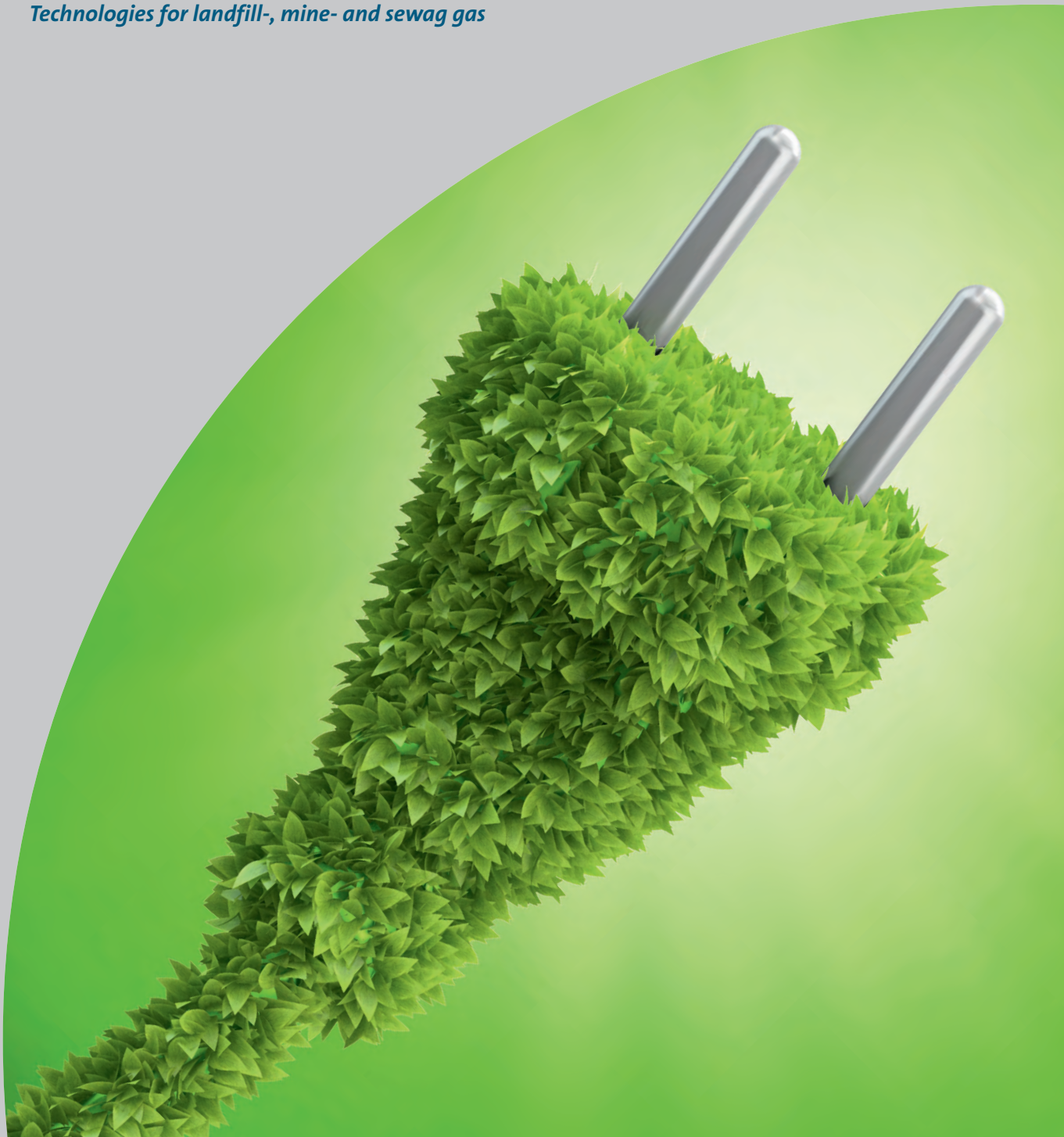
Abfall- und Recyclingtechnik
Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate

Aktiver Klimaschutz – Behandlung und Verwertung von Methan

Techniken für Deponie-, Gruben-, und Klärgas

Active climate protection – treatment and recycling of methane

Technologies for landfill-, mine- and sewag gas



Inhalt
Content

Vorwort **02**
Foreword ***03***

Deponiegas – das selbst erzeugte Gas 04
Landfill gas – the gas that generates itself

Wie entsteht das Gas, das den Klimawandel vorantreibt? **04**
How is the gas that's driving climate change actually produced? ***05***

Deponiegasentstehung und -freisetzung verhindern – für aktiven Klimaschutz **06**
Preventing landfill gas production and emissions – for active climate protection ***07***

Deponiegas: Die positive Seite – erfassen und nutzbar machen **08**
Landfill gas: the positive side – how it can be captured and utilised ***09***

Herstellernachweis: Technik für das Handling von Deponiegas **10**
Manufacturer's notification: technology for handling landfill gas

Grubengas – das ungewollte Gas 12
Mine gas – the hazardous gas

Das Andenken an den Bergbau – gefährlich für Klima und Bevölkerung **12**
In memory of mining – hazardous to people and the environment ***13***

Gas aus dem Bergwerk – was tun damit? **14**
Mine gas – what can be done with it? ***15***

Gas aus dem Bergwerk nutzbar machen **16**
Converting mine gas to a usable form ***17***

Herstellernachweis: Technik für das Handling von Grubengas **18**
Manufacturer's notification: technology for handling mine gas

Klärgas – das gewollte Gas 20
Sewage gas – the beneficial gas

Abwasser – Klärschlamm – Klärgas – der Weg zu einem Energieträger **20**
Wastewater – sewage sludge – sewage gas – how to produce an energy carrier ***21***

Methangas selbst erzeugt – warum? **22**
Self-generated methane gas – why? ***23***

Selbst erzeugtes Gas aus dem Klärwerk – wie ist es nutzbar? **24**
Self-generated gas from the sewage works – how can it be utilised? ***25***

Herstellernachweis: Technik für das Handling von Klärgas **26**
Manufacturer's notification: technology for handling sewage gas

Impressum **28**
Imprint

Vorwort

COP 21, 22, 23 und die daraus resultierenden Klimaziele der Europäischen Kommission, der anderen Vertragspartner und schließlich auch einzelner Nationalstaaten sind längst Gegenstand aktueller Diskussion.

Fest steht, der Anstieg der Erdtemperatur soll im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf unter 2, möglichst unter 1,5 Grad Celsius begrenzt werden. Ein ambitioniertes Ziel der Klimakonferenz von Paris 2015, für das es gezielter Maßnahmen bedarf. Zentraler Baustein ist die Reduktion der klimaschädlichen Treibhausgasemission um 80–95 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990.

Der VDMA und seine Mitgliedsunternehmen bekennen sich zu den ambitionierten Zielen des Pariser Klimaabkommens und den Umsetzungszielen der EU Kommission sowie der einzelnen Nationalstaaten. Die Branche sieht sich als Technologielieferant, der Klimaschutz auf der einen Seite und Energieziele auf der anderen Seite verbinden kann.

Die in dieser Broschüre aufgeführten Mitgliedsunternehmen des VDMA leisten mit ihren Technologien zur Nutzung des Gases aus Deponien, Gruben und Kläranlagen nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz, sondern auch zur Energieerzeugung, zur Gefahrenabwehr und der Minderung von Geruchsemissionen.

Die Broschüre zeigt, dass es Technologien gibt, um die Potenziale des selbst erzeugten Deponiegases, des ungewollten Grubengases und des gewollten Klärgases bereits heute effizient zu nutzen.

Die Mitglieder der VDMA Fachverbände Abfall- und Recyclingtechnik sowie Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate stehen Ihnen mit Wissen und vor allem innovativen Technologien für das Erreichen von Klimazielen zur Seite.

Herzlichst Ihre

Naemi Denz
Geschäftsführerin
VDMA Abfall- und Recyclingtechnik

Richard Clemens
Geschäftsführer
VDMA Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate

Foreword

COP 21, 22, 23 and the resulting climate goals of the European Commission, the other contractual partners as well as individual nation states have long been a subject of ongoing debate.

But one thing's for sure: the rise in the earth's temperature is to be limited to less than 2°C – or, if possible, 1.5°C – above pre-industrial levels – an ambitious goal of the 2015 United Nations Climate Change Conference in Paris that requires targeted measures if it is to be achieved. A central pillar is the reduction of greenhouse gas emissions by 80–95% compared with 1990.

The VDMA and its member companies expressly support the ambitious goals of the Paris Agreement and the implementation goals of the EU Commission and the individual nation states. The industry sees itself as a technology supplier that unites climate protection on the one hand and energy goals on the other.

With their technology for utilising the gas emitted from landfills, mines and sewage works, the VDMA member companies mentioned in this brochure contribute not only to climate protection but also energy generation, risk prevention and the reduction of odour emissions.

This brochure shows that technologies exist that can already efficiently utilise the potential of self-generated gas from landfills, hazardous gas from mines and the beneficial sewage gas.

The members of VDMA Waste Treatment and Recycling Technology and Process Plant and Equipment support you with their knowledge and, above all, their innovative technologies for achieving the climate goals.

Yours sincerely

Naemi Denz
Managing Director
VDMA Waste Treatment and Recycling Technology

Richard Clemens
Managing Director
VDMA Process Plant and Equipment

Deponiegas – Das selbst erzeugte Gas

Wie entsteht das Gas, das den Klimawandel vorantreibt?

Deponiegas ist ein vom Menschen erzeugter Stoff. Durch unser tägliches Leben und vor allem durch unser Wegwerfverhalten erzeugt die Menschheit dieses Gas. Auf Deponien, die in Deutschland lange Jahre Endstation für Siedlungsabfälle waren und die es in vielen Teilen Europas und der Welt noch immer gibt, entsteht durch biologische Abbauprozesse des Abfalls Deponiegas. In einem mehrstufigen biochemischen Prozess werden die biologisch abbaubaren Anteile der Abfälle (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiß u.a.) zu Methan und Kohlendioxid umgesetzt. Das Verhältnis der beiden Komponenten beträgt bei ca. 2:1.

Als Ergebnis dieser Reaktionen entstehen im Verlauf von 20–25 Jahren aus einer Tonne Hausmüll im Mittel ca. 200 m³ Deponiegas mit einem Methananteil von rund 55 Volumenprozent. Dieser Methangehalt nimmt zwar auf natürlichen Weg mit den Jahren ab, die Beeinträchtigungen für die Umwelt durch die Emissionen und für die Gesundheit der Menschen und Tiere, auch durch mögliche Explosionen bleiben jedoch sehr lange erhalten.

Methan ist z.B. im Vergleich zum wesentlich bekannteren Kohlendioxid ein erheblich stärkeres Treibhausgas. Der Beitrag zum Treibhauseffekt von gasförmigen Stoffen wird immer zur Wirkung von Kohlenstoffdioxid in Relation gesetzt; man spricht von Kohlenstoffäquivalenten. Methan hat ein 28-mal höheres Treibhausgaspotenzial als Kohlendioxid. Das bedeutet, dass Methanemissionen aus Deponien eine 28-mal höhere Umweltbelastung darstellen, als wenn die gleiche Menge Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangen würde.

Landfill gas – the gas that generates itself

How is the gas that's driving climate change actually produced?

Landfill gas is a substance generated by humans. We generate this gas through the impact of our daily lives and, above all, through the waste that we discard. On landfills which were the final destination of household waste in Germany for many years and which still exist in many parts of Europe and the world, biological waste degradation processes lead to the production of landfill gas. In a multi-stage biochemical process, the biodegradable components of the waste (carbohydrates, fats, proteins etc.) are converted to methane and carbon dioxide in a ratio of roughly 2:1.

In a tonne of household waste, these reactions can over a 20–25-year period generate an average of around 200 m³ of landfill gas with a methane content of around 55% by volume. Although this methane content naturally decreases over the years, the damage to the environment caused by the emissions and the impact on human and animal health – including as a result of possible explosions – remain for a very long time.

Compared with the much more widely known carbon dioxide, for example, methane is a much more potent greenhouse gas. The contribution of gaseous substances to the greenhouse effect is always measured in relation to the effect of carbon dioxide ("carbon equivalents"). The greenhouse gas potential of methane, for example, is 28 times higher than that of carbon dioxide – in other words, methane emissions from landfills are 28 times more environmentally damaging than emissions of the equivalent volume of carbon dioxide.

Deponiegas – Das selbst erzeugte Gas

Deponiegasentstehung und -freisetzung verhindern – für aktiven Klimaschutz

Die Entstehung von Treibhausgasemissionen in Form von Methan und die Deponierung von unbehandelten organischen Siedlungsabfällen hängen somit eng zusammen. Durch die Begrenzung der Deponierung unbehandelter, organikreicher Abfälle sowie den Rückbau, Sanierung und ordnungsgemäßen Betrieb von Deponien können die Gefahren, die insbesondere vom enthaltenen Methangas ausgehen, abgemindert werden. Für die unzähligen bereits vorhandenen und auch für zukünftige Deponien hat der Maschinen- und Anlagenbau technische Möglichkeiten und Verfahren entwickelt, um das gefährliche Gas zu sammeln, aufzubereiten und zu nutzen. So konnten in Deutschland beispielsweise im Zeitraum von 1990 bis 2015 die jährlichen Methan-Emission von rund 1,4 Mio. Tonnen auf heute rund 0,5 Mio. Tonnen pro Jahrverringert werden. In diesen rund 25 Jahren wurden alleine auf deutschen Deponien insbesondere durch den Einsatz der technischen Lösungen des Maschinen- und Anlagenbaus mindestens 360 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalente durch die Fassung und Behandlung von Methangas vermieden.

Noch immer 42 Prozent Deponierung in Europa

Insgesamt wurden von den 28 EU-Mitgliedsstaaten im Jahr 2015 139 Millionen Tonnen Kohlenstoffäquivalente aus Deponien emittiert. Das sind 102 Millionen Tonnen oder rund 42,5 Prozent weniger als im Jahr 1990.

In der EU 28 fallen pro Jahr und Kopf ca. 475 kg Siedlungsabfall an. Davon werden rund 130 kg oder 28 Prozent deponiert. Während der Anteil der auf Deponien entsorgten Abfälle pro Kopf in Deutschland und zahlreichen anderen West- und Nordeuropäischen Staaten bei deutlich unter 10 Prozent liegt, deponieren zahlreiche Länder Südosteuropas ihre Abfälle noch immer deutlich mehr als 60 Prozent der Siedlungsabfälle ohne Vorbehandlung. Hinzu kommen weltweit noch weit höheren Mengen unbehandelten Siedlungsabfalls auf Deponien. Deponiegas zählt somit weltweit betrachtet zu den größten anthropogenen Quellen für das Treibhausgas Methan.

Landfill gas – the gas that generates itself

Preventing landfill gas production and emissions – for active climate protection

The production of greenhouse gas emissions in the form of methane and the depositing of untreated, organic household waste are therefore closely interlinked. The dangers associated with the methane contained in this waste can be mitigated by reducing the volume of untreated, high-organic-content waste that is deposited and by ensuring that landfills are properly operated and, when the time comes, properly decommissioned and decontaminated. For the numerous existing landfills as well as for the landfills that will be created in the future, the mechanical and systems engineering industry has developed a range of technological solutions and processes designed to capture, treat and utilise these hazardous gases. In Germany, for example, annual methane emissions in the period 1990–2015 were reduced year on year from around 1.4 million tonnes to around 0.5 million tonnes. Over these 25 years, the deployment of technological solutions developed by the mechanical and systems engineering industry for capturing and treating methane gas reduced the production of carbon dioxide equivalents by at least 360 million tonnes on German landfills alone.

Landfilling in Europe still at 42%

In 2015, the 28 EU member states emitted a total of 139 million tonnes of carbon dioxide equivalents from landfills, 102 million tonnes – or around 42.5% – less than in 1990.

In the EU 28, each person produces around 475 kg of household waste every year, around 130 kg (28%) of which ends up in landfills. While the proportion of landfilled waste per head in Germany and many other western and north-European countries is significantly less than 10%, many countries in south-east Europe deposit significantly more than 60% of their residential waste without pretreatment. And the amount of residential waste deposited untreated in landfills in other parts of the world is far higher. On a global scale, therefore, landfill gas is one of the biggest anthropogenic sources of the greenhouse gas methane.

Deponiegas – Das selbst erzeugte Gas

Deponiegas: Die positive Seite – erfassen und nutzbar machen

Durch die bisherige Praxis der Abfallentsorgung die in großen Teilen der Welt anhaltende Deponierung unbehandelter Siedlungsabfälle gibt es weltweit enorme Mengen an Deponiegas, die aktuell meist ungehindert emittieren. Durch moderne Techniken können diese nicht nur erfasst, sondern auch aufbereitet und nutzbar gemacht werden. So ist es möglich, das in der Deponie vorhandene Gas zu erfassen und in elektrischen Strom und Wärme umzuwandeln. Möglich ist dies sogar, wenn der Methangehalt oder auch die Gasmenge in der Deponie über die Jahre bereits erheblich gesunken ist.

Deponiegasfassung, -förderung und -verwertungstechnik

Die erforderliche Technik zum aktiven Klimaschutz durch Erfassung und Nutzung von Deponiegas wird durch den Maschinen- und Anlagenbau auf dem Weltmarkt angeboten. Im ersten Schritt muss dabei das Deponiegas gefördert werden. Ob dafür eine

- Gassammelstation oder
- Gasaufbereitung und -reinigung oder
- Gasförder- und Verdichtertechnik

benötigt wird, ist abhängig von den konkreten Rahmenbedingungen.

Deponiegasverwertungstechnik

Der Energiegehalt des Deponiegases kann zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden. Hierfür hat der Maschinen- und Anlagenbau spezielle Techniken entwickelt:

- BHKW/Gas-Otto-Motor
- Zündstrahlmotoren
- Gasturbinen
- Wärmeerzeugungsanlagen

Deponiegasbehandlungstechnik

Für den Fall, dass eine Verstromung oder Wandlung in Wärme beispielsweise wegen zu geringer Deponiegasqualität oder zu geringer Deponiegasmenge nicht möglich ist, werden thermische und biologische Systeme zur Deponiegasbehandlung eingesetzt. Das Methan wird dabei in Kohlendioxid umgewandelt. Da es sich bei Deponiegas nicht um fossile Energie handelt, ist das bei der Umwandlung entstehende Kohlendioxid zusätzlich klimaneutral. Zur Auswahl stehen hierbei:

- Hochtemperaturfackel
- Schwachgasfackel
- Thermische Nachverbrennung
- Biofilter
- Wärmeerzeugungsanlagen

Landfill gas – the gas that generates itself

Landfill gas: the positive side – how it can be captured and utilised

The current methods of depositing waste – not to mention the depositing of untreated residential waste, a practice that persists in many regions of the world – mean that huge amounts of landfill gas are being emitted largely unchecked into the atmosphere. But thanks to state-of-the-art techniques, this can be not only captured but also treated and converted to a usable form. For example, the gas produced in a landfill can be captured and converted to electricity and heat. This is possible even in cases where the methane content or gas volume in the landfill has already fallen significantly over the years.

Landfill gas capture, extraction and recycling technology

On the global market, the mechanical and systems engineering industry offers technology specially designed to promote active climate protection by capturing and utilising landfill gas. The first step is to extract the landfill gas. Whether

- *a gas collection station,*
- *gas treatment and purification station or*
- *gas extraction and compressor technology*

is required for this depends on the specific circumstances.

Landfill gas recycling technology

The energy content of the landfill gas can be utilised to produce electricity and heat – and the mechanical and systems engineering industry has developed special technology to achieve this:

- *Thermal power stations / spark-ignited gas engines*
- *Pilot-injection engines*
- *Gas turbines*
- *Heat generation plants*

Landfill gas treatment technology

Thermal and biological systems for treating landfill gas can be used in situations where it is not possible for the gas to be converted to electricity or heat due to poor-quality or inadequate supplies of landfill gas. These systems convert methane to carbon dioxide. Since landfill gas is not a fossil fuel, the carbon dioxide produced in this conversion process is also climate-neutral. The following options are available:

- *High-temperature flare*
- *Lean gas flare*
- *Thermal post-combustion*
- *Bio-filters*
- *Heat generation plants*

Herstellernachweis: Technik für das Handling von Deponiegas
Manufacturer's notification: technology for handling landfill gas

Unternehmen	**Deponiegasfördertechnik** ***Landfill gas extraction technology***	Gassammelstationen *Gas collection stations*	Gasaufbereitung & -reinigung *Gas treatment and purification*	Gasförder- & verdichttertechnik *Gas extraction and compressor*	**Deponiegasverwertungstechnik** ***Landfill gas recycling technology***	BHKW/Gas-Otto-Motoren *Thermal power stations /spark-ignited-gas-engines*	Schwachgasoptimierung von BHKWs *Lean gas optimization of thermal power stations*	Wärmeerzeugungsanlagen *Heat generation plants*	**Deponiegasbehandlungstechnik** ***Landfill gas treatment technology***	Hochtemperaturfackeln *High-temperature flares*	Schwachgasfackeln *Lean gas flares*	Sicherheitseinrichtungen (Flammendurchschlag-sicherungen, Ventile) *Safety features (Flame Arrester, Valve)*	Biofilter *Bio-filters*	Dienstleistungen *Services*	Mess-, Steuer- und Regeltechnik *measurement and control systems*
Bürkert Fluid Control Systems www.buerkert.de															●
Green Gas Germany www.greengas.net/de-home.html							●							●	
KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG www.koetter-consulting.com														●	
LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH www.lambda.de	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		●	●	
MTU Onsite Energy GmbH www.mtuonsiteenergy.com					●										
PROTEGO® - Braunschweiger Flammenfilter GmbH www.protego.com												●			
Silica Verfahrenstechnik GmbH www.silica.berlin/de/			●												
Siloxa Engineering AG www.siloxa.com	●		●	●										●	
UGN-Umwelttechnik GmbH www.ugn-umwelttechnik.de			●										●	●	

Im Bereich der Deponiegas wird es in den kommenden Jahren, in Abhängigkeit vom Alter und der Zusammensetzung der Deponie, zu immer schwächer werdenden Gaskonzentraten kommen. Um auch dieses, noch immer gefährliche, Gas aufzufangen, umzuwandeln und zu nutzen wird innovative Technik benötigt. Die Mitgliedsunternehmen des VDMA haben die Entwicklung dieser Techniken in den vergangenen Jahren vorangetrieben und investieren noch immer in Know-how, um der Problematik gerecht zu werden.

Concentrations of landfill gas – depending on the age and structure of the landfill – are set to decline over the coming years, so innovative technology is needed for capturing, converting and utilising the still hazardous concentrations that are left. The VDMA member companies have advanced the development of this technology over the past few years and are still investing in the know-how needed to respond to the challenge.

Kontakt
Sören Grumptmann
VDMA Abfall- und Recyclingtechnik
Telefon +49 69 6603-1153
E-Mail soeren.grumptmann@vdma.org

Contact
Sören Grumptmann
VDMA Waste Treatment and Recycling Technology
Phone +49 69 6603-1153
E-Mail soeren.grumptmann@vdma.org

Grubengas – Das ungewollte Gas

Das Andenken an den Bergbau – gefährlich für Klima und Bevölkerung

Grubengas ist eine Folge und eine Begleiterscheinung des Untertagebergbaus. Durch den menschlichen Eingriff in die Natur wurde und wird noch immer – selbst in bereits stillgelegten Zechen – Grubengas freigesetzt.

Entstanden ist die Kohle vor etwa 300 Millionen Jahren, als große Teile Nordeuropas noch mit einem Meeresbecken überdeckt waren. Als mit der Zeit das flache Meer verlandet war, bildeten sich Moorlandschaften. Organische Materialien in der Moorlandschaft vertorften unter Luftabschluss. Auf dieser Schicht setzten sich wieder Sedimente ab. Die mehrfache Wiederholung dieses Prozesses führte zur Entstehung einer Flözstruktur. Durch den Druck der abgelagerten Sedimentschichten und die mit der Tiefe zunehmende Temperatur setzte die Bildung von Kohle, die sogenannte Inkohlung, ein[1]. Ein Entweichen des bei der Zersetzung des organischen Materials gebildeten Methans wurde so verhindert und das Grubengas wurde durch Adsorption an der Oberfläche der Kohle gebunden.

Der Abbau der Kohle setzt das Gas frei

Wird dieses geschlossene System beispielsweise durch den Abbau der Kohle durchbrochen, kommt es zu einer Druckentlastung und das bisher eingeschlossene Methan kann als sogenanntes Grubengas entweichen. Der weltweite Anteil des Grubengases am gesamten Methanvorkommen beträgt rund 7 Prozent.

Diese Gasentweichung kommt zum einen in aktiven Untertagebergwerken vor, hier kann es bei der Vermischung mit Sauerstoff sehr schnell zu sogenannten Schlagwetterexplosionen kommen, die oft viele Opfer unter den Bergleuten und hohe Schäden mit sich bringen. Zum anderen entweicht Methan auch noch nach dem Ende des aktiven Bergbaus aus stillgelegten Bergwerken und Kohlegruben. Mit negativen Einflüssen für das Klima und sicherheitsrelevanten Folgen im Bergwerk und an der Erdoberfläche, die das austretende Methangas verursacht.

[1] Vgl. http://www.chemie.de/lexikon/Grubengas.html

Mine gas – the hazardous gas

In memory of mining – hazardous to people and the environment

Mine gas is a consequence and by-product of underground mining. Human activities in the natural environment have led – and still lead – to the release of mine gas, even from decommissioned mines.

The coal was formed around 300 million years ago when large parts of northern Europe were still covered by a sea basin. As the shallow waters started to silt up over time, this led to the formation of moorland areas. Organic materials on these moorlands gradually turned to peat, trapping air inside. Over time, more sediment became deposited on this layer. This process was repeated multiple times, eventually resulting in the formation of a seam structure. The pressure exerted by the deposited layers of sediment and the temperatures that increased the further down the layers went resulted in the formation of coal ("carbonisation")[1]. This prevented the methane formed during the decomposition of the organic material from being discharged, and the mine gas became bound through adsorption on the surface of the coal.

Extracting the coal releases the gas

If this closed system is broken (for example, when the coal is extracted), this releases the pressure, and the trapped methane is discharged in the form of "mine gas". Around 7% of all methane stores worldwide are in the form of mine gas.

On the one hand, this gas discharge can occur in active underground mines; when the gas mixes with oxygen, this can rapidly lead to "firedamp explosions", which can claim many victims among the miners and cause extensive damage. On the other hand, methane can also be discharged from decommissioned coal mines – with negative consequences for the climate and safety-critical consequences both inside the mine and on the earth's surface.

[1] *See http://www.chemie.de/lexikon/Grubengas.html*

Grubengas – Das ungewollte Gas

Gas aus dem Bergwerk – was tun damit?

Grubengas ist unsichtbar, besteht vor allem aus dem klimaschädlichen Methan und ist bei einem bestimmten Mischungsverhältnis mit Luft leicht entzündlich und explosiv. Daher liegt der Hauptaspekt bei der Förderung des Grubengases in aktiven Bergwerken in der Arbeitssicherheit, die durch die sogenannte Bewetterung sichergestellt wird. Ein Funkenschlag kann ausreichen, um bei einer Konzentration von 4,4 Prozent (bis maximal 16,5 Prozent) Methan in der Luft eine Explosion auszulösen. Eine Nutzung dieses Gases geschieht in den wenigsten Fällen, da der Methangehalt in der Abluft der Bewetterung zu niedrig ist.

Gesamtaustritt an Grubengas in Deutschland wird auf 1,5 Mrd. m³ pro Jahr geschätzt

Grubengas entweicht aber auch noch aus bereits stillgelegten Kohlebergwerken, da die Flözschicht durch die vorhergegangene Arbeit „verritzt“ ist. Aufgrund der mit dem aktiven Betrieb ebenfalls eingestellten Bewetterung enthält das Grubengas kaum noch freien Sauerstoff. Der noch im stillgelegten Schacht vorhandene Sauerstoff reagiert mit Kohlenstoff zu CO_2. Deshalb enthält Grubengas aus stillgelegten Bergwerken neben Methan auch noch im CO_2 gebundenen Sauerstoff und molekularen Stickstoff.

Um die Gefahren eines unkontrollierten Entweichens zu verringern und einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, wird das Grubengas abgesaugt und anschließend zur Energieproduktion verwendet. Durch die Verbrennung des abgesaugten, stark methanhaltigen Grubengases wird der Treibhausgaseffekt nachhaltig verringert. Die so installierte Leistung lag 2004 in Deutschland bei über 200 MW, damit können rund 200.000 Haushalte dauerhaft mit Strom versorgt werden. Zudem besteht nicht die Gefahr, dass Grubengas unkontrolliert in Kellerräume von Gebäuden eindringt, sich dort anreicht und es zu Explosionen kommen kann.

Mine gas – the hazardous gas

Mine gas – what can be done with it?

Mine gas is invisible, is mainly composed of climate-damaging methane and is highly flammable and explosive when mixed with air at a specific ratio. This is why the main consideration during the extraction of mine gas in active mines is occupational safety, which is ensured by means of mine ventilation. With a methane concentration of 4.4% (up to 16.5%) in the air, one spark is enough to trigger an explosion. This gas can be utilised in only very few cases because the methane content in the air discharged by the ventilation system is too low.

Annual total emissions of mine gas in Germany estimated at 1.5 billion m³

Mine gas can also still be discharged from decommissioned coal mines because the seam has already been broken by the work performed while the mine was in operation. But because the closure of active mining operations also meant the shutting-down of the ventilation system, the mine gas contains hardly any free oxygen. The oxygen still present in the decommissioned shaft reacts with the carbon to form CO_2, which is why mine gas from decommissioned mines contains not only methane but also the oxygen bound in the CO_2 and molecular nitrogen.

To reduce the risk of gas escaping in an uncontrolled manner and to actively contribute to climate protection, the mine gas is extracted by suction and then used for producing energy. Burning the extracted, highly methanic mine gas helps to reduce the greenhouse gas effect over the long term. In 2004 the capacity installed with this method in Germany was more than 200 MW, enough to provide a permanent electricity supply for around 200,000 households. There is also no danger of the mine gas entering building cellars in an uncontrolled manner, becoming enriched and potentially resulting in an explosion.

Grubengas – Das ungewollte Gas

Gas aus dem Bergwerk nutzbar machen

Die Gewinnung und Verwertung von Grubengas aus stillgelegten Kohlebergwerken und Gruben erfolgt heute überwiegend mit standardisierten Modulen in Containerbauweise. Vorteil der Containerbauweise ist, dass die Standorte der Anlagen bei Versiegen der Grubengasquelle mit geringem Aufwand an die Veränderungen angepasst oder an neue Standorte umgesetzt werden können. Die Anlagen bestehen aus einem oder mehreren Gewinnungsmodulen, mit denen das Grubengas angesaugt wird sowie meist mehreren BHKW-Modulen in denen das Grubengas zur Energieerzeugung in Gasmotoren verwertet wird. Die Module haben in der Regel eine installierte elektrische Leistung zwischen 1,0 bis 1,3 MW.

Absaugen und Verdichten zur optimalen Nutzung

Zur Gewinnung des Grubengases bedarf es einer Verbindung der Absauganlage mit dem Grubengebäude. Idealerweise saugen die Verdichterstationen von Grubengasanlagen das Gas direkt an den Entgasungsleitungen von Tagesschächten ab. Diese Entgasungsleitungen führen durch die mit betonhaltiger, dauerstandfester kohäsiver Füllmasse verschlossenen Verfüllsäulen der Schächte in die aufgelassenen untertägigen Grubenräume und stellen so eine gezielte Gasabführung sicher. Um zu verhindern, dass durch Einwirkungen von außen Grubengas in den Entgasungsleitungen gezündet werden kann, sind die übertägigen Austrittsstellen mit Hilfe von Flammendurchschlagssicherungen, sog. Protegohauben gesichert.

In stillgelegten Bergwerken, in denen keine installierte Entgasungsleitung vorhanden ist, müssen geeignete Grubenräume oder alte Abbaubereiche durch eine Bohrung angeschlossen werden. Das Risiko solcher Bohrungen ist ungleich größer als der Anschluss an eine Entgasungsleitung, da hier eine sehr hohe Zielgenauigkeit erforderlich ist. Dennoch wurden alleine im Ruhrgebiet seit 2000 etwas über 20 Bohrungen auf Grubengas niedergebracht.

Mine gas – the hazardous gass

Converting mine gas to a usable form

Nowadays, the processes involved in extracting and utilising mine gas from decommissioned coal mines and pits are largely performed with standardised modules in a container design. The benefit of the container design is that once the mine gas source has been exhausted, the systems can be quickly and easily adjusted in line with the conditions or moved to new locations. The systems comprise one or more extraction modules used for sucking the mine gas and, usually, a number of thermal power station modules in which the mine gas is salvaged for generating energy in gas engines. The modules generally have an installed electrical capacity of 1.0–1.3 MW.

Suction and compression for optimal utilisation

To extract mine gas, the suction plant has to be connected to the mine working. Ideally, the compressor stations in mine gas plants extract the gas directly at the degassing lines of the open shafts. These degassing lines pass through the backfilled pillars in the shaft, which are sealed with a concrete-containing, creep-resistant, cohesive filling compound, into the disused underground workings, thereby ensuring that gas can be discharged in a controlled manner. To prevent mine gas igniting in the degassing lines as a result of external influences, the surface discharge points are protected with flame arresters.

In decommissioned mines with no degassing lines, suitable workings or old extraction areas must be connected to an existing degassing line through a borehole. The risk involved in making these boreholes is disproportionately greater than that involved in connecting a degassing line, which means that a high degree of accuracy is required. Nonetheless, in the Ruhr alone, slightly more than 20 boreholes for mine gas have been made since 2000.

Herstellernachweis: Technik für das Handling von Grubengas
Manufacturer's notification: technology for handling mine gas

Unternehmen	**Grubengasfördertechnik** ***Mine gas extraction technology***	Gassammelstationen *Gas collection stations*	Gasaufbereitung & -reinigung *Gas treatment and purification*	Gasförder- & verdichttertechnik *Gas extraction and compressor*	**Grubengasverwertungstechnik** ***Mine gas recycling technology***	BHKW/Gas-Otto-Motoren *Thermal power stations /spark-ignited-gas-engines*	Schwachgasoptimierung von BHKWs *Lean gas optimization of thermal power stations*	Wärmeerzeugungsanlagen *Heat generation plants*	**Grubengasbehandlungstechnik** ***Mine gas handling technology***	Hochtemperaturfackeln *High-temperature flares*	Schwachgasfackeln *Lean gas flares*	Sicherheitseinrichtungen (Flammendurchschlag-sicherungen, Ventile) *Safety features (Flame Arrester, Valve)*	Biofilter *Bio-filters*	Dienstleistungen *Services*	Mess-, Steuer- und Regeltechnik *measurement and control systems*
BORSIG Membrane Technology GmbH www.borsig.de			●												
Bürkert Fluid Control Systems www.buerkert.de															●
Green Gas Germany www.greengas.net/de-home.html							●							●	
KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG www.koetter-consulting.com														●	
LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH www.lambda.de	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		●	●	
MTU Onsite Energy GmbH www.mtuonsiteenergy.com						●									
PROTEGO® - Braunschweiger Flammenfilter GmbH www.protego.com												●			
Silica Verfahrenstechnik GmbH www.silica.berlin/de/			●												
Siloxa Engineering AG www.siloxa.com	●		●	●										●	
UGN-Umwelttechnik GmbH www.ugn-umwelttechnik.de			●										●	●	

Mit dem Ende des Steinkohlenbergbaus Ende 2018 geht in Deutschland ein Stück Industriegeschichte zu Ende. Doch auch lange nach dem aktiven Abbau von Steinkohle entgasen die Bergwerke explosives und klimaschädliches Methangas an die Erdoberfläche. Deutsche Firmen verfügen über langjährige Erfahrung in der Förderung und Verwertung von Grubengas aus aktiven und stillgelegten Bergwerken. Die Technik aus diesen Firmen kommt seit vielen Jahren bei Bergwerken im In- und Ausland zum Einsatz, um aus dem Grubengas Strom und Wärme zu gewinnen. Hiermit wird ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz und zur Sicherheit im Bergbau geleistet.

When the last coal mine in Germany closes at the end of 2018, we can say goodbye to a little bit of industrial history. But even long after the end of active mining operations, the mines still leak out explosive and environmentally damaging methane gas towards the earth's surface. German companies enjoy many years of experience in extracting and utilising mine gas from active and decommissioned mines. The technology developed by these companies has been used for many years in mines both in Germany and all over the world for generating electricity and heat from the mine gas, thereby making an active contribution to climate protection and safety in the mining industry.

Kontakt
Sören Grumptmann
VDMA Abfall- und Recyclingtechnik
Telefon +49 69 6603-1153
E-Mail soeren.grumptmann@vdma.org

Contact
Sören Grumptmann
VDMA Waste Treatment and Recycling Technology
Phone +49 69 6603-1153
E-Mail soeren.grumptmann@vdma.org

Klärgas – Das gewollte Gas

Abwasser – Klärschlamm – Klärgas – der Weg zu einem Energieträger

Durch den Abfluss und weg – die ist für gewöhnlich der letzte Moment, an dem Verbraucher ihr Abwasser sehen. Doch in diesem Abwasser stecken noch Energie und Wertstoffe. Abwasser wird in Kläranlagen aufbereitet. Bei der Abwasserreinigung bildet sich verfahrensabhängig an verschieden Stufen des Abwasserbehandlungsprozesses Klärschlamm. Dieser enthält konzentriert Nährstoffe und kann unter bestimmten Voraussetzungen als Düngemittel bodenbezogen verwertet werden. Diese Voraussetzungen sind ebenso wie bspw. eine zukünftig verpflichtende Phosphorrückgewinnung im Falle von Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von größer 50.000 Einwohnerwerten durch die Novellierung der Klärschlammverordnung 2017 neu geregelt.

Zum energetischen Potenzial des Klärschlamms: wegen des hohen Anteils organischer Stoffe kann Klärschlamm relativ leicht zum „Gären“ gebracht oder anders ausgedrückt ausgefault werden (deshalb werden die Begriffe Klärgas und Faulgas oft auch synonym verwendet; auch Deponiegas ist Faulgas). Benötigt werden dazu ein luftabgeschlossener Raum, ein sogenannter Faulturm, bestimmte Prozessparameter wie z.B. ein Temperaturniveau um etwa 35 Grad Celsius und Zeit. Unter diesen Bedingungen bauen in der Praxis anaerobe Mikroorganismen die im Schlamm enthaltenen rund 70 Prozent organischen Stoffe auf ca. 50 Prozent ab, man spricht hier auch von einer „Stabilisierung“ des Klärschlamms. Dieser wird einerseits weitgehend geruchlos, andererseits lässt er sich dann besser entwässern und weiter verwerten.

Als Abbauprodukt der anaeroben Faulung, die in vier Phasen abläuft (Hydrolysephase, Versäuerungsphase, acetogene Phase und methanogene Phase) entsteht brennbares und für Wärme- und Energieerzeugung nutzbares Klärgas.

Sewage gas – the beneficial gas

Wastewater – sewage sludge – sewage gas – how to produce an energy carrier

One press of the flush button and it's gone – for most people, this is the last time they'll ever have to see their wastewater. But this wastewater contains energy and recyclables. Wastewater is treated in sewage works. When the wastewater is purified, and depending on the method, sewage sludge forms at different stages of the wastewater treatment process. This contains a range of nutritive substances in concentrated form and can, under certain conditions and depending on the soil, be used as fertiliser. Like future, mandatory phosphorus recovery in sewage works serving a total number of inhabitants and population equivalents of more than 50,000, for example, these preconditions are newly regulated in the amended German Sewage Sludge Regulation for 2017.

So what about the energy potential of sewage sludge? Thanks to its high level of organic substances, sewage sludge can be relatively easily "fermented" – or, in other words, "digested" (which is why the terms "sewage gas" and "digester gas" are often used interchangeably; landfill gas, too, is a digester gas). To do this, an air-sealed space ("digester tower"), specific process parameters (e.g. a temperature level of around 35 °C) and time are needed. Under these conditions, anaerobic micro-organisms reduce the level of organic substances contained in the sludge from around 70% to around 50%, a process known as "stabilisation" of the sewage sludge. This process not only makes the sludge largely odour-free, but also allows it to be more easily dehydrated and recycled.

The decomposition product of anaerobic digestion, which takes place over four stages (hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methanogenesis), is flammable sewage gas that can be utilised for generating heat and energy.

Klärgas – Das gewollte Gas

Methangas selbst erzeugt – warum?

Das beim anaeroben Faulprozess entstandene Klärgas besteht als Gasgemisch im Wesentlichen aus den zwei Komponenten Methan (60 – 70 Prozent) und Kohlendioxid (26 – 36 Prozent).

In geringen Mengen sind auch Sauerstoff, Schwefelwasserstoff und weitere Spurengase enthalten. Die hohe Konzentration organische Stoffe im Klärschlamm und die verfahrenstechnisch optimierten Bedingungen bei der gesteuerten Gärung bedingt den hohen Methangehalt im Klärgas. Methan muss wegen seines Treibhauspotenzials aufgefangen oder verbrannt werden. Das aufgefangene Klärgas lässt sich jedoch sinnvoll energetisch verwerten. Energetisch genutzt, was den Regelfall darstellt, liefert 1 m³ Klärgas bis zu 2,5 kWh Strom und 3,3 kWh Wärme.

1.450 Gigawattstunden Strom aus Klärgas in Deutschland[2]

In der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahr 2016 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 1.450 Gigawattstunden Strom aus Klärgas in Kläranlagen erzeugt. Gegenüber 2015 war das ein Zuwachs um 3,9 Prozent. Klärgas hatte 2016 einen Anteil von ca. 1 Prozent der gesamten Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien. Damit könnte theoretisch, bei einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Stromverbrauch von rund 1.900 Kilowattstunden, eine Großstadt wie Frankfurt am Main ein Jahr lang mit Strom versorgt werden. In der Praxis wurde der erzeugte Strom zu 92 Prozent von den Kläranlagen selbst verbraucht und 8 Prozent in das Netz eingespeist.

Insgesamt wurden im Jahr 2016 in Kläranlagen ca. 6.093 Gigawattstunden Klärgas erzeugt, die überwiegend direkt in den Kläranlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt wurden. In 1.258 von den über 10.000 Kläranlagen in Deutschland wurde im Rahmen der Klärschlammfaulung Klärgas gewonnen.

[2] Vgl.: Pressemitteilung des Statistischen Bundesamtes vom 11. August 2017, 274/17

Sewage gas – the beneficial gas

Self-generated methane gas – why?

As a mixture of gases, the sewage gas produced during anaerobic digestion comprises for the most part methane (60–70%) and carbon dioxide (26–36%) as well as smaller quantities of oxygen, hydrogen sulphide and other trace gases.

The high concentration of organic substances in the sewage sludge and the process-optimised conditions of controlled fermentation account for the high methane content in the sewage gas. Because of its greenhouse potential, methane has to be captured or burnt off. The captured sewage gas, however, can be easily utilised to produce energy. When used for this purpose (as is normally the case), 1 m³ of sewage gas can yield up to 2.5 kWh of electricity and 3.3 kWh of heat.

1,450 gigawatt hours of electricity from sewage gas in Germany

According to the German Federal Statistical Office, 1,450 gigawatt hours of electricity were generated from sewage gas in sewage plants in Germany in 2016, an increase of 3.9% on 2015. In 2016, sewage gas accounted for around 1% of all electricity generated from renewables. In theory, this would be enough to supply a city like Frankfurt with enough electricity to last one year, assuming an average per-head electricity consumption of around 1,900 kilowatt hours. In practice, 92% of the electricity generated was utilised by the sewage plants themselves, with the remaining 8% being fed into the grid.

In 2016, a total of around 6,093 gigawatt hours of sewage gas were generated, most of which was utilised directly in the sewage plants themselves for generating electricity and heat. Sewage gas was extracted as part of sewage gas digestion processes in 1,258 of the more than 10,000 sewage plants in Germany.

[2] *See the press release issued by the German Federal Statistical Office on 11 August 2017, 274/17*

Klärgas – Das gewollte Gas

Selbst erzeugtes Gas aus dem Klärwerk – wie ist es nutzbar?

Klärgas hat mit dem beschriebenen Energiegehalt zwar nicht den Energiegehalt von Erdgas, doch reicht dieser Energiegehalt im einfachsten Fall einer rein thermischen Verwertung über Heizkessel (i.d.R. Brennwertkessel), um die betriebenen Faultürme selbst auf eine konstante Betriebstemperatur zu beheizen und ggf. weitere Gebäude zu heizen.

Gasspeicher, die in das Anlagenlayout integriert werden, dienen dem Ausgleich von Schwankungen zwischen der Gaserzeugung und dem Gasverbrauch.

Gerade für größere Kläranlagen mit hinreichendem Klärschlammanfall und somit relativ konstanter Klärgaserzeugung kann es noch effizienter sein, dass Potenzial des erzeugten Klärgas auf dem Weg der Kraft-Wärme-Kopplung zu nutzen. Aus dem gereinigten Klärgas (u.a. Entfernung von Feuchtigkeit und Partikeln, Entschwefelung zum Schutz der BHKW-Motoren vor Korrosion) wird in Blockheizkraftwerken (BHKW) über gasbetriebene Motoren (verschiedene Motorentypen einsetzbar) und Generatoren Strom erzeugt. Die anfallende Wärme wird für Heizvorgänge genutzt und so der Wirkungsgrad, also die Ausnutzung des Energiegehalts des Klärgases, deutlich gesteigert (bis zu über 80 Prozent). Der erzeugte Strom kann eingespeist werden, wird jedoch in den energieintensiven Kläranlagen meist zur Eigenstromversorgung verwendet.

Mess-, Steuer- und Regeltechnik sorgt u.a. neben der Prozesssteuerung im Faulturm selbst und der Steuerung der Gasaufbereitung auch dafür, dass je nach Bedarf auf der Gesamtanlage mehr Strom oder mehr Wärme zur Verfügung steht. Zusätzliche Gasverbrauchseinrichtungen (z.B. Gasbrenner, Gasfackel) stellen sicher, dass im Falle von Störungen das Klärgas zumindest verbrannt und so Methan-Emissionen vermieden werden.

Die weitestgehende Form einer Gasaufbereitung ist bei der alternativen Einspeisung des Klärgases in das Erdgasnetz erforderlich. Neben dem Entfernen von z.B. Feuchtigkeit, Schwefelwasserstoff, Kohlendioxid und weiteren Spurengasen muss für eine technisch relativ aufwändige Aufbereitung auf Erdgasqualität auch eine Anpassung an den Heizwert des Erdgases und den Druck im jeweiligen Gasnetz (Konditionierung) stattfinden.

Sewage gas – the beneficial gas

Self-generated gas from the sewage works – how can it be utilised?

The energy content of sewage gas might not match that of natural gas, but, for the purposes of simple thermal recovery via boilers (generally condensing boilers), is enough to heat the digester towers themselves up to a constant operating temperature and, if necessary, heat additional buildings.

Gas storage tanks integrated in the plant layout help to balance fluctuations between gas generation and gas consumption.

In particular for larger sewage plants where large quantities of sewage sludge are produced and, in turn, the production of sewage gas is relatively constant, it can be even more efficient to utilise the potential of the sewage gas in a co-generation system. In thermal power stations, gas-powered engines (different engine types can be used) and generators produce electricity from the purified sewage gas (e.g. removal of moisture and particles, desulphurisation to protect the thermal power station engines against corrosion). The heat produced is used for heating processes, which increases efficiency – that is, the utilisation of the energy content of the sewage gas – by more than 80%. The electricity generated can be fed into the grid, although it is mostly used in the energy-intensive sewage plants themselves to supply their own power.

Process measuring and control technology not only controls processes inside the digester tower itself and the gas treatment processes, but also ensures that enough electricity or heat is available depending on overall plant requirements. Additional gas consumption facilities (e.g. gas burners, gas flares) ensure that, if there are disruptions in the process, the sewage gas is at least burnt off to avoid methane emissions.

The most extensive gas treatment measures are taken when, alternatively, the sewage gas is fed into the natural gas grid. In this case, not only do moisture, hydrogen sulphide, carbon dioxide and other trace gases have to be removed, but, for the technically relatively complex process of treating the sewage gas to the same quality as natural gas, it also has to be adapted in line with the heating value of the natural gas and the pressure in the gas grid ("conditioning").

Herstellernachweis: Technik für das Handling von Klärgas
Manufacturer's notification: technology for handling sewage gas

Unternehmen	**Klärgaslogistik** ***Sewage gas logistics***	Gastransport / Gasspeicher *Gas transport / gas storage tanks*	Gasaufbereitung (Entfernung Feuchte, Partikel, Spurengase) *Gas treatment (removal of moisture, particles and trace gases)*	Gasaufbereitung Erdgasqualität *Gas treated to natural gas quality*	Gasverbrauchseinrichtungen (Gasbrenner, Gasfackeln) *Gas consumption facilities (gas burners, gas flares)*	Sicherheitseinrichtungen (Flammendurchschlagsicherungen, Ventile) *Safety features (Flame Arrester, Valve)*	**Klärgasverwertung** ***Sewage gas utilisation***	Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) *Co-generation (thermal power stations)*	Mess-, Steuer- und Regeltechnik *measurement and control systems*	**Dienstleistungen** ***Services***
Bürkert Fluid Control Systems www.buerkert.de									●	
KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG www.koetter-consulting.com										●
LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH www.lambda.de	●	●	●		●		●	●	●	●
MTU Onsite Energy GmbH www.mtuonsiteenergy.com								●		
PROTEGO® – Braunschweiger Flammenfilter GmbH www.protego.com						●				
Silica Verfahrenstechnik GmbH www.silica.berlin/de/			●	●						
Siloxa Engineering AG www.siloxa.com	●	●	●							
UGN-Umwelttechnik GmbH www.ugn-umwelttechnik.de			●							●
WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG www.wika.de									●	

Kontakt
Peter Gebhart
VDMA Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate
Telefon +49 69 6603-1468
E-Mail peter.gebhart@vdma.org

Contact
Peter Gebhart
VDMA Process Plant and Equipment
Phone +49 69 6603-1468
E-Mail peter.gebhart@vdma.org

Impressum

Redaktion/*Editor*
Sören Grumptmann
Phone +49 69 6603-1153
E-Mail soeren.grumptmann@vdma.org

Peter Gebhart
Phone +49 69 6603-1468
E-Mail peter.gebhart@vdma.org

Layout/*Layout*
VDMA DesignStudio

Druck/*Print*
h. reuffurth gmbh
Mühlheim am Main

Bildnachweise/*Picture Credits*
Titelbild © shutterstock

Stand
Mai 2018
© VDMA

Klimaneutral
Druckprodukt
ClimatePartner.com/11541-1804-1001

VDMA
Abfall- und Recyclingtechnik
Verfahrenstechnische Maschinen- und Apparate

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

art.vdma.org
vtma.vdma.org

DesignStudio