

19. Jahrestagung Fachverband Biogas e.V.
Workshop 4



Vermeidung von Schäden und Planungsfehlern bei Biogasanlagen
02. Februar 2010

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der Konstruktion von Biogasanlagen

Andreas Krieg

Dipl.-Ing. agr.

Rosengarten 8/1

23552 Lübeck

 +49 (0) 451 9894 388

 +49 (0) 451 9894 390

 +49 (0) 172 2306 381

 kriegandreas@web.de

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der
Konstruktion von Biogasanlagen

Nach bestem Wissen geplant und gebaut...



*Aber irgendetwas
ging schief.*

Warum nur?

Themen

- Definition Biogasanlage
- Qualitätsbegriff
- Fehler
 - Beispiele von Ursachen und Folgen
- Fail-safe-Prinzip
 - Beispielselemente

Biogasanlage

Merkmale:

- Die Biogasanlage ist eine geplante Gruppierung verschiedener Bauteile zur Energieerzeugung und –bereitstellung aus biogenen Stoffen.
- Die baulich-technischen Einrichtungen müssen grundsätzlich einen steuer- und regelbaren Gärungsverlauf zulassen.
- Die aufeinander folgenden Prozesse werden aufgrund von Messdaten und Parametern geplant, gesteuert und beurteilt.
- Permanente Anlagenverfügbarkeit setzt voraus, daß der Gärprozess selbst sowie die vor- und nachgelagerten Prozesse als Basis jeder Entscheidung und Tätigkeit im laufenden Betrieb ausreichend bekannt sein müssen.

Qualität

Qualität der Biogasanlage im allgemeinen Sprachgebrauch

Aus Sicht des Herstellers:

Beschaffenheit:

- + Konstruktive Merkmale
- + Abmessungen
- + Ausstattung (z.B. ELT)
- + Material, -kombination, -dicke
- + u.v.m.

Aus Sicht des Betreibers:

Forderung an die Beschaffenheit: (Güte)

- + Anlagenverfügbarkeit
- + Betriebskosten (ohne Substrat)
- + Effizienz der Energiekonversion
- + u.v.m.

Qualität: Realisierte Beschaffenheit einer Anlage bezüglich
der Forderungen an diese.

Hersteller:

Planung und Bau:

- + Klare Aufgabenstellung
- + Strukturierte Planung
- + Prospektive Risikobeurteilung
- + Ausreichende Fachkenntnisse
- + Dokumentation der Arbeitsprozesse
- + Evaluierung u.v.m.

Betreiber:

**Projektentwicklung,
Genehmigung und Betrieb:**

- + Eindeutige, detaillierte Zielvorgaben
- + Projektmanagementkompetenz
- + Ausreichende Fachkompetenz
- + Fundierte Betriebskompetenz
- + Evaluierung u.v.m

Fehler: Nicht-Erfüllung von Qualitätsanforderungen

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der Konstruktion von Biogasanlagen

Es ist leider immer noch so, dass, erst wenn wir in unseren täglichen Verrichtungen behindert werden, Fehler wahrnehmen wollen.



Fehlerursachen

Hersteller:

Planung und Bau

u.a.

Zielentwicklungsfehler

Wissensfehler

Gewohnheits- oder Erkennensfehler

Unterlassungsfehler

Betreiber:

Projektentwicklung,
Genehmigung und Betrieb:

Zielentwicklungsfehler (Beispiele)

- Überwachungs- und Kontrollintensität durch den Betreiber (Anlagenfahrer)
- Fähigkeiten (personel skills) des Anlagenpersonals
- Nicht ausreichend präzise Angaben, Aufgabenstellung
- Berücksichtigung von Leistungsreserven

Wissensfehler (Beispiele)

- Kondensation in Rohrleitung (Gas, Abgas), durch Unterschreitung des Taupunkts, Abscheidung durch Schwerkraft und an Filter.
- Schmutzablagerungen in Gasleitungen und Abgaswärmtauscher
- Gerätestandzeiten
- Fließverhalten von Gärsubstrat in Praxis

Wissensfehler führen zu Probehandlungen

Gewohnheitsfehler (Beispiele)

- Generalisierte Substratbeschaffenheit
- Eignung von Geräten, Armaturen, Messinstrumenten
- Zusammenfassung von Planungsschritten
- Keine, oder nur stichprobenhafte Eigenkontrolle

Routine = trügerische Steigerung der Arbeitseffizienz

Unterlassungsfehler

(Beispiele)

- Betrachtung der Lastfälle, (dynamische, statische)
Bauteil und Gerätebelastungen durch Schwingungen, Drücke
- Sicherheitszuschläge (z.B. Getriebefaktor)
- Kontrolle von Arbeitsergebnissen (z.B. Montage),
Protokollierung von Material-, Zustands- und Betriebsprüfungen
- Technische Dokumentation
- Bedienungsanleitungen, Fehlersuche und –behebungsanleitung
- Umsetzung neuer Erkenntnisse

Fehlerquellen

(Auswahl)

- Gärsubstrat
- Massen- / Energiebilanz
- Sensorik
- Kontrolleinrichtungen
- Bau und Technik
- Betriebsfehler

u.a.

Gärsubstrat (1)



Abfälle aus der Tierhaltung:

- Exkrememente,
- Einstreu,
- Abwässer aus der Reinigung,
latent enthalten: Fremdkörper, -stoffe

Feldfrüchte, Obst, Gemüse:

- **Energiepflanzen**, wie Mais,
- Minderwertige Qualitäten,
- Übermengen,
- u.a.m.

Überprüfung auf Verschmutzung (Erde)



Gärsubstrat (2)

Flüssige organische Abfälle:

- Fruchtsaftkonzentrate,
- Milchprodukte,
- Hoch organisch belastete Abwässer
gelöster CSB, keine Feststoffe
- u.a.m.



Fester organischer Abfall:

- Nahrungsmittelherstellung
 - Handel, Großküchen, Haushalte,
 - Grünflächen
- latent enthalten: Störstoffe aller Art

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der Konstruktion von Biogasanlagen



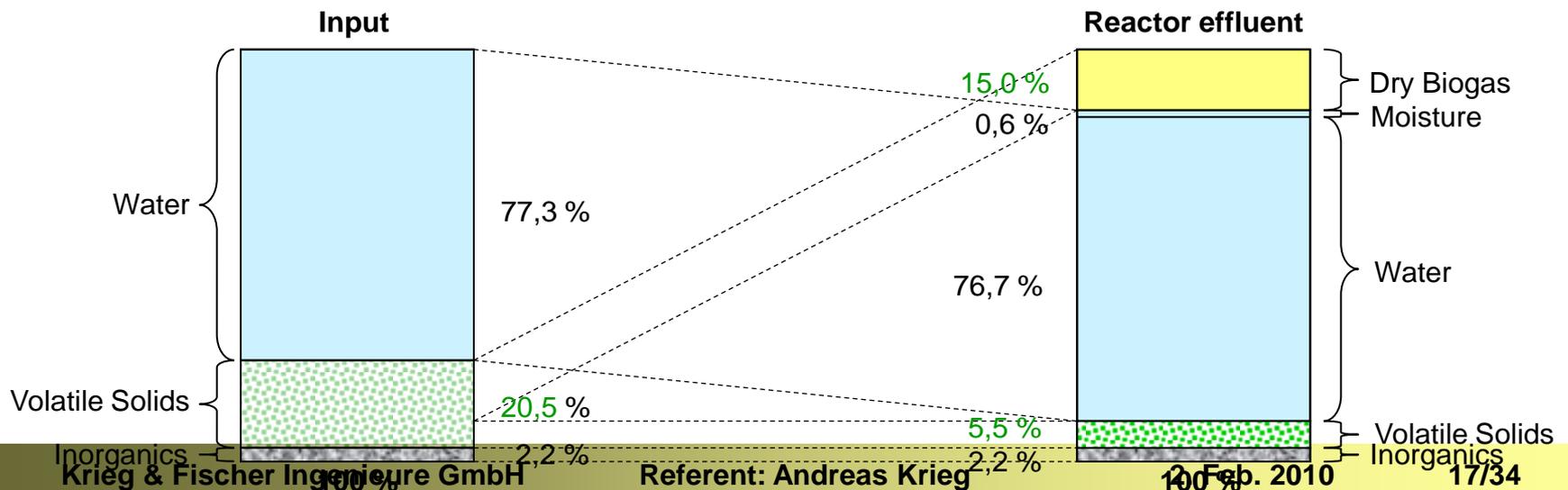
Massenbilanz (Beispiel)

Input	Starch	Oil	Raw Potato	Sludge	Total
Input (t/a)	4.495	636	97.610	6.583	109.324
Input (t/d)	12,32	1,74	267,42	18,04	299,52
Total solids (%)	60,0%	100,0%	20,0%	30,0%	22,7%
Total solids (t/a)	2697,0	636,0	19522,0	1974,9	24829,9
Total solids (t/d)	7,4	1,7	53,5	5,4	68,0
Volatile solids (% TS)	90,0%	95,0%	90,0%	90,0%	90,1%
Volatile solids (t/a)	2.427	604	17.570	1.777	22.379
Volatile solids (t/d)	6,7	1,7	48,1	4,9	61
Water (t/a)	1.798	0	78.088	4.608	84.494
Water (t/d)	5	0	214	13	231
spec. Gas Production rate (m³/t VS) (dry gas, Normal conditions)	600	1.000	600	700	1,18 kg/m³
Biogas					
Gas production (m³/a)	1.456.380	604.200	10.541.880	1.244.187	13.846.647
Gas production (m³/d)	3.990	1.655	28.882	3.409	37.936
Gas production (t/a)	1.719	713	12.439	1.468	16.339
Gas production (t/d)	4,71	1,95	34,08	4,02	44,76
Water content:	4% 69	29	498	59	654
Wet Gas 37°C (t/a)	1.787	741	12.937	1.527	16.993
Wet Gas 37°C (t/d)	4,90	2,03	35,44	4,18	46,56

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der Konstruktion von Biogasanlagen

Massenbilanz (Fortsetzung Beispiel)

Reactor effluent			
Total solids (t/a)			8.491
Total solids (t/d)			23
Volatile solids (t/a)			6.040
Volatile solids (t/d)			17
Water (t/a)			83.841
Water (t/d)			230
Output (t/a)		6 Monate: 46.166	92.331
Total solids (%)			9.2%



Sensorik (Feldmessungen)



Grenzfüllstand



Temperatur



Druck



Volumenstrom (Flüssigkeiten)

Massenstrom (Gase)

Stromaufnahme (El. Energie)

- Gasspeicherfüllstand –
- Stoffkonzentration (Gase, Flüssigkeiten), u.a. -

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der
Konstruktion von Biogasanlagen



Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Korrosivität (1)

Säureschaden Ortbetonbehälter

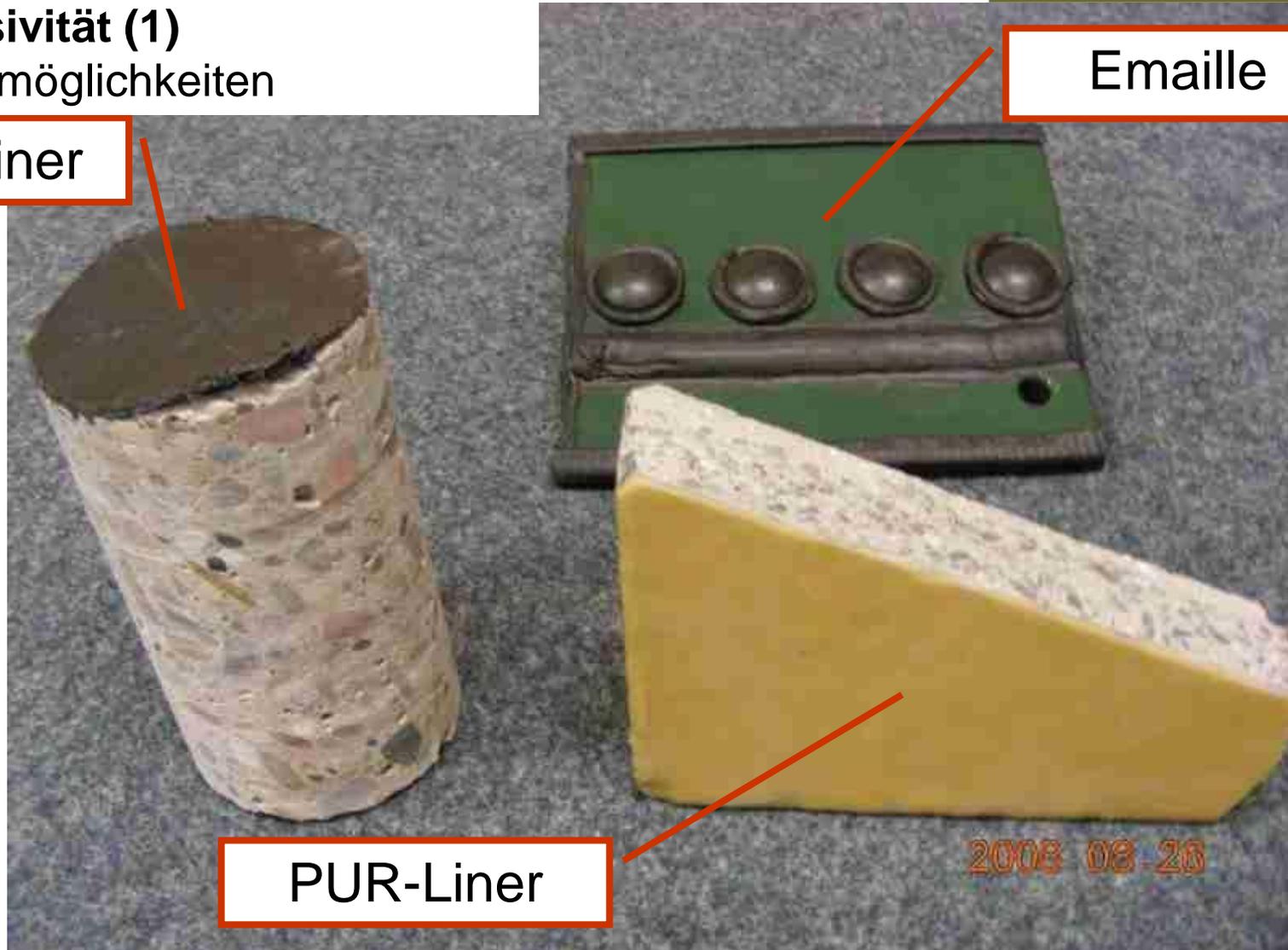


Korrosivität (1)

Schutzmöglichkeiten

PE-Liner

Emaile



PUR-Liner

Korrosivität (2), Abrasivität

Laufrad Kreiselpumpe



Tauchmotorrührwerk

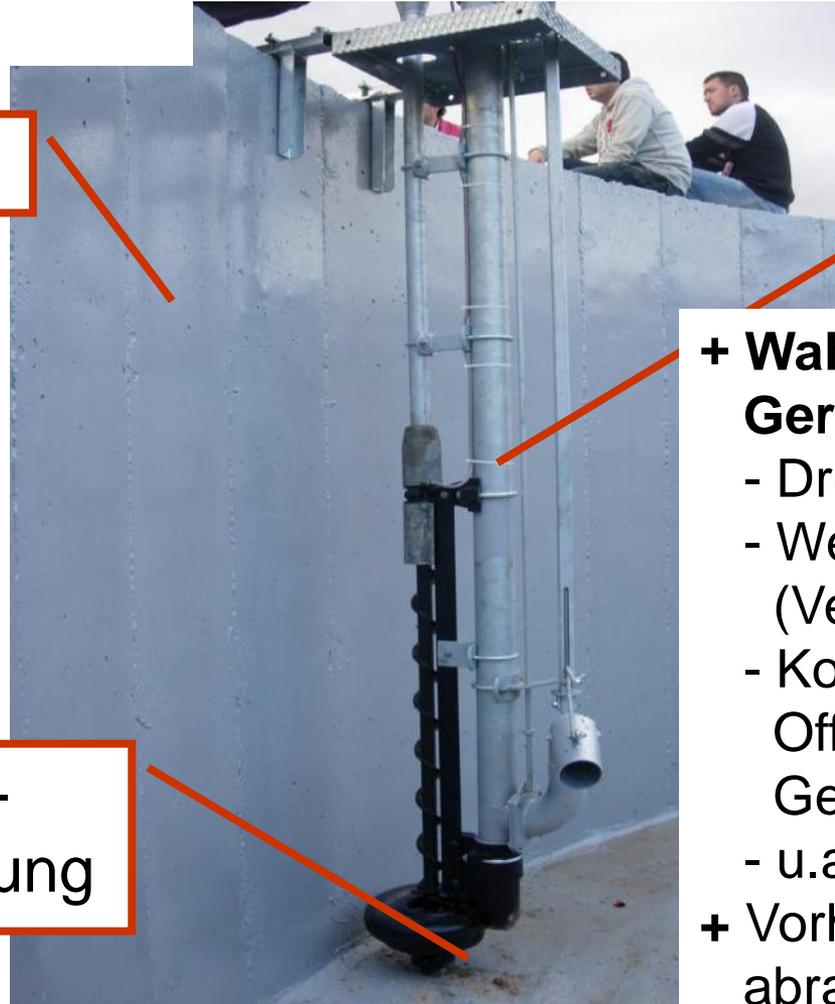


Korrosivität (2), Abrasivität Schutzmöglichkeiten

Epoxy-Coating

Zink-Schutz

Epoxidharz-
Bitumenmischung



+ Wahl der ‚richtigen‘
Geräte:

- Drehzahl
- Werkstoff
(Verschleißverhalten)
- Konstruktion
(Offene, abrollende
Geräteteile)
- u.a.

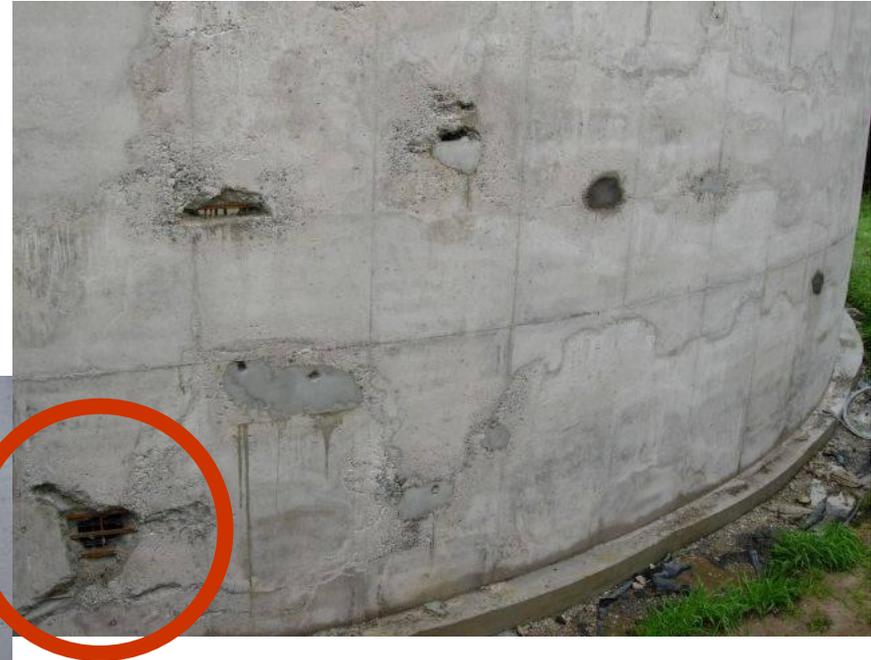
+ Vorherige **Abtrennung**
abrasiver Bestandteile

Fehler in der Fertigung

(Beispiel:

Fertigungsfehler bei Ortbeton)

- Schalung war sehr heiß
- Zu wenig Wasser im Fertigbeton



Qualitätsorientierte Planung (Beispiel)

→ Berücksichtigung der Grundsätze des (Biogas)Anlagenbetriebs

- Vorausschauendes Substratmanagement
 - was, wann, welche Menge
 - Kontrolle des Substratqualität
- Mischen von (Mono)Substraten
- Möglichst zeitnahe Betriebskontrolle
- Vorausschauende Wartungsmaßnahmen, Ersatzteillogistik
- Vollständige, aktuelle, direkt verfügbare Anlagen- und Betriebsdokumentation

→ Fokus auf Verfügbarkeit der Gesamtanlage

- Puffervolumen wo nötig (vorher, dazwischen, hinterher)
- Redundanz entsprechend prospektiver Risikoanalyse
- Leistungsreserven wo variable Stoffkennwerte zu erwarten sind
- u.a.m



**Rechne immer mit
Störstoffen!**

**Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der
Konstruktion von Biogasanlagen**



Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Fehler ?

Riskante Redundanz !



Fail-safe-Prinzip

„Trotz Fehler sicher“

- Konstruktionsmethode – prospektive Risikoanalyse
in der aktuellen Fassung der Maschinenrichtlinie verankert
- Folgen von Fehlern sollen möglichst wenig Schaden anrichten

Fail-operate-Prinzip (Ausfallsicherheit)

- Betrifft Betriebsteil: Gasentstehung
Gärprozess kann bei einer technischen Störung oder
Bauteilversagen nicht sofort gestoppt werden.

Fail-stop-Prinzip (Betriebssicherheit)

- Betrifft v.a. Maschinen und Geräte (bspw. Blockheizkraftwerk)
Möglichst rasches Außerbetriebsetzen, um weitere Schäden zu vermeiden.
Gefahrloser, sicherer Zustand

Fail-safe-Prinzip

→ Untersuchung von Fehlermöglichkeiten und deren Auswirkung

→ Frage: Was passiert wenn ...

- Technisches Versagen,
- Bauteilversagen,
- Feuer, Explosion,
- Bedienfehler u.a.m. unterstellt werden

Ziel: Schadensminimierung, Maximierung der Ausfallsicherheit

Fail-safe schließt Wahrscheinlichkeiten in der Betrachtung aus.

Ausfallsicherheit

verbessert durch:

- Technische Redundanzen
sind notwendig, wenn Fehler konstruktiv nicht ausgeschlossen
Auswirkungen nicht minimiert
- organisatorische Maßnahmen

Fail-safe - Elemente Fehler

Minimierung (M) bzw. Ausschluss (A)

Überfüllung von Behälter

(M) Grenzfüllstandsgeber

(A) freier Überlauf in Lagerbehälter
Risiko: Fließverhalten des Substrats

Temperaturabweichung

(M) pT 100 + Maschinenthermometer

(A) Niedertemperaturheizung

Schaumbildung

(M) Kapazitive Sonde, ‚Schaumklappe‘
Risiko: Unsicher wg. Variation der
Konsistenz und Dynamik der –ent-
wicklung

(A) Beprobung auf Schaumentwicklung
vor Einsatz, Vermeidung kritischer
Mischungen

Fail-safe - Elemente

Fehler	Minimierung (M) bzw. Ausschluss (A)
Überdruck in Substratleitung	(M) Druckaufnehmer an Verursacher (Pumpe) – ‚Überdruckwächter‘, Verstopfungsrisiko vermindern, kein ‚Einschluss‘ gärender Masse (A) Keine Pumpe, Fluss im Gefälle
Schieber- und Ventilversagen	(M) Grundstellung ZU durch Federkraft herstellen (Versagen Druckluft, Steuerspannung) (A) ‚Offenes‘ RL-System, Quetschventile

Fail-safe - Elemente

Fehler	Minimierung (M) bzw. Ausschluss (A)
Versagen von Behälteranschlüssen	(M) Konstruktiv verringern (Formgebung), Umwallung von Behältern (A) Keine Boden-, Wandanschlüsse ‚alles über den Rand‘
Rührwerksversagen	(M) Mehrere Rührwerke mit Leistungsreserve (A) Keine Rührwerke
Stromausfall	(M) Unabhängige Stromversorgung (USV) für Sensoren, PLT, Alarmierung, Aktoren mit Sicherheitsrelevanz, Gasfackel, Systemdruck geeignet

Fail-safe – Elemente, die zusätzlichen Maßnahmen bedürfen

Element	Aspekt / Risiko
Schaumklappe	Dimensionierung Unbekannt: Konsistenz und Dynamik von Schaum
El.-mech. Überdrucksicherung	Verschmutzung von Tellersitzen Vereisungsgefahr beim Ausblasen
Grenzfüllstand im Gasraum	Verschmutzung des Sensors Regelmäßige Kontrolle und Reinigung!
Druckluft Flüssigkeitssperren (U./Ü-drucksicherung) im Außenbereich	Entfeuchtung Frostgefahr

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der Konstruktion von Biogasanlagen

Fail-safe = vorausschauendes Handeln, um die Qualität der Produkte hinsichtlich des Nutzens und der Sicherheit zu verbessern.

Bruch durch Materialermüdung



PE-Leitung zerstört durch hohe Temperatur und Druck

19. Jahrestagung Fachverband Biogas e.V.
Workshop 4



Vermeidung von Schäden und Planungsfehlern bei Biogasanlagen
02. Februar 2010

Fehlervermeidung bei der Auslegung, Fail-Safe-Prinzip bei der Konstruktion von Biogasanlagen

Ich bedanke mich
für Ihre Aufmerksamkeit !