Kritische Betrachtungen zu Mischkonstruktionen

Ingo Wulff, SCE GmbH,
8634 Hombrechtikon
Erschienen: gwa 10/99

Die Einführung von "rostfreien Stählen" für Rohrsysteme auf Kläranlagen war gleichzeitig damit verbunden, dass sich die Mischkonstruktionsbauweise und eine Unzahl von galvanischen Trennungen zur vermeintlichen Verhinderung von Kontaktkorrosion auf Kläranlagen verbreitet haben. Die häufig völlig überflüssigen, unwirksamen oder defekten galvanischen Trennungen belegen, dass diese Technik nie gänzlich verstanden wurde und dass nach wie vor unnötig komplizierte und vermeintlich kostengünstige Systeme ohne Nachkontrollen und mit Restrisiken realisiert werden.

1. Einleitung1.1 Kontaktkorrosion bei feuerverzinkten Stählen

Feuerverzinkte Rohrleitungssysteme auf Kläranlagen werden seit Jahrzehnten verwendet. Anfänglich entstanden zwar im Bereich der Beckenabgänge bzw. -eingänge Korrosionsschäden in Form von Muldenkorrosion, ausgeprägter als die übliche Eigenkorrosion. Die Ursache war Kontaktkorrosion, ausgelöst durch galvanische Elemente. Beispielsweise waren die betroffenen Teile mittels Erdleiter oder über Befestigungen elektrisch leitend direkt oder indirekt mit dem Armierungsstahl der Becken verbunden gewesen. Trotz der Zinkkarbonat-Deckschicht der Feuerverzinkung wurde der metallische Überzug und schliesslich auch der darunter liegende niedriglegierte Stahl mit Korrosionsraten von über 1 mm/a lokal aufgelöst [1].

1.2 Mischkonstruktionen auf Kläranlagen

Seit etwa zehn Jahren haben sich "nicht- rostende Rohrsysteme", eine Ausführung in austenitischem, hochlegiertem Stahl, immer mehr verbreitet. Nebst der "Rostfreiheit" versprachen sie, ohne Rostzuschläge für die Wanddicken auszukommen und somit leichter und handlicher zu werden. Das konnte einen Teil ihres Kosten-Handicaps wettmachen, schliesslich waren dazumal die Kilopreise gegenüber C-Stahl noch relativ hoch. Ausserdem entfielen gegenüber der Feuerverzinkung einige Arbeitsschritte wie Demontage, Feuerverzinken, Wiedermontage, ohne dass man auf die Vorzüge metallischer Werkstoffe verzichten musste.

Allerdings wurde der Praxis-Grundsatz, wonach artgleiche, einheitliche Werkstoffe "am wenigsten Probleme" machen, angesichts der Kosten und Lieferzeiten von Armaturen im elektrochemisch artgleichen Werkstoff, sehr schnell aufgegeben.

Es entstand ein Kompromiss:"Weisse Rohrleitungen, schwarze Armaturen" - und die heute typische Mischkonstruktionsbauweise für Kläranlagen war geboren. Doch dieser Kompromiss hatte einige Folgen mit Tragweite.

2. Galvanische Elemente

2.1 Makroelemente als Ursachen für Muldenkorrosion

In wässeriger Umgebung korrodiert niedriglegierter Stahl aufgrund elektrochemischer Vorgänge auf seiner benetzten Oberfläche, d. h. zwischen elektrochemisch aktiven und passiven Elementen, die insgesamt ein galvanisches Element bilden. Aufgrund der Grösse der Elemente sind zu unterscheiden:

Mikroelemente:

Das Korngefüge und der Oberflächenzustand bewirken kleinste aktive und passive Bereiche (Anoden/Kathoden). Eine gleichmässige Flächenkorrosion entsteht, wenn bezüglich Oberflächenzustand und Medium homogene Verhältnisse vorliegen (homogene Mischelektrode).

Makroelemente:

Muldenkorrosion entsteht bei heterogenen Mischelektroden. Die Heterogenitäten haben verschiedene Ursachen:

- Mediumseitig: Korrosion durch Konzentrationselemente (Spaltkorrosion, Belüftungselemente)
- Metallseitig: Ausscheidungen an Korngrenzen
- Fremdbeeinflussung: Metallpaarungen (Kontaktkorrosion), Streuströme, indirekter Kontakt mit Fremdkathoden (Abb. 1 bis 5)

Zum Verständnis werden die wichtigsten Makroelemente nachfolgend kurz erläutert.

A	Hochlegierter Stahl in belüftetem Abwasser (in Extremfällen	ca.-200… +100 mV ca. -200… +500 mV)
B	Passivierter Armierungsstahl im wasserfühligen, alkalischen Beton (ohne Elementbildung)	ca.-100… -200 mV
C	dito, aber in trockenem Beton	ca.-200… 0 mV
D	Unlegierter Stahl in belüftetem Abwasser	ca.-450… -650 mV
E	Unlegierter Stahl in anaerobem Abwasser	ca.-700… -950 mV
F	Feuerverzinkung in belüftetem Abwasser (blank, Reinzinkschicht, ohne Zinkkarbinat-Deckschicht oder Kalkablagerungen	ca.-800… -1000 mV

Abb.1 Freie Korrosionspotentiale gegenüber $Cu/CuSO_4$-Bezugselektrode von auf Kläranlagen typischen Metalllegierungen (C6) [3]

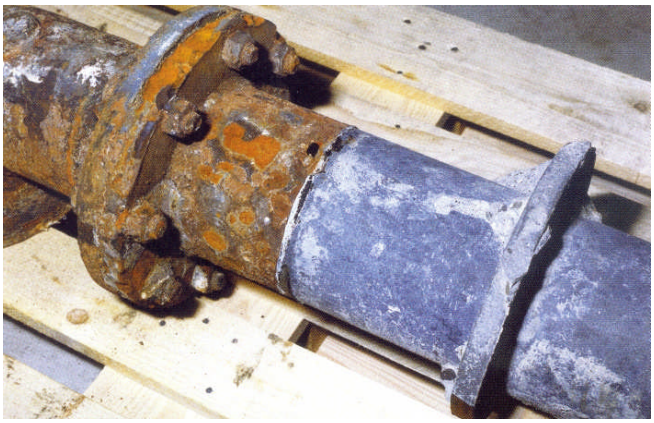

Abb. 2 Galvanisches Element aus Rohrleitung in C-Stahl, im Bereich der Mauerdurchführung passiviert (Kathode) und im anschliessenden wasserberührten Bereich (Anode) perforoert

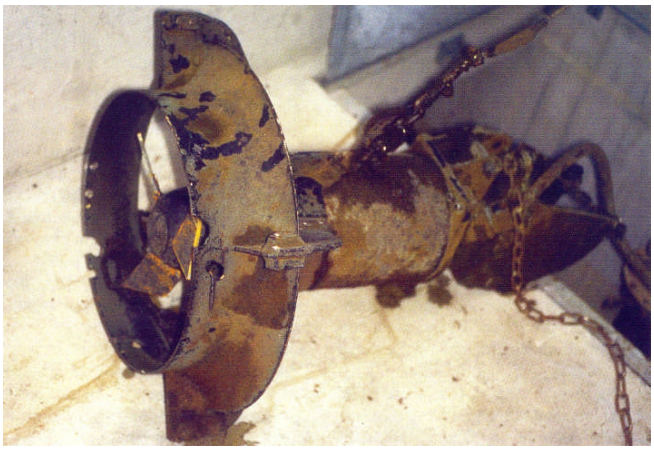

Abb. 3 Dürftig beschichtetes Rührwerk, weder isoliert aufgehängt, noch mit Auftrennungen de PE-Leiters, mit Korrosionsschäden nach kurzer Nutzungsdauer im Bereich des Leitapparates

2.2 Konzentrationselemente

In neutrale Wässer eingetauchte, korrosionsfähige Metalle korrodieren mehrheitlich nach dem Sauerstoff-Korrosionstyp. Es stellt sich eine bestimmte Eigenkorrosionsrate und ein Ruhepotential ein, abhängig davon, wie viel freier Sauerstoff im Wasser für die (Sauerstoff-)Korrosion vorhanden ist, ferner von vorhandenen Oxidationsmitteln (Säuren) und Deckschichten (z. B. Korrosionsprodukte, Ablagerungen). Geschwindigkeitsbestimmend ist die "Durchtrittsreaktion", d.h. die Reaktion der Elektronen in der elektrolytischen Doppelschicht [1].

Ein bekanntes Beispiel ist die Spaltkorrosion. Am Spaltmund mit geringerer Konzentration aggressiver Stoffe entsteht die edlere Kathode, im Spaltgrund die unedlere Anode. Aufgrund von Geometrie und Elektrolytwiderstand ergibt sich, dass die Kathodenfläche grösser ist als die Anodenfläche. Dieses ungünstige Grössenverhältnis der Flächen unterstützt den Vorgang zusätzlich.

Beim Belüftungselement wird die weniger belüftete Oberfläche (gemeint ist eine wässerige Umgebung mit weniger Sauerstoffangebot) ein höheres Ruhepotential einnehmen als belüftete Partien. Die Stelle mit dem höheren Potential ist unedler und wird zur Anode mit erhöhter Korrosionsgeschwindigkeit, während die edlere Stelle zur Kathode mit reduzierter Korrosionsrate wird.

Konzentrationselemente treten in der Praxis häufig auf, und zwar infolge

- unterschiedlicher Oberflächen und Oberflächenzustände: Rostablagerungen, Oxidschichten (Anlassfarben), Zunderschichten, Beschichtungen, Verschmutzungen, Ablagerungen
- unterschiedlichen Sauerstoffgehalts im Elektrolyt: Erdboden, Grundwasserschichten, Wechselzonen, Brunnenstube

2.3 Kontaktkorrosion

Werden elektrisch leitend verbundene, unterschiedliche Metalle (z.B. geschraubt) in einen Elektrolyt (z.B. Abwasser) eingetaucht, wird das elektrochemisch unedlere Metall in der Nähe der Kontaktstelle stärker angegriffen, als es alleine im gleichen Elektrolyt angegriffen würde (Abb. 6). Feuerverzinkte Flanschschrauben in einem hochlegierten, eingetauchten Flansch weisen beispielsweise schon nach wenigen Monaten Rotrost auf.

Abb. 4 Schlammabsaugung in Mischkonstruktion. Die galvanische Auftrennung zwischen „weissem“ und „schwarzem“ Stahl, beschichtet, war korrekt und wirksam, hingegen fehlte die Auftrennung des PE-Leiters für die Tauchpumpe

Abb. 5 Der feuerverzinkte Schützenrahmen zeigt gut die Verteilung der Korrosionsangriffe durch galvanische Elementbildung mit der Armierung. Er wurde auf Grund der sichtbaren Korrosionsangriffe demontiert, neu verzinkt und galvansich korrekt aufgetrennt montiert.

Abb. 7 Gasleitung in Mischkonstruktion und galvanischen Auftrennungen mittels Kragenhülsen im Lochbold der Flanschen von „schwarzen“ Armaturen, obwohl kein Elektrolyt vorhanden ist. Erdungsbrücken fehlen. Es besteht eine unbeabsichtige „Funkenstrecke“.

3. Bedingungen für galvanische Elemente

In der Praxis wird vielfach irrtümlich schon der alleinige Kontakt verschiedener Metalle oder eine Potentialdifferenz (gemäss Spannungsreihe) als ausreichend für ein wirksames galvanisches Element gehalten. In Abbildung 1 sind einige freie Korrosionspotentiale gemäss [3] aufgeführt.

Aus Abbildung 6 ist zu erkennen, dass für die Entstehung eines galvanischen Elementes drei Kriterien erfüllt sein müssen, nämlich:

a. Ausreichende Differenz der freien Korrosionspotentiale der beiden kombinierten Metalle

b. Nicht jeder Werkstoffwechsel bewirkt eine Potentialdifferenz. Für genaue Abklärungen genügen Abschätzungen nicht, die auf praktischen Spannungsreihen sowie auf Angaben für freie Korrosionspotentiale der Fachliteratur und der Normen (z. B. DIN 30976) beruhen. Wenn möglich, sollen die realen Korrosionspotentiale vor Ort ermittelt werden.

c. Elektronen-Leitung zwischen den beiden Metallen

d. Ist der Stromkreis zwischen der Metallpaarung wirksam unterbrochen, beispielsweise infolge einer galvanischen Auftrennung (Isolation), kann kein Korrosionsstrom fliessen und auch keine Kontaktkorrosion entstehen.

e. Ionen-Leitung zwischen den beiden Metallen

f. Fehlt der Elektrolyt (auch in Form von Kondensat) für die beiden Metalle, wie beispielsweise an Werkstoffwechseln in (nicht eingetauchten) Belüftungs- und Gasleitungen (Abb. 7), kann ebenfalls kein Korrosionsstrom fliessen.

Sind hingegen die beiden Metalle an der Kontaktstelle isoliert, aber anderweitig elektrisch leitend verbunden, wirkt der Elektrolytwiderstand der Elektrolytstrecke, entsprechend der Dicke der Isolation, der Anodenauflösung entgegen.

4. Das Ausmass der Kontaktkorrosion durch galvanische Elemente

Auch wenn die Bedingungen für ein galvanisches Element vorliegen, muss nicht zwingend eine ausgeprägte Kontaktkorrosion ablaufen.

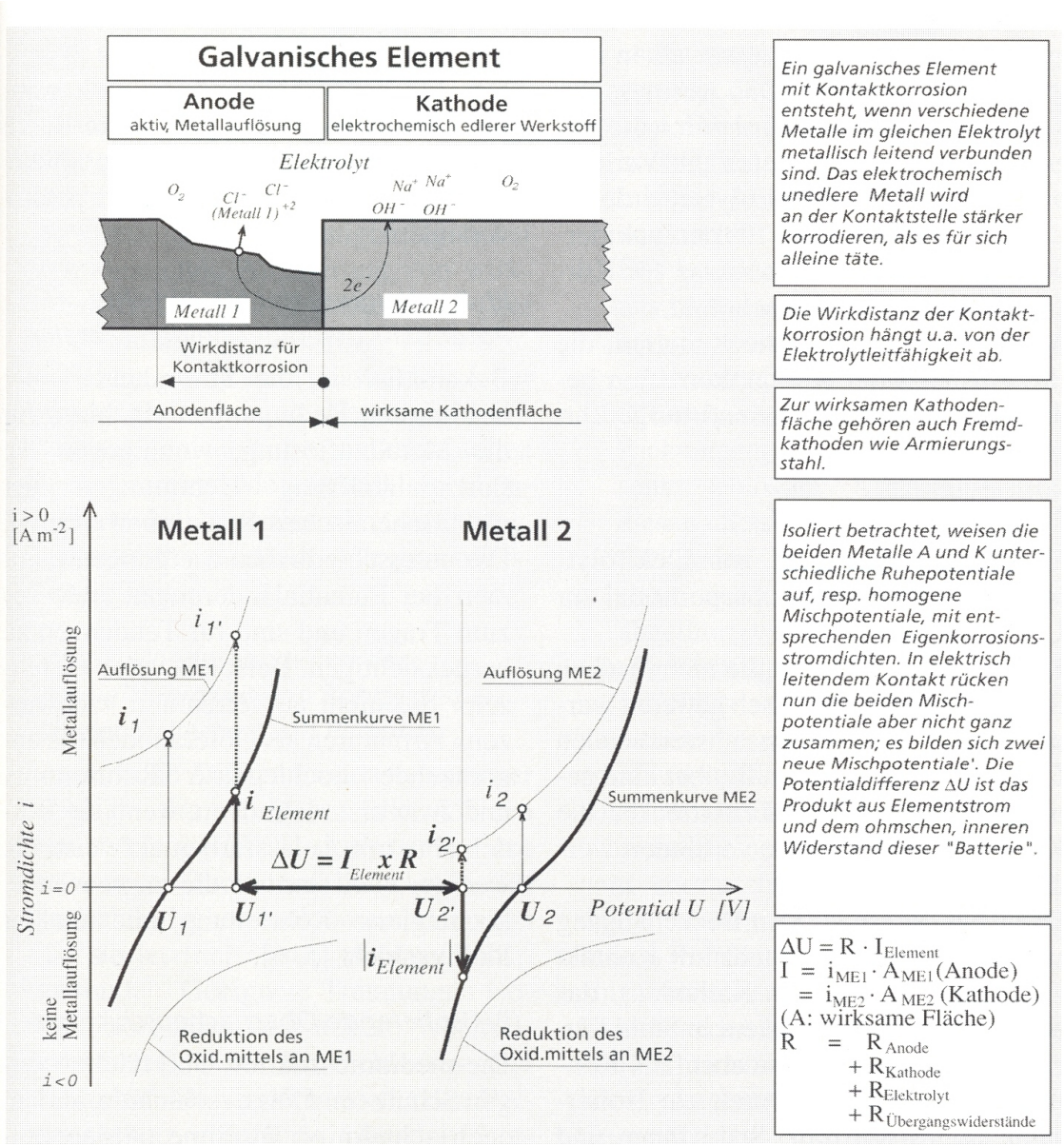

Abb 6 Galvansiches Element mit der Folge Kontaktkorrosion

Das Ausmass ist vom Widerstand R gemäss Abbildung 6 abhängig. Der Widerstand R repräsentiert den Parallelwiderstand der ohmschen Widerstände auf der Seite der Metallstruktur inkl. galvanischer Trennungen und eines Serienwiderstands auf der Elektrolytseite, gebildet aus dem Widerstand der wirksamen Wassersäule und von Durchgangswiderständen auf den benetzten Metalloberflächen [6].

- Metallseitig: Die wirksamen Kathoden und die Anoden können auf Kläranlagen sowohl nahe beieinander als auch örtlich auseinander liegen, mit Überlagerung von Kathoden. Da die Stahlstrukturen stark vermascht sind, auch wegen des Potentialausgleichs für den Personenschutz, besteht weiträumig eine gute Elektronenleitung. Das heisst, dass grosse Kathodenflächen wirksam werden können.
- Mediumseitig:Der Widerstand im Elektrolyt ist viel grösser als in metallischen Leitern. Das Ausmass der Kontaktkorrosion wird durch die Reaktion und damit durch die Verhältnisse auf der Elektrolytseite dominiert. Aufgrund des Elektrolytwiderstandes ist die Wirkdistanz für Korrosionsvorgänge beschränkt.

Nachfolgend werden die Kriterien, die das Ausmass der Kontaktkorrosion bestimmen, zusammenfassend aufgeführt und erläutert.

I Elektrolytwiderstand

Er steigt proportional zur Elektrolytstrecke und umgekehrt proportional zur Leitfähigkeit.

Können beispielsweise die metallischen Strukturen nicht elektrisch getrennt werden, kann über einen

ausreichenden Elektrolytwiderstand, z. B. über eine genügend lange Flüssigkeitsstrecke, die Korrosion an der Anode verhindert werden.

Dazu ein Beispiel: Der Beckenabgang sei in hochlegiertem Stahl mit Kontakt zur Armierung (beides Kathoden), das anschliessende Rohrsystem in Stahl feuerverzinkt (Anode) habe ebenfalls Kontakt zur Armierung. Durch ein Isolierstück (Kunststoffrohr, Stahl innen und flanschseitig isolierend beschichtet) kann der Elektrolytwiderstand so weit erhöht werden, dass an der Anode nur noch die Eigenkorrosion abläuft. Die erforderliche Länge des Isolierstückes beträgt aus Personenschutzgründen 2,5m.

II Wirksames Flächenverhältnis zwischen Kathode und Anode

Das Flächenverhältnis ist geometriebedingt. Ungünstig sind grosse Kathodenflächen kombiniert mit kleinen Anodenflächen, da sich die Korrosionsstromdichte angenähert entsprechend diesem Flächenverhältnis übersetzt und die Anode dann sehr schnell aufgelöst wird. In der Praxis sind Flächenverhältnisse unter 1, beispielsweise feuerverzinkter Flansch mit hochlegierten Schrauben montiert, unbedenklich.

Ein weiteres Beispiel für ein ungünstig hohes Flächenverhältnis sind Klappen mit einer porigen Innenbeschichtung und somit kleinen Gussoberflächen (Anoden), die in einem hochlegierten Rohr (Kathode) ohne galvanische Auftrennung eingesetzt sind. Mögliche Gegenmassnahmen sind: galvanische Trennung einbauen oder die angrenzende Kathodenfläche (Innenflächen der Rohre) durch eine Beschichtung verringern und gleichzeitig den Widerstand erhöhen.

Das Flächenverhältnis kann sich während des Betriebs beispielsweise durch Ablagerungen oder Korrosionsprodukte der Eigenkorrosion negativ oder positiv verändern.

III Die Neigung der Stromdichte- Potential-Kurven der beiden Metalle

Bekanntlich ist die Stromdichte unter bestimmten Bedingungen ein Mass für die Metallauflösung, wohingegen die Potentialänderung Hemmungen der elektrochemischen Reaktionen anzeigt. Die unterschiedlichen Steigungen kommen bei Potentialänderungen (Abb. 6) zum Tragen und sind für Tendenzen zu berücksichtigen. Beispielsweise "schützen" die nicht aufgetrennten "schwarzen" Armaturen als Opferanoden die angrenzende hochlegierte Rohrleitung, und zwar erst recht dann, wenn sie Bördelnähte mit Anlassfarben aufweist, die weniger edel sind als die angrenzende, hochlegierte Rohrleitung mit intakter Passivschicht [5, 6].

IV Isolierende Oberflächenschichten

Die mediumberührten Oberflächen zeigen Schutz- und Passivschichten, zudem auch schleimige Biofilme, Ablagerungen, Kalkausscheidungen, Korrosionsprodukte und anhaftende Beläge. Diese (Doppelschicht-)Widerstände sind in Serie geschaltet mit dem Elektrolyt-Widerstand der messgebenden Flüssigkeitsstrecke (Abb. 2 bis 4). Sie hemmen den Korrosionsvorgang im Medium Abwasser fallweise sehr stark.

5. Praktische Ausführungsprobleme bei Mischkonstruktionen

Der bei der Einführung von hochlegiertem Stahl für Rohrleitungen getroffene Kompromiss "Weisse Rohrleitungen, schwarze Armaturen" hatte einige Folgen mit Tragweite:

Folge 1: Galvanische Trennungen zur Verhinderung von Kontaktkorrosion

Die Differenz der freien Korrosionspotentiale von hochlegiertem und von feuerverzinktem Stahl in Abwasser beträgt theoretisch bis über 1000 mV, was als auftrennungswürdig angesehen wurde, ungeachtet der wirksamen Flächenverhältnisse usw. (siehe obengenannte Kriterien). Es wurden galvanische Trennungen in Form von elektrisch isolierenden Flanschverbindungen eingesetzt, teilweise aber auch nur dünne Folien und Schrumpfschläuche. In [2, Ausgaben 90 und 95] ist die Auftrennung eines solchen Flanschs wiedergegeben.

Die konsequente und langfristig sicher funktionierende Ausführung von wirksamen Trennungen gestaltete sich in der Praxis anfänglich schwierig [7].

Auch heute zeigt sich, dass viele solcher Trennungen schon im Neuzustand unwirksam sind und die Funktion selten durch korrekte Messtechnik nachkontrolliert wird. Hinweise zur Ausführung, zu Kontrollen und zur richtigen Messtechnik fehlen in [3].

Folge 2: Wiederherstellen der Längsleitfähigkeit von Rohrsystemen und der Sicherheit von Personen

Galvanische Auftrennungen haben zwar lediglich die Aufgabe, die kleinen Gleichströme (Korrosionsströme) zu verhindern. Trotzdem kann man für diese elektrischen Isolationen, denn das sind sie letztlich, keine dünnen Folien verwenden. Geeignete Trennungen isolieren aber auch weit höhere Wechselströme, z. B. eines Kurzschlusses, und verhindern schliesslich die für

den Personenschutz geforderte Längsleitfähigkeit eines Rohrstranges (Abb. 7).

Gefordert wurde nun ab 1990 vom ESTI (Eidg. Starkstrominspektorat), dass Rohrabschnitte und wasserberührte Flächen ab einer bestimmten Grösse ins Erdungskonzept zu integrieren sind [2]. Dazu mussten die "schwarzen" Armaturen etc. beidseits galvanisch aufgetrennt, mittels Erdungsbügeln überbrückt und schliesslich zu einem vermaschten "weissen" System zusammengehängt werden [7].

Folge 3: Isolierung der "weissen" Werkstoffe und Erdung via Abgrenzeinheiten

Beide Werkstoffsysteme resp. "Potentialgruppen" mussten aber geerdet werden. Damit nun die Potentialdifferenz aufrechterhalten blieb, konnten sie nicht beide direkt an den Fundamenterder angeschlossen werden. Die (ohnehin fragwürdigen) Auftrennungen bei Flanschen mit Werkstoffwechsel wären nahezu unwirksam gemacht worden. Lediglich der elektrolytische Widerstand einer kurzen Wassersäule, entsprechend der Isolationsdicke, hätte noch gewirkt. Das Erdungsproblem wurde dazumal mit zwei Massnahmen gelöst:

a) Die hochlegierten Komponenten wurden nun nicht nur gegenüber dem "schwarzen Stahl", sondern auch gegenüber der Armierung isoliert montiert. Diese Massnahme verwirrte, da hochlegierter Stahl ansonsten direkt mit der Armierung verbunden werden durfte.

b) Das hochlegierte System wurde mittels antiparalleler Dioden (Abgrenzeinheit) an den Fundamenterder geschlossen. Damit konnten einerseits Gleichspannungen bis 0,7 V in beiden Richtungen gesperrt werden, anderseits schlossen Kurzschlussströme diesen "Schalter" innert weniger Millisekunden, sodass der Kurzschlussstrom, wiederum in beide Richtungen, abgeführt werden konnte.

Die Praxis zeigt, dass es enorm schwierig ist, elektrisch leitende Verbindungen zwischen diesen beiden Systemen dauerhaft zu verhindern.

Auch messtechnisch gestaltetet es sich schwierig, eine "undichte" Stelle in einem vermaschten Netzwerk aufzufinden, erst recht, wenn die noch nicht gefüllten Rohrleitungen in feuchtem Beton eingebettet waren.

Es entstanden letztlich Zweifel am Sinn und Zweck von derart geerdeten Mischkonstruktionen sowie Bedenken zu den Gesamtkosten, u. a. verursacht durch Nebenkosten wie:

a) galvanische Trennungen bei Flanschen mit Werkstoffwechsel

b) Erdungsbügel zum Überbrücken von Armaturen und zur Verbindung hochlegierter Inseln zur Sammelschiene resp. zur Abgrenzeinheit

c) isolierende Einlagen für die hochlegierten Werkstoffinseln (Rohrschellen, Unterlagen)

d) Sammelschienen und Abgrenzeinheiten (AE)

e) Kontrollen der Wirksamkeit von galvanischen Trennungen, Isolierungen und AE

6. Anregungen für Mischkonstruktionen

Die Situation ist momentan durch unter- schiedlichste Auffassungen über Sinn und Zweck von Auftrennungen beherrscht. Der Unternehmer sieht sich mit den verschiedensten Vorgaben konfrontiert und ist verunsichert. Zudem findet der Praktiker und Ingenieur in [3] keine Erläuterungen zu Erdungsbügeln, isolierenden Zwischeneinlagen und Abgrenzeinheiten.

Die Situation kann dadurch verbessert werden, dass der Planer die galvanischen Trennungen in seinen Verantwortungsbereich übernimmt, denn sie benötigen ein Konzept, klare Qualitätsvorgaben für die Ausführung, Kontrollen und Überwachung.

Nachfolgend wird eine Checkliste vorgestellt, die auf den Forderungen des Personenschutzes basiert.

a) *Grundsatz "Personenschutz kommt vor dem Korrosionsschutz" anwenden*
Mischkonstruktionen verleiten dazu, unnötig viele Auftrennungen vorzusehen. Jede unnötige Auftrennung be- nötigt frankierende Massnahmen zum Personenschutz und kann letztlich eine Gefährdung ergeben.

b) *Orientierende Bereichseinteilung vornehmen*
Die "Potentialgruppen" gemäss Abbildung 1 ergeben eine praxisfreundliche Aufteilung. Die "Potentialgruppen" A und C lassen sich, oft sogar ungeachtet der Flächenverhältnisse, direkt und ohne Abgrenzeinheiten und weitere Massnahmen miteinander kombinieren. Beispiel: Schützen aus hochlegiertem Stahl können folgenfrei Kontakt haben zur Armierung (entgegen Abb. 5).

c) *Klärung, ob Bedingung für galvanische Elemente vorliegt*
Die anderen Gruppen D bis F gemäss Abbildung 1 zeigen hingegen grössere Potentialdifferenzen zu A bis C, sodass die Bedingung a) gemäss den im Kapitel 3 "Bedingungen für galvanische Elemente" aufgeführten Kriterien erfüllt ist. Eine Korrosionsgefahr besteht aber erst, wenn auch die zwei anderen Kriterien erfüllt sind.

d) *Klärung des Ausmasses einer allfälligen Kontaktkorrosion*
Diese ist gemäss den Kriterien von Kapitel 4 "Das Ausmass der Kontaktkorrosion durch galvanische Elemente" abzuschätzen - im Allgemeinen eine anspruchsvollere Aufgabe.

e) *Auftrennung und Massnahmen zum Personenschutz spezifizieren*
Sofern für die unedleren Teile der Mischkonstruktionen (nebst der Eigenkorrosion) eine relevante Kontaktkorrosionsgefahr besteht und sie auftrennungswürdig sind, muss eine geeignete Auftrennung spezifiziert werden. Sie sind an übersichtlicher Stelle anzuordnen, wo sie einfach kontrollierbar sind. Gleichzeitig sind die Massnahmen für den Personenschutz vorzusehen. Aufgrund der in Kapitel 3 und 4 beschriebenen Kriterien ergeben sich:
- "Muss"-Auftrennungen: z.B. in Becken eingetauchter C-Stahl oder Guss, feuerverzinkt, in Kontakt mit der Armierung, Tauchpumpen etc. (Abb. 2 bis 5)
- "Kann"-Auftrennungen: Werkstoffwechsel "schwarz-weiss" bei Armaturen in hochlegierten Rohrleitungen bei Flächenverhältnissen von ca. 1: 1
- "Verbotene" Auftrennungen: Werkstoffwechsel von "weiss" nach "schwarz" in Gasleitungen (Abb. 7) und Belüftungsleitungen oberhalb des Wasserspiegels

f) *Kontrollen*
Vollständigkeit und Funktion müssen visuell und messtechnisch korrekt nachkontrolliert werden (Vierleiter-Messtechnik mit AC-Erdungsmessern und Frequenzen ungleich 50 Hz). Der Zeitpunkt ist für die Trockenabnahme vorzusehen (leere Leitungen).

7. Zusammenfassung

Es bestehen heute unterschiedlichste Vorgaben, Meinungen und Ausführungsstandards zu galvanischen Trennungen in Mischkonstruktionen. Die Empfehlungen der C6 werden in der Praxis nicht immer richtig verstanden. Die Unternehmer sind verunsichert. Auftrennungen und vor allem die flankierenden Massnahmen sind kostspielig. Sie zeigen in der Praxis oft nicht die er- wartete Wirkung, weil sie nicht geplant und klar vorgeschrieben wurden, untauglich oder defekt sind, nicht nachkontrolliert wurden oder zu guter Letzt überflüssig sind oder sogar eine Gefährdung ergeben für die Sicherheit von Personen. Der Sinn und Zweck einer galvanischen Auftrennung darf sich nicht nur an einer Potentialdifferenz orientieren, wie es verbreitet ist, sondern sie ist mit verschiedenen weiteren Kriterien zu bewerten, die in diesem Fachartikel vorgestellt wurden. Ihre konzeptionelle Planung gehört in den Verantwortungsbereich der Planer und Kläranlagenbauer.

Literaturverzeichnis

[1] Uhlig, H.H. (1971): Korrosion und Korrosionsschutz.

[2] Eidgenössisches Starkstrominspektorat (1990): Weisungen für elektrische Installationen in Abwasseranlagen (We ARA), Ausgabe November 1990.

[3] Korrosionskommission der SGK (1995): Richtlinien zum Korrosionsschutz in Abwasseranlagen C6, Ausgabe 1995

[4] Baeckmann, Schwenk, Prinz (1989): Handbuch des kathodischen Korrosionsschutes.

[5] Volmer, Gümpel, Racky, Blaise: Oberfkächenbehaftungsverfahren und deren Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen.

[6] Institut für Korrosionsschutz Dresden (1997): Vorlesung über Korrosionsschutz von Werkstoffen, Teil 1.

[7] Rickenbacher, F. (1993): Korrosionsrisiken bei Mischkonstruktionen, gwa 10/93