

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103 (1985)
Heft: 33/34

Artikel: Mess-, Steuer- und Regelkonzept
Autor: Schmidlin, René / Bühler, Dieter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75861>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

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

Stadt Zürich – Kläranlage Werdhölzli, Teil III

Mess-, Steuer- und Regelkonzept

Von René Schmidlin und Dieter Bühler, Zürich

Grundlagen

Zur Festlegung des Mess-, Steuer- und Regelkonzeptes dienten im wesentlichen die verfahrenstechnischen Funktionsbeschreibungen, die definierten funktionellen Zuverlässigkeitskriterien und die Rohrleitungs- und Instrumentierungsschemata (R+I-Schemata). Die Auslegung der Leittechnik, insbesondere der Prozessvisualisierung und -bedienung, ist stark abhängig vom Leitbild der Betriebsorganisation und den damit verbundenen Personalqualifikationen [1].

Die Gesamtheit der Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik gewährleistet den vollautomatischen, störungsfreien Betrieb der Kläranlage und vereinfacht die Prozessführung wesentlich. Der Forderung nach Flexibilität der elektrischen Einrichtungen in bezug auf spätere Optimierungsaufgaben kommt hohe Bedeutung zu.

Systemaufbau

Der steuerungsmässige Systemaufbau ist im Bild 1 dargestellt, das die moderne, dezentrale Struktur der Steuerungsebene und die gemischt zentrale/dezentrale Anordnung der Überwachungs- und Bedienerebenen zeigt. Die Unterteilung der Bedienersebene in vier Bereiche unterstützt die auf dem Werdhölzli festgelegte Betriebsorganisation [2] und wird der Komplexität der verschiedenen Anlagenteile gerecht.

Hauptschaltwarte HSW

Die Hauptschaltwarte ist ausserhalb der normalen Arbeitszeit, d.h. während zwei Dritteln der Betriebszeit, die Alarm- und Dispositionszentrale. Sämtliche wichtigen Informationen (rund 8000 binäre Signale wie z.B. «Ein»/«Aus»-Meldungen von Pumpen, von Motoren; «Offen»/«Zu»-Meldungen von Ventilen, Störungsmeldungen aller Aggregate usw.); 350 analoge Werte (Füllstände von Behältern, Durchflussmessungen in Leitungen usw.) sowie die Stellungen von Prozessschaltern werden hier verarbeitet und dargestellt.

Neben der umfassenden Prozessüberwachung werden in der HSW die eingehenden Informationen in einem leistungsfähigen Prozessrechner zu den verschiedensten Protokollen verdichtet, welche zum Teil von den Behörden gefordert, zum Teil für spätere Optimierung und interne Statistiken verwendet werden.

Um klare Verantwortungsbereiche zu garantieren, wurde bereits im Pflichtenheft festgelegt, dass von der HSW aus keine Steuerfunktionen vorgenommen werden dürfen, sondern dass Eingriffe in die ablaufenden Prozesse – mit Ausnahmen – ausschliesslich von den Unterschwarten aus zu erfolgen haben.

Unterschwarten USW

Die Steuerung, Bedienung und Überwachung sämtlicher Prozesse und Aggregate ist auf die vier Unterschwarten (Bild 2) mechanische Reinigung, biologische Stufe/Filtration, Schlammbehandlung und Energieaufbereitung/Hilfsbetriebe verteilt. Diese dezentrale Lösung ist sinnvoll, weil sie eine weitgehende Entkopplung der hauptsächlichsten Verfahrensstufen Abwasserbehandlung und Schlammbehandlung erlaubt. Die weitere Aufteilung der Abwasserbehandlung in mechanische

(USW Rechengebäude) und biologische Reinigung und Filtration (USW Biologie) ergibt sich aus der Dimension der Anlagen und der Tatsache, dass eine Reihe von Prozessen einer örtlichen Überwachung bedürfen.

Eine eigene USW Energie schliesslich ist nötig, weil die Energieaufbereitung und die Hilfsbetriebe logisch keiner der anderen USW zugeordnet werden können und organisatorisch einen eigenen Verantwortungsbereich bilden. Die USW Schlamm und die USW Energie konnten örtlich in die HSW integriert werden.

In jeder Unterschwarte sind die Mittel zur Prozessbedienung wie Bildschirme, Tastatur, Blindschema usw. untergebracht. Damit werden die aus den Niederspannungsverteilungen (NSV) eintreffenden Informationen detailliert dynamisch visualisiert und entsprechende Befehle abgesetzt. Sämtliche Störinformationen und Bediener Eingriffe werden auf einem Ereignisdrucker protokolliert.

Niederspannungsverteilungen NSV

In den 18 Niederspannungsverteilräumen (Bild 3) befinden sich die Schaltausrüstungen für die Leistungsverteilungen, für die Ansteuerungen aller Aggregate, die Messschränke und die speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Ein weitgehend normierter und modularer Aufbau der Systemkomponenten vereinfacht den Unterhalt und bietet Gewähr für geringen Aufwand bei Erweiterungen oder Änderungen für prozesstechnische Optimierungen.

Teilansicht



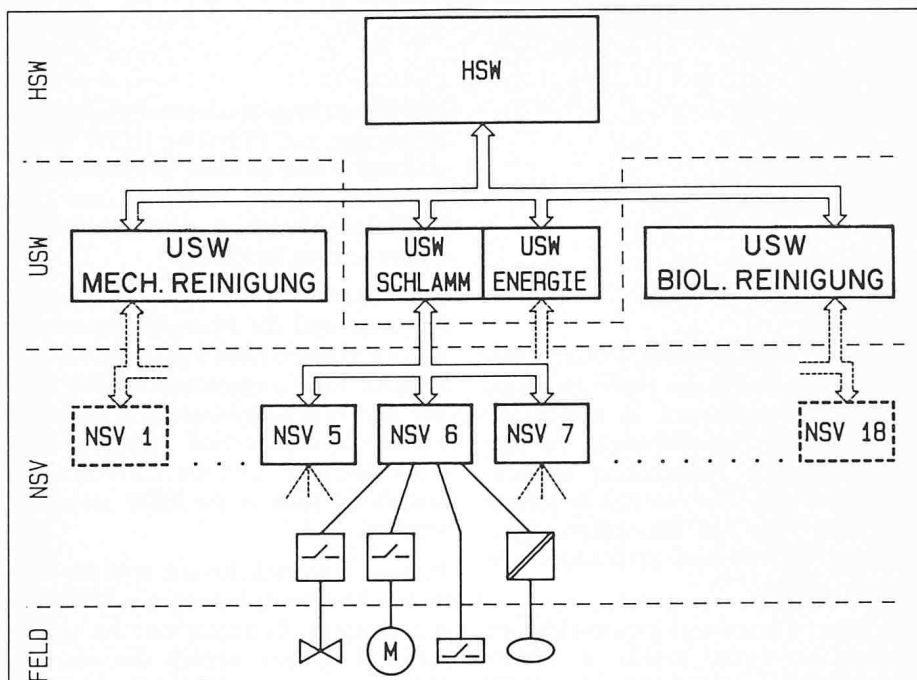


Bild 1. Prinzipieller Systemaufbau

Prozessvisualisierung und -bedienung

Für die *Prozessvisualisierung* und *-bedienung* dienen die folgenden Einrichtungen:

□ Auf einem Blindschaltbild ist der gesamte von einer USW bediente Anlagenteil mit allen Aggregaten symbolisch aufgezeichnet. Dieses rein statische Bild dient insbesondere der Übersicht.

□ Auf einem farbigen *Grafikbildschirm* können die einzelnen Prozesse bzw. Prozessausschnitte dynamisch zur Darstellung gebracht werden. Die dazu verwendeten Symbole sind soweit wie möglich an jene des Blindschaltbildes angelehnt. Die Dynamik des Bildes

wird vorwiegend durch Verwendung unterschiedlicher Farben erreicht. So wird ein geöffnetes Ventil oder eine eingeschaltete Pumpe in der Farbe des durchfließenden Mediums gezeichnet, während ein geschlossenes Ventil und eine ausgeschaltete Pumpe ihre «Ruhefarbe» annehmen. Blinkende Symbole bilden eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit, die gestörte Aggregate oder in Bewegung begriffene Ventile anzeigt.

□ Die weitestgehende Information ist jeweils dem ebenfalls farbigen *Dialogbildschirm* zu entnehmen. In der sogenannten Einzeldarstellung wird jedes in der Steuerung vorhandene Informationsbit über ein Aggregat detailliert ausgewertet. Wird beispielsweise auf dem Grafikbildschirm eine Störung

eines Motorventils signalisiert, so kann der Benutzer auf dem Dialogbildschirm erfahren, ob die Steuerspannung ausgefallen ist, ob das Thermorelais angesprochen hat, die Motorwicklung zu heiss oder ob das Drehmoment beim Öffnen oder beim Schliessen zu gross war! Neben dieser Darstellung eines einzelnen Antriebes können die fünf wichtigsten Meldungen von bis zu 16 Aggregaten, Prozessschaltern oder Messungen gemeinsam auf einer Bildschirmseite gezeigt werden. Ferner können auf Tastendruck sämtliche momentan anstehenden Stör- und Betriebsmeldungen abgerufen werden.

Die *Prozessbedienung* erfolgt mit Hilfe einer speziellen Tastatur mit virtueller Abbildung der den Softkeys unterlegten Befehle auf dem Dialogbildschirm. Sämtliche Prozesse, Aggregate und Messungen können direkt über ihre sechsstellige Aggregat-Kennnummer angesprochen werden.

Damit nicht alle zu bedienenden Nummern eingetippt werden müssen, lassen sich alternativ über eine in jeder USW analog angelegte Übersicht die vorhandenen Gruppendarstellungen abrufen. Die betreffenden Anlagenkontrollnummern (AK) können mittels einer Funktionstaste auf der virtuellen Tastatur eingeblendet und von dort übernommen werden. Dies lässt sich nun mit den in der Gruppe vorhandenen Aggregat-Nummern wiederholen.

Über diese Baumstruktur kann somit jede vorhandene AK-Nummer einfach gefunden und abgerufen werden. Bei Fehlbedienung erscheinen gezielte Hinweistexte. Die Bedienungsphilosophie ist in allen USW und der HSW dieselbe, so dass ein flexibler Einsatz des Betriebspersonals in allen Bereichen gewährleistet ist.

Bild 2. Unterschwarte Rechengebäude mit statischem Blindschaltbild, Farb- und Dialogdatensichtgerät mit Bedientastatur und Ereignisdrucker

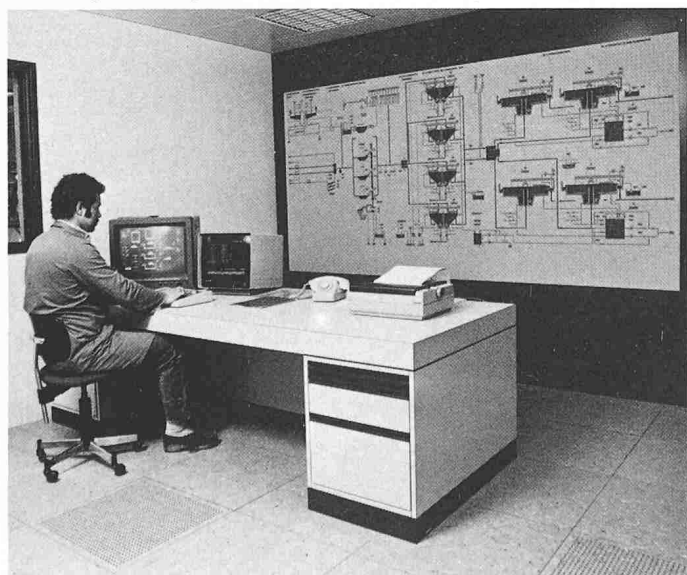


Bild 3. Niederspannungsverteilung mit Grobnetzverteiler, E-Technik-Schränken und Messtechnikschrank



Alle Antriebe können sich im «Hand»- oder im «Automatik»-Betrieb befinden. Mit wenigen Ausnahmen erfolgt die Umschaltung mittels eines übergeordneten Prozessschalters für eine zusammenhängende Aggregategruppe gleichzeitig. Im «Hand»-Betrieb sind nur die wichtigsten Schutzfunktionen aktiv, so dass fast alle Steuerfunktionen (Ventil «Auf»/«Zu», Motor «Ein»/«Aus» usw.) beliebig möglich sind und die volle Verantwortung beim Bediener liegt. Im «Automatik»-Betrieb hingegen laufen alle Funktionen nur nach den in den Prozessablaufplänen vorgezeichneten Sequenzen ab; ein Handeingriff ist nicht möglich. Parallel dazu werden die notwendigen Verriegelungsprogramme bearbeitet, welche bei einer relevanten Störung ein sofortiges Abschalten der Prozesse mit entsprechender Störmeldung bewirken.

Ferner werden vier Zugriffsebenen unterschieden:

- Die reine *Informationsdarstellung*, d.h. Eingabe von AK-Nummern und Anzeige der entsprechenden Zustände ist für jedermann möglich.
- *Steuerfunktionen* (z.B. «Hand»/«Auto»-Umschaltung, «Ein»/«Aus»-Schaltung, Quittierung) hingegen sind erst nach Eingabe eines persönlichen Codes erlaubt.
- *Änderungen von Prozessvariablen* (z.B. Sollwerte, Schaltstufen usw.) können nur bei eingesetztem Schlüsselschalter durchgeführt werden.
- Das *Ändern von Programmen* schliesslich ist denjenigen vorbehalten, die Zugriff zu einem Programmiergerät haben und dieses bedienen können.

Messtechnik

Da eine automatisierte Prozessführung nur so gut sein kann wie das schwächste Glied einer Regel- oder Steuerkette, kommt der Sensortechnik besondere Bedeutung zu. Da auch beim heutigen Stand der Technik der Sensor in beinahe allen Fällen mit dem Medium (Abwasser, Schlamm) in Berührung kommt und damit einem hohen Verschmutzungsgrad ausgesetzt ist, sind zuverlässige und industriell erprobte Messsysteme erforderlich. Besondere Hilfseinrichtungen und die Vorortmontage der Messverstärker bei jenen Messsystemen, die regelmässigen Unterhalt benötigen (z.B. Sauerstoff-, pH- und Trübungsmessungen usw.), erleichtern und vereinfachen die Servicearbeiten. Alle übrigen Messumformer sind in eigenen Messschranken in den Niederspannungsverteilungen untergebracht.

Um eine hohe Störuneempfindlichkeit zu erreichen, sind die prozessanalogen Ausgangssignale der Messumformer auf 4 bis 20 mA ausgelegt und galvanisch getrennt.

Die in der Kläranlage Werdhölzli verwendeten Messverfahren sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Steuer- und Regeltechnik

Sämtliche Steuer- und Verriegelungsfunktionen sind auf der Basis speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS), die sich dezentral in den verschiedenen Niederspannungsverteilungen befinden, realisiert. Bei Anlageteilen, die auch bei Ausfall einer speicherprogrammierbaren Steuerung funktionsfähig bleiben müssen, übernehmen in einem solchen Fall konventionelle Relaissteuerungen die vereinfachten Back-up-Funktionen. Ergänzend dazu ermöglichen einzelne Vorortsteuerstellen manuelle Eingriffe des Betriebspersonals. Bei komplexen Anlageteilen wie der Brauchwasserfilter- und Aufbereitungsanlage oder der Frischschlammpasteurisierung sind die speicherprogrammierbaren Steuerungen als kostengünstigere Variante redundant aus-

gelegt. Bei Notstrombetrieb sorgen die SPS für eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden elektrischen Energie. Spezielle Restart-Programme ermöglichen nach Netzwiederkehr ein gezieltes Hochfahren der einzelnen Anlageteile ohne zwingenden Eingriff durch das Betriebspersonal [3].

Die verschiedenen Regelaufgaben für Rücklaufschlammengen und optimalen Lufteintrag in die Biologie oder Schlammwärmer in der Pasteurisierung übernehmen Hardware-Mikroprozessorregler, die von den SPS Sollwertgeführt sind (SPC). Die Berechnung der verschiedenen Sollwerte erfolgt aufgrund verschiedener gemessener Parameter und ermöglicht einen verfahrenstechnisch und energetisch optimalen Betrieb. Der Bedeutung dieser Tatsache wird man sich bewusst, wenn man berücksichtigt, dass z.B. die biologische Reinigungsstufe etwa 40% der gesamten elektrischen Energie der Kläranlage benötigt.

Der gesamte Datenumfang der Anlage umfasst:

Analoge Messwerte:	350
Digitale Eingänge:	rund 8000
Digitale Ausgänge:	rund 3000
Stetige Regelungen:	57
Mittlere Verknüpfungstiefe:	35

Tabelle 1. Messaufgabe, Medium und gewählte Messmethode der wichtigsten Messsysteme

Messaufgabe/Medium	Messmethode
Durchfluss Abwasser, Rücklaufschlamm in offenen Kanälen Heisswasser, Frisch- und Überschussschlamm in geschlossenen Rohrleitungen	Venturikanal mit hydrostatischer Sonde Magnetisch-induktive Durchflussmessung
Mengen Luft in Rohrleitung Gas in Rohrleitungen	Differenzdruck mit Staudifferenzdruckrohr Differenzdruck mit Normblende
Dichte Frischschlamm in geschlossenen Rohrleitungen Rücklaufschlamm in offene Gerinnen Dosierchemikalien	Radiometrische Caesiumstrahler und Ionisationskammer Wechsellichtphotometer Volumengewicht, Dichtewaage
Trübung Gereinigtes Abwasser nach Filtration	Nephelometrisch, Lichtquelle mit Lichtfalle und Streulichtdetektor
pH-Wert Abwasser in offenen Kanälen	pH-Messkette mit Temperaturkompensation
Gelöster Sauerstoff O ₂ -Konzentration in den Belebungsbecken und im Ablauf	Offene Elektrodenmessung nach Toedt
Niveau Wasser, Abwasser, Schlamm Chemikalien Trennschicht Sand/Wasser	Hydrostatischer Druckaufnehmer Schallwellenreflektion, Echolot Kapazitive Sonden Vibrations-Schwinggabel
Temperatur In offenen Kanälen, geschlossenen Rohrleitungen und Behältern	Widerstandsthermometer

Softwarekontrollen, Trocken- und Nasstest

Bei den gedrängten Inbetriebnahmeterminen der Kläranlage Werdhölzli kommt einer sorgfältigen Softwarekontrolle hohe Bedeutung zu. Die auf Basis von Prozessablaufplänen - ein Hilfsmittel zur Darstellung der prozesstechnischen Abläufe, der Bedienungs- und Informationsphilosophie - erstellte Software wird auf Simulationsbasis durch den Elektroingenieur im Beisein der Programmierer auf die Richtigkeit der Funktionen überprüft. Diese Kontrolle bietet Gewähr dafür, dass für den nachfolgenden Trocken- und Nasstest eine in hohem Masse funktionell fehlerfreie Software zur Verfügung steht. Bei den bereits erfolgten Inbetriebnahmen zeigte sich deutlich, dass es sich lohnt, der

Softwarekontrolle genügend Zeit einzuräumen, um eine kurze Trocken- und Nasstestphase zu gewährleisten.

Der Trockentest auf der Anlage dient der Überprüfung der elektrischen Verdrahtung und des Zusammenspiels aller elektrischen und elektromechanischen Einrichtungen ohne Medium. Der Zeitaufwand dafür hängt weitgehend von der Anzahl Fehler in der Feld-, Schaltschrank- und Rangierverteilerverdrahtung ab und ist somit auch ein Mass für die Ausführungsqualität der elektrischen Installationen.

Der Nasstest umfasst das Festlegen und das Einstellen aller prozessrelevanten Parameter wie Schaltpunkte, Zeiten, Regelparameter usw. und die letzte vollständige funktionelle Prüfung aller Anlagenteile mit Saubermasser. Dank des modularen, übersichtlich konzipierten Aufbaus aller elektrischen Ein-

richtungen und der Anwendung speicherprogrammierter Steuerungen neuester Technologie konnten bis heute sehr kurze Trocken- und Nasstestzeiten erreicht werden.

Adressen der Verfasser: René Schmidlin, dipl. El.-Ing. ETH, und Dieter Bühler, dipl. El.-Ing. ETH, c/o Karl Schweizer AG, Ingenieurbüro für Prozessautomatisierung, Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Baumackerstrasse 42, 8050 Zürich.

Literatur

- [1] Charwat, H.-J.: Karlsruhe. Prozess/Rechner-Bedienung. Regelungstechnische Praxis 1982, H. 2
- [2] Wiesmann, J. und Steiner H.R.: (1984). Kläranlage Werdhölzli, Erweiterung 1980/85; Der Betrieb. Schweizer Ingenieur und Architekt 103 (1985) H. 33/34, S. 786
- [3] Weidlich, S., Prutz, G.: Frankfurt a.M. Auswahlkriterien für den Einsatz digitaler dezentraler Automatisierungssysteme. Regelungstechnische Praxis 1982, H. 5

Baubegleitende Korrosionsschutzüberwachung

Stellenwert des Korrosionsschutzes in der Kläranlage Werdhölzli

Von I. Wulff und G. Kruska, Hombrechtikon

Wertvolle Bausubstanz unterliegt den Angriffen aggressiver Medien, sofern sie nicht dagegen geschützt wird. Zweckmässige Korrosionsschutzsysteme sind bekannt, jedoch nur wirksam, wenn sie baubegleitend überwacht werden.

Einleitung

Die Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli erfordert Investitionen von etwa 300 Mio. Fr., um den Bedürfnissen der Abwasserreinigung der Stadt Zürich gerecht zu werden. Dabei gelangen zwei wesentliche Werkstoffarten, nämlich mineralische und metallische, zur Anwendung. Beide werden sowohl durch Umwelteinflüsse als auch durch die Betriebsbedingungen angegriffen. Um der Zerstörung wertvoller Bausubstanz entgegenzuwirken, sind Schutzmassnahmen notwendig, die unter dem Begriff Korrosions- und Oberflächenschutz bekannt sind. Nur die konsequente Durchführung solcher Massnahmen verspricht der Betriebsleitung geringe Unterhaltskosten.

Die Stadtentwässerung Zürich hat sich entschlossen, alle Korrosionsschutzarbeiten von einer neutralen Stelle überwachen zu lassen. Dieser Entschluss erwuchs aus dem Bedürfnis, vom Steuerzahler finanzierte Bauwerke sachgerecht, sorgfältig und dauerhaft gegen die bekannten Angriffe zu schützen.

Aufgaben der Korrosionsschutzüberwachung

In der Kläranlage Werdhölzli untersteht die Korrosionsschutzüberwachung als Stabsfunktion der Projektleitung und steht allen Bauleitungen und Beratern sowie Projektverfassern zur Lösung von Korrosionsproblemen zur

Auszumessende Flächen	Anzahl Messpunkte m ²	Anzahl Messpunkte mind. max.
bis 10 m ²	5 - 10	10 50
10 - 100 m ²	3 - 5	50 300
100 - 1000 m ²	2 - 3	300 2000
über 1000 m ²	0,5 - 2	2000

Tabelle 1. Wahl der Messpunktezah

Verfügung. Das Aufgabengebiet teilt sich wie folgt auf:

- Ausarbeiten von Korrosionsschutzrichtlinien und Ausschreibungen,
- Revidieren von Korrosionsschutzrichtlinien,
- Prüfen von Offerten über Korrosionsschutzarbeiten (Zweckmässigkeit, Preisgestaltung),
- Prüfen von Ausführungsplänen hinsichtlich Korrosionsschutz,
- Prüfen der Materialauswahl,
- Beurteilen von Oberflächenvorbereitungen für Korrosionsschutzarbeiten im Lieferwerk oder auf der Baustelle,
- Überwachen der Beschichtungsarbeiten im Werk und auf der Baustelle mittels sporadischer Inspektionen,
- Ad hoc-Diskussion unvorhergesehener Korrosionsprobleme,
- Beurteilung der Durchführbarkeit von Korrosionsschutzmassnahmen,
- Durchführen von Abnahmekontrollen zum Nachweis der offerierten Leistungen (Schichtdickenmessungen, Oberflächenaspekt, Porenfreiheit, Farbton, Aushärtung, Verträglichkeit),
- Auswerten von Messergebnissen,
- Beurteilen von Schadenfällen,
- Beurteilen von Sanierungsmassnahmen,
- Ausarbeiten von Reinigungskonzepten für Oberflächen, die beim Betrieb der Anlage verschmutzt werden.