

VORPLANUNG

zur Umrüstung der Gasfackelanlage
auf der Abfallentsorgungsanlage
„Kochstedter Kreisstraße“ in Dessau-Roßlau

Auftraggeber : **Stadt Dessau-Roßlau**
Eigenbetrieb Stadtpflege
Wasserwerkstraße 13
06842 Dessau-Roßlau

Auftragsnummer : 564 / 13 – 92

Auftragnehmer : DEPOSERV-Ingenieurgesellschaft mbH Magdeburg-Barleben

Vorhaben : Abfallentsorgungsanlage „Kochstedter Kreisstraße“ Dessau-Roßlau
Deponiegasentsorgung (Notfackel) / Schwachgasentsorgung

Objekt : **Umrüstung Gasfackelanlage für Deponiegas**

Ausführung : Konzeption / Vorplanungsunterlagen
Leistungsphase 1 + 2

Magdeburg-Barleben, 14.06.2013

Planer :
DEPOSERV-Ingenieurgesellschaft mbH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Veranlassung	4
1.2	Aufgabenstellung Umrüstung Gasfackelanlage für Deponiegas	5
1.3	Systemschnittstellen	5
2	Erläuterung zur Entsorgung von Deponiegas / Schwachgas.....	6
2.1	Beschreibung vorhandene Anlagentechnik Gasfackelanlage	6
2.2	Betriebliche Situation Gasfackelanlage Bestand	6
2.3	Kurzbeschreibung Umrüstung Gasfackelanlage	7
2.4	Betriebsführung für die umgerüstete Gasfackelanlage	8
3	Konzeption Umrüstung Gasfackelanlage für Deponiegas.....	8
3.1	Kurzbeschreibung Deponiegasfackel	9
3.2	Auslegungsparameter / Betriebsregime Deponiegasfackelanlage	9
3.2.1	Auslegungsparameter Gasfackelanlage	9
3.2.2	Betriebsregime Schwachgasfackel mit Möglichkeit Abgaswärmenutzung	10
3.3	Standort Deponiegasfackel	10
3.4	Betrachtung zu genehmigungstechnischen Belangen	11
4	Kostenabschätzung.....	12

Anlagenverzeichnis

Anlage-Nr.	Zeichn.-Nr.	Bezeichnung	Maßstab
1	-	Schwachgasfackel mit Anschluss für Abgaswärmeauskopplung	-
2	-	Deponiegasfackel Bestand Verschleiß durch Korrosion - Bildmaterial	-

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Im aktiven Entgasungsbetrieb auf der Deponie Kochstedter Straße in Dessau-Roßlau wird die vorhandene Gasfackelanlage als Notfackel bei Ausfall der Gasverwertungsanlage (Deponiegas-BHKW) betrieben.

Die vorhandene Deponiegasfackel

- weist starke Verschleißerscheinungen auf, die sich nachteilig auf die Standsicherheit der Fackel und die Betriebssicherheit auswirken,
- weist Mängel in der Fackelsteuerung auf, die zu einer erhöhten Ausfallgefahr und einem schlechten Startverhalten führen
- ist für die akuten und zukünftigen Entgasungsbedingungen stark überdimensioniert, so dass bei zu erwarteten Gasdurchsätzen $V < 200 \text{ m}^3/\text{h}$ und $< 35 \text{ Vol.-%}$ Methan kein sicherer und umweltgerechter Entsorgungsbetrieb (Unterschreitung der gemäß Genehmigungsbescheid vorgegebenen Mindestverbrennungstemperatur) mehr möglich sein wird.

so dass sie kurzfristig durch eine neue Deponiegasfackel ersetzt werden muss.

Die umgerüstete Gasfackel muss so ausgelegt sein, dass sie

- an die akute und zukünftige Deponiegassituation (Entwicklung Deponiegasmengen / Gasqualität) angepasst ist,
- sowohl als Notfackel betrieben werden kann als auch später folgend für die Schwachgasentsorgung bis zum Abschluss der Aktiventgasung geeignet ist.

Die Deponiegassituation für die Deponie zeigt, dass der Gutgasanteil für die Gasverwertung mit $V = 220 \text{ m}^3/\text{h}$ und $\geq 40 \text{ Vol.-%}$ Methan (akute Bedingung 2013) stetig abnimmt (siehe dazu auch Jahresumweltbericht der Vorjahre; Bsp.: 2010: 46,3 Vol.-% CH_4 mit $252 \text{ m}^3/\text{h}$; 2011: 44,3 Vol.-% CH_4 mit $257 \text{ m}^3/\text{h}$; 2012: 42,6 Vol.-% CH_4 mit $220 \text{ m}^3/\text{h}$).

Mit dem Rückgang des Gutgasanteiles wird gleichzeitig der Anteil an Schlechtgas (Methangehalt $< 40 - 29 \text{ Vol.-%}$) ansteigen, der nicht mehr im BHKW verwertet werden kann, sondern in der Gasfackel (Betrieb als Entsorgungsfackel) entsorgt werden muss. Für das Schwachgas mit einem Methangehalt unter 29 Vol.-% bis 12 Vol.-% muss die Deponiegasfackel für den Schwachgasbetrieb ausgerüstet sein.

Dafür ist im Auftrag der Stadt Dessau-Roßlau Eigenbetrieb Stadtpflege eine Konzeption zur Umrüstung der Gasfackelanlage für den bisherigen Notfackelbetrieb und für die spätere Schwachgasentsorgung auf der Deponie Kochstedter Kreisstraße Dessau ab Ende 2013 / Beginn 2014 zu erarbeiten.

1.2 Aufgabenstellung Umrüstung Gasfackelanlage für Deponiegas

Die für die vgl. Betriebsbedingungen viel zu groß ausgelegte und durch Korrosion verschlissene Deponiegasfackel ist zurückzubauen. Dabei sind die Teile Fackelfundament, Deponiegasdruckleitung zur Fackel mit Armaturen im Rahmen der Umrüstung wieder zu verwenden.

Entsprechend dem Stand der Technik soll für die umweltgerechte Deponiegasentsorgung als Notfackel und als Entsorgungsfackel von sowohl Schlechtgas als auch methanarmen Schwachgas eine Deponiegas-Schwachgasfackel ausgelegt und in den Anlagenbestand eingebunden werden.

Die neue Deponiegas-Schwachgasfackel ist für die Möglichkeit der Abgaswärmeauskoppelung durch die Anordnung eines Anschlussflansches oberhalb des Fackelbrennraumes vorzubereiten. Die im Schwachgasfackelbetrieb mögliche nutzbare Abgaswärme ist auszuweisen. Damit besteht die Möglichkeit zur späteren Nutzung der ausgekoppelten Abgaswärme im bestehenden Fernwärmenetz Deponiegas-BHKW / DVV.

Die neue Deponiegasfackel soll auf dem vorhandenen Blockfundament so aufgestellt werden, dass später die Nachrüstung der Wärmeauskopplungsanlage, bestehend aus Heißgasgebläse, Wärmeaustauscher, Abgasrohr erfolgen kann.

Die mit einem eigenen Steuersystem (SPS) auszurüstende Schwachgasfackelanlage ist an die Deponiegasdruckleitung von der Gasverdichterstation sowie an die elektrische Stromversorgung und Datenübertragung Gasstation anzuschließen.

Die für den Betrieb als Notfackel bei Ausfall des BHKW und für die Schwachgasentsorgung vorgeschlagene Deponiegasfackel ist bezüglich der Betriebsführung, der Ausführungskosten, der Wirtschaftlichkeit und der Genehmigungsfähigkeit zu bewerten.

1.3 Systemschnittstellen

Die örtlichen Systemgrenzen für die Umrüstung der Gasfackelanlage für Deponiegas befinden sich im Bereich der eingezäunten Gasstation. Die Gasstation besteht aus der von der Umrüstung betroffenen Einheit Gasverdichter- und Fackelanlage sowie den Komponenten Kondensatschacht, zwei BHKW – Module, Trafostation und Wärmeübergabestation.

Bei der Planung und Errichtung des Vorhabens bestehen Schnittstellen zu folgenden Bereichen:

1. Schnittstelle Deponiegas

Rohrleitung Deponiegas (Bestand Fackelanschlussleitung von Gasverdichterstation)

2. Schnittstelle Elektroanschluss

Elektrokabel zwischen Schaltschrank Deponiegasfackel und Schaltanlage Gasverdichterstation

3. Schnittstelle Datenübertragung

Datenübertragungskabel wie vor.

2 Erläuterung zur Entsorgung von Deponiegas / Schwachgas

2.1 Beschreibung vorhandene Anlagentechnik Gasfackelanlage

Die im Bestand vorhandene Deponiegasfackel vom Typ *LAMBDA HT 03/1000* wurde im Jahr 1996 errichtet. Sie besitzt folgende technischen Daten:

Thermische Leistung:	max. 5000 kW min. 1000 kW	<i>min. 2500 kW (*)</i> <i>min. 500 kW</i>
Gasvolumenstrom:	max. 1000 m ³ /h min. 200 m ³ /h bei 50 Vol-% CH ₄	<i>max. 500 m³/h (*)</i> <i>min. 100 m³/h</i>
Regelbereich:	1.: 5	
Brennbereich:	30 – 55 Vol-% CH ₄	
Verbrennungstemperatur:	1200 °C	
Gasrohranschluss:	DN 100 – PN 10 (*)	
Abgasaustrittshöhe:	10 m	
Außendurchmesser:	ca. 1600 mm	
Innendurchmesser	ca. 1300 mm	

(*) Reduzierung Feuerungswärmeleistung durch Umrüstung Gasbrenner am 22.05.1996

2.2 Betriebliche Situation Gasfackelanlage Bestand

Aus der in **Punkt 1.1** beschriebenen Deponiegassituation und den daraus resultierenden Anforderungen an den Gasfackelbetrieb ist ableitbar, dass die bestehende Gasfackelanlage an die akuten und zukünftigen Entgasungsbedingungen angepasst werden muss. Die Gasfackelanlage muss wie bisher als Notfackel betrieben und für den Schwachgasbetrieb umgerüstet werden und nach Beendigung der Gasverwertung im Deponiegas-BHKW die Entsorgung des Deponiegases und folgend die Entsorgung von Schwachgasen mit einem Methangehalt unter 29 Vol-% bis 12 Vol-% bis zum Abschluss der Aktiventgasung übernehmen.

Die bestehende Gasfackelanlage ist für eine Feuerungswärmeleistung von **5000 – 2500 kW** ausgelegt und nur durch den Einbau eines kleineren Gasbrenners auf 50% der Leistung reduziert worden. Für die akuten und zukünftigen Entgasungsbedingungen der Deponie Kochstedter Kreisstraße ist die Gasfackel im Bestand stark überdimensioniert.

Die bestehende Gasfackelanlage besitzt akut folgende z.T. schwerwiegende Nachteile:

- Schlechtes Startverhalten als Notfackel – zu lange Startphase teilweise mit Ausfall. Bei Ausfall BHKW führt das zu Schlechtgaseinbruch in das Deponiegasfassungssystem, wodurch der automatische BHKW-Start nicht mehr möglich ist.
- Der umweltgerechte Fackelbetrieb sowie der Fackelstart ist mit Gasvolumenströmen von $V < 200 \text{ m}^3/\text{h}$ bzw. mit Methangehalten $< 35 \text{ Vol-\%}$ nicht mehr möglich. Die gemäß Ge-

nehmungsbefehl vorgegebene Mindestverbrennungstemperatur der Gasfackel wird bei den vgl. Bedingungen unterschritten.

- Zur Gewährleistung der Teilnahme am Regelenergiemarkt wird das Deponiegas-BHKW im Leistungsbereich 0 – 100% extern gesteuert ggf. auch mit Abschaltung. Für diesen Einsatzfall muss die Fackel automatisch und vor allem sicher und ohne Ausfall starten, da es ansonsten bei Wiederinbetriebnahme des BHKW durch den Direktvermarkter von „Fern“ infolge Schlechtgaseinbruch zur Störung BHKW kommt. Die vertraglichen Festlegungen zur Direktvermarktung könnten somit nicht eingehalten werden.

Außerdem weist die Gasfackel in den Details

- Fackelrohr / Flanschverbindung DN 1600
- keramische Innenauskleidung incl. Befestigungsstruktur
- Gaszuleitung Rohrsystem zum Gasbrenner und Pilotbrenner
- Brennluftzuführung – Lüfter, Zuluftklappen
- defekte Fackelsteuerung (MSR-Technik)

starke Verschleißerscheinungen auf, die sich nachteilig auf die Standsicherheit der Fackel und die Betriebssicherheit auswirken – siehe dazu Bildmaterial in **Anlage 2**.

Eine kostenintensive Reparatur und Umrüstung der stark überdimensionierten Gasfackel für den Weiterbetrieb als Schwachgasfackel wird absolut keine Wirtschaftlichkeit gesehen.

Die Gasfackel im Bestand ist zurückzubauen und durch eine neue Gasfackel, geeignet für den Schwachgasbetrieb, zu ersetzen.

2.3 Kurzbeschreibung Umrüstung Gasfackelanlage

- Rückbau vorhandene Gasfackelanlage
- Neuinvestition Deponiegasfackelanlage für die Deponiegas-Schlechtgas- und Deponiegas-/Schwachgasentsorgung mit max. 900 kW Feuerungswärmeleistung bei $V = 200 - 100 \text{ m}^3/\text{h}$ Durchsatz und Methangehalt $< 42 - 29 \text{ Vol-\%}$ sowie < 29 bis $15 (12) \text{ Vol-\%}$.
- Aufstellung auf vorhandenem Blockfundament.
- Auskopplung der Abgaswärme wird anschlussseitig vorbereitet.

Anlagen- / Betriebsparameter

- Deponiegasfackel ist als Hochtemperatur-Verbrennungsanlage wie folgt auszulegen:

Thermische Verbrennungsleistung:	900 – 180 kW
Gasdurchsatz:	200 - 100 m ³ /h
Methangealt Deponiegas:	42 Vol-% (Notfackelbetrieb)
Methangehalt Schlechtgas:	< 42 – 30 Vol-%
Methangehalt Schwachgas:	≤ 29 – 15 (12) Vol-%

Austrittshöhe Rauchgas (über OKG): 10,0 m
Fackeldurchmesser: DA 813 mm, DI 600 mm

- Neue Gasfackelanlage wird als Komplettseinheit mit elektrischem Schaltschrank im Werk gefertigt, vor Ort aufgestellt und betriebsfertig angeschlossen.
- Betriebsparameter Deponiegasfackel – siehe unter **Punkt 3.2**.
- Deponiegasfackel ist auch für die zukünftigen Bedingungen Deponieentgasung im Schwachgasbetrieb bis zum Betriebsende ausgelegt und besitzt mit DA / DI 813/600 mm geringere Abmessungen als die umgerüstete Fackel Bestand – siehe **Punkt 2.1**. Die Bauhöhe 10 m entspricht der wie im Genehmigungsbescheid enthalten.
- Die Auskopplung der anstehenden Abgaswärme zur möglichen Nutzung im vorhandenen Fernwärmekreislauf ist anschlussseitig vorbereitet.

2.4 Betriebsführung für die umgerüstete Gasfackelanlage

Die umgerüstete Gasfackelanlage soll eingesetzt werden als:

1. Deponiegas - Notfackel

(FWL –Feuerungswärmeleistung)
Betrieb bei Ausfall Deponiegas-BHKW
Volumenstrom: $V = 200 \text{ m}^3/\text{h}$
Methangehalt: 42-Vol-%
FWL: 840 kW

2. Deponiegas – Entsorgungsfackel

Schlechtgas- und Schwachgasentsorgung
Volumenstrom: $V = 200\text{--}150 \text{ m}^3/\text{h}$
Methangehalt: <42 – 30 Vol-%
FWL: 840 – 600 kW
Methangehalt: <29 – 12 Vol-% Nach Rückbau Deponiegas-BHKW
FWL: 580 – 180 kW

3 Konzeption Umrüstung Gasfackelanlage für Deponiegas

Im Rahmen der Umrüstung Gasfackelanlage auf der Deponie Kochstedter Kreisstraße in Dessau-Roßlau soll eine Hochtemperaturfackel, geeignet für die Funktion als Notfackel sowie für den Schwachgasbetrieb, errichtet werden. Dabei wird anschlussseitig die Möglichkeit für eine Wärmeauskopplung zur Abgaswärmenutzung vorbereitet.

3.1 Kurzbeschreibung Deponiegasfackel

Die Hochtemperatur-Gasfackelanlage wird auch für den Modus Schwachgasbetrieb ausgerüstet und soll sowohl für die Schlechtgas- als auch Schwachgasentsorgung bis zur letzten Betriebsphase der Deponieentgasung eingesetzt werden können.

Das zu entsorgende Deponiegas / Schwachgas wird bei hohen Temperaturen $\geq 1000\text{ °C}$ und bei einer definierten Verweilzeit kontrolliert und umweltgerecht verbrannt. Im Schwachgasbetrieb muss die HT-Fackel kurzzeitig durch einen Pilotbrenner auf die nötige Temperatur vorgeheizt werden. Nach dem Start der autothermen Verbrennung wird der Pilotbrenner abgeschaltet.

Durch die Anordnung eines Anschlussflansches im Fackeloberteil kann nach Rückbau des Deponiegas-BHKW im späteren Schwachgasentsorgungsbetrieb eine Abgaswärmeauskoppelung mit einem Abgaswärmetauscher angeschlossen werden. Die ausgekoppelte Abgaswärme mit $Q = 300\text{ kW}$ (Auslegungswert) kann für Heizzwecke im vorhandenen Fernwärme-kreislauf genutzt werden.

Die Fackelanlage wird als komplette Baueinheit und elektrischem Schaltschrank errichtet und ist mit der erforderlichen Sicherheitstechnik ausgerüstet.

Die Fackel und der evtl. später vorzusehende Wärmetauscher werden auf dem vorhandenen Blockfundament aufgestellt, an die Deponiegasleitung, an die elektrische Stromversorgung und die Fackelsteuerung (SPS) an das Prozessleitsystem/SPS der Gasverdichterstation angeschlossen.

Die aktuell auf dem Markt angebotene Verfahrensvariante der Schwachgasverbrennung in einer HT-Gasfackel erfüllt die Anforderungen der TA Luft von 2002 sowie der BImSchV.

3.2 Auslegungsparameter / Betriebsregime Deponiegasfackelanlage

3.2.1 Auslegungsparameter Gasfackelanlage

Die Deponiegasfackel mit Modus Schwachgasentsorgung ist so auszulegen, dass sowohl brennbares Deponiegas mit einem Methangehalt $\leq 40\text{ Vol-\%}$ und später mit schwachem Methangehalt ($< 29\text{ bis }12\text{ Vol-\%}$) umweltgerecht entsorgt werden kann.

Dafür ist eine Hochtemperaturfackel mit einer thermischen Verbrennungsleistung (Feuerungswärmeleistung) von

FWL = 900 kW (Auslegungswert)

ausreichend bemessen.

Im Anlagenbetrieb soll die Fackelanlage mit einer maximalen thermischen Leistung von

FWL = 840 kW (max. Betriebswert)

betrieben werden.

Die Hochtemperaturverbrennungsanlage soll im Oberteil mit einem Anschlussflansch für eine mögliche Wärmeauskopplung im Abgasstrom ausgerüstet werden.

Zum Leistungsumfang neuen Deponiegasfackel gehören die prüffähigen statischen Unterlagen (Stand sicherheitsnachweis) sowie Anschluss Blitzschutz an das vorhandene System.

3.2.2 Betriebsregime Schwachgasfackel mit Möglichkeit Abgaswärmenutzung

Um unzulässige Methanemissionen an der Deponieoberfläche mit Sicherheit zu vermeiden, kann die Schwachgasfackel nach Beendigung des Betriebes Deponiegas-BHKW mit einer nachgerüsteten Abgaswärmenutzung über einem Zeitraum von ≥ 10 Jahren mit einem konstanten Gasvolumenstrom von angenommen $V = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ betrieben werden.

Bei dieser Fahrweise werden in Abhängigkeit von der Betriebszeit und entsprechend der Gasprognose die Methangehalte im abgesaugten Deponiegas und somit die Feuerungswärmeleistung der Fackel und die augkoppelbare Abgaswärmeleistung weiter absinken.

Mit der Schwachgasfackelanlage incl. nachgerüsteter Wärmeauskopplung kann über einen Zeitraum von 10 Jahren, bei konstantem Schwachgasvolumenstrom von $V_G = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ mit Abfall Methangehalte (29 bis 17 Vol-%) eine

Abgaswärmeleistung (Heizwasser): N_{th} ca. 290 – 170 kW (Betriebswerte)

N'_{th} ca. 300 – 100 kW (Auslegungswerte)

für die Nutzung im vorhandenen Fernwärmesystem abgeführt werden.

3.3 Standort Deponiegasfackel

Für das Betreiben der neuen Deponiegasfackel werden folgende versorgungstechnische Anschlüsse benötigt:

- Deponiegasleitung: für Anschluss Deponiegas und Ableitung Kondensat zum Kondensatschacht → Anschluss vorhanden.
- Elektrokabel für Elt-Anschluss Fackelanlage (HTF) → Anschluss vorhanden. Für Vorbereitung Anschluss Wärmeauskopplungsanlage neues E-Kabel.
- Datenübertragungskabel für Anschluss SPS Fackel in Schaltanlage Verdichterstation. Für Vorbereitung Anschluss Wärmeauskopplungsanlage neues Datenübertragungskabel.

Die neue Deponiegasfackel wird auf dem vorhandenen Blockfundament der zurückzubauenden Entsorgungsfackel 5000 kW aufgestellt → Nutzung gleicher Standort.

3.4 Betrachtung zu genehmigungstechnischen Belangen

Die genehmigte Deponiegasfackelanlage (Funktion Entsorgungsfackel und Notfackel) auf der Deponie Kochstedter Kreisstraße in Dessau-Roßlau ist stark verschlissen, stark überdimensioniert, entspricht nicht mehr den akuten und zukünftigen Entgasungsbedingungen der Deponie und erfüllt nicht mehr die Bedingungen für eine umweltgerechte Deponiegasentsorgung gemäß geltenden Genehmigungsbescheid. Diese Gasfackel muss zurückgebaut und durch eine an die akuten und zukünftigen Entgasungsbedingungen angepasste Deponiegasfackel, geeignet für den Schwachgasbetrieb, ersetzt werden.

Die vorgesehene technischen Installation zur Schwachgasentsorgung mittels Hochtemperaturgasfackel ist eine aktuell auf dem Markt angebotene Verfahrensvariante für die Hochtemperaturverbrennung von methanarmen Deponiegas (Schwachgas).

Die Schwachgasverbrennung in der HT-Gasfackel erfüllt die Anforderungen der TA Luft von 2002 sowie der BImSchV.

Es ist zu prüfen, ob die Errichtung und der bestimmungsgemäße Betrieb der vorbeschriebenen Deponiegasfackelanlage mit Modus Schwachgasentsorgung am gleichen Standort Gasstation Deponie Kochstedter Kreisstraße in Dessau-Roßlau für einem Deponiegas-/Schwachgasdurchsatz von $V = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ als „Änderung einer genehmigungsbedürftigen Anlage“ entsprechend Absatz (1) §15 nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) behandelt werden kann.

4 Kostenabschätzung

Die Kostenabschätzung wird für die unter Punkt 3 beschriebene Deponiegasfackelanlage mit Anschluss für Abgaswärmeauskopplung durchgeführt.

Pos.	<u>Gasfackelanlage HTF</u>	Kosten
1.	<u>Bauleistungen für Anlagentechnik</u> Statischer Nachweis Standsicherheit Gasfackel	
	<u>Summe:</u>	<u>1.900,00 €</u>
2.	<u>Kosten technische Anlagen</u> Schwachgasfackelanlage für 900 kW thermisch mit Anschluss für Wärmeauskopplung incl. Schaltschrank Fackelsteuerung mit Platz für Steuerung Wärmeaus- kopplung	
	<u>Summe:</u>	<u>64.500,00 €</u>
3.	<u>Kosten Anschluss Deponiegasfackel</u> Anschluss Deponiegasleitung DN 100 Stahl verzinkt mit örtlicher Anpassung: Anschluss elektrischer Strom und Datenübertragung Gasstation im Schaltschrank Fackel. Anschluss Blitz- schutz Fackel incl. Messprotokoll: Anschluss SPS Fackel an Prozessleitsystem Gas- verdichterstation, incl. Programmierung	
	<u>Summe:</u>	<u>21.250,00 €</u>
4.	<u>Baunebenkosten:</u> Baustellenkosten, Unvorhergese- henes	<u>3.500,00 €</u>

Gesamtkosten Deponiegasfackelanlage - netto: 91.150,00 €

Zzgl. 19% MwSt.: 17.318,50 €

Gesamtkosten Deponiegasfackelanlage - brutto: 108.468,50 €

Anlage 1

Schwachgasfackel mit Anschluss Abgaswärmeauskopplung