunterstützender Antrieb fungieren. Die funktionelle Einheit eines Stahlwasserbau-Verschlussorgans kann in vier Untergruppen aufgeteilt werden, die alle zu dem übergeordneten Begriff „Stahlwasserbau“ gehören und auf die in dieser Handreichung noch detaillierter eingegangen wird.

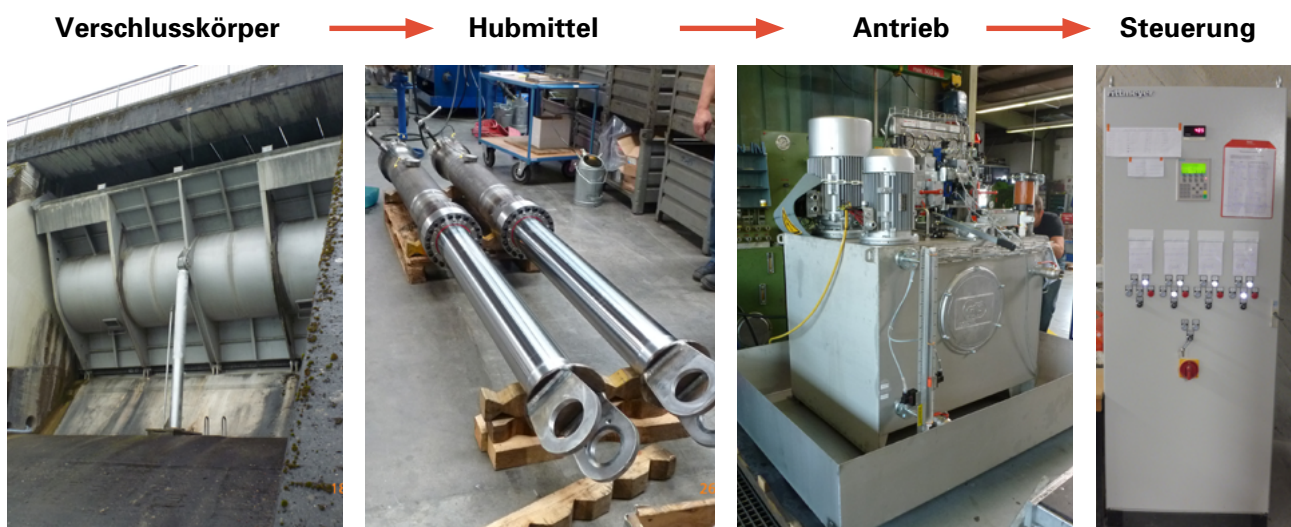


Abbildung 1.3: Funktionelle Einheit Stahlwasserbau [Bau+Plan]

Zu der funktionellen Einheit des Stahlwasserbaus gehören neben den zuvor genannten beweglichen Verschlussorganen weitere Komponenten, die für den sicheren Betrieb sowie für die Instandhaltung [DIN 31051:2019-06] des eigentlichen Betriebsverschlusses erforderlich sind. Hierzu gehören unter anderem:

- Revisionsverschlüsse wie Dammtafeln, Dammbalken, Rohrnadeln und Absperrarmaturen, in deren Schutz der eigentliche Betriebsverschluss inspiziert, unterhalten und ggf. ausgetauscht werden kann
- Notverschlüsse, die bei Störungen und Versagen des Betriebsverschlusses oder dessen Antriebs in der Lage sein müssen, den Durchfluss nach Möglichkeit ohne benötigte Fremdenergie zu schließen
- Führungs- und Dichtungsarmierungen, die die Schnittstelle des Stahlwasserbaus zum Bauwerk bilden und die Aufgabe haben, das Verschlussorgan mit Laufrollen, Gleitkufen, Dichtungen und Gegenführungen etc. lagegenau zu führen und die Lasten aus dem Verschluss und dem Antrieb in das Bauwerk einzuleiten
- Ein- oder Zulaufrechen als Grob- oder Feinrechen, die zum Schutz gegen Verklausungen sowie zum Schutz vor Beschädigungen an dahinterliegenden maschinentechnischen Ausrüstungen dienen
- Setzvorrichtungen mit Zangenbalken oder anderen Hubmitteln, mit deren Hilfe z. B. Dammbalken und Dammtafeln automatisch gesetzt und gezogen werden können
- Schwimmersteuerungen und Pegelschächte als mechanisch und stromlos wirkende Notsteuerung, mit deren Hilfe das Verschlussorgan den Durchflussquerschnitt freigeben kann
- Ausrüstungen zur Eisfreihaltung und Beheizung zur Erhöhung der Anlagensicherheit wie z. B. Luftsprudelanlagen zur Eisfreihaltung des Verschlusskörpers sowie thermostatgesteuerte Heizanlagen für Dichtungsschleifbleche und Dichtungsauflageflächen
- Montagezubehör wie z. B. Stangen und Halterungen etc. für die Steuer- und Überwachungseinrichtungen der Verschlusskörper

1.3 Überwachungs- und Betriebstechnik

Für den ordnungsgemäßen Betrieb von Stauanlagen sind funktionsfähige Überwachungs- und Betriebsanlagen bzw. Anlagenteile eine wesentliche Voraussetzung. Es handelt sich um Einrichtungen der Elektrotechnik, der Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik (EMSR-Technik) sowie um Anlagen der Fernüberwachung bzw. Fernwirktechnik (FüFw-Technik).

Diese technischen Anlagen müssen in entsprechenden Betriebseinrichtungen sicher und funktional untergebracht sein. Ein ständig verfügbarer, störungsfreier Betrieb ist zu gewährleisten. Die Energieversorgung ist anlagenspezifisch auszuliegen.

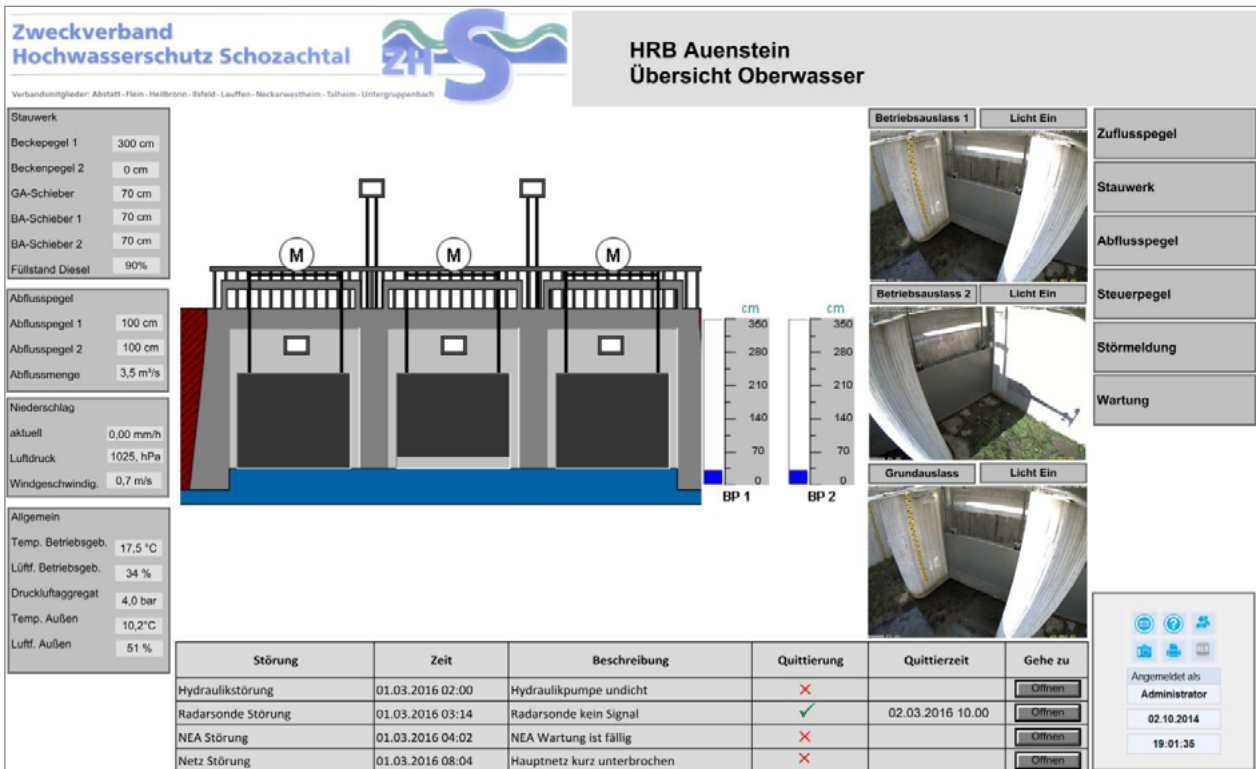


Abbildung 1.4: Überwachungstechnik [Gackstätter]

2 Planungsleistungen, Pflichten und Planungsablauf

2.1 Grundlagen

Der Neubau, der Umbau oder die Instandsetzung von Stauanlagen erfolgt auf der Basis von Bedarfsplanungen. Werden im Rahmen von detaillierten Flussgebietsuntersuchungen Hochwassergefährdungen ermittelt, kann im Zuge einer Hochwasserschutzkonzeption der Bedarf von Stauanlagen festgestellt werden. Des Weiteren kann im Zuge der regelmäßigen Wartungsarbeiten oder einer vertieften Sicherheitsüberprüfung ein Sanierungsbedarf ermittelt werden.

Für die Planung von Stauanlagen sind umfassende Kenntnisse und Erfahrungen erforderlich. Die für die Planung, den Bau und den Betrieb von Stauanlagen grundlegende DIN 19700 weist bereits im Teil 10 darauf hin, dass Planungsleistungen nur Ingenieuren zu übertragen sind, die gleichartige Projekte selbstständig erarbeitet oder maßgeblich daran mitgearbeitet haben. Für den Planungsprozess werden Ingenieure für die Objektplanung der Ingenieurbauwerke benötigt. In der Regel sind auch Fachingenieure der Geotechnik, der Tragwerkplanung, der Technischen Ausrüstung und der Maschinenteknik erforderlich.

In der Regel erfolgt die Planung der Anlagen und der nutzungsspezifischen Ausstattung nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI). Ein typischer Planungsprozess umfasst Planungsleistungen von Teil 3 Objektplanung – Abschnitt 3 Ingenieurbauwerke sowie Teil 4 Fachplanung – Abschnitt 1 Tragwerksplanung und Abschnitt 2 Technische Ausrüstung. In den einzelnen HOAI-Leistungsphasen sind die Grundleistungen und die Vergütung in Prozentsätzen der Honorare benannt. Die jeweils aktuelle HOAI wird im Internet veröffentlicht. Weitere Planungsleistungen sind ggf. ergänzend zu vereinbaren.

In allen Planungsbereichen sind für die Maßnahmen und Anlagen folgende Ziele zu verfolgen:

- gute Wirtschaftlichkeit, sowohl in Bezug auf die Investitionskosten als auch die Betriebskosten
- hohe Dauerhaftigkeit und Betriebssicherheit
- Nachhaltigkeit
- einfache, robuste und erprobte Konstruktionen
- zukunftssichere Systeme (z. B. Software etc.)
- hohe Ausfallsicherheit

Im Zuge der Planung und Ausführung hat auch der Auftraggeber (Bauherr) eine Mitwirkungspflicht. Diese gilt nach § 642 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) über alle Leistungsphasen. Die wesentlichen Pflichten und Aufgaben des Auftraggebers (Bauherr) sind hierbei:

- gesamtübergreifende, organisatorische Koordination, soweit nicht Bestandteil von beauftragten Planungs- und Überwachungsleistungen
- Abschluss von Anträgen/Verträgen und Beauftragungen über erforderliche Leistungen wie z. B. Beantragung eines Stromanschlusses, eines Telefon- bzw. Internetanschlusses
- Unterzeichnung der Antragsunterlagen als Antragsteller
- Auszahlung von Rechnungen
- Bearbeitung und Entscheidungen über alle Rechtsfragen, soweit nicht Bestandteil von Planungsaufträgen

Die entsprechenden Pflichten der Auftragnehmer werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

2.2 Objektplanung Ingenieurbauwerke

Der für die Objektplanung verantwortliche Auftragnehmer plant und entwirft für den Bauherrn die Gesamtanlage. Er stimmt mit den Planungsbeteiligten den Umfang und die Funktionen der Stauanlage ab und übernimmt und entwickelt die in der Regel aus der im Vorfeld durchgeführten Bedarfsplanung (Hochwasserschutzplanung) resultierende Stau- bzw. Abgabesteuerung. Darüber hinaus entwirft der Objektplaner die zur Anwendung vorgesehenen Verschlussorgane mit den Antrieben, deren Anordnung und Anzahl sowie den dazugehörigen Ausrüstungsteilen (Rechenanlage, Leitern etc.).

Nach der HOAI sind Verschlussorgane für Stauanlagen mit den dazugehörigen Antrieben der sogenannten Maschinentechnik zuzuordnen. Im Rahmen der Objektplanung ist daher die Maschinentechnik nach den Ausführungen in der HOAI nicht im Detail zu konstruieren. Es werden keine Konstruktionszeichnungen oder weitere Unterlagen für die Anfertigung erstellt. Diese Aufgabe übernimmt der/die beauftragte Hersteller im Zuge der Werkplanung des Stahlwasserbaus. Der Objektplaner nimmt jedoch planerisch auf die Maschinentechnik Einfluss, indem er beispielsweise Größe, Auslegung, Art der Antriebe und das Zusammenwirken mit dem Bauwerk und anderen Komponenten entwirft, berücksichtigt und abstimmt. In aller Regel übernimmt der Objektplaner auch die Überwachung der Ausführung der Maschinentechnik auf der Baustelle.

Dieses Standardvorgehen kann durch den Auftraggeber angepasst werden. Insbesondere bei großen und komplexen Stahlwasserbauvorhaben kann die Werkplanung einschließlich aller Nachweise und Detailfestlegungen an spezialisierte Büros und Ingenieure vergeben werden. Die für die Ausführung vorgesehenen Unternehmen fertigen den Stahlwasserbau dann nach den Plänen und Nachweisen des Planungsbüros an. Eine zusätzliche externe Fertigungsüberwachung der Maschinentechnik kann aus Gründen der Qualitätssicherung erforderlich werden.

Im Zusammenhang mit der Objektplanung der gesamten Stauanlage ist beim Entwurf des Stahlwasserbaus und der messtechnischen Ausstattung auf nachfolgende Punkte besonders zu achten:

- Nach dem Neu- oder Umbau oder der Instandsetzung einer Stauanlage wird die Durchführung eines Probetaus erforderlich. Hierbei werden möglicherweise andere Lastfälle und andere Betriebsituationen erforderlich als für den späteren Betrieb. Als Beispiel sei hier die Notwendigkeit des fast vollständigen Verschließens der Betriebsauslässe (Mindestwasserführung beachten) genannt, um auch bei einem kleineren Hochwasserereignis den erforderlichen Probetau zu erreichen.
- In Bezug auf den Stahlwasserbau und die Messeinrichtungen ist auf eine gute Zugänglichkeit aufgrund der Arbeitssicherheit für Kontroll- und Wartungstätigkeiten zu achten.
- Die grundlegenden Anforderungen der Messtechnik sind bei deren Planung zu berücksichtigen.
- Mögliche Einflüsse auf die Verschlussorgane aus der Anströmung, dem Lufteinzug, dem Treibgut und der Wirbelbildung sind zu beachten.

Im Zusammenhang mit der Erhaltung der biologischen Durchgängigkeit sind ein Verzicht auf Sohldichtungen und die Herstellung von ein oder zwei durchgängigen Bermen häufig erforderlich. Bei solchen Maßnahmen ist stets zu beachten, dass Kompromisse zwischen den technischen und ökologischen Anforderungen zu suchen sind. Hinweise hierzu findet man in der Leitfadensreihe „Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern – Teil 3 Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren“ [LUBW 2006.12] (<https://pd.lubw.de/97491>). Die Planungspraxis zeigt, dass dies möglich ist, aber bei jeder

einzelnen Stauanlage die Bauteile einer kritischen Prüfung im Hinblick auf die Einstausituation, Druckverhältnisse, Fließgeschwindigkeiten, Schwingungsanfälligkeit etc. zu unterziehen sind.

2.3 Werkplanung Stahlwasserbauliche Anlagen und Antriebe

Die detaillierte Planung der Maschinenteknik bzw. der Verschlussorgane mit ihren Antrieben wird in der Regel durch den fachkundigen Hersteller solcher Anlagen erstellt. Dieser wird mit der Werkplanung der Verschlussorgane beauftragt. Er übernimmt die Dimensionierung der Stahlbauteile und Maschinen, fertigt diese in seinem Betrieb an, liefert sie auf die Baustelle und montiert dort die Anlagen.

Für die Werkplanung des Unternehmers sind Vorgaben des Bauherrn und des Objektplaners aus dem Entwurf der Maschinenteknik und der Integration in das Gesamtobjekt zu beachten. Zur Vermeidung von Streitigkeiten im Zuge der Ausführungsphase ist es notwendig, dass sich der Objektplaner bereits zum Zeitpunkt des Entwurfs der Maschinenteknik mit den Inhalten der einschlägigen Regelwerke auseinandersetzt und die Einhaltung ihrer Vorgaben und Randbedingungen bei der Werkplanung ermöglicht. Im Rahmen der Entwurfsplanung für die Maschinenteknik haben Bauherr und Objektplaner eine ganze Reihe von anlagenspezifischen Festlegungen zu treffen, die später im Rahmen der Werkplanung zu beachten sind.

2.4 Fachplanung Tragwerksplanung

Der von dem Bauherrn mit der Tragwerksplanung für die Stauanlage beauftragte Ingenieur berücksichtigt im Laufe des Planungsprozesses die aus den Stahlwasserbauten auf die Bauwerkskonstruktion einwirkenden Kräfte und Momente. Der Nachweis des Verschlussorgans selbst ist in der Regel nicht Gegenstand der statischen Untersuchungen des Fachplaners. Diese Leistungen sind Gegenstand der Werkplanung.

Gleichwohl sind im Zuge der Planungen die auftretenden Lasten und Befestigungspunkte miteinander abzustimmen. Insbesondere sind bei der Tragwerksplanung für das Gesamtobjekt die teilweise erheblichen Lasteinträge der Verschlussorgane zu berücksichtigen.

2.5 Fachplanung Technische Ausrüstung

Der Fachplaner der betriebstechnischen Ausstattung plant die in der Bedarfsplanung ermittelten Anforderungen des Bauherrn sowie die aus Vorgaben vom Objektplaner vorgegebenen Randbedingungen für die elektrotechnischen Anlagen von der Elektroinstallation, Messtechnik, Steuerung bis hin zum Prozessleitsystem. Für diese Aufgabe bedarf es einer guten Zusammenarbeit zwischen Objektplaner und Fachplaner, um das Steuerschema und den Steuerungsablauf in allen Regelungsbereichen umfassend beschreiben und umsetzen zu können. Durch den Fachplaner sind dem Objektplaner zur Verlegung der Leitungen unter anderem die Leitungswege, Leitungsauslässe an den Bauwerken, Wandaussparungen, Durchbrüche etc. sowie der Platzbedarf der Schaltanlagen anzugeben, damit diese in der weiteren Planung berücksichtigt und umgesetzt werden können.

Durch den Objektplaner sind wiederum Angaben wie z. B. zu der Art und Leistung der Antriebe, zum Steuerungskonzept mit Regelspiel der Antriebe, der Antriebsfahrzeit, der maximalen Verschlusszeiten sowie Angaben zu Betriebsbedingungen, Umweltbedingungen, Sicherheitseinrichtungen etc. für die Planung mitzuteilen.

Im Zuge der Fachplanung ist, aufbauend auf den Vorgaben zum Betrieb der Stauanlage, eine Leistungsbilanz der technischen Ausrüstung für alle Betriebsmittel zu erstellen. Hierzu gehören auch eine Zuordnung zu den Energienetzen (Netzversorgung, Notstromversorgung, unterbrechungsfreie Stromversorgung), die Gleichzeitigkeit (paralleler oder gleichzei-

tiger Betrieb von Anlagen), der Leistungsfaktor der Betriebsmittel sowie eine kleine Leistungsreserve für Erweiterungen. Diese ist detailliert mit dem Bauherrn, dem Betreiber und dem Objektplaner abzustimmen.

Der Gesetzgeber fordert in § 6 der Betriebssicherheitsverordnung, dass der Arbeitgeber bei Vorhandensein einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in Bauwerken, bei Stauanlagen z. B. durch Lagerung von brennbaren Stoffen für die Notstromanlage, unabhängig von der Zahl der Beschäftigten ein Explosionsschutzdokument zu erstellen hat. Das Dokument soll aufzeigen, dass mögliche Explosionsgefahren ermittelt und bewertet worden sind, um entsprechende Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Weiterhin dient es der Aufzeichnung notwendiger Schutzmaßnahmen und der räumlichen Einteilung des Arbeitsbereichs in Zonen, in denen Zündquellen zu vermeiden sind. Das Vorhandensein einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre hat einen wesentlichen Einfluss auf die Planungsleistung der Betriebsmittel und deren Umfang und sollte bereits zu Beginn der Planung bekannt sein.

Vor den Montagearbeiten vor Ort ist durch den Planer eine Werk- und Montageplanung zu erstellen. Nach der Fertigstellung der gesamten betriebstechnischen Ausrüstung ist diese zu dokumentieren.

Auch bei der technischen Ausrüstung ist auf Nachhaltigkeit zu achten. Gemäß Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ [BMI 2019.01] müssen die Bauteile einer Bewertung unterzogen werden, die einen durchschnittlichen Lebenszyklus eines Gebäudes wiedergeben. Die tatsächliche Lebensdauer der Bauteile wird vor allem von den Bauteileigenschaften, der Ausführungsqualität, der konkreten Beanspruchung sowie von der Wartung/Instandhaltung beeinflusst. Die Lebenserwartung wird deshalb mit „ca.“- und „von bis“-Werten angegeben. Für die Bewertung kann die mittlere Lebenserwartung als Orientierung angesetzt werden. Die tatsächliche Lebenserwartung weicht ggf. von den angegebenen Werten ab. Bei der Zusammenstellung der technischen Ausrüstung sind diese Grundsätze ebenfalls zu beachten.

In der „Richtlinie zur Nutzungsdauer, Aussonderung und Verwertung von IT-Geräten und Software“ des Rats der IT-Beauftragten [RITB 2013.12] wird die Nutzungsdauer von IT-Geräten empfohlen. Nach Ablauf der empfohlenen Nutzungsdauer ist zu prüfen, ob die informationstechnischen Geräte aufgrund wirtschaftlicher Gesichtspunkte und technischer Aspekte nicht mehr für den eingesetzten Zweck genutzt werden können.

2.6 Dokumentation

Zum Leistungsumfang der einzelnen Hersteller gehört die komplette technische Bearbeitung und Dokumentation für den an ihn beauftragten Lieferumfang. Die zu übergebende Dokumentation muss alle Unterlagen enthalten, die für das Verständnis der Anlage, den Betrieb und die Wartung, die Wiederinbetriebsetzung, die Reparatur und einen langjährigen Betrieb erforderlich sind. Hierzu zählen unter anderem:

- Material- und Bestelldispositionen, arbeitsvorbereitende Maßnahmen für die Herstellung und Fertigung der Konstruktionen, die Erstellung von Schweißplänen und Prüfvorschriften, Werkstatt- und Fertigungspläne, Stücklisten, Betriebs- und Wartungsanweisungen, prüffähige statische Nachweise, Antriebs- und Hubkraftberechnungen, Bestandsunterlagen entsprechend dem Ausführungsstand, sonstige Berechnungen jeglicher Art, Montageplanungen, Planungen von Montagehilfseinrichtungen etc.
- Zusammenstellung der Materialprüfzeugnisse, Abnahme-, Prüf- und Inbetriebnahmeprotokolle, Schweißnahtprüfungen, sonstige Dokumentationen etc.
- Es ist eine Risikobeurteilung gemäß Maschinenrichtlinie 2006/42/EG notwendig, um die Risiken für Mensch und Umwelt, die von der Anlage bzw. Teilen der Anlage ausgehen können, sowie deren Ursachen identifizieren zu

können. Die Durchführung der Risikobeurteilung hat nach DIN EN ISO 14121-1 zu erfolgen. Werden zur Risikominderung technische Schutzmaßnahmen ergriffen, so sind diese auf funktionale Sicherheit nach DIN EN ISO 13849 umzusetzen.

- Der Dokumentation sind auch Montageprotokolle beizulegen, wenn die Konstruktion, wie z. B. bei Steigleitern, im Betrieb den Arbeitssicherheitsanforderungen unterliegt.

Die Dokumentation der Antriebstechnik und Elektrik ist in der Regel mit einer mit dem Betreiber abzustimmenden Betriebsmittelkennzeichnung (z. B. nach IEC 81346) durchzuführen. Der Umfang der durch den Auftragnehmer zu erstellenden bautechnischen Unterlagen richtet sich nach den in der DIN 19704-1:2014-11 unter Abschnitt 3.1 und 3.2 geforderten bautechnischen Unterlagen. Eine klare Zuordnung der Teile und Geräte zu den Positionsnummern der Zeichnungen ist erforderlich. Die Betriebs- und Wartungsanweisung des Herstellers ist nach der erfolgten Inbetriebnahme das wichtigste Dokument für den Betreiber. Sie sollte folgende Unterlagen und Angaben enthalten:

- Verkleinerungen der Zeichnungen
- Beschreibung der Gesamtanlage und der Funktionsweise
- Beschreibung der erforderlichen Wartungsarbeiten und Intervalle
- Stücklisten, Ersatzteillisten, Gerätelisten mit Angabe der Hersteller und Bestellnummern
- Technische Merkblätter von seriengefertigten Produkten
- Werkstoffzeugnisse, Prüfprotokolle
- Funktionsschemata für Steuer- und Regeleinrichtungen
- Detailzeichnungen von Verschleißkomponenten
- Schmierstellen, Einstellwerte etc.

Alle mit der Dokumentation übergebenen technischen Unterlagen gehen in das Eigentum des Auftraggebers über und können von diesem uneingeschränkt für den Betrieb und die Instandhaltung der Anlage genutzt werden.

2.7 Kriterien für die Wahl des Verschluss- und Antriebstyps sowie des Materials

Für jeden Anwendungsfall müssen im Zuge der Projektierung zunächst die Randbedingungen zur Wahl eines geeigneten Verschluss- und Antriebstyps festgestellt werden. Welche der Fragen und Randbedingungen letztlich für die Wahl des Verschlusses relevant sind, hängt von dem jeweiligen Einsatzfall ab:

- Welche Bewegungsrichtung ist sicherheitsrelevant – Öffnen oder Schließen?
- Benötigt man einen Antrieb, der ohne Fremdenergie öffnet oder schließt?
- Welche Vorgaben der (n-1)-Bedingung nach DIN 19700 sind im vorliegenden Einsatzfall hinsichtlich der erforderlichen Verschlussanzahl zu beachten?
- Welche Verschlussbreiten und Verschlusshöhen müssen realisiert werden?
- Gibt es bauliche Zwänge, die berücksichtigt werden müssen, und wenn ja, welche?
- Braucht man bei Versagen des Antriebs oder der Steuerung einen „Plan B“ (Redundanz)?
- Benötigt man einen selbsthemmenden Antrieb?
- Welche Hubhöhen muss der Antrieb überwinden?
- Wie hoch sind in etwa die Kräfte, die der Antrieb sicher beherrschen muss?
- Wie genau muss die Verschlussstellung bzw. der Abfluss gesteuert werden können?
- Welche Hub- und Schließgeschwindigkeiten werden benötigt?
- Benötigt man einen kombinierten bzw. mehrteiligen Verschluss?

- Steht im Störfall sowie für die Instandhaltung geschultes Personal zur Verfügung?

Mit der Beantwortung dieser Fragen und der Bewertung von Vor- und Nachteilen lässt sich die Wahl eines für den jeweiligen Einsatzfall „geeigneten“ Antriebs deutlich eingrenzen. Zur Entscheidungsfindung können nachfolgende Hinweise gegeben werden:

Bei Wehr- und Entlastungsanlagen ist im Allgemeinen das Öffnen bei Hochwasser sicherheitsrelevant. Im Idealfall sollten hier Verschlüsse und Antriebe eingesetzt werden, die stromlos, also ohne „Fremdenergie“, den Abflussquerschnitt freigeben können. Bei Anlagen des Hochwasserschutzes oder bei Wasserkraftanlagen ist oftmals das Schließen ohne Fremdenergie sicherheitsrelevant.

Nach DIN 19700 muss der Bemessungsabfluss BHQ_1 bei Ausfall des leistungsfähigsten Wehrfelds über die verbleibenden Wehrfelder und unter Einhaltung des Hochwasserstauziels abgegeben werden können. Hierzu ist vom Planer eine hydraulische Berechnung der Leistungsfähigkeiten vorzunehmen und mit den hierzu erforderlichen Abflussquerschnitten zu definieren. Aus diesen Berechnungen ergeben sich die für die Verschlusswahl erforderlichen Verschlussbreiten und Verschlusshöhen.

3 Anforderung an Bemessung, Ausführung und Qualität

3.1 Lastannahmen und Bemessungssituationen

Die Lastannahmen, die aus den vorherrschenden wasserwirtschaftlichen Verhältnissen wie Stau- und Absenkziele, Hochwasserstände, Hochwasserabflüsse, Unterwasser-Schlüsselkurven etc. zu berücksichtigen sind, sind durch den Auftraggeber anhand der Bedarfsplanung (ggf. durch dessen Planer) als Bemessungsgrundlage für die Nachweise des Stahlwasserbaus zu definieren. Ebenso müssen Hinweise zu der geplanten Betriebsweise und den zu berücksichtigenden Einflüssen auf das Verschlussystem (Schließ- und Öffnungsgeschwindigkeiten, hydrodynamische Einflüsse, Regulierhäufigkeiten, ggf. Angaben zu Eisdicken etc.) gegeben werden.

Diese Vorgaben sind, zusammen mit den Angaben des Bauwerksentwurfs und den für den Stahlwasserbau relevanten Angaben zu den geodätischen Höhen und Bauwerksabmessungen, die Planungsgrundlagen für die im Regelfall vom Hersteller des Stahlwasserbaus zu führenden Nachweise. Das Thema Einwirkungen von Erdbebenkräften wird bei den Nachweisen des Stahlwasserbaus oftmals vernachlässigt. Entsprechend DIN 19704-1:2014-11, Abschnitt 5.3.3 sind auch die Einwirkungen von Erdbebenkräften zu berücksichtigen, wenn die größte auftauchende Beschleunigung den Wert von $0,1 g$ ($0,981 \text{ m/s}^2$) übersteigt.

Ergänzende Hinweise findet man in „Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg“ [LUBW 2016 a] und in „Erdbebensicherheit von Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren – Kompendium für Betreiber und Wasserbehörden“ [LUBW 2016 b]. Die Möglichkeit zu einer interaktiven Abfrage von Beschleunigungs-Antwortspektren für die Gefährdungsniveaus gemäß DIN 19700 für beliebige Orte in Deutschland besteht beispielsweise über die Internetseite des Geoforschungszentrums GFZ Potsdam: http://www-app1.gfz-potsdam.de/pb53/Koor/index_din19700.html.

Die DIN EN 19704-1:2014-11 „Stahlwasserbauten – Teil 1: Berechnungsgrundlagen“ ist mit den entsprechenden normativen Verweisen das maßgebende Regelwerk für Neubauten des Stahlwasserbaus. Der Auftraggeber sollte den Hersteller des Stahlwasserbaus zur Einhaltung dieser Norm vertraglich verpflichten.

Bei kleinen, gering belasteten Verschlüssen, bei denen das Produkt aus Wasserdruck (in kN/m^2) und belasteter Staufläche (in m^2) den Wert 50 (in kN) unterschreitet, darf von dieser Norm abgewichen werden, wenn der Auftraggeber dem nicht widerspricht. Grundsätzlich ist zu empfehlen, auch in diesem Fall nicht von der DIN EN 19704-1 abzuweichen.

Die DIN 19704-1 definiert in Tabelle 5 drei verschiedene Bemessungssituationen, durch die die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf den Verschluss festgelegt werden. Diese drei Bemessungssituationen werden wie folgt benannt und je nach Lastenkombination mit unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerten definiert (siehe hierzu Tabelle 5 DIN 19704-1):

- Bemessungssituation „Ständig“
- Bemessungssituation „Vorübergehend“
- Bemessungssituation „Außergewöhnlich“

Da der Hersteller des Stahlwasserbaus, der in der Regel auch die prüffähigen Nachweise für seine Konstruktionen erstellt, oftmals mit einer aus wasserwirtschaftlicher Sicht richtigen Zuordnung der Bemessungssituationen „überfordert“ ist, müssen die vom Stahlwasserbau anzusetzenden und nachzuweisenden Wasserstände unter Zuordnung der Bemessungssituation durch den Auftraggeber/Objektplaner vorgegeben werden.

In der DIN 19704-1 werden unter Abschnitt 5.1 bis 5.3 die zu berücksichtigenden Einwirkungen auf die Stahlkonstruktionen definiert. Da die dortige Benennung der Einwirkungen eindeutig ist, werden im Folgenden und ergänzend zu den bereits zuvor genannten Einwirkungen die Einwirkungen aufgelistet, die nach DIN 19704-1 vorzugeben/festzulegen sind:

- Festlegung des charakteristischen Wasserstands ggf. unter Berücksichtigung des Windstaus
- hydrodynamische Einwirkungen wie:
 - a) Umströmung (Über- und/oder Unterströmung) des Verschlusskörpers
 - b) Schwall und Sunk
 - c) Druckstöße
 - d) Wellendruck auf Verschlusskörper in BinnengewässernDie Einwirkungen b) bis c) dürfen beispielsweise mit einer plausiblen prozentualen Erhöhung des hydrostatischen Wasserdrucks in der Statik erfasst werden, die z. B. auf der Grundlage von Modellversuchen ermittelt wurde.

Es ist vorzugeben/festzulegen:

- die Größe und Häufigkeit einer Eisauflast
- die anzusetzende Eisdicke. In Binnengebieten ist von einer Mindesteisdicke von 0,3 m auszugehen.
- bei Revisionsverschlüssen: ob Eisdruck anzusetzen ist
- ob bei Klappen mit einer Stauhöhe kleiner als 3,0 m für die Berechnung der Antriebskräfte der Eisdruck um 30 % abgemindert werden kann
- die Verkehrslasten für Abdeckungen von Kanälen, Gruben und dergleichen
- die zu berücksichtigenden Werte, die bei Änderungen der Stützbedingungen entsprechend den bei Gründungsbauwerken zu erwartenden Setzungen und Verformungen zu berücksichtigen sind
- der Kombinationsfall nach Tabelle 5, falls ein zweiseitig angetriebener Verschlusskörper bei Ausfall einer Antriebsseite noch bewegt werden muss. Dabei ist zu unterscheiden:
 - a) einseitiges Halten einschließlich einer einmaligen Bewegung in eine Reparaturstellung des Verschlusskörpers oder
 - b) vorübergehendes einseitiges Antreiben
- Einwirkung und Kombinationsfall nach Tabelle 5, falls eine Bewegungsbehinderung des Verschlusskörpers durch Fremdkörper, z. B. eingeklemmtes Treibgut, Geschiebe, Festfrieren und dergleichen, erfasst werden soll

Die zu berücksichtigenden projektspezifischen Einwirkungen sind dann vom Ersteller der Statik zu quantifizieren und in einem Lastenheft zusammenzustellen. Da die Vollständigkeit und Richtigkeit der Lastannahmen Voraussetzung und Grundlage einer normgerechten Nachweisführung sind, sollten die Angaben des Lastenhefts vor Beginn der eigentlichen Berechnungen mit dem Auftraggeber bzw. dem Prüfenieur abgestimmt und von diesem freigegeben werden.

3.2 Anforderungen an die Ausführungsqualität

Die DIN EN 19704-2:2014-11 schreibt vor, dass Betriebe, die Stahlwasserbauten herstellen, die konstruktiven Anforderungen der geforderten Ausführungsklasse erfüllen müssen (siehe DIN EN 1090-2:2011-10, Tabelle A.3). Es gibt vier Ausführungsklassen EXC1 bis EXC4, wobei die Anforderungen von EXC1 bis EXC4 ansteigen. Die Ausführung der Stahlkonstruktion als Ganzes, eines einzelnen Bauteils oder eines Details eines Bauteils müssen den Festlegungen der jeweiligen Ausführungsklassen entsprechen.

Die DIN 19704-2 besagt, dass die Einstufung in die erforderliche Ausführungsklasse durch den Auftragnehmer erfolgt. Es kann aber auch empfehlenswert sein, die Ausführungsklasse bereits in der Ausschreibung für die Stahlkonstruktion als Ganzes vorzugeben. Hierbei ist mindestens die Ausführungsklasse EXC2 festzulegen.

Die DIN 1090-2:2011-10 gibt im Anhang B Leitfaktoren für die Auswahl der Ausführungsklasse an, die sich unter Definition der Schadensfolgeklassen (CC1 bis CC3), der Gefährdungen im Zusammenhang mit der Tragwerksnutzung (SC1 oder SC2) und der Kriterien für Herstellungskategorien (PC1 oder PC2) festlegen lässt. Die Festlegung der Schadensfolgeklasse CC1 bis CC3 ist von besonderer Bedeutung, da hiermit die Bedeutung des Tragwerks im Hinblick auf die Versagensfolgen festgelegt wird. In der DIN EN 1990:2002 Anhang B werden die Merkmale der Schadensfolgeklassen definiert. Für Stauanlagen ergibt sich aufgrund des Gefährdungspotenzials für Mensch und Umwelt in der Regel eine Zuordnung in die Schadensfolgeklasse CC3, die somit automatisch zu einer erforderlichen Ausführungsklasse von mindestens EXC3 führt.

Da es sich bei Konstruktionen des Stahlwasserbaus in der Regel um Bauteile mit nicht ruhender Belastung handelt, wird nach Tabelle B.3 der DIN EN 1090-2 auch hier eine Zuordnung in die erhöhte Beanspruchungskategorie SC2 erforderlich werden. Für geschweißte Bauteile aus den Stahlsorten S355 und darüber erfolgt nach Tabelle B.1 der DIN EN 1090-2 eine Zuordnung in die Herstellungskategorie PC2.

Mit der Zuordnung einer Ausführungsklasse für die Herstellung der Stahlwasserbaukonstruktionen werden nach Tabelle B.2 der DIN EN 1090-2 die auf die entsprechende Ausführungsklasse bezogenen Anforderungen an die Qualität, an die Prüfungen und Dokumentationen, an die Herstellung und Herstellungsverfahren sowie an die Montage- und Baustellenarbeiten festgelegt.

Der Auftraggeber sollte unbedingt darauf achten, dass das mit der Herstellung zu beauftragende Unternehmen nachweislich über die gültigen Konformitätsbescheinigungen und Zertifikate für die geforderten Ausführungsklassen verfügt. Die Eignung und die zu gewährleistende Qualität des Herstellers von Stahlwasserbaukonstruktionen sollten durch die im Folgenden genannten Bescheinigungen und Zertifikate belegt werden:

- DIN EN 1090-1 „Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile“
- DIN EN 1090-2 „Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken“
- DIN EN ISO 3834-2 „Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen“
- Zertifikat ISO 9001 „Qualitätsmanagement“
- Zertifikat DIN EN ISO 14001 „Umweltmanagementsysteme“
- ISO 45001, SCC- oder BG-Gütesiegel „Arbeitsschutz- und Gesundheitsschutz-Managementsysteme“

3.3 Anforderungen an die konstruktive und bauliche Ausführung

Die Anforderungen an die konstruktive und bauliche Ausführung der Stahlwasserbaukonstruktionen werden in zahlreichen Normen und Regelwerken definiert. Aufgrund dieser sehr umfangreichen und komplexen Thematik können an dieser Stelle auszugsweise nur stichpunktartige Verweise auf die wichtigsten Vorschriften gegeben werden:

- DIN 19704-1:2014-11 „Stahlwasserbauten Teil 1 Berechnungsgrundlagen“
- DIN 19704-2:2014-11 „Stahlwasserbauten Teil 2 Bauliche Durchbildung und Herstellung“
- DIN 19704-3:2014-11 „Stahlwasserbauten Teil 3 Elektrische Ausrüstung“

- DIN EN 1993:2010-12 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ mit den Teilen 1-1 bis 1-12
- DIN EN 1090-1 und -2:2011-10 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“
- Schweißarbeiten sollen in Übereinstimmung mit den Anforderungen des maßgebenden Teils nach DIN EN ISO 3834 erfolgen (Teil 2 Umfassende Qualitätsanforderungen). Ein Schweißplan, der unter anderem die Schweißanweisung, den Schweißfolgeplan sowie Angaben zu den Anforderungen an die Abnahmekriterien enthält, ist vom Hersteller zu erstellen.
- Die Anforderungen an zulässige Toleranzen gemäß DIN ISO 13920 „Schweißen – Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen – Längen- und Winkelmaße; Form und Lage“, DIN ISO 2768-1 „Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung“ für Längenmaße“ und DIN ISO 2768-2 „Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung“ für Geradheit und Ebenheit sind zu erfüllen.
- DIN EN ISO 12944 Teil 1 bis 8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- die zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W Leistungsbereiche 216/1 und 216/2 Stahlwasserbau und Elektrische Ausrüstung von Stahlwasserbauten Ausgabe 2015 und LB 218 Korrosionsschutz im Stahlwasserbau Ausgabe 2009)
- Liste der zugelassenen Systeme I (für Binnengewässer, Im 1) für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau – BAW Stand Dezember 2018
- Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme für den Stahlwasserbau – BAW Stand Juli 2007
- Die Anforderungen an die Planung und Herstellung der elektrischen Anlagenteile werden insbesondere in der DIN VDE 0100, DIN VDE 0113, DIN VDE 0160, DIN VDE 0101 und der DIN EN 60204-1 (Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen) geregelt.
- Anforderungen gemäß EG-Maschinenrichtlinie, Konformitätserklärung
- Anforderungen gemäß BG-Vorschriften

4 Abnahmen, Inbetriebnahme und Gewährleistung

4.1 Werksabnahmen

Vor Auslieferung der Stahlwasserbauausrüstungen, des Korrosionsschutzes sowie der Antriebe und der Elektrik sollte im Betrieb des Herstellers eine Werksabnahme der entsprechenden Bauteile erfolgen. Hierbei wird vom Auftraggeber bzw. von seinem Vertreter die ordnungs- und vertragsgemäße Ausführung überprüft. Bei sehr komplexen und anspruchsvollen Stahlwasserbaukonstruktionen kann es empfehlenswert sein, bereits während des Fertigungsprozesses eine vom Auftraggeber zu beauftragende sogenannte Fremdüberwachung einzusetzen, die z. B. die schweißtechnische Vorbereitung und Ausführung wichtiger tragender Nähte überwacht.

Die Protokolle über Prüfungen und Messungen, die im Betrieb des Auftragnehmers bei seinen Unterlieferanten und auf der Baustelle vorgenommen werden, sind dem Auftraggeber auszuhändigen. Die vom Auftraggeber oder von seinem Vertreter vorgenommenen Prüfungen und Messungen entbinden den Auftragnehmer nicht von seiner Gewährleistungs- und Haftungspflicht.

4.2 Inbetriebsetzung, Funktionsprüfungen und Probetrieb

4.2.1 Grundlagen

Der chronologische Ablauf vom erfolgtem Abschluss der Montagearbeiten bis zur offiziellen Abnahme und Inbetriebnahme wird in Abschnitt 3.8 der ZTV-W, Leistungsbereich 216/1 ausführlich beschrieben und im Anhang durch Checklisten mit Prüfungsschwerpunkten erläutert.

Zusätzlich werden im DVWK-Merkblatt 249/1998 „Betrieb von Verschlüssen im Stahlwasserbau“ konkrete Hinweise und Empfehlungen zur Durchführung von Funktionsprüfungen gegeben. Im Folgenden wird daher nur noch kurz erläuternd auf die einzelnen Ablaufschritte eingegangen.

4.2.2 Inbetriebsetzung durch den Auftragnehmer

Die Inbetriebsetzung umfasst das Herstellen und Prüfen der bestimmungsgemäßen Funktionen aller Anlagenteile des Stahlwasserbaus durch den Auftragnehmer. Zur Inbetriebnahme müssen auch die Prüfungen gemäß DIN EN 60204-1 (VDE 0113 Teil 1) durchgeführt werden. Das Prüfprotokoll ist dem Auftraggeber auszuhändigen.

Die Inbetriebsetzung kann auch sukzessive mit dem Baufortschritt erfolgen. Die abgeschlossene Inbetriebsetzung bestätigt die Einsatzbereitschaft der Anlagenteile für die nachfolgenden Funktionsprüfungen.

4.2.3 Trockenprüfungen (Funktionsprüfung)

Nach abgeschlossener Inbetriebsetzung werden die ordnungsgemäßen Funktionen und Einstellungen des Verschlusses, des Antriebs und der Steuerung im Trockenen getestet. Der Verschluss befindet sich hierbei meist im Schutz eines Revisionsverschlusses oder liegt aufgrund eines noch nicht erfolgten Aufstaus im Trockenen.

Die Trockenprüfungen erfolgen im Beisein des Auftraggebers und sind mit ausreichend zeitlichem Vorlauf anzumelden. Die Ergebnisse und Messwerte der Trockenprüfungen sind vom Auftragnehmer zu protokollieren. Die erfolgreich durchgeführte Trockenprüfung muss vom Auftraggeber bestätigt werden.

4.2.4 Dichtheitsprüfung

Nach erfolgreicher Trockenprüfung und Freigabe durch den Auftraggeber kann der Verschluss einer Dichtheitsprüfung unter Wasserdruck (bei Trockenbecken ggf. erst im Zuge des Probetaus möglich) unterzogen werden. Hierzu sollten

die Möglichkeiten zur Abdämmung noch nicht rückgebaut sein, um erforderlichenfalls den Verschlussbereich für Nachbesserungen an den Dichtungen möglichst schnell wieder trockenlegen zu können.

Je nach Verlauf der Dichtheitsprüfungen kann auch ein mehrmaliges Auspumpen und wieder Fluten des Verschlussbereichs erforderlich werden. Die Dichtheitsprüfungen erfolgen im Beisein des Auftraggebers. Die erfolgreich durchgeführte Dichtheitsprüfung und die Freigabe zur Durchführung der nachfolgenden Nassprüfungen unter Betriebsbedingungen müssen vom Auftraggeber bestätigt werden.

4.2.5 Nassprüfungen (Funktionsprüfung)

Nach erfolgreicher Dichtheitsprüfung und sobald es betrieblich und vom Bauablauf her möglich ist (z. B. erfolgter Rückbau der Baugrubenumschließung), können die Funktionsprüfungen unter Betriebsbedingungen (Nassprüfungen, ggf. erst im Zuge des Probestaus möglich) durchgeführt werden. Im Zuge der Nassprüfungen erfolgt die Überprüfung aller relevanten Verschlussfunktionen und Einstellungen unter Wasserbeaufschlagung sowie der Abgleich mit den Sollwertvorgaben.

Die ordnungsgemäße Nassinbetriebnahme gilt als abgeschlossen, wenn die vertragsgemäßen Eigenschaften der Anlage einschließlich aller Sicherheitsfunktionen in einem 24-stündigen, ununterbrochenen Betrieb nachgewiesen werden konnten. Im Zuge der Funktionsprüfungen hat der Auftragnehmer Prüfprotokolle aufzustellen und dem Auftraggeber zu übergeben, in denen die durchgeführten Prüfungen mit allen erforderlichen Kontrollmessungen und Ergebnissen dokumentiert werden.

4.2.6 Einweisung des Betriebspersonals

Der Auftragnehmer hat das Betriebspersonal des Auftraggebers so einzuweisen, dass es spätestens zu Beginn des Probebetriebs mit allen Einzelheiten der Anlage vertraut ist. Die Betriebsanweisungen und Funktionsbeschreibungen müssen bereits zu diesem Zeitpunkt vollumfänglich an den Auftraggeber übergeben werden. Der Betrieb einer Stauanlage ist qualifiziertem Personal zu übertragen. Hinweise hierzu findet man in der Handreichung „Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg – Verantwortung der Betreiber und Zuständigkeiten der Wasserbehörden“ [WBWF/LUBW 2016.10] (<https://pd.lubw.de/18231>). Je früher das Betriebspersonal bei Planung und Bau der Stauanlage beteiligt wird, umso besser werden dessen Kenntnisse über die Besonderheiten und das Verständnis für die Funktionsweise der Stauanlage sein.

Die Einweisung des Betreibers (Betriebspersonal) in die technischen Anlagen hat vor der Abnahme nach der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) durch das Fachpersonal des Planers bzw. Herstellers, das sowohl über technisches Wissen zum System als auch über fundiertes Wissen zur Anlage verfügt, zu erfolgen. Dem einzuweisenden Personenkreis sind, möglichst vor der Einweisung, Funktions- und Bedienungsbeschreibungen und eine Anleitung zur Behebung bzw. Verhaltensanweisung bei Störmeldungen zur Durchsicht zu übergeben. Die Einweisung inkl. der Teilnehmerliste ist zu protokollieren. Vor dem Probebetrieb ist ein ausreichender Zeitraum zur Einarbeitung einzuplanen.

Je nach Tätigkeit und Gefährdungsgrad der Arbeiten benötigt das Betriebspersonal seine persönliche Schutzausrüstung (PSA). Diese muss bei der Einweisung und den Arbeiten an der Stauanlage getragen werden. Der Betreiber hat das Betriebspersonal regelmäßig auf die Einhaltung der Schutzkriterien hinzuweisen und Unterweisungen durchzuführen.

4.2.7 Probetrieb

Nach den unbeanstandet ausgeführten Funktionsprüfungen und der Einweisung des Betriebspersonals soll ein Probetrieb unter Betriebsbedingungen (Probestau) durchgeführt werden. Hierzu ist ein Probestauprogramm aufzustellen.

Für den Bereich des Stahlwasserbaus sind mögliche Betriebsfälle durch örtliche Bedienung und auch durch Zentral- und Fernbedienung zu fahren.

Der Probetrieb bietet die Möglichkeit, die installierte Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik im Zusammenwirken aller Schutz- und Sicherheitseinrichtungen zu prüfen. Außerdem besteht die Möglichkeit, die in der Regel rechnerisch ermittelten Wasserstands-Abfluss-Beziehungen durch parallel zum Probetrieb durchgeführte Messungen zu bestätigen, zu verfeinern oder zu korrigieren.

Ergänzende Hinweise findet man in der Handreichung "Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg" [WBWF/LUBW 2016.10] (<https://pd.lubw.de/18231>).

4.3 Bauvertragliche Abnahme und Gewährleistung

4.3.1 Bauvertragliche Abnahme

Nach dem erfolgreich abgeschlossenen Probetrieb erfolgt die förmliche Abnahme durch den Auftraggeber. Die Anlage wird abgenommen, wenn alle vertraglichen Leistungen erfüllt sind und dem Auftraggeber die vereinbarte Dokumentation übergeben wurde.

Die Abnahme ist eine Bauherrenaufgabe und nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB, Kauf- und Werkvertrag) oder der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/B, §12) je nach Beauftragung in schriftlicher Form und mittels Abnahmeprotokoll durchzuführen. Wird keine Abnahme verlangt und hat der Auftraggeber die Leistung/Anlage oder einen Teil dieser in Benutzung genommen, so gilt die Abnahme nach Ablauf von 6 Werktagen nach Beginn der Nutzung als erfolgt, wenn nichts anderes vereinbart ist.

Das Abnahmeprotokoll ist mit einem Begehungsdatum zu versehen und durch die beteiligten Vertragspartner und Teilnehmer zu unterschreiben. Im Protokoll ist mindestens festzuhalten:

- verbliebene Mängel/Restarbeiten
- Vorbehalte wegen Vertragsstrafe (wenn vorhanden)
- Minderungen für nicht zu beseitigende Mängel
- Termin zur Mängelbeseitigung und zu den Restarbeiten
- Beginn (Abnahmedatum) und Ende der Verjährungsfrist der Mängelansprüche mit Instandhaltungsvertrag (z. B. 4/5 Jahre)
- Beginn (Abnahmedatum) und Ende der Verjährungsfrist der Mängelansprüche ohne Instandhaltungsvertrag (z. B. 2 Jahre)

Mit der Abnahme sind insbesondere folgende Rechtsfolgen verbunden:

- Gefahrenübergang
- Beweislastumkehr
- Fälligkeit der Schlusszahlung
- Beginn der Gewährleistung

4.3.2 Gewährleistungsfristen und Wartungsverträge

Baufträge der öffentlichen Hand werden nach der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) ausgeschrieben und abgewickelt. In den Allgemeinen Vertragsbedingungen sind die Verjährungsfristen für Mängelansprüche

festgelegt. Hierbei ist zu beachten, dass für Teile der maschinellen und elektrotechnischen/elektronischen Anlagen kürzere Gewährleistungsfristen gelten können. Für Einzelheiten wird auf die VOB/B verwiesen.

Die Verjährungsfristen können verlängert werden, wenn dem ausführenden Unternehmen die Wartung der maschinellen und elektrotechnischen/elektronischen Anlagen übertragen wird. Hierzu können Wartungsverträge geschlossen werden. Die Aufnahme der Wartungsverträge in die Ausschreibung der Bauleistungen ist möglich.

Die Länge der Gewährleistung mit einem abgeschlossenen Wartungs- und Instandhaltungsvertrag ist individuell zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer zu vereinbaren. In der Regel werden Laufzeiten der Wartungs- und Instandhaltungsverträge für technische Ausrüstungen von 4 bzw. 5 Jahren abgeschlossen. Bei Nichtübertragung eines Wartungs- und Instandhaltungsvertrag vom Auftraggeber an den Auftragnehmer vor der Abnahme verkürzt sich die Gewährleistungsfrist nach BGB auf die gesetzlichen 2 Jahre.

5 Verschlussarten

5.1 Grundlagen

In diesem Kapitel wird auf die am häufigsten zur Anwendung kommenden und heutzutage gebräuchlichsten Verschlussarten eingegangen. Verschlüsse umfassen den Verschlusskörper mit den Dichtungen und den Lagern. An den Verschlüssen setzen die Hubmittel an, um diese zu bewegen. Bei den Verschlussystemen des Stahlwasserbaus handelt es sich vorwiegend um Einzelanfertigungen, die dem jeweiligen Anwendungsfall konstruktiv und statisch angepasst werden.

BETRIEBSVERSCHLÜSSE					REVISIONS- UND NOTVERSCHLÜSSE
Wehre		Tiefschütze	Tore		Turbinen- und Wehranlagen
Überströmt	Über- und unterströmt		Sperwerke	Schleusen	
Sektorwehr 	Gleitschütz 	Gleitschütz 	Rollenschütz 	Stemmtor 	Nadelwehr
Dachwehr 	Rollenschütz 	Rollenschütz 	Segment 	Klapptor 	Dammbalken
Klappenwehr 	Walzenwehr 	Segment 	Schiebetor 	Hub-Senk-Tor 	Ein- und ausschwimmbare Verschlüsse
Trommelwehr 	Drucksegment 	Klappe 	Sonderkonstruktionen 	Segmenttor 	Gleit- und Rollenschütz
Schlauchwehr 	Zugsegment 	Kegelstrahlschieber 		Schiebetor 	Klappe
Bewegung während der Umströmung			Bewegung im ruhenden Wasser		Bewegung in der Regel im ruhenden Wasser

Abbildung 5.1: Übersicht gesteuerte Verschlüsse [WBWF Stauwärterfortbildung]

Zu den am häufigsten angewendeten Verschlussarten bei Hochwasserrückhaltebecken gehören das Gleitschütz, das Rollschütz, das Segment und die Klappe. Diese Betriebsverschlüsse werden daher ausführlicher erläutert. Aufgrund der Anwendungshäufigkeit eher von untergeordneter Bedeutung sind Wehrverschlüsse (wie z. B. Sektorwehr, Klappenwehr, Schlauchwehr oder Walzenwehr) und alle Arten von Torverschlüssen.

Gesteuerte Verschlüsse regeln die Beckenabgabe durch kontinuierliche Veränderung des freigegebenen Abflussquerschnitts in Abhängigkeit eines Regelplans. Die Verschlüsse sind damit wechselnden statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt. Die Planung und Herstellung der Verschlussorgane mit den notwendigen Antrieben bedürfen deshalb guter Sachkenntnis und Erfahrung.

Neben den beweglichen Verschlüssen für die Kontrolle bzw. Steuerung der Abgabe kommen bei Hochwasserrückhaltebecken ungesteuerte Verschlüsse sowie Revisions- und Notverschlüsse zum Einsatz.

5.2 Schütze, Klappen, Druck- und Zugsegment

Bei den häufig eingesetzten Verschlüssen unterscheidet man zwischen Schütze, Klappen sowie Druck- und Zugsegmenten.

5.2.1 Vor- und Nachteile der Verschlussarten

In der folgenden Übersichtstabelle werden die wichtigsten Vor- und Nachteile der im Anschluss ausführlicher beschriebenen Verschlussarten zusammenfassend gegenübergestellt und gewertet.

Tabelle 5.1: Vor- und Nachteile der Verschlussarten

	Rollschütz	Gleitschütz	Klappe	Segment
Häufig zum Einsatz kommende Verschlussart	+++	+++	+++	++
Notbetrieb öffnend ohne Fremdenergie	+	--	+++	--
Notbetrieb schließend ohne Fremdenergie	++	--	--	+++
Leistungsfähigkeit (große Abflussmengen)	++	+	++	+++
Feinsteuerung kleiner Abflüsse	++	++	+++	+
Steuerung größerer Abflüsse	++	--	++	+++
Absperrverschluss auf oder zu	+++	+++	+	+
Geschiebeabfuhr sohlnah	+++	+++	--	+++
Treibzeugabfuhr oberflächennah	--	--	+++	--
Eignung als Revisionsverschluss	++	+++	+	+
Variationsmöglichkeiten des Antriebs	++	+	+++	++
Wartungs- und Unterhaltsaufwand (im Vergleich)	++	+++	+	+
Kosten Massivbau (im Vergleich)	++	++	+	+
Kosten Stahlwasserbau (im Vergleich)	++	+++	+	+

LUBW

Legende

+++	besonders geeignet/geringer	+	bedingt geeignet/höher
++	geeignet/mittel	--	nicht geeignet

Auf die noch vorkommenden und in Betrieb befindlichen Verschlussstypen, die aber nicht mehr als Neukonstruktionen hergestellt werden, wie z. B. das Walzenwehr, das Sektorwehr oder das Dachwehr, wird in dieser Handreichung nicht näher eingegangen. Da diese Verschlussarten oft schwer zu regulieren und zu automatisieren sind, werden sie im Zuge anstehender Sanierungen meist durch moderne und dem Stand der Technik entsprechende Verschlussstypen und Antriebe ersetzt.

5.2.2 Rollschütz



Abbildung 5.2: Dreiseitig dichtendes Rollschütz, HRB Lorch-Reichenhof, links beim Einbau, Mitte Ansicht vom Unterwasser, rechts Ansicht vom Oberwasser [WV Rems]

Ein Rollschütz ist ein Verschlussorgan mit einer ebenen, meist senkrecht angeordneten Stauwand, das in seitlich im Bauwerk angeordneten Nischen geführt wird. Die Lastabtragung der Kräfte aus Wasserdruck erfolgt hierbei über Laufrollen mit Gleit- oder Wälzlager, die auf den Schienen der seitlichen Nischenarmierungen abrollen. Es gibt dreiseitig dichtende Rollschütze, die unter- und ggf. auch überströmt werden können, und es gibt vierseitig oder umlaufend dichtende Rollschütze (z. B. Tiefschütze oder Absperrschieber), die ausschließlich unterströmt werden.

<p>Eignung als</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Regulierschütz zur Abflusssteuerung ■ Absperschütz / auf – zu ■ Revisionsverschluss (Dammtafel) ■ Tiefschütz/Hochdruckschütz ■ Notschlussorgan unter Eigengewicht schließend
<p>Vorteile</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ kurze Längenentwicklung des Bauwerks ■ bewährte und häufig eingesetzte Verschlussform, vielseitig einsetzbar ■ bereits bei geringen Hubhöhen hohe Abflussleistung ■ auch für Zwischenstellungen und zur Abflussregulierung geeignet ■ bei nahezu allen vorkommenden Feldbreiten und Stauhöhen einsetzbar ■ geeignet für Geschiebeabfuhr/Geschiebemanagement ■ aufgrund der Laufrollen geringere Antriebskräfte als bei einer Gleitlagerung ■ geeignet für nahezu jeden Antriebstyp und jedes Hubmittel
<p>Nachteile</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ nicht geeignet zur Abfuhr von oberflächennahem Treibzeug ■ Feinregulierung des Abflusses ungenauer als bei einem überströmten Verschluss ■ Im Bauwerk werden Nischen für die Führungs- und Dichtungsarmierungen benötigt. ■ aufgrund der starren Lagerung anfällig für Eisdruck ■ Wartungs- und Unterhaltsaufwand (Dichtungen, Schmierung bei Wälzlagerungen) etwas höher als beim Gleitschütz

<p>Typische Merkmale</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ ebenes, meist rückseitig ausgesteiftes Stauwandblech mit seitlich angeordneten Laufrollen ■ wird meist als unterströmter Verschluss eingesetzt ■ dreiseitig dichtend (Sohl- und Seitendichtung) z. B. in offenen Gerinnen ■ vierseitig dichtend (Sohl-, Seiten- und Stirndichtung) an Staubalken oder Tauchwänden ■ Bewegungsrichtung meist vertikal ■ Anordnung der Antriebe in Verschlussmitte oder an beiden Verschlussenden, je nach Tafelbreite und Verschlussführung
<p>Darauf sollte man achten!</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Stauwand sollte oberwasserseitig liegen, sodass die Schwingungs- und die Verklausungsgefahr reduziert wird sowie keine gewichtserhöhenden Ablagerungen auf den Stauwandsteifen erfolgen können. ■ Die Seitenführungen mittels Laufrollenspurkränzen oder bei größeren Feldbreiten mit gefederten Seitenführungen ausführen, um die Verkantungsgefahr zu reduzieren und um eine stabile Lage der Hubmittelaufhängung zu erreichen. ■ Gegenführung in Form von Kufen oder gefederten Laufrollen ausführen, um Lauf- und Schwingungsstabilität, eine exakte Dichtungsvorspannung sowie reduzierten Verschleiß von Dichtung und Laufschiene zu erreichen. ■ Die Seiten- und Stirndichtungen müssen Verformungen und Durchbiegungen des Verschlusses aufnehmen können. Sie müssen durch den Wasserdruck aktiv an die Dichtfläche gedrückt werden. Sie sollen für Unterhaltungs- und Einstellarbeiten gut zugänglich sein. ■ Die Dichtigkeit des Verschlusses ist vor allem in den Wintermonaten (Vereisungsgefahr) für die Betriebssicherheit wichtig!

5.2.3 Gleitschütz



Abbildung 5.3: Ungesteuertes Gleitschütz, Fahrnau HRB im Kratten [LUBW]



Abbildung 5.4: Gesteuertes Gleitschütz, HRB Großbottwar 4 [WBWF Stauwärterfortbildung]

Ein Gleitschütz hat ebenso wie ein Rollschütz eine meist senkrecht angeordnete Stauwand und wird in seitlich im Bauwerk angeordneten Nischen geführt. Die Lastabtragung der Kräfte aus Wasserdruck erfolgt über Gleitkufen und Gleitreibung auf die seitliche Nischenarmierung. Bei vergleichsweise geringen Lasten können Kunststoffkufen mit geringen Reibungskoeffizienten verwendet werden. Ansonsten werden die Gleitkufen aus Rotguss oder Messing ausgeführt. Wichtig ist, dass der Verschleißwerkstoff auswechselbar ausgeführt wird. Wie auch das Rollschütz kann das Gleitschütz als dreiseitig oder vierseitig dichtender Verschluss ausgeführt werden.

Als Kunststoff wird vornehmlich PE-UHMW (ultrahochmolekulares Polyethylen mit hoher Dichte) eingesetzt. Seltener werden PVC-U (weichmacherfreies Polyvinylchlorid (Hart-PVC)) und POM-C: (Polyoxymethylen Copolymer) verwendet.

Eignung als	<ul style="list-style-type: none"> ■ Regulierschütz zur Abflusssteuerung ■ Absperrschütz / auf - zu ■ als Regulierschütz nur bei geringeren Druckhöhen und kleineren Feldbreiten ■ Revisionsverschluss (Dammtafel) unter Druckausgleich gesetzt und gezogen (auch bei größeren Druckhöhen und Feldbreiten)
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ kurze Längenentwicklung des Bauwerks ■ bewährte und häufig eingesetzte Verschlussform ■ bereits bei geringen Hubhöhen hohe Abflussleistung ■ auch für Zwischenstellungen geeignet (bei kleineren Feldbreiten) ■ geeignet für Geschiebeabfuhr/Geschiebemanagement ■ geeignet für nahezu jeden Antriebstyp und jedes Hubmittel ■ weniger wartungsintensiv als ein Rollschütz
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ist nicht geeignet zur Abfuhr von oberflächennahem Treibzeug. ■ Feinregulierung des Abflusses ist ungenauer als bei einem überströmten Verschluss. ■ Im Bauwerk werden Nischen für die Führungs- und Dichtungsarmierungen benötigt. ■ Aufgrund der starren Lagerung ist es anfällig für Eisdruck. ■ Die Antriebskräfte sind aufgrund der hohen Reibungsanteile höher als beim Rollschütz. ■ Die Armierungsoberflächen werden verstärkt auf Abrieb beansprucht.
Typische Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> ■ ebenes meist rückseitig ausgesteiftes Stauwandblech mit Gleit- und Führungskufen ■ wird meist als kleiner, unterströmter Verschluss oder als Revisionsverschluss unter Druckausgleich eingesetzt ■ meist dreiseitig dichtend (Sohl- und Seitendichtung) in offenen Gerinnen ■ Bewegungsrichtung meist vertikal ■ Der Antrieb wird meist an beiden Verschlussenden angeordnet.

Darauf sollte man achten!

- Die Stauwand sollte oberwasserseitig liegen, sodass die Schwingungs- und die Verklausungsgefahr reduziert wird und keine gewichtserhöhenden Ablagerungen auf den Stauwandsteifen erfolgen können.
- Die Gleit- und Führungskufen sollten zur Reduzierung der Hub- und Schließkräfte aus einem Werkstoff mit möglichst geringem Reibungsbeiwert bestehen (Kunststoff oder Bronzelegierungen).
- Gegenführungen in Form von einstellbaren Kufen ausführen, um eine Lauf- und Schwingungsstabilität, eine exakte Dichtungsvorspannung sowie einen reduzierten Verschleiß der Dichtungen zu erreichen.
- Die Seiten- und Stirndichtungen müssen Verformungen und Durchbiegungen des Verschlusses aufnehmen können. Sie müssen durch den Wasserdruck aktiv an die Dichtfläche gedrückt werden. Sie sollen für Unterhaltungs- und Einstellarbeiten gut zugänglich sein.
- Die Dichtigkeit des Verschlusses ist vor allem in den Wintermonaten (Vereisungsgefahr) für die Betriebssicherheit wichtig!
- Die Dichtungen sollen für Unterhalts- und Einstellarbeiten gut zugänglich sein.

5.2.4 Klappe



Abbildung 5.5: Fischbauchklappe, links Ansicht oberwasserseitig, Mitte Draufsicht, rechts Ansicht unterwasserseitig [WBWF Stauwärtterfortbildung]

Die Klappe ist ein überströmter Verschluss mit einer meist radial gekrümmten Stauwand und einer torsionssteifen, oftmals bauchförmig ausgeführten Verschlussrückseite. Aufgrund dieser Ausführungsform wird der Verschluss auch als Fischbauchklappe bezeichnet. Die Lasten aus Wasserdruck werden über Drehlager übertragen, die in der Sohlschwelle des Bauwerks verankert sind. Die Halte- und Bewegungskräfte werden über das Hubmittel in die Wehrpfeiler des Bauwerks eingeleitet.

Eine Klappe ist ein überströmter und meist unter Eigengewicht und Wasserlast öffnender Verschluss mit sehr guten Reguliereigenschaften, der sich aufgrund seiner Torsionssteifigkeit auch für große Wehrfeldbreiten eignet.

Eignung als	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verschluss zur exakten Abflusssteuerung ■ Verschluss in offenen Gerinnen ■ ohne Fremdenergie öffnender Verschluss ■ Verschluss zur Ableitung von oberflächennahem Treibzeug
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ bewährte und häufig eingesetzte Verschlussform ■ geeignet für große und kleinere Feldbreiten ■ geeignet zur Ableitung von oberflächennahem Treibzeug ■ geeignet zur exakten Regelung kleinerer Abflüsse ■ Der anstehende Wasserdruck erzeugt ein öffnendes Drehmoment. ■ In den Pfeilern werden meist keine Nischen benötigt. ■ zahlreiche Möglichkeiten zur Anordnung des Antriebs bzw. Hubmittels
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Längenentwicklung des Bauwerks mit Pfeilern und Tosbecken ist vergleichsweise groß. ■ zur Geschiebeabfuhr weniger geeignet als ein unterströmter Verschluss ■ Die Antriebskräfte sind aufgrund der Wasserauflast vergleichsweise hoch. ■ Der Überfallstrahl muss belüftet werden (Vermeidung von Unterdruck). ■ Die Seitendichtungen werden stark beansprucht und verschleifen schneller ■ Die Drehlager müssen zur Krafteinleitung massiv in der Sohlschwelle verankert werden. ■ Die Ausbildung der Sohldichtung und der Übergang der Sohl- zur Seitendichtung sind konstruktiv aufwendig und oftmals undicht.
Typische Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> ■ meist als sogenannte Fischbauchklappe mit radial gebogener Stauwand und rückseitigem Torsionskörper (Hohlkörper) ausgeführt ■ Als Hubmittel kommen meist Hydraulikzylinder zum Einsatz (Öffnen unter Eigengewicht). ■ dreiseitig dichtend (Sohl- und Seitendichtungen) in offenen Gerinnen ■ Die Klappe dreht sich um die Drehlagerachse an der Sohlschwelle.

Darauf sollte man achten!

- Strahlaufreißer auf der Klappe zur Belüftung des Überfallstrahls in den oberen Klappenstellungen (Vermeidung von Unterdruck und Schwingungsgefahr)
- seitliche Belüftungsöffnungen in den Pfeilern zur Belüftung des Überfallstrahls in den mittleren/unteren Klappenstellungen (Vermeidung von Unterdruck und Schwingungsgefahr)
- Das Hubmittel muss kardanisch gelagert sein, damit die Drehbewegungen und Temperaturdehnungen der Klappe zwängungsfrei aufgenommen werden.
- Das Seitenschleifblech sollte bei Vereisungsgefahr über den gesamten Verfahrweg der Dichtung beheizt sein, da die Dichtigkeit des Verschlusses vor allem in den Wintermonaten für die Betriebssicherheit wichtig ist!
- Die Seitendichtungen müssen die schleifende Bewegung quer zur Dichtungsachse aufnehmen können. Die Winkeldichtungen dürfen daher nicht durch den Spalt zwischen Stauwand und Bauwerk durchgezogen werden.
- Der Spalt zwischen Stauwand und Bauwerk muss unter Berücksichtigung der Temperaturdehnung und Klappenverformung dimensioniert werden. Hierzu sind Winkeldichtungen, die auch Temperaturdehnungen und Verformungen aufnehmen können erforderlich.
- Die Dichtungen sollen für Unterhaltungs- und Einstellarbeiten gut zugänglich sein.

5.2.5 Druck- und Zugsegment



Abbildung 5.6: Drucksegment, HRB Mittleres Kinzigtal; links Ansicht oberwasserseitig; Mitte offene Stellung Ansicht Unterwasser, rechts Seitenansicht [WBWF Stauwärterfortbildung]

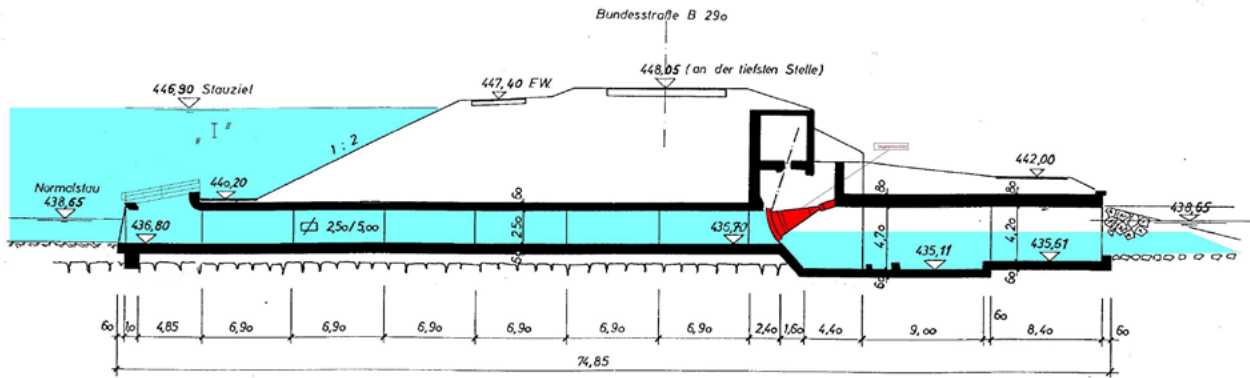


Abbildung 5.7: Längsschnitt mit Segmentverschluss beim Dauerstaubecken HRB Schwabsberg [WBWF Stauwörterfortbildung]

Ein Druck- oder Zugsegment ist ein Verschluss mit gerader oder gekrümmter Stauwand sowie einer meist kastenförmig ausgebildeten Verschlussrückseite, der über die seitlichen Segmentarme eine öffnende oder schließende Drehbewegung ausführt. Je nach Wirkungsrichtung des Wasserdrucks werden die Segmentarme mit Druck- oder mit Zugkräften beaufschlagt.

Die Lasten aus Wasserdruck werden über die beiden Segment-Drehlager in die Pfeiler des Bauwerks eingeleitet. Wenn das Drehlager nicht exzentrisch angeordnet ist, verläuft die Resultierende aus Wasserdruck durch den Drehlagerpunkt und erzeugt keine Hub- oder Schließkräfte infolge Wasserdrucks. Wird das Drehlager exzentrisch angeordnet, kann durch den Wasserdruck ein öffnendes oder auch schließendes Drehmoment erzeugt werden.

Ein Segment ist in der Regel ein unterströmter Verschluss, mit dem bereits bei kleinen Öffnungshöhen hohe Abflussleistungen möglich sind. Er eignet sich sehr gut zur Geschiebeabfuhr und bei größeren Wehrfeldbreiten.

Eignung als	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verschluss zur Steuerung größerer Abflüsse ■ Verschluss in offenen Gerinnen ■ ohne Fremdenergie schließender Verschluss ■ Verschluss zur Ableitung von Geschiebe
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ bewährte und häufig eingesetzte Verschlussform ■ geeignet für meist größere Feldbreiten und größere Abflüsse ■ geeignet zur Ableitung von Geschiebe ■ geringe Antriebskräfte, da die Wasserdruckresultierende durch den Drehpunkt verläuft ■ Die Seitendichtungen unterliegen geringerem Verschleiß (Beanspruchung nicht quer). ■ In den Pfeilern werden meist keine Nischen benötigt. ■ zahlreiche Möglichkeiten zur Anordnung des Antriebs bzw. Hubmittels (einseitig, zweiseitig oder mit Torsionsrohrantrieb)

<p>Nachteile</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Längenentwicklung des Bauwerks mit Pfeilern und Tosbecken ist vergleichsweise groß. ■ nicht geeignet zur Abfuhr von oberflächennahem Treibzeug ■ Die Feinregulierung des Abflusses ist ungenauer als bei einem überströmten Verschluss. ■ Im Bauwerk werden Nischen für die Führungs- und Dichtungsarmierungen benötigt. ■ aufgrund der starren Lagerung anfällig für Eisdruck ■ Der Wartungs- und Unterhaltungsaufwand (Dichtungen, Schmierung der Drehlager) ist hoch.
<p>Typische Merkmale</p> <p>Darauf sollte man achten!</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ meist als Drucksegment mit radial gebogener oder auch gerader Stauwand und rückseitigem Torsionskörper ausgeführt. Zugsegmente werden seltener ausgeführt. ■ Als Hubmittel kommen meist Hydraulikzylinder zum Einsatz (Schließen unter Eigengewicht). ■ dreiseitig dichtend (Sohl- und Seitendichtungen) in offenen Gerinnen ■ Das Segment dreht sich um die Drehlagerachse der Segmentarme. <ul style="list-style-type: none"> ■ Die Dreh- und Temperaturbewegungen des Verschlusses müssen zwängungsfrei aufgenommen werden. Hierzu muss das Hubmittel kardanisch gelagert werden. ■ Zur Vermeidung einer Verkantung des Verschlusskörpers sollte dieser gefeder- te Seitenführungslaufrollen erhalten. ■ Das Seitenschleifblech sollte über den gesamten Verfahrweg der Dichtung be- heizt sein, da die Dichtigkeit des Verschlusses vor allem in den Wintermonaten (Vereisungsgefahr) für die Betriebssicherheit wichtig ist! ■ Der Spalt zwischen Stauwand und Bauwerk muss unter Berücksichtigung der Temperaturdehnung und Klappenverformung dimensioniert werden. Hierzu sind Winkeldichtungen, die auch Temperaturdehnungen und Verformungen aufnehmen können, erforderlich. ■ Direkte Sonneneinstrahlung auf die Segmentrückseite sollte nach Möglichkeit vermieden werden, damit die Temperaturdifferenzen zu keinen temporären Undichtigkeiten im Sohlbereich führen. ■ Eine leichte Schrägstellung der Segmentarme kann sich vorteilhaft auswirken, da durch die reduzierte Stützweite das Verformungsverhalten günstig beein- flusst wird. ■ Die Dichtungen sollen für Unterhalts- und Einstellarbeiten gut zugänglich sein.

5.3 Kombiniertes Verschluss



Abbildung 5.8: HRB Hoftal – Gleitschütz zur Betriebssteuerung und Klappe zur Hochwasserentlastung [LRA Ludwigsburg]

Bei einem kombinierten oder mehrteiligen Verschluss handelt es sich um einen meist zweiteilig ausgeführten Verschluss, der sich aus den vorgestellten Einzelverschlussarten zusammensetzt. In Kombination verfügen diese Verschlussarten über all die genannten Vor- und Nachteile der bereits beschriebenen Einzelverschlüsse. Auch die Angaben zu technischen Details haben hier entsprechende Gültigkeit. Jedes Verschlussenteil kann in der Regel unabhängig voneinander bewegt werden.

Kombinierte Verschlüsse werden vorzugsweise dann eingesetzt, wenn sowohl die Geschiebeabfuhr als auch die Weiterleitung von oberflächennahem Treibzeug und Eis für den Betrieb der Anlage von Bedeutung sind. Auch für eine genauere Regelung kleiner Abflussmengen und zur Schonung des Sohldichtungssystems der unteren Verschlussstapel kann ein kombinierter Verschluss von Vorteil sein.

In vielen Fällen lässt sich mit einem kombinierten Verschluss die Betriebs- und Hochwassersicherheit der Anlage in Bezug auf die [n-1] Betrachtung nach DIN 19700 im Störfall erhöhen, da sich je nach Wahl der Hubmittel und des Verschlussstyps oftmals auch die Ausfallwahrscheinlichkeit im Störfall reduzieren lässt (Stichwort [n-a] Betrachtung).

Aufgrund des komplexen Tragwerks eines mehrteiligen Verschlussystems und des höheren Aufwands für die Antriebs- und Steuerungstechnik ist ein kombiniertes Verschlussystem immer kostenintensiver als ein Einzelverschluss. Ob ein solches Verschlussystem zum Einsatz kommen soll, ist daher für den jeweiligen Einzelfall zu entscheiden. Bei mehrfeldrigen Wehranlagen ist unter diesem Gesichtspunkt oftmals eine Kombination aus Einzelverschlüssen und mehrteiligen Verschlüssen sinnvoll.

5.4 Sonderbauweisen

Im Stahlwasserbau existiert eine Vielzahl weiterer Verschlussarten, deren Einsatz sich bei speziellen Bauwerken des Wasserbaus bewährt hat und die dort immer wieder zum Einsatz kommen. Im Folgenden werden einige in Baden-Württemberg ausgeführte Bauweisen dargestellt.

HRB Wiesentalpolder Nr. S63 in Sinsheim an der Elsenz (Nebenschlussbecken)



Abbildung 5.9: Schlauchwehr als Einlaufbauwerk zur Flutung des Segelflugplatzes [LUBW]



Abbildung 5.10: Verschluss mittels hochklappbarer Stahltafeln bei der Durchfahrt am Segelflugplatz [LUBW]

HRB Lustnau – Damm und Rolltor zum Verschließen der Straßendurchfahrt L1208 (Nebenschlussbecken)



Abbildung 5.11: Damm und Rolltor [LRA Ludwigsburg]



Abbildung 5.12: Rolltorverschluss [LRA Ludwigsburg]

HRB Breiloch Malsch



Abbildung 5.13: Wirbeltrossel [LRA Rhein-Neckar-Kreis]

HRB Hägenich



Abbildung 5.14: Gegengewichtsklappe der HWEA, HRB Hägenich [RP Karlsruhe]

5.5 Armaturen

Bei den Armaturen handelt es sich um Absperrorgane in Rohrleitungen. In der Regel sind dies Standardprodukte, die mit genormten Abmessungen und Druckstufen zur Anwendung kommen. Die Standardgrößen verschiedener namhafter Hersteller sind hierbei in etwa bis zu Baugrößen DN 1.800 und Druckstufen bis zu PN 25 (25 bar/250 mWS) verfügbar. Teilweise befinden sich auch noch größere Baugrößen und höhere Druckstufen in dem Portfolio der Hersteller.

Absperrklappen werden als Absperrarmatur eingesetzt, um in Offen- oder Schließstellung den Durchfluss durch Rohrleitungssysteme freizugeben oder abzusperren. Sie eignen sich nicht als Regulierorgan für einen dauerhaften Betrieb in Zwischenstellungen. Oftmals wird die Absperrklappe auch als Schnellschluss-Sicherheitsarmatur mit Gegengewichtsantrieb als Rohrbruchsicherung eingesetzt. Absperrklappen werden mit getriebeübersetzten Handrädern, mit elektrischen Stellantrieben sowie ölhdraulisch und auch pneumatisch angetrieben.

Absperrschieber werden eingesetzt, um in Offen- oder Schließstellung den Durchfluss durch Rohrleitungssysteme freizugeben oder abzusperren. Sie eignen sich nicht als Regulierorgan für einen dauerhaften Betrieb in Zwischenstellungen und auch nicht als Schnellschluss-Sicherheitsarmatur. Absperrschieber werden in der Regel als Absperrarmatur für Revisions- und Wartungsarbeiten verwendet und mit Handantrieb oder Elektroantrieb betätigt.

Kugelschieber werden meist in den unteren Rohrstrang von Hochdruck-Wasserkraftanlagen eingebaut. Sie haben einen kugelförmigen, durchbohrten und um 90° drehbar gelagerten Absperrkörper, der den Durchflussquerschnitt entweder komplett öffnen oder schließen kann. Sie eignen sich nicht als Regulierorgan für einen Betrieb in Zwischenstellungen.

Ringkolbenventile werden zur stufenlosen Durchflussregelung von Druckrohrsystemen mit hohen Druckstufen eingesetzt. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie in jeder Öffnungs- und Zwischenstellung einen ringförmigen Durchflussquerschnitt mit rotationssymmetrischer Strömung haben und somit zur exakten und kavitationsfreien Dosierung des Durchflusses geeignet sind.



Abbildung 5.15: Kegelstrahlschieber – Naglod-Talsperre [RP Karlsruhe]

6 Antriebsarten und Hubmittel

6.1 Grundlagen

Je nach Verschlussstyp muss das Hubmittel mit dem Antrieb die unterschiedlichsten Verschlussbewegungen ermöglichen. Die Antriebe erzeugen die notwendigen Bewegungskräfte und die Hubmittel übertragen diese auf den Verschluss.

Im Folgenden werden die gebräuchlichsten Antriebsarten und Hubmittel vorgestellt. Es werden wichtige Hinweise und Empfehlungen zu technischen Aspekten gegeben, die sich in der Praxis bewährt haben. Jedes Antriebssystem sollte generell über eine redundante Möglichkeit der Stromversorgung verfügen. Aufgrund der umfassenden und komplexen Thematik geht diese Handreichung jedoch nicht vertieft auf die einzelnen Komponenten der Antriebstechnik und deren Funktionsweisen ein.

	Antrieb											
	mechanisch								hydraulisch		pneu- matisch	mit Gegengewicht
	mit Kran versetzen	manueller Antrieb	Antrieb mit Motor	Hubmittel						Öl	Wasser	
				Seil	Stange	Spindel	Stange Triebstock	Kranz	Kette			
Gleitschütz		•	•		•	•	•					
Rollschütz		•	•	•		•			•			
Walze			•						•			
Damm Balken	•											
Segment			•	•		•		•	•			•
Klappe		•	•			•	•		•			
Schieber			•			•			•			
Schlauchwehr										•	•	

Abbildung 6.1: Übersicht Antrieb und Hubmittel [WBWF Stauwärterfortbildung]

Antriebsauslegung

Der Betrieb der Anlage muss immer gewährleistet sein, auch bei extremen Wetterlagen (siehe Abbildung 6.2). Die Hubmittel und der Antrieb sind entsprechend auszulegen. Die Antriebsauslegung ist Teil der statischen Berechnung der Stahlwasserbauteile und erfolgt im Regelfall durch den Hersteller. Entsprechende Stabilitätsnachweise, wie z. B. eine prüffähige Statik, sind zu führen.

Für die Berechnung/Auslegung der Antriebe und der Statik der Stahlwasserbauteile sind mögliche Lastfälle anzunehmen:

- einseitige Verklauung von Wehrverschlüssen
- Festlegung der höchstmöglichen Wasserstands Differenz (Δh = höchster Wasserstand vor Verschlusselement – Sohlhöhe nach Verschlusselement)
- Schwingungen der Verschlüsse
- Verzug der Verschlüsse bei der Herstellung und Montage
- Lasten durch Vergussbeton (besonders zu berücksichtigen bei Schleifblechen und Führungsschienen)
- Eisauflast, Eisdruck und Eisstoß
- ggf. Schiffsreibung und Schiffsstoß

- Wirkung des Schraubenstrahls auf die Verschlusskörper
- Druckstöße
- Wellendruck auf die Verschlusskörper
- hydrodynamische Einwirkungen bei Bewegung der Verschlusskörper

Schwingungen der Verschlüsse sind zu vermeiden. Schwingungen können z. B. durch Wasser- und Luftströmung bei ungenügenden Dichtungen bzw. falscher Dichtungsanordnung hervorgerufen werden. Des Weiteren ist der Verzug der Verschlüsse bei der Herstellung, z. B. durch die Verzinkung und Montage, oder durch die nichtlineare Flucht bei drei oder mehr Lagerstellen, unbedingt zu vermeiden.



Abbildung 6.2: Eisbildung Schieberschacht [WBWF Stauwärterfortbildung]

6.2 Ölhydraulische Antriebe und Hydraulikzylinder

Ölhydraulische Antriebe sind eine im Stahlwasserbau häufig zur Anwendung kommende Antriebsart. Sie kommen meist dann zum Einsatz, wenn hohe Kräfte und exakte Stellungsregelungen erforderlich sind. Die zentrale Antriebseinheit ist das sogenannte Hydraulikaggregat (Elektromotor und Hydraulikpumpe), mit dem die benötigten hohen Öldrücke und Förderströme erzeugt werden. Mit der am Aggregat verbauten Ventiltechnik lassen sich dann teilweise sehr komplexe Steuer- und Regelvorgänge und gleichzeitig zahlreiche Sicherheits- und Überwachungsfunktionen realisieren.

Im Stahlwasserbau werden aus Gründen des Umweltschutzes in der Regel keine Hydrauliköle auf Mineralölbasis eingesetzt. Es kommen umweltverträgliche, biologisch abbaubare synthetische Ester zum Einsatz. Es gibt Produkte mit einer biologischen Abbaubarkeit nach OECD 301 B > 60 %. Diese werden im Stahlwasserbau verstärkt verwendet.



Abbildung 6.3: Elektrisch angetriebenes Hydraulikaggregat mit Druckspeicher, Ölauffangwanne und Handpumpe [WBWF Stauwärterfortbildung]



Abbildung 6.4: Mobiles Notfall-Hydraulikaggregat [WBWF Stauwärterfortbildung]

Vorteile von ölhydraulischen Antrieben

- nahezu unbeschränkte Einsatzmöglichkeiten im gesamten Stahlwasserbau
- Erzeugung von sehr hohen Kräften bei geringem Platzbedarf
- gute und genaue Steuer- und Positionierbarkeit in allen Bewegungsrichtungen
- zahlreiche und langjährige Betriebserfahrungen
- viele Hersteller
- wenig mechanische Verschleißteile und gute Zugänglichkeit zu den Antriebskomponenten
- gute Möglichkeiten zur Ausbildung von Redundanzen (Kreuzschaltung, 2. Pumpe im Wechselbetrieb etc.) und Systemsicherheiten
- weitgehend schwingungsunempfindlich durch eine gute Dämpfungswirkung der Ölsäule
- hohe, genaue und variable Stellgeschwindigkeiten

Nachteile von ölhydraulischen Antrieben

- Leckagen und Sicherheitsprobleme aufgrund hoher Betriebsdrücke von bis zu 250 bar möglich
- vergleichsweise hoher Wartungs- und Unterhaltsaufwand
- Umweltbelastungen durch das Betriebsmedium bei Leckagen möglich
- geschultes und ausgebildetes Personal für den Betrieb und die Unterhaltung der komplexen Technik erforderlich
- umschlossener Raum für das Aggregat und den Öltank notwendig



Abbildung 6.5: Hydraulikzylinder mit Klappe [WBWF Stauwärterfortbildung]

Hinweise zur Konstruktion

Zwängungen (Einschränkung der freien Beweglichkeit) und hieraus resultierende Beschädigungen an dem Führungs- und Dichtungssystem der Zylinderstange sind zu vermeiden. Hierzu wird der Zylinder an Zylinderrohr und Zylinderstange allseitig gelenkig bzw. kardanisch aufgehängt.

Es ist zu empfehlen, die Anlage auf einen Betriebsdruck von maximal bis zu 160 bar zu bemessen (rechnerischer Betriebsdruck) und diese über ein 10 % höher eingestelltes Druckbegrenzungsventile abzusichern. Nach DIN 19704-1 ist ein Grenzwert der Druckbegrenzungsventile in Höhe von 250 bar zulässig. Dies sollte aus Gründen der Betriebslebensdauer, der Anlagensicherheit und unter dem Aspekt etwaiger späterer, im Laufe der Betriebsjahre entstandener Schwergängigkeiten nicht voll ausgeschöpft werden.

Hydraulikzylinder werden oftmals unmittelbar oberhalb des Wasserspiegels angeordnet. Aus diesem Grund ist ein besonderes Augenmerk auf die Ausführung der Zylinderdichtungen und auf die Möglichkeiten zur Erfassung von Ölleckagen zu legen. Es empfiehlt sich daher, die dynamischen Dichtungen des Zylinders redundant auszuführen. Der Zwischenraum zwischen der Lamellendichtung der doppelten Stangendichtung kann dann dazu genutzt werden, Undichtigkeiten über eine Drainagebohrung abzuleiten, messtechnisch zu erfassen und wieder in den Tank zurückzuleiten.

In Innen- und Außenbereichen empfiehlt es sich, ausschließlich feste Verrohrungen aus Chromnickelstahl zu verlegen und Hochdruckschläuche nur an Übergängen einzusetzen, an denen größere Bewegungen ermöglicht werden müssen. Hydraulikschläuche unterliegen einem Alterungsprozess und müssen nach BGR 237 alle 6 Jahre (ab Herstellungsdatum) ausgewechselt werden. Hydraulik-Schlauchleitungen haben eine eingeprägte Kennzeichnung, auf der der zulässige Betriebsdruck und das Herstellungsdatum vermerkt sind. Hydraulikschläuche im Außenbereich sollten zum Schutz vor Umwelteinflüssen und UV-Strahlung zusätzlich einen flexiblen (z. B. spiralförmigen) Schutzschlauch erhalten (Herstellungsdatum der Verrohrung für Instandhaltung vorab dokumentieren).

Besteht eine Anlage aus mehreren Wehrfeldern, empfiehlt es sich, aus Gründen der Betriebssicherheit und Verfügbarkeit für jedes Wehrfeld ein eigenständiges, autarkes Antriebsaggregat vorzusehen. Hierdurch kann das Ausfallrisiko deutlich reduziert werden. Für den Fall eines Stromausfalls verfügt jedes Antriebsaggregat über eine Handpumpe für den Notbetrieb.

Für den Fall einer Störung an der Motorpumpe besteht die Möglichkeit, entweder eine zweite Motorpumpe als Ersatzpumpe auf dem Aggregat aufzubauen oder sich zumindest eine Motorpumpe als Ersatzteil vorzuhalten. Bei mehreren Antriebsaggregaten besteht zudem die Möglichkeit, diese über eine sogenannte Kreuzschaltung miteinander zu verbinden und somit den Antrieb mit der defekten Motorpumpe mit dem benachbarten Antriebsaggregat zu bedienen. Gegebenenfalls sollte eine Anschlussmöglichkeit für externe Ölantriebe z. B. von Schleppern vorgesehen werden.

Für den Fall, dass die Steuerung über den Steuerschrank mit der SPS (steuerprogrammierbare Steuerung) nicht mehr funktioniert, sollte jedes Antriebsaggregat über eine Notsteuerung verfügen, mit der der Verschluss bei Ausfall des Automatisierungssystems manuell direkt vom Aggregat ausgefahren werden kann. Hierzu muss es möglich sein, die Pumpe einzuschalten, um einen Systemdruck aufzubauen und die Ventile am Aggregat per Hand zu betätigen.

Die Elektronik und Ventiltechnik moderner Hydraulikantriebe ermöglichen eine Vielzahl an Überwachungs- und Steuerungsfunktionen. Diese sollen die Betriebssicherheit der Anlage gewährleisten. Im Folgenden werden die wichtigsten Sicherheitsfunktionen exemplarisch und stichpunktartig aufgelistet, über die ein ölhydraulischer Antrieb in der Regel verfügen sollte:

- Öldruck zu hoch oder zu niedrig/Sicherheitsabschaltung am Hydraulikaggregat
- Ölstand gering
- Ölstand zu tief/Sicherheitsabschaltung am Hydraulikaggregat
- Öltemperatur zu niedrig
- Öltemperatur zu hoch
- Rohrbruch/Sicherheitsabschaltung am Hydraulikaggregat
- Filter verstopft
- Ausfall des Stellungsgebers
- Laufzeitüberwachung
- Öffnungs- bzw. Schließzeitbegrenzung
- Bei Zeitüberschreitung der max. Pumpenlaufzeit erfolgt jeweils eine Störmeldung und Stillsetzung.
- Stellungsüberwachung: Es wird überwacht, ob sich die Stellung des Verschlusses aus einer beliebigen Offenstellung ohne Befehl ändert.
- Überlast: Für die Drucküberwachungsventile im ölhydraulischen Antrieb sind die Funktionen Störung/Abschaltung vorgesehen.
- Motoren: Temperaturüberwachung und Motorschutzschalter
- Steuerung: Ausfall SPS, Automatenausfall und Spannungsüberwachungen

6.3 Elektromechanische Antriebe und Stange/Spindel

Elektrische Stellantriebe bestehen im Wesentlichen aus einem Antriebsmotor und einem Untersetzungsgetriebe. Der Antrieb besitzt in der Regel ein Handrad zur Notbetätigung.

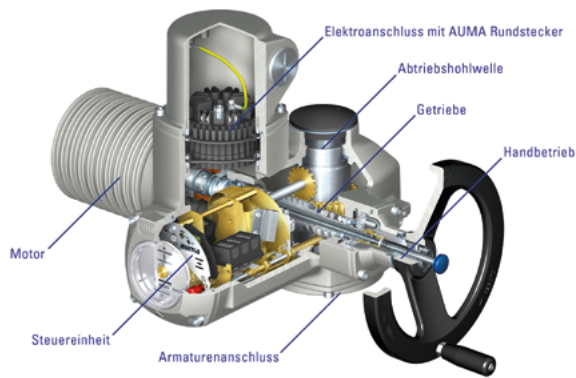


Abbildung 6.6: Aufbau eines elektrischen Stellantriebs [WBWF Stauwärterfortbildung]



Abbildung 6.7: HRB Aichstrut – drei Stellantriebe [LRA Ostalbkreis]

6.3.1 Zahn- und Triebstockstangen

Antriebe mit Triebstockstangen sind die in der Vergangenheit wohl am häufigsten eingesetzten Hubmittel im Stahlwasserbau. Sie können Zug- und Druckkräfte übertragen und mit einem entsprechend langen, knicksteifen Hubgestänge auch bei tiefliegenden Verschlüssen Anwendung finden. Durch den Einsatz von federgedämpften Triebstöcken kann der Verschleiß deutlich reduziert und die Lebensdauer des Antriebs erhöht werden. Mit drehbar gelagerten oder radial ausgeführten Triebstockstangen können auch Drehbewegungen von Klappen- oder Segmentverschlüssen realisiert werden.

Triebstockstangen finden heutzutage meist nur noch bei kleineren Anlagen Anwendung. An größeren Anlagen mit komplexen Steuer- und Überwachungsfunktionen werden Triebstockstangenantriebe nach und nach durch neuere Antriebssysteme (z. B. Hydraulik- oder Elektrohubzylinder) ersetzt.



Abbildung 6.8: Gleitschütz mit beidseitigem Triebstock [Bau+Plan]



Abbildung 6.9: Triebstockantrieb [Bau+Plan]

Vorteile von elektromechanischen Triebstock-Antrieben

- Triebstöcke sind robust und relativ unempfindlich gegen mitgeführte Verunreinigungen.
- Triebstockantriebe sind gegenüber Spindel- oder Kettenantrieben deutlich kostengünstiger.
- Der Wartungs- und Unterhaltsaufwand ist vergleichsweise gering, da in der Regel nur mit wasserbeständigem Fett nachgeschmiert werden muss.
- Triebstöcke werden meist zweiseitig angeordnet (siehe Abbildung 6.8) und über eine Motor-Getriebeeinheit und eine gemeinsame Antriebswelle angetrieben. Hierdurch treten keine Gleichlaufprobleme auf.
- Der Wirkungsgrad eines Triebstockantriebs ist vergleichsweise hoch.

- Die Funktionstüchtigkeit des Hubmittels bleibt auch bei Verschleißerscheinungen an den Triebstockbolzen und der Ritzelverzahnung meist noch erhalten.
- Triebstöcke können bei entsprechender Ausführung der Getriebeeinheiten als nicht selbsthemmender Antrieb ausgeführt werden.
- Triebstockantriebe sind weitaus unempfindlicher gegen Zwängungen als Spindeln oder Servomotoren. Eine kardani-sche Aufhängung des Hubmittels ist meist nicht erforderlich.

Nachteile von elektromechanischen Triebstock-Antrieben

- Die hohen Anforderungen an die Verschlusspositionierung und die Stellweggenauigkeit sind nicht zu erfüllen.
- Falls im Betrieb meist nur kurze, lastintensive Hübe ausgeführt werden, die nur wenige Bolzen und Verzahnungen belasten, ist der Verschleiß an diesen Teilen hoch.
- Verschlusschwingungen können bei einem ungedämpften Triebstocksystem zu erhöhtem Verschleiß führen.
- Sicherheitsrelevante Antriebskomponenten wie Überlastabschaltung, Endschalter, Stellungsgeber etc. sowie die erforderlichen Einhausungen der Antriebseinheiten sind oftmals störungsanfällig und unterhaltsintensiv.
- Redundanzen im Antrieb und bei der Stromversorgung können kostenintensiv werden.

6.3.2 Spindelantriebe

Spindelantriebe werden häufig als zweiseitig angeordneter und über eine Verbindungswelle miteinander verbundener Spindeltrieb bei Schützenwehren eingesetzt. Der typische Aufbau besteht aus einem auf einem Rahmenträger montierten elektrischen Stellantrieb und aus einem Zwischengetriebe mit horizontal liegenden Abgangswellen, an deren beiden Enden die Wellendrehung über ein Kegelradgetriebe mit Spindelaufnahme umgelenkt wird. Zusätzlich zu dem Elektroantrieb muss immer auch die Möglichkeit zum stromlosen Betätigen mittels Handrad gegeben sein.

Sehr häufig kommen Spindelantriebe auch bei gehäuselosen Absperrschiebern oder Grundablasselinläufen zum Einsatz. Die Hubspindel wird dabei mit einem Hubgestänge verlängert, das in Führungskonsolen knicksicher an der Schachtwand verankert ist. Im Stahlwasserbau werden die Hubspindeln in der Regel mit Trapezzgewinden aus nichtrostendem Stahl ausgeführt.

Bei Spindelantrieben unterscheidet man Antriebe mit steigender oder mit nicht steigender Spindel. Bei steigenden Spindeln dreht sich nicht die Spindel, sondern die Spindelmutter. Durch die Drehung der Spindelmutter wird die Spindel und somit der Verschluss gehoben oder abgesenkt. Charakteristisch ist hierbei, dass die Spindelstange beim Anheben des Verschlusses nach oben aus der Spindelaufnahme herausfährt und entsprechend der Hubhöhe des Verschlusses übersteht. Zum Schutz der überstehenden Spindel und aus Gründen des Arbeitsschutzes muss diese eine Abdeckung erhalten.



Abbildung 6.10: Absperrschieber mit Spindelantrieb [Bau+Plan]

Bei nicht steigenden Spindeln dreht sich die Spindel und die Spindelmutter ist fest mit dem Verschluss oder auch fest mit einem Verbindungsrohr zum Verschluss verbunden. Die drehende Spindel wird hierbei axial unverschieblich an der Getriebeeinheit gelagert. Bei dieser Bauart bleibt die Spindel während des Hubvorgangs in unveränderter Lage und fährt nicht nach oben aus. Mit dem Anheben des Verschlusses wird die sich drehende Spindel in den Verschlusskörper oder in das feststehende Verbindungsrohr zum Verschluss eingefahren.

Welche dieser beiden Antriebsarten zu bevorzugen ist, hängt von dem jeweiligen Einsatzfall und den gestalterischen Vorgaben der Architekten oder auch des Denkmalschutzes ab. Es kann aber festgehalten werden, dass der Unterhalts- und Wartungsaufwand eines nicht steigenden Spindeltriebs aufgrund der meist tiefen und schwer zugänglichen Lage der Spindelmutter und des Spindelgewindes höher ist als bei einer steigenden Spindel.

Vorteile von elektromechanischen Spindel-Antrieben

- Spindeltriebe ermöglichen eine gute und exakte Feinjustierung der Verschlussstellung.
- Spindeltriebe mit Trapezgewinde sind selbsthemmend. Dies bedeutet, dass sich der unter Last stehende Verschluss bei Antriebsstillstand nicht selbstständig und ungewollt absenkt. Je nach Anforderung an die sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Verschluss- und Antriebssystems kann dies aber auch von Nachteil sein.
- Spindeltriebe mit kompakten Antriebs- und Steuerungseinheiten werden als standardisierte Produkte im Stahlwasserbau sowie in der Abwasser- und Wasserwirtschaft angeboten. Sie unterliegen meist kürzeren Lieferzeiten und sind in der Regel kostengünstiger als andere Antriebssysteme.

Nachteile von elektromechanischen Spindel-Antrieben

- Spindeltriebe können nicht bei Verschlussystemen eingesetzt werden, die unter Eigengewicht und kraftstromfrei schließen sollen, da sie selbsthemmend sind.
- Spindeltriebe sind empfindlich gegen Fettmangel und Verschmutzung. Um Verschleiß und Beschädigungen zu vermeiden, müssen sie zwängungsfrei gelagert und geführt werden.
- Spindeltriebe sind knickanfällig und somit vor allem für größere Verschlussysteme, deren Antriebe Druck- bzw. Schließkräfte erzeugen müssen, wenig geeignet.
- Die vielen Getriebe- und Gewindeeinheiten unterliegen einem vergleichsweise hohen Wartungs- und Unterhaltsaufwand. Die kurzfristige Verfügbarkeit von Servicepersonal bei erforderlichen Notreparaturen kann unter Umständen problematisch sein.

6.3.3 Elektrohubzylinder

Elektrohubzylinder (EHZ) sind antriebstechnisch gesehen gekapselte Spindeltriebe mit aufgesetztem, elektromechanischem Stellantrieb. Sie sind in Form und Anordnung dem klassischen Hydraulikzylinder sehr ähnlich. Die Hubkräfte sind hierbei vergleichsweise klein und es wird kein Regelbetrieb gefahren. Sie finden mittlerweile aber auch an Wehranlagen mehr und mehr Verwendung. Die für den Einsatz eines EHZ im Stahlwasserbau erforderlichen konstruktiven Grundsätze werden in der DIN 19704-2:2014-11 unter Abschnitt 10.2 definiert.

Üblicherweise kommen bei EHZ Trapezgewindetriebe zum Einsatz, da diese im Vergleich zu Kugelgewinde oder Planetenrollentrieben wesentlich kostengünstiger sind. Trapezgewindetriebe sind aufgrund ihres Wirkungsgrades allerdings

statisch selbsthemmend und somit für Verschlussysteme wie z. B. Klappen- oder Notschütze, die unter Eigengewicht öffnen oder schließen sollen, nicht geeignet. Kugel- oder Planetenrollengewinde können eingesetzt werden bei einem Antriebssystem, das nicht selbsthemmend sein soll, bei hohen Stellgeschwindigkeiten, bei hohen Einschalt Dauern, bei hohen Wirkungsgraden und bei auftretenden Stoßbelastungen.

Vorteile von Elektrohubzylindern (EHZ)

- EHZ benötigen kein Hydraulikaggregat, keinen Öltank und keine Verrohrung zwischen Aggregat und Zylinder. Es kann nicht zu Ölunfällen mit Umweltbelastungen kommen.
- Der normale Betriebs- und Unterhaltsaufwand ist aufgrund der kompakten und geschützten Ausführung im Vergleich zu offenen Triebstock- oder Spindelantrieben deutlich geringer.
- Eine gute und genaue Steuer- und Positionierbarkeit in allen Bewegungsrichtungen ist möglich.
- Bisher sind mit EHZ Zugkräfte bis zu maximal 400 kN bis 450 kN bei Hubhöhen von bis ca. 7 m realisiert worden. Mit ölhydraulischen Antrieben sind allerdings noch deutlich höhere Kräfte möglich.

Nachteile von Elektrohubzylindern (EHZ)

- Selbstöffnende EHZ sind nur in Kugelgewinde- oder Planetenrollenausführung einsetzbar. Diese Gewindearten sind sehr kostenintensiv.
- Kugelgewinde sind gegenüber Stößen und dynamischen Belastungen empfindlich.
- EHZ mit Kugelgewinde- oder Planetenrollentriebe (nicht selbsthemmend) werden beim Senken unter Eigengewicht durch ein getaktetes Ansteuern des Bremssystems gehalten. Dies verursacht Verschleiß, reduziert die Lebensdauer und erfordert einen erhöhten Wartungsaufwand.
- Aufgrund der Tatsache, dass der elektrische Drehantrieb mit dem Handrad zur Notbedienung direkt auf dem Zylinder sitzt und somit oft in exponierter Lage liegt, ist es für die Zugänglichkeit und Betriebssicherheit der Anlage erforderlich, Zustiegsleitern und Bedienpodeste im Außenbereich anzuordnen.
- EHZ bestehen aus vielen mechanischen Getriebe-, Lager- und Führungsteilen, die nur schwer zugänglich sind und die einem natürlichen Verschleiß unterliegen.
- Es gibt vergleichsweise wenig Hersteller und Lieferanten für EHZ.

6.3.4 Kettenantriebe

Bei neuen Anlagen des Stahlwasserbaus kommen Kettenantriebe nur noch selten zum Einsatz, da sie sehr kostenintensiv sind und einen hohen Unterhalt erfordern. Kettenantriebe wurden in der Vergangenheit an vielen bestehenden Stauanlagen realisiert. Diese sind zu unterhalten und müssen immer wieder erneuert oder saniert werden.

Nach DIN 19704-2:2014-11, Abschnitt 10.15 sollen Laschenkettens dreifach gelagert (dreischiebiges Ritzel und zwei Laschenstränge) und unter Last nicht mehrfach umgelenkt werden. Da Ketten in der Regel ins Wasser eintauchen, sollen die Innen- und Außenlaschen vorzugsweise mit selbstschmierenden Buchsen ausgestattet sein und die Bolzen und Laschen sollen aus nichtrostendem Stahl bestehen.

Vorteile von Kettenantrieb

- kann nur Zugkräfte aufnehmen
- hohe Antriebskräfte und große Hubwege bei relativ geringem Raumbedarf möglich

Nachteile von Kettenantrieb

- kostenintensive Herstellung
- hoher Unterhaltungsaufwand

6.4 Stromlose Antriebe und Handantriebe

Nach DIN 19704-2:2014-11 „Stahlwasserbauten – Teil 2 bauliche Durchbildung und Herstellung“ müssen mechanische und ölhydraulische Antriebe für Einstell- und Wartungsarbeiten mit Handantrieben ausgestattet sein. Die DIN 19700-13:2019-06 „Stauanlagen – Teil 13. Staustufen“ fordert, dass Antriebe und Wehrverschlüsse so aufeinander abzustimmen und zu bemessen sind, dass die Wehrverschlüsse auch bei Ausfall der Hauptenergiequelle bedienbar bleiben und somit der Durchflussquerschnitt freigegeben werden kann. Eine zweite Energiequelle ist vorzuhalten oder muss in ausreichend kurzer Zeit bereitgestellt werden können.

Elektromechanische und ölhydraulische Antriebe von Wehrverschlüssen müssen zusätzlich einen Handantrieb erhalten. Bei größeren Wehrverschlüssen sollte dieser Handantrieb auch ersatzweise durch einen Hilfsmotor bedient werden können. Die DIN 19700 beschränkt die Funktion eines Handantriebs somit nicht auf Einstell- und Wartungsarbeiten, sondern geht davon aus, dass mithilfe des Handantriebs auch sicherheitsrelevante Öffnungs- und Schließvorgänge des Verschlusses ermöglicht werden müssen.

In der Praxis besteht allerdings meist eine Diskrepanz zwischen dem, was die Hersteller der Antriebe liefern, und was sich die Wasserrechtsbehörde von einem Handantrieb erwartet. Sofern es sich nicht um rein im Handbetrieb zu betätigende kleinere Verschlüsse wie Absperrschieber, kleinere Schütze oder Armaturen von Rohrleitungssystemen handelt und elektromechanische oder ölhydraulische Antriebe zum Einsatz kommen, ist die Notfunktion eines Handantriebs zum vollständigen Öffnen oder Schließen aufgrund des sehr hohen Zeit- und Kraftaufwands nicht gegeben.

In diesem Fall sind Handantriebe entsprechend DIN 19704-2 lediglich für kleinere Hübe bei Einstell- und Wartungsarbeiten und nicht für die komplette Freigabe des Durchflussquerschnitts geeignet. Bei der Planung und Ausschreibung der Antriebe ist daher besonders darauf zu achten, dass nicht nur ein Handrad oder eine Handpumpe für den Notbetrieb vorgesehen werden, sondern auch eine redundante Stromversorgung in Form eines Notstromaggregats oder einer USV-Anlage mit eingeplant wird. Zur Unterstützung und Beschleunigung eines Handradbetriebs hat sich auch der Einsatz von leistungsfähigen Akkuschaubern bewährt, die mittels Adapter direkt an dem Handrad angeschlossen werden können. Bei Ölhydraulikantrieben kann ggf. eine Anschlussmöglichkeit für externe Ölantriebe, z. B. von Schleppern, vorgesehen werden.

7 Weitere Stahlwasserbaukomponenten

7.1 Revisionsverschlüsse

Unter Revisionsverschlüssen versteht man im Stahlwasserbau Verschlusskonstruktionen, in deren Schutz Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten oder Begehungen zur Trockeninspektion von Betriebsverschlüssen, Druckstollen oder Kraftwerksausrüstungen sowie Sanierungsarbeiten an den ansonsten unter Wasser liegenden Bauwerken durchgeführt werden können. Sie werden je nach Wasserstandverhältnissen meist oberwasserseitig im Zulauf und/oder unterwasserseitig im Auslauf eingesetzt. Bei einem Revisionsverschluss handelt es sich in der Regel um ein Verschlussorgan, das unter Druckausgleich gesetzt und auch wieder gezogen wird.

Revisionsverschlüsse sind sicherheitsrelevante Konstruktionen des Stahlwasserbaus, die oftmals unter hohen, einseitigen Wasserdruckbelastungen stehen und in deren Schutz sich Personen sicher aufhalten müssen.

7.1.1 Dammtafeln und Dammbalken

Dammbalken sind mehrteilige Verschlusselemente, die wie ein Schütz in seitlichen Pfeilernischen eingesetzt werden und gegeneinander abdichten. Das Setzen und Ziehen der Dammbalken erfolgt unter ausgeglichenen Wasserständen sowie unter Einsatz eines Hebezeugs (Mobilkran, stationärer Kran o. ä.) und eines Hubmittels in Form einer sogenannten Setzvorrichtung.

Je nach Anzahl an Einzelbalken können damit auch hohe, abzdämmende Querschnitte realisiert werden. Dammbalken werden meist dann eingesetzt, wenn aufgrund der örtlichen Verhältnisse keine schweren Hubgeräte eingesetzt werden können und das Verschlussgewicht möglichst gering und einfach zu handhaben sein muss. Das Setzen und Ziehen der Einzelbalken erfolgt entweder mithilfe von Tauchern, die unter Wasser die Verbindungen zum Hebezeug herstellen, oder unter Verwendung eines automatischen Zangenbalkens, der auch ohne Tauchereinsatz ein Setzen und Ziehen der Einzelbalken ermöglicht.



Abbildung 7.1: Dammbalkenverschluss [WBWF Stauwärterfortbildung]



Abbildung 7.2: Lager mit Dammelementen und einem Zangenbalken [Bau+Plan]

Bei Dammtafeln handelt es sich im Gegensatz zu den Dammbalken um eine einteilige Verschluss Tafel, mit der der gesamte Abflussquerschnitt verschlossen werden kann. Dammtafeln sind konstruktiv ähnlich ausgeführt wie ein Gleitschütz und benötigen aufgrund ihrer Größe zum Setzen und Ziehen meist schwereres Hebezeug als ein Dammbalken.

Da Dammbalken und Dammtafeln unter ausgeglichenen Wasserständen gezogen werden, muss der entleerte Zwischenraum vor dem Ziehen wieder mit Wasser gefüllt werden. Dies erfolgt entweder über Pumpen oder über einen sogenannten Füllschieber, der meist an der Stauwand des Revisionsverschlusses angeflanscht ist und über ein Handrad mit Verlängerungsgestänge betätigt werden kann.

Da Dammtafeln und Dammbalken in der Regel sehr selten zum Einsatz kommen, müssen sie in der Zwischenzeit gelagert werden. Meist werden hierzu Lagergestelle in der Nähe des Einsatzbereichs aufgestellt, die mit dem Hebe- und Transportzeug gut erreichbar sind. Die Lagergestellen sollten so konstruiert sein, dass die Dammelemente nach Möglichkeit vor direkter Bewitterung und UV-Strahlung geschützt werden und so ausgeführt sind, dass die Dichtungen nicht gequetscht und geschädigt werden.

7.1.2 Rohrnadeln (Nadelwehr)

Rohrnadeln sind eine einfach zu handhabende und kostengünstige Möglichkeit, einen Abflussquerschnitt für Revisionsarbeiten abzusperren. Sie bestehen aus einer Vielzahl von einzelnen Stahlrohren, die mit leichtem Hebezeug und Taucherunterstützung in leicht schräger Lage nebeneinander aufgestellt werden. Die so entstehende Staufläche wird oben meist an eine Brücke oder einen Steg angelehnt und am Fußpunkt in eine Bodenaussparung eingestellt.

Rohrnadeln dichten lediglich metallisch gegeneinander ab und sind daher zunächst meist undicht. Zum nachträglichen Abdichten der Kontaktflächen werden in der Regel Schlacke, Folien oder Stoffstücke eingesetzt. Rohrnadeln sind im Besonderen dann von Vorteil, wenn es sich um sehr breite Wehrfelder handelt oder wenn der Abflussquerschnitt im Notfall schnell und ohne schweres Hebezeug wieder freigegeben werden muss.



Abbildung 7.3: Rohrnadeln an einem Klappenwehr, luftseitige Ansicht [Bau+Plan]



Abbildung 7.4: Rohrnadeln an einem Klappenwehr, wasserseitige Ansicht [Bau+Plan]

7.2 Notverschlüsse

Ein Notverschluss hat die Aufgabe, den Durchfluss bei plötzlichem Versagen des Hauptverschlusses oder der Krafthausturbine sowie bei einer Havarie des Bauwerks innerhalb kurzer Zeit abzusperren. Er kann ggf. auch als Revisionsverschluss eingesetzt werden.

7.3 Ein- und Zulaufrechen

Zum Schutz vor Verklausungen werden Zulaufrechen oberstrom im Gewässer und Einlaufrechen direkt vor dem Betriebseinlass gebaut.

7.3.1 Zulaufrechen

Die Zulaufrechen werden als Grobrechen für kleineres Treibgut bzw. Treibholzfänger für sehr grobes Treibgut (große Äste, Bäume, Baumstämme etc.) im Gewässer angelegt. Sie bestehen typischerweise aus einzelnen, vertikalen Pfählen, die in den Untergrund eingebunden sind. Die Höhe der Pfähle orientiert sich dabei an den zu erwartenden Wasserständen und liegt in der Regel bei ca. 2 m bis 5 m.

Der Abstand zwischen den Pfählen beträgt bei Treibholzfängen typischerweise 0,5 m bis 1,0 m. Für Grobrechen finden sich Werte von ca. 20 cm bis 60 cm. Von der ursprünglichen Bauweise aus Holzstämmen, die in den Untergrund gerammt werden, wird heute wegen der Haltbarkeit zunehmend Abstand genommen. Insofern werden zunehmend ausbetonierte Stahlrohre oder Stahlbetonpfähle verwendet.



Abbildung 7.5: Grobrechen und räumlicher Rechen vor dem Betriebseinlass [Wald + Corbe]



Abbildung 7.6: Einfacher Grobrechen, HRB Hasenbach 6 [LRA Ludwigsburg]

Die Pfähle besitzen, je nach statischer Erfordernis, üblicherweise einen Durchmesser von 20 cm bis ca. 50 cm. Neben der reinen Einspannung im Untergrund sind weitere Aussteifungen an den Pfählen möglich.

Für die spätere Räumung ist es gut, wenn die Anordnung des Rechens so ist, dass das Treibgut gezielt an einen Punkt/Ort geleitet wird und sich nicht auf einer großen Fläche verteilt. Außerdem ist im Bereich der Pfähle bei Verlegung mit höheren Fließgeschwindigkeiten und damit einer höheren Belastung der Sohle zu rechnen. Entsprechend sind Sohle und Böschungen eventuell zusätzlich zu befestigen.

7.3.2 Einlaufrechen

Einlaufrechen werden als räumliche Rechen in oder an ein Massivbauwerk gebaut, um Geschwemmsel vom Betriebseinlass/-durchlass zurückzuhalten. Die Größe der Oberfläche des Rechens sollte aufgrund der oberstromigen Bewuchssituation an den erwarteten Treibgutanteil angepasst sein. Als Richtgröße wird das 10- bis 20-Fache der Fläche des Auslassquerschnitts empfohlen. Für Anlagen mit kleinen Durchflüssen und bei kleinen lichten Weiten des Rechens kann der Wert aber auch bis zum 50-Fachen steigen.

Räumliche Rechen können geschraubt oder geschweißt, in der Regel mit Stäben aus konventionellem Baustahl hergestellt werden. Es handelt sich zumeist um individuelle Einzelanfertigungen. Bei Stabrechen wird nach DIN 19700-11 die Verwendung von Stababständen in einer Größenordnung von 100 mm bis 300 mm empfohlen. Aus weiteren Betriebsgründen, wie z. B. der Begehrbarkeit im Rahmen der Unterhaltung, kann der Stababstand auch kleiner ausfallen, wobei er 50 mm nicht unterschreiten sollte.

Feinrechen werden eingesetzt, wenn das Absperrorgan sehr verkläunungsanfällig ist. Hier beträgt der Stababstand nur 20 mm bis 30 mm. Die räumlichen Rechen müssen durch Querverstrebungen schwingungsstabil ausgebildet werden. Im Bereich des Gewässers ist auf eine ausreichende Durchgängigkeit für Tiere zu achten. Da diese in der Regel deutlich anfälliger für grobes Treibgut sind, sollte unbedingt ein (Grob-) Rechen vorgeschaltet sein.

Rechen, die im Einsatzfall nicht planmäßig gereinigt werden können, sollten statisch für eine komplette Verlegung der Rechenfläche bemessen werden. Für Rechen, die im Einsatzfall mit einem Greifer oder einer Rechenreinigungsmaschine gereinigt werden können, empfiehlt es sich, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit einen Differenzdruck von 1,5 m bis 2,0 m in Ansatz zu bringen.



Abbildung 7.7: Rechen nach einem Einstau [LRA Neckar-Odenwald-Kreis]



Abbildung 7.8: HRB Haager Tal – räumlicher Rechen [LUBW]

Ein Korrosionsschutz ist bei allen Rechenkonstruktionen erforderlich, da sich die Bauteile ständig im Wasserwechselbereich befinden. Wichtig ist der konstruktive Korrosionsschutz. Horizontale Flächen, von denen das Wasser nicht abfließt, und Nischen, in denen sich feuchtes Sediment sammelt, sind zu vermeiden. Es empfiehlt sich, die Rechen feuerverzinkt auszuführen. Bei Stahlwasserbauteilen wird durch die Normen ein organischer Korrosionsschutz gefordert. Die mechanische Festigkeit ist aber geringer, sodass durch den planmäßigen Anprall von Treibgut immer wieder Schadstellen entstehen, die ausgebessert werden müssen. Die Erfahrung zeigt, dass ein vorzeitiger Verschleiß durch eine alleinige Feuerverzinkung günstiger ist als die andauernde Instandhaltung.

Die Rechen müssen regelmäßig, insbesondere nach einem Einstauereignis, kontrolliert und gereinigt werden. Daher müssen die Rechen gut zugänglich bzw. auch mit einem Greifer erreichbar sein.

7.4 Sonstige Bauteile

Bedien- und Wartungsstege erleichtern das Erreichen der Stahlwasserbauteile und deren Antriebe. Sie werden häufig als Gitterroststege mit Unterbau aus Stahlkonstruktion ausgeführt. Die verschraubten Gitterroste sollten, insbesondere bei Vereisungsgefahr und Dauernässe, eine entsprechende Rutschsicherheit (Rutschklasse R12) aufweisen. Die Stege sind so anzuordnen, dass sie nicht im Bereich der Anströmung oder Durchströmung eines Bauwerks liegen. Auf einen ausreichenden Abstand von der planmäßigen Wasseroberfläche von mindestens ca. 50 cm sollte geachtet werden. Die Stegbreite darf nicht unter 800 mm betragen (Rettungsweg). Es wird empfohlen, die Stegbreite auf 1000 mm auszuführen.

Bedien- und Wartungsstege sind mit beidseitiger Absturzsicherung, je nach Absturzhöhe, auszuführen. Sollte das nicht möglich sein, kann alternativ ein Sicherungssystem unter Verwendung eines Sicherheitsgurtes zur Anwendung kommen.

Dieses muss regelmäßig geprüft werden. Um Korrosionsprobleme zu vermeiden, bieten sich neben den üblicherweise verwendeten feuerverzinkten Gitterrosten Gitterroste aus Kunststoff/GFK an, falls diese wegen der UV-Belastung nicht zu sehr der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.



Abbildung 7.9: HRB Stadtseebach – Wartungssteg mit Treppe [LUBW]



Abbildung 7.10: HRB Winterbach – Steg mit Geländer [Sieg]

Leitern und Treppen ermöglichen den Zugang zu den Bedien- und Wartungsstegen bzw. zu den Stahlwasserbauteilen. Je häufiger ein Bauteil erreicht werden muss, umso komfortabler und sicherer sollte die Zugangsmöglichkeit sein. Leitern sollten, wenn möglich, in breiter Bauform mit mindestens einer Breite $b = 400 \text{ mm}$ ausgeführt werden. In der Regel ist die Steigungshöhe der Leiter 280 mm und der Anstellwinkel beträgt 75° bis 90° . Des Weiteren sollten die Leitern nicht in den Strömungsquerschnitt ragen und werden deshalb zweckmäßigerweise in Leiternischen in der Bauwerkswand untergebracht.

Leitern sind bei Höhen über $h = 5 \text{ m}$ mit Rückfallschutz oder Fallschutz zu versehen, wobei das Schutzsystem einen möglichen Rettungsweg nicht versperren darf. Auch sollte der Einstieg in die Leiter mittels Einstieghilfen wie Haltestangen oder Haltegriffen erleichtert werden.

Bei öffentlich zugänglichen Leitern muss der Ein- und Ausstieg z. B. durch Geländertüren gesperrt werden, sodass nur das autorisierte Betriebspersonal Zugang hat. Leitern sind gemäß den Vorgaben der Berufsgenossenschaft in regelmäßigen Zeiträumen zu prüfen. Leitern mit Höhen über 10 m sind zu vermeiden. Falls dennoch erforderlich, sollten Zwischenpodeste eingeplant werden.

Treppen können in Bauwerken auch als Stahlkonstruktion ausgeführt werden. Treppen sind den Leitern zu bevorzugen. Die Laufbreite darf 800 mm nicht unterschreiten (Rettungsweg). Es wird empfohlen, die Treppenbreite auf 1000 mm auszuführen. In der Regel beträgt die Steigungshöhe der Treppe 220 mm bis 280 mm , der Auftritt 250 mm bis 300 mm bzw. bei Unterschnitt 180 mm bis 300 mm .

8 Dichtungen, Korrosionsschutz und Werkstoffe

8.1 Dichtungen und Dichtungswerkstoffe

Dichtungen von Wehrverschlüssen haben im Allgemeinen die Aufgabe, den Verschlusskörper gegen den anstehenden Wasserdruck zum Bauwerk hin abzudichten. Für den Einsatz im Stahlwasserbau haben sich einige wenige standardisierte Formen aus Elastomer-Werkstoffen bewährt, die sich im Wesentlichen durch ihre Größe und ihre Werkstoffigenschaften unterscheiden. Im Stahlwasserbau kommen üblicherweise die folgenden Grundformen zum Einsatz:

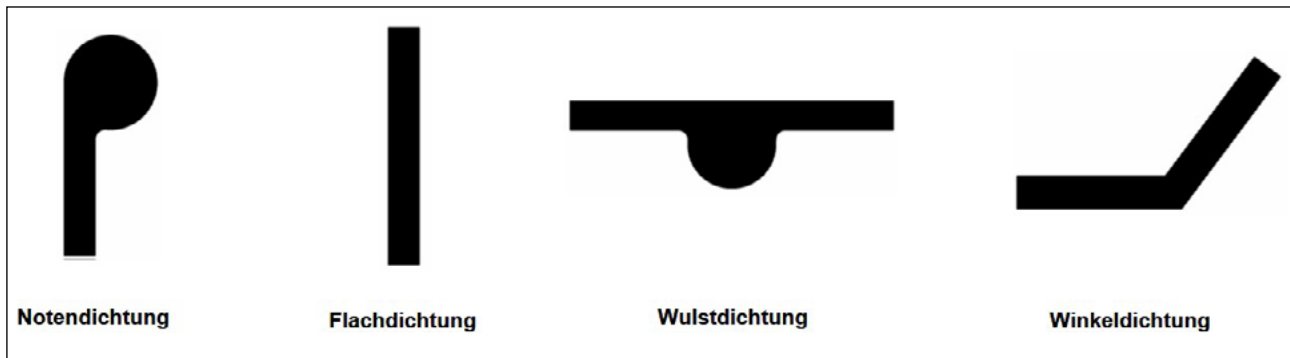


Abbildung 8.1: Dichtungen – Grundformen [Bau+Plan]

Die ordnungsgemäße Ausführung und der Zustand der Dichtungen sind im Stahlwasserbau von besonderer Bedeutung. Dichtungen müssen vor allem in den Wintermonaten möglichst leakagefrei abdichten, um zu verhindern, dass sich auf der Verschlussrückseite die Betriebssicherheit gefährdende Vereisungen bilden können.

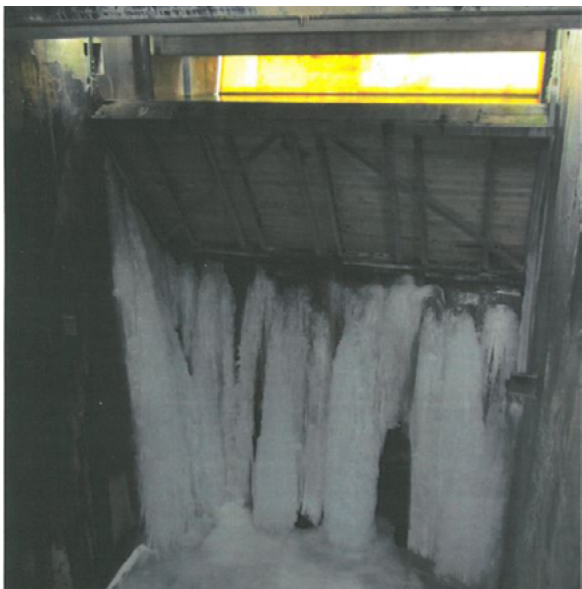


Abbildung 8.2: Undichte und vereiste Klappe [Bau+Plan]

Dichtungen unterliegen aufgrund des Abriebs beim Bewegungsvorgang sowie infolge von UV-Strahlung, Temperatureinwirkung und mechanischen Beanspruchungen infolge hoher Strömungsgeschwindigkeiten oder eingeklemmter Teile wie Kies und Holz etc. einem natürlichen Verschleiß. Die Anforderungen an den zu verwendenden Dichtungswerkstoff sind sehr hoch und werden in der DIN 19704-2, Tabelle 7 mit Mindestvorgaben definiert.

8.1.1 Notendichtungen

Notendichtungen werden üblicherweise als Seitendichtung für Roll- oder Gleitschütze verwendet. Es handelt sich hierbei um sogenannte einfach gefasste oder einfach geklemmte Dichtungen. Sie sollten nicht quer zum Notenkopf bewegt werden, um ein „Durchziehen“ des Notenkopfes zu vermeiden. Die richtige Bewegungsrichtung einer Notendichtung verläuft in Längsachse des Notenkopfes.

Notendichtungen sind nicht in der Lage, größere Längenausdehnungen (z. B. infolge Temperatur) des Verschlusses aufzunehmen, und sind daher nicht als Seitendichtung für Klappen zu empfehlen. Notendichtungen sollten so angeordnet werden, dass der am Notenkopf anstehende Wasserdruck den Notenkopf an die Dichtfläche (Armierung) drückt. Der Notenkopf sollte frei sein und nicht plan auf der Verschlussfläche anliegen.

8.1.2 Flachdichtungen

Bei den meisten Verschlussarten kommen Flachdichtungen als Sohdichtungen zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um sogenannte einfach gefasste oder einfach geklemmte Dichtungen. Flachdichtungen als Sohdichtung sind in der Regel hohen Strömungsgeschwindigkeiten und hohen Kräften ausgesetzt und sollten daher nur maximal 3 mm bis 5 mm Überstandsfläche (Vorspannung) haben. Sie werden mit dem Verschlusseigengewicht und mit zusätzlichen Schließkräften auf die Aufstandsfläche (Sohle) gedrückt. Damit sie unter diesen Lasten lagestabil bleiben, sollten Anschlagleisten hinter dem Dichtungsprofil angeordnet werden.

Flachdichtungen kommen auch als doppelt gefasste Sackdichtungen oder als einfach gefasste, schleifende Dichtungen an der Sohle von Klappenverschlüssen zum Einsatz. Ferner existieren auch Sonderformen von Flachdichtungen, die allerdings nur bei Revisionsverschlüssen oder bei Verschlüssen ohne Unterströmung verwendet werden sollten.

8.1.3 Wulstdichtungen

Wulstdichtungen sind vor allem für die Verwendung als Kopfdichtung geeignet, deren Bewegungsrichtung quer zur Wulst verläuft. Sie eignen sich aber auch sehr gut für Bewegungsrichtungen in Längsachse. Bei einer Wulstdichtung handelt es sich um eine sogenannte doppelt gefasste oder doppelt geklemmte Dichtung. Wulstdichtungen im Kopf- oder Stirnbereich sind nicht dafür geeignet, größere Stauwandverformungen auszugleichen (z. B. Durchbiegung der Stauwand infolge Wasserdruck). Ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis (DIN 19704-1) muss nachweisen, dass die maximale Stauwandverformung kleiner ist als die planmäßige Dichtungsvorspannung.

Wulstdichtungen sollten so angeordnet werden, dass die Dichtungsrückseite nicht plan auf der Verschlussfläche aufliegt und immer eine gewisse Bewegungsfreiheit des Wulstkopfes verbleibt. Sie werden vielfach so angeordnet, dass sich auf deren Rückseite ein Wasserdruck aufbauen kann, der den Dichtungskopf zusätzlich an die Dichtfläche drückt. Wulstdichtungen können sehr gut als komplette Dichtungsrahmen mit vulkanisierten Eckverbindungen im Übergang von Kopf- zu Seitendichtungen ausgeführt werden.

8.1.4 Winkeldichtungen

Winkeldichtungen eignen sich im Besonderen für die Verwendung als Seitendichtung von Verschlüssen mit größeren Längenausdehnungen und kommen vor allem bei Klappen oder Segmenten zum Einsatz, bei denen der Spalt zwischen Stauwandblech und Dichtfläche durch eine Dichtung überbrückt werden muss. Bei technisch richtiger Ausführung ist eine Winkeldichtung auch für Bewegungsrichtungen quer zum Profil geeignet. Es handelt sich hierbei um sogenannte einfach gefasste oder einfach geklemmte Dichtungen.

Winkeldichtungen sind in der Lage, größere Längenausdehnungen des Verschlusses auszugleichen (z. B. infolge Temperatur). Ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis (DIN 19704-1) muss nachweisen, dass die maximalen Verschlussausdehnungen oder Verschlussverkürzungen kleiner sind als der Spalt zwischen Stauwand und Dichtfläche bzw. noch deutlich kleiner bleiben als die vorgesehene Dichtungsvorspannung. Winkeldichtungen sind flexibel und werden durch den Wasserdruck zusätzlich an die Dichtfläche gedrückt.

8.1.5 Dichtungswerkstoffe und Qualitätsanforderungen

Dichtungen sind hohen mechanischen Belastungen, Witterungs- und Umwelteinflüssen sowie Alterungsprozessen ausgesetzt. Die Anforderungen an den Dichtungswerkstoff sind daher besonders groß. Sie werden aus diesem Grund in der DIN 19704-2, Tabelle 7 mit Mindestvorgaben definiert. Nach DIN 19704-2 werden Gummimischungen im Stahlwasserbau mit einer Shore-A-Härte von 65 ± 5 gefordert. Gebräuchlich sind Gummimischungen auf Ethylen-Propylen-Dien-(Monomer)-Kautschuk-Basis oder der Styrol-Butadien-Kautschuk-Basis.

Neben den hohen Anforderungen an die mechanischen Werkstoffeigenschaften sind auch die Reibungsbeiwerte des Dichtungswerkstoffs von großer Bedeutung. Sie beeinflussen die erforderlichen Antriebskräfte wesentlich. Nach DIN 19704 ist der Reibungsbeiwert für unbeschichtete Dichtungen mit 0,8 bis 1,0 in Ansatz zu bringen. Eine Beschichtung mit Teflon/Polytetrafluorethylen oder der TCT-Methode kann die Reibbeiwerte deutlich reduzieren.

Dichtungswerkstoffe, die die geforderten Werkstoffkennwerte nicht erfüllen, können innerhalb kurzer Zeit zu massiven Dichtungsschäden führen. Auf die Einhaltung der nach DIN 19704-2 Tabelle 7 geforderten Mindestwerkstoffkennwerte ist daher besonders zu achten.

8.2 Korrosionsschutz

8.2.1 Korrosionsschutz bei Neubeschichtungen

Stahlwasserbauteile erhalten ihre dauerhafte Funktionsfähigkeit nur durch einen guten Korrosionsschutz. Soweit nicht korrosionsbeständiger Stahl eingesetzt wird, bedarf es daher zusätzlicher Schutzmaßnahmen in Form von Korrosionsschutzbeschichtungen. Alternative Schutzmaßnahmen wie kathodische Korrosionsschutzanlagen oder Opferanoden sind bei Stahlwasserbauteilen von Stauanlagen eher unüblich.

Maßgebende Arbeitsgrundlage für die Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten sind die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen – Wasserbau (Leistungsbereich 218) der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW): „Korrosionsschutz im Stahlwasserbau und die sich daraus ableitenden Normen und sonstigen Bestimmungen“ (DIN EN ISO 12944 Teil 1 bis 8). Für die erforderlichen Prüfungen sind die entsprechenden Vorschriften der ZTV-W (LB 218) und ZTV-KOR-Stahlbauten mit den jeweiligen normativen Verweisungen zu beachten.

Mit der Vergabe von Korrosionsschutzarbeiten sollte eine Gewährleistungszeit (z. B. 5 Jahre) und ein zulässiger Rostgrad nach DIN EN ISO 4628-3 festgelegt werden, der Grundlage für die Bewertung zum Ablauf der Gewährleistungszeit ist.

Als Beschichtungsmaterialien sollten ausschließlich die von der BAW für Binnengewässer zugelassenen Produkte verwendet werden, die entsprechend der BAW-Liste (Stand Dezember 2018) den zugelassenen Systemen I zuzuordnen sind und einen starken Abriebwiderstand vorweisen.

Diese Beschichtungssysteme basieren entweder auf Epoxidharz- oder Polyurethanbasis. Die typische Beschichtungsstärke dieser Systeme liegt bei 500 µm bis 600 µm, wobei auch Abweichungen hiervon möglich sind. Da sowohl die härteren Epoxidharz-Beschichtungen als auch die flexibleren Beschichtungen aus Polyurethan (PUR) Anforderungen an die

klimatischen Verhältnisse (Temperatur, Luftfeuchte) stellen, ist eine Werksbeschichtung zur Sicherstellung der Qualität einer Baustellenbeschichtung vorzuziehen. Dabei sind Beschichtungen aus Polyurethan (PUR) toleranter gegenüber den klimatischen Verhältnissen, insbesondere Feuchtigkeit, sodass sich diese Produkte oft bei schwierigeren Bedingungen und für Ausbesserungen anbieten. Bei Ausbesserungen ist auf die Verträglichkeit der einzelnen Produkte untereinander zu achten.

Da die Beschichtungsstoffe in unterschiedlichen Farben abgemischt werden können, eignen sich die beschichteten Stahlwasserbauteile für eine farbliche Gestaltung der Anlagen. Allerdings ist anzuraten, dass auf gängige Farbtöne wie Standard-RAL-Farbtöne zurückgegriffen wird, da ansonsten die Produktverfügbarkeit, auch im Hinblick für spätere Ausbesserungen, schwierig sein kann.

Sollte auf die Farbtreue Wert gelegt werden, empfiehlt sich eine abschließende Deckbeschichtung im gewünschten Farbton aus Polyurethan (PUR), da besonders Epoxidharz-Beschichtungen zum Ausbleichen neigen. Grundsätzlich sollten die einzelnen Beschichtungsschichten im Farbwechsel aufgetragen werden, um mögliche Beschädigungen leichter erkennen zu können.

Bei Stahlwasserbauteilen, die nicht wasserbenetzt oder in Antriebsräumen witterungsgeschützt angeordnet sind und keinen hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, reicht es in der Regel aus, Beschichtungssysteme aus dem Bereich Stahlbau mit geringeren Trockenschichtdicken zu wählen. Diese sind in der ZTV-ING definiert. Hier finden sich auch Systeme, die bei starker Sonnenstrahlung eine möglichst hohe Farbtreue gewährleisten. Wird ein erhöhter Wert auf die Optik des beschichteten Stahlteils gelegt, so sollte dies bereits in der Ausschreibung festgelegt sein. Dünnere Beschichtungsstärken ergeben meist ein optisch ansprechenderes Bild.

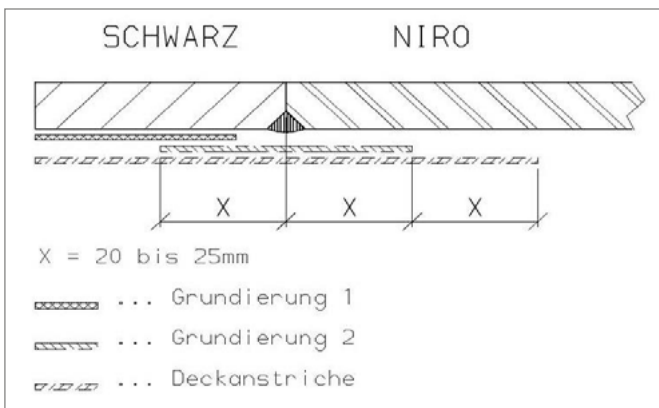


Abbildung 8.3: Absetzen der Zinkstaubgrundierung (Schwarzstahl/Nichtrostender Stahl) [Bau+Plan]

Darauf sollte bei der Ausführung des Korrosionsschutzes besonders geachtet werden:

- Teile und Bleche aus Edelstahl, die in direktem Kontakt mit unlegiertem Stahl stehen, sollten ebenfalls den spezifizierten Korrosionsschutzaufbau, allerdings ohne Zinkstaubgrundierung, erhalten. Die Zinkstaubgrundierung des Schwarzstahls ist hierbei vor Beginn des Edelstahls abzusetzen.
- Alle außenliegenden Schnittkanten sind nach DIN EN ISO 8501-3 nach Vorbereitungsgrad P3 vorzubereiten.

- Kanten, Ecken sowie Bohrungen sollten mittels Pinsel oder Rundbürste vorgestrichen werden, um so einen ausreichenden Kantenschutz zu erhalten. Dies gilt für jede aufzubringende Schicht. Es ist besonders darauf zu achten, dass Schrauben, Ecken, Kanten und Bohrlöcher die Sollschichtdicke erhalten.
- Anlauffarben und Rostpartikel auf Flächen aus Edelstahl müssen mechanisch entfernt (Glasperlenstrahlen) oder geätzt und passiviert werden.
- Bei zu stoßenden Teilen ist der Konservierungsaufbau in genügendem Abstand (ca. 200 mm) von der Stoßstelle auszusetzen. Zur Gewährleistung eines sauberen Anstrichaufbaus auf der Baustelle sind hierbei die einzelnen Schichten ca. 50 mm gegeneinander abzusetzen.
- Nach Abschluss der Montagearbeiten auf der Baustelle müssen alle Beschädigungen an den bestehenden Anstrichen sorgfältig ausgebessert werden. Zur Herstellung einer ausreichenden Haftung sind die Anstriche im Anschlussbereich aufzurauen.

8.2.2 Korrosionsschutz bei Altanstrichen

Den Schutzanstrichen wurden in der Vergangenheit oft Stoffe beigemischt, um die jeweiligen Produkteigenschaften zu verbessern. Nach heutiger Zuordnung finden sich in den Altbeschichtungen Schadstoffe wie z. B. Blei, Asbest, PAK oder PCB. Diese erfordern heute eine Beachtung der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) bei Arbeiten an den Bauteilen. Im Hinblick auf den Arbeitsschutz oder eine mögliche Verwertung alter Bauteile empfiehlt sich daher, bei Unkenntnis des aufgetragenen Beschichtungsstoffs vorab eine Beschichtungsanalyse durchzuführen.

Für die Durchführung von Korrosionsschutz- oder Entschichtungsarbeiten an schadstoffbelasteten Altanstrichen sind die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen Wasserbau (ZTV-W) für Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (Leistungsbereich 218) mit den darin genannten normativen Verweisungen zu beachten.

Zusätzlich sind die Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung und der Technischen Regeln für Gefahrstoffe zwingend einzuhalten. Hierzu zählen:

- TRGS 519 (Asbest)
- TRGS 551 (PAK)
- Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. PAK-haltigen Anstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV/Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- BGI 664 – Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten der Berufsgenossenschaft
- Abbruch und Asbest – Informationen und Arbeitshilfen für Planung und Ausschreibung, Abruf Nr. 622 der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

Der anfallende Stahlschutt muss vor der Entsorgung analysiert und die Deponie in Abstimmung mit der zuständigen Behörde vereinbart werden. Ein Entsorgungsnachweis ist zwingend erforderlich.

8.3 Werkstoffe im Stahlwasserbau

Für Konstruktionen des Stahlwasserbaus kommt grundsätzlich nur neues Material ohne Defekte und unter Nachweis der geforderten Materialeigenschaften zur Anwendung. Entsprechend DIN 19704-1 ist für die Stahlbauteile – soweit vom Auftraggeber nichts anderes vorgegeben wird – von einer Nutzungsdauer von 70 Jahren und für Maschinenteile und deren elektrischer Ausrüstung mit Ausnahme von Verschleißteilen von 35 Jahren auszugehen.

8.3.1 Unlegierte Stähle (Schwarzstahl)

Bei den Verschlusskörpern des Stahlwasserbaus kommen in der Regel unlegierte Qualitätsstähle (Schwarzstahl) zum Einsatz, die über gute formstabile Eigenschaften verfügen und für alle gängigen Schweißverfahren geeignet sind. Hierbei haben sich vor allem die Stahlsorten S235 und S355 nach DIN EN 10 025 bewährt, die je nach Festigkeitsanforderung bei nahezu allen Verschlusskonstruktionen Anwendung finden.

Die im Stahlwasserbau bestehenden Ansprüche an die Werkstoffgüte betreffen vor allem die zu garantierende Kerbschlagzähigkeit des Werkstoffs bei niedrigen Temperaturen sowie die Anforderungen an ein feinkörniges, gleichmäßiges Gefüge mit optimalen Festigkeits- und Verformungseigenschaften.

Für die in der Fertigung angewandten thermischen Prozesse wie Brennschneiden, Schweißen und Flammrichten ist es erforderlich, dass es sich um einen homogenen, duktilen Grundwerkstoff handelt. Diese Eigenschaften werden durch ein normalisierendes Walzen oder Normalglühen bei ca. 950 °C erreicht.

Beispielhaft werden die Bezeichnungen der beiden gebräuchlichsten Stahlsorten erläutert:

S235 J2+N oder S355 J2+N nach DIN EN 10025

hierbei bedeuten:	S:	Stähle für Stahlbau
	235 oder 355:	Mindeststreckgrenze in N/mm ²
	J2:	garantierte Kerbschlagzähigkeit -20° C
	N:	normalisiert

Jede Stahlsorte wird mit einer eindeutigen Werkstoffnummer bezeichnet, durch die die chemische Zusammensetzung und die Eigenschaften des Stahls genau festgelegt sind. In dem sogenannten „Stahlschlüssel“ (Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH) sind alle nationalen und internationalen Stähle mit ihren Werkstoffnummern und Eigenschaften aufgeführt.

Im Stahlwasserbau werden Mindestdicken für Bauteile aus unlegierten Stählen vorgeschrieben. Nach DIN 19704-2:2014-11, Abschnitt 4.2 sind die folgenden Mindest-Blehdicken vorgeschrieben:

■ Stauwandbleche bei Schleusen, Sperrwerks- und Sicherheitsverschlüssen	12 mm
■ Stauwandbleche bei anderen Verschlüssen und bei Revisionsverschlüssen	10 mm
■ Bleche, Flach- und Breitflachstähle	8 mm
■ Stab- und Formteile sowie Wände von Hohlprofilen und Rohren	6 mm
■ fest einzubauende Stahlteile (z. B. Armierungen in Beton vergossen)	10 mm

Mindestdicken von Bauteilen aus nichtrostenden Stählen sind vom Auftraggeber festzulegen.

Neben den zuvor genannten unlegierten Stahlgütern kommen im Stahlwasserbau viele weitere Stahlgüter in Form von Vergütungsstählen, Feinkornstählen oder Gusswerkstoffen (z. B. für Buchsen, Wellen, Achsen etc.) zur Anwendung, auf die an dieser Stelle aber nicht weiter eingegangen wird. Unlegierte Verbindungsmittel wie Schrauben, Muttern, Gewindebolzen und Scheiben werden nach DIN EN ISO 898-1 nach Festigkeitsklassen unterschieden. Hierbei werden Normschrauben mit zwei durch einen Punkt getrennte Zahlen bezeichnet. Der Festigkeitsklasse 8.8 z. B. ist eine Material-Streckgrenze von $8 \times 8 \times 10 = 640 \text{ N/mm}^2$, der Festigkeitsklasse 10.9 eine Material-Streckgrenze von $10 \times 9 \times 10 = 900 \text{ N/mm}^2$ zugeordnet etc.

Eine Schrauben-Muttern-Verbindung mit denselben Festigkeitsklassen (z. B. Schraubenverbindung 8.8 und Klasse 8 der Mutter) kann bis zur Streckgrenze der Schraube belastet werden, ohne dass die Mutter beschädigt wird. Im Stahlwasserbau kommen üblicherweise Festigkeitsklassen von 8.8 bis 12.9 zum Einsatz. Die DIN 19704-2 schreibt vor, dass der Nenn Durchmesser von Schrauben und Nieten mindestens 16 mm betragen muss.

Die Materialwahl für die Stahlwasserbauelemente hängt von vielen Faktoren ab. Die maßgeblichen Faktoren sind:

- Größe des Stahlwasserbauteils
- Beanspruchung des Stahlwasserbauteils (Druckhöhe)
- Aufstellungsort
- Medium

8.3.2 Legierte Stähle (Edelstahl)

Legierte Stähle (Edelstahl oder Cr-Ni-Stahl) werden im Stahlwasserbau für eine Vielzahl von Komponenten verwendet. Am häufigsten werden hierbei Dichtungsschleif- oder Dichtungsanschlagflächen, Dichtungs-Klemmleisten, Dichtungsverschraubungen, Lagerwellen, Buchsen sowie Laufrollen, Schienen und fest einbetonierte Armierungsteile in Edelstahl ausgeführt.

Auch die Bauteile von Antrieben wie Hydraulikverrohrungen, Zylinderstangen, Dreh- und Gelenklager, Ölbehälter, Ölauffangwannen, Ventile und Armaturen etc. werden üblicherweise in Edelstahl ausgeführt. Die Verwendung von nichtrostendem Stahl erfordert aufgrund des in der Regel nicht erforderlichen Korrosionsschutzes einen deutlich geringeren Unterhaltsaufwand als beschichtete Bauteile und unterliegt nicht der Gefahr einer festigkeitsreduzierenden Abrostung.

Neben diesen Vorteilen bestehen aber auch Nachteile. Liegen kombinierte Konstruktionen aus legierten und unlegierten Stählen unter Wasser, tritt aufgrund des unterschiedlichen Potenzials dieser Werkstoffe und des als Elektrolyt wirkenden Wassers elektrochemische Bimetallkorrosion auf, die das unedlere Metall innerhalb kurzer Zeit korrodieren lassen.

Die DIN 19704-2 und das BAW-Merkblatt „Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau“ weisen auf diese Problematik hin und empfehlen daher, den Einsatz von nichtrostenden Stählen generell zu minimieren. Vor allem bei stark belasteten Lauf-, Schleif- und Dichtungsflächen empfiehlt sich der Einsatz von nichtrostenden Stählen und wird von den Planern und Auftraggebern immer wieder gewünscht. In diesem Fall ist aber unbedingt auf eine konsequente Trennung und Isolierung der unterschiedlichen Legierungen zu achten.

Hierzu ist in den Kontakt- und Anschlussbereichen zwischen legiertem und unlegiertem Stahl (z. B. Anschlussbereiche von Laufschielen oder Dichtflächen aus Cr-Ni-Stahl an Armierungen aus Schwarzstahl) besonders darauf zu achten,

dass der Korrosionsschutz des Schwarzstahls über die Anschlussnähte hinweg und noch 4 cm bis 5 cm weit über die Edelstahlfläche ausgeführt wird und dabei keine Zinkstaubgrundierung verwendet wird.

Das gleiche gilt für Buchsen, Lagerringe und Bleche aus Edelstahl, die mit dem unlegierten Stahl des Verschlusses verschweißt sind und daher auf den Außenflächen ebenfalls den planmäßigen Anstrich, allerdings ohne Zinkstaubgrundierung, erhalten sollten.

Ein qualitativ hochwertig ausgeführter und intakter Korrosionsschutz, der auch über die Betriebsjahre hinweg instandgehalten wird, kann Bimetallkorrosion durchaus wirkungsvoll verhindern. Im Stahlwasserbau ist es üblich, die zur Anwendung kommenden nichtrostenden Stähle nicht mit ihren Kurznamen, sondern mit Werkstoffnummern zu benennen. Dem im Stahlwasserbau meist für eher untergeordnete und nicht hochbelastete Bauteile verwendeten Edelstahl mit dem Kurznamen X5CrNi18-10 wird beispielsweise die Werkstoffnummer 1.4301 zugeordnet.

9 Elektrik, Steuerungstechnik und Automatisierung

9.1 Energieversorgung

Eine ausreichende und stabile Energieversorgung ist für die Gewährleistung eines sicheren Anlagenbetriebs erforderlich.

9.1.1 Grundlagen

Die Anforderungen an die Stromversorgung ergeben sich aus der in der Gesamtplanung gewählten Betriebsweise sowie aus den geplanten Verschlussorganen und Antrieben. Des Weiteren ist die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit zu beachten. Bei diesen Anlagen zur Stromversorgung handelt es sich um Starkstromanlagen nach der Kostenermittlung nach DIN 276 Kostengruppe 440.

Der Stromanschluss zur Versorgung der Betriebsmittel ist in der Regel durch den zuständigen Verteilernetzbetreiber (VNB) aus dem öffentlichen Stromnetz (im Weiteren "Netzversorgung") herzustellen. Aus betrieblicher Sicht ist die Anordnung des Zählerplatzes beim Betriebsgebäude zu bevorzugen. Für die Stromerschließung sind die Vorschriften der Technischen Anschlussbedingungen Niederspannung (Wechselspannung bis 1000 V) (TAB) des zuständigen Verteilernetzbetreibers sowie die DIN 18015-1 zu berücksichtigen.

9.1.2 Netzversorgung

Die Energieversorgung aus dem Niederspannungsnetz (bis 1000 V) erfolgt üblicherweise mit einer Sticheinspeisung. Auf einen zweiten Anschluss als doppelte Sticheinspeisung oder als Ring kann im Niederspannungsnetz (Einspeisung aus einer zweiten Trafostation des VNB) in der Regel verzichtet werden.

Auf eine Energieversorgung aus dem Mittelspannungsnetz mit kundeneigener Trafostation kann in der Regel verzichtet werden. Sollte der Leistungsbedarf bzw. der Netzausbau des Verteilernetzbetreibers dies erfordern, ist eine entsprechende Mittelspannungsanlage vorzusehen.

9.1.3 Solarstromversorgung

Für Stauanlagen, bei denen ein fester Stromanschluss mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist, können für die Versorgung der Mess- und Steuertechnik Solarpanels mit Batteriepufferung vorgesehen werden. Der Leistungsbedarf der solarversorgten Verbraucher ist zu reduzieren, um eine kompakte Ausführung der Solarpanels und der Batteriepufferung zu ermöglichen. Hierzu sind energiereduzierte Messsonden, Datenlogger und Übertragungsmedien zu verwenden. Es wird empfohlen, Übertragungsgeräte einzusetzen, die im Normalbetrieb geringe Übertragungsraten verwenden und nach Pegelanstiegen automatisch auf eine verdichtete Datenübertragung umschalten.

Bei der Auslegung der Solarpanels sind der Leistungsbedarf der Verbraucher und die Datenübermittlungsrate der Fernübertragung sowie die Aufstellbedingungen (Verschattung, Verschmutzung, Ausrichtung etc.) und die geringe Solarstrahlung und reduzierte Batteriekapazität im Winter, zu berücksichtigen. Eventuell ist es wirtschaftlicher, die Batterien kleiner auszulegen und im Winter durch fremdgeladene Batterien regelmäßig zu tauschen.

9.1.4 Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Die unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage (USV-Anlage) dient zur Versorgung der Verbraucher bei Netzausfall sowie als Netzüberbrückung bis zum Anlaufen (falls vorhanden) der stationären Notstromanlage. Zusätzlich dient die USV-Anlage dazu, um kurzzeitige Netzschwankungen und -unterbrechungen aus dem Netz vom Energieversorgungsunternehmen auszugleichen.

Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung ist bei allen gesteuerten Becken erforderlich, für ungesteuerte Becken ist sie zu empfehlen. Über die USV-Anlage sind mindestens die Messtechnik, die Steuerung mit Fernübertragung sowie das Prozessleitsystem zu versorgen. Zur Versorgung der sicherheitsrelevanten Verbraucher sowie zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs bei Netzausfall sollte eine USV-Anlage mit dreiphasigem Ein- und Ausgang (400 V) mit Batterieeinheit vorgesehen werden. Bei Stauanlagen mit geringem Leistungsbedarf kann auch eine einphasige USV-Anlage eingesetzt werden, wenn keine Verschlussorgane versorgt werden müssen.

Bei Stauanlagen mit stationärer Netzersatzanlage, die bei Betrieb auch die USV-Versorgung übernimmt, kann die Auslegung der Batterie von der USV-Anlage auf 15 Minuten reduziert werden. Ansonsten hat die Autonomiezeit der Versorgung über Batteriebetrieb mindestens für 30 Minuten bei Volllast der Verbraucher zu erfolgen. Die Batterieleistung sollte auf einen einmaligen (nicht gleichzeitigen) Betrieb der Verschlüsse auf eine Sicherheitsstellung (z. B. Grundablass geschlossen, Betriebsauslass in Sicherheitsstellung) ausgelegt werden. Die restlichen USV-Verbraucher müssen mindestens für einen Dauerbetrieb von ca. 30 Minuten versorgt werden. In der Regel werden die Batterien auf eine Versorgungszeit von 60 Minuten ausgelegt, um auch die Alterung der Batterien auszugleichen.

Es ist zu beachten, dass die üblichen Batteriesysteme auf eine Nenntemperatur von 20 °C ausgelegt sind. Höhere Temperaturen verkürzen stark die Lebensdauer der Batterien, niedrigere Temperaturen verringern die Versorgungszeit. Zur Sicherstellung der Nenntemperatur sind die Aufstellräume von Batterien zu belüften bzw. zu klimatisieren. Eine Erhöhung der Umgebungstemperatur von 10 K (10 °C) halbiert die Batterielebensdauer durch chemische Reaktionen innerhalb der Batterieblöcke. Gegebenenfalls sind Spezialbatterien für erhöhte Temperaturbereiche vorzusehen. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Batteriekapazität mit dem Alter der Batterien nachlässt.



Abbildung 9.1: USV-Anlage mit Batterieeinheit [Bau+Plan]

9.1.5 Notstromaggregat

Aufgabe der Ersatzstromversorgung ist es, bei längerem Ausfall der Versorgung den Betrieb der USV-Anlage sicherzustellen. Die weitere Versorgung von sicherheitsrelevanten Verbrauchern, deren Ausfall zu einer Gefährdung, einer Betriebsstörung oder einem wirtschaftlichen Schaden führen kann, muss aufrechterhalten werden. Ohne feste Ersatzstromversorgung ist zum Erhalt der Betriebssicherheit, z. B. während eines längeren Netzausfalls, bei Wartungsarbeiten am VNB-Netz oder bei Wartungsarbeiten der Energieeinspeisung, zumindest eine mobile Ersatzstromversorgung (Notstromaggregat) vorzusehen bzw. die Bereitstellung vorab zu organisieren.

Bei Betrieb einer Ersatzstromversorgung sind die wiederkehrenden Prüfungen nach DIN 6280-13 für Stromerzeugungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotor zu beachten. Es hat ein regelmäßiger Lastbetrieb (1 x im Monat) stattzufinden. Der Lastbetrieb hat mittels ausreichend großer Verbraucher zu erfolgen. Sollten diese nicht vorhanden sein, kann die benötigte Last mittels Lastwiderständen erzeugt werden. Bei stationären Netzersatzanlagen kann die erzeugte Energie nach Rücksprache mittels eines Netzparallelbetriebs in das Netz des Verteilnetzbetreibers eingespeist werden.

Die Lagerzeit der Kraftstoffe wie z. B. Diesel von Netzersatzanlagen ist begrenzt und es sind die Angaben der Hersteller bzw. des Mineralöllieferanten zu beachten. Kraftstoffe sind in dunklen und kühlen Räumlichkeiten zu lagern und sollten jährlich in einem Labor als Qualitätsnachweis für die weitere Verwendung überprüft werden. Eine Lagerzeit von Kraftstoff mit Additiven über 4 Jahren ist möglichst zu vermeiden. Eine Verlängerung der Kraftstofflagerung kann mit Heizöl oder Diesel ohne Bioanteil in Verbindung mit entsprechenden Additiven als Zusatz erzielt werden.

Heizöl darf auch als Kraftstoff in Notstrom- und Netzersatzanlagen verwendet werden. Die Rechtsgrundlagen hierfür finden sich in § 2 Abs. 3 i.V.m. § 3 Abs. 1 Nr. 1 des Energiesteuergesetzes (EnergieStG). Besondere Anmeldepflichten sind damit nicht verbunden. Es muss sich jedoch bei den Stromaggregaten um ortsfeste Anlagen handeln. Der Begriff „ortsfest“ wird in § 3 Abs. 2 EnergieStG wie folgt definiert: „Ortsfest im Sinne dieses Gesetzes sind Anlagen, die während des Betriebs ausschließlich an ihrem geografischen Standort verbleiben und nicht auch dem Antrieb von Fahrzeugen dienen.“

Es ist jährlich zu überprüfen, ob die Leistung des Stromerzeugungsaggregates für die Versorgung der angeschlossenen Verbraucher noch ausreicht. Die Prüfungen und Funktionskontrollen sind zu dokumentieren. Es empfiehlt sich, die Sicherungsorgane mit Hilfskontakten auf Ausfall zu überwachen, um einen unbemerkten Ausfall der Mess- und Steuertechnik, der Verschlüsse oder anderweitiger Betriebsmittel etc. zu vermeiden.

9.1.5.1 Mobiles Notstromaggregat

Ein mobiles Notstromaggregat verfügt über keine Notstromsteuerung und schaltet sich nicht automatisch bei Netzausfall ein. Bei Netzausfall ist das Notstromaggregat im Freien aufzustellen, manuell anzuschließen und händisch zu starten. Die Einspeisung sollte über eine genormte Steckverbindung mit Anschlusskabel vorgesehen werden. Das Einschalten und der Betrieb von Stromerzeugern nach DIN VDE 0100-551 ist auch durch einen elektrotechnischen Laien erlaubt.

Dieses Notstromaggregat ist zumindest auf die Versorgung des größten Antriebs von Verschlüssen/Klappen/Segmenten auszulegen. Somit können wechselweise die Antriebe einzeln betrieben werden. Zur wirtschaftlichen Auslegung der Ersatzstromversorgung sind im Notstrombetrieb alle Verbraucher, die nicht zum Erhalt der Betriebssicherheit notwendig sind, von der Ersatzstromversorgung abzukoppeln. Dies ist durch eine einfache Bedienung (z. B. zentraler Ausschalter) zu ermöglichen.

Bei der Auswahl des mobilen Notstromaggregats ist darauf zu achten, dass mindestens die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

- Schiefelaufüberwachung (Einspeisung in Schaltanlagen)
- Einspeisesteckdose zur Notstromversorgung inkl. Gegenstecker für Hauseinspeisungen
- Spannungsregler
- Fehlerstrom-Schutzschalter und/oder Isolationsüberwachung (nicht abschaltend nach DIN)
- Generator-Überlastschutz

9.1.5.2 Stationäres Notstromaggregat

Stationäre Netzersatzanlagen sind, aufgrund ihrer größeren Bauart und des Gewichts, der Luft- und Abgasführungen sowie der Lärmbeeinflussung im Betrieb, in separat abgetrennten und brandschutztechnisch abgeschlossenen Räumen aufzustellen. Es wird empfohlen, die Netzersatzanlage mindestens nach DIN 6280-13 für eine Vollversorgung der Verbraucher nach „Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen“ Anwendungsbereich 2 auszulegen, da die Anforderungen der Kraftstoffbevorratung mit 8 Stunden und der zulässigen Spannungs- und Frequenzabweichung ausreichend sind. Hierdurch kann durch die größere Leistungsabgabe eine „Vollversorgung“ sämtlicher Verbraucher über einen angemessenen Zeitraum gewährleistet werden.

Stationäre Netzersatzanlagen werden üblicherweise mit einer automatischen Notstromsteuerung vorgesehen, die das automatische Einschalten bei Netzausfall und das automatische Ausschalten bei Netzwiederkehr steuert.

Zum Betrieb und zur Nutzung einer Netzersatzanlage sind die DIN 6280-13 sowie die aktuellen Richtlinien zu berücksichtigen:

- DIN 6280-13 Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren
- VDE-Bestimmungen im Zusammenhang mit elektrischen Anlagen
- VDE-Richtlinie „Notstromaggregate – Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Anlagen mit Notstromaggregaten“ (VDN – jetzt BDEW), Stand Auflage 5/2004
- VDEW-Richtlinie „Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“, Stand 4. Ausgabe 2001
- Landesbauordnung (LBO), Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (MLAR), Vorordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauVO des Bundeslandes)
- TAB-Anschluss des Netzbetreibers (VNB)

Für Notstromaggregate stehen Verbrennungsmotoren mit unterschiedlichem Treibstoff zur Verfügung.

Tabelle 9.1: Vor- und Nachteile von unterschiedlichen Treibstoffen

Brennstoff	Vorteile	Nachteile
Benzin	<ul style="list-style-type: none"> ▪ günstige Anschaffungskosten ▪ kleine, leichte und mobile Stromerzeuger aufgrund Bauart des Motors ▪ kann auch bei niedrigen Temperaturen eingesetzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei Stromausfall kann auch die örtliche Tankstelle kein Benzin fördern, daher ist ein entsprechender Vorrat vorzusehen.
Diesel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dieseldieseltreibstoff etwas günstiger im Ankauf und Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aggregate sind groß und schwer aufgrund der Bauart des Motors. ▪ eingeschränkte Mobilität ▪ hohe Anschaffungskosten ▪ kann bei niedrigen Temperaturen nur mit speziellem Winterdiesel betrieben werden ▪ Bei Stromausfall kann auch die örtliche Tankstelle kein Diesel fördern, daher ist ein entsprechender Vorrat vorzusehen.
Erdgas/Flüssiggas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betrieb wahlweise mit LPG oder Erdgas möglich ▪ rückstandsfreie Verbrennung ▪ sehr günstige Verbrauchskosten ▪ kein Verharzen des Vergasers bei längerer Standzeit ▪ kann auch bei niedrigen Temperaturen eingesetzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ eingeschränkte Mobilität bei der Verwendung von Erdgas



Als Alternative zu einem eigenen Verbrennungsmotor kann auch ein Zapfwellengenerator eingesetzt werden.

Tabelle 9.2: Vor- und Nachteile beim Einsatz von Zapfwellengeneratoren

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung größerer Leistungen ▪ keine Motorflüssigkeiten und Motorverschleißteile ▪ kein Verharzen des Vergasers bei längerer Standzeit ▪ kann auch bei niedrigen Temperaturen eingesetzt werden ▪ mobil durch Antriebsfahrzeug mit Dreipunktaufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traktor- oder Nutzfahrzeug mit Zapfwelle erforderlich ▪ Generator groß und schwer aufgrund der Bauart und Leistungsabgabe



9.2 Messtechnik

Die Messtechnik dient zur elektronischen und automatischen Erfassung von Messwerten. Hierfür gibt es unterschiedliche Messverfahren. Im Zuge der Planung sind die für den Einsatzbereich geeigneten Messsysteme zu ermitteln. In der Praxis werden an wichtigen Pegeln auch mehrere Messsysteme unterschiedlicher Funktion eingesetzt, um die jeweiligen Vorteile bei verschiedenen Betriebszuständen nutzen zu können. Die erfassten Messwerte haben je nach Priorität einen direkten Einfluss auf automatische Steuerungsabläufe oder Regelungen sowie auf definierte Meldekriterien. Daher ist eine hohe Ausfallsicherheit der steuerungsrelevanten Messtechnik erforderlich.

Für diese relevanten Messsysteme sollten redundante Messungen vorgesehen werden. Der Ausfall oder die Störung einzelner Messsensoren ist mittels der SPS, z. B. auf Unter- oder Überschreitung des absoluten Messbereichs oder eines Gesamtausfalls, zu überwachen. Eine Störung darf nicht zur Fehlsteuerung der Anlage führen. Durch die Steuerung sind entsprechende Störmeldungen zu generieren und der Betreiber zu informieren.

Für Messwerterfassungen an entlegenen Orten, an denen wirtschaftlich kein Anschluss an das Stromnetz des Verteilernetzbetreibers möglich ist, sind die Erfassung, Speicherung und Übertragung der Messwerte mittels energieverbrauchssarmer Messwertempfänger, Datenlogger und Übertragungsgeräte vorzusehen. Die Energieversorgung kann über ein Solarpanel mit Batteriepufferung oder alternativ über eine reine Batterieversorgung erfolgen.



Abbildung 9.2: HRB Kirnau-Adelsheim – Wasserstandsmessung im Unterwasser [LRA Neckar-Odenwald-Kreis]



Abbildung 9.3: HRB Hiffelbach Bödighheim – Wetterstation [LRA Neckar-Odenwald-Kreis]

Wasserstände

Für die Erfassung der Wasserstände an Abfluss- oder Zuflusspegeln sowie im Becken stehen verschiedene Messtechniken zur Verfügung (siehe Anhang 1). Automatische Wasserstandsmessungen bzw. davon abgeleitete Abflussermittlungen stellen oft die Grundlage für die Betriebssteuerung von Stauanlagen dar.

Abfluss/Durchfluss

Direkte Durchflussmessungen können in voll- oder teilgefüllten Rohrsystemen (Leitungen) erfolgen. Die gängigsten Formen sind die Magnetisch-Induktive-Durchflussmessung (MID) sowie das Ultraschall-Durchfluss-Messgerät. Die Messwertermittlungen basieren auf der Messung von Fließgeschwindigkeit und Füllhöhe, mit deren Hilfe in den definierten Gerinnen der Durchfluss berechnet wird. Bei der Auswahl der Messverfahren sind die bestehenden Randbedingungen, wie z. B. hohe Fließgeschwindigkeiten im Betriebsauslass, zu berücksichtigen.

Bei Pegelanlagen wird über die Pegelkurve (Wasserstands-Abfluss-Beziehung) anhand des gemessenen Wasserstands der Abfluss ermittelt.

Sickerwasser

Das Sickerwasser vom Dammbauwerk kann über die Drainagen abgeleitet und gesammelt werden. Die Sickerwassermenge kann manuell oder automatisch mittels einer elektrischen Messeinrichtung erfasst und im Prozessleitsystem gespeichert werden. Die Erfassung dient der Überprüfung der Dammsicherheit. Steigt die Wassermenge an oder ist das Sickerwasser eingetrübt (Materialaustrag vom Damm), sind die Ursachen zu klären.

Niederschlag/Wetter

Niederschlagsdaten können zur Rekonstruktion eines abgelaufenen Hochwassers, zur Verifizierung von Flussgebietsmodell-Berechnungen und zur Beweissicherung verwendet werden. Die elektrische Erfassung von Niederschlagsmengen kann über das Wägeprinzip oder berührungslose Messungen erfolgen. Die Anforderungen an die Lage, z. B. windgeschützt, und den Aufbau der Messstation sind zu beachten.

Grundwasser

Durch einen längeren Einstau können sich, je nach den Verhältnissen im Untergrund, die Grundwasserstände in der näheren Umgebung zur Stauanlage ändern. Bei Bedarf können daher auch Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände erforderlich werden. Eine automatische Grundwassermessstelle kann mittels einer Drucksonde in einem

Pegelrohr durchgeführt werden. Die erfassten Messwerte können als Nachweis im Prozessleitsystem visualisiert, dokumentiert und gespeichert werden.

9.3 Steuerungstechnik und Automatisierung

9.3.1 Grundlagen

Üblicherweise erfolgt die Steuerung, Regelung und Überwachung der technischen Anlagen automatisch. Bei Überschreitungen von Grenzwerten (Pegelständen etc.) sowie bei Ausfall von Anlagenteilen (Störungen) wird der Betreiber alarmiert. Es empfiehlt sich, die Sicherungsorgane mit Hilfskontakten auf Ausfall zu überwachen, um einen unbemerkten Ausfall der Mess- und Steuertechnik, der Verschlüsse oder anderweitiger Betriebsmittel etc. zu vermeiden.

Für die automatische Steuerung und Regelung der technischen Anlagen sind im Regelfall Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) einzusetzen. Je nach Umfang der Anlagen wird entweder eine zentrale SPS oder mehrere dezentrale SPS eingesetzt.

Die wesentlichen Funktionen moderner Steuerungs- und Leitsysteme sind:

- intuitive Bedienung für den Nutzer, einfache Parametrierung für Ausrüster
- skalierbare Systeme für verschiedene Anlagengrößen
- Bedienung mittels Bedienstation, Touchpanel, mobile Device
- zentrale Datenhaltung, automatischer Datenexport in üblichen Formaten
- integriertes Alarmierungsmanagement
- offene bzw. genormte Schnittstellen zu Steuerungen und Fremdsystemen
- IT-Sicherheit, verschlüsselte Datenübertragung, Netztrennung
- Datenübertragungssysteme mit Datenpufferung bei Leitungsausfall
- Integration des Betriebstagebuchs (regelkonforme Berichte) und Beckenbuch
- Dokumentation von Wartungs- und Unterhaltsarbeiten

9.3.2 Systemaufbau

Bei den Stauanlagen sind folgende Systemaufbauten üblich:

- Steuerung mit lokalem Prozessleitsystem „Inselbetrieb“. Die Überwachung und Steuerung/Regelung erfolgt über das Prozessleitsystem, das sich in der Regel im Betriebsgebäude der Stauanlage befindet.
- Steuerung mit einem zentralen Prozessleitsystem. Die Überwachung und Steuerung/Regelung erfolgt über ein Prozessleitsystem, das sich in einer Steuerzentrale befindet. Beim zentralen Prozessleitsystem werden von der Steuerzentrale beliebig viele Stauanlagen bzw. Pegel überwacht.
- Steuerung mit lokalem und zentralem Prozessleitsystem. Die Überwachung erfolgt über ein lokales Prozessleitsystem, das sich im Betriebsgebäude befindet, sowie über ein zentrales Prozessleitsystem, das sich in einer Steuerzentrale befindet. Es können mehrere Stauanlagen und Pegel in unterschiedlicher Konfiguration von einer Steuerzentrale aus überwacht werden.

Der Systemaufbau der technischen Anlagen ist so auszuführen, dass der Ausfall einzelner Komponenten zu keinem Ausfall der Gesamtanlage führt. Hierzu sind mehrere Sicherheitsebenen vorzusehen, die nach folgendem Grundsatz arbeiten:

Tabelle 9.3: Sicherheitsebenen zum Schutz vor Ausfall der Gesamtanlage

Sicherheitsebene	Grundsätze
Geräteebene	Bei Verschleiß, Beschädigung o. ä. darf das Gerät ausfallen. Dies hat aber keine Auswirkung auf andere Geräte oder auf die Anlage. Der Ausfall ist als Störung zu erkennen, zu melden und zu registrieren. Die Betriebszeit ist aufzuzeichnen und der Wartungsbedarf zu melden.
Schaltschrankebene	Störung oder Ausfall in der übergeordneten oder untergeordneten Ebene beeinträchtigen die Funktion nicht. Bei Ausfall der übergeordneten Automatisierungsebene sind alle wichtigen Hauptfunktionen von einer Handbedienebene auf der Schaltschranktür aus anzusteuern, die direkt auf die Schaltgeräte im Schaltschrank wirkt.
Automatisierungsebene	Störung oder Ausfall in der übergeordneten oder untergeordneten Schaltschrankebene beeinträchtigen die Funktion nicht. Schalt- und Regelvorgänge laufen autark von der übergeordneten Leitebene weiter. Störungen und Meldungen aus den untergeordneten Geräten sind bei Ausfall der übergeordneten Leitebene als Meldung zu speichern und anzuzeigen. Bei Ausfall der übergeordneten Leittechnik sind alle wichtigen Hauptfunktionen von der Automatisierungsebene aus anzusteuern.
Lokale Leitebene	Dies ist die Bedien- und Überwachungsebene aller technischen Anlagen, die mittels Prozessleitsystem im Betriebsgebäude anzuordnen ist. Auch bei Ausfall der übergeordneten zentralen Leitebene müssen alle Funktionen weiterhin möglich sein.
Zentrale Leitebene	Zur zentralen Bedienung und Überwachung wird in einer Steuerzentrale ein zentrales Prozessleitsystem eingesetzt, das den Zustand der entfernten technischen Anlagen in den Stauanlagen und Pegeln überwacht.



9.3.3 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

Die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) wird zur Steuerung und Regelung der Verschlüsse, der Erfassung der Messwerte sowie zur Überwachung der technischen Ausrüstung eingesetzt. Die Steuerungseinheit erfasst mittels ihrer Eingangsbaugruppen alle Zustände (digitale Eingänge), wie Endlagen, Störungen und analoge Messwerte (analoge Eingänge). Über die Ausgangsbaugruppen können Schaltbefehle (digitale Ausgänge) abgesetzt bzw. Messwerte an LED-Anzeigen (analoge Ausgänge) übergeben werden. Über Schnittstellenmodule kann eine Kommunikation zu anderen Systemen/Steuerungen bzw. dem übergeordneten Prozessleitsystem erfolgen.

Für Stauanlagen wird üblicherweise keine redundante SPS vorgesehen, d. h. bei Ausfall der SPS ist keine automatische Regelung mehr möglich. Der Betrieb der Anlage muss dann manuell durch den Betreiber (Betriebspersonal) erfolgen. Hierbei ist sicherzustellen, dass bei einem SPS-Ausfall der Betreiber informiert wird und die Stauanlage in einem stabilen und sicheren Betrieb bleibt.

Bei großen Stauanlagen sollte eine redundante SPS vorgesehen werden, um bei Ausfall einer Steuerungseinheit das Sicherheitsniveau und die automatische Steuerfähigkeit beibehalten zu können. Neben der Steuerung und Überwachung erfolgen in der SPS auch Berechnungen, wie z. B. die Umrechnung vom Pegelstand in eine Durchflussmenge anhand hinterlegter Formeln (Abflusskurve).

9.3.4 Prozessleitsystem

Ein Prozessleitsystem dient zur Bedienung und Überwachung der Verschlüsse und der technischen Ausrüstung von Stauanlagen und Pegeln.

9.3.4.1 Lokales Prozessleitsystem

Mit einem lokalen Prozessleitsystem werden die Betriebseinrichtungen einer Anlage im Betriebsgebäude bedient und überwacht. Die Kommunikation zwischen der SPS und dem Prozessleitsystem erfolgt über marktübliche Schnittstellen.

Das Prozessleitsystem übernimmt folgende Aufgaben:

- Bedienung aller Betriebseinrichtungen einer Anlage
- Überwachung der Funktion sowie der Zustände aller Anlagen (siehe Abbildung 9.4)
- Visualisierung einzelner Anlagenteile, Einzel- oder Verbundanlagen
- Absetzen von Stör- und Betriebsmeldungen
- Darstellung aller Messwerte, Betriebszustände, Videobilder etc.
- Auswertungen der Messwerte und Prozessdaten mittels Grafiken/Trendkurven und Protokollen
- Protokollierung sämtlicher Messwerte, Schieberstellungen, Stör- und Betriebsmeldungen, Schalthandlungen etc.
- Verwaltung der Wartung
- Benutzerverwaltung
- Kommunikation zur Übertragungstechnik

Im Prozessleitsystem wird der Anlagenzustand mittels grafischer Prozessbilder dargestellt. Es werden die wichtigsten Angaben wie Messwerte, Wasserstände, Schieberstellungen, Abflüsse, Störungen und Betriebszustände visualisiert. Für jede Betriebseinrichtung (z. B. Auslassbauwerk, Abflusspegel etc.) sowie für die Anlagentechnik (Energieversorgung, Steuerungsschema/Netzwerktechnik etc.) sind einzelne Prozessbilder zu erstellen. Um einen Gesamtüberblick über das Hochwasserrückhaltebecken zu erhalten, ist ein Übersichtsschema zu erarbeiten.

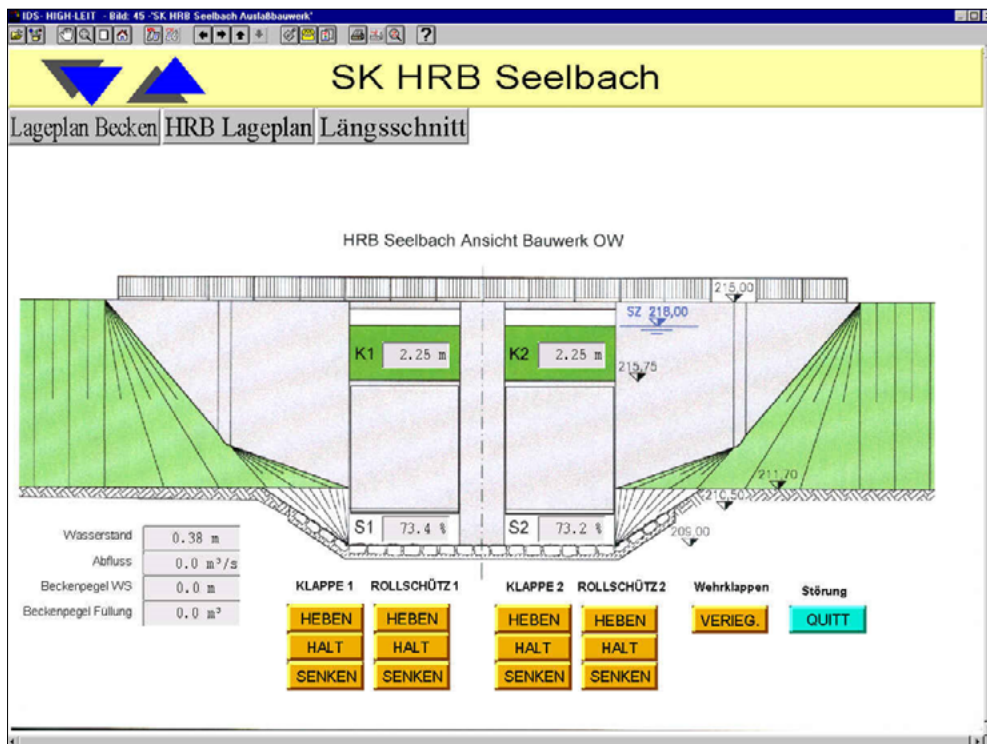


Abbildung 9.4: Visualisierung Steuerbetrieb HRB Seelbach [WBWF Stauwärterfortbildung]

Die von der SPS und vom Prozessleitsystem erfassten Daten sämtlicher Mess- und Grenzwerte, Schieberstellungen, Stör- und Betriebsmeldungen, Schalthandlungen, Alarmierungen etc. sind aufzuzeichnen. Die Anforderungen an die Da-

tenaufzeichnung sind in der Betriebsvorschrift festzulegen. Üblicherweise werden die Daten für mind. 12 Monate auf der Festplatte des Industrie-PCs/Servers gespeichert und in regelmäßigen Abständen (z. B. 1 x im Monat) auf einem externen Wechseldatenträger archiviert. Die Archivierung sollte als Ringspeicher vorgesehen werden, der frühestens nach Ablauf von 12 Monaten die gespeicherten Daten überschreibt.

Eine vollständige und lückenlose Dokumentation als Beweissicherung von sämtlichen gemessenen Werten ist außerordentlich wichtig, um die Einhaltung der Betriebsvorschrift nachzuweisen. Außerdem können dadurch wertvolle Erkenntnisse für kommende Einstauereignisse gewonnen werden. Des Weiteren liefern diese Aufzeichnungen und deren Auswertung die Grundlage für den nach DIN 19700 regelmäßig aufzustellenden Sicherheitsbericht Teil B.

9.3.4.2 Zentrales Prozessleitsystem

Zentrale Prozessleitsysteme sind in ihrer Grundfunktion wie lokale Prozessleitsysteme. Der Unterschied besteht darin, dass ein zentrales Prozessleitsystem mehrere Anlagen gleichzeitig bedienen und überwachen kann (Fernwirktechnik). Mit zentralen Prozessleitsystemen in einer „Steuerzentrale“ werden mehrere einzelne Stauanlagen und Pegel in einem Verbundsystem verwaltet. Der Datenaustausch erfolgt in der Regel von der lokalen SPS über Fernwirkstationen, die über Datenverbindungen mit dem zentralen Prozessleitsystem verbunden sind. Bei der Verwaltung mehrerer Anlagen, z. B. in einer „Zentrale“, ist zusätzlich eine Gesamtübersichtskarte mit den wichtigsten Anzeigehalten, wie z. B. Wasserstände und Störungen, zu entwerfen (siehe Abbildung 9.5)

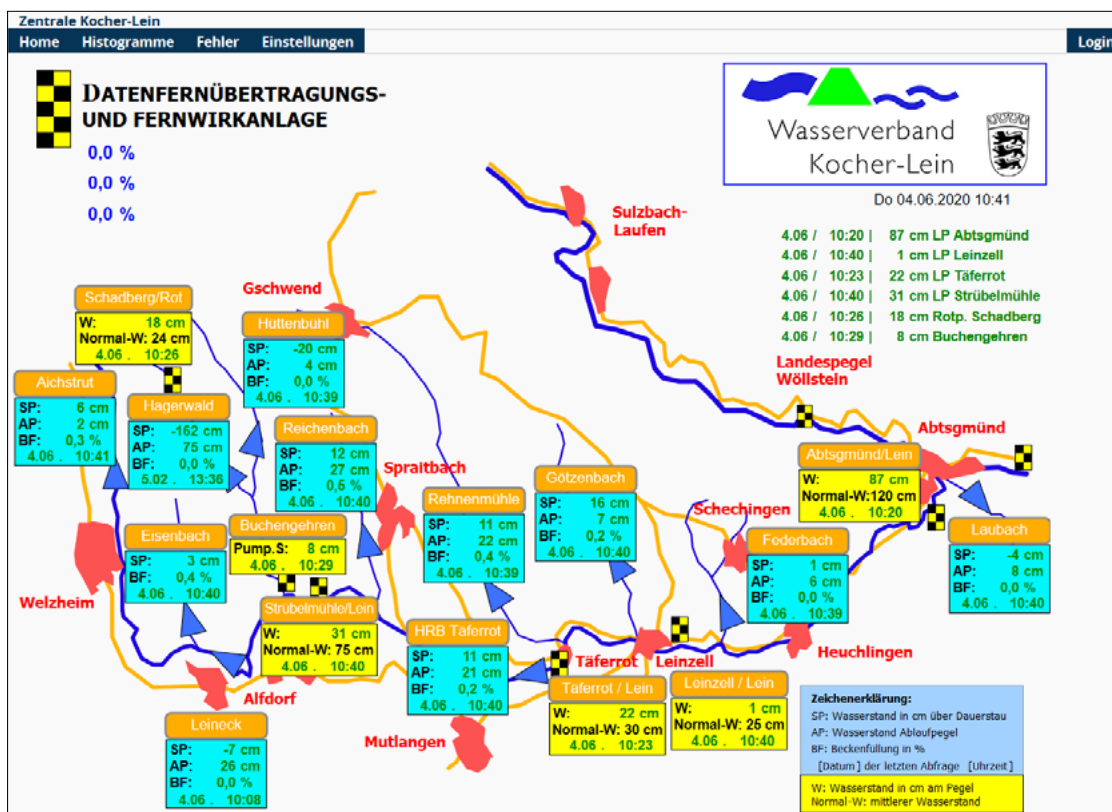


Abbildung 9.5: Systembild Datenfernübertragung eines zentralen Prozessleitsystems [WW Kocher-Lein]

Bei einer Fernsteuerung von Anlagen wie Verschlüssen ist zu beachten, dass die Signalübertragung technisch bedingt nicht in Echtzeit, sondern mit einer Verzögerung erfolgt. Dies bedeutet, dass z. B. ein Stopp-Befehl für einen Verschluss nur verspätet am Verschluss ankommt und dieser ggf. zu weit geöffnet wird. Bei Ausfall der Datenverbindung sind keinerlei Eingriffe auf das Fremdsystem mehr möglich. Somit könnten z. B. fernausgelöste Öffnungsbefehle für Verschlüsse

nicht mehr gestoppt werden. Des Weiteren ist das System gegen Manipulation von Dritten zu schützen (siehe IT-Sicherheit).

Daher ist die Vor-Ort-Anlagenbedienung nach wie vor zu empfehlen, um die planmäßige Steuerung und Überwachung nach Betriebsvorschrift gewährleisten zu können.

9.3.5 Manuelle Anlagenbedienung

Jede Anlage muss auch manuell bedienbar sein, d. h. die Verschlüsse müssen über die Handbedienebene steuerbar sein. Hierzu ist die SPS-Systemsteuerung zu umgehen. Die Wasserstandsmesswerte müssen unter Umgehung der SPS auf der Anzeige dargestellt werden. Zur Kontrolle der angezeigten Werte muss die Schieberstellung auch über eine mechanische Anzeige visualisiert werden. Es wird empfohlen, für die manuelle Anlagenbedienung einen entsprechenden Arbeitsplatz mit den erforderlichen Unterlagen z. B. Schieberkennlinien im Betriebsgebäude vorzusehen.

Um bei einem Komplettausfall der gesamten Energieversorgung bzw. der Steuerung die Verschlüsse in einen sicheren Zustand bringen zu können, muss an jedem Antrieb auch eine manuelle Bedieneinrichtung (Handrad, Not-Hydraulikpumpe etc.) vorgesehen werden.

9.3.6 Übertragungs- und Netzwerktechnik

9.3.6.1 Übertragungswege

Für die Datenübertragung von einem Standort zum anderen gibt es je nach verfügbarer Infrastruktur unterschiedliche Übertragungswege. Diese Übertragungswege können einfach oder redundant (Kombination aus zwei unabhängigen Übertragungswegen) ausgeführt werden.

Für einen redundanten Übertragungsweg kann z. B. ein Internetanschluss mit virtuell private network (VPN)-Tunnel gewählt werden, der bei verfügbarem Internet sämtlichen Datenverkehr über das kabelgebundene Datennetz überträgt. Sollte das kabelgebundene Datennetz ausfallen, schaltet der entsprechende Router auf das Mobilfunknetz um, bis die Hauptverbindung wieder verfügbar ist.

Bei der Festlegung zur Verfügbarkeit und des Übertragungsweges sind die laufenden Unterhaltskosten im Betrieb wie z. B. Grundgebühren mit dem zusätzlichen Nutzen an Datenübertragungssicherheit abzuwägen. Für Pegel, die steuerungsrelevante Messwerte zur Steuerung übertragen müssen, ist ein redundanter Übertragungsweg sinnvoll.

Durch die rasante Entwicklung bei Mobilfunk- und Datenverbindungen sind im Zuge jeder Maßnahme die aktuellen technischen Möglichkeiten sowie die Preismodelle zu betrachten. Es empfiehlt sich auch, bei Bestandsanlagen regelmäßig die Datenübertragungsanschlüsse und -tarife zu überprüfen.

Eine gängige Verbindung zweier oder mehrerer Standorte ist die verschlüsselte VPN-Verbindung bzw. ein VPN-Tunnel. Es wird hierbei ein in sich geschlossenes privates Netzwerk errichtet, über das die Daten ausgetauscht werden. Die VPN-Verbindung kann über alle Arten von IP-Netzwerken realisiert werden. Die VPN-Verbindung hat in den letzten Jahren die früheren Standleitungen ersetzt und wird häufig für die Verbindung zwischen Stauanlage, Pegel und Steuerzentrale eingesetzt. Hierzu werden meist an jedem Standort IP-Internetanschlüsse errichtet, die dann über die VPN-Verbindung eine feste Verbindung der Standorte ermöglichen. Durch die Internetanschlüsse entstehen an allen Standorten laufende Datenübertragungskosten.

Einen weiteren Übertragungsweg bietet das Mobilfunknetz. Je nach Netzverfügbarkeit und Signalstärke können Daten per LTE bzw. über die langsameren Verbindungen 3G, GSM, GPRS etc. übertragen werden. Dies hat ebenfalls zur Folge, dass monatliche Grundgebühren für die Internetanschlüsse eines Mobilfunkproviders entstehen. Der Übertragungsweg kann jedoch bei Hochwasserereignissen gestört oder die Übertragungsgeschwindigkeit eingeschränkt sein.

Eine weitere Datenübertragungsstrecke bietet die Funkverbindung. Hier gibt es verschiedene Funksysteme mit unterschiedlichen Frequenzen und Übertragungsweiten. Die Funkübertragungen sind im Einzelfall zu planen und auf die örtlichen Verhältnisse anzupassen. Es wird im Vorfeld eine Funkmessung empfohlen. Die beste Funkübertragung wird bei Sichtverbindung der Sende- und Empfangsantennen erreicht. Gegebenenfalls sind die Signale auch über einen oder mehrere Umsetzer umzulenken bzw. zu verstärken. Die Anschaffungskosten für Funkanlagen sind meist höher als die für Fest- oder Mobilfunkanschlüsse. Die Betriebskosten sind jedoch, insbesondere im 70-cm-ISM-Funkbereich, durch das Wegfallen der monatlichen Grundgebühren für öffentliche Betreiber günstig. Je nach Funksystem sind die notwendigen Frequenzen zu beantragen.

Eine direkte Verbindung mittels Lichtwellenleiter (LWL)-Verkabelung (Glasfaserkabel) stellt die beste und schnellste Verbindung der Übertragungsstrecken dar, da diese ein eigenes, in sich geschlossenes Netzwerk darstellt. Für die Datenübertragung werden keine Abhängigkeiten durch Fremdnetze von Providern erforderlich. Die Anschaffungskosten für die Infrastruktur sind jedoch höher als beim VPN-Tunnel und Mobilfunk. Allerdings fallen keine monatlichen Unterhaltskosten an.

Die gängigen Standard-Telefonanschlüsse „Analog“ und „ISDN“, auch in Verbindung mit einem zusätzlichen Internetanschluss, wurden durch die Telekom als Netzbetreiber bis 2018 abgeschafft. Der neue Standard ist der „All-IP“-Anschluss, der rein auf einem Internetanschluss basiert. Die All-IP-Anschlüsse verfügen im Gegensatz zu den ISDN-Anschlüssen über eine schnellere Breitbandinternetverbindung. Bei der Kündigung von vorhandenen ISDN-Anschlüssen ist im Einzelfall die Funktion der vorhandenen ISDN-Anlagentechnik mit neuem All-IP-Anschluss zu überprüfen. Teilweise funktionieren Telefonwählgeräte an den neuen internen ISDN-Anschlüssen der All-IP-Router nicht mehr zuverlässig.

9.3.6.2 Netzwerktechnik

Für die Kommunikation der Geräte wird ein Netzwerk (Ethernet-Netzwerk) aufgebaut. Das Netzwerk befindet sich üblicherweise innerhalb des Betriebsgebäudes der Stauanlage, kann sich jedoch auch über mehrere Betriebsgebäude oder auch über mehrere Anlagen erstrecken. Für den Aufbau des Netzwerkes sind aktive Komponenten wie Switch und Router, passive Komponenten wie die Netzkabel sowie Patchfelder erforderlich. Die Komponenten sind auf die Übertragungsbandbreiten und -entfernungen anzupassen.

Nachdem heute der Anteil der Netzwerkgeräte sehr hoch ist und für die Stauanlagen hohe Anforderungen an die IT-Sicherheit zu stellen sind, sollte bei der Errichtung der technischen Ausrüstung ein Netzwerkspezialist mitwirken, der die Netzwerkanforderungen (IP-Adressen, Netzwerkaufbau, Netzübergänge, VPN-Verbindungen etc.) definiert.

Für die aktive Netzwerktechnik kommen Switch und Router zum Einsatz. Es wird empfohlen, Geräte mit Industriestandard zu verwenden, die auf Dauerbetrieb und die zu erwartenden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Erschütterungen, Luftfeuchte etc.) ausgelegt sind.

Innerhalb der Stauanlagen sollten vorzugsweise verkabelte Netzwerkanschlüsse ausgeführt werden. Diese sind stabiler und stellen auch bei schlechten Witterungsverhältnissen gute und sichere Verbindungen zur Verfügung.

Bei der Auswahl der Datenanschlüsse sind Business-Anschlüsse mit fester IP-Adresse zu bevorzugen. Nur diese bieten die Möglichkeit, direkte VPN-Verbindungen aufzubauen, ohne weitere Dienste (DynDNS o. ä.) in Anspruch nehmen zu müssen.

Die passive Netzwerktechnik umfasst die Übertragungskabel und die Steckverbindungen. Bei CAT-7-Kupferkabeln sind Übertragungslängen von maximal 90 m zwischen Netzwerkteilnehmer (Bedienstation, Messsensor etc.) und aktiver Netzwerktechnik (Switch, Router) möglich.

Lichtwellenleiter (LWL) werden zur Übertragung von großen Datenmengen und hohen Datenübertragungsgeschwindigkeiten über mittlere bis große Strecken verwendet. Die LWL bestehen aus lichtleitenden Fasern mit entsprechenden Steckern für eine sichere Steckverbindung zu Netzwerkkomponenten.

- Multimode (G50/125 oder 62,5/125 – Kerndurchmesser 50 μm / 62,5 μm)
- Singlemode (E9/125 – Kerndurchmesser < 9 μm)

Für die Ablage der Daten aus dem Prozessleitsystem werden als Speichermedien üblicherweise die Festplatten der Server und Bedienstationen verwendet. Zur Sicherung dieser Daten sowie zur Videobildaufzeichnung wird empfohlen, Netzwerk-Festplatten (NAS = network attached storage) vorzusehen. Diese Speichermedien sind über das Netzwerk lokal von der Stauanlage oder als Fernzugriff von einer Steuerzentrale erreichbar.

Zur Erhöhung der Speicherkapazität sowie der Ausfallsicherheit können RAID-Systeme (redundant array of independent disks) aus mehreren Festplatten vorgesehen werden. Je nach RAID-Level werden die Daten auf zwei Festplatten gespiegelt oder auf mehrere Festplatten aufgeteilt, sodass bei Ausfall einer oder mehrerer Festplatten kein Datenverlust entsteht. Es ist wichtig, die NAS im Netzwerk zu überwachen, sodass Festplattenausfälle erfasst und ein Austausch veranlasst werden kann.

9.3.7 Warnung bei automatischer Verschlussbewegung

Zum Schutz und als Gefahrenhinweis für Personen, die sich im direkten Wirkungsbereich der automatisierten Verschlüsse befinden, sollte vor oder während der Bewegung der Verschlüsse am Bauwerk ein akustisches und/oder optisches Warnsignal aktiviert werden.

Hierbei ist zu beachten, dass akustische Warnsignale (Hupe mit Intervallsignal) insbesondere im direkten Bereich von Wohnbebauungen vor allem in den Nachtstunden zu Lärmbelästigung von Anwohnern führen können. Als Alternative zum akustischen Signal wäre ein optisches Warnsignal mittels blinkender Leuchte in den Nachtstunden vorzusehen, um eine Lärmbelästigung zu vermeiden. Die Ausführung einer Signalisierung ist im Einzelfall durch den Betreiber festzulegen.

9.4 Fernüberwachung

9.4.1 Grundlagen

Die visuelle Fernüberwachung von Stauanlagen bietet den Vorteil, sich schnell und ohne Personal vor Ort einen Eindruck von der Anlage und der Betriebssituation zu machen. Sie unterstützt dadurch die Sicherstellung einer kontinuierlichen Betriebsbereitschaft. Die Überwachung kann routinemäßig, bei Meldungen durch die Anlage oder im Betriebsfall erfolgen. Zumeist steht für die Steuer- und Regeltechnik eine entsprechende technische Ausrüstung zur Verfügung, sodass ohne großen Aufwand eine visuelle Fernüberwachung ermöglicht werden kann.

Eine Reihe von Gesetzen und Vorschriften regelt in Deutschland den Einsatz von visueller Überwachung (Bundesdatenschutzgesetz BDSG). Die Beobachtung öffentlich zugänglicher Räume mit Videoüberwachung ist grundsätzlich nur zulässig, soweit sie

- zur Aufgabenerfüllung öffentlicher Stellen,
- zur Wahrnehmung des Hausrechts oder
- zur Wahrnehmung berechtigter Interessen für konkret festgelegte Zwecke

erforderlich ist und keine Anhaltspunkte bestehen, dass schutzwürdige Interessen der Betroffenen überwiegen. (§ 4 BDSG und §§ 32 bzw. 28 Abs. 1 und Abs. 2 BDSG)

Der Betreiber von Stauanlagen hat ein berechtigtes Interesse, seine Stauanlage zur Sicherung der Betriebsfähigkeit zu überwachen. Bei der Einrichtung der Überwachung sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Die Überwachung muss verhältnismäßig sein, d. h. sie muss den beabsichtigten Zweck bewirken oder zumindest fördern, es dürfen keine anderen mildereren Mittel zur Verfügung stehen, die den gleichen Zweck erfüllen können und die Nachteile, die mit der Videoüberwachung verbunden sind, dürfen nicht völlig außer Verhältnis zu den Vorteilen stehen, die sie bewirkt.
- Die Überwachung muss kenntlich gemacht werden, z. B. durch ein entsprechendes Hinweisschild.
- Die Daten dürfen nur zu dem Zweck, zu dem sie erhoben wurden, genutzt werden und sind danach zu löschen.
- Privatgrundstücke, die außerhalb des Stauanlagenbereichs inkl. des Stauraums liegen, dürfen von den Bildaufnahmen nicht erfasst werden.

9.4.2 Technik

Bei den Kameras kann zwischen zwei Varianten unterschieden werden:

- Kameras mit fester Ausrichtung auf einen fixen Bildinhalt. Bei der festen Position ist das für den zu erfassenden Bildinhalt richtige Objektiv bezüglich der Brennweite zu beachten,
- Schwenk-Neige-Zoom-Kameras mit frei programmierbaren Bildfixpositionen oder händisch frei anzufahrenden Bildpositionen, die durch Schwenken, und Neigen der Kamera angefahren werden. Durch Zoomobjektive können Details erfasst werden.

Die Kameras sollten auch bei schwierigen Lichtverhältnissen mittels eines Tag-Nacht-Sensors Bildaufnahmen erstellen können. In der Regel wird nur die konkrete Sofortüberwachung bezweckt (quasi als „Fernrohr“). Sollen Aufnahmen gespeichert werden, ist sowohl die Speicherung als auch der Zeitraum zu begründen. Die Dauer einer Speicherung sollte auch im Hinblick auf die Datenschutzbestimmungen festgelegt werden.

Soll eine Speicherung der Kameraaufnahmen erfolgen, wird zur Einsparung von Speicherplatz die Ablage einzelner Bilder (z. B. alle 5 Sekunden) empfohlen, da ein kompletter Stream (Video) wesentlich mehr Datenvolumen benötigt. Die Speicherung aller Kamerabilder sollte in einem redundanten Netzwerkringspeicher (Raid 1 – Speicherung der gleichen Daten auf zwei Festplatten = Spiegelung) erfolgen, der die Bilder zeitweise zwischenspeichert und danach wieder

überschreibt. Die Vorgaben zur Speicherung der Bilder sowie für den Zugriff auf die gespeicherten Bilder sind mit dem zuständigen Datenschutzbeauftragten des Stauanlagenbetreibers abzustimmen.

9.4.3 Standorte

Bei der Auswahl der Standorte von Videokameras sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Bei Schwenk-Neige-Kameras ist in der Kamerasteuerung das Anfahren der Privatbereiche zu verhindern. Es dürfen nur öffentlich zugängliche Bereiche sichtbar sein. Gegebenenfalls ist durch bauliche Maßnahmen wie Blechblenden die Einsicht in Privatbereiche zu verhindern.
- Die Anordnung und Ausrichtung der Kameras z. B. an den Bauwerken sollte mit Blickrichtung auf die Betriebseinrichtungen, wie z. B. Verschlüsse, Rechen, Hochwasserentlastung sowie auf die Pegellatten und den Stauraum, erfolgen.
- Die Montagehöhe der Videokameras sollte außerhalb des einfachen Zugriffsbereichs von Personen liegen.

9.4.4 Übertragungstechnik, Visualisierung

Digitale Kamerabilder können über einen Internetanschluss überall hin übertragen werden.

- Die Bandbreite zur Übertragung der Videobilder ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Geschwindigkeit des Internetanschlusses, von der Bildauflösung (Bildqualität), die die Kamera zur Verfügung stellen kann, und abhängig davon, mit welcher Bildauflösung die Bilder ins Internet hochgeladen werden. Für eine vernünftige Bildübertragung in einer angemessenen Bildqualität sollten mindestens 2 MBit/s Upload an Datenrate zur Verfügung stehen.
- Videobilder von IP-Kameras können per Web-Zugriff von jedem internetfähigen PC oder Smartphone/Tablet aus aufgerufen werden.
- Mit einer Videomanagementsoftware, vorzugsweise passend zu den Kameras, lassen sich alle Kameras von einer Stelle aus verwalten und bedienen.

9.5 IT-Sicherheit

Für Stauanlagen gibt es aus dem IT-Sicherheitsgesetz bzw. der Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz keine Vorgaben, diese anzuwenden. Bei großen Anlagen ist im Detail zu prüfen, ob das IT-Sicherheitsgesetz anzuwenden ist. Grundsätzlich ist es jedoch sinnvoll, die Vorgaben des IT-Sicherheitsgesetzes als Stand der Technik zu berücksichtigen. Informationen können den vom BSI veröffentlichten BSI-Grundschutz-Katalogen entnommen werden.

Im Zuge der Zulassung neuer Stauanlagen sowie bei einer vertieften Sicherheitsüberprüfung einer Stauanlage ist das Thema IT-Sicherheit zu berücksichtigen. Auch bei den laufenden Wartungen und bei Neubeschaffungen sind die IT-Anforderungen zu beachten. Da sich die Technik in diesen Bereichen sehr schnell weiterentwickelt und die Bedrohungen zunehmen, stellt dies eine kontinuierliche Aufgabe für den Betreiber (Betriebspersonal) dar.

Als Stand der Technik für Stauanlagen werden derzeit die nachfolgenden Punkte empfohlen:

- bauliche Anlagen (physikalischer Schutz), z. B. einbruchhemmende Türen und Fenster sowie stabile Außenverteiler (vorzugsweise aus Aluminium)

- sichere IT-Anlagen, d. h. abgesicherte Netze/Router mit Firewall und verschlüsselte Datenübertragung (VPN-Tunnel)
- aktuelle Software mit Virens Scanner, Spamfilter, Internet-Security, regelmäßige Betriebssystem-Updates und Software-Patches (optimal ¼-jährlich, mind. ½-jährlich)
- organisatorische Aufgaben wie z. B. Festlegung der Zuständigkeiten, Einweisung der Mitarbeiter in IT-Sicherheit, sichere benutzereigene Passwörter
- Definition des Umgangs mit Wechseldatenträger; vorzugsweise Verzicht auf Einsatz von USB-Sticks, tragbare Festplatten etc.
- Durchführung regelmäßiger Daten- und Systemsicherungen, um Datenverlust zu verhindern
- Wartungs- und Instandhaltungsfirmen regelmäßig auf die Vorgaben der IT- und Arbeitssicherheit hinweisen (Verbindung der Anlagentechnik mit Technik der Fremdfirmen – Übertragung von Schadsoftware ins Netzwerk/Anlagensystem)
- Schulung und regelmäßiges Hinweisen des Betreibers auf den Umgang und die notwendigen Regeln der IT-Sicherheit
- geschützte Zugänge für Fernzugriff einrichten

Durch Synchronisationen mit mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets u. ä. mit dem Computer entstehen Risiken der Infizierung mit Viren oder Schadsoftware. Die Verbindungen ins Internet sind nur mittels Router mit integrierter Firewall sowie eigenständigen Firewalls zulässig, um das Netzwerk sowie die Anlagentechnik und Daten vor unerwünschten Zugriffen durch unbefugte Dritte zu schützen. Moderne Firewalls erlauben auch die Überwachung des Datenverkehrs und entscheiden anhand festgelegter Regeln, ob bestimmte Netzwerkpakete durchgelassen werden oder nicht. Gegen Angriffe von innen sowie E-Mail-Anhänge bieten Firewalls keinen Schutz.

Zum Schutz vor unerwünschter Werbung (Spamschutz) oder Massennachrichten durch E-Mails sollte ein Softwaretool, „Spam-Filter“ oder ein Virenprogramm, in dem ein Spam-Filter integriert ist, vorgesehen werden. Durch das Aussortieren der unerwünschten E-Mails durch den Spam-Filter wird die Gefahr eines Zugriffs auf sicherheitsgefährdende Seiten sowie die Kosten durch geringeres Datenvolumen (Abrechnung der übertragenen Datenmenge und nicht nach Zeit) beim Internetdienstanbieter verringert.

9.6 Daten- und Informationsbereitstellung

Sämtliche erfassten und aufgezeichneten Daten wie Wasserstände, Schieberstellungen, Web-Kamerabilder, Niederschlagswerte, Anlagenzustände etc. können mittels Schnittstellen vom Prozessleitsystem bzw. von der Videoanlage für externe Nutzungen, z. B. der Homepage des Betreibers, bereitgestellt werden. Für die Übertragung/Bereitstellung der Daten für eine externe Nutzung sind die definierten Schnittstellen der entsprechenden Lastenhefte zu beachten.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die Pegeldata an die LUBW Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) weiterzuleiten (Abstimmung mit der LUBW erforderlich). In diesem System sind die Landespegel erfasst. Der Zugriff auf die Daten und Informationen der HVZ erfolgt webbasiert <http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de> bzw. mittels mobiler App „Meine Pegel“. Die erfassten Messwerte können als Datenpaket per FTP-Push-Betrieb zur LUBW übermittelt wer-

den, damit diese auf der webbasierten Hochwasserinformationsplattform Flutinformations- und Warnsystem FLIWAS (<https://infoportal.fliwas3.de/>) für Kommunen, Landratsämter und Verbände zur Nutzung bereitgestellt werden können.

9.7 Instandhaltung und Prüfung elektrischer Anlagen/Betriebsmittel

Die Instandhaltung umfasst die technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung des funktionsfähigen Anlagenzustands bzw. der Anlagenfunktionalität (DIN EN 31051-2019.06). Sie umfasst die Wartung, die Inspektion, die Instandsetzung und die Verbesserung der Anlagenbestandteile während ihres Lebenszyklus.

Für die elektrischen Anlagen/Betriebsmittel muss die Funktion regelmäßig nachgewiesen werden. Deshalb muss der Betreiber die Anlage regelmäßig kontrollieren und einen Funktionstest, z. B. die Simulation eines Steuerungsablaufs, durchführen. Dieser Funktionstest ist abhängig von den verbauten Teilen der Anlage. Entsprechende Vorgaben sind in der Betriebsvorschrift zu regeln. Ansonsten sollte in der Regel ein Funktionstest durch den Betreiber der Anlage mindestens alle 3 Monate erfolgen. Der Funktionstest ist zu protokollieren.

Die Funktion einzelner Bauteile kann auch im Zuge der Wartung kontrolliert werden. So ist es z. B. bei den Druckmesssonden möglich, mithilfe eines Druckschlauches eine Überstauung zu simulieren und die Funktion der Messwertanzeige zu prüfen. Wartungsarbeiten an technischen Anlagen müssen regelmäßig nach den Herstellerangaben (Umfang und Intervall) durchgeführt werden, um die Anlage betriebsfähig zu halten. Die Wartungszeiträume ergeben sich anhand der verbauten Anlageneinzelteile. Liegen keine Vorgaben vor, sollten in der Regel die Wartungen bei gesteuerten Becken halbjährlich, bei ungesteuerten Becken jährlich durchgeführt werden. Wartungsarbeiten sind durch qualifizierte Fachfirmen und/oder qualifiziertes Personal durchzuführen. Jede Wartung muss ausführlich dokumentiert werden, sodass der Betreiber einen Nachweis über den Zustand der Anlage erhält und dies bei Bedarf nachweisen kann.

Um Sicherheitslücken zu schließen, sind regelmäßige Updates der Software inkl. des Betriebssystems sowie Firmware-Updates durchzuführen. Die Updates sollten nicht automatisiert erfolgen, da bei einem Fehler des Updates eventuell der Rechner und somit die Protokollierung nicht mehr nutzbar wird. Die Anlage kann dann außer Betrieb gehen, ohne dass dies durch das Betriebspersonal festgestellt wird. Daher sollte die Prüfung der Verfügbarkeit und die Durchführung der Updates im Zuge der Wartungsarbeiten manuell durchgeführt werden.

Hiervon ausgenommen ist der Viren- und Spamschutz. Hier sollte immer eine aktuelle Version automatisch upgedatet werden. Die Anpassung der Spam-Filterregeln sollte dann bei den Wartungsarbeiten manuell durchgeführt werden.

Der Betreiber der Stauanlage ist auch verantwortlich für die Bereitstellung sicherer elektrischer Arbeitsmittel. Zur Erhaltung des sicheren Zustands dieser Arbeitsmittel sind wiederkehrende Prüfungen erforderlich. Dies gilt sowohl für ortsveränderliche als auch für ortsfeste Betriebsmittel. Diese sind vor der ersten Inbetriebnahme und nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme durch eine befähigte Person zu prüfen. Anhand einer Gefährdungsbeurteilung sind die Prüffristen für die Wiederholungsprüfungen festzulegen. Ferner enthält die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV V3 Richtwerte für die Prüfung unter normalen Betriebs- und Umgebungsbedingungen. Die Beurteilung der örtlichen Betriebs- und Umgebungsbedingungen obliegt der Elektrofachkraft und kann im Einzelfall zu anderen Prüffristen führen.

10 Betriebsgebäude und Außenanlagen

10.1 Grundlagen

Der Bau eines Betriebsgebäudes ist gemäß „Arbeitshilfe zu DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken“ [LUBW 2018.02] kein „Muss“, da die Anordnung der Anlagentechnik ebenso in einem Freiluftschrank erfolgen kann. Aus betrieblicher Sicht wird ein Betriebsgebäude jedoch für sinnvoll erachtet:

- Die Anlagentechnik kann in einem geschützten Raum mit guter Zugänglichkeit und ausreichend Platzverhältnissen (z. B. für Dokumentationsunterlagen/technische Dokumentationen, mobiles Notstromaggregat etc.) untergebracht werden.
- Die Lebensdauer einzelner Bauteile wird verlängert (ausgeglichener Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereich), z. B. für USV-Anlagen mit deren Batterien, Industrie-PC, Netzwerktechnik, Kontakte von Relais etc.
- Die Bedienung und Steuerung der Anlagentechnik über ein Prozessleitsystem mit Zugang zum Internet wird vereinfacht, da sie von einem PC-Arbeitsplatz erfolgen kann sowie Unterlagen ausgedruckt und dokumentiert werden können.
- Die Anordnung eines Festnetztelefons ist möglich.
- Ein Betriebsgebäude bietet einen sicheren, trockenen und beheizten Unterstand für den Betriebsbeauftragten und den Stauwärter während der Überwachung eines Einstauereignisses auch im Winter.
- Eine größere Platzvorhaltung für Nachrüstungen in den Schaltfeldern als bei Außenverteilern ist möglich.
- Es besteht ausreichend Platz für die Unterbringung von Ausrüstungsgegenständen und Werkzeugen.

Die Lage eines Betriebsgebäudes sollte aus Sicht der technischen Ausrüstung so angeordnet sein (z. B. auf dem Durchlassbauwerk, auf der Dammkrone, am Rand der Dammkrone), dass

- sich das Betriebsgebäude in einem überflutungssichereren Bereich (außerhalb vom max. Hochwasserstauziel) befindet,
- freie Sicht (z. B. Fenster) in den Einstauraum zur visuellen Überwachung ermöglicht wird,
- die Nähe zu anderen Bauwerken (Auslassbauwerk, Dole etc.) zwecks der Kabellängen und der daraus resultierenden Kabelquerschnitte gegeben ist,
- zur Kontrolle der Verschlüsse, des Einstaubereichs, des Abflussbereichs und der Mess- und Steuerpegel bei Einstauereignissen kurze Verkehrswege vorhanden sind.

10.2 Betriebsgebäude

Im Betriebsgebäude sollte ein Arbeitsplatz vorgesehen werden, von dem aus die gesamte Anlage zentral überwacht und gesteuert werden kann. Es wird empfohlen, den Arbeitsplatz mit einem ausreichend großen Tisch für Monitore, Tastatur, Drucker und Ablagemöglichkeiten einzurichten. Es sollte zudem eine ausreichende Anzahl an Sitzmöglichkeiten für das

Personal sowie Schränke und ein Rollcontainer für die Aufbewahrung von z. B. Dokumentationen oder anderweitigen Unterlagen vorgesehen werden. Bei der Anordnung des Arbeitsplatzes sind genügend Arbeits- und Bewegungsflächen, eine blendfreie Beleuchtung sowie ausreichend Steck- und Datendosen zu berücksichtigen. Zur Reduktion des Wartungsaufwands und der Betriebskosten sind energiesparende Techniken zu empfehlen. Im Betriebsgebäude sollten der technischen Ausstattung entsprechende Feuerlöscher vorhanden sein.



Abbildung 10.1: HRB Cappel Damm – Verschlussorgane, Betriebsgebäude [LUBW]



Abbildung 10.2: HRB Diehlheim-Baiertal – Rechen, Außenanlagen, Betriebsgebäude [LUBW]

Die Energieversorgung des Betriebsgebäudes ist über eine wasserdichte Hauseinführung durchzuführen. Die Kabel zu den technischen Bauwerken sind vorzugsweise in Leerrohren zu verlegen. Leerrohre dienen zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen sowie vor Witterungseinflüssen und zur Trennung von Starkstrom-, Strom-, Nachrichten-, Steuer- und Kommunikationskabeln. Innerhalb der Bauwerke sollten im gesamten Verlauf alle elektrischen Kabel geschützt im Leerrohr oder in Auf-Putz-Installation im Schutzrohr verlegt werden. Beschädigungen und unberechtigte Zugriffe Dritter können hierdurch verhindert werden. Bei größerer Anhäufung von Kabeln oder größeren Kabelquerschnitten sind entsprechende Kabeltragsysteme einzusetzen.

Betriebsgebäude sind zum Schutz der darin befindlichen Personen und der technischen Anlagen mit einem Blitz- und Überspannungsableiter auszurüsten [DIN EN 62305]. Durch eine Blitzschutz-Risikobewertung wird das Gefährdungspotenzial durch direkte und indirekte Blitzeinschläge bewertet. Als Resultat kann eine wirtschaftlich sinnvolle Auswahl von gezielten Schutzmaßnahmen zur Risikoreduzierung (Blitzschutzkonzept) – passend für die vorhandenen Gebäudeeigenschaften und die Art der Gebäudenutzung – getroffen werden. Die Blitzschutzanlage ist je nach Schutzklasse turngemäß zu prüfen.

Je nach Ausstattung der elektrischen Anlagen und Nutzung durch Personen sind für das Betriebsgebäude eine Dämmung, eine Heizung und eine Belüftung, ggf. Klimatisierung erforderlich. Dämmung inkl. Sonnenschutz bei den Fenstern verhindert im Sommer die Erwärmung und im Winter das Auskühlen. Im Betriebsgebäude ist eine thermostatgeregelte Frostwächterheizung vorzusehen, um die erforderlichen Mindestumgebungstemperaturen im Innenbereich nach DIN 61439-1 nicht zu unterschreiten. Minustemperaturen sind bei Einsatz von Batterien nicht zulässig. Bei Bedarf ist die Heizung so auszulegen, dass auch im Winter die längere Besetzung im Betriebsfall (Innentemperatur mind. 20 °C) möglich ist. Zur Vermeidung von Kondenswasser kann eine Belüftung erforderlich werden. Diese kann automatisiert über die SPS anhand der Temperatur- und Luftfeuchtwerte im Betriebsgebäude sowie im Außenbereich gesteuert werden. Sollte durch die Abwärme der Anlagen im Betriebsgebäude die maximale Raumtemperatur für den Betrieb der techni-

schen Ausrüstung (üblicherweise 30 °C) nicht eingehalten/überschritten werden, so ist ergänzend eine Klimatisierung des Gebäudes oder einzelner Räume vorzusehen.

10.3 Außenanlagen

Es wird empfohlen, eine Außenbeleuchtung für nächtliche Überwachungstätigkeiten vorzusehen:

- LED-Mastleuchten bei wichtigen Wegen und Treppen
- LED-Langfeldleuchten oder LED-Strahler zur Ausleuchtung der Antriebe und Verschlüsse/Klappen
- LED-Strahler bei den Web-Kameras (bei Bedarf auch Infrarotstrahler möglich, um eine verbesserte Nachtsicht vom Kamerabild zu ermöglichen)

Im Betriebsfall ist die Außenbeleuchtung durch das Betriebspersonal manuell einzuschalten. Ansonsten kann die Bauwerks- und Wegbeleuchtung nachts in der Regel ausgeschaltet sein. Die LED-Leuchtmittel sollten einen geringen Anteil an UV-Licht aufweisen, um die Lockwirkung auf Tiere zu reduzieren. Die Lichtfarbe sollte als warmweißes Licht ausgeführt werden.

Je nach Überwachungsbedarf kann zusätzlich sinnvoll sein:

- Außenverteiler mit Steckdose und Lichtschalter bzw. Handbedienteile für die Verschlüsse
- Web-Kameras mit Lichtwellenleiter für die Videobildübertragung
- abschließbare Reparaturschalter für alle elektrischen Verschlüsse und Motoren
- Zusatzbeleuchtung bei Steuerpegel

Es ist ausreichend Platz für Außenarbeiten wie z. B. der Treibholzentnahme und bei Revision vorzusehen. Gegebenenfalls sind Stellplätze und Abschränkungen erforderlich.

10.4 Vandalismus

Das Betriebsgebäude und die Außenanlagen sollten gegen Vandalismus geschützt werden. Beim Gebäude sind entsprechende einbruchsichere Türen und Fenster vorzusehen. Betriebsmittel sollten immer außerhalb vom direkten Handbereich angeordnet oder mit einem Schutzgehäuse versehen werden. Bewegungsmelder mit Aktivierung der Außenbeleuchtung und ggf. Kameraüberwachung mit Warnschildern „Stauanlage videoüberwacht“ schrecken ab und vermindern die Anonymität in der Dunkelheit. Zum Schutz vor unbefugter Bedienung sind die Steuerelemente der Verschlüsse über Schlüsselverriegelungen oder abschließbare Gehäuse abzusichern. Ein 100%iger Schutz vor mutwilliger Zerstörung kann jedoch nicht gewährleistet werden.

11 Überprüfung und Unterhalt der Anlagen im Betrieb

Zur Feststellung und Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustands sowie für den Erhalt der Betriebssicherheit der stahlwasserbaulichen Anlagen müssen regel- und planmäßige Kontrollen sowie Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden. Der ordnungsgemäße Betrieb und die Instandhaltung liegen im Verantwortungsbereich des Betreibers. Die Einsatzfähigkeit und Werterhaltung der Anlage hängen wesentlich von einem vorschriftsmäßigen Betrieb und einer sachkundigen Wartung ab.

Zusätzlich zu der übergeordneten Betriebsvorschrift der Gesamtanlage gemäß DIN 19700 ist vom Betreiber eine gesonderte Betriebsvorschrift für die stahlwasserbaulichen Anlagenteile zu erstellen, die entsprechend DVWK-Merkblatt 249/1998 „Betrieb von Verschlüssen im Stahlwasserbau“ aus folgenden Teilen bestehen sollte:

- Anlagendokumentation
- Bedienungs- und Wartungsanweisungen des Herstellers
- Verhaltensregeln im Gefahrenfall
- Stauziel- und Abflussregelungsvorschrift
- Betriebstagebuch
- Anweisungen zur Inspektion und Instandsetzung

Die wichtigsten Hinweise und Regelungen zur Überprüfung und Unterhaltung der Anlagen werden sehr umfangreich und detailliert in den beiden nachfolgend genannten Dokumenten behandelt und werden daher an dieser Stelle nicht nochmals aufgeführt. Es empfiehlt sich dringend, die dort genannten Hinweise und Empfehlungen zu berücksichtigen.

- DWA-Themen/„Dokumente für kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken“/Handreichung für Betreiber, ergänzend zu Merkblatt DWA-M 522/Juli 2019
- DVWK-Merkblatt 249/1998 „Betrieb von Verschlüssen im Stahlwasserbau“/ATV-DVWK-Regelwerk 1/2001

12 Regelwerke, Merkblätter und Literatur

In diesem Kapitel wird stichpunktartig aufgelistet, in welchen DIN- und DIN EN-Normen die für den Stahlwasserbau wichtigsten Vorgaben und Regelungen definiert werden. Zusätzlich werden die für den Stahlwasserbau wichtigsten Merkblätter und Richtlinien benannt sowie Hinweise auf empfehlenswerte Fachliteratur gegeben.

12.1 DIN- und DIN EN-Normen

DIN 19704 „Stahlwasserbauten“ (2014-11)

- Teil 1: Berechnungsgrundlagen
- Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung
- Teil 3: Elektrische Ausrüstung

DIN EN 1993 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ (2010-12) mit den Teilen 1-1 bis 1-12

DIN EN 1090 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“

- Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile (2012-02)
- Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken (2011-10)

DIN 19700 „Stauanlagen“

- Teil 10: Gemeinsame Festlegungen (2004-07)
- Teil 11: Talsperren (2004-07)
- Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken (2004-07)
- Teil 13: Staustufen (2019-06)

DIN EN ISO 5817 „Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten“ (2014-06)

DIN EN ISO 10675-1 „Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Teil 1: Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen“ (2017-04)

DIN EN ISO 12944 „Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“

- Teil 1: Allgemeine Einleitung (1998-07)
- Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (1998-07)
- Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung (1998-07)
- Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (1998-07)
- Teil 5: Beschichtungssysteme (2008-01)
- Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (1998-07)
- Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandhaltung (1998-07)

DIN EN ISO 14713 „Zinküberzüge – Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen“

- Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit (2010-05)
- Teil 2: Feuerverzinken (2010-05)
- Teil 3: Sherardisieren (2010-05)

DIN 31051 „Grundlagen der Instandhaltung“ (2019-06)

DIN 19661-1 „Wasserbauwerke“

Teil 1: Kreuzungsbauwerke, Durchleitungs- und Mündungsbauwerke (1998-07)

DIN VDE 0100-100 „Errichten von Niederspannungsanlagen“

Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale (2009-06)

DIN VDE 0100-551 „Errichten von Niederspannungsanlagen“

Teil 5-55: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Andere Betriebsmittel – Abschnitt 551: Niederspannungsstromerzeugungseinrichtungen (2017-02)

DIN VDE 0100-718 „Errichten von Niederspannungsanlagen“

Teil 7-718: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Öffentliche Einrichtungen und Arbeitsstätten (2014-06)

DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“

Teil 100: Allgemeine Festlegungen (2015-10)

DIN VDE 0701-0702 „Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte“

Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit (2008-06)

DIN EN 61439-1 „Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen“

Teil 1: Allgemeine Festlegungen (2012-06)

DIN 18014 „Fundamententwurf – Planung, Ausführung und Dokumentation“ (2014-03)

DIN EN 62305 „Blitzschutz“

Teil 1: Allgemeine Grundsätze (2011-10)

Teil 2: Risiko-Management (2013-02)

Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (2011-10)

Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (2011-10)

12.2 Merkblätter und Richtlinien

BAW „Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme für den Stahlwasserbau“ (Stand Juli 2007)

BAW Merkblatt „Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB)“ (Ausgabe 2011)

BAW Merkblatt „Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau (MNIS)“ (September 2012)

BAW Merkblatt „Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (MKKS)“ (September 2015)

BAW Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Verschlüsse im Stahlwasserbau“ (Ausgabe 2018)

BAW „Liste der zugelassenen Systeme I (für Binnengewässer, Im 1)“ (Stand Dezember 2018)

DVWK-Merkblatt 216 „Betrachtungen zur (n-1)-Bedingung an Wehren“ (1990)

DVWK-Merkblatt 202 „Hochwasserrückhaltebecken“ (1991)

DVWK-Merkblatt 241 „Modernisierung von Wehren“ (1996)

DVWK-Merkblatt 249 „Betrieb von Verschlüssen im Stahlwasserbau“ (1998)

DWA-Merkblatt DWA-M 522 „Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken“ (Mai 2015)

DWA-Themen „Dokumente für kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken“ (Juli 2018)/Handreichung für Betreiber, ergänzend zu Merkblatt DWA-M 522

Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. PAK-haltigen Altanstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV (Stand 26.01.2007)/Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

LUBW 2016 a – Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg – Arbeitshilfe für die praktische Durchführung, Karlsruhe (<https://pd.lubw.de/20276>)

LUBW 2016 b – Erdbebensicherheit von Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren – Kompendium für Betreiber und Wasserbehörden, Karlsruhe

LUBW 2007 – Arbeitshilfe DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg, Karlsruhe

Merkblatt "Kontrollprüfungen bei Stahlwasserbauten (MeKS)" (Ausgabe 2018)/Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

ZTV-W Leistungsbereich 216/1 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau für Stahlwasserbauten“ (Ausgabe 2015)

ZTV-W Leistungsbereich 216/2 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau für die Elektrische Ausrüstung von Stahlwasserbauten“ (Ausgabe 2014)

ZTV-W Leistungsbereich 218 „Korrosionsschutz im Stahlwasserbau“ (Ausgabe 2009)

12.3 Fachliteratur

Erbisti, P. C. F.: Design of Hydraulic Gates, CRC Press, Boca Raton 2014, ISBN: 978-0-415-65939-0

Giesecke, J. & E. Mosonyi: Wasserkraftanlagen – Planung, Bau und Betrieb, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2009, ISBN 13: 978-3-540-25505-5

- LUBW (Hrsg.): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern – Teil 3 Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 2006, ISBN 978-3-88251-315-8 [LUBW 2006.12]
- LUBW (Hrsg.): Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren – Bauwerkstypen und Übersicht, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 2008, ISBN 978-3-88251-335-6 [LUBW 2008.10]
- LUBW/WBWF (Hrsg.): Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg – Verantwortung der Betreiber und Zuständigkeiten der Wasserbehörden, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg & WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH, Karlsruhe 2016 [WBWF/LUBW 2016.10]
- Schmaußer, G., Nölke, H. & E. Herz: Stahlwasserbauten. Kommentar zu DIN 19704, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin 2000, ISBN: 3-433-01321-7
- Stahlbau Kalender 2019, Verlag Ernst & Sohn, ISBN-13: 978-3433032664
- Stahlschlüssel 25. Auflage 2019, Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, ISBN-13: 978-3-922599-36-4
- Strobl, T. & F. Zunic: Wasserbau – Aktuelle Grundlagen – Neue Entwicklungen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006, ISBN 13: 978-3-540-22300-9
- Wickert, G. & G. Schmaußer: Stahlwasserbau – Theorie, Konstruktive Lösungen, Spezielle Probleme, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1971, ISBN; 978-3-662-13037-7
- Zander, C.: Antriebstechnik für den Stahlwasserbau, Vulkan-Verlag GmbH, Essen 2012, ISBN: 978-3-8027-2213-4

Anhang 1: Wasserstandsmesstechnik

Im Folgenden werden die Messsysteme mit ihrer Funktion sowie den Vor- und Nachteilen beschrieben. Eine ausführliche Beschreibung der Messsysteme kann in der Fachliteratur, z. B. den Pegelvorschriften, nachgelesen werden.

Radarsensoren

Radarsensoren werden oberhalb des Gewässers angeordnet und messen kontinuierlich und berührungslos über Radar-Impulse, die von der Wasseroberfläche reflektiert werden. Es sollten nur Radarsensoren nach dem neusten Stand der Technik mit einem geringen Austrittswinkel und hochfrequenten Radar-Impulsen vorgesehen werden. Der Messbereich erstreckt sich von der Austrittsöffnung des Radarsensors bis zu der reflektierenden Fläche (hier Wasserspiegel). Personen, die sich im Messbereich des Sensors aufhalten, werden nicht erfasst, was Fehlmessungen verhindert.

Vorteile sind:

- nahezu wartungsfreie und genaue Messung
- kann bei Flüssigkeiten sowie bei Turbulenzen und Schaum eingesetzt werden
- Messung unabhängig von Dichte, Temperatur, Leitfähigkeit und Feuchtigkeit
- Impuls wird durch Dämpfe über der Flüssigkeit nicht beeinflusst.
- Störeinflüsse im Radar-Impulsbereich können mittels Parametrierung meist ausgeblendet werden, um Störmeldungen zu reduzieren.

Nachteile sind:

- Messergebnis wird verfälscht, wenn das Gerinne z. B. in den Wintermonaten mit Eis zugefroren oder mit Schnee bedeckt ist.
- Austrittstrichter ist von Verschmutzungen regelmäßig zu säubern.

Ultraschallsensoren

Ultraschallsensoren werden oberhalb des Gewässers angeordnet und messen kontinuierlich und berührungslos über Ultraschall-Impulse, die von Flüssigkeiten in Behältern/Rohrleitungen oder im Gewässer reflektiert werden. Aufgrund der Nachteile wird die Messtechnik bei Stauanlagen üblicherweise nicht eingesetzt.

Vorteile sind:

- nahezu wartungsfreie und genaue Messung
- kann bei Flüssigkeiten sowie bei Turbulenzen und Schaum eingesetzt werden

Nachteile sind:

- Die Ultraschall-Impulse sind wetter- und temperaturabhängig und somit für den Einsatz im Freien nicht direkt geeignet.
- Fehlmessungen bei Eis und Schnee
- Bei geringeren Messentfernungen können Fehlmessungen entstehen.
- Austrittstrichter ist von Verschmutzungen regelmäßig zu säubern.

Drucksonden

Drucksonden werden im Gewässer angeordnet und messen kontinuierlich den hydrostatischen Druck der Wassersäule mittels einer Keramikmesszelle.

Vorteile sind:

- Sonden können in Rohre oder Bohrlöcher mit geringem Durchmesser eingebaut werden.
- Messungen an Gewässern, die nicht permanent Wasser führen (mit geeignetem Messsondenschutz möglich)
- Einsatz auch bei Gewässern, die zeitweise vereisen

Nachteil ist:

- höherer Wartungsaufwand zur Reinigung z. B. aufgrund von Verlandungen oder Treibgut

Einperlsensor

Einperlsensoren bestehen aus einer Druckluftversorgung (Kompressor oder Gasflasche) sowie aus einer Druckmessung im Betriebsgebäude bzw. einem Außenschrank und aus einem Ausperler im Gewässer. Dieser ist mittels Druckluftschlauch mit den Anlagen im Betriebsgebäude verbunden. Die Messung erfolgt mittels der Druckdifferenz zwischen der Druckluftversorgung und dem Gegendruck der Wassersäule. Einperlsensoren dienen hauptsächlich für kontinuierliche Messungen von Flüssen, Bächen, Kanälen und Seen sowie in stehenden Gewässern, die zeitweise vereisen.

Vorteile sind:

- genaue Wasserstandsmessung
- Auswerteeinheit des Sensors ist in einem Betriebsgebäude oder Außenverteiler untergebracht (keine sichtbaren Betriebsmittel im oder am Wasser).
- Messtechnik ist auch für den Einsatz in blitzschlaggefährdeten Gebieten geeignet.

Nachteile sind:

- hoher Wartungsaufwand z. B. aufgrund von Verlandungen und Treibgut
- Verlegung der Druckleitung von der Auswerteeinheit bis zur Messstelle (Druckleitung mit stetigem Gefälle, es darf kein Luftsack entstehen) ist schwierig.

Konduktivmessung

Konduktivmessungen bestehen aus einem Auswertekopf und zwei oder mehr Sensorstäben, die bei Berührung mit Flüssigkeiten einen geänderten elektrischen Widerstand oder eine geänderte Resonanzfrequenz erfassen, auswerten und in ein elektrisches Schaltsignal umwandeln. Konduktivmessungen dienen hauptsächlich der Leitfähigkeit als Grenzmeldungen wie z. B. einer Voll- oder Leermeldung. Die Messmethode erfolgt kontinuierlich als Signal.

Vorteil ist:

- nahezu wartungsfreie und genaue Signalisierung des Grenzwertes

Nachteile sind:

- Es stehen nur Signale als Zustand und keine Messwerte zur Verfügung.
- die Platzierung des Sensors, da nur die Messstäbe die entsprechenden Grenzwerte signalisieren können

Schwimmerpegel

Schwimmerpegelmessungen erfolgen in einem mit dem Beckenbereich verbundenen Schachtbauwerk (Funktionsprinzip kommunizierende Gefäße). Im Schacht hängt der Schwimmkörper an einem Seil mit ausgleichendem Gegengewicht an einem Rad. Steigt oder fällt das Wasser im Becken und damit auch im Schacht, ändert sich die Höhe des Schwimmers und somit der Wasserstand.

Vorteil ist:

- einfaches Messprinzip

Nachteil ist:

- Verklausungen und Wellenschlag müssen vermieden werden.

Kostenbeurteilung der Messsysteme

Die Anschaffungskosten der verschiedenen Messtechniken sind unterschiedlich hoch. Bei der Auswahl der Messsysteme sind die örtlichen Gegebenheiten wie der Montageort sowie die Wichtigkeit des zu messenden Wasserstands zu berücksichtigen, z. B. einfache Messsysteme für untergeordnete Pegel.

- Radarsonde – mittleres Preissegment
- Ultraschallsensor – mittleres Preissegment (etwas kostengünstiger als Radarsensoren)
- Drucksonde – unteres Preissegment
- Einperlsensor – oberstes Preissegment
- Konduktivmessung – kostengünstige Anschaffung
- Schwimmerpegel – mittleres bis hohes Preissegment (Schachtbauwerk erforderlich)

Anhang 2: Muster für Checkliste Abnahme technische Ausrüstung (anwendbar für Bauherren, Auftraggeber etc.)

Mit der Abnahme der technischen Ausrüstung endet die Ausführungsphase. Das Bauvorhaben geht mit allen Rechten und Pflichten an den Bauherrn über. Es ist daher besonders wichtig, dass alle Mängel in einem formellen Protokoll festgehalten und vertragsgerecht geregelt werden.

Zur besseren Vorbereitung und Durchführung der eigentlichen Abnahmeprozedur ist die „Checkliste Abnahme technische Ausrüstung“ mit „Ja“ oder „Nein“ zu beantworten. Alle Antworten mit „Nein“ bedürfen abschließend einer genaueren Überprüfung im Zusammenwirken der Teilnehmer der Abnahme (Vertragspartner)

Vorbereitung auf die Abnahme	Ja	Nein
Ist die Abnahme mit dem Architekten/Fachingenieur oder der Fachbauleitung vorbereitet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind alle behördlichen Kontrollen und Abnahmen erfolgt (Liste der Protokolle)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existiert bereits eine Mängelliste, die gemeinsam mit dem Auftragnehmer der technischen Ausrüstung durch den Objektplaner/Fachingenieur oder der Fachbauleitung erstellt worden ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wurden bereits bekannte/angemeldete Mängel behoben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind alle Komponenten laut Ausschreibung vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entspricht die Spezifikation (Hersteller, Typ, Größe) aller Komponenten dem Angebot?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind alle Abnahmen wie z. B. eines vereidigten Sachverständigen (TÜV, Dekra etc.) erfolgt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges? (falls ja, separat dokumentieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kontrolle von außen	Ja	Nein
Wurden sämtliche Leistungen auf Vollständigkeit, Funktionalität bzw. auf Mängel überprüft? (falls ja, separat dokumentieren, welcher Ausrüstungsbestandteil)		
Messtechnik (Radarsonde/Drucksonde/Einperler etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mastleuchten/Strahler/Langfeldleuchten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Äußerer Blitzschutz/Erdung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Signalisierung bei Schieberbewegung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Außenverteiler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mast/Kragarm/Ausleger (Arretierung, Verzinkung etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kamera/Schwenk-Neige-Kamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Niederschlagsmessung/Wetterstation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (falls ja, separat dokumentieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kontrolle von innen	Ja	Nein
Wurden sämtliche Leistungen auf Vollständigkeit, Funktionalität bzw. auf Mängel überprüft?		
Stromversorgung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beleuchtungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steck-/Datendosen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wetterstation (Niederschlagsmessung, Wetterdaten etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heizung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klimatisierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Be- und Entlüftung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stromkreise mit Beschriftungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steuerung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessleitsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verschlüsse/Antriebe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Videokamerabilder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdung/Potentialausgleich (Prüfprotokolle)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (falls ja, separat dokumentieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Funktionieren sämtliche installierte Anlagen und Betriebsmittel störungsfrei?	Ja	Nein
Netzversorgung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
USV-Versorgung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Netzersatzversorgung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Überspannungsschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alle Kabel und Leitungen auf Klemmen aufgelegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beleuchtungen Decke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beleuchtung Außenfassade mit Bewegungsmelder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handnotleuchte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitssteckdosen 230 V/400 V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steck-/Datendosen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EDV-Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wetterstation (Niederschlag, Luftdruck, Luftleuchte, Windgeschwindigkeit, Temperatur)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Türsprechanlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heizung mit Regelung und Thermostat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klimatisierung mit Regelung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abluftventilator mit Regelung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einbruchüberwachung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Telefon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (falls ja, separat dokumentieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vorsicht: Schwachstellen	Ja	Nein
Beschriftung aller Kabel und Leitungen an Anfang und Ende	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beschriftung der Betriebsmittel mit der Stromkreisnummer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Messprotokolle Erdungsanlage und Stromkreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programmierung der Steuerung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programmierung der Stör- und Betriebsmeldungen (Telefonwählgerät/Störmeldeanzeige)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (falls ja, separat dokumentieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wartung – Pflege – Dokumentation – Gewährleistung – Sonstiges	Ja	Nein
Sämtliche Revisionsunterlagen liegen vor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instandhaltungsvertrag beauftragt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schulung des Personals erfolgt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (falls ja, separat dokumentieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Unterzeichnung des Protokolls	Ja	Nein
Zum Abschluss der Abnahme wird das gemeinsame Abnahmeprotokoll von den Teilnehmern der Abnahme unterzeichnet:		
Sind alle Teilnehmer aufgeführt und ist das korrekte Datum eingetragen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind alle Mängel aufgeführt und anerkannt worden und mit Terminen für die Beseitigung versehen (werden Mängel nicht beseitigt – Zurückbehaltungsrecht – Ersatzvornahme)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gibt es Vorbehalte für Gewährleistungsrechte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind Punkte offen oder streitig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gibt es Ansprüche auf Geltendmachung einer Vertragsstrafe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (falls ja, separat dokumentieren)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Beachte: Von Teilabnahmen einzelner Gewerke, also Leistungen einzelner Handwerker, ist dringend abzuraten, da vom Zeitpunkt der Abnahme an die Gewährleistungszeit beginnt und die Zwischenabnahmen zu erheblichen Rechtsnachteilen für den Bauherrn führen können. Aus diesem Grund sollten Sie darauf achten, nur rechtsgeschäftliche Abnahmen, sogenannte technische Abnahmen, nach jeder gewerkespezifischen Fertigstellung vorzunehmen.

Anhang 3: ausgefüllte Arbeitskarte für Wartung-/Instandhaltungsarbeiten

Arbeitskarte für Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten		Blatt 1/ _____
Objekt:		
Kunde:		
Anlagenteil:		

Nr.	Tätigkeit	Quartal				Bemerkung
		1.	2.	3.	4.	
1.	Sichtprüfung der Gesamtanlage auf mechanische Beschädigungen (Betriebsgebäude, Außenbauwerke)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.	Prüfen auf Korrosion der Betriebsmittel und der Befestigungen/Halterungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3.	Prüfung aller Kabelklemmverbindungen in den Verteilungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4.	Prüfen aller RCD-Schutzgeräte in den Verteilungen auf Auflösung (Prüfaste)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5.	Prüfen aller Schutzorgane in den Verteilungen (Motor- und Trafoschutzschalter, Sicherungen, Unterspannungsrelais etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6.	Prüfen aller Versorgungsspannungen (24V/230V/400 V) (Netz-/USV-/Netzersatzbetrieb)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7.	Prüfen und Abgleichen aller LCD-Anzeigegeräte auf den Handbedienebenen mit dem IST-Zustand und dem Prozessleitsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8.	Prüfen aller Bedienelemente und Kontrollleuchten auf den Handbedienebenen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9.	Prüfen und Abgleichen aller Messgeräte für die Füllstandsmessung mit dem IST-Zustand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10.	Prüfen und Abgleichen aller Wegegeber (4-20mA Signal), aller Endlagenschalter und der Drehmomentschalter der Schieber/Schütze/Drucksegmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11.	Funktionsprüfung der Elektroinstallation wie Heizung, Klimatisierung, Beleuchtung, Bewegungsmelder, Steckdosen, Lüfter mit Lüfterregelung, Temperatur- und Feuchtefühler, Handnotleuchte etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12.	Funktionsprüfung der Einbruchüberwachung (Türüberwachung, Fensterüberwachung, Bewegungsmelder etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13.	Funktionsprüfung und Abgleich der Niederschlagsmessung/Wetterstation mit dem IST-Zustand und dem Prozessleitsystem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
Datum:				
Name:				
Unterschrift:				

Bemerkungen:

Arbeitskarte für Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten		Blatt 2/ _____
Objekt:		
Kunde:		
Anlagenteil:		

Nr.	Tätigkeit	Quartal	1.	2.	3.	4.	Bemerkung
14.	Funktionsprüfung der Web-Kameras/Schwenk-Neige-Funktion		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15.	Funktionsprüfung der Datenspeicherung aller Web-Kameras im Ringspeicher		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16.	Funktionsprüfung USV-Anlage mit automatischer Übernahme der Energieversorgung bei Stromausfall (Wandlerbetrieb und Bypassbetrieb)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17.	Prüfung der Autonomiezeit der USV-Anlage im Wandlerbetrieb		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18.	Funktionsprüfung der Telefonanlage und der Telefone		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19.	Funktionsprüfung vom automatischen Wähl- und Ansagegerät (AWAG) inkl. aller hinterlegten Alarmierungen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20.	Funktionsprüfung mobiles Notstromaggregat mit Notstromeinspeisung Testlauf von 60 Min. unter Last)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21.	Funktionsprüfung stationäre Netzersatzanlage mit automatischer Umschaltung auf NEA-Betrieb (Testlauf von 60 Min. unter Last), Batteriekapazität		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22.	Austausch der Schmieröle und Filtersysteme nach Betriebsstunden/Alter gemäß Herstellerangaben		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23.	Funktionsprüfung aller Funktionen der automatischen Steuerung inkl. automatischer Zu- und Abluftlamellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24.	Laborprobe des Kraftstoffs der Tanks auf Produktqualität nach DIN 51603-1 für z. B. Heizöl EL		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25.	Funktionsprüfung des automatischen Wiederanlaufens des Gesamtsystems nach Netzausfall und Netzwiederkehr		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26.	Prüfung der SPS, Bedienstation, Server, Netzwerkfestplatten, Switches, Router, Netzwerktechnik etc. auf thermische und mechanische Schäden		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27.	Funktionsprüfung der Monitore/Panels, Tastatur, Maus, Lautsprecher, KVM-Switches, Drucker etc. auf Funktion		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28.	Prüfen der Betriebs- und Störmeldungen im Störmeldearchiv bis zur letzten Wartung auf Auffälligkeiten und Plausibilität der Meldungen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
Datum:				
Name:				
Unterschrift:				

Bemerkungen:

Arbeitskarte für Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten		Blatt 3/ _____
Objekt:		
Kunde:		
Anlagenteil:		

Nr.	Tätigkeit	Quartal	1.	2.	3.	4.	Bemerkung
29.	Funktionsprüfung der Störmeldeanzeigen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30.	Funktionsprüfung der Datenübertragung z. B. zur Zentrale, Steuerpegel etc.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31.	Funktionsprüfung vom lokalen Prozessleitsystem auf Funktion, Aktualität, Änderungen etc.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32.	Funktionsprüfung der Datenspeicherung im Prozessleitsystem		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33.	Funktionsprüfung der automatischen Archivierung auf externen Datenspeicher vom Prozessleitsystem		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34.	Aktualisierung aller neu verfügbaren Softwareupdates wie z. B. Windows, Prozessleitsystem, Router etc.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35.	Funktionsprüfung aller automatischen Abläufe, die die SPS steuert/regelt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36.	Abgleich aller Steuerungsparameter im Prozessleitsystem mit dem SOLL-Zustand aus der Betriebsordnung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37.	Funktionsprüfung aller Steuerungsparameter: Normalprogramm, Hochwasserprogramm, überplanmäßiger Betrieb		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38.	Reinigen aller Anlagen und Betriebsmittel im Betriebsgebäude		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39.	Reinigung aller Außenleuchten, Web-Kameras, Messeinrichtungen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40.	Funktionskontrolle aller Feststell- und Schwenkeinrichtungen von Masten etc.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41.	Funktionsprüfung der Betriebsmittel gemäß Herstellerangaben		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
42.	Prüfen auf Dichtigkeit der Hauseinführungen/Kabeldurchführungen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
43.	Über <u>jede</u> Prüfung ist ein Prüfbericht zu erstellen		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
44.	Prüfen der Dichtigkeit aller Hauseinführungen/Ringraumdichtungen etc.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
45.	Prüfen der Reparaturschalter für elektrische Verschlüsse/Motoren		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
46.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
Datum:				
Name:				
Unterschrift:				

Bemerkungen:

Arbeitskarte für Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten		Blatt 1/ _____
Objekt:		
Kunde:		
Anlagenteil:		

Nr.	Tätigkeit	Jahr	1.	2.	3.	Bemerkung
1.	Sichtprüfung der Blitzschutzanlage wie Blitz- und Überspannungsableiter		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.	Sichtprüfung des Gesamtsystems des äußeren und innen Blitzschutzes auf ordnungsgemäßen Gesamtzustand		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.	Prüfen, ob lose Verbindungen und Unterbrechungen der Leitungen des Blitzschutzsystems vorhanden sind		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.	Prüfen, ob alle Erdungsanschlüsse (soweit sichtbar) in Ordnung sind		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	Prüfen, ob Beschädigungen oder Auslösen von Blitz- und Überspannungsschutzgeräten vorliegen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.	Prüfen, ob Potentialausgleichverbindungen innerhalb der baulichen Anlage vorhanden und intakt sind		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.	Prüfen, ob alle Leitungen und Systembauteile ordnungsgemäß befestigt sind, und Teile, die eine mechanische Schutzfunktion haben, funktionstüchtig sind		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8.	Über <u>jede</u> Prüfung ist ein Prüfbericht zu erstellen, der in den technischen Unterlagen abgelegt werden muss		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9.	<u>Kontrolle:</u> Die technischen Unterlagen sind auf Vollständigkeit und Übereinstimmung mit den Normen zu prüfen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10.	Prüfen der Blitzschutzanlagen nach DIN EN 62305-3, Beiblatt 3 (Prüfung umfasst die Kontrolle der technischen Unterlagen, das Besichtigen und das Messen)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11.	Prüfung sämtlicher ortsveränderlicher Betriebsmittel nach DGUV V3 (BGV A3) „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ – Bürobetriebe (Text- und Datenverarbeitungsgeräte)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12.	Prüfung sämtlicher ortsfester Betriebsmittel nach DGUV V3 (BGV A3) „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
Datum:			
Name:			
Unterschrift:			

Bemerkungen:
Die Prüfintervalle sind projektbezogen festzulegen.

