



INSTITUT FÜR  
SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT



PRÜF- UND ENTWICKLUNGSINSTITUT FÜR  
ABWASSERTECHNIK AN DER RWTH AACHEN E.V.



---

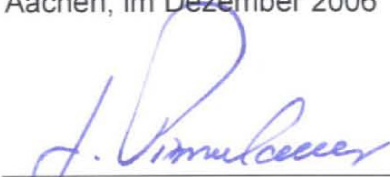
**Kurzfassung Abschlussbericht**  
zum Forschungsvorhaben  
**Untersuchungen zur Gasentwicklung**  
**in Kleinkläranlagen**  
**(Abschätzung des Explosionsrisikos)**  
**AZ IV - 9 - 042 063**

für das





**Ministerium für  
Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen**

Aachen, im Dezember 2006

  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp  
(ISA)

  
Dr.-Ing. E. Dorgeloh  
(PIA)

## Projektpartner

Partner	Bearbeiter
 <p>Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp Mies-van-der-Rohe-Str. 1 52074 Aachen Tel.: 0241 / 80 25207 Fax: 0241 / 80 22285 Email: <a href="mailto:isa@isa.rwth-aachen.de">isa@isa.rwth-aachen.de</a> <a href="http://www.isa.rwth-aachen.de">www.isa.rwth-aachen.de</a></p>	Dr.-Ing. Regina Haußmann
 <p>Prüf- und Entwicklungsinstitut für Abwassertechnik an der RWTH Aachen e.V. (PIA) Mies-van-der-Rohe-Str. 1 52074 Aachen Tel.: 0241 / 75082-0 Fax: 0241 / 75082-29 Email: <a href="mailto:info@pia.rwth-aachen.de">info@pia.rwth-aachen.de</a> <a href="http://www.pia.rwth-aachen.de">www.pia.rwth-aachen.de</a></p>	Dr.-Ing. Elmar Dorgeloh Dipl.-Ing. Patricia Khan

## **Inhaltsverzeichnis**

## **Seite**

1	Einleitung .....	1
2	Grundlagen .....	2
3	Gasmessungen – Durchführung und Darstellung der Ergebnisse .....	5
3.1	Beschreibung der Messeinrichtungen.....	6
3.2	Methanmessungen in Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld des PIA .....	7
3.3	Methanmessungen in Kleinkläranlagen vor Ort .....	10
3.4	Gasmessungen in Versuchsanlage 1 auf dem Prüffeld des PIA .....	12
3.5	Gasmessungen in Versuchsanlage 2 auf dem Prüffeld des PIA .....	13
4	Diskussion der Ergebnisse.....	15
5	Ausblick.....	17
6	Literatur.....	19

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Häufigkeit der Messwerte – Methan Prüffeld .....	9
Abbildung 2: Vergleich nicht abgedichtet / abgedichtet – Methan Prüffeld Anlage 2.....	10
Abbildung 3: Maximalbelastung – Methan Versuchsanlage 1 .....	13
Abbildung 4: Anzahl der Messwerte – Methan Versuchsanlage 2.....	14
Abbildung 5: Einstufung der untersuchten Kleinkläranlagen.....	18

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche [5] .....	3
Tabelle 2: Untersuchte Anlagen – Prüffeld .....	8
Tabelle 3: Untersuchte Anlagen – vor Ort.....	11

## 1 Einleitung

Mit Schreiben vom 24.01.2005 des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) wurden das Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA) und das Prüf- und Entwicklungsinstitut für Abwassertechnik an der RWTH Aachen e.V. (PIA) beauftragt, im Rahmen des Vorhabens „Untersuchungen zur Gasentwicklung in Kleinkläranlagen (Abschätzung des Explosionsrisikos)“ (AZ IV-9-042 063) die Methanbildung und damit verbunden das Explosionsrisiko in Kleinkläranlagen zu untersuchen.

Bei der Abwasserbehandlung entsteht unter anaeroben Bedingungen aus dem Abbau organischer Materie ein Gasgemisch, das zu etwa zwei Dritteln aus Methan und einem Drittel aus Kohlendioxid besteht. Weiterhin können geringe Mengen anderer Gase, wie z. B. Schwefelwasserstoff vorhanden sein [1]. Bei fast allen derzeit betriebenen Systemen zur dezentralen Reinigung häuslichen Schmutzwassers können anaerobe Betriebszustände auftreten. Mit der organischen Belastung des häuslichen Schmutzwassers ist theoretisch ein Potential für Faulprozesse vorhanden.

Die Vorgaben der Betriebssicherheitsverordnung für den Explosionsschutz müssen für Kläranlagen angewendet werden. Da in Kleinkläranlagen ebenfalls die verschiedenen Prozesse der Abwasserreinigung stattfinden, stellt sich die Frage nach dem Explosionsschutz in Kleinkläranlagen.

Ziel dieses Vorhabens war es, eine Grundlage hinsichtlich der weiteren Betrachtung des Explosionsschutzes in Kleinkläranlagen zu schaffen.

## 2 Grundlagen

Methan gilt als gefährliches Gas im Sinne der Gefahrstoffverordnung. Es ist ein hochentzündliches Gas, das mit Luft bzw. Sauerstoff hochexplosive Gemische bilden kann. Der Explosionsbereich liegt zwischen 4,4 und 16,5 Vol% Methan in Luft mit einem Maximum der Explosionskraft bei 9,4 Vol% Methan in Luft. Im Gemisch mit stark oxidierenden Gasen kann spontan oder bei thermischer sowie katalytischer Zündung eine Explosion erfolgen. [2]

Schwefelwasserstoff ist ebenfalls ein hochentzündliches Gas, das mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden kann. Dieser Explosionsbereich liegt zwischen 4,3 und 45,5 Vol%. Da Schwefelwasserstoff schwerer ist als Luft, besteht die Gefahr von Ansammlungen in Vertiefungen oder Schächten. Wenn diese Schwefelwasserstoff-Schwaden eine Zündquelle erreichen, kann es zu Explosionen kommen, die häufig bis zur Gasaustrittsstelle rückzünden. Des Weiteren ist Schwefelwasserstoff besonders giftig, in geringen Konzentrationen unangenehm riechend und umweltgefährlich. [3, 4]

Die im Oktober 2002 in Kraft getretene Betriebssicherheitsverordnung [5] sieht vor, dass der Arbeitgeber für Arbeitsmittel und Arbeitsabläufe in explosionsgefährdeten Bereichen die Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes bis zum 31. Dezember 2005 sicherstellen musste. Die Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes basiert auf einer Gefährdungsbeurteilung. Die explosionsgefährdeten Bereiche werden in Zonen unterteilt, die nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre unterschieden werden. In der folgenden Tabelle ist die Zoneneinteilung zusammengestellt. [5]

Tabelle 1: Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche [5]

<b>Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre</b>	<b>Brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel im Gemisch mit Luft</b>	<b>Brennbare Stäube im Gemisch mit Luft</b>
<b>ständig, über lange Zeiträume oder häufig</b>	Zone 0	Zone 20
<b>bei Normalbetrieb gelegentlich</b>	Zone 1	Zone 21
<b>bei Normalbetrieb nicht oder aber nur kurzzeitig</b>	Zone 2	Zone 22

In der Betriebssicherheitsverordnung werden die Begriffe *explosionsfähige Atmosphäre* und *gefährliche explosionsfähige Atmosphäre* wie folgt beschrieben[5]:

- Explosionsfähige Atmosphäre:  
Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.
- Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre:  
Explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefahrrohende Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer und Anderer erforderlich werden.

Im Folgenden werden die brennbaren Stäube im Gemisch mit Luft nicht weiter betrachtet, sondern nur die Zonen 0 bis 2. Die Betriebssicherheitsverordnung beinhaltet Kriterien für die Auswahl von Geräten und Schutzsystemen in explosionsgefährdeten Bereichen. Sofern im Explosionsschutzdokument unter Zugrundelegung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung nichts anderes vorgesehen ist, sind in Abhängigkeit der Zonen folgende Kategorien von Geräten gemäß der Richtlinie 94/9/EG zu verwenden [5]:

- Zone 0: Geräte der Kategorie 1
- Zone 1: Geräte der Kategorie 1 oder der Kategorie 2
- Zone 2: Geräte der Kategorie 1, der Kategorie 2 oder der Kategorie 3

Die Kategorien bedingen Vorgaben hinsichtlich der Vermeidung von Zündquellen und der Oberflächentemperatur sowie bei Kategorie 1 und 2 zusätzlich hinsichtlich des Öffnens von Geräteteilen. So werden unterschiedliche Sicherheiten für verschiedene Anwendungsbereiche gewährleistet. [6]

In den Explosionsschutz-Regeln (GUV-R 104 Teil 1) werden Maßnahmen des Explosionsschutzes beschrieben, die nach folgender Aufteilung und Priorität unterschieden werden [7]:

- Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre, E 1)
- Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen, E 2)
- Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz, E 3)

In Abbildung 5 im Ausblick ist das Ablaufschema zur Beurteilung der Explosionsgefährdung und Festlegung von Schutzmaßnahmen nach [7] dargestellt.

### 3 Gasmessungen – Durchführung und Darstellung der Ergebnisse

Zur Abschätzung des Explosionsrisikos wurden Gasmessungen in Kleinkläranlagen durchgeführt. Die Untersuchungen umfassten Methanmessungen in Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld des PIA und vor Ort bei privaten Betreibern im Kreis Düren. Dieses ermöglichte einerseits die Ermittlung von Messdaten von Kleinkläranlagen unter Prüfbedingungen und andererseits von Kleinkläranlagen im realen Betrieb. Im Laufe des Projektes wurde aufgrund der vorhandenen Messdaten entschieden, zusätzlich eine Versuchsanlage in Betrieb zu nehmen, in der die Methanbildung forciert werden sollte. Das Vorkommen von Fehleinleitungen in die untersuchten Kleinkläranlagen wurde im Rahmen dieses Vorhabens nicht berücksichtigt.

Die vorhandene Messtechnik ermöglichte eine kontinuierliche Datenaufzeichnung. Die Erfassung der Messwerte erfolgte in der Regel alle 5 Minuten. Zur Beurteilung des gewählten Zeitintervalls wurde bei den Messungen auf dem Prüffeld des PIA vorübergehend ein Intervall von 30 Sekunden eingestellt. Da die Ergebnisse vergleichbar waren, wurde für die restlichen Untersuchungen ein Intervall von 5 Minuten gewählt.

Die Auswertung der aufgezeichneten Daten erfolgte über die Häufigkeit der Messwerte in verschiedenen Klassen. Die gewählte Klasseneinteilung für Methan orientiert sich an den Vorgaben für Alarmschwellen von Gaswarnanlagen [1]:

0 bis 10% UEG CH<sub>4</sub>

10 bis 20% UEG CH<sub>4</sub>

20 bis 50% UEG CH<sub>4</sub>

50 bis 100% UEG CH<sub>4</sub>

Der Bereich von 0 bis 10% UEG ist als unkritisch anzusehen. Zwischen 10 und 20% UEG können ggf. Maßnahmen zur Verhinderung der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre getroffen werden, über 20% UEG sollten diese Maßnahmen erfolgen. Über 50% UEG sollten ggf. diese Maßnahmen erweitert werden und eine Abschaltung aller nicht explosionsgeschützten elektrischen Anlagen und Betriebsmittel erfolgen [1].



Für Schwefelwasserstoff wurden folgende Klassen gewählt:

0 bis 10 ppm H<sub>2</sub>S

10 bis 50 ppm H<sub>2</sub>S

> 50 ppm H<sub>2</sub>S

Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) für Schwefelwasserstoff liegt bei 10 ppm [3]. Daher kann der Bereich von 0 bis 10 ppm als unkritisch angesehen werden. Der Bereich von 10 bis 50 ppm stellt keine Gefahr dar, wenn die Belastung nicht dauerhaft ist. Bei Konzentrationen ab 50 ppm kann es zu Reizungen der Augen und Atemwege nach rund 60 Minuten kommen. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Schwefelwasserstoff reichen bis zum schlagartig eintretenden Tod nach wenigen Sekunden bei Konzentrationen über 5.000 ppm. [4]

### 3.1 Beschreibung der Messeinrichtungen

Für die Gasmessungen wurde das Gaswarnsystem WinPro® der Firma Winter GmbH eingesetzt. Die Messwertgeber für Methanmessungen basieren auf dem Prinzip der optischen Detektion von Gasen über Infrarotfrequenzen. Die Sensoren sind für einen Standardmessbereich von 0 bis 100% der unteren Explosionsgrenze (UEG) ausgelegt. Die untere Explosionsgrenze entspricht der unteren Grenze des Explosionsbereiches von 4,4 Vol% Methan in Luft. Die Messwertgeber für Schwefelwasserstoff basieren auf dem elektrochemischen Messprinzip. Der Messbereich der Sensoren umfasst 0 bis 200 ppm.

Die Messwertgeber für Methan wurden an speziell angefertigten Deckeln aus Plexiglas befestigt. Diese Deckel sollten die Möglichkeit geben, Sichtkontrollen durchzuführen, ohne den Deckel öffnen zu müssen. Diese Deckel wurden jeweils anstelle der Originalabdeckung auf die Kleinkläranlagen gelegt. Es wurde darauf geachtet, dass ursprüngliche Entlüftungsöffnungen beibehalten wurden. Die Sensoren wurden an den Deckeln der Kleinkläranlagen angeordnet, da Methan eine geringere Dichte als Luft hat.

Zusätzlich zu den vorhandenen Deckeln wurde für die Versuchsanlage 1 ein Deckel erstellt, an dem zwei Messwertgeber für Methan befestigt wurden. So war es möglich, Messungen von Methan in unterschiedlichen Höhen durchzuführen. Die Senso-

ren für Schwefelwasserstoff wurden in der Nähe der Wasseroberfläche angeordnet, da Schwefelwasserstoff eine größere Dichte als Luft hat.

### **3.2 Methanmessungen in Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld des PIA**

Die Methanmessungen auf dem Prüffeld des PIA erfolgten über einen Zeitraum von mehreren Monaten, in denen die Daten kontinuierlich aufgezeichnet werden konnten. Eine Beeinträchtigung der Prüfverfahren musste ausgeschlossen werden. Für die Kontrollen an den Anlagen und Probenahmen im Rahmen der Prüfungen war die Sichtmöglichkeit durch die Plexiglasdeckel nicht immer ausreichend, so dass die Deckel mindestens einmal pro Woche geöffnet werden mussten. Die Zeiten der Öffnungen wurden notiert. Bei der Auswahl der Kleinkläranlagen war die praktische Umsetzung der Installation der Messtechnik ein entscheidendes Kriterium. Da durch die Messungen der Betrieb nicht beeinflusst werden durfte, mussten die gegebenen Randbedingungen eingehalten werden. So war es z. B nicht möglich, Behälter zu untersuchen, die viele Zuluftöffnungen im Deckel vorsehen.

In der folgenden Tabelle sind die untersuchten Anlagen und der jeweilige Anlagentyp sowie die entsprechenden Untersuchungszeiträume dargestellt. Aus Gründen der gebotenen Anonymisierung der untersuchten Kleinkläranlagen ist eine genauere Angabe des Untersuchungszeitraumes nicht möglich.

Tabelle 2: Untersuchte Anlagen – Prüffeld

Nr.	Anlagentyp	Untersuchungszeitraum	
		Monate	Jahreszeiten
1	Vorklärung	1	Sommer
2	Vorklärung	1	Winter
3	Vorklärung	3	Winter
4	Vorklärung	4	Sommer / Herbst
5	Vorklärung	4	Sommer / Herbst
6	Vorklärung	6	Sommer / Herbst / Winter
7	SBR-Anlage	1	Sommer
8	SBR-Anlage	4	Sommer / Herbst
9	SBR-Anlage	4	Sommer / Herbst
10	Festbett-Anlage	1	Sommer
11	Festbett-Anlage	6	Sommer / Herbst / Winter
12	Festbett-Anlage	6	Sommer / Herbst / Winter
13	MBR-Anlage	2	Herbst / Winter
14	MBR-Anlage	5	Sommer / Herbst / Winter
15	MBR-Anlage	6	Sommer / Herbst / Winter
16	Tropfkörper	1	Winter

In der folgenden Abbildung sind die Häufigkeiten der Messwerte aller auf dem Prüffeld des PIA untersuchten Anlagen für die gewählte Klasseneinteilung für Methan zusammengestellt. Die Abbildung zeigt, dass nahezu alle Messwerte im Bereich unter 10% UEG lagen. Der Anteil der Messwerte größer 10% UEG entspricht 0,2% der Gesamtanzahl der Messwerte. Der maximale Messwert dieser Untersuchungen betrug 21,9% UEG.

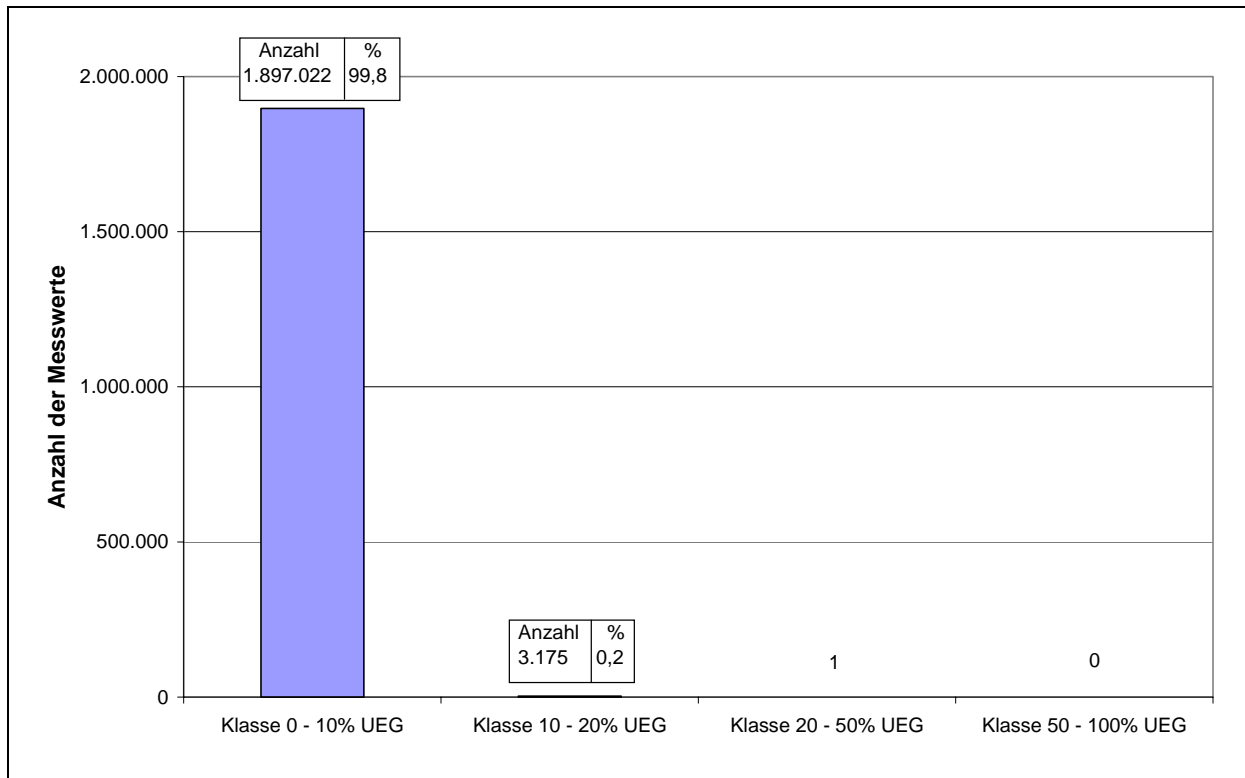


Abbildung 1: Häufigkeit der Messwerte – Methan Prüffeld

Von den 3.175 Messwerten im Bereich 10 und 20% UEG wurden 3.086 Messwerte in der Anlage 2 gemessen. Das Prüfverfahren der Anlage 2 war nach dem Untersuchungszeitraum von einem Monat beendet. Die Anlage konnte jedoch noch einen weiteren Monat auf dem Prüffeld des PIA verbleiben. Da hauptsächlich in dieser Anlage Methan gemessen wurde, wurde der zusätzliche Zeitraum für weitere Untersuchungen genutzt. Für diese Untersuchungen wurde die Be- und Entlüftung der Vorklärung weitgehend abgedichtet, um den Einfluss der Betriebsbedingungen zu ermitteln. Der prozentuale Vergleich der beiden Untersuchungsphasen ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

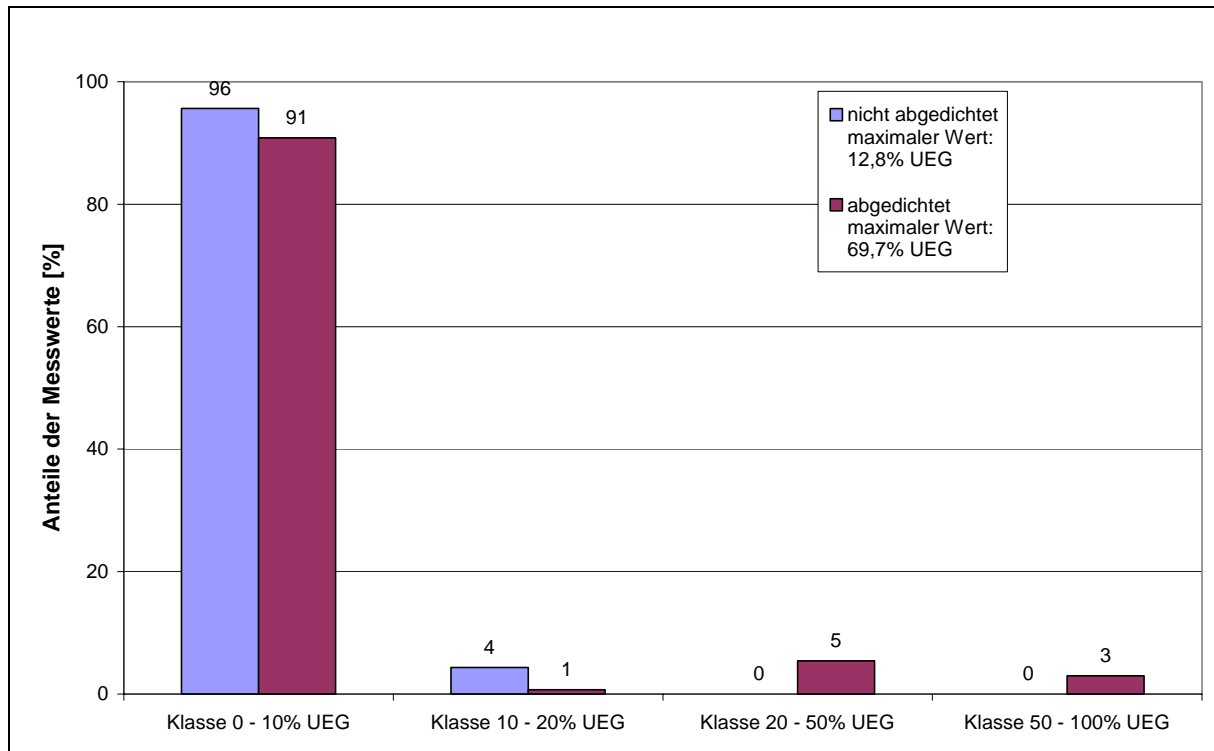


Abbildung 2: Vergleich nicht abgedichtet / abgedichtet – Methan Prüffeld Anlage 2

Die Untersuchungen in verschiedenen Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld des PIA haben gezeigt, dass im normalen Betrieb nur eine geringe Methanbildung zu beobachten war. Weitere Auswertungen der Messungen erfolgen bei der Diskussion der Ergebnisse.

### 3.3 Methanmessungen in Kleinkläranlagen vor Ort

In der folgenden Tabelle sind die untersuchten Anlagen und der jeweilige Anlagentyp, einschließlich der Anlagengröße und der tatsächlichen Einwohner, sowie die entsprechenden Untersuchungszeiträume dargestellt.

Tabelle 3: Untersuchte Anlagen – vor Ort

Nr.	Anlagentyp	Anlagen- größe [EW]	Tatsächliche Einwohner	Untersuchungszeitraum	
				von	bis
1	Festbett	8	3	13.09.2005	19.09.2005
2	Festbett	12	5	11.11.2005	17.11.2005
3	Ausfaulgrube	8	3	29.11.2005	05.12.2005
4	Ausfaulgrube	4	3	26.01.2006	02.02.2006
5	Absetzgrube (Tropfkörper)	4	3	16.02.2006	22.02.2006
6	Absetzgrube (Tropfkörper)	8	4	24.08.2006	31.08.2006
7	Ausfaulgrube	4	4	31.08.2006	07.09.2006
8	Ausfaulgrube (Tropfkörper)	4	3	10.10.2006	16.10.2006

Die Untersuchungen wurden über einen Zeitraum von mindestens fünf Tagen je Kleinkläranlage durchgeführt. Aufgrund der vorhandenen Messtechnik war eine kontinuierliche Erfassung des Methangehaltes in der Umgebungsluft innerhalb der untersuchten Kleinkläranlagen über 24 Stunden täglich möglich. Bei der Installation der Messtechnik wurde besonders auf die Nachbildung des Zustandes während des Normalbetriebes geachtet. Es wurden nur die Behälter untersucht, bei denen dies in der praktischen Umsetzung möglich war. Während des Untersuchungszeitraumes wurden die Deckel der Kleinkläranlagen nicht geöffnet.

Bei den Untersuchungen in verschiedenen Kleinkläranlagen vor Ort bei Betreibern im Kreis Düren wurde in sieben der acht untersuchten Anlagen keine Methanbildung beobachtet. Lediglich eine Anlage wies ein geringes Potential hinsichtlich der Gasbildung auf. Es wurden alle 20 Stunden kurzzeitige Spitzen im Bereich 10 bis 20% UEG

gemessen. Weitere Angaben zu den Ergebnissen erfolgen bei der Diskussion der Ergebnisse.

### **3.4 Gasmessungen in Versuchsanlage 1 auf dem Prüffeld des PIA**

Für die Versuchsanlage stand ein Tank zur Verfügung. Sämtliche Öffnungen des Tanks wurden geschlossen und weitgehend abgedichtet. Die Zulaufleitung wurde unter die Wasseroberfläche geführt. Der Tank war nicht in die Erde eingelassen, so dass der Temperatureinfluss beobachtet werden konnte (s. Abbildung 3). Methan hat eine geringere Dichte als Luft und sollte somit nach oben steigen. Faulgas stellt jedoch ein homogenes Gemisch aus verschiedenen Gasen dar, das sich in der Praxis wegen der häufigen Mischungsvorgänge nicht immer nach unterschiedlichen Dichten trennt [1]. Daher wurden Versuche zur Anordnung der Messstellen gemacht. Es wurden zwei Methansensoren in unterschiedlichen Höhen (0,14 und 0,74 m unter Deckelunterkante) installiert. In der Versuchsanlage befanden sich ca. 600 Liter Rohabwasser. In den ersten 2 Monaten des Untersuchungszeitraumes wurde dreimal pro Woche manuell jeweils 50 Liter Abwasser aus dem Tank abgelassen und 50 Liter frisches Abwasser zugefüllt, anschließend wurde einmal pro Woche 50 Liter Abwasser ausgetauscht. Aufgrund des Zulaufstutzens war zur Befüllung des Tanks ein Öffnen des Deckels nicht erforderlich. Nach Beendigung der Messungen an Anlagen vor Ort (Kreis Düren) konnte die mobile Messzentrale für die Versuchsanlage genutzt werden, so dass auch hier Schwefelwasserstoffmessungen durchgeführt werden konnten.

Für die Auswertung der Methanmessungen werden die Verläufe der Messwerte der beiden installierten Methansensoren und die mittleren Tagestemperaturen betrachtet. In der folgenden Abbildung ist die Phase der maximalen Methanbelastungen dargestellt, die im Rahmen der Datenaufzeichnung ermittelt werden konnte.

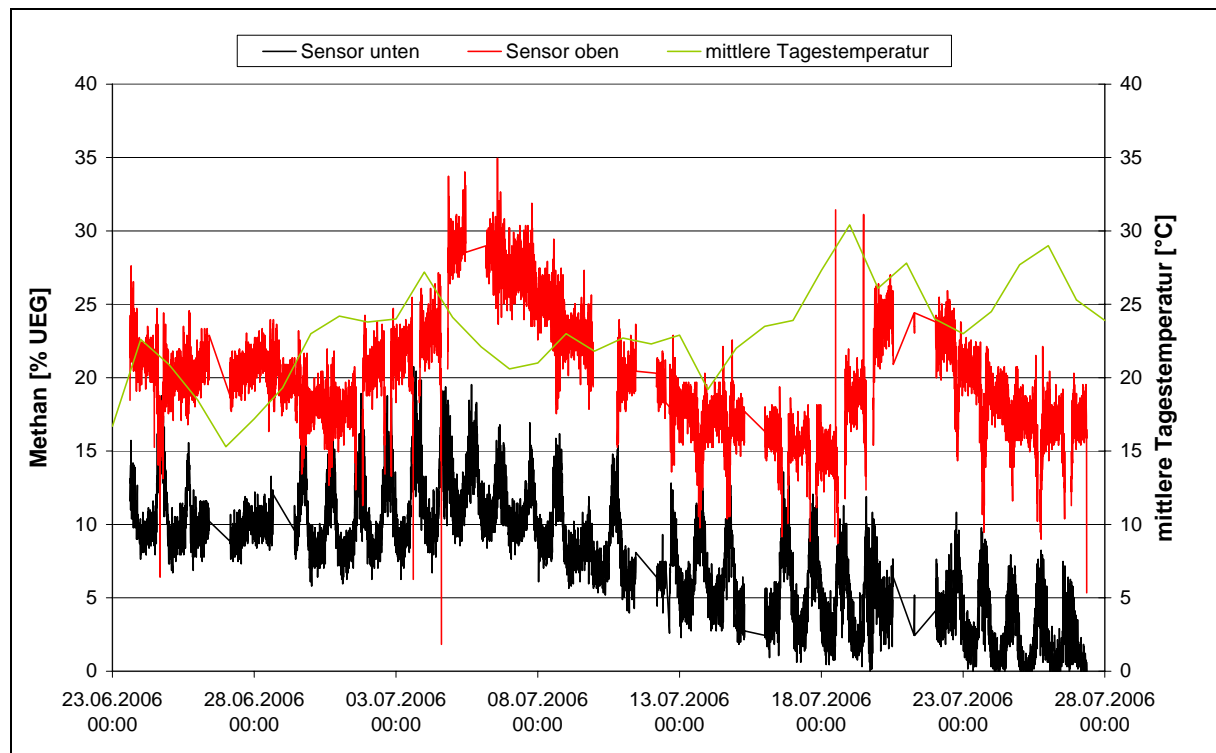


Abbildung 3: Maximalbelastung – Methan Versuchsanlage 1

Die Gasmessungen in dieser Versuchsanlage haben ergeben, dass bei bestimmten Randbedingungen ein Gefährdungspotential hinsichtlich der Gasbildung bestehen kann. Schwefelwasserstoff wurde in dieser Versuchsanlage nicht gemessen. Weitere Angaben zur Auswertung der Messungen werden in der Diskussion der Ergebnisse dargestellt.

### 3.5 Gasmessungen in Versuchsanlage 2 auf dem Prüffeld des PIA

Im August 2006 wurde eine zweite Versuchsanlage in Betrieb genommen. In dieser Anlage wurden unter realeren Bedingungen als in der ersten Versuchsanlage Untersuchungen durchgeführt, da der Behälter eingeschüttet war, an eine Dosieranlage des Prüffeldes angeschlossen war und regelmäßig beschickt wurde. Für diese Versuchsanlage konnte die Vorklärung einer Tropfkörperanlage genutzt werden, die auf dem Prüffeld des PIA betrieben wurde, sich aber nicht in einer Prüfung befand. Die Tropfkörperanlage ist für 8 EW ausgelegt. Die Vorklärung ist eine Dreikammergrube, die ca. 6,7 m<sup>3</sup> Abwasser beinhaltet. Die Kleinkläranlage wurde täglich mit 1,2 m<sup>3</sup> Abwasser beschickt.



Die Versuchsanlage wurde über einen Zeitraum von drei Monaten betrieben und die Daten kontinuierlich aufgezeichnet. Der Untersuchungszeitraum wurde in zwei Phasen aufgeteilt. In der ersten Phase wurde die Anlage ordnungsgemäß betrieben. Vor Beginn der zweiten Phase wurde die Anlage so abgedichtet, dass die Be- und Entlüftung nur über die Zu- und Ablaufleitungen erfolgte.

In der folgenden Abbildung ist die Anzahl der Werte der Methanmessungen für die Klassen 0 bis 10% UEG und 10 bis 20% UEG der beiden Untersuchungsphasen dargestellt.

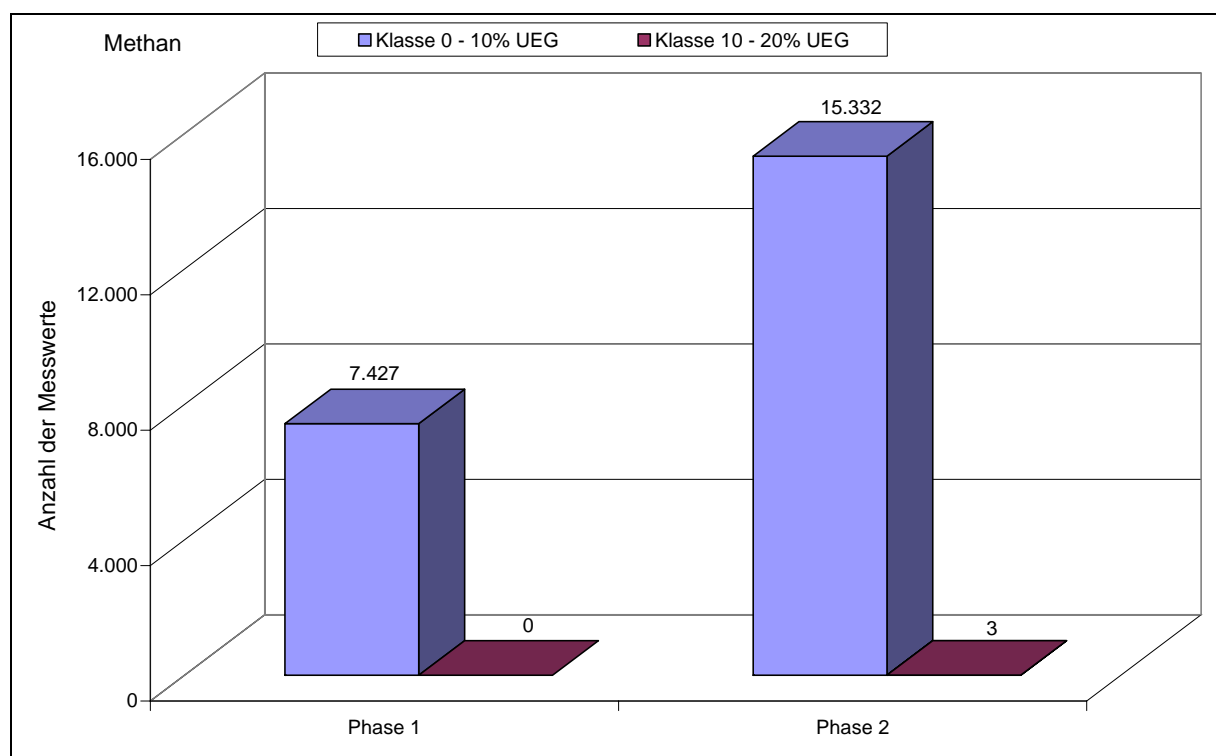


Abbildung 4: Anzahl der Messwerte – Methan Versuchsanlage 2

Die Untersuchungen zeigten, dass während des gesamten Untersuchungszeitraumes nur sehr geringe Methan- und Schwefelwasserstoffbildungen zu beobachten waren. Bei der Diskussion der Ergebnisse werden weitere Angaben zu der Auswertung der Messungen gemacht.

## 4 Diskussion der Ergebnisse

Ziel dieses Vorhabens war es, eine Grundlage hinsichtlich der weiteren Betrachtung des Explosionsschutzes in Kleinkläranlagen zu schaffen.

Die Untersuchungen in verschiedenen Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld des PIA, vor Ort bei privaten Betreibern im Kreis Düren und in einer Versuchsanlage zeigten, dass im normalen Betrieb keine oder nur geringe Methanbildungen zu beobachten waren. Der überwiegende Anteil der gemessenen Werte lag im Bereich unter 10% UEG. Bei den Messwerten, die über 10% UEG lagen, handelte es sich hauptsächlich um kurzzeitige Spitzen und keine dauerhafte Erhöhung des Methangehaltes. Lediglich in einer Anlage auf dem Prüffeld des PIA waren Phasen mit einer nahezu konstanten Erhöhung des Methangehaltes, in dem Bereich 10 bis 20% UEG, zu beobachten. Eine Einschränkung der Be- und Entlüftung dieser Anlage hatte einen weiteren Anstieg der gemessenen Werte, bis zu einem Maximalwert von nahezu 70% UEG, zur Folge. Dahingegen war bei der Versuchsanlage nach der Einschränkung der Be- und Entlüftung keine bedeutende Veränderung zu erkennen. In verschiedenen Versuchsphasen waren nur geringe Methanbildungen zu beobachten.

Die Gasmessungen in einer weiteren Versuchsanlage haben gezeigt, dass bei bestimmten Randbedingungen ein Gefährdungspotential hinsichtlich der Gasbildung besteht kann. Die Methanbildung wurde bei diesen Untersuchungen von den Betriebsbedingungen (nahezu keine Be- und Entlüftung) und der Temperatur (Behälter oberirdisch) beeinflusst. Bei günstigen Randbedingungen für die Methanbildung wurden kontinuierlich Messwerte größer 20% UEG und Maximalwerte bis 35% UEG gemessen. Die Anordnung von Methansensoren in unterschiedlichen Höhen hat gezeigt, dass der Methangehalt im oberen Bereich überwiegend höher ist und sich Methanblasen bilden, auch wenn im unteren Bereich, nahe an der Wasseroberfläche, kein Methan messbar war.

Die Untersuchungen ergaben, dass bei Kleinkläranlagen im Normalbetrieb im Wesentlichen keine oder nur geringe Methanbildungen zu beobachten waren. Des Weiteren konnten verschiedene Faktoren ermittelt werden, die die Methanbildung beeinflussen. Zu nennen sind beispielsweise die Betriebsbedingungen. Die Gewährleistung einer ausreichenden Be- und Entlüftung stellt eine bedeutende Schutzmaßnah-

me zur Verhinderung oder Einschränkung der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre dar. Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor ist die Temperatur. Günstige Bedingungen für die Methanbildung liegen bei Temperaturen im Abwasser von über 30°C vor. Diese Temperaturen werden in der Regel bei in die Erde eingebauten Kleinkläranlagen nicht erreicht. Weiterhin wurden Unterschiede hinsichtlich verschiedener Anlagentypen festgestellt. In besonders belüfteten Behältern, wie z. B. Membranbioreaktoren, ist die Bildung von Methan nahezu ausgeschlossen (vgl. Langfassung). Ein Gefährdungspotential ist eventuell in nicht belüfteten Reinigungsstufen vorhanden. Außerdem wurden bei der Methanbildung Unterschiede beobachtet, deren Ursache in anlagenspezifischen Einflüssen gesehen werden kann. Bei der Untersuchung zweier Vorklärunge in einem identischen Untersuchungszeitraum auf dem Prüffeld des PIA wurden sehr unterschiedliche Methanbildungen beobachtet. In einer Vorklärunge wurde nahezu kein Methan gemessen und in der anderen regelmäßige Spitzen im Bereich 5 bis 12% UEG. Es war jedoch nicht möglich die Ursachen dieser Spitzen zu bestimmen. Das Vorkommen von regelmäßigen, kurzen Spitzen mit Methangehalten im Bereich 5 bis 20% UEG wurde häufiger bei Anlagen beobachtet.

## 5 Ausblick

Die Untersuchungen der Schwefelwasserstoffbildung in den Versuchsanlagen zeigten, dass bei Vorhandensein von Schwefelwasserstoff geringere Methanbildungen zu beobachten waren. Allerdings wurden während der gesamten Untersuchungszeiträume keine oder nur sehr geringe Belastungen gemessen. Es gab einige einzelne Spitzen im Bereich 10 bis 50 ppm, aber keine dauerhafte Belastung. Somit bestand im Rahmen der Messungen im Bereich des Sensors durch Schwefelwasserstoff keine Gefährdung, weder hinsichtlich des Explosionsrisikos noch der Vergiftungsgefahr.

Die Methanmessungen in Kleinkläranlagen bei privaten Betreibern im Kreis Düren haben gezeigt, dass in den untersuchten Anlagen keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung zu beobachten war. Bei Anlagen im realen Betrieb sind jedoch die Betriebsbedingungen ein erheblicher Einflussfaktor hinsichtlich der Methanbildung.

Bei Betrachtung der Methanmessungen in den untersuchten Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld des PIA, die ordnungsgemäß betrieben wurden, wurde ein maximaler Wert von 22% UEG gemessen. Auf dieser Grundlage war das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung nicht zu beobachten.

Die Gasmessungen im Rahmen dieses Vorhabens lassen folgende Einstufung der untersuchten Kleinkläranlagen in das Ablaufschema zur Beurteilung der Explosionsgefährdung und Festlegung von Schutzmaßnahmen [7] zu.

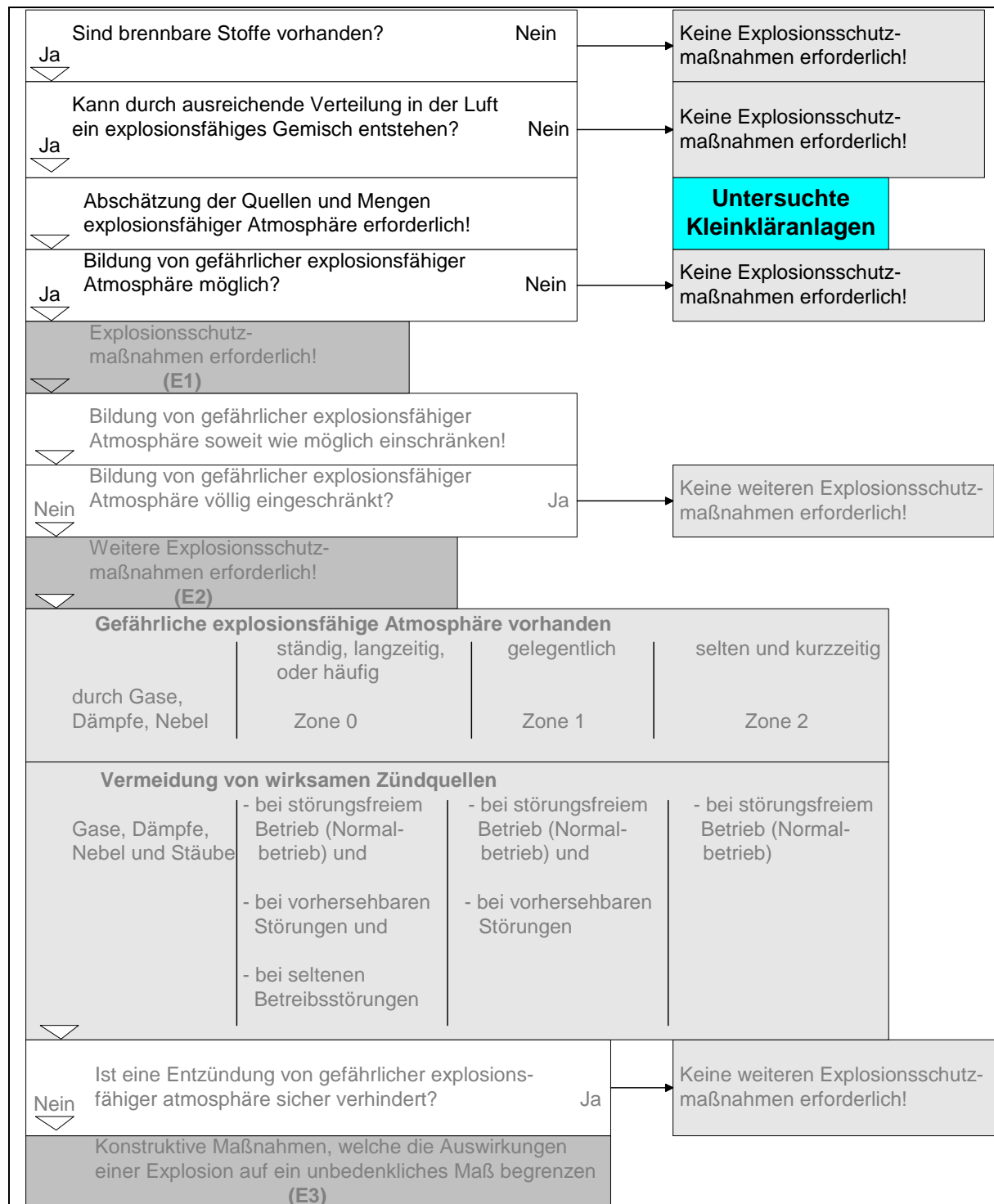


Abbildung 5: Einstufung der untersuchten Kleinkläranlagen

## 6 Literatur

[1]	DWA-Arbeitsbericht – Erstellung von Explosionsschutzdokumenten für abwassertechnische Anlagen; DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.; September 2005
[2]	EG-Sicherheitsdatenblatt gemäß TRGS 220, Methan; Februar 2005
[3]	EG-Sicherheitsdatenblatt nach TRGS 220, Schwefelwasserstoff; Oktober 2005
[4]	Schwefelwasserstoff – Gesundheitsgefährdung, Sicherheitsvorkehrungen; ÖMV Aktiengesellschaft TG-STB/Sicherheitstechnik; Wien 1982
[5]	Betriebssicherheitsverordnung – Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes; vom 27. September 2002, in der Fassung vom 25. Juni 2005
[6]	ATEX-Produkt-Richtlinie (RL 94/9/EG)- Geräte und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen; vom 23. März 1994
[7]	Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) – Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre, GUV-R 104; Bundesverband der Unfallkassen; März 2005