

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

- 54. Biogas - Fachtagung Thüringen-



Torsten Moczigemba – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Gliederung

1. Einleitung
2. Erfassung des Ist-Zustands
3. Auswertung und Analyse
 - 3.1 Biochemische Grundlagen
 - 3.2 Auswertung der Korrosionsschäden
 - 3.3 Auswertung und Ableitung von Reparaturmaßnahmen
4. Schadensvorbeugung
5. Zusammenfassung und Ausblick



1. Einleitung

- Ausschreibung: Zuschlag Firma GICON
- Umfang der Untersuchungen (04/2018 – 04/2019)
 - ca. 300 Biogasanlagen in Sachsen
 - 241 Anlagen / Betreiber wurden angeschrieben
 - davon 86 Rückmeldungen
 - 37 Anlagenbesuche
- Umfang der Korrosionsschäden
 - 66 Schadensfälle
 - 111 Korrosionsschäden
 - Summe Reparaturkosten: 2.200.000,-€
 - Summe Ausfallkosten: 818.000,-€
 - Reparaturkosten Einzelfall bis: 350.000,-€



3 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

2. Erfassung des Ist-Zustands

Schriftliche Datenerfassung – Umfang

- allgemeine Daten: Standort, Alter, Typ, Größe
- Betriebsdaten: Input, Prozessparameter, Biogasqualität, Entschwefelung
- Anlagenkonstruktion / Werkstoffe: Substratdosierung, Prozessbehälter, Verfahren
- Korrosionsschäden: Ursachen, Umfang, Maßnahmen
- Adressen von LfULG, Internetportalen, Branchen-reg.
- Insgesamt 2 Umfragen mittels Online-Portal und Post im Zeitraum 16.05. bis 13.08.2018 mit Rücklauf von ca. 38%
- Übertragung der Datensätze in Datenbank zur Auswertung

5 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

Beispiel Datenerhebung		LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE	 Freistaat SACHSEN
Anlagenbeschreibung			
Feuerungswärmeleistung / Elektrische Leistung:		1357kW / 549kW + 635kW Flexi	
Substrate Jahresmenge:		Ca. 20.000t R-Gülle + 10.000t NaWaRo	
Verfahren:		Nass / mesophil / Anmischung->Hydrolyse->F->NG(GRL1)->4GRL	
Substratdosierung		Feststoffdosierung+Zerkleinerung->Maischebehälter	
Fermenter (Material; Volumen; RW; Korrosionsschutz-KS)		Stahl/Emaille; 2.000m³; ZRW; Emaille	
Nachgärer (GRL1) (Material; Volumen; RW; KS)		Beton/Holzdecke; 2.800m³; Gaslager; 1SRW+3TMRW; Epoxy	
GRL 2		Beton/Holzdecke; 2.800m³; Gaslager; 3 TMRW; Epoxy	
GRL 3+4		Beton; offen; 13.200m³ kein KS; Schlepper-RW	
Biogas / Entschwefelung			
Biogasqualität: H ₂ S / O ₂		H ₂ S: 100 bis 2.500ppm (selten)/ O ₂ : 0,5 – 0,9%	
Entschwefelung:		Luftdosierung (0,5-0,9); AKF	
Kosten / Jahr:		8000,-€	
Korrosionsschaden 01 - 04		2011	
Ort:	Abgaswärmetauscher BHKW –Anlage (2003)		
Beschreibung:	AWT der 330kW BHKW-Anlage korrodiert nach Nachrüstung des Oxi-Kats. 165°C nach AWT -> Kondensation, nach Reparatur 200°C Biologische Entschwefelung im Endlager → H ₂ S Werte am BHKW von 200 bis 2.500ppm		
Standzeit:	8 Jahre		
Reparatur:	Ersatz durch neuen AWT		
Kosten Ausfall:	Kein.		
Kosten Reparatur:	5.000,-€		
6 12.03.2020 Torsten Moczigemba			

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE		 Freistaat SACHSEN	LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE		 Freistaat SACHSEN
2. Erfassung des Ist-Zustands					
Vorort-Termine					
Auswahl anhand gemeldeter Schäden oder aufgrund auffälliger Prozessdaten, Konstruktionsmerkmale, Betriebsdaten					
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verifizierung der schriftlichen Daten ➤ Detaillierte Aufnahme der Korrosionsschäden ➤ Probenahme, Gasmessung ➤ Anlagenbegehung 					
					
7 12.03.2020 Torsten Moczigemba					
© GICON					

2. Erfassung des Ist-Zustands

Probenahme und Analytik

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



8 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Übersicht Schäden -

Kategorie	Anzahl Anlagen	Anzahl Schäden
Feststoffdosierung	62	3
Substratlagerung	k.A.	1
Substrataufbereitung	k.A.	2
Betonbehälter Vorgrube	47	0
Betonbehälter Hydrolyse	7	2
Betonbehälter GWZ Biogas (GRL gasdicht)	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)
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		111

9 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

 Freistaat
SACHSEN

3. Auswertung und Ergebnisse

- Biochemische Grundlagen -

Umsetzung der Organik im Gärsubstrat (TU DD, 2006)
KH, Eiweiße, Fette \rightarrow $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$
 Korrosion nahezu ausgeschlossen

Schwefelwasserstoffentfernung durch Luftentschwefelung (TU DD, 2006)
 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_3$
 geringe Korrosion

Bildung biogener Schwefelsäure (MPA, 2017)
 $\text{S} + \text{H}_2\text{O} + 1,5 \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$
 Massive Korrosion

10 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

 Freistaat
SACHSEN

3. Auswertung und Ergebnisse

- Biochemische Grundlagen -

H_2SO_4  Korrosion von V4A, Beton, Holz

- Das Korrosionspotential ist abhängig von:
 - Konzentration H_2S
 - Konzentration O_2
 - Reaktionsdauer
- keine Abhängigkeit vom Substrat bei Einstellung der H_2S -Konzentration im Biogas durch Fe-haltige Fällmittel
- Die Luftdosierung verändert die schwach korrosive Biogasatmosphäre in eine stark korrosive!

11 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Auswertung der 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,-€

12 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Auswertung 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



13 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Auswertung Korrosionsschäden Edelstahl (V4A) -

- keine Abhängigkeit zu Input
- keine Abhängigkeit zu Entschwefelungsmitteln
- keine Abhängigkeit von Konstruktion (Größe, ...)
- eindeutige Abhängigkeit Behälter-Schäden von der Entschwefelung:
 - 8 Schadensfälle mit Luftdosierung ($O_2 > 0,3\%$)
 - 2 x keine Schäden ohne Luftdosierung
 - 1 x kein Schaden durch Emaille-Beschichtung
- **100%** Schäden bei Behältern V4A + O_2 ohne Korrosionsschutz
- **38% + X** Schäden an Befestigung TMRW

14 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Auswertung Korrosionsschäden Betonbehälter -

- Betonbehälter (23 Korrosionsfälle), davon 6 verschiedene Beschichtungssysteme (8 k.A.)
- kein Behälter betroffen mit Lining(Folien)-System (PE, PVC, PP)
- Korrosionsbedingungen
 - ausschließlich in der Gaszone
 - H_2S : 40 bis 1250ppm / O_2 : 0,2 bis 1,0%
- Standzeit (Behälter): 4 – 11 Jahre
- Kosten (RK + AK) für Behälter: 20.000,- bis 170.000,-€
- Ursache: Versagen des Beschichtungssystems
- Chemischer Angriff des Betons durch Schwefelsäure

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$



15 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und

Ergebnisse– Auswertung Korrosionsschäden Betonbehälter

Versagen des Beschichtungssystems

- Verarbeitungsmängel (EEG)(Feuchtigkeits-sensibel, Blasen)
- Alterung -> Versprödung / Rissbildung
- Spannungsrissbildung (Spannbeton)

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

Entschwefelung:

- 23 Schadensfälle mit Luftdosierung ($O_2 > 0,3\%$)
- keine Schäden ohne Luftdosierung (z.B. Pfefferkorn)

3. Auswertung und

Ergebnisse– Auswertung Korrosionsschäden Holzbalken/-decken

- betroffene Behälter (24 Fälle) - es werden viele Fälle wegen geringem Schaden nicht gemeldet!
- Korrosionsbedingungen: Balken und Decken in der Gaszone
- 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,-€
- keine Abhängigkeit vom Input
- keine Abhängigkeit zu Entschwefelungsmitteln
- Abhängigkeit von Konstruktion
 - Statik / Sicherheitszuschläge
 - Materialauswahl
 - Abhängigkeit vom Alter (durchschnittlich 5-7 Jahre)
- Abhängigkeit Behälter-Schäden von der Entschwefelung?
Holzdecken werden zur biolog. Entschwefelung eingesetzt

3. Auswertung und Ergebnisse

- Auswertung Korrosionsschäden Holzbalken/-decken -



18 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Reparaturmaßnahmen -

V4A Behälter

Reparaturmaßnahmen:

- Auswechseln Behälterring Gaszone
- Beschichtung mit Epoxy oder PSC001-H3



Bewertung:

- alle Reparaturmaßnahmen waren erfolgreich, bisher keine weiteren Schadensmeldungen
- PSC: geringe Ausfall- und Reparaturkosten (10.000 + 4.000,-€). Auftrag ohne Restentleerung, Sandstrahlen/ Trocknen der Oberflächen möglich.

19 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- 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
- Kosten Austausch Befestigung TMRW ca. 5000,-€
- Kosten Austausch Befestigung RW-Seil ca. 500,-€

20 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse

- Reparaturmaßnahmen -

Holz

Reparaturmaßnahmen:

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



Bewertung:

- kein Schadensfall von Gurtsystemen bekannt!
Schwachpunkt: Gurtbefestigungselement V4A
- Reparaturkosten ca. 10.000,-€
- Nachteil: geringere Besiedlungsfläche Entschwefelung(ev. Netze)

21 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse - Reparaturmaßnahmen -

Jährlich müssen Siloanlagen und Güllebehälter einen neuen Anstrich erhalten. Mit diesem Aufwand macht eine Neuheit aus Dippoldiswalde jetzt Schluss.

Von Kerstin Arendt-Högel

Dresden/Dippoldiswalde. Die Löss der Dippoldiswalder FF-Anlagen sind in diesem Inzenwiefer wie notwendig, für die die zusätzliche Fläche eine Lösung gefunden, die Beton in Flächenanlagen und Güllebehältern einen geschützten Zustand effektiv zu machen. Bis zum Zusammenbau des Polymerbeschichtungsanstrichs ist es notwendig, die Landwirtschaft abzugeben. Insbesondere bei einem hitzeempfindlichen Anstrichverfahren, der jährlich zu reparieren ist. Ausfallkosten betragen zwischen 100.000 und 170.000,-€.



Die beiden Geschäftsführer Mike Dörsch und Eckart Frensdorff zeigen vor einem FF-Anlage. Die beiden Geschäftsführer Mike Dörsch und Eckart Frensdorff zeigen vor einem FF-Anlage. Die beiden Geschäftsführer Mike Dörsch und Eckart Frensdorff zeigen vor einem FF-Anlage.

Die beiden Geschäftsführer Mike Dörsch und Eckart Frensdorff zeigen vor einem FF-Anlage. Die beiden Geschäftsführer Mike Dörsch und Eckart Frensdorff zeigen vor einem FF-Anlage.

Beton/Beschichtung

Reparaturmaßnahmen:

- Strahlen der beschädigten Betonoberfläche
- Aufspachteln / Ausgleich des Betonabtrags
- Auftrag neue Beschichtung (zur Zeit neue Entwicklungen)

Bewertung:

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

22 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

3. Auswertung und Ergebnisse - Reparaturmaßnahmen -

Beton/Beschichtung

Reparaturmaßnahmen Alternative:

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

Bewertung:

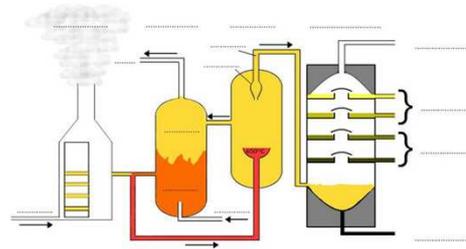
- Kein Schadensfall eines Foliensystems bekannt!
- Reparaturkosten ca. 10.000,-€ (nur Foliensystem)



23 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

4. Schadensvorbeugung

- Reduzierung O_2 / Kompensation durch Fe-Fällung
- Vermeidung O_2 -Überdosierung / Kalibrierung Messgerät
- Regelmäßige Tankinspektionen (5 Jahres Rhythmus bew.)
- Austausch anfälliger Systeme
- Luftdosierung vs. externe Entschwefelung



24 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

4. Schadensvorbeugung - externe Entschwefelung -

Bsp. Anlagengröße FW: 1250 kW

- Investitionskosten: Anlagentechnik ca. 120.000,-€
- Betriebskosten/a
 - Düngerverbrauch: 500,-€
 - Heizwasser: 40kW
 - Elektr. Anschluss 4kW
 - Wasserverbrauch 500m³
 - Sulfatanfall (keine Entsorgung erf.) 500m³

- Wegfall Kosten Fe-Einsatz, reduzierte Kosten AKF!
- Interessant vor allem für Neuanlagen / Anlagen < 10Jahre

25 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba

5. Zusammenfassung und Ausblick

- Luftdosierung zur Entschwefelung → Bildung von Schwefelsäure → bildet somit extrem aggressive Atmosphäre in der Gaszone der Prozessbehälter; alle aufgenommenen Schadensfälle in der Gaszone für Metall, Beton und Holz lassen sich darauf zurückführen!
- Effiziente und nachhaltige Reparaturmaßnahmen konnten für jeden Schadensfall aufgezeigt werden
- Maßnahmen zur Schadensvorbeugung wurden benannt
- Weitere Untersuchung empfohlen:
u.a. Einfluss / Überlagerung elektrochemischer Korrosion
- Erarbeitung eines standardisierten Prüfbogens für Behörden

26 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba



Abschlussbericht:

<https://www.luft.sachsen.de/untersuchung-von-korrosionsschaden-an-metall-holz-und-beton-an-sachsischen-biogasanlagen-bga-22644.html>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Gibt es noch Fragen?

27 | 12.03.2020 | Torsten Moczigemba