

Sächsische Biogastagung, Klipphausen

Untersuchungen von Korrosionsschäden an Metall, Holz und Beton an sächsischen Biogasanlagen



Mathias Herms, 08.10.2019

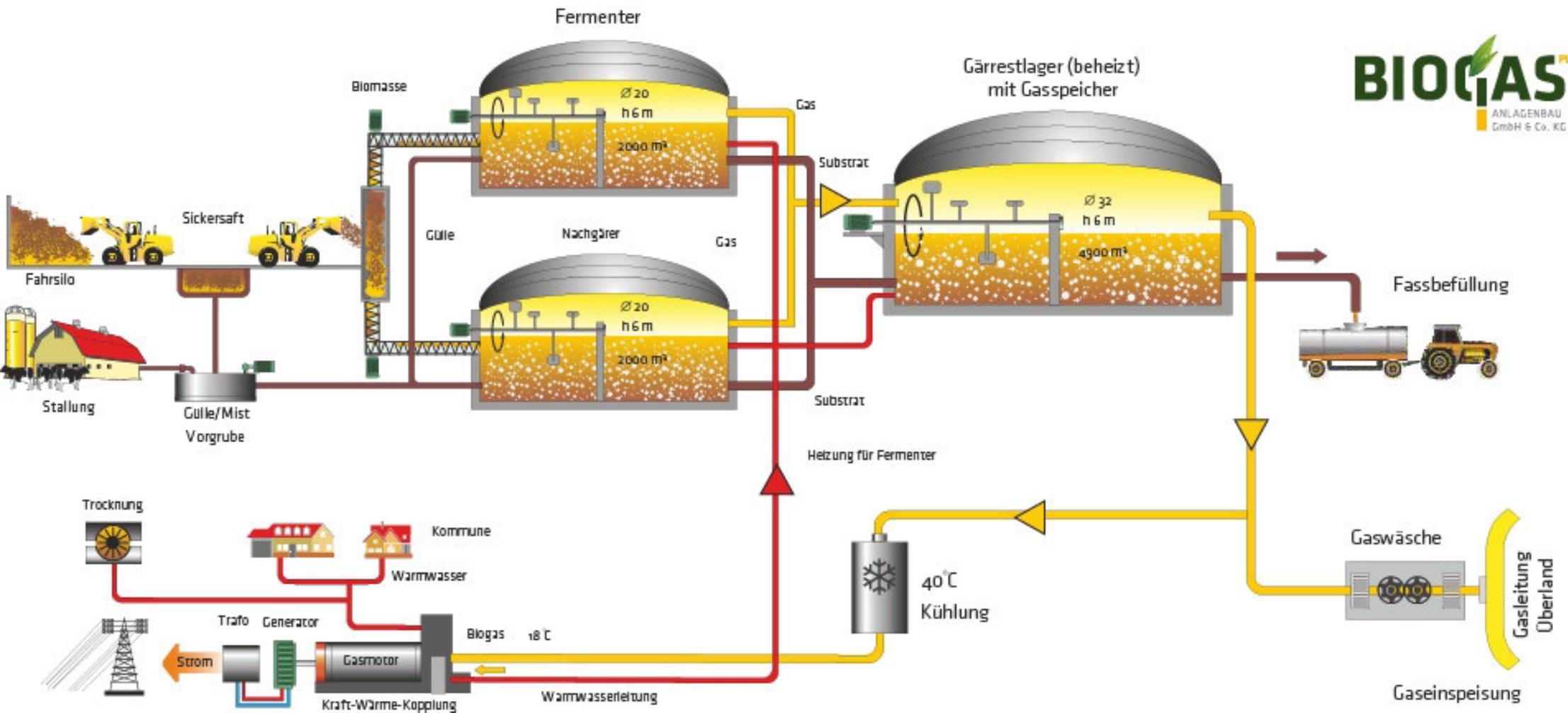
Gliederung

1. Einleitung
2. Grundlagen
3. Erfassung des Istzustands
4. Auswertung und Analyse
 - 4.1 Auswertung der Korrosionsschäden
 - 3.2 Auswertung und Ableitung von Reparaturmaßnahmen
5. Schadensvorbeugung
6. Zusammenfassung und Ausblick

1. Einleitung

- Umfang der Untersuchungen (04/2018 – 09/2019)
 - ca. 300 Biogasanlagen in Sachsen
 - 241 Anlagen / Betreiber wurden angeschrieben
 - davon 86 Rückmeldungen
 - 80 landwirtschaftliche Biogasanlagen
 - 6 (Abfall- / Kläranlagen)
 - 37 Anlagenbesuche

Funktionschema Zweistufige Biogasanlage



1. Einleitung

- Umfang der Korrosionsschäden
 - 66 Schadensereignisse
 - 111 Korrosionsschäden
 - Summe Reparaturkosten: 2.200.000,-€
 - Summe Ausfallkosten: 818.000,-€
 - Reparaturkosten Einzelfall bis: 350.000,-€























08/04/2015 15:09



















2.1 Biochemische Grundlagen

Umsetzung der Organik im Gärsubstrat (TU DD, 2006)

KH, Eiweiße, Fette



—————→ Korrosion nahezu ausgeschlossen

Schwefelwasserstoffentfernung durch Luftentschwefelung (TU DD, 2006)



Bildung biogener Schwefelsäure (MPA, 2017)



2.2 Korrosion von Werkstoffen

- Die Luftdosierung verändert die schwach korrosive Biogasatmosphäre in eine stark korrosive!

H_2SO_4  Korrosion von Metall, Beton, Holz

- Das Korrosionspotential ist abhängig von:
 - Werkstoffauswahl / Beschichtungssystem
 - Konzentration H_2S
 - Konzentration O_2 (Überdosierung ?)
 - Reaktionsdauer
- Keine Abhängigkeit vom Substrat, bei Einstellung der H_2S -Konzentration im Biogas durch Fe-haltige Fällmittel



3. Erfassung des Istzustandes

- 3.1 Schriftliche Datenerfassung
- 3.2 Vorort-Termine
- 3.3 Probenahme und Analytik

3.1 Schriftliche Datenerfassung – Umfang

- Allgemeine Daten
 - Standort, Alter, Typ, Größe
- Betriebsdaten
 - Input, Prozessparameter, Biogasqualität, Entschwefelung
- Anlagenkonstruktion / Werkstoffe
 - Substratdosierung, Prozessbehälter, Verfahren
- Korrosionsschäden
 - Ursachen, Umfang, Maßnahmen

3.1 Schriftliche Datenerfassung

- Adressen von LfULG, Internetportalen, Branchen-reg.
- Umfrage per Online-Portal und Post
- 1. Umfrage von 16.05. bis 15.06.2018
 - Rücklauf <20%
- 2. Umfrage 18.07. bis 13.08.2018
 - Rücklauf 38%
- Übertragung der Datensätze in Datenbank zur Auswertung

3.2 Vorort-Termine

- Auswahl anhand der gemeldeten Schäden
- Oder aufgrund auffälliger Prozessdaten, Konstruktionsmerkmale, Betriebsdaten
- Verifizierung der schriftlichen Daten
- Detaillierte Aufnahme der Korrosionsschäden
- Probenahme, Gasmessung
- Anlagenbegehung

3.3 Probenahme und Analytik

- Substrat- und Gärflüssigkeit
 - LKS: Umfang Düngewerte + Ca, P, Mg, K, S
- Biogasqualität
 - erst Analysenservice GmbH U+Öllabor Leipzig
 - dann tlw. Vorortmessung mit mobilem Gasmessgerät
- Edelstahlproben geschädigter Anlagenteile
 - Proben von Behältern und Einbauten
 - MPA Bremen:
 - Makroskopische Untersuchung
 - REM
 - Metallograph. Untersuchungen
 - Chem. Analyse

4. Auswertung und Ergebnisse – Übersicht Schäden

Kategorie	Anzahl Anlagen	Anzahl Schäden
SUBSTRAT Lagerung / Eintrag		
Feststoffdosierung	62	3
Substratlagerung	k.A.	1
Substrataufbereitung	k.A.	2
Betonbehälter <u>Vorgrube</u>	47	0
Betonbehälter Hydrolyse	7	2
SUMME Korrosionsschäden		8 von 111

4. Auswertung und Ergebnisse – Übersicht Schäden

Kategorie	Anzahl Anlagen	Anzahl Schäden
PROZESSTANKS		
Betonbehälter GWZ Biogas (GRL <u>gasdicht</u>)	126	23
Holzbalken / Holzdecke GWZ Biogas	73	24
Behälterwand V4A GWZ Biogas	11	8
Korrosion Einbauten V4A GWZ Biogas, ohne Rührwerkseile	53	22
Korrosion Behälterwand und Einbauten aus C-Stahl (in GWZ)	19	6 (2)
SUMME Korrosionsschäden		83 von 111

4. Auswertung und Ergebnisse – Übersicht Schäden

Kategorie	Anzahl Anlagen	Anzahl Schäden
SONSTIGE		
Korrosion Abgaswärmetauscher BHKW	k.A.	5
Korrosion Gasspeicher Rot	9	9
Korrosion Heizungsanlage	k.A.	2
Korrosion Schaltschränke	86	1
Korrosion Gebäudehülle	k.A.	3
SUMME Korrosionsschäden		20 von 111



4.1 Auswertung der Korrosionsschäden

- a. Edelstahlbehälter und Einbauten aus Edelstahl (V4A)
- b. Betonbehälter und Beschichtungssysteme
- c. Holzdecken
- d. Sonstige

4.1 a. Korrosionsschäden Edelstahl

- Edelstahlbehälter (8 Schäden)
- Einbauten (22 Schäden)
 - Befestigungen Tauchmotorrührwerke
 - Masten Tauchmotorrührwerke
 - Seile TMRW (nicht gezählt)
 - Wartungsschächte
- Korrosionsbedingungen (Behälter)
 - ausschließlich in der GWZ (außer Seile)
 - H₂S: 300 bis 1250ppm / O₂: 0,3 bis 0,8%
- Standzeit (Behälter): 3,5 – 11 Jahre
- Kosten (RK + AK) für Behälter: 15.000,- bis 85.000,-€
- Kosten (RK + AK) für Einbauten: bis 20.000,-€

4.1 a. Korrosionsschäden Edelstahl (V4A)

Edelstahlproben zur weiterführenden Untersuchung ->MPA

- Probe 1+2: Behälterwand 2 x
- Probe 3+4: Rührwerksaufhängung 2 x
- Probe 5: Befestigungselement Spanngurte
- Probe 6: Seil Rührwerksaufhängung

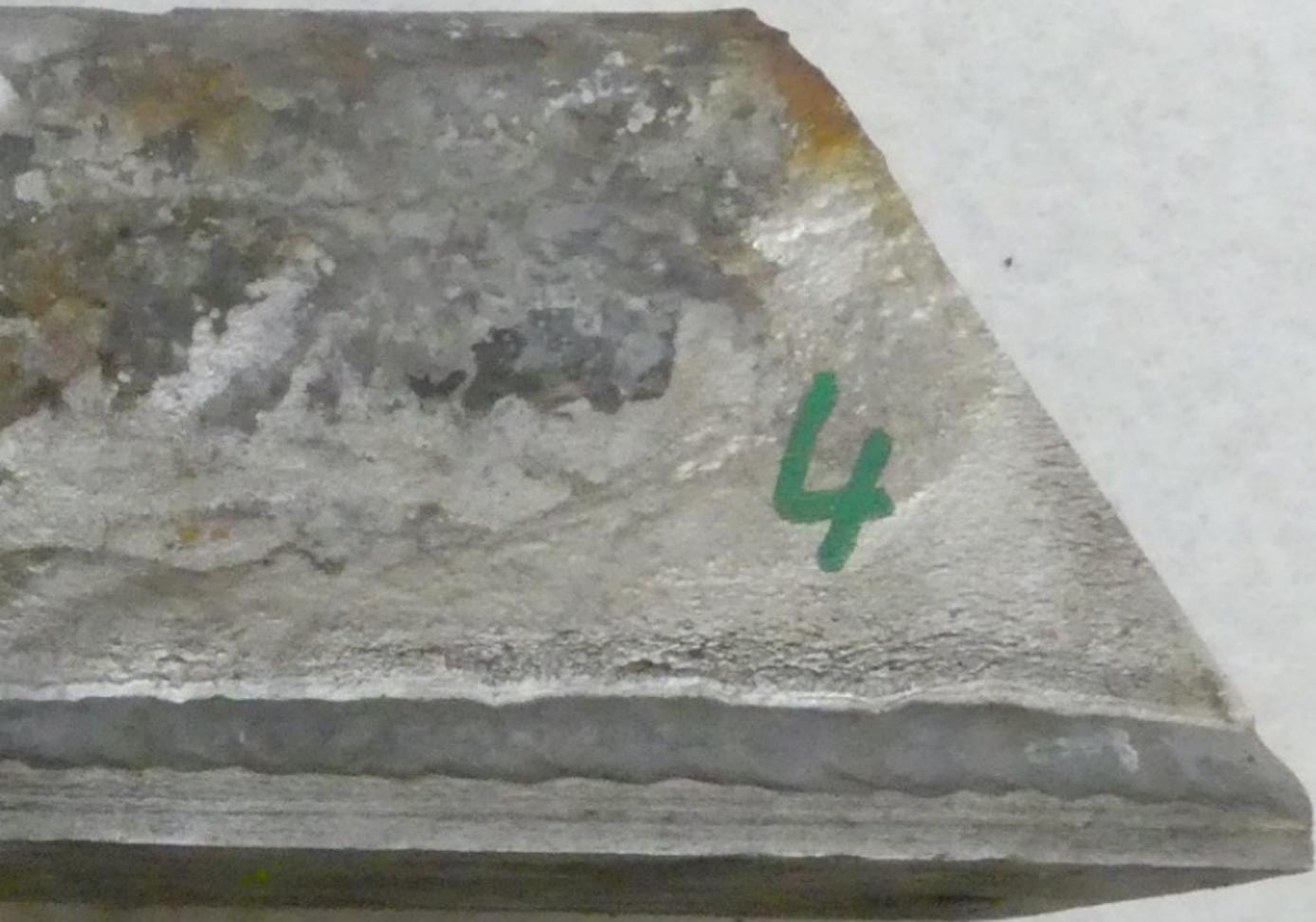
Ergebnisse Analytik MPA:

- 1 x Materialeinsatz inkorrekt (Probe 5 / V2A)
- 5 x Bestätigung des Materials (1.4571 / V4A)
- Bei allen Bauteilen Korrosion durch Schwefelsäure

2











6

4.1 a. Korrosionsschäden Edelstahl (V4A)

Abhängigkeit zu Betriebsparametern / Konstruktion:

- Keine Abhängigkeit zu Input
- Keine Abhängigkeit zu Entschwefelungsmitteln
- Keine Abhängigkeit von Konstruktion (Größe, RW)

- Eindeutige Abhängigkeit Behälter-Schäden von der Biogasqualität:
 - 8 Schadensfälle mit Luftdosierung ($O_2 > 0,3\%$)
 - 1 x kein Schäden ohne Luftdosierung
 - 1 x kein Schaden durch Emaille-Beschichtung
- **Ca. 90%** Schäden bei Behältern V4A + O_2 ohne KS
- **38% + X** Schäden an Befestigung TMRW

4.1 b. Korrosionsschäden Betonbehälter / Beschichtung

- Betonbehälter (23 Korrosionsfälle)
- Davon 6 verschiedene Beschichtungssysteme (8 k.A.)
- Kein Behälter betroffen mit Folien-System (PE, PVC, PP)

- Korrosionsbedingungen
 - ausschließlich in der GWZ
 - H₂S: 40 bis 1250ppm / O₂: 0,2 bis 1,0%

- Standzeit (Behälter beschichtet): 4 – 11 Jahre
- Standzeit Behälter + Folie > 13 Jahre
- Kosten (RK + AK) für Behälter: 20.000,- bis 170.000,-€

4.1 b. Korrosionsschäden Betonbehälter / Beschichtung

Ursache der Korrosion

- Versagen des Beschichtungssystems
- Chemischer Angriff des Betons durch Schwefelsäure

Versagen des Beschichtungssystems

- Verarbeitungsmängel (Feuchtigkeits-sensibel, [Blasen](#))
Hier Problem: Bauzeitenplan vs. EEG!
- Alterung -> Versprödung / Rissbildung
- Spannungsrissbildung (Spannbeton)



4.1 b. Korrosionsschäden Betonbehälter / Beschichtung

Abhängigkeit Schäden zu Betriebsparametern / Konstruktion:

- Keine Abhängigkeit vom Input
- Keine Abhängigkeit zu Entschwefelungsmitteln
- Keine Abhängigkeit von Konstruktion (Größe, RW)

- Eindeutige Abhängigkeit Behälter-Schäden von der Biogasqualität:
 - 23 Schadensfälle mit Luftdosierung ($O_2 > 0,3\%$)
 - keine Schäden ohne Luftdosierung (z.B. Pfefferkorn oder BGAA/ BGEA)

4.1 c. Korrosionsschäden Holzbalken / Holzdecken

- Betroffene Behälter (24 Fälle)
- ABER: es werden viele Fälle wegen geringem Schaden nicht gemeldet!
- Korrosionsbedingungen
 - ausschließlich in der GWZ
 - H_2S : 40 bis 1250ppm / O_2 : 0,2 bis 1,0%
- Standzeit (Behälter): 2 – 10 Jahre
- Kosten (RK + AK) für Behälter: 3.000,- bis 65.000,-€

4.1 c. Korrosionsschäden Holzbalken / Holzdecken

Ursache der Korrosion:

- werden zur biolog. Entschwefelung eingesetzt
- Feuchtigkeit + Angriff durch Schwefelsäure
-> Zersetzung der Holzstruktur

Abhängigkeit Schäden zu Betriebsparametern / Konstruktion:

- Keine Abhängigkeit vom Input
- Keine Abhängigkeit zu Entschwefelungsmitteln
- Abhängigkeit von Konstruktion
 - Statik / Sicherheitszuschläge
 - Materialauswahl
 - Abhängigkeit vom Alter (durchschnittlich 5-7 Jahre)





4.1 d. Korrosionsschäden Sonstige

- 8 x Substratlagerung, Vorgruben, Eintragssysteme
 - Ursachen: Angriff durch organischen Säuren, Ammoniak in Verbindung mit Abrasion (Sand)
 - Kosten 20.000 bis 40.000€
- 9 x Rote Gasdächer
 - Ursache: mangelnde UV-Beständigkeit
 - Kosten 10.000 bis 25.000€
- 3 x Gebäudehülle
 - Ursache: Kondensation, NH_3 , organ. Säuren
 - Kosten bis 350.000€

4.1 d. Korrosionsschäden Sonstige

- 5 x Abgaswärmetauscher BHKW
 - Kondensation + SO₂
 - Kosten 5.000 bis 8.000€

- 1 x Reaktorheizung in C-Stahl
 - Kosten 65.000€

- 1 x Abgaswärmetauscher heizungsseitig
 - Kosten 15.000€

4.2 a. Auswertung von Reparaturmaßnahmen – V4A

Reparaturmaßnahme V4A Behälter:

- Tlw. Auswechseln Behälerring GWZ
- Beschichtung mit Epoxy oder PSC001-H3

Bewertung:

- Alle Reparaturmaßnahmen waren erfolgreich, bisher keine weiteren Schadensmeldungen
- Standzeiten nach Reparatur > 4 – 7 Jahre
- PSC: geringe Ausfall- und Reparaturkosten (10.000 + 4.000,-€)

Auftrag ohne Restentleerung, Sandstrahlen / Trocknen der Oberflächen möglich



4.2 a. Auswertung von Reparaturmaßnahmen – V4A Einbauten

Reparaturmaßnahmen Befestigung TMRW:

- Austausch der korrodierten Bestandteile
- Beschichtung nicht möglich (Mechanik)
- Tausch der V4A-Seile durch Kernfasermantelseile

Bewertung:

- Tausch der Seile durch KS-Seile führt zu deutlichen Erhöhung der Standzeit: > 2 Jahre
- Kosten Austausch Befestigung TMRW ca. 5000,-€
- Kosten Austausch Befestigung RW-Seil ca. 500,-€

4.2 b. Auswertung von Reparaturmaßnahmen – Beton / Beschichtung

Reparaturmaßnahmen:

- Strahlen der beschädigten Betonoberfläche
- Aufspachteln / Ausgleich des Betonabtrags
- Auftrag neue Beschichtung

Bewertung:

- Mehrere wiederholte Schadensfälle nach Reparatur dokumentiert (Standzeit 1 Jahr)
- Sehr hohe Reparatur- und Ausfallkosten (Σ bis 170.000,-€)



4.2 b. Auswertung von Reparaturmaßnahmen – Beton / Beschichtung

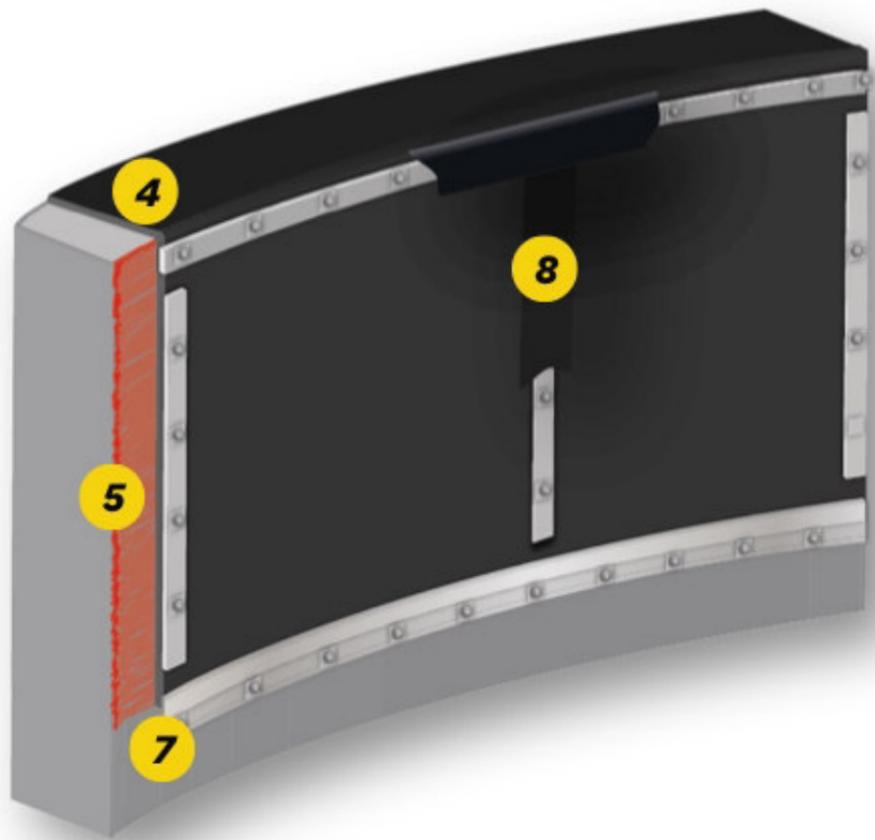
Reparaturmaßnahmen Alternative:

- Strahlen der beschädigten Betonoberfläche
- Aufspachteln / Ausgleich des Betonabtrags
- Installation Foliensystem (PE, PP, PVC)

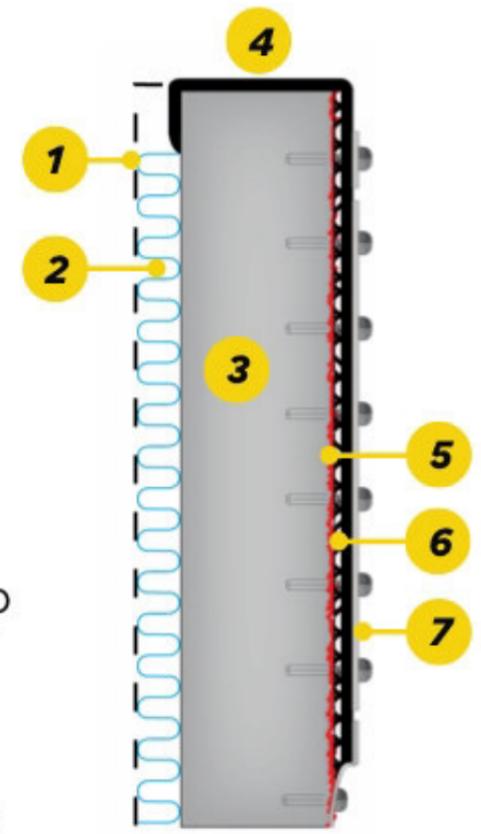
Bewertung:

- Kein Schadensfall eines Foliensystems gemeldet!
- Standzeiten > 13 Jahre

- Reparaturkosten ca. 10.000,-€ (nur Foliensystem)



- 1 Blechverkleidung
- 2 Fermenter Isolierung
- 3 Betonwand
- 4 Kronenschutz
- 5 Korrodierter Beton
- 6 Betonsanierungsfolie SaniTarp
- 7 Edelstahl V4A Befestigungen
- 8 Überschweißung Befestigung



4.2 c. Auswertung von Reparaturmaßnahmen – Holz

Reparaturmaßnahmen:

- Vorwiegend Austausch der Holzbalken / Holzdecken
- Austausch der Holzdecken durch Gurtsystem



Bewertung:

- Kein Schadensfall von Gurtsystemen gemeldet!
Schwachpunkt: Gurtbefestigungselement V4A (beschichten?)
- Reparaturkosten ca. 10.000,-€
- Standzeit > 5 Jahre
- Nachteil: geringere Besiedlungsfläche Entschwefelung

5. Schadensvorbeugung

Verringerung des Korrosionspotentials

- Vermeidung O_2 -Überdosierung
- Reduzierung H_2S / Kompensation durch Fe-Fällung
- Werkstoffauswahl / Konstruktionsprinzipien

- Austausch anfälliger Systeme

- Luftdosierung vs. externe Entschwefelung

- Vermeidung elektrochemischer Korrosion

Anlagenwartung

- Regelmäßige Tankinspektionen (5 Jahres Rhythmus)

5. Schadensvorbeugung – externe Entschwefelung

Bsp. Anlagengröße FW: 1250 kW

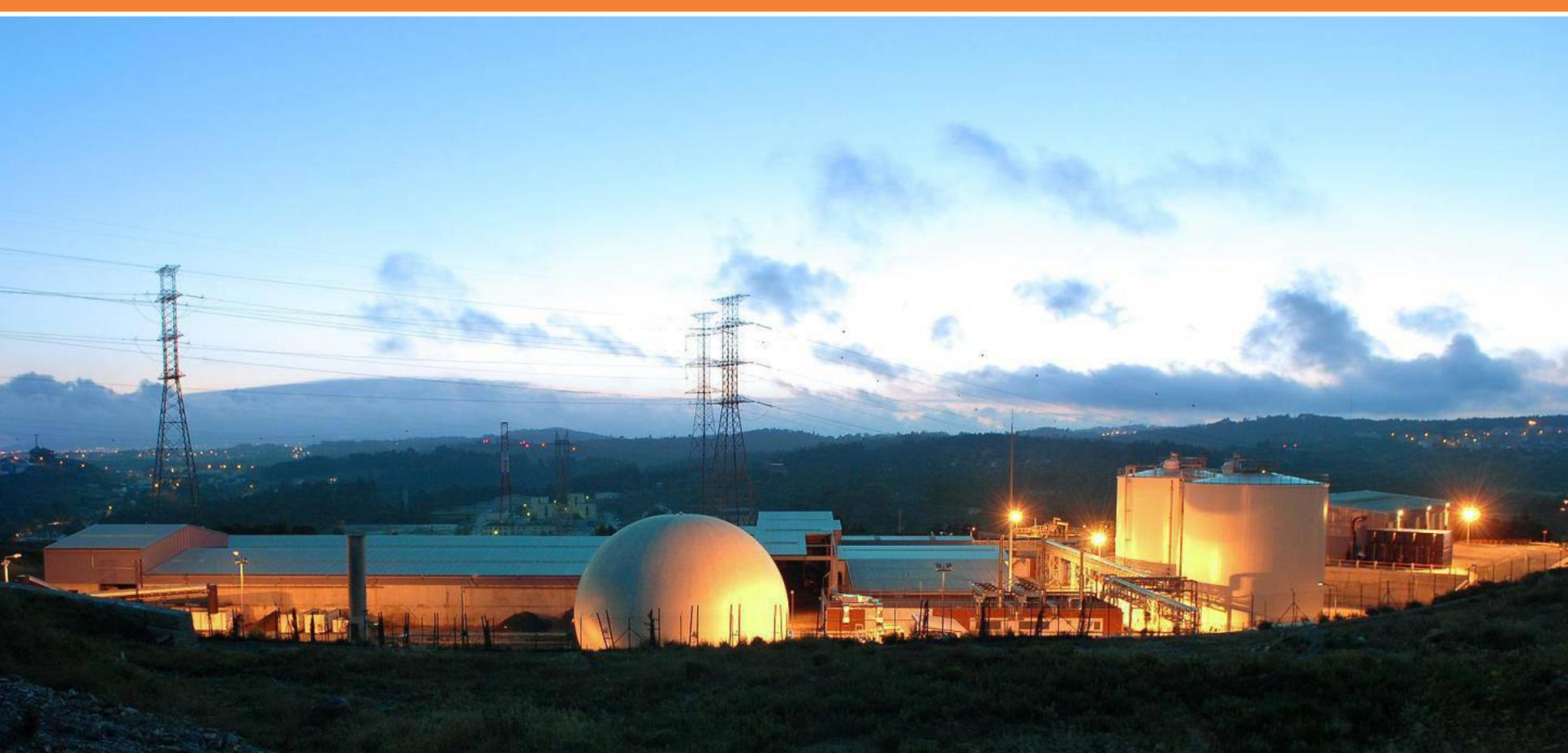
- Investitionskosten: Anlagentechnik ca. 120.000 €
 - Betriebskosten
 - Düngerverbrauch: 500 €/a
 - Heizwasser: 40 kW
 - Elektr. Anschluß 4 kW
 - Wasserverbrauch 500 m³/a
 - Sulfatanfall (keine Entsorgung erford.) 500 m³/a
-
- Wegfall Kosten Fe-Einsatz, reduzierte Kosten AKF!
 - Interessant vor allem für Neuanlagen / Anlagen < 10Jahre

6. Zusammenfassung und Ausblick

- Luftdosierung zur Entschwefelung -> Bildung von Schwefelsäure und somit extrem aggressiver Atmosphäre in der GWZ der Prozessbehälter
- alle aufgenommenen Schadensfälle in der GWZ für Metall, Beton und Holz lassen sich darauf zurückführen
- Effiziente und nachhaltige Reparaturmaßnahmen konnten für jeden Schadensfall aufgezeigt werden
- Maßnahmen zur Schadensvorbeugung wurden benannt

6. Ausblick / Empfehlungen für weitere Untersuchungen

- Feststellung Grenz-Konzentrationen für H_2S
- Feststellung Grenz-Konzentration für O_2 (Überdosierung)
- Einfluss / Überlagerung elektrochemischer Korrosion bei Edelstahl in GWZ
- Neue technische Entwicklungen



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**