

Korrosionsschutzgerecht Konstruieren

Autor(en): **Streuli, Lothar J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **70 (1978)**

Heft 10

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941091>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

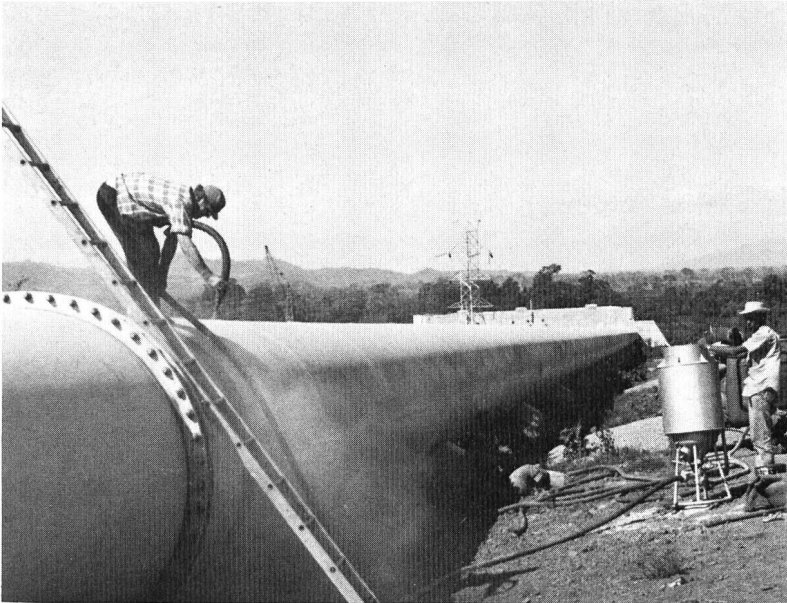


Bild 2, links. Schäden in der Nähe der Schweissverbindungen haben als Ursache oft die mangelnde Abdeckung der angrenzenden fertigen Beschichtung . . .



Bild 3, rechts. . . . oder aber die weit über die Schweissnaht reichende Zerstörung des Bindemittels durch die Aufwärmung des Rohrschusses vor der Fertigstellung der Schweissnaht.

Korrosionsschutzgerecht Konstruieren

Lothar J. Streuli¹⁾

Vorwort

Im Rahmen einer wirtschaftlichen, dem neuesten Stand der Technik angepassten Ausführung von (Stahl-)Wasserbauten ist der Korrosionsschutz für die konstruktive Gestaltung des Bauwerkes ebenso mitbestimmend wie Vorschriften über das Tragwerk und seine Beanspruchung. *Zielsetzung* ist eine flächenarme, äusserlich einfache, ruhige und unterhaltsarme Konstruktion.

Der Verfasser stellt das zu entwerfende Objekt in Form eines *Bi-Tetraeders* (Bild 10) in den Raum und veranschaulicht daran die das Objekt umgebenden Einflussfaktoren. Die Summe aller Einflussfaktoren wird als korrosionsschutztechnisches Anforderungsprofil für die Gestaltung des Bauwerkes bezeichnet. Die endgültige Gestalt des Bau-

werkes wird von den das Tragwerk umgebenden Einflussfaktoren geprägt.

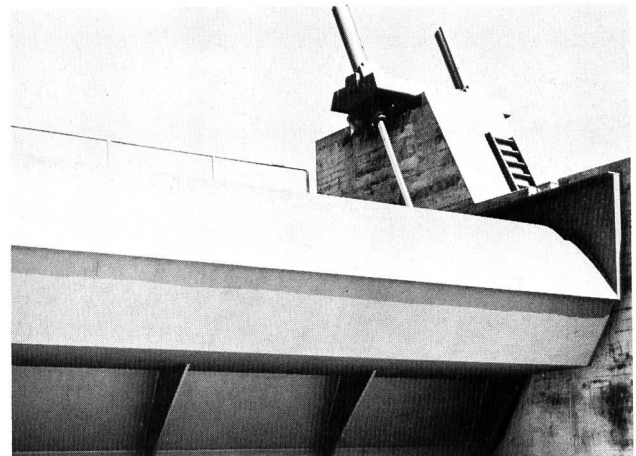
Vom projektierenden Ingenieur wird ein erhebliches Mass an vorausschauendem Denken für korrosionsschutzgerechtes Konstruieren verlangt. Solches Denken fordert eingehende Fachkenntnisse, gestalterisches Können sowie das frühzeitige Erkennen der die Konstruktion mitbeeinflussenden Ausführungsmerkmale.

¹⁾ Überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten anlässlich der «Internationalen Fachtagung Korrosionsschutz im Stahlwasserbau» vom 2. und 3. März 1978 in Muttensz. Diese Tagung wurde vom Südwestdeutschen und vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband durchgeführt.

Bild 1. Stauklappe für das Stauwehr Thun im Korrosionsschutzwerk, 1960.



Bild 2. Elektrizitätswerk der Stadt Aarau, Stauwehr mit vier Öffnungen. Lichte Weite 20 m, Stauhöhe 2,68 m, Segmentschütze auf Zug, Baujahr 1962/63.



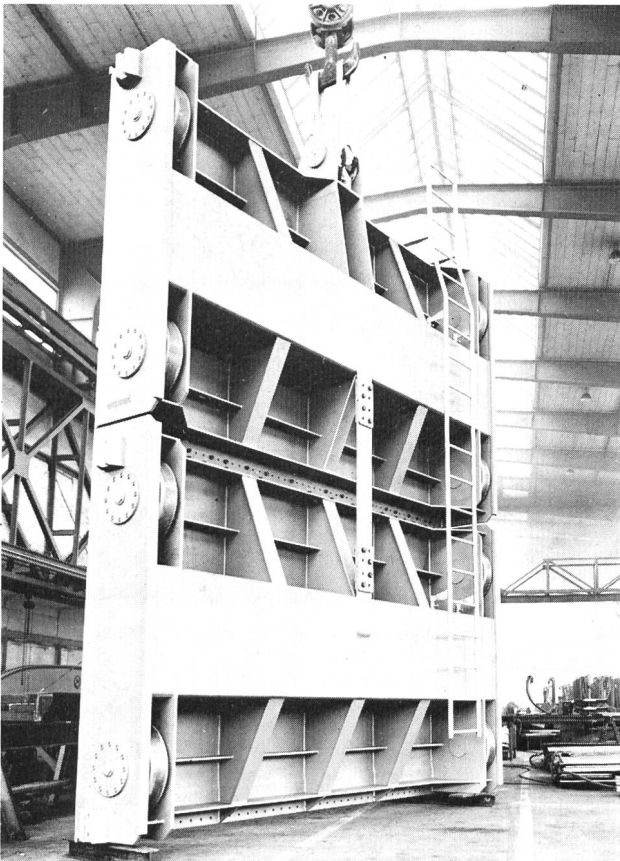


Bild 3. Kraftwerk Bärenburg-Sils. Rollschütze für den Einlauf zum Druckstollen, Werkaufnahme 1959.

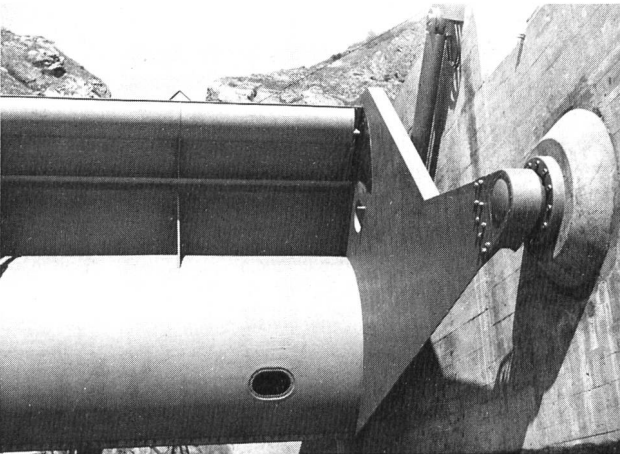
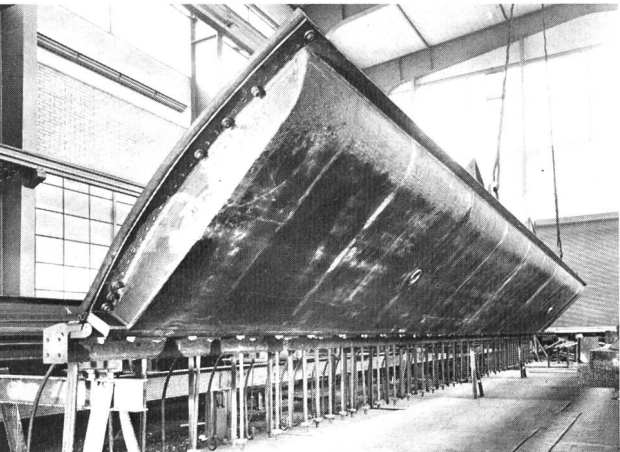


Bild 4. Ausgleichbecken Ardon der Lizerne et Morge S.A. Segmentklappenschütze, 1958.

Bild 5. Wasserfassung Isenthal der Elektrizitätswerk Altorf AG. Stauklappe, 1956.



«Die neugeschöpfte technische Welt bestraft auch den, dessen einziges Verbrechen es ist, die konstruktiven Anforderungen an den Korrosionsschutz nicht zu kennen.»

Abwandlung eines Zitates von Norbert Wiener, Mathematiker, Physiker, Kybernetiker.

1. Einleitung

Es sind die Folgen der *Schlechterfüllung* im Wasserbau, welche es nötig machen, dass der *Konstrukteur* die Anforderungskriterien an eine korrosionsgerechte Konstruktion genau kennt und im voraus darüber Rechenschaft ablegt — Rechenschaft gegenüber sich und gegenüber seinem Bauherrn. Der Konstrukteur, der projektierende Ingenieur, nimmt von Anfang an im Rahmen der Gesamtleistung eine verantwortungsvolle Stellung zwischen Bauherr und Applikateur ein.

Nicht umsonst und mit Recht gilt der in dieser Sparte bekannte Spruch «Der Korrosionsschutz beginnt am Reissbrett». Es hat sich in manchen Fällen nicht der eben gerade noch mögliche Korrosionsschutz nach der vorhandenen Konstruktion zu richten, sondern es muss von Fall zu Fall geprüft werden, inwieweit die Konstruktion den vorgängig festzulegenden Korrosionsschutzanforderungen entsprechend und zweckmässig auszulegen ist. Mit anderen Worten: *Um ein wirtschaftliches Ganzes zu erreichen, ist der Korrosionsschutz für die Gestaltung der Konstruktion ebenso mitbestimmend wie andere zu beachtende Vorschriften über das Tragwerk und seine zulässige Beanspruchung.*

Vom Applikateur darf nicht erwartet werden, dass er alles gegen Korrosion schützt, was ihm zugemutet wird.

Nicht zuletzt wird die frühzeitige Abklärung und Festlegung des zweckmässigen Korrosionsschutzes mithelfen, die Gestalt jeder Konstruktion zu prägen. Falls die Lösung dieser Aufgabe, die im Interesse des Bauherrn liegt, vom Konstrukteur richtig aufgefasst und verstanden wird, wird ihn die Betrachtung und Mitberücksichtigung dieser zusätzlichen Anforderungen an den Korrosionsschutz in Richtung einer flächenarmen, äusserlich möglichst einfachen und gleichzeitig ruhigen, unterhaltsarmen Konstruktion führen. Damit sind schon wesentliche, an die Konstruktion zu stellende Gestaltungsansprüche ausgesagt (Bilder 1 bis 6).

Der Ingenieur hüte sich, unter Korrosionsschutz eine Art oder Form nicht nutzbringender Kosmetik zu verstehen, die eben im nachhinein noch anzubringen sei. Wengleich hier wie dort die Vorbereitungen zu einem dauerhaften «Auftrag» der nachfolgenden Mittel — in unserem Falle des Korrosionsschutzes (und nicht der Kosmetik) — sehr ähnlich sein mögen und das Zeitprogramm über den Haufen zu werfen drohen, so sind die Zwecke doch verschieden.

Ein guter Konstrukteur berücksichtigt alle Anforderungen, auch den Korrosionsschutz. Um Gutes zu vollbringen braucht der projektierende Ingenieur gute Kenntnisse über mögliche korrosionsverhindernde Systeme, aber auch Kenntnisse über ihren Aufbau, die Applikation und wenn es geht, etwas Erfahrung über die Beanspruchbarkeit. Fehlt diese Erfahrung, dann halte er sich an ein arabisches Sprichwort, das sagt: «Frage einen Erfahrenen und nicht einen Gelehrten», aber gleichzeitig sei er sich auch bewusst, dass jede Erfahrung, mag sie sonst sein was sie will, auch ein schöpferischer Akt ist²⁾. In Korrosionsschutzfragen lohnt es sich immer, den Fachmann frühzeitig beizuziehen. Zu bewundern

²⁾ Oswald Spengler in «Untergang des Abendlandes».

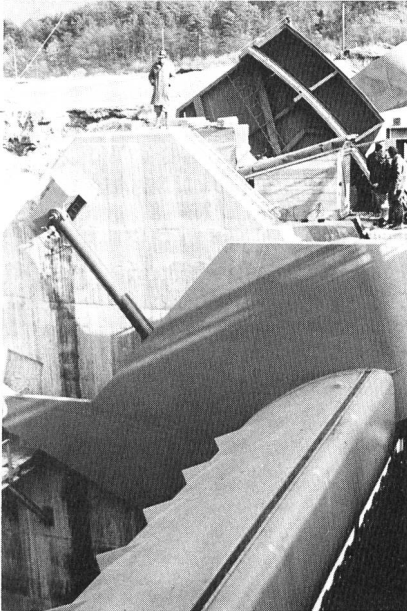


Bild 6. Stauwehr Reichenau I mit drei Segmentklappenschützen, 1962.

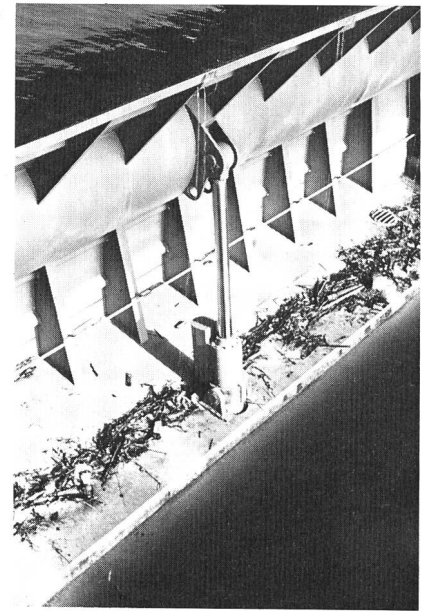


Bild 7. Stauwehr Säckingen. Einer der fünf Segmentklappen-Schützenkörper mit angesammeltem Geschwemmel. 1966.

sind aber auch jene Konstrukteure, die ihre Erfahrung durch viel Fleiss, Mühe und Misserfolge erlangt haben.

Von einem (Stahl-) Wasserbauer wird — so etwa wie von einem praktizierenden Hausarzt — ein profundes Allgemeinwissen über den ganzen Bereich seiner Tätigkeit verlangt, dazu gehört auch das Wissen über den Korrosionsschutz. Wenn sich der Arzt aufgrund seiner Diagnose in der weiteren Ausübung seiner beruflichen Aufgabe überfordert glaubt, weist er den Patienten an einen zuständigen Kollegen, der sich in der betreffenden Sparte auskennt. In der Stahlbaubranche würde dies bedeuten, dass der projektierende Ingenieur einen Fachmann aufsucht, der in Korrosionsschutzfragen Bescheid weiss, oder sogar einen Spezialisten, der korrosionsschutzgerecht konstruiert, gewissermassen einen «korrosionsschutzgerechten Gestalter».

Der Beizug eines gestalterischen Fachmannes ist in der Stahl- (Wasser)baubranche nicht üblich. Kosten dafür auf sich zu nehmen wird von den meisten Firmen als nicht vertretbar angesehen. Es erledigen sich aber nicht immer alle im Zusammenhang mit der korrosionsschutzgerechten Planung offen gebliebenen Fragen von selbst, wie das bei der liegengebliebenen Post der Fall ist. So ergeben sich zahlreiche Schadenfälle, bei denen der Ursprung des Übels oft in der unzuweckmässigen Gestaltung und Durchbildung des Objektes liegt. Zu büssen hat dann der Farblierant

und der Applikateur, die in Unkenntnis der dem Objekt anhaftenden Gestaltungsfehler, dem Konstrukteur uneingeschränkt für einen einwandfreien Korrosionsschutz zu garantieren hatten.

Im Zuge der fachsprachlichen Begriffsbereinigung ist die früher gebräuchliche Bezeichnung «Rostschutz» endgültig durch «Korrosionsschutz» ersetzt worden. Noch vor nicht allzu langer Zeit haben selbst namhafte Korrosionsschutzfirmen ihren Kunden einen dauerhaften Rostschutz angeboten. Es war aber bestimmt nicht deren Meinung, noch an der Konstruktion haftenden Rost schützen zu wollen.

«Was zu einer Zeit gut war,
wird schlecht,
wenn es sich nicht verbessert.» Schiller

Daher müssen Konstruktionen im Wasserbau, um zu bestehen, nicht notwendigerweise aus korrosionsschutzbehandeltem Stahl hergestellt sein, sondern es bieten sich auch andere Werkstoffe an. In Fällen starker Verletzlichkeit durch rollende Steine, in Wildwässern oder abgelegenen, schwer zugänglichen Objekten (wie Gletscherfassungen) empfiehlt sich die Verwendung von rostfreiem Stahl, sofern die dabei auftretenden Korrosionsprobleme, insbesondere bei ferritisch-austenitischen Materialverbindungen durch Schweissung beachtet werden (Bild 7). Mitunter ist

Bild 8. Wasserfassung Dranse der Forces motrices de Mauvoisin S.A. Segmentklappenschütze. Die hochbeanspruchten Partien bestehen aus rostfreiem Stahl. Werkaufnahme, 1955.

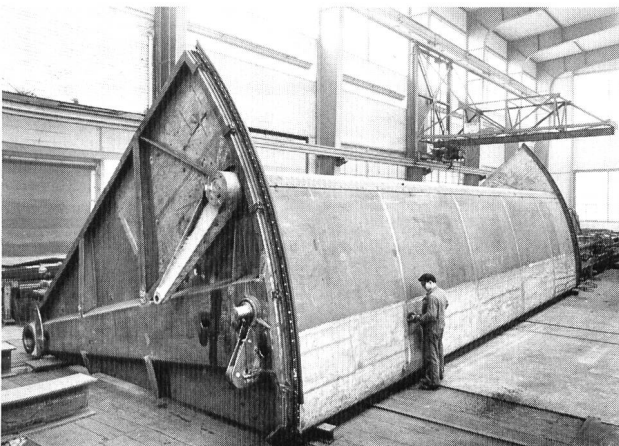
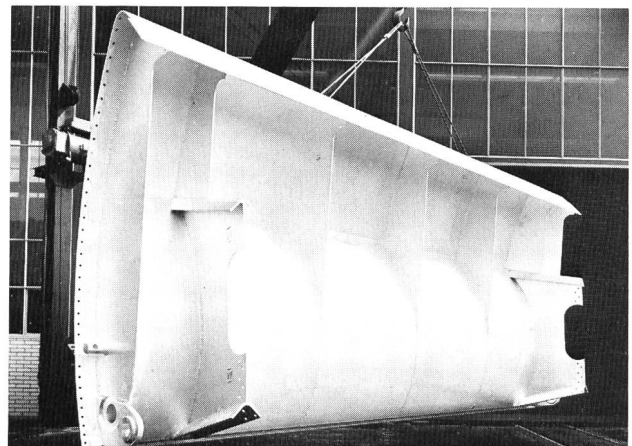


Bild 9. Kraftwerke Navisence, Wasserfassung Vissoie. Segmentschütze, Körper aus Leichtmetall (Al-Legierung), 1959.



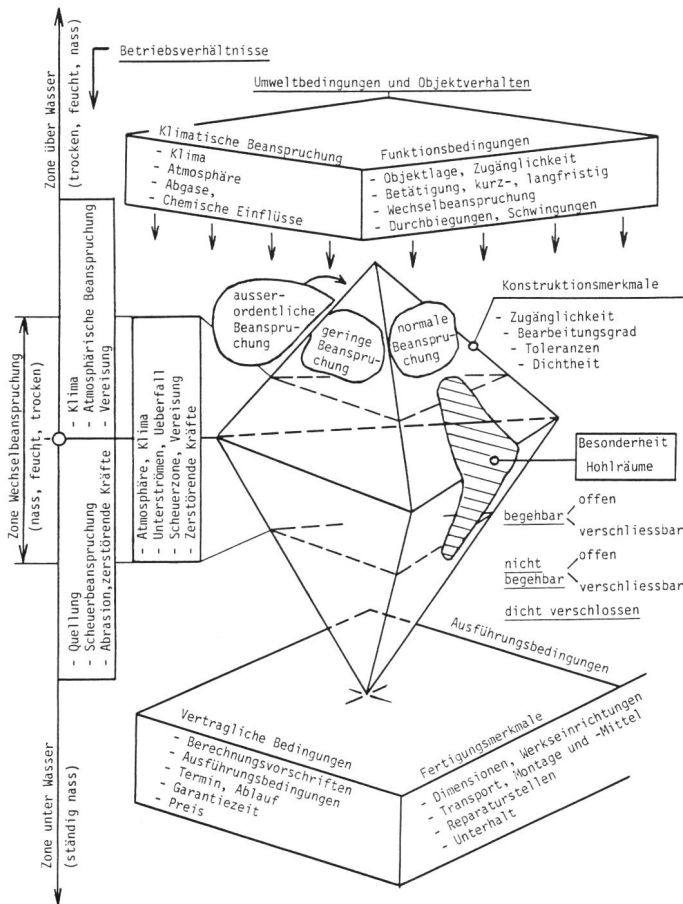


Bild 10. Darstellung der Einflüsse auf die konstruktive Gestaltung von Stahlwasserbauten in Form eines Bi-Tetraeders.



Bild 11. Hochwasserentlastung des Staueses Isola mit drei Stauklappen. Beachtenswert ist die Gestaltung der die Klappen umgebenden Pfeiler. 1959.

Bild 12. Stauwehr Wildegg-Brugg. Eisbehang an einer der drei Segmentklappenschützen zufolge Undichtigkeit, 1949.



an eine der Bearbeitung und späteren Beanspruchung angepasste Oberflächenbehandlung zu denken.

Es ist dem Konstrukteur in seiner Gestaltungs- und schöpferischen Freiheit auch gestattet, auf Leichtmetallkonstruktionen (Al-Legierungen) auszuweichen. Diese weisen dann andere Korrosionsformen auf, die gleichermassen bei Projektbeginn zu lösen sind. Leichtmetall ist im Wasserbau schon in mannigfaltiger Weise angewandt worden (Bild 8). Solche Konstruktionen haben sich bei zweckmässiger Anwendung und materialgerechter Durchbildung, insbesondere langfristig gesehen, als wirtschaftlich erwiesen und betrieblich bewährt.

Gelegentlich ist ein «Produkte-Mix», eine Kombination zwischen Stahl und Leichtmetall, die richtige Lösung — Stahl für hochbeanspruchte Teile und Leichtmetall dort, wo hohe Abriebfestigkeit verlangt wird oder geringes Gewicht eine bedeutende Rolle spielt. In Entwicklungsländern oder unter dem Aspekt, einheimischen Baustoff zu verwenden, ist es auch nicht abwegig, herkömmliches Holz als Füllglieder dort zu verwenden, wo es am Platz ist. So besteht — im Gegensatz zu den Dachwehren der Hilfswehre Rheinau, wo Leichtmetall als Beplankung gewählt wurde —, die Beplankung des Dachwehres am Platzspitz in Zürich aus Holz. Besondere Beachtung ist dem Korrosionsschutz an den Übergangsstellen von Stahl zum Nebenbaustoff zu schenken.

Je nach Verwendungszweck ist Kunststoff das geeignete Material, um den bei Stahl erforderlichen Korrosionsschutz zu umgehen. Vor allem Rohrleitungen, die später schwer oder nicht mehr zugänglich sind, werden in Kunststoff hergestellt.

2. Gestaltungsvoraussetzungen für korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

Die Gestaltungsvoraussetzungen an ein korrosionsschutzgerechtes Konstruieren im (Stahl-) Wasserbau sind an eine Vielzahl von Einflussfaktoren gebunden. Stellt man das zu schaffende Objekt in der Form eines Bi-Tetraeders in den Raum (Bild 10), so lassen sich die gestaltungsabhängigen Einflussfaktoren auf das Objekt in der folgenden Weise darstellen und gliedern in: Umweltbedingungen, Objektverhalten, Betriebsverhältnisse, firmeneigene Fertigungs- und Errichtungsmerkmale, endgültige Gestaltungs- und Konstruktionsmerkmale, Vertragsbedingungen.

Die endgültige Gestalt ist das Ergebnis einer sinnvollen Berücksichtigung aller das Objekt umgebenden Einflussfaktoren sowie der gestalterischen Fähigkeiten des mit der Aufgabe betrauten Ingenieurs.

Die Gestaltungsvoraussetzungen für einen auf «trockenen Füßen» stehenden Stahlbau lassen sich an einem einfachen, nur den Oberteil umfassenden Tetraeder darstellen. Die sich unter Wasser befindliche Zone und die durch unterschiedliches Niveau sich einstellende Wechselbeanspruchung fällt dahin. Ebenso entfallen bei einem reinen Stahlbau eine Reihe weiterer Merkmale, die für ein korrosionsschutzgerechtes Konstruieren im Wasserbau erheblich sind. Im Falle von hochwertigen elektrolytischen Überzügen (Hartverchromen) sind die Fragen der Materialverträglichkeit und des Grades der Oberflächenbearbeitung ebenso sehr zu beachten, wie z. B. bei einer Spritzverzinkung oder bei Anstrichen.

Die Gestaltungsanforderungen dürfen nicht auf die beweglichen Teile der Verschlüsse beschränkt bleiben. Auch die systemabhängige Mitgestaltung des Tiefbaues, d. h. die hydraulische Form der den Verschluss umgebenden Schwellen und Pfeiler können gute oder schlechte Rückwirkungen auf die korrosionsschutztechnische Beanspruchbarkeit der beweglichen Verschlüsse haben. Bei rückspringenden Pfei-

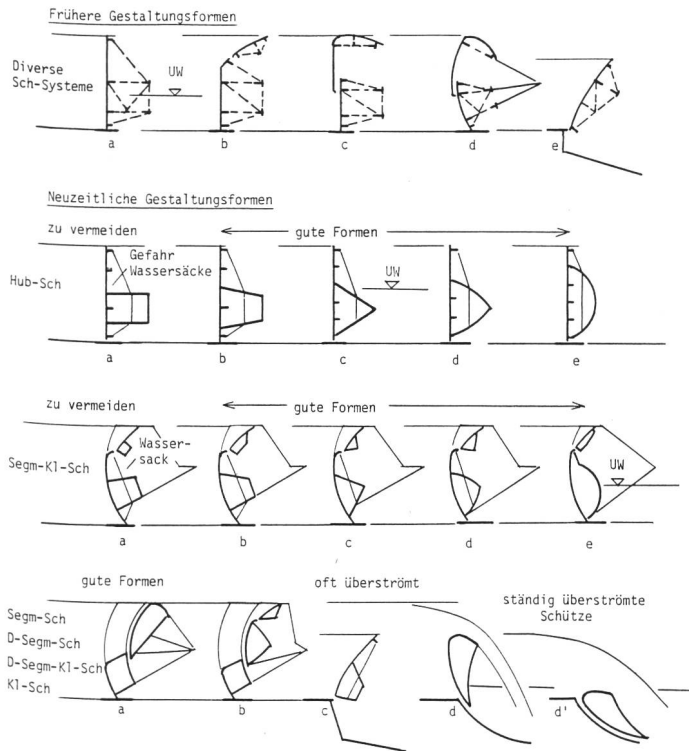


Bild 13. Gestaltungsmerkmale bei Wehrverschlüssen. Gestalten geht vor Konstruieren; die konstruktiven und die korrosionsschutztechnischen Anforderungen müssen dazu bekannt sein und sind zu berücksichtigen.

Vermeide: Unzugänglichkeit, komplizierte Form, Wassersäcke, grosse Oberfläche.

Schaffe: Geschmeidige Form, Konstruktionen, die durch gutes Abfließen des Wassers sich selbst reinigen, geringe Oberfläche, Zugänglichkeit.

lern und Nischen ist auf mögliche Wirbelbildungen, auf dem Wehrverschluss scheuernde Rückströmungen und auf Kavitation und Erosion verursachende Strömungen zu achten. Bei Klappen spielt die Überfallform oder die Gestaltung der aufgesetzten Strahlbrecher eine bedeutsame Rolle (Bild 11).

3. Gestaltungsmerkmale

3.1 Allgemeine Gestaltungsmerkmale

Kommen wir nun zu den Gestaltungsmerkmalen im einzelnen (Bild 13). Bei der breiten Palette von Wasserbau-Systemen und Konstruktionsarten (Wehrverschlüsse, Notverschlüsse, Schleusen, Überlauf- und Grundablassorgane zu Staumauern, Maschinenhaus- und Stollenabschlussorgane, Druckleitungen und Rechen usw.) müssen die folgenden Hinweise auf einige wenige, im Wasserbau vorkommende Beispiele beschränkt bleiben. Rohrleitungen werden hier nicht behandelt, da sie gestalterisch ohnehin eine günstige Form aufweisen. Es stellt sich dabei lediglich die Frage nach dem kleinsten zulässigen Rohrdurchmesser, der in korrosionsschutztechnischer Hinsicht noch vertretbar ist.

3.2 Gestaltungsmerkmale bei Wehr- und Notverschlüssen

Die Gestalt von beweglichen Wehrverschlüssen hat sich in den letzten 30 Jahren stark gewandelt. An Stelle von genieteten oder ausschliesslich geschraubten Fachwerk- und Trägerkonstruktionen sind mehr und mehr geschweisste, formschöne Vollwandkonstruktionen, die Schalenbauweise, getreten. Es erübrigt sich, auf die «technische Prähistorik» dieser Sparte zurückzugreifen und auf die Erschwernisse hinzuweisen, die sich für das Aufbringen eines einwandfreien Korrosionsschutzes bei einer lamellenartig geschichteten und verknoteten Konstruktion der Vorzeit ergeben. Gleichwohl bestehen noch immer solche Objekte und for-

a 1 Fachwerkträger (Stauhaut unterwasser-seitig), aufwendig bezüglich Korrosionsschutz.

a 2 Stabbogen (Stauhaut unterwasser-seitig), aufwendig bezüglich Korrosionsschutz.

b Fischbauchträger (Stauhaut oberwasser-seitig), ideal bezüglich Korrosionsschutz.

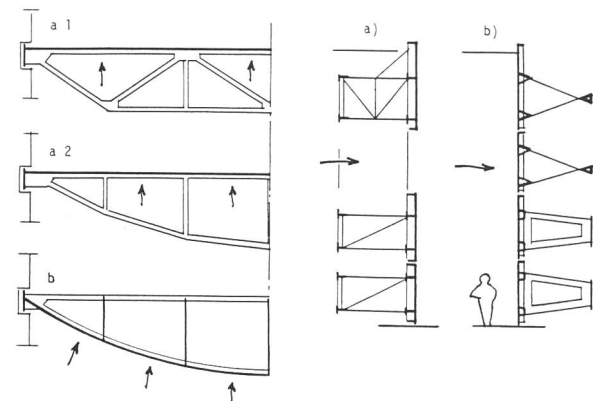


Bild 14. Gestaltungsmerkmale bei Notverschlüssen aus horizontalen Elementen.

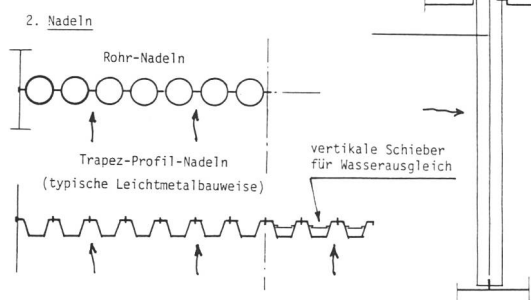


Bild 15. Gestaltungsmerkmale bei Nadel-Notverschlüssen.

dern den entsprechenden Tribut an Unterhaltskosten. Über die bei wechselndem Unterwasser und durch Treibgut bedingten Scheuerbeanspruchungen, vom Hängenbleiben dieses Zeugs im Fachwerk-Wirrwarr oder den im Winter an der Konstruktion lastenden Eismassen, wissen die Betriebsfachleute einiges zu erzählen (Bilder 7 und 12).

Auch bei Vollwandkonstruktionen muss im Projektstadium geprüft werden, ob sich in keiner Verschlusslage Wassersäcke bilden können. Grosse horizontale Flächen bei Kastenkonstruktionen sind besonders korrosionsgefährdet.

Gewölbte Flächen, an denen das Wasser abläuft, sind günstiger (Bilder 14 bis 16). Sie erweisen sich nicht unbedingt als arbeitsintensiver. Aufgrund der Eigenstabilität von geformten Blechen sind sie leichter zu verarbeiten. Sie behalten während der Schweissvorgänge weitgehend ihre Form. Bei ebenen Blechen besteht die Gefahr, dass sie sich während des Schweissens verwerfen und wölben. Einmal verzogen, können sie nur mit grösster Sorgfalt durch Wärmen wieder zurückgerichtet werden. Demnach ist auch vom Fertigungsstandpunkt aus einer kontinuierlich geformten Konstruktion der Vorzug zu geben. Bei der gestalterischen Erarbeitung des Projektes von Verschlüssen im Wasserbau gilt: *Gestalten vor Konstruieren*, jedoch in Kenntnis der konstruktiven und korrosionsschutztechnischen Anforderungen.

Notverschlüsse müssen im Notfall, wenn der Hauptverschluss aussetzt, sicher eingesetzt werden können. Betrieblich werden an Notverschlüsse höhere Ansprüche gestellt als an den Hauptverschluss. Oft sind sie während der ganzen Montagedauer der einzige Schutz vor Hochwasser und anderer Unbill. Hingegen dürfen sich deswegen die Kosten für diesen zweiten Verschluss nicht verdoppeln.

Vermeiden:

Breite, horizontale Flächen, wannenförmige, nach oben offene Profile (es bilden sich Wassersäcke), Nischen, Schmutzablagerungsstellen, enge Verrippungen, Doppelungen (keine Crèmeschnittlösungen).

Sorgen für:

Glatte Aussenhaut, Formen, an denen das Wasser ablaufen kann, Wasserabläufe bei Wannenprofilen und bei flutbaren Hohlräumen (verursachen Kosten).

Prüfen:

Mögliche Verschlusslagen (guter Wasserablauf muss bei allen Verschlussstellungen möglich sein).

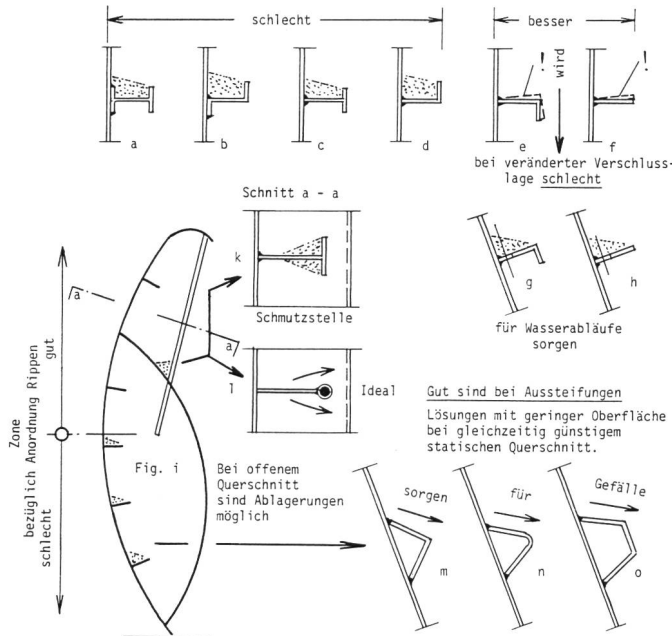


Bild 16. Konstruktionsmerkmale.

Wo soll man also sparen? Am Korrosionsschutz oder an der Gestaltung?

Glücklicherweise haben sich die Hauptverschlüsse in ihrer Funktion als immer sicherer erwiesen, so dass vom Betreiber die Forderung, die Notverschlüsse bei voller Strömung einsetzen zu können, mehr und mehr fallengelassen wird. Damit hat eine gestalterische Umwandlung der Konstruktion für Notverschlüsse stattfinden können, indem die bei Forderung «voller Strömung einsetzbar» aus wirtschaftlichen Gründen nach Oberwasser gerichtete Tragkonstruktion, nach Unterwasser verlegt und damit gleichzeitig den korrosionsschutztechnischen Anforderungen besser entsprochen werden konnte (Abb. 14).

Bild 17. Stauwehr Reichenau I. Dreiteilige Doppelsegmentklappenschütze. Ansicht in zusammengelegter, gehobener Lage von Unterwasser. 1960/61.

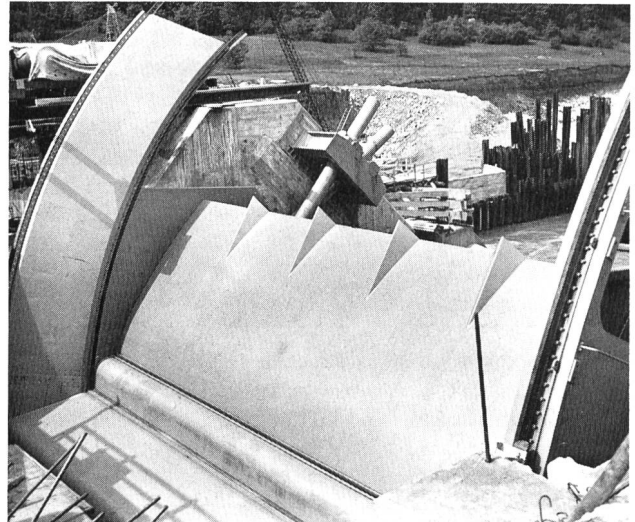


Bild 18. Stauwehr Reichenau I. Dreiteilige Doppelsegmentklappenschütze. Ansicht bei angehobener Unterschütze von Oberwasser. 1960/61.

Für alle Verschlüsse soll darnach getrachtet werden, die Dichtung und die Stauwand nach Oberwasser zu verlegen. Damit kommt nur noch die Stauwand mit dem Wasser ständig in Berührung. Die bewegten Teile, Rollen und Gleitflächen befinden sich so in der Regel abseits von Schmutz und ständiger Benetzung. Nicht immer ist diese Forderung aus baulichen, betrieblichen oder funktionellen Bedingungen zu erfüllen.

Anstelle von aufeinandergeschichteten, horizontalen Elementen, die einen ganzen Notverschluss bilden, können vertikale Rohrnadeln aus Stahl oder Leichtmetallelemente treten. Man geht davon aus, dass der Hauptverschluss im Senken-Sinne niemals versagt, so dass die Nadeln bei praktisch ausgeglichenem Wasserstand eingesetzt werden. Nadelsysteme lassen sich, bei Anwendung einer sinnvollen Einrichtung, auch bei teilweiser Strömung einsetzen.

4. Konstruktionsmerkmale

Die Erarbeitung der Konstruktion ist mit der Detailprojektierung eines Architekten zu vergleichen, dessen Sorgfaltpflicht es sein muss, die Gestaltung seines Bauwerkes bei der Behandlung von Einzelheiten konsequent weiter zu verfolgen und keinesfalls mehr zu verschlechtern.

Es gibt, nachdem der Ingenieur über das zweckmässige Verschlussystem entschieden hat, zwei Wege, eine Konstruktion festzulegen: Entweder er gelangt über die Berechnung zur Gestalt oder er geht von der Gestalt aus und erbringt dafür dann den rechnerischen Nachweis.

Zu Beginn der Entwicklung von Verschlüssen zu Wasserbau-Anlagen hat sich der Ingenieur fast ausschliesslich an den ersten Weg gehalten. Mehr und mehr ist sich der Ingenieur der gestalterischen Notwendigkeit bewusst geworden und hat sich der zweiten Methode des Entwickelns zugewandt. Auf diese Weise sind neuzeitliche Konzepte entstanden (Bilder 17, 18, 19).

Über den Weg einer Reihe von gestalterischen Skizzen, Konstruktionsentwürfen und Vorberechnungen konstruiert der heutige Ingenieur von der Gestalt ins Detail, gewissermassen vom Grossen ins Kleine, und erbringt schliesslich den rechnerischen Nachweis für sein Tragwerk. Gleichzeitig ist er im Interesse seines Unternehmens bestrebt, eine Optimierung zwischen Gewicht und Fertigungskosten herbeizuführen. Schrittweise erfüllt er die an ihn gestellte Aufgabe, eine bezüglich Korrosionsschutz gerechte Konstruktion zu schaffen (Bild 20).

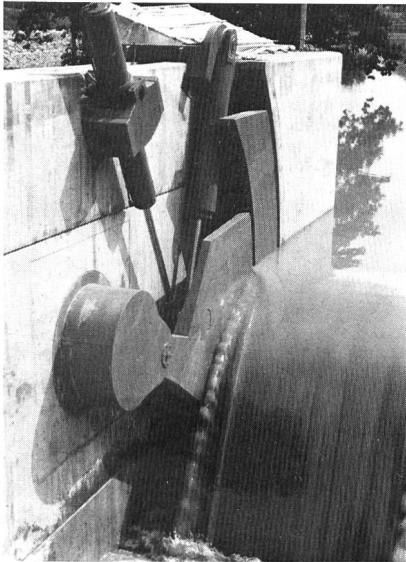
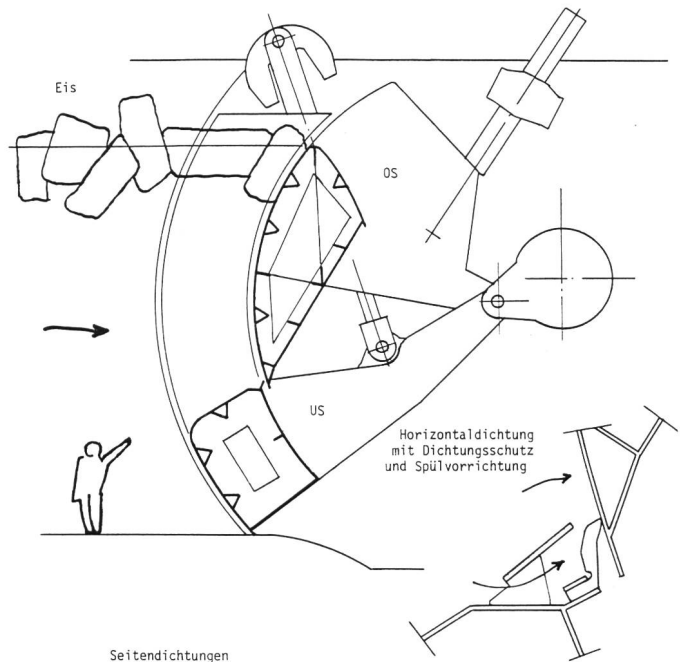


Bild 19. «Eiswehr» Brunau-Zürich. Eine von zwei Doppelsgementklappenschützen, Zustand beim Überströmen. 1968/69.

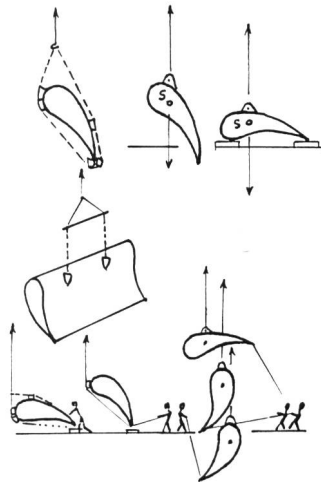


Ausführen:

- Vorsandstrahlen des Materials
- Erkennen von Material-Oberflächenfehler
- Zerstörungsfreie Prüfung
- Eliminieren von Material-Innenfehler
- Schweissnähte verschmirgeln
- Schweissperlen entfernen
- Kanten brechen
- Walzhaut entfernen
- Aufschmirgeln von Doppelungen

Vermeiden:

- Einbrandzonen
- Kerben
- Zündstellen von Elektroden
- Nicht durchgehende Schweissnähte



Alle Transport- und Montagephasen sind genau zu studieren.

Vorsehen:

- Schutz vor Verletzung (Engpässe, Gebirgsstrassen, Stollen, heikle Einbaumanöver)
- Auflagerschutz
- Scheuerschutz
- Permanente Aufhänge- und Last-Wendemitel (Werk, Transport, Montage)
- Ausbesserungsmöglichkeit nach Transport und Montage
- Nachbesserungsmöglichkeit bei Montageschweißungen
- Nachbesserungsmöglichkeit im Betrieb

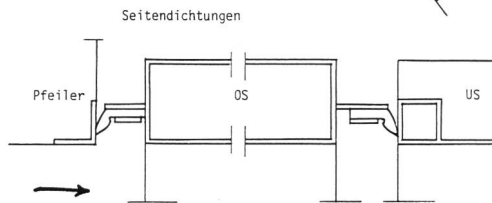


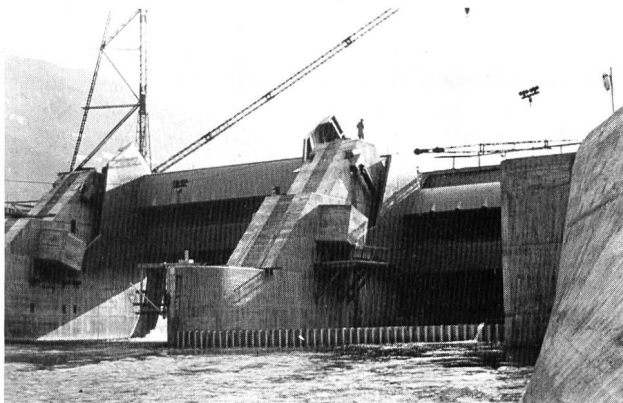
Bild 20. Eis-Retentionsbecken an der Sihl bei Zürich. Querschnitt durch die Doppel-Segmentschütze, unten die Seitendichtungen.



Bild 23. Stauwehr Aarau. Transport einer der vier Segmentschützen auf Zug, 1962/63.

Bild 21. Fertigungsmerkmale, Transport- und Errichtungsmerkmale.

Bild 22. Stauwehr Reichenau I. Montage der Wehrverschlüsse. 1960/61.



5. Fertigung, Transport und Errichtung

Die Lösung konstruktiver Aufgaben verlangt vom projektierenden Ingenieur ausgesprochen vorausschauendes Denken. Ein Denken um alle jene Ausführungsbelange, die ihm später ausser Kontrolle geraten können. Dieses Denken umfasst alle der Reissbrettarbeit folgenden Leistungen wie Fertigung, Transport, Montage und Inbetriebsetzung.

Solches Denken anzuwenden ist insbesondere dann vonnöten, wenn die Projektierung ausser Haus der Fabrikation, d. h. durch ein unabhängiges Ingenieurbüro oder ein vom Betrieb getrenntes Konstruktionsbüro erfolgt. Der Konstrukteur muss genaue Kenntnis der für die Realisierung seines Projektes zur Verfügung stehenden Mittel besitzen (Bilder 21 und 22).

Zu solchem Planen gehört auch das Denken an die Kostenfolgen bei Nichterfüllung, d. h. an diejenigen Kostenfolgen,

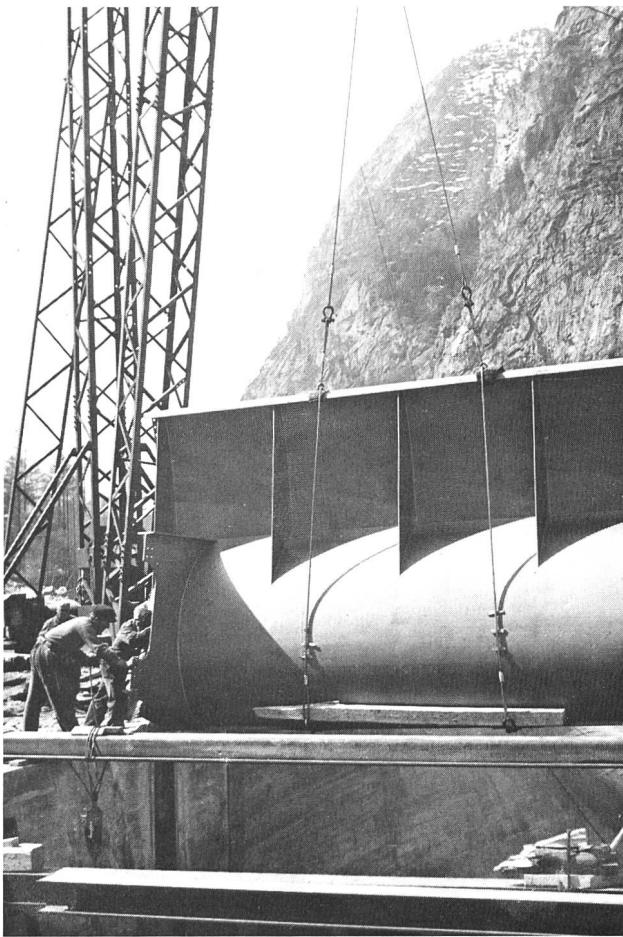


Bild 24. Wasserfassung Mattsand des Kraftwerkes Ackersand II. Eine der beiden Segmentschützen bei der Montage. 1957/58.

die — neben allen Unannehmlichkeiten — bei unvollständiger Berücksichtigung der Gestaltungs- und Ausführungsmerkmale an eine korrosionsschutzgerechte Konstruktion auf das Unternehmen und den Bauherrn zukommen können. Der Ingenieur geht am besten von der Voraussetzung aus, er könne später, während der Ausführung, das Objekt nicht mehr begleiten und noch — um in Vergessenheit Geratenes auszugleichen — hilfreiche Anordnungen geben. Auf diese Weise zwingt er sich selbst diszipliniert für eine vollständige, umfassende Planung einzustehen und wird nötigenfalls unerbittlich eingreifen, damit alle nachfolgenden Ausführungsmerkmale schon während des Projektstadiums berücksichtigt werden.

Von dem Augenblick an, wo das Werkstück auf dem Wege zum Korrosionsschutzwerk und später zur Baustelle, die Fertigungshallen verlässt, muss es vor jeder Verletzung sorgfältig geschützt werden. Wer kennt nicht die Schäden, die bei Transport und Montage auftreten können! Im Gegensatz zu Ausbesserungen, die vom Ingenieur aufgrund der Ausführungsmerkmale im voraus eingeplant werden, sind unerwartete, nicht eingeplante Schäden die unangenehmsten, zeitraubendsten und kostspieligsten.

Deshalb sind aufgrund der Arbeitsoperationen sorgfältig studierte permanente Aufhänge- und Wendevorrichtungen, die sowohl dem «Handling» im Werk, als auch während des Transportes und auf Montage dienen, ein gutes Mittel, das korrosionsgeschützte Objekt vor Verletzungen zu bewahren. Das Personal soll durch Instruktion und Motivation bei der Befolgung der *Handhabungsvorschriften* unterstützt werden. Am fertigen Objekt Aufhängemittel anzuschweißen und sie wieder abzubrennen, ist eine Unsitte und läuft den

Bild 25. Festlegen der Gewährleistungskriterien. Der Konstrukteur steht in verantwortlicher Stellung zwischen dem Bauherrn und dem Applikateur.

Anforderungen:	Ausführungsbedingungen:
Gestaltungsmerkmale	Materialtechnische Richtlinien
Konstruktionsmerkmale	Ausführungstechnische Richtlinien
Fertigungsmerkmale	Qualitative Anforderungen
Funktionsbedingungen	Transportbedingungen
Betriebsbedingungen	Montagebedingungen
Unterhaltsbedingungen	Bedingungen für Ausbessern von Schäden
	Zeitliche Durchführung (Etappen, Jahreszeit)
	Termine
	Garantiebedingungen
	Garantiezeit

Vereinbarung schafft Klarheit zwischen Vertragspartnern
 Vereinbarung dient als Wegleitung für Qualitätskontrolle
 Vereinbarung dient als Wegleitung für die Behandlung von Schäden
 Festlegung beeinflusst und findet Niederschlag in der Konstruktion

Instruktionen an das Personal, die Konstruktion vor Verletzungen zu bewahren, zuwider (Bilder 23 und 24). Das Objekt muss am Reissbrett nicht nur funktions- und betriebs-tüchtig, sondern auch korrosionsschutzgerecht geplant sein. Nur dann stellt sich der projektierende Ingenieur über die ihm gestellte Aufgabe und geht nicht — allenfalls mit ihr — unter.

6. Der Konstrukteur in verantwortlicher Stellung

Die bisherigen Ausführungen haben die hohe Verantwortlichkeit des Konstrukteurs erkennen lassen. Verantwortlich gegenüber seinem Unternehmen, damit der Auftrag noch kostendeckend abschliesst, aber auch verantwortlich gegenüber seinem Bauherrn für das Gelingen der ihm gestellten Aufgabe. In dieser Stellung ist er aber auch verantwortlich für die korrekte Weiterleitung und Übertragung der Pflichten an die Unterlieferanten, auch an den Applikateur des Korrosionsschutzes.

Eine einfache Bestellung genügt bei den vorliegenden Anforderungen nicht mehr. Um seine Firma in dieser Hinsicht zu entlasten, regelt er dieses Verhältnis durch einen entsprechenden Vertrag, worin die gegenseitigen, zur Erfüllung der Korrosionsschutz-Ansprüche nötigen technischen Hinweise mit aufgenommen sind (Bild 25).

7. Schlusswort

Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren im Stahlwasserbau verlangt konstruktives Können, verbunden mit konstruktivem Denken, aber auch konstruktiven Willen.

Es benötigt nicht nur den Willen seitens des Unternehmers, eine dem neuesten Stand der Technik entsprechende Konstruktion zu liefern, sondern auch den Willen seitens des Bauherrn (oder dessen Vertreters), die vom Unternehmer vorgesehenen Anstrengungen bei der Wägung der Submissionsvergleiche gebührend zu berücksichtigen und den dafür angemessenen Preis zu erkennen. Dies nicht zuletzt aus der Sicht, dass der Betreiber der Anlage einmal alle mit dem Objekt verbundenen Eigenheiten übernimmt. Ausserdem ist für den Unternehmer — langfristig gesehen jedenfalls — die Würdigung des gerechten Preises jener Massstab, um festzustellen, ob er seine Bemühungen marktgerecht anwendet. Aber ein vom Unternehmer zu gering errechneter Preis darf — um ein dem Stand der Technik entsprechendes Objekt zu schaffen — nicht dazu angetan sein, sich den korrosionsschutztechnischen Anforderungen teilweise oder ganz zu entziehen.

Adresse des Verfassers: Lothar J. Streuli, Bauingenieur SIA, Industrial Consulting, Limmattalstrasse 229, 8049 Zürich.

Bilder 1, 2, 3, 5, 8, 9, 12, 17, 23: AG Conrad Zschokke, Döttingen.
 Bilder 4, 6, 7, 18, 19, 22, 24: Lothar J. Streuli, Zürich.
 Bild 11: A. Rieser, Mesocco.