



ExxonMobil Production Deutschland GmbH

Riethorst 12
30659 Hannover

Telefon: +49-(0)511-641-0
Telefax: +49-(0)511-641-1000
Internet: www.exxonmobil.de

Genehmigungsantrag

gemäß § 4 BImSchG für eine Anlage zum Abfackeln von
gasförmigen Stoffen auf der Sammelstelle H im Erdölfeld Rühlermoor
(„Fackel Station H“)

**im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens
gemäß § 52, Abs. 2a BBergG für das Vorhaben
„Erdöl aus Rühlermoor - Mit Tradition in die Zukunft“**

**Teil 4 Anhang
1.2.2 Fackel Station H - Antrag nach § 4 BImSchG
Ordner 1 von 1**

Antragsteller: **ExxonMobil Production Deutschland GmbH**
Riethorst 12
30659 Hannover

Inhaltsverzeichnis zum Antrag

Kapitel		Seite	Anhänge	Bemerkungen
1	Antrag	7		
1.1	Genehmigungsantrag oder Anzeige nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz	7		
1.2	Kurzbeschreibung	12		
1.3	Sonstiges			(entfällt)
2	Lagepläne	13		
2.1	Topographische Karte 1:25 000	13	Abs-02-01_Topografische-Karte_mit Fackelstandort.pdf	
2.2	Amtliche Karte 1:5000	15	Abs-02-02_Grundkarte_mit-Fackelstandort.pdf	
2.3	Liegenschaftskarte	17	Abs-02-03_Liegenschaftskarte Stat_H GemEmslage-Twist_FI21_FIst88_3_mitFackel.pdf	
2.3.1	Flurstücknachweis	19		
2.4	Werkslage- und Gebäudeplan	20	Abs-02-04_StationH_LageplanRLMR08SA14090000101C.pdf	
2.5	Auszug aus gültigem Flächennutzungs- oder Bebauungsplan oder Satzungen nach §§ 34, 35 BauGB			(entfällt)
2.6	Sonstiges			(entfällt)
3	Anlage und Betrieb	22		
3.1	Beschreibung der zum Betrieb erforderlichen technischen Einrichtungen und Nebeneinrichtungen sowie der vorgesehenen Verfahren	22		
3.2	Angaben zu verwendeten und anfallenden Energien	26		
3.3	Gliederung der Anlage in Anlagenteile und Betriebseinheiten - Übersicht	27		
3.4	Betriebsgebäude, Maschinen, Apparate und Behälter	28		
3.5	Angaben zu gehandhabten, eingesetzten und entstehenden Stoffen inklusive Abwasser und Abfall und deren Stoffströmen	29		

Kapitel		Seite	Anhänge	Bemerkungen
3.5.1	Sicherheitsdatenblätter der gehandhabten Stoffe	30	Abs-03-05-01_ERDÖLGAS EMSLAND - MSDS.pdf; Abs-03-05-01_Erdölgas_Bramberge_H2S-frei.pdf; Abs-03-05-01_Erdgas-DVGW.pdf; Abs-03-05-01_Erdgaskonds-Wasser-Gem_KWK_B4010_MSDS.pdf	
3.6	Maschinenaufstellungspläne	84	Abs-03-06_Modellzeichnung_StationH.pdf	
3.7	Maschinenzeichnungen	86	Abs-03-07_StationH_Ausführungs-Bsp_Fackel.pdf	
3.8	Fließbilder	89		
3.8.1	Grundfließbild mit Zusatzinformationen nach DIN EN ISO 10628	90	Abs-03-08-01_RLMR08SA_050000_0010 10_GRUNDFLIESSBILD_STAT ION_H.pdf	
3.8.2	Verfahrensfließbild nach DIN EN ISO 10628	92	Abs-03-08-02-01_RLMR08SA_020000_0010 10.pdf; Abs-03-08-02-02_RLMR08SA_010000_0020 10.pdf; Abs-03-08-02-03_RLMR08SA_010000_0030 10.pdf	
3.8.3	Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder (R+I)			(entfällt)
3.9	Sonstiges			(entfällt)
4	Emissionen und Immissionen im Einwirkungsbereich der Anlage	96		
4.1	Art und Ausmaß aller luftverunreinigenden Emissionen einschließlich Gerüchen, die voraussichtlich von der Anlage ausgehen werden	96		
4.2	Betriebszustand und Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen	98		
4.3	Quellenverzeichnis Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen	101		
4.4	Quellenplan Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen			(entfällt)
4.5	Betriebszustand und Schallemissionen	102		
4.6	Quellenplan Schallemissionen / Erschütterungen			(entfällt)

Kapitel		Seite	Anhänge	Bemerkungen
4.7	Sonstige Emissionen	103		
4.8	Vorgesehene Maßnahmen zur Überwachung aller Emissionen			(entfällt)
4.9	Betriebliches Monitoringkonzept	104	Abs-04-09_TEHG-Antrag _StationH.pdf	
4.10	Sonstiges	107	Abs-04-10_IPR WEG-Bericht Fackeln E+P-Industrie-kpl.pdf	
5	Messung von Emissionen und Immissionen sowie Emissionsminderung	215		
5.1	Vorgesehene Maßnahmen zum Schutz vor und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, insbesondere zur Verminderung der Emissionen sowie zur Messung von Emissionen und Immissionen	215		
5.2	Fließbilder über Erfassung, Führung und Behandlung der Abgasströme	217		
5.3	Zeichnungen Abluft-/Abgasreinigungssystem	218		
5.4	Abluft-/Abgasreinigung			(entfällt)
5.5	Sonstiges			(entfällt)
6	Anlagensicherheit	219		
6.1	Anwendbarkeit der Störfall-Verordnung	219		
6.1.1	Vorhandensein von gefährlichen Stoffen im Betriebsbereich gemäß Anhang I der 12. BImSchV			(entfällt)
6.2	Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung von Störfällen			(entfällt)
6.2.1	Konzept zur Verhinderung von Störfällen			(entfällt)
6.2.2	Ausbreitungsbetrachtungen			(entfällt)
6.2.3	Interner betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan			(entfällt)
6.3	Sicherheitsbericht			(entfällt)
6.4	Vorgesehene Maßnahmen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor sonstigen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen	220		
7	Arbeitsschutz	221		
7.1	Vorgesehene Maßnahmen zum Arbeitsschutz	221		
7.2	Verwendung und Lagerung von Gefahrstoffen	222		
7.3	Explosionsschutz, Zonenplan	223	Abs-07- 03_RLMRBETR_030200_0030 1_C_Ex-Plan_StatH.pdf	
7.4	Sonstiges			(entfällt)
8	Betriebseinstellung	225		
8.1	Vorgesehene Maßnahmen für den Fall der Betriebseinstellung (§ 5 Abs. 3 BImSchG)	225		

Kapitel		Seite	Anhänge	Bemerkungen
	8.2	Sonstiges		(entfällt)
9		Abfälle	226	
	9.1	Vorgesehene Maßnahmen zur Vermeidung, Verwertung oder Beseitigung von Abfällen	226	
	9.2	Herkunft, Art und Menge von Abfällen, ohne Abwasser		(entfällt)
	9.3	Verbleib der Abfälle		(entfällt)
	9.4	Sonstiges		(entfällt)
10		Abwasser	227	
	10.1	Allgemeine Angaben zur Abwasserwirtschaft	227	
	10.2	Entwässerungsplan		(entfällt)
	10.3	Beschreibung der abwasserrelevanten Vorgänge		(entfällt)
	10.4	Angaben zu gehandhabten Stoffen		(entfällt)
	10.5	Maßnahmen zur Vermeidung von Abwasser		(entfällt)
	10.6	Maßnahmen zur Überwachung der Abwasserströme		(entfällt)
	10.7	Angaben zum Abwasser am Ort des Abwasseranfalls und vor der Vermischung		(entfällt)
	10.8	Abwassertechnisches Fließbild		(entfällt)
	10.9	Abwasseranfall und Charakteristik des Rohabwassers		(entfällt)
	10.10	Abwasserbehandlung		(entfällt)
	10.11	Auswirkungen auf Gewässer bei Direkteinleitung		(entfällt)
	10.12	Niederschlagsentwässerung		(entfällt)
	10.13	Sonstiges		(entfällt)
11		Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	228	
	11.1	Beschreibung wassergefährdender Stoffe, mit denen umgegangen wird	228	
	11.2	Anlagen zum Lagern flüssiger wassergefährdender Stoffe	229	
	11.3	Anlagen zum Lagern fester wassergefährdender Stoffe		(entfällt)
	11.4	Anlagen zum Abfüllen/Umschlagen wassergefährdender flüssiger Stoffe		(entfällt)
	11.5	Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe (HBV-Anlagen)		(entfällt)
	11.6	Rohrleitungsanlagen zum Transport wassergefährdender Stoffe		(entfällt)
	11.7	Anlagen zur Zurückhaltung von mit wassergefährdenden Stoffen verunreinigtem Löschwasser (Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen)		(entfällt)
	11.8	Sonstiges		(entfällt)

Kapitel		Seite	Anhänge	Bemerkungen
12	Bauvorlagen und Unterlagen zum Brandschutz			
12.1	Antragsformular für den baulichen Teil			(entfällt)
12.1.1	Nachweis der Vorlagenberechtigung nach § 53 NBauO			(entfällt)
12.1.1.1	a) Bauvorlagen			(entfällt)
12.1.1.2	b) bautechnische Nachweise			(entfällt)
12.2	Einfacher oder qualifizierter Lageplan			(entfällt)
12.3	Zeichnungen (Grundrisse, Ansichten, Schnitte)			(entfällt)
12.4	Baubeschreibungen (§ 9 Abs. 1 S. 1 BauVorIVO)			(entfällt)
12.5	Berechnungen			(entfällt)
12.5.1	Berechnung des Bruttorauminhaltes (DIN 277)			(entfällt)
12.5.2	Berechnung der Grund- und Geschossflächen bzw. Baumassen (§ 2 Abs. 1 Nr. 8 BauVorIVO)			(entfällt)
12.5.3	Berechnung der Geschosse, die keine Vollgeschosse sind			(entfällt)
12.5.4	Nachweis der notwendigen Einstellplätze (§ 9 Abs. 1 S. 2 Nr. 3 BauVorIVO)			(entfällt)
12.6	Brandschutz			(entfällt)
12.7	Sonstige Bauvorlagen			(entfällt)
12.8	Bautechnische Nachweise			(entfällt)
12.8.1	Nachweis der Standsicherheit (§ 10 BauVorIVO)			(entfällt)
12.8.2	Nachweis des Wärmeschutzes (§ 15 NBauO)			(entfällt)
12.8.3	Nachweis des Schallschutzes (§ 15 NBauO)			(entfällt)
12.8.4	Nachweis der Feuerwiderstandsdauer nach DIN 4102			(entfällt)
12.9	Sonstiges			(entfällt)
13	Natur, Landschaft und Bodenschutz	232		
13.1	Angaben zum Betriebsgrundstück und zur Wasserversorgung sowie zu Natur, Landschaft und Bodenschutz			(entfällt)
13.2	Ergänzende Angaben	232		
13.3	Angaben zum Bodenschutz	233		
13.4	Sonstiges			(entfällt)
14	Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	234		
14.1	Klärung des UVP-Erfordernisses	234		
14.2	Unterlagen des Vorhabenträgers nach § 6 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)	235		
14.3	Angaben zur Ermittlung und Beurteilung der UVP-Pflicht für Anlagen nach dem BImSchG			(entfällt)

Kapitel	Seite	Anhänge	Bemerkungen
14.3a	Teil A: UVP-Pflicht oder Einzelfallprüfung		(entfällt)
14.3b	Teil B: Vorprüfung des Einzelfalls ("A"- und "S"-Fall)		(entfällt)
14.4	Sonstiges		(entfällt)
15	Chemikaliensicherheit		
15.1	REACH-Pflichten		(entfällt)
15.2	Ozonschicht- und klimaschädliche Stoffe		(entfällt)
15.3	Sonstiges		(entfällt)
16	Sonstige Unterlagen		
16.1	Sonstige Unterlagen		(entfällt)
Gesamtseitenzahl:		235	

11.08.2016



Datum, Unterschrift des Antragstellers / der Antragstellerin

ExxonMobil Production
 Deutschland GmbH
 Riethorst 12
 30659 Hannover

11.08.2016



Datum, Unterschrift des Entwurfsverfassers / der Entwurfsverfasserin

TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG
 Geschäftsstelle Hannover
 Am TÜV 1
 30519 Hannover
 Tel.: 0511 9986 1521 / info@tuv-nord.de

1. Antrag**1.1 Antrag: Formular 1.1****1.2 Kurzbeschreibung****1.3 Sonstiges****- entfällt -**

Genehmigungsantrag oder Anzeige nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz

Anschrift Genehmigungsbehörde:
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
An der Marktkirche 9
38678 Clausthal-Zellerfeld

Aktenzeichen Antragsteller:
Fackel Station H
Finanzamt
Finanzamt Hamburg für Großunternehmen

1. Adressdaten

Antragsteller/-in: ExxonMobil Production
Deutschland GmbH

Tel.: 0511 / 641-0
Fax.: 0511 / 641-1000

Straße, Haus-Nr.: Riethorst 12

E-Mail: ruehlermoor.planfeststellung@exxonmobil.com

PLZ / Ort.: 30659 Hannover

Zur Bearbeitung von Rückfragen ist anzusprechen:

Im Betrieb des Antragstellers:

Entwurfsverfasser: *

Sachbearbeiter: Herr Olaf Drechsel

Bearbeiter: TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG,
Frau Cornelia Meiners

Tel.: 0511 / 641-0

Tel.: 0511 / 9986-1424

Fax.: 0511 / 641-2429

Fax.: 0511 / 9986-1136

E-Mail: ruehlermoor.
planfeststellung@exxonmobil.com

E-Mail.: cmeiners@tuev-nord.de

Straße, AM TÜV 1

Haus-Nr.:

PLZ / Ort: 30519 Hannover

Verantwortlicher nach §
52b BImSchG:

Name, Vorname Barsch, Florian

Tel.: 0511 / 641-0

Fax.: 0511 / 641-1000

E-Mail.: --

* freiwillige Angaben

2. Allgemeine Angaben zur Anlage**2.1 Standort der Anlage**

Bezeichnung des Werkes oder des Betriebes, in dem die Anlage errichtet werden soll:

Erdölfeld Rühlermoor,
Station H

PLZ / Ort: 49767 Twist

Straße, Haus-Nr.: Rühlermoor Nr. 9

Ost- / Nordwert: 376232 5836314

Gemarkung / Flur / Flurstücke: Emslage-Twist 21 88/3

2.2 Art der Anlage

Nr. nach Anhang 1 der 4. BlmSchV.: 8.1.3V

Bezeichnung der Anlage gemäß der 4. BlmSchV.: Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behältern gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer gasförmiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen durch Abfackeln von Deponiegas oder anderen gasförmigen Stoffen, ausgenommen über Notfackeln, die für den nicht bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind

Betriebsinterne Bezeichnung: Fackel Station H

Kapazität/Leistung:
 vorhandene: zukünftige: 11.000 m3/h Durchsatzleistung

2.3 Anlagenteile und Nebeneinrichtungen

Anlage-Nr.

Bezeichnung der Anlage gemäß der 4. BlmSchV.:

Betriebsinterne Bezeichnung:

Kapazität vorhandene: Kapazität zukünftige:

3. Art des Verfahrens

Genehmigungsverfahren:

Antrag auf Genehmigung einer Neuanlage mit Öffentlichkeitsbeteiligung	§ 4 i. V. m. § 10 BlmSchG	<input checked="" type="checkbox"/>
Antrag auf Genehmigung einer Neuanlage ohne Öffentlichkeitsbeteiligung	§ 4 i. V. m. § 19 BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Genehmigung einer Versuchsanlage	§ 2 (3) 4. BlmSchV	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Genehmigung zur wesentlichen Änderung der Lage	§ 16 (1) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
des Betriebs der Anlage	§ 16 (1) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
der Beschaffenheit	§ 16 (1) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Teilgenehmigung	§ 8 BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Zulassung des vorzeitigen Beginns der Errichtung	§ 8a (1) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Zulassung des vorzeitigen Beginns des Betriebes	§ 8a (3) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Erteilung eines Vorbescheides	§ 9 BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Befristung	§ 12 (2) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag, von der Beteiligung der Öffentlichkeit abzusehen	§ 16 (2) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Genehmigung einer anzeigepflichtigen Änderung	§ 16 (4) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Antrag auf Beteiligung der Öffentlichkeit	§ 19 (3) BlmSchG	<input type="checkbox"/>

Anzeigeverfahren:

Anzeige zur Änderung	§ 15 (1) BlmSchG	<input type="checkbox"/>
Anzeige der Betriebseinstellung	§ 15 (3) BlmSchG	<input type="checkbox"/>

Anzeige einer genehmigungsbedürftigen Anlage

§ 67 (2) BImSchG

BVT-Vorschrift:

Ausgangszustandsbericht (AZB): Ein Ausgangszustandsbericht des Bodens und des Grundwassers auf dem Anlagengrundstück für IE-RL-Anlagen gemäß §3 Absatz 8 des BImSchG i.V.m. §3 der 4. BImSchV ist erforderlich

Ja Nein

Der vorliegende Antrag nimmt Bezug auf:

 den Bescheid vom:

Aktenzeichen:

 den Bescheid vom:

Aktenzeichen:

3.1 Eingeschlossene Verfahren (§13 BImSchG) und Ausnahmen

Folgende nach § 13 BImSchG eingeschlossene Entscheidungen werden beantragt:

Baugenehmigung	§ 63/§ 64 NBauO	<input type="checkbox"/>
Eignungsfeststellung	§ 63 WHG	<input type="checkbox"/>
Erlaubnis	§ 18(1) BetrSichV	<input type="checkbox"/>
Veterinärrechtliche Zulassung	§ Art 24 VO EU 1069	<input type="checkbox"/>
Indirekteinleitung	§ 58 WHG	<input type="checkbox"/>
Erlaubnis	§ 7 SprengG	<input type="checkbox"/>

Weitere eingeschlossene Entscheidungen bitte benennen:

Folgende Ausnahmen/Befreiungen werden beantragt:

Ausnahme	§ 19 GefStoffV	<input type="checkbox"/>
Ausnahme	§ 14 BioStoffV	<input type="checkbox"/>
Ausnahme	§ 3a Abs. 3 ArbStättV	<input type="checkbox"/>
Ausnahme	§ 3 2. SprengV	<input type="checkbox"/>

Weitere Ausnahmen/Befreiungen bitte benennen:

3.2 nicht eingeschlossene VerfahrenIst parallel zu diesem Genehmigungsantrag auch eine weitere Zulassung beantragt worden? Ja Nein

Wenn Trägerverfahren "Obligatorischer bergrechtlicher Rahmenbetriebsplan"

ja,

welche

: Die für die Ermittlung der Verwaltungskosten notwendigen Errichtungskosten einschließlich Rohbaukosten sind in den Gesamtkosten für das übergeordnete Verfahren enthalten und werden daher unter Ziffer 4.2 nicht angegeben.

4. Weitere Angaben zur Anlage**4.1 Inbetriebnahme**Die Anlage soll im 2019 in Betrieb genommen werden.**4.2 Voraussichtliche Kosten**

Herstellungskosten	0	Euro
davon Rohbaukosten gemäß DIN 276	0	Euro

In den angegebenen Kosten ist die Mehrwertsteuer enthalten.

5. UVP-Pflicht

- Eine UVP ist zwingend erforderlich. Die erforderlichen Unterlagen nach § 4e der 9. BImSchV und § 6 des UVPG sind im Kapitel 14.2 beigefügt.
- UVP-Pflicht im Einzelfall
- Die Vorprüfung wurde durch die Genehmigungsbehörde bereits durchgeführt. Sie hat ergeben, dass keine UVP erforderlich ist.
- Die Vorprüfung wurde von der Genehmigungsbehörde bereits durchgeführt. Eine UVP ist erforderlich, die erforderlichen Unterlagen nach § 4e der 9. BImSchV und § 6 des UVPG sind im Kapitel 14.2 beigefügt.
- Die Vorprüfung wurde noch nicht durchgeführt; diese wird hiermit beantragt.
- Das Vorhaben ist in der Anlage 1 des UVPG nicht genannt. Eine UVP ist nicht erforderlich

Nr./Spalte des Vorhabens gem. Anlage 1 des UVPG 8.1.3

Bezeichnung des Vorhabens gem. Anlage 1 des UVPG Errichtung und Betrieb einer Anlage zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behältern gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer gasförmiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen durch Abfackeln von Deponiegas oder anderen gasförmigen Stoffen, ausgenommen über Notfackeln, die für den nicht bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind;

6. TEHG

Anlage gemäß TEHG

Nr. der Anlage gem. Anhang 1 des TEHG: 1

Bezeichnung der Anlage gem. Anhang 1 des TEHG: Verbrennungseinheiten zur Verbrennung von Brennstoffen mit einer Gesamtfeuerleistungswärmeleistung von insgesamt 20 MW oder mehr in einer Anlage, soweit nicht von einer der nachfolgenden Nummern erfasst

7. Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung

ist die zu ändernde Anlage Teil eines eingetragenen Standortes einer

1. nach der Verordnung (EG) Nr. 761/2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS) vom 19. März 2001 (ABl. EG Nr. L 114 S. 1) registrierten Organisation oder

- Ja
 Nein

2. Anlage, die ein Umweltmanagement eingeführt hat und nach DIN EN ISO 14001 (Ausgabe 2005) zertifiziert ist.

- Ja
 Nein

Auf folgende Unterlagen der Umwelterklärung, die der Behörde vorliegen, wird verwiesen:

8. Beabsichtigte Änderung

--

9. Begründung

Die vorhandene Fackel auf der Station H wurde bislang als Notfackel für die Entlastung der Sicherheitseinrichtungen des Pendelgassystems der vorhandenen Dreiphasenabscheider genutzt.

Aufgrund der Erschließung weiterer Erdölreserven zu Fortführung der Ölförderung im Ölfeld Rühlermoor werden zwei zusätzliche Separatoren auf Station H mit einem Inhalt von je 200 m³ errichtet. Den beiden neuen Separatoren wird jeweils ein Abscheider zur Entfernung von Flüssigkeitsanteilen aus dem Erdölgas nachgeschaltet. Alle neuen Apparate werden gaseitig an ein Pendelgassystem angeschlossen. Dieses bildet nach Fertigstellung der Erweiterung der Station H mit dem bestehenden Gassystem und der vorhandenen Fackel eine gemeinsame Funktionseinheit.

Die Ausrüstung der Bestandsfackel wird an den Stand der Technik angepasst. Dafür soll der Fackelkopf einschließlich Pilotbrenner erneuert werden

Neben der Funktion als Notfackel bei Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen erfolgt zukünftig eine Nutzung dieser Fackelanlage für bedarfsweises, geplantes Abfackeln zur Entlastung von Leitungen oder Behältern für Instandhaltungs- oder Inspektionszwecke. Diese Änderung des Betriebs hat zur Folge, dass sich für die Fackel der Station H eine Genehmigungspflicht im Sinne des § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - BImSchG ergibt.

Hannover, 11.08.2016

Ort, Datum



Unterschrift

ExxonMobil Production
Deutschland GmbH
Rlethorst 12
30659 Hannover

1.2 Kurzbeschreibung

Eine allgemeinverständliche Zusammenfassung zum Gesamtvorhaben "Erdöl aus Rühlermoor - Mit Tradition in die Zukunft" liegt dem obligatorischen Rahmenbetriebsplan bei. Daher wird an dieser Stelle auf die allgemeinverständliche Zusammenfassung in diesem übergeordneten Antragsdokument verwiesen. Darin ist der zukünftige Betrieb der Station H und dessen Auswirkungen ebenfalls beschrieben.

- 2. Lagepläne**

- 2.1 Topographische Karte 1:25 000**

- 2.2 Grundkarte 1:5 000**

- 2.3 Katasterplan**

- 2.3.1 Flurstücknachweis**

- 2.4 Werkslage- und Gebäudeplan**

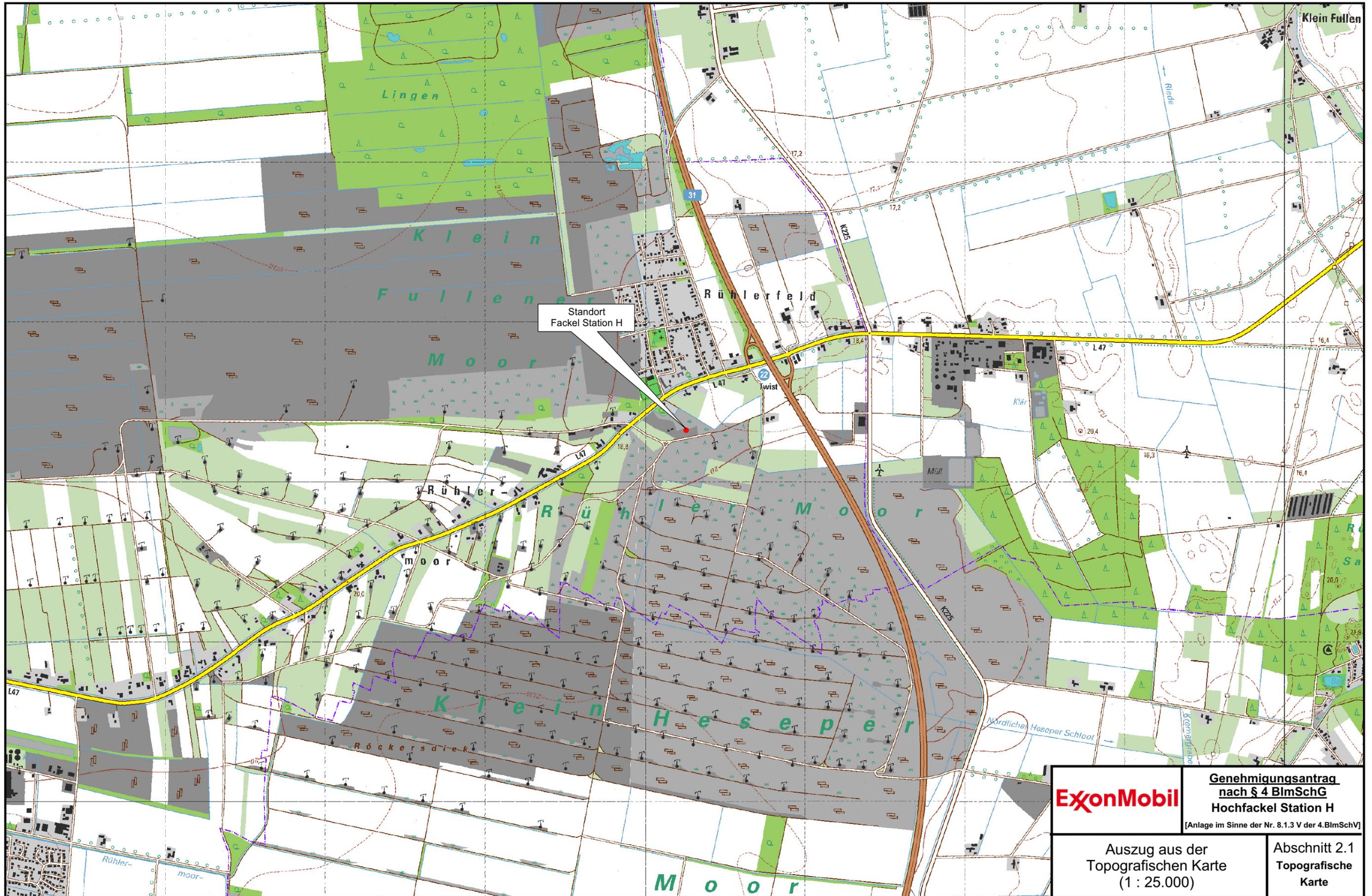
- 2.5 Auszug aus gültigem Flächennutzungs-
oder Bebauungsplan** **- entfällt -**

- 2.6 Sonstiges** **- entfällt -**

2.1 Topographische Karte 1:25 000

Anlagen:

- Abs-02-01_Topografische-Karte_mit Fackelstandort.pdf



ExxonMobil	Genehmigungsantrag nach § 4 BImSchG Hochfackel Station H <small>[Anlage im Sinne der Nr. 8.1.3 V der 4.BImSchV]</small>
	Auszug aus der Topografischen Karte (1 : 25.000)
	Abschnitt 2.1 Topografische Karte

2.2 Amtliche Karte 1:5000

Anlagen:

- Abs-02-02_Grundkarte_mit-Fackelstandort.pdf



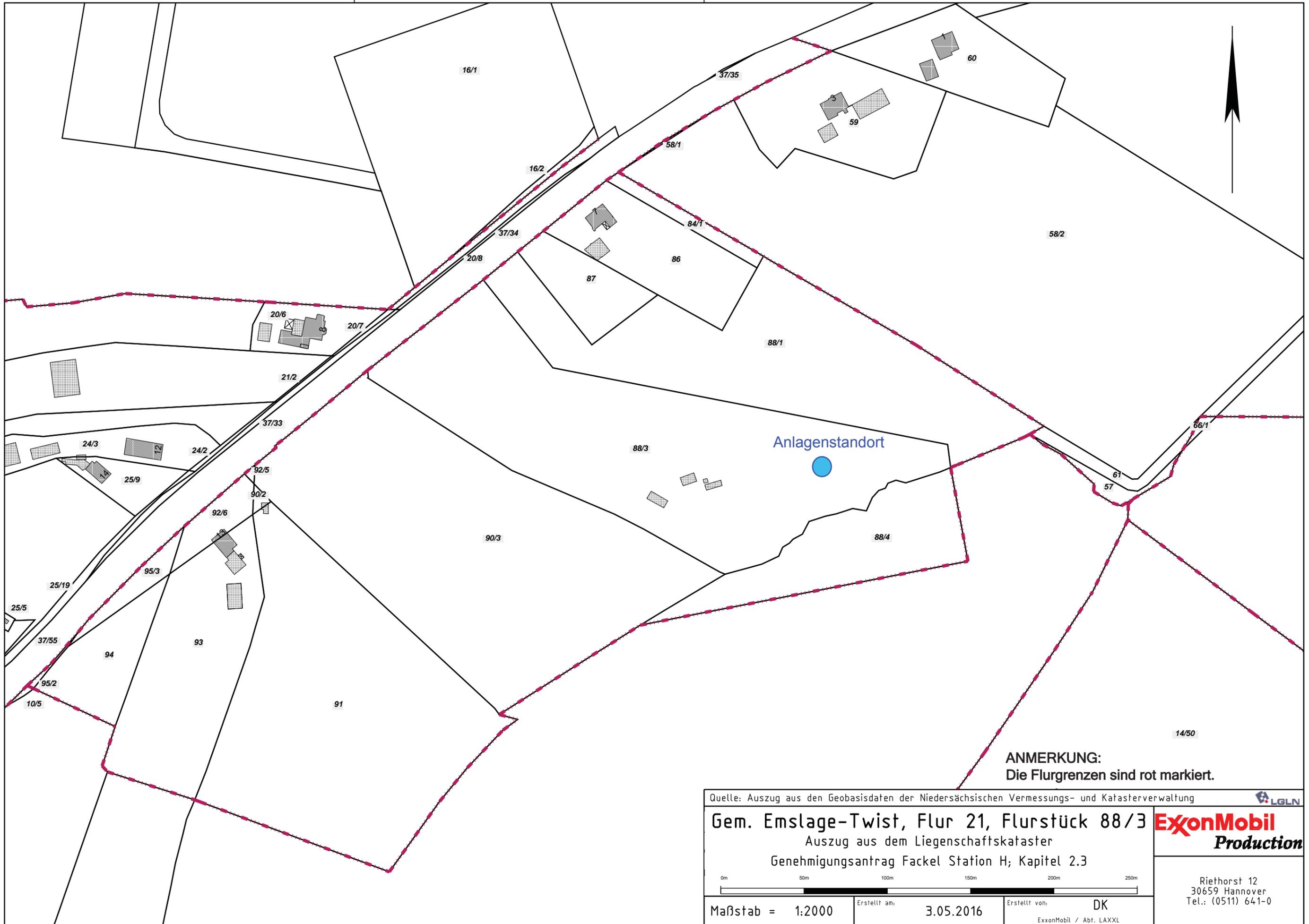
Standort
Fackel Station H

	Genehmigungsantrag nach § 4 BImSchG Hochfackel Station H <small>[Anlage im Sinne der Nr. 8.1.3 V der 4.BImSchV]</small>
	Abschnitt 2.2 Grundkarte
Ausschnitt aus der Grundkarte 1 : 5.000	

2.3 Liegenschaftskarte

Anlagen:

- Abs-02-03_Liegenschaftskarte Stat_H GemEmslage-Twist_FI21_FIst88_3_mitFackel.pdf



ANMERKUNG:
Die Flurgrenzen sind rot markiert.

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung		
Gem. Emslage-Twist, Flur 21, Flurstück 88/3 Auszug aus dem Liegenschaftskataster Genehmigungsantrag Fackel Station H; Kapitel 2.3		
Maßstab = 1:2000	Erstellt am: 3.05.2016	Erstellt von: DK ExxonMobil / Abt. LAXXL
Riethorst 12 30659 Hannover Tel.: (0511) 641-0		

2.3.1 Flurstücknachweis

Es wird auf den Rahmenbetriebsplan, Teil 4 - Anhang, Kapitel 12 verwiesen. Dort ist das gesamte Grundstücksverzeichnis für das Vorhaben aufgeführt.

Der eingetragene Grundstückseigentümer ist eine gemeinsame Gesellschaft der BEB Erdgas und Erdöl GmbH & Co. KG und der ENGIE E&P Deutschland GmbH.

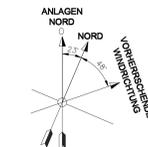
2.4 Werkslage- und Gebäudeplan

Anlagen:

- Abs-02-04_StationH_LageplanRLMR08SA14090000101C.pdf

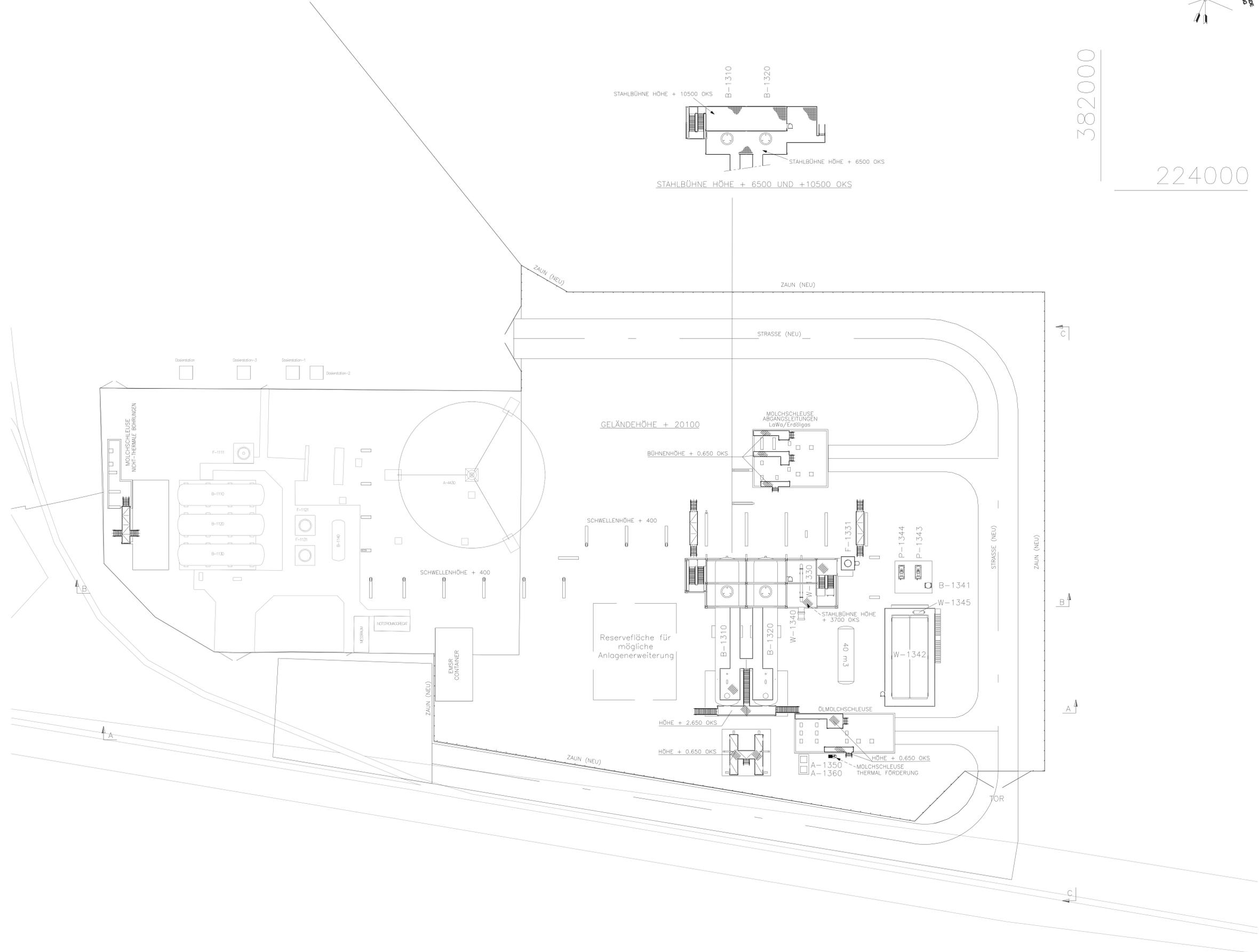
ALLGEMEINE BEMERKUNGEN

- FÜR ALLGEMEINEN LAGEPLAN UND REFERENZ ZEICHNUNGEN SIEHE ZEICHNUNG NL6820-10/L.01-0001
- BESTAND
— NEUES EQUIPMENT
- - - ZUKÜNFTIGES EQUIPMENT
— NEUE BAUWERKE, STRASSEN UND ZÄUNE.
- FÜR BEZUGSPUNKTE SIEHE ZEICHNUNG NL6820-10/C.01-0003
- FÜR SCHNITTE SIEHE ZEICHNUNG NL6820-30/L.01-0011
- NULLPUNKT STATION 'H' ANLAGE OST 0 UND NORD 0 IDENTISCH E 2579000000 N 5837000000 GAUSS KRUEGER DEUTSCHLAND.
- GELÄNDEHÖHE STATION H IDENTISCH HÖHE +20100 (üNN)



382000

224000



NEUE APPARATE

APPARAT Nr.	BESCHREIBUNG
A-1350	SPALTER-DOSIEREINHEIT
A-1360	ENTSCHÄUMER-DOSIEREINHEIT
B-1310	3 PHASENABSCHIEDER
B-1320	3 PHASENABSCHIEDER
B-1341	KÜHLWASSERSPEICHER
F-1331	FREIFLÜSSIGKEITSABSCHIEDER
P-1343/44	KÜHLWASSERPUMPE
W-1330	GASKÜHLER
W-1340	ÖLKÜHLER
W-1342	KÜHLWASSER-LUFTKÜHLER
W-1345	KÜHLWASSER-INBETRIEBNAHMEERHITZER

FESTZULEGEN

- LAGE UND DIMENSIONEN VON ANLAGEN/AUSRÜSTUNGEN
- SCHALLSCHUTZEINHAUSUNGEN UND HAUBEN.

ÜBERSICHTSPLAN



Anlagennull: ±0,00 ▲ 20,10 ü.NN

C	Änderung Zeichnungsnummer	16.11.2015	IMN-ASC	-
B	checked and supplemented by IMN GmbH	11.11.2015	IMN-ASC	-
A	Übernahme FEED JACOBS-Nr: NL6820-30/L.01/0002	12.08.2015	CAD/SK_ML	-
Ind.	Änderung	Datum	Eng/Fa/Bez.ges.	Gez.gespr.
Beorb.:	11.06.2015	NUPX	JACOBS	JACOBS - Approved for Design
Gepr.:	11.06.2015	DVF		
Norm:				
Datum:	07.03.2014	Gez.: JACOBS	EMPC	
Original-Blattgröße:	DIN A0	Gepr.:		



Modell: 1:200
Blatt: 01
Dateiname: RLMR08SA 140900 001010
Klassifizierung: GR
Zg.-Nr.: RLMR08SA140900001010

- 3. Anlage und Betrieb**
- 3.1 Beschreibung der zum Betrieb erforderlichen technischen Einrichtungen und Nebeneinrichtungen sowie der vorgesehenen Verfahren**
- 3.2 Angaben zu verwendeten und anfallenden Energien**
- 3.3 Gliederung der Anlage in Anlagenteile und Betriebseinheiten, Übersicht: Formular 3.3**
- 3.4 Betriebsgebäude: Maschinen, Apparate, Behälter: Formular 3.4**
- 3.5 Angaben zu den gehandhabten, eingesetzten und entstehenden Stoffen inkl. Abwasser und Abfall und deren Stoffströmen: Formular 3.5**
 - 3.5.1 Sicherheitsdatenblätter der gehandhabten Stoffe**
- 3.6 Maschinenaufstellungspläne**
- 3.7 Maschinenzeichnungen**
- 3.8 Fließbilder**
 - 3.8.1 Grundfließbild mit Zusatzinformationen nach DIN EN ISO 10628**
 - 3.8.2 Verfahrensließbild nach DIN EN ISO 10628**
 - 3.8.3 Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder (R+I) - entfällt -**
- 3.9 Sonstiges - entfällt -**

3.1 Beschreibung der zum Betrieb erforderlichen technischen Einrichtungen und Nebeneinrichtungen sowie der vorgesehenen Verfahren

Etwa zwei Kilometer westlich des bestehenden Betriebsplatzes Rühlermoor befindet sich am nordwestlichen Rand des Erdölfeldes die Sammelstelle (Station) H. Sie ist über eine existierende Straße an die angrenzende Landesstraße L 47 angebunden.

An der Sammelstelle H erfolgt eine erste Aufbereitung des im Erdölfeld Rühlermoor geförderten stark verwässerten Erdöls (Nassöl) durch Phasentrennung in Erdöl, Erdölgas und Lagerstättenwasser. Diese physikalische Trennung erfolgt derzeit in drei parallel geschalteten, identischen Separatoren (Dreiphasenabscheidern) mit einem Inhalt von jeweils 100 m³. Jedem dieser Separatoren ist ein Freiflüssigkeitsabscheider zur Entfernung von Flüssigkeitströpfchen aus dem Erdölgas nachgeschaltet. Anschließend wird das Kondensat aus den Abscheidern dem Ölstrom zugegeben.

Über 3 separate unterirdisch verlegte Rohrleitungen werden die Medien Erdöl, Erdölgas und Lagerstättenwasser zum zentralen Betriebsplatz des Erdölbetriebes Rühlermoor abgeleitet. Alle verfahrenstechnischen Anlagen sind einzeln absperbar über Rohrleitungen miteinander verbunden.

Alle Behälter und Apparate der Station H sind zum internen Druckausgleich über ein Pendelgassystem miteinander verbunden; dieses ist an eine Hochfackelanlage angeschlossen.

Für die Anlagensicherheit der Station H und den Umweltschutz ist die Fackelanlage eine notwendige Ausrüstung, um das Ausströmen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen bei Störungen des bestimmungsgemäßen Anlagenbetriebs zu verhindern.

Die Fackel wird daher ständig redundant mit Pilotgas und Spülgas aus dem im Ölfeld vorhandenen betrieblichen Gasversorgungsnetz versorgt.

Die vorhandene Fackelanlage an der Station H wird durch folgende Auslegungsparameter beschrieben:

- Fackelleistung 11.000 Nm³/h bzw. 8.800 kg/h
- Hochfackel, einfach abgespannt, mit einer Höhe von 25 m
- Auslegungsdruck 7 barü bei einer Temperatur von 20°C

Aufgrund der Erweiterung der Ölförderung werden zwei zusätzliche weitere Separatoren auf Station H mit einem Inhalt von je 200 m³ errichtet. Den beiden Separatoren wird gasseitig ein gemeinsamer Flüssigkeitsabscheider nachgeschaltet, der zur Entfernung von Flüssigkeitsanteilen aus dem Erdölgas dient. Das in diesem Abscheider separierte Erdölgaskondensat wird zurück in den Erdölstrom geführt.

Da sich durch die Erhöhung der Aufbereitungskapazität der Station H auch die Menge des aus der Nassölaufbereitung anfallenden Erdölgases erhöhen wird, muss zu dessen Abtransport eine zweite Gasleitung von der Station H zum Betriebsplatz Rühlermoor installiert werden. Das aus den Abscheidern abgetrennte Lagerstättenwasser fließt durch eine ebenfalls neu zu verlegende Lagerstättenwasserleitung zum Betriebsplatz Rühlermoor.

Für die Betriebsführung der vorhandenen Rohrleitungen im Zusammenspiel mit den neuen Behältern und Rohrleitungen ist die maximale Medientemperatur eine wichtige Kenngröße. Daher wird im Zuge der Erweiterung der Station H auch ein Kühlwassersystem zur Kontrolle und Wärmeableitung der über die bestehenden Leitungen zu transportierenden Medien aufgebaut.

Bis auf das Kühlwassersystem werden die neuen Behälter und Apparate in eine Pendelgasleitung eingebunden, die dann mit dem bereits vorhandenen Gassystem und der Fackel an Station H ein in sich geschlossenes, korrespondierendes System bildet.

Die Ausrüstung der Fackel wird an den Stand der Technik angepasst. Dafür soll der Fackelkopf einschließlich der Pilotbrenner und deren Steuerung/ Überwachung erneuert werden.

Die nominelle Kapazität der Fackelanlage wird durch die Anpassung des Fackelkopfes nicht verändert. Durch eine Überlastreserve kann nominell kurzzeitig bei diesem Brennertyp für eine Sicherheitsabfackelung zur Verhinderung von Detonationen im Brandfall eine maximale Fackelkapazität von 12.600 kg/h bereitgestellt werden.

Im Ergebnis der Erneuerung der Pilotbrenner ergibt sich eine Verringerung des Gasverbrauchs für Pilot und Spülgas für den Betrieb der Fackelanlage um 60%.

Neben dieser Änderung der Beschaffenheit ist auch eine Änderung der Betriebsweise dieser bisher als Notfackel genutzten Anlage vorgesehen, denn zusätzlich zu der Funktion als Notfackel bei Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen erfolgt eine zusätzliche Nutzung dieser Fackelanlage für bedarfsweises, geplantes Abfackeln zur Entlastung von Leitungen oder Behältern für Instandhaltungs- oder Inspektionszwecke.

Beschreibung der Hochfackel

Die Fackel besteht aus Fackelabscheider, Fackelturm und Fackelbrenner.

Fackelabscheider:

Der Fackelabscheider mit einem Volumen von 4,1 m³ dient zur Aufnahme von im Gasstrom enthaltenen Flüssigbestandteilen und ist als Druckbehälter ausgeführt. Der Füllstand wird über Stand- anzeiger mit Alarmierung überwacht. Anfallende Flüssigkeiten werden ausgeschleust und anschließend gemeinsam mit dem Erdöl aufbereitet.

Fackelturm:

Der Fackelturm ist als Pendelstütze mit 120°-Abspannung ausgeführt. Die Anschlagpunkte der Abspannseile befinden sich 17 m über Anlagenniveau, die Fackelbrennermündung in 25 m Höhe. Alle erforderlichen Versorgungsleitungen sind außen am Fackelrohr geführt. Eine Leiter mit Steigschutz und eine unterhalb des Fackelbrenners angeordnete Rundbühne ermöglichen das Begehen der Fackel zu Inspektions- oder Reparaturarbeiten.

Fackelbrenner:

Das Oberteil des Fackelbrenners ist aus hitzebeständigem Stahl gefertigt. Um ein Abreißen der Fackelflamme bei sehr großen Durchsätzen zu verhindern, ist er mit einem Flammenstabilisierungsring aus angeschweißten Segmenten versehen. Bestandteil des Fackelbrenners ist eine Flammenrückschlagsicherung, die eine Lufteinströmung über den Fackelbrenner in das Fackelrohr verhindert. Somit wird das Fackelrohr ständig unter geringem Überdruck gehalten und eine dadurch mögliche Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre vermieden.

Zu diesem Zweck wird das Fackelrohr mit einer kontinuierlichen Spülgasmenge beaufschlagt. Der Spülgasstrom wird mittels Durchflussmesser mit Min.-Alarm überwacht.

Zur sicheren Zündung von Fackelgasen dienen die ständig brennenden Pilotbrenner, die redundant ausgeführt sind. Ihre Funktion wird mittels Thermoelementen ständig überwacht. Der Fackelbrenner ist mit einem Wind-/ Sichtschuttschirm ausgestattet, der auch eine sichere Entzündung und stabile Verbrennung aller Fackelgase gewährleistet.

Pilotbrenner:

Die drei konzentrisch um den Fackelkopf angeordneten Fackelpilotbrenner sind Hochleistungsbrenner, die nach dem Prinzip des Vormischbrenners arbeiten. Bei Beaufschlagung des jeweiligen Pilotbrenners mit der Pilotgasmenge wird über die zugehörige Vormischdüse ca. 80% der erforderlichen Verbrennungsluft angesaugt. Die dann noch fehlende Luft wird der entstehenden Flamme am Pilotbrennerkopf aus der Atmosphäre zugeführt. Der Pilotbrennerkopf ist mit einem Doppelwindschild ausgerüstet, welches extrem stabiles Flammenverhalten selbst bei hohen Windgeschwindigkeiten und widrigen Wetterverhältnissen gewährleistet. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die Erreichung einer Emissionsminderung von 99,9%.

In den Anlagenteilen der Station H sind giftige Gase enthalten, deren Freisetzung in unverbranntem Zustand besonders nachteilige Auswirkungen auf die Schutzgüter des BImSchG haben kann. Daher ist es das oberste Ziel, eine unverbrannte Freisetzung auch minimaler Gasmengen zu verhindern.

Aus diesem Grund sind Entlastungssysteme, die erst im Gefahrenfall zünden, nicht anwendbar, da bei Fehlzündungen und den damit verbundenen Wiederholungszündungen die Möglichkeit der kurzzeitigen Freisetzung von unverbranntem Gas bestünde.

Für die vorrangig als Sicherheitseinrichtung verwendete Fackel der Station H stellen Pilotbrenner im Zusammenhang mit dem Pendel- und Spülgassystem den Stand der Technik dar.

Thermoelement:

Jeder Pilotbrenner ist mit einem Mantelthermoelement ausgerüstet. Dieses wird vom Pilotbrennerkopf ausgehend am Pilotbrenner geführt, am Fackelbrennerfuß in einem

Anschlusskasten verdrahtet und weiter mit Ausgleichsleitungen bis zum Steuerschrank mit Zünd- und Überwachungseinrichtungen in der Nähe des Fackelfußes weitergeführt.

Zünd - und Überwachungssystem:

Die Fackelsteuerung erlaubt manuelle und automatische Zündung. Zur Inbetriebnahme wird das Fackelsystem vor Ort gezündet. Im laufenden Betrieb werden bei Ausfall einer Flamme automatische Zündversuche unternommen. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass stets mindestens 2 Pilotbrenner in Betrieb sind.

Die ständige Überwachung erfolgt durch Vor-Ort-Signalisation sowie Fernüberwachung aus der ständig besetzten, zentralen Messwarte des bestehenden Betriebsplatzes sowie vor Ort durch optische Anzeigen.

3.2 Angaben zu verwendeten und anfallenden Energien

Für die Sicherstellung des Fackelbetriebes ist eine kontinuierliche Versorgung mit Spül- und Pilotgasen notwendig, da die bereits in Kapitel 3.1 genannten Sicherheitsaspekte im Vergleich zum Energieverbrauch vorrangig zu betrachten sind.

Mit dem Umbau des Fackelkopfes wird der Energieverbrauch für Spül- und Pilotgase um mehr als 60% reduziert. Dies wird mit dem veränderten Design des Fackelkopfes und dem Einsatz energiesparender Pilotbrenner erreicht.

Während des Verbrennungsvorgangs an der Fackel ist keine Energienutzung möglich. Der diskontinuierliche Gasanfall mit variablen Qualitäten erlaubt keine energetische Nutzung der anfallenden Abfallgase.

Für die geplanten Instandhaltungsmaßnahmen ist es erforderlich, dass die betreffenden Behälter / Apparate / Leitungen gasfrei sind. Die Gasfreiheit wird durch das Verdrängen der gefährlichen Atmosphäre mit Inertgasen (vorzugsweise Stickstoff) hergestellt. Gasfreiheit ist dann gegeben, wenn der Behälterinhalt vollständig durch das unbrennbare Inertgas verdrängt wurde. Das bei diesem Vorgang entstehende Gasgemisch ist ein inhomogenes Gemisch aus dem zu verdrängenden Gas und dem Inertgas mit sich innerhalb eines sehr kurzen Zeitraums ändernden Eigenschaften (z.B. Druck, Brennwert). Eine energetische Nutzung scheidet daher aus, da Verbrennungsmotoranlagen oder Feuerungsanlagen konstante Verbrennungsbedingungen benötigen.

Die in der TA Luft genannte Abgasreinigungseinrichtung mit thermischer oder katalytischer Nachverbrennung kommt ebenfalls nicht in Betracht. Der Energiebedarf zum Vorwärmen für die Erreichung eines thermisch stabilen Zustands, der für die Wirksamkeit einer thermischen Abgasreinigungseinrichtung erforderlich ist, übersteigt die abzufackelnden Gasmengen. Eine katalytische Nachverbrennung scheidet aufgrund der im Gas enthaltenen Schwefelwasserstoff-Anteile aus. Diese würden zur Zerstörung des Katalysators führen.

Mit dem Betrieb der Fackel wird das Minimierungsgebot des BImSchG bzgl. der konkret anfallenden Mengen gasförmiger Abfälle durch deren Verbrennung erfüllt.

3.3 Gliederung der Anlage in Anlagenteile und Betriebseinheiten - Übersicht

Hauptanlage Fackel Station H 8.1.3V	
	AN
BE 01 Hochfackel A-4430	BE

3.4 Betriebsgebäude, Maschinen, Apparate und Behälter

BE - Nr.	Betriebseinheit	Gebäude Nr. / Benennung	Raum Nr. / Benennung	Maschinen / Apparate / Behälter					
				Nr.	Benennung	Charakteristische Größe	Leistung/Fläche /Inhalt	[Einheit]	Status N=neu V=vorh. Ä=Änder.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	01	Fackelturm	Durchmesser	8 Zoll		V
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	02	Fackelkopf				N
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	03	Abspannung				V
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	04	Leiter				V
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	05	Kabelschutz- und Gasrohre				V
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	06	Fackelabscheider B-4410	Druckbehälter, ausgelegt für 7 bar;Volumen	4,1	m3	V
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	07	Fackelbrenner	Fackelgasdurchsatz	11000	m3/h	N
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	08	3 Pilotbrenner	Pilotgasdurchsatz	6 (3x2)	m3/h	N
01	Hochfackel A-4430	Fackelanlage	A-4430	09	Zünd- und Überwachungssystem				N

3.5 Angaben zu gehandhabten, eingesetzten und entstehenden Stoffen inklusive Abwasser und Abfall und deren Stoffströmen

Bezeichnung des Stoffes / Gemisches / Erzeugnisses	Gesamtmenge	Einheit	Zusammensetz. Anteil (Gew.-%)				Heizwert (MJ/kg)	AV-Nr.	Einsatzstoff	Zwischenprodukt	Produkt / Erzeugnis	Nebenprodukte	Entstehender Abfall	Abwasser	Emissionsrelevant	Störfallrelevant	Gefahrstoff	REACH-relevant	Klima-, Ozonschichtschädigend	Wassergefährdend	Betr.-SichV	Bemerkung
			Komponentenname	CAS-Nr.	Anteil (Gew.-%)																	
					Min.	Max.																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Pilotgas	6	m3/h							<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Spülgas	1,4	m3/h							<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Fackelgas / Erdölgas aus Entlastungen / Pendelung	11.000	m3/h							<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Erdölgaskondensat	max. 5	m3/a							<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Abgas:									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gesamt-C									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Schwefeldioxid (SO2)									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Schwefelwasserstoff (H2S)									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3.5.1 Sicherheitsdatenblätter der gehandhabten Stoffe

Nachfolgend sind die Sicherheitsdatenblätter für Erdölgas, das über die Fackel entlastet wird, sowie Erdgas, das als Pilot- und Spülgas zum Einsatz kommt, sowie das Erdölgaskondensat dargestellt.

Anlagen:

- Abs-03-05-01_ERDÖLGAS EMSLAND - MSDS.pdf
- Abs-03-05-01_Erdölgas_Bramberge_H2S-frei.pdf
- Abs-03-05-01_Erdgas-DVGW.pdf
- Abs-03-05-01_Erdgaskonds-Wasser-Gem_KWK_B4010_MSDS.pdf

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 1 von 11

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffs bzw. des Gemischs und des Unternehmens**1.1. Produktidentifikator**

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Weitere Handelsnamen

Kein Handelsprodukt

Stoffgruppe: ERDÖLGAS, ROHSTOFF

1.2. Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird**Verwendung des Stoffs/des Gemischs**

Eigenverbrauch als Brenngas

1.3. Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt

Firmenname:	ExxonMobil Production Deutschland GmbH - Intern	
Straße:	Riethorst 12	
Ort:	D-30659 Hannover	
Anschrift Postfach:	510360 D-30633 Hannover	
Telefon:	+49-(0)511-6410	Telefax: +49-(0)511-641-1064
E-Mail:	MSDS-EMPG@EXXONMOBIL.COM	
Ansprechpartner:	Abt. Safety Health & Environment (SH)	Telefon: +49-(0)511-641-1600
Auskunftgebender Bereich:	EMPG-SHER / LEITZENTRALE	

1.4. Notrufnummer: 0800 36 36 222**Weitere Angaben**

Sachkundige Person (Sicherheitsdatenblatt):Anfragen: MSDS-EMPG@EXXONMOBIL.COM

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren**2.1. Einstufung des Stoffs oder Gemischs**

Gefahrenbezeichnungen: F+ - Hochentzündlich, T+ - Sehr Giftig

R-Sätze:

Hochentzündlich.

Sehr giftig beim Einatmen.

Hochentzündlich

Diese Produkt ist wegen Schwefelwasserstoffgehaltes sehr giftig und wirkt erstickend / lähmt die Atmung.

Der Geruch des sehr giftigen Schwefelwasserstoffs und die reizende Wirkung haben einen deutlichen Warneffekt, bieten aber keinen ausreichenden (Warn-)Schutz vor schädlichen Konzentrationen. Die chronische Einwirkung bereits niedriger Konzentrationen kann zum Abstumpfen und Betäubung der Geruchswahrnehmung und der Reizeffekte führen.

GHS-Einstufung

Gefahrenhinweise:

Extrem entzündbares Gas.

Lebensgefahr bei Einatmen.

2.2. Kennzeichnungselemente**Gefahrenbestimmende Komponente(n) zur Etikettierung**

METHAN, SCHWEFELWASSERSTOFF

Signalwort: Gefahr

Piktogramme: GHS02-GHS06

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 2 von 11

**Gefahrenhinweise**

H220 Extrem entzündbares Gas.
 H330 Lebensgefahr bei Einatmen.

Sicherheitshinweise

P210 Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.
 P377 Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.
 P381 Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.
 P403+P233 Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Hinweis zur Kennzeichnung

Kennzeichnungspflicht nach: A

2.3. Sonstige Gefahren

Bezeichnung der Gefahren
 Bildet mit Luft zündfähige Gemische
 Hochentzündliches Gas

Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt
 Sehr schwach betäubendes Gas
 Bei hohen Konzentrationen besteht Erstickungsgefahr.
 Enthält sehr giftigen Schwefelwasserstoff

ABSCHNITT 3: Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen**3.2. Gemische****Chemische Charakterisierung**

GAS: Komplexes Kohlenwasserstoffgemisch, überwiegend C1 - C5
 Schwefelgehalt: > 3 bis 4 g / m³ = 0,05 Mass-%
 Schwefelwasserstoffgehalt: ca. 1 %

Molmasse: 20 bis 24,8 kg/kmol

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 3 von 11

Gefährliche Inhaltsstoffe

EG-Nr.	Bezeichnung	Anteil
CAS-Nr.	Einstufung	
Index-Nr.	GHS-Einstufung	
REACH-Nr.		
200-812-7	Methan	65 bis 85 %
74-82-8	F+ - Hochentzündlich R12	
601-001-00-4	Flam. Gas 1; H220	
204-696-9	Kohlendioxid (CO2)	6 - 15 %
00124-38-9		
231-783-9	Stickstoff	1,5 - 16,5 %
7727-37-9		
200-814-8	Ethan	1,3 bis 5,8 %
74-84-0	F+ - Hochentzündlich R12	
601-002-00-X	Flam. Gas 1; H220	
200-827-9	Propan	0,85 - 4 %
74-98-6	F+ - Hochentzündlich R12	
601-003-00-5	Flam. Gas 1; H220	
200-751-6	Butan-1-ol; n-Butanol	1,2 bis 2 %
71-36-3	Xn - Gesundheitsschädlich, Xi - Reizend R10-22-37/38-41-67	
603-004-00-6	Flam. Liq. 3, Acute Tox. 4, STOT SE 3, Skin Irrit. 2, Eye Dam. 1, STOT SE 3; H226 H302 H335 H315 H318 H336	
231-977-3	Hydrogensulfid; Schwefelwasserstoff	0,1 - 1,5 %
7783-06-4	F+ - Hochentzündlich, T+ - Sehr Giftig, N - Umweltgefährlich R12-26-50	
016-001-00-4	Flam. Gas 1, Acute Tox. 2, Aquatic Acute 1 (M-Faktor = 1); H220 H330 H400	
203-692-4	Pentan	0,15 - 0,6 %
109-66-0	F+ - Hochentzündlich, Xn - Gesundheitsschädlich, N - Umweltgefährlich R12-65-66-67-51-53	
601-006-00-1	Flam. Liq. 2, Asp. Tox. 1, STOT SE 3, Aquatic Chronic 2; H225 H304 H336 H411 EUH066	
215-605-7	Wasserstoff	0,69 - 1,7 %
1333-74-0	F+ - Hochentzündlich R12	
001-001-00-9	Flam. Gas 1; H220	
231-168-5	HELIUM Gas	0,042 - 1,8 %
7440-59-7		
200-753-7	Benzol	0,01 - 0,025 %
71-43-2	Carc. Cat. 1, Muta. Cat. 2, F - Leichtentzündlich, T - Giftig, Xn - Gesundheitsschädlich, Xi - Reizend R11-45-46-48/23/24/25-65-36/38	
601-020-00-8	Flam. Liq. 2, Carc. 1A, Muta. 1B, STOT RE 1, Asp. Tox. 1, Eye Irrit. 2, Skin Irrit. 2; H225 H350 H340 H372 ** H304 H319 H315	

Wortlaut der R-, H- und EUH-Sätze: siehe Abschnitt 16.

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 4 von 11

Weitere Angaben

EG-Nummer: 601-020-00-8

Brennwert: 9 - 12,85 kWh/m³Heizwert: 8,1 - 11,65 kWh/m³Wobbe-Index: WS: 10,8 - 15 kWh/m³ / Wi: 9,8 - 13,6 kWh/m³**ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen****4.1. Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen****Allgemeine Hinweise**

Erdölgas aus der Erdölproduktion des Feldes Rühlermoor kann bis zu 1,5 % an sehr giftigem Schwefelwasserstoff enthalten.

Wenn der Verdacht besteht, dass der Bereich den der Helfer betreten muss, Schwefelwasserstoff ein schädliches Gas enthält, müssen zum Eigenschutz ein umluftunabhängiges Atemschutzgerät (Vollmaske) und ein Chemikalienanzug getragen werden.

Nach Einatmen

Frischlucht, Wärme, Rasche Entfernung aus dem Gefahrenbereich (Bei H₂S-haliger Atmosphäre unter "VOLLSCHUTZ")

Bei Atemstillstand Atemspende oder Gerätebeatmung, Notarzt rufen
Sauerstoff nur außerhalb des Gefahrenbereichs verwenden

Nach Hautkontakt

i.a. keine Reizwirkung

Keine Behandlung erforderlich

Nach Augenkontakt

Bei höheren H₂S-Gehalten reizend wirkend

Nach Verschlucken

Nicht zutreffend - GAS

4.3. Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung

Nach Verbrennungen

Brandverletzungen mit Wasser kühlen

ACHTUNG: Systemische Behandlung von Schwefelwasserstoffvergiftungen einleiten.

ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung**5.1. Löschmittel****Geeignete Löschmittel**

Trockenlöschmittel, Kohlenstoffdioxid, Wasser mit geeigneter Löschtechnik (Sprühstrahl)

Ungeeignete Löschmittel

Schaum

5.2. Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren

In geschlossenen Räumen Flammen nicht löschen, bevor der Gasaustritt gestoppt ist, da sonst die Gefahr der Entstehung eines zündfähigen Gemisches besteht.

Verbrennungsprodukt von Schwefel und Schwefelwasserstoff: Schwefeldioxid (Schwefeldioxid bildet mit Feuchtigkeit / Löschwasser schweflige Säure

Durch unvollständige Verbrennung kann Kohlenstoffmonoxid entstehen (Vergiftungsgefahr).

Explosive Gase und toxische Gase (CO, SO₂)

5.3. Hinweise für die Brandbekämpfung

Umluftunabhängiges Atemschutzgerät

Zusätzliche Hinweise

In geschlossenen Räumen nicht löschen bevor Gasaustritt gestoppt ist, sonst Bildung explosionsfähiger Wolke.

Zündquellen beseitigen und Sicherheitszone bilden

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 5 von 11

Umgebung mit Wasser kühlen

ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung**6.1. Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren**

Gasaustritt stoppen sofern gefahrlos möglich, Zündquellen vermeiden

Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen

Personen evakuieren und Unbefugte fernhalten. Gefahrenbereich weiträumig absperren, bei Gasaustritt im Freien auf Wind zugewandter Seite bleiben.

Beim Betreten des Gefahrenbereiches durch Fachpersonal umluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen, sofern nicht durch Messung der Gaskonzentration die Ungefährlichkeit der Atmosphäre festgestellt worden ist. Für ausreichende Lüftung sorgen.

6.2. Umweltschutzmaßnahmen

Verfahren zur Reinigung

Sicherheitszone bilden und Räume ausreichend lüften

Gasfreiheit des Gefahrenbereichs vor wieder betreten mit geeignetem Messgerät prüfen

6.3. Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung

Ausreichend lüften.

ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung**7.1. Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung****Hinweise zum sicheren Umgang**

Vermeidung statischer Aufladung / Ex-Bereiche ausweisen und berücksichtigen.

Explosionssgeschützte Geräte, Armaturen und funkenfreies Werkzeug verwenden.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz

Gase bilden mit Luft explosionsfähige Gemische. Keine Zündquellen.

Brandklasse: C

Explosionsschutzrichtlinien der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie sowie BGR 104 beachten.

Bei Handhabung und Lagerung von Erdölgas sind gemäß § 6 BetrSichV Anhang 3

Explosionsschutzmaßnahmen (Lüftung, Vermeidung von Zündquellen, Ausweisung von Ex-Schutzonen) zu ergreifen.

7.2. Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten**Anforderungen an Lagerräume und Behälter**

Elektrische Einrichtung Ex-geschützt. Nicht mit Oxidationsmitteln zusammenlagern. Von Zündquellen fernhalten. Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen

Kühl, frostfrei

ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen**8.1. Zu überwachende Parameter**

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 6 von 11

Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900)

CAS-Nr.	Bezeichnung	ppm	mg/m ³	F/m ³	Spitzenbegr.	Art
00124-38-9	Kohlendioxid (CO ₂)	5000	9100			MAK
71-43-2	Benzol	1	3,25			EU
71-36-3	Butan-1-ol	100	310		1(I)	
7783-06-4	Hydrogensulfid	5	7,1		2(I)	
109-66-0	Pentan	1000	3000		2(II)	
74-98-6	Propan	1000	1800		4(II)	

Biologische Grenzwerte (TRGS 903)

CAS-Nr.	Bezeichnung	Parameter	Grenzwert	Unters.- material	Proben.- Zeitpunkt
71-36-3	Butan-1-ol (1-Butanol)	Butan-1-ol (1-Butanol) (nach Hydrolyse) (in Kreatinin)	10 mg/g	U	b

Zusätzliche Hinweise zu Grenzwerten

Es sind die BGR 104 und die TRBS 2152 zu beachten.

SCHWEFELWASSERSTOFF:

- Arbeitsplatzgrenzwert (H₂S): 5 ppm (7mg/m³); Spitzenbegrenzungskategorie =1=**8.2. Begrenzung und Überwachung der Exposition****Geeignete technische Steuerungseinrichtungen**

Keine

Körperschutz

Bei Arbeiten an Gasanlagen oder Behältern sind Vorkehrungen gegen Verletzungen zu treffen (siehe BGR 500, 2.3.1).

Atemschutz

Bei Austritt / Brandfall ist umluftunabhängiges Atemschutzgerät zu tragen.

ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften**9.1. Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften**

Aggregatzustand: gasförmig
 Farbe: farblos
 Geruch: charakteristisch n. faulen Eiern

Prüfnorm

pH-Wert: Nicht anwendbar / GAS

Zustandsänderungen

Siedebeginn und Siedebereich: -185 - -159 °C

Entzündlichkeit

Gas: hoch entzündliches Gas

Untere Explosionsgrenze: 4,3 Vol.-%

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 7 von 11

Obere Explosionsgrenze:	16 Vol.-%
Zündtemperatur:	635 °C
Dampfdruck: (bei 20 °C)	n.a.
Dichte (bei 0 °C):	0,9 - 1,1 kg/m ³ g/cm ³
Wasserlöslichkeit: (bei 20 °C)	gering
Dyn. Viskosität: (bei 20 °C)	n.a.
Dampfdichte: (bei 20 °C)	0,7 - 0,86

9.2. Sonstige Angaben

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften sind von der Zusammensetzung des Erdölgases abhängig. Diese kann in einem relativ weiten Bereich schwanken. Die druckabhängigen Größen beziehen sich auf einen Absolutdruck von 1013,25 mbar.

Löslichkeit in Wasser: 0,03 m³/m³ bis 0,08 m³/m³

Mindestzündenergie bei 20 °C 0,25 mJ

ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität**10.4. Zu vermeidende Bedingungen**

Zündfähige Gemische in Verbindung mit Zündquellen
Reaktion mit Brand fördernden Stoffen

10.5. Unverträgliche Materialien

Gemisch mit Luft/ Sauerstoff

10.6. Gefährliche Zersetzungsprodukte

keine bei üblichem Umgang
IM BRANFALLE
Bildung von Schwefeldioxid - SO₂
Durch unvollständige Verbrennung kann Kohlenstoffmonoxid entstehen (Vergiftungsgefahr)

Weitere Angaben

Hydrosulfid ist ein starkes Reduktionsmittel. In wässriger Lösung schwache Säure, bildet mit Metallen Sulfide und Hydrosulfide. Viele Metalle werden von H₂S bei Anwesenheit von Feuchtigkeit angegriffen. ==> Wasserstofffreisetzung

ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben**11.1. Angaben zu toxikologischen Wirkungen****Toxikokinetik, Stoffwechsel und Verteilung**

Gemäß der EG-Richtlinie zur Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe sind die betrachteten, im Erdgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe gemäß den Angaben in „2. Zusammen-setzung/Angaben zu Bestandteilen“:

Nicht giftig
Nicht reizend
Nicht sensibilisierend
Nicht karzinogen
Nicht reproduktionstoxisch
Nicht mutagen (nicht erbgutschädigend)
Nicht teratogen (nicht fruchtschädigend)

Akute Toxizität

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 8 von 11

Gefahrbestimmender Bestandteil:: Schwefelwasserstoff (H₂S)

- Wesentlicher Einwirkungsweg: Einatmen (Atemgift).
- Die Einwirkung von Gas auf feuchte oder nasse Haut führt zu Reizungen;
- Resorption über die Haut im Allgemeinen vernachlässigbar gering (nur bei Kontakt mit Flüssigkeit relevant).

CAS-Nr.	Bezeichnung				
	Expositionswege	Methode	Dosis	Spezies	Quelle
71-36-3	Butan-1-ol; n-Butanol				
	oral	ATE	500 mg/kg		
7783-06-4	Hydrogensulfid; Schwefelwasserstoff				
	inhalativ Gas	ATE	100 ppm		

Reiz- und Ätzwirkung

geromg

Sensibilisierende Wirkungen

nicht bekannt

Schwerwiegende Wirkungen nach wiederholter oder längerer Exposition

Gefahr der Hautresorption.

ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben**12.1. Toxizität**

Enthält eventuell Schwefelwasserstoff in für Pflanzen schädigend wirkender Konzentration (reversible Pflanzenschädigung)

12.2. Persistenz und Abbaubarkeit

Abbau von C1-C5-Kohlenwasserstoffe vorrangig durch Photolyse

Stabilität im Wasser

Die betrachteten Kohlenwasserstoffe hydrolysieren nicht im Wasser.

Verteilung zwischen den Umweltkompartimenten

Die Berechnung nach Mackay, Level I, zur Verteilung auf die Umweltkompartimente Luft, Biota,

Sedimente, Boden und Wasser zeigt, dass die Kohlenwasserstoffe Methan, Ethan, Propan, Butan zu 100 % auf den Sektor Luft entfallen.

12.3. Bioakkumulationspotenzial

Keine Anreicherung in Boden, Wasser

12.6. Andere schädliche Wirkungen

Treibhauspotential GWP *) für Methan: 23 **)

*) Massenbezogenes Treibhauspotential (Global Warming Potential) von Methan bei einem Betrachtungsreitraum von 100 Jahren. Der GWP-Wert von 23 bedeutet, dass ein kg CH₄ 23 mal so klimawirksam ist wie ein kg CO₂.

**) IPCC 2001

Weitere Hinweise

BSB-Wert, CSB-Wert

Nicht anwendbar.

ABSCHNITT 13: Hinweise zur Entsorgung**13.1. Verfahren der Abfallbehandlung****Empfehlung**

Kleine Mengen im Freien ablassen, größere kontrolliert abfackeln.

Kleine Mengen an Erdgas-Luft-Gemischen können gefahrlos ins Freie abgegeben werden

(Ex-Schutzzone gemäß Anhang 3 zur BetrSichV festlegen).*)

Es wird darauf hingewiesen, dass die Beispielsammlung zur BGR 104 für den Fall der bewussten

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 9 von 11

Gasfreisetzung nicht immer anwendbar ist. Die bewusste Freisetzung einer Gefahr drohenden Menge (i.S.d. BGR 104) an Erdgas ist in geschlossenen Räumen nicht zulässig. Große Mengen an Erdgas-Luft-Gemisch können erforderlichenfalls kontrolliert verbrannt werden.

*) An der Austrittsöffnung ist eine Explosionsschutzzone auszuweisen, deren Größe im Zweifel aufgrund einer Rechnung oder Messung der Gaskonzentration festzulegen ist. Siehe DVGW-Hinweis G 442.

ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport**Landtransport (ADR/RID)**

14.1. UN-Nummer:	UN 1953
14.2. Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung:	VERDICHTETES GAS, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G.
14.3. Transportgefahrenklassen:	2
14.4. Verpackungsgruppe:	-
Gefahrzettel:	2.3+2.1
	
Klassifizierungscode:	1TF
Sondervorschriften:	274
Begrenzte Menge (LQ):	0
Beförderungskategorie:	1
Gefahrnummer:	263
Tunnelbeschränkungscode:	B/D

Sonstige einschlägige Angaben zum Landtransport

Freigestellte Menge: E0
 RID: wie GGVSEB - Nr. 2.1 entzündbare Gase
 UN 1971 Erdgas, verdichtet, mit hohem Methangehalt - bei H₂S-Gehalten > 0,1%
 UN 1953 VERDICHTETES GAS, GIFTIG, ENTZÜNDBAR, N.A.G. (enthält Schwefelwasserstoff), 2.3(2.1), 1TF, B/D

Seeschifftransport (IMDG)

14.1. UN-Nummer:	-
14.3. Transportgefahrenklassen:	-

Lufttransport (ICAO)

14.1. UN-Nummer:	-
14.3. Transportgefahrenklassen:	-

Sonstige einschlägige Angaben zum Lufttransport

-

14.5. Umweltgefahren

UMWELTGEFÄHRDEND: nein

Sonstige einschlägige Angaben

Transport erfolgt ausschließlich in Rohrleitungen

ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften**15.1. Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch****Nationale Vorschriften**

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 10 von 11

Wassergefährdungsklasse: 1 - schwach wassergefährdend
 Status: Vorsorgliche Einstufung

Zusätzliche Hinweise

VbF-Klasse: n.a

Nationale Vorschriften

Gesetze und Verordnungen:

Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

§ 22 Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbschG)

Gefahrgutrecht GGVSEB/ADR/RID

Niederdruckanschlussverordnung (NDAV)

Technische Regeln:

Technische Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung (TRBS2152)

Berufsgenossenschaftliche Richtlinie 104 (BGR 104) „Explosionsschutz-Regel“

Berufsgenossenschaftliche Richtlinie 500 (BGR 500) „Betreiben von Arbeitsmitteln“, hier insbesondere Teil 2, Kap. 2.31 und Kap. 2.39

15.2. Stoffsicherheitsbeurteilung

Für diesen Stoff ist keine Stoffsicherheitsbeurteilung erforderlich.

ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben**Wortlaut der R-Sätze (Nummer und Volltext)**

- | | |
|-------------|--|
| 10 | Entzündlich. |
| 11 | Leichtentzündlich. |
| 12 | Hochentzündlich. |
| 22 | Gesundheitsschädlich beim Verschlucken. |
| 26 | Sehr giftig beim Einatmen. |
| 36/38 | Reizt die Augen und die Haut. |
| 37/38 | Reizt die Atmungsorgane und die Haut. |
| 41 | Gefahr ernster Augenschäden. |
| 45 | Kann Krebs erzeugen. |
| 46 | Kann vererbare Schäden verursachen. |
| 48/23/24/25 | Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken. |
| 50 | Sehr giftig für Wasserorganismen. |
| 51 | Giftig für Wasserorganismen. |
| 53 | Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben. |
| 65 | Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen. |
| 66 | Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen. |
| 67 | Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. |

Wortlaut der H- und EUH-Sätze (Nummer und Volltext)

- | | |
|------|--|
| H220 | Extrem entzündbares Gas. |
| H225 | Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. |
| H226 | Flüssigkeit und Dampf entzündbar. |
| H302 | Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. |
| H304 | Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein. |
| H315 | Verursacht Hautreizungen. |
| H318 | Verursacht schwere Augenschäden. |
| H319 | Verursacht schwere Augenreizung. |
| H330 | Lebensgefahr bei Einatmen. |
| H335 | Kann die Atemwege reizen. |
| H336 | Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. |
| H340 | Kann genetische Defekte verursachen. |
| H350 | Kann Krebs erzeugen. |

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDOELGAS WESTEMSLAND

Druckdatum: 12.12.2014

Materialnummer: RLMR_Erdgas

Seite 11 von 11

H372	Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition.
H400	Sehr giftig für Wasserorganismen.
H411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
EUH066	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Weitere Angaben

Diese Angaben beschreiben ausschließlich die Sicherheitserfordernisse des Produktes und stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse. Sie stellen keine Zusicherung von Eigenschaften des beschriebenen Produktes im Sinne der gesetzlichen Gewährleistungsvorschriften dar.

BEI SCHWEFELWASSERSTOFFGEHALTEN / SCHWEFELGAHALTEN > 1 Massen-% IST DAS GASGEMISCH ALS DEUTLICH WASSERGEFÄHRDEND - WGK 2 EINZUSTUFEN

(Die Daten der gefährlichen Inhaltstoffe wurden jeweils dem letztgültigen Sicherheitsdatenblatt des Vorlieferanten entnommen.)

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffs bzw. des Gemischs und des Unternehmens

1.1. Produktidentifikator

Handelsname Erdölbegleitgas (1)

1.2. Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird

Empfohlene(r) Verwendungszweck(e)

Rohstoff
Energieträger

1.3. Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt

Hersteller / Lieferant GDF SUEZ E&P DEUTSCHLAND GMBH
Waldstr. 39, D-49808 Lingen
Telefon +49 (0)591/612-0, Telefax +49 (0)591/6127-0
E-Mail mail@gdfsuezep.de
Internet www.gdfsuezep.de

Auskunftgebender Bereich Abteilung TSU
Telefon +49 (0)591/612-0
E-Mail (sachkundige Person):
msds@gdfsuezep.de

1.4. Notrufnummer

Notfallauskunft Giftnotruf Berlin
Telefon +49 (0)30-19240

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren

2.1. Einstufung des Stoffs oder Gemischs

Einstufung gemäß 67/548/EWG oder 1999/45/EG

F+; R12
Carc. Cat. 1; R45
Muta. Cat. 2; R46

R-Sätze

45 Kann Krebs erzeugen.
46 Kann vererbare Schäden verursachen.
12 Hochentzündlich.

Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [CLP/GHS]

Gefahrenklassen und Gefahrenkategorien	Gefahrenhinweise	Einstufungsverfahren
--	------------------	----------------------

Flam. Gas 1	H220	
Compr. Gas	H280	
Muta. 1B	H340	
Carc. 1A	H350	

Gefahrenhinweise für physikalische Gefahren

H220 Extrem entzündbares Gas.
H280 Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Gefahrenhinweise für Gesundheitsgefahren

H340 Kann genetische Defekte verursachen.
H350 Kann Krebs erzeugen.

2.2. Kennzeichnungselemente

Kennzeichnung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [CLP/GHS]



GHS02



GHS04



GHS08

Signalwort

Gefahr

Gefahrenhinweise für physikalische Gefahren

H220 Extrem entzündbares Gas.
H280 Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Gefahrenhinweise für Gesundheitsgefahren

H340 Kann genetische Defekte verursachen.
H350 Kann Krebs erzeugen.

Sicherheitshinweise

Prävention

P202 Vor Gebrauch alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
P210 Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
P243 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
P281 Vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung verwenden.

Reaktion

P308 + P313 Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P377 Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.
P381 Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.

Lagerung

P403 An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
P410 + P403 Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Gefahrbestimmende Komponenten zur Etikettierung

Benzol

Ergänzende Gefahrenmerkmale (EU)

Physikalische Eigenschaften

Kann bei Verwendung explosionsfähige/entzündbare Dampf/Luft-Gemische bilden.

2.3. Sonstige Gefahren

Mögliche schädliche physikalisch-chemische Wirkungen

Bei unzureichender Belüftung und/oder durch Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Gemische möglich.

Mögliche schädliche Wirkungen auf die Umwelt

Die Stoffe im Gemisch erfüllen nicht die PBT/vPvB Kriterien gemäß REACH, Anhang XIII.

Andere schädliche Wirkungen

Tiefkalt verflüssigtes Gas. Kontakt mit dem Produkt kann Kaltverbrennungen bzw. Erfrierungen verursachen.

Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt

Hohe Dampfkonzentrationen können Kopfschmerzen, Schwindel, Schläfrigkeit und Übelkeit hervorrufen und sogar zu Bewußtlosigkeit führen.

ABSCHNITT 3: Zusammensetzung/ Angaben zu Bestandteilen

3.1. Stoffe

nicht anwendbar

3.2. Gemische

Beschreibung

Komplexe Kombination von Kohlenwasserstoffen und inerten Gasen.

Erdölbegleitgas (1)
Gefährliche Inhaltsstoffe

CAS-Nr.	EG-Nr.	Bezeichnung	[Vol-%]	Einstufung gemäß 67/548/EWG
71-43-2	200-753-7	Benzol	< 0,2	F R11; Carc.Cat.1 R45; Muta.Cat.2 R46; T R48/23/24/25; Xn R65; Xi R36/38
74-82-8	200-812-7	Methan	30 - 70	F+ R12
74-84-0	200-814-8	Ethan	< 15	F+ R12
74-98-6	200-827-9	Propan	< 15	F+ R12
106-97-8	203-448-7	Butan	< 15	F+ R12
110-54-3	203-777-6	n-Hexan	< 5	F R11; Repr.Cat.3 R62; Xn R65-48/20; Xi R38; R67; N R51-53
142-82-5	205-563-8	n-Heptan	< 1	F R11; Xn R65; Xi R38; R67; N R50-53
7783-06-4	231-977-3	Schwefelwasserstoff	< 0,02	F+ R12; T+ R26; N R50
124-38-9	204-696-9	Kohlendioxid	< 5	
78-78-4	201-142-8	Isopentan	< 10	F+ R12; Xn R65; R66; R67; N R51-53

CAS-Nr.	EG-Nr.	Bezeichnung	[Vol-%]	Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [CLP/GHS]
71-43-2	200-753-7	Benzol	< 0,2	Flam. Liq. 2, H225 / Carc. 1A, H350 / Muta. 1B, H340 / STOT RE 1, H372 / Asp. Tox. 1, H304 / Eye Irrit. 2, H319 / Skin Irrit. 2, H315
74-82-8	200-812-7	Methan	30 - 70	Flam. Gas 1, H220 / Press. Gas
74-84-0	200-814-8	Ethan	< 15	Flam. Gas 1, H220 / Press. Gas
74-98-6	200-827-9	Propan	< 15	Flam. Gas 1, H220 / Press. Gas
106-97-8	203-448-7	Butan	< 15	Flam. Gas 1, H220 / Press. Gas
110-54-3	203-777-6	n-Hexan	< 5	Flam. Liq. 2, H225 / Repr. 2, H361f / Asp. Tox. 1, H304 / STOT RE 2, H373 / Skin Irrit. 2, H315 / STOT SE 3, H336 / Aquatic Chronic 2, H411
142-82-5	205-563-8	n-Heptan	< 1	Flam. Liq. 2, H225 / Asp. Tox. 1, H304 / Skin Irrit. 2, H315 / STOT SE 3, H336 / Aquatic Acute 1, H400 / Aquatic Chronic 1, H410
7783-06-4	231-977-3	Schwefelwasserstoff	< 0,02	Flam. Gas 1, H220 / Press. Gas / Acute Tox. 2, H330 / Aquatic Acute 1, H400
124-38-9	204-696-9	Kohlendioxid	< 5	
78-78-4	201-142-8	Isopentan	< 10	Flam. Liq. 1, H224 / Asp. Tox. 1, H304 / STOT SE 3, H336 / Aquatic Chronic 2, H411

ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen
4.1. Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen
Allgemeine Hinweise

Selbstschutz des Ersthelfers.

Nach Einatmen

Den Betroffenen an die frische Luft bringen und ruhig lagern.

Für Frischluft sorgen.

Sofort ärztlichen Rat einholen.

Nach Hautkontakt

Bei Erfrierungen mit viel Wasser spülen. Kleidung nicht entfernen.

Keine besonderen Massnahmen erforderlich.

Nach Augenkontakt

Nicht reizend, keine Behandlung erforderlich.

Nach Verschlucken

nicht anwendbar

4.2. Wichtigste akute oder verzögert auftretende Symptome und Wirkungen**Hinweise für den Arzt / Mögliche Symptome**

Hohe Dampfkonzentrationen können Kopfschmerzen, Schwindel, Schläfrigkeit und Übelkeit hervorrufen und sogar zu Bewußtlosigkeit führen.

4.3. Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung**Hinweise für den Arzt / Behandlungshinweise**

Symptomatisch behandeln.

ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung**5.1. Löschmittel****Geeignete Löschmittel**

Trockenlöschmittel

Ungeeignete Löschmittel

Wasser

Schaum

5.2. Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren

Brandgase von organischen Materialien sind grundsätzlich als Atmungsgifte einzustufen.

Bei Brand kann freigesetzt werden:

Stickoxide (NOx)

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlendioxid (CO₂)

Schwefeloxide

Unter bestimmten Brandbedingungen sind Spuren anderer giftiger Stoffe nicht auszuschliessen.

5.3. Hinweise für die Brandbekämpfung**Besondere Schutzausrüstung bei der Brandbekämpfung**

Unabhängiges Atemschutzgerät (Isoliergerät) verwenden.

Vollschutzanzug tragen.

ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung**6.1. Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren**

Für ausreichende Lüftung sorgen.

Personen fernhalten und auf windzugewandter Seite bleiben.

Persönliche Schutzkleidung verwenden.

Zündquellen fernhalten.

Bei Einwirkung von Dämpfen/Staub/Aerosol Atemschutz verwenden.

6.2. Umweltschutzmaßnahmen

Nicht in die Kanalisation/Oberflächenwasser/Grundwasser gelangen lassen.

Nicht in die Kanalisation gelangen lassen; Explosionsgefahr

Wenn möglich Gasaustritt stoppen.

6.3. Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung

Verdampfen lassen.

6.4. Verweis auf andere Abschnitte

Sichere Handhabung: siehe Abschnitt 7

Entsorgung: siehe Abschnitt 13

Persönliche Schutzausrüstung: siehe Abschnitt 8

ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung**7.1. Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung****Hinweise zum sicheren Umgang**

Für gute Belüftung/Absaugung am Arbeitsplatz sorgen.

Nur in gut belüfteten Bereichen verwenden.

Nicht gegen Flammen oder auf glühende Gegenstände sprühen.

Allgemeine Schutzmaßnahmen

Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.

Gase/Dämpfe/Aerosole nicht einatmen.

Die üblichen Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Chemikalien sind zu beachten.

Hygienemaßnahmen

Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen, schnupfen.
Getränkte Schutzkleidung sofort ausziehen.
In gut belüfteten Räumen arbeiten.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz

Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.
Dämpfe können mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.
Bei der Verarbeitung werden leicht flüchtige, entzündliche Bestandteile freigesetzt werden.
Wegen Explosionsgefahr Eindringen der Dämpfe in Keller, Kanalisation und Gruben verhindern.
Massnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen.

7.2. Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten

Anforderung an Lagerräume und Behälter

Behälter dicht geschlossen halten.
Nur Behälter verwenden, die speziell für den Stoff/das Produkt zugelassen sind.

Zusammenlagerungshinweise

Nicht zusammen mit brandfördernden oder selbstentzündlichen Stoffen lagern.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen

Vor direkter Sonneneinstrahlung schützen.
Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.
Vor Erwärmung/Überhitzung schützen.

Lagerklasse 2A

7.3. Spezifische Endanwendungen

Es liegen keine Informationen vor.

ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen

8.1. Zu überwachende Parameter

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten

CAS-Nr.	Bezeichnung	Art	[mg/m3]	[ppm]	Spitzenb.	Bemerkung
106-97-8	Butan	8 Stunden	2400	1000	4(II)	DFG
110-54-3	n-Hexan	8 Stunden	180	50	8(II)	DFG, EU, Y
124-38-9	Kohlenstoffdioxid	8 Stunden	9100	5000	2(II)	DFG, EU
78-78-4	Methylbutan	8 Stunden	3000	1000	2(II)	DFG, EU
74-98-6	Propan	8 Stunden	1800	1000	4(II)	DFG

Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte (91/322/EWG, 2000/39/EG, 2006/15/EG oder 2009/161/EU)

CAS-Nr.	Bezeichnung	Art	[mg/m3]	[ppm]	Bemerkung
110-54-3	n-Hexane	8 Stunden	72	20	
124-38-9	Kohlendioxid	8 Stunden	9000	5000	
142-82-5	n-Heptan	8 Stunden	2085	500	
7783-06-4	Schwefelwasserstoff	8 Stunden	7	5	
		Kurzzeit	14	10	
78-78-4	Isopentan	8 Stunden	3000	1000	

Biologische Grenzwerte (TRGS 903)

CAS-Nr.	Bezeichnung	Parameter	BGW	Untersuchungs-material	Proben-nahme-zeitpunkt
110-54-3	n-Hexan	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon	5 mg/l	U	b

8.2. Begrenzung und Überwachung der Exposition

Atemschutz

Umluftunabhängiges Atemschutzgerät.
Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen.

Handschutz

Kälteschutzhandschuhe

Die einzusetzenden Schutzhandschuhe müssen den Spezifikationen der EG-Richtlinie 89/686/EWG und der sich daraus ergebenden Norm EN374 genügen.

Die Auswahl eines geeigneten Handschuhs ist nicht nur vom Material, sondern auch von weiteren Qualitätsmerkmalen abhängig und von Hersteller zu Hersteller verschieden.

Augenschutz

Schutzbrille, bei erhöhter Gefährdung zusätzlich Gesichtsschutzschild

Körperschutz

Arbeitsschutzkleidung

ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1. Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften

Form gasförmig	Farbe farblos	Geruch wahrnehmbar
Geruchsschwelle Es liegen keine Informationen vor.		

Wichtige Angaben zum Gesundheits- und Umweltschutz sowie zur Sicherheit

	Wert	Temperatur	bei	Methode	Bemerkung
pH-Wert im Lieferzustand	nicht anwendbar				
Siedepunkt	-195 - -155 °C				
Schmelzpunkt	nicht anwendbar				
Flammpunkt	-104 - -60 °C				
Entzündlichkeit Fest	nicht anwendbar				
Entzündlichkeit Gas	Keine Daten verfügbar				
Zündtemperatur	575 - 640 °C			DIN 51794	in Mischung mit Luft
Selbstentzündung	Keine Daten verfügbar				
Untere Explosionsgrenze	4 Vol-%				
Obere Explosionsgrenze	17 Vol-%				
Dampfdruck	Keine Daten verfügbar				
Relative Dichte	0,7 - 1 g/cm3	0 °C			
Dampfdichte	Keine Daten verfügbar				
Löslichkeit in Wasser					schwer löslich
Verteilungskoeffizient (log POW)	nicht anwendbar				

	Wert	Temperatur	bei	Methode	Bemerkung
Viskosität	nicht anwendbar				

Verdampfungsgeschwindigkeit

Keine Daten verfügbar

Oxidierende Eigenschaften.

keine

Explosive Eigenschaften

nicht gegeben; jedoch ist die Bildung explosionsgefährlicher Dampf-/Luftgemische möglich

9.2. Sonstige Angaben

Es liegen keine Informationen vor.

ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität

10.1. Reaktivität

Es liegen keine Informationen vor.

10.2. Chemische Stabilität

Es liegen keine Informationen vor.

10.3. Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

Es liegen keine Informationen vor.

10.4. Zu vermeidende Bedingungen

Entwicklung von explosionsfähigen Gasen/Dämpfen.

Zündquellen

Starke Erhitzung.

Hitze fernhalten.

10.5. Unverträgliche Materialien

Zu vermeidende Stoffe

Brandfördernde Stoffe

10.6. Gefährliche Zersetzungsprodukte

Kohlenmonoxid

Kohlendioxid

Stickoxide (NOx)

Schwefeloxide (SOx)

toxische Pyrolyseprodukte

Thermische Zersetzung

Bemerkung Es liegen keine Informationen vor.

ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben

11.1. Angaben zu toxikologischen Wirkungen

Akute Toxizität/Reizwirkung / Sensibilisierung

	Wert/Bewertung	Spezies	Methode	Bemerkung
LD50 Akut Oral	Keine Daten verfügbar			
LD50 Akut Dermal	Keine Daten verfügbar			
LC50 Akut Inhalativ	> 20 mg/l ()			Literaturwert
Reizwirkung Haut	nicht reizend			

	Wert/Bewertung	Spezies	Methode	Bemerkung
Reizwirkung Auge	nicht reizend			
Sensibilisierung Haut	nicht sensibilisierend			
Sensibilisierung Atemwege	nicht sensibilisierend			

Subakute Toxizität - Cancerogenität

	Wert	Spezies	Methode	Bewertung
Mutagenität	Keine Daten verfügbar			
Reproduktions-Toxizität	Keine Daten verfügbar			
Cancerogenität	Keine Daten verfügbar			

Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition)

keine

Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition)

keine

Aspirationsgefahr

nicht anwendbar

Erfahrungen aus der Praxis

Einatmen verursacht Störung von Koordinationssinn und Reaktionszeit.

Allgemeine Bemerkungen

Das Produkt ist mit der bei Chemikalien üblichen Vorsicht zu handhaben.

ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben

12.1. Toxizität

Ökotoxische Wirkungen

	Wert	Spezies	Methode	Bewertung
Fisch	Keine Daten verfügbar			
Daphnie	Keine Daten verfügbar			
Alge	Keine Daten verfügbar			

12.2. Persistenz und Abbaubarkeit

Physiko-chemische Abbaubarkeit nicht anwendbar

Biologische Abbaubarkeit

leicht abbaubar

12.3. Bioakkumulationspotenzial

Auf Grund der Konsistenz des Produktes ist keine disperse Verteilung in der Umwelt möglich. Negative ökologische Wirkungen sind daher, nach heutigem Kenntnisstand nicht zu erwarten.

12.4. Mobilität im Boden

nicht anwendbar

12.5. Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung

Die Stoffe im Gemisch erfüllen nicht die PBT/vPvB Kriterien gemäß REACH, Anhang XIII.

12.6. Andere schädliche Wirkungen

keine

ABSCHNITT 13: Hinweise zur Entsorgung

13.1. Verfahren der Abfallbehandlung

Empfehlung für das Produkt

Es liegen keine einheitlichen Bestimmungen zur Entsorgung von Chemikalien bzw. Reststoffen in den Mitgliedstaaten der EU vor. In Deutschland ist durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) das Verwertungsgebot festgeschrieben.

Allgemeine Hinweise

Die Zuordnung der Abfallschlüssel-Nr. ist entsprechend der EAK-Verordnung branchen- und prozessspezifisch durchzuführen. Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport

Landtransport ADR/RID (GGVSEB)

UN 1971 ERDGAS, VERDICHTET, 2.1, (B/D), Klassifizierungscode: 1F

Seeschifftransport IMDG (GGVSee)

UN 1971 NATURAL GAS, COMPRESSED, 2.1

Lufttransport ICAO/IATA-DGR

UN 1971 Natural gas, compressed, 2.1

Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender

Es liegen keine Informationen vor.

Massengutbeförderung gemäß Anhang II des MARPOL-Übereinkommens 73/78 und gemäß IBC-Code

Es liegen keine Informationen vor.

ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften

15.1. Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch

Nationale Vorschriften

Hinweise zur Beschäftigungsbeschränkung

Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche beachten.

Beschäftigungsbeschränkungen für werdende und stillende Mütter beachten.

Beschäftigungsbeschränkungen für Frauen im gebärfähigen Alter beachten.

Wassergefährdungsklasse

nwg - nicht wassergefährdend

15.2. Stoffsicherheitsbeurteilung

nicht anwendbar

ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben

Empfohlene Verwendung und Beschränkungen

Bestehende nationale und lokale Gesetze bezüglich Chemikalien sind zu beachten.

Weitere Informationen

Die vorstehenden Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar. Bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unseres Produktes in eigener Verantwortung zu beachten.

Quellen der wichtigsten Daten

Prüfberichte

GESTIS-Stoffdatenbank (<http://www.hvbg.de/d/bia/fac/zesp/zesp.htm>)

ECHA Chem Registered Substances IUCLID View document(<http://apps.echa.europa.eu/registered/data>)

CONCAWE

Wortlaut der in Kapitel 3 angegebenen R/H-Sätze (Nicht Einstufung des Gemisches!)

R 11 Leichtentzündlich.

R 12 Hochentzündlich.

R 26 Sehr giftig beim Einatmen.

R 36/38 Reizt die Augen und die Haut.

Erdölbegleitgas (1)

R 38	Reizt die Haut.
R 45	Kann Krebs erzeugen.
R 46	Kann vererbare Schäden verursachen.
R 48/20	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.
R 48/23/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.
R 50	Sehr giftig für Wasserorganismen.
R 50/53	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R 51/53	Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
R 62	Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.
R 65	Gesundheitsschädlich: kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen.
R 66	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.
R 67	Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
H220	Extrem entzündbares Gas.
H224	Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar.
H225	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
H304	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
H315	Verursacht Hautreizungen.
H319	Verursacht schwere Augenreizung.
H330	Lebensgefahr bei Einatmen.
H336	Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
H340	Kann genetische Defekte verursachen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
H350	Kann Krebs erzeugen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
H361f	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen (sofern bekannt, konkrete Wirkung angeben) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefährdung bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
H372	Schädigt die Organe (alle betroffenen Organe nennen) bei längerer oder wiederholter Exposition (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
H373	Kann die Organe schädigen (alle betroffenen Organe nennen) bei längerer oder wiederholter Exposition (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
H400	Sehr giftig für Wasserorganismen.
H410	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.
H411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.



**Sicherheitsdatenblatt
gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), § 5 GefStoffV**

Erdgas, getrocknet

Überarbeitet am: 01.11.2015
Version: 9.0
Ersetzt Version vom: 01.12.2014

1. Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemisches und des Unternehmens

1.1 Produktidentifikator

Handelsname: Erdgas, getrocknet
Erdgas nach DVGW-Arbeitsblatt G 260,
2. Gasfamilie
CAS-Nr.: 68410-63-9
EINECS-Nr.: 270-085-9

Ausgenommen von Verpflichtungen zur Registrierung, gemäß Anhang V der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH).

1.2 Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffes oder Gemisches und Verwendungen, von denen abgeraten wird

Identifizierte Verwendungen

Energieträger, Rohstoff, Kraftstoff

Verwendungen, von denen abgeraten wird

Nicht anwendbar.

1.3 Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt

Hersteller/ Lieferant: Westnetz GmbH
(Anschrift des GVU): Florianstr. 15-21
D - 44139 Dortmund
Telefon: +49 (0) 231 438 4251
Telefax: +49 (0) 231 438 38 4251
E-Mail: sicherheitsdatenblatt@westnetz.de
Kontaktstelle für technische Information: Speziaalservice Gas
Telefon: +49 (0) 231 438 4251
Telefax: +49 (0) 231 438 38 4251

1.4 Notrufnummer +49 (0) 8000 793 427

2. Mögliche Gefahren

2.1 Einstufung des Stoffs oder Gemischs Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (GHS/CLP)

Gefahrenklasse / Gefahrenkategorie	Gefahrenhinweise
Extrem entzündbares Gas /Kategorie 1	H220
Enthält Gas unter Druck; kann beim Erwärmen explodieren.	H280

2.2 Kennzeichnungselemente Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (GHS/CLP)

Piktogramm:	
Signalwort:	Gefahr
Gefahrenhinweise:	H220: Extrem entzündbares Gas. H280: Enthält Gas unter Druck; kann beim Erwärmen explodieren.
Sicherheitshinweise:	
Prävention:	P102: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. P210: Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen. P243: Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen. P377: Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann. P381: Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.
Reaktion:	P410+P403: Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

2.3 Sonstige Gefahren

Erfüllt nicht die Kriterien für PBT beziehungsweise für vPvB gemäß Anhang XIII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH).

Erdgas ist entzündbar.

Unter Druck stehendes Gas kann beim Erwärmen explodieren.

Bildet mit Luft zündfähige Gemische; Explosionsgefahr innerhalb der Explosionsgrenzen

Sehr schwach betäubendes Gas

Bei hohen Konzentrationen besteht Erstickungsgefahr durch Sauerstoffverdrängung.

Gefahren durch Drücke bei beabsichtigter oder unbeabsichtigter Freisetzung:

Lärm, Druckwelle, Erfrierungen durch Vereisung.

Geruchlos im nicht odorierten Zustand.

Entzündetes Gas kann zu Verbrennungen führen. Durch Anreicherung von Gasbegleitstoffen können Gesundheitsgefahren nicht ausgeschlossen werden.

Klimawirksam.

Hinweis

Arbeiten an Gasanlagen/-leitungen dürfen nur durch Fachpersonal ausgeführt werden, dem die damit verbundenen Gefahren bekannt sind und das mit den erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen vertraut ist.

3. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

Chemische Charakterisierung

Gemisch von Kohlenwasserstoffen und inerten Gasen, deren Anteile innerhalb der nachfolgenden, gerundeten Grenzen schwanken können.

Die Angaben in Vol.-% weichen nur geringfügig von den Angaben in Mol-% ab (Mol-% ist der Stoffmengenanteil in %).

3.1 Gemische

Gefährliche Inhaltsstoffe gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (GHS/CLP)

CAS-Nr. / EINECS-Nr. / INDEX-Nummer	Chemische Bezeichnung	Vol. - %	Gefahrenklasse / Gefahrenkategorie / Gefahrenhinweise
74-82-8 / 200-812-7 / 601-001-00-4	Methan	80 bis 99	Entzündbare Gase / Kategorie 1 / H220 Unter Druck stehende Gase / verdichtete Gase - H280
74-84-0 / 200-814-8 / 601-002-00-X	Ethan	< 12	Entzündbare Gase / Kategorie 1 / H220 Unter Druck stehende Gase / verflüssigte Gase / H280
74-98-6 / 200-827-9 / 601-003-00-5	Propan	< 6	Entzündbare Gase / Kategorie 1 / H220 Unter Druck stehende Gase / verflüssigte Gase / H280
106-97-8 / 203-448-7 / 601-004-00-0	n-Butan	Σ < 2	Entzündbare Gase / Kategorie 1 / H220 Unter Druck stehende Gase / verflüssigte Gase / H280
75-28-5 / 200-857-2 / 600-004-00-0	Isobutan		Entzündbare Gase / Kategorie 1 / H220 Unter Druck stehende Gase / verflüssigte Gase / H280
7727-37-9 / 231-783-9	Stickstoff ¹⁾	< 15	Unter Druck stehende Gase / verdichtete Gase - Achtung / H280
124-38-9 / 204-696-9	Kohlenstoffdioxid ²⁾	< 6	Unter Druck stehende Gase / verdichtete Gase - Achtung / H280
1333-74-0 / 215-605-7 / 001-001-00-9	Wasserstoff	≤ 2	Entzündbare Gase / Kategorie 1 / H220 Unter Druck stehende Gase / verflüssigte Gase / H280

¹⁾ Angabe zur Vollständigkeit

²⁾ Angabe aufgrund eines bestehenden EU-Arbeitsplatzgrenzwertes

4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1.1 Erdgas, getrocknet, drucklos

Nach Einatmen

Rasche Entfernung aus dem Gefahrenbereich
Ggf. Rettungsdienst alarmieren
Ggf. Erste-Hilfe-Maßnahmen einschließlich Wiederbelebensmaßnahmen einleiten.
Wegen Explosionsgefahr Sauerstoff nur außerhalb des Gefahrenbereiches verwenden.

Nach Hautkontakt/Nach Verbrennungen/Erfrierungen

Nicht zutreffend

Nach Augenkontakt

Nicht reizend, keine Behandlung erforderlich

Nach Verschlucken

Nicht zutreffend

4.1.2 Erdgas, getrocknet, unter Hochdruck

Nach Einatmen

Rasche Entfernung aus dem Gefahrenbereich
Ggf. Rettungsdienst alarmieren
Ggf. Erste-Hilfe-Maßnahmen einschließlich Wiederbelebensmaßnahmen einleiten.
Wegen Explosionsgefahr Sauerstoff nur außerhalb des Gefahrenbereiches verwenden.

Nach Hautkontakt/Nach Verbrennungen/Erfrierungen

Trocken und druckfrei mit einem sterilen Verband abdecken und ggf. Arzt verständigen.

Nach Augenkontakt

Ggf. Rettungsdienst alarmieren
Ggf. bei geöffneter Lidspalte 10 bis 15 Minuten mit fließendem Wasser spülen.
Ggf. Erste-Hilfe-Maßnahmen einleiten.
Ggf. trocken und druckfrei mit einem sterilen Verband abdecken und ggf. Augenarzt aufsuchen.

Nach Verschlucken

Nicht zutreffend

5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel

Geeignete Löschmittel

Gut geeignet: Trockenlöschmittel

Weniger/bedingt geeignet: Kohlenstoffdioxid, Wasser mit geeigneter Löschtechnik. Mobile Kohlenstoffdioxid- und Wasserlöscher sind in der Regel nicht zum Löschen von Gasbränden geeignet.

Ungeeignete Löschmittel

Schaum, Wasservollstrahl

5.2 Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren

In geschlossenen Räumen Flammen nicht löschen, bevor der Gasaustritt gestoppt ist, da sonst die Gefahr der Entstehung eines zündfähigen Gemisches besteht.

Durch unvollständige Verbrennung kann Kohlenstoffmonoxid entstehen (Vergiftungsgefahr).

5.3 Hinweise für die Brandbekämpfung

Gasaustritt/Gaszufuhr stoppen

Besondere Schutzausrüstung für die Brandbekämpfung

Ggf. umluftunabhängiges Atemschutzgerät, flammenhemmende Schutzkleidung, Hitzeschutzkleidung

Zusätzliche Hinweise

Auf Selbstschutz achten.

Unbeteiligte fernhalten.

Gefahrenbereich absperren, Sicherheitszone bilden.

Zündquellen beseitigen.

Umgebung mit Wasser kühlen.

Gefährdete Behälter durch Berieselung und ggf. mit Wassersprühstrahl kühlen.

Rückzündungen ausschließen.

6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren

Gefahrenbereich evakuieren und weiträumig absperren, Unbefugte fernhalten.

Bei Gasaustritt im Freien auf Wind zugewandter Seite bleiben.

Für ausreichende Lüftung sorgen.

Vor dem Betreten des Gefahrenbereichs durch Fachpersonal ist durch Messung der Gaskonzentration mit geeignetem Messgerät die Ungefährlichkeit der Atmosphäre nachzuweisen.

Persönliche Schutzausrüstung einsetzen.

Auf Selbstschutz achten.

Zündquellen vermeiden.

6.2 Umweltschutzmaßnahmen

Gasaustritt stoppen.

6.3 Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung

Sicherheitszone bilden.

Räume ausreichend lüften.

Die Ungefährlichkeit des Gefahrenbereichs vor dem Wiederbetreten mit geeignetem Messgerät prüfen.

6.4 Verweis auf andere Abschnitte

Schutzmaßnahmen in Abschnitt 8 beachten.

7. Handhabung und Lagerung

7.1 Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung

Erdgas wird in geschlossenen Systemen (Rohrleitungen, ggf. Behälter) transportiert. Beabsichtigte Gasfreisetzungen dürfen nur durch Fachpersonal vorgenommen werden. Erdgas ist leichter als Luft.

7.2 Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten

Hinweise zu den Lagerbedingungen

Behälter mit Erdgas dürfen nicht zusammen mit brandfördernden Stoffen oder brennbaren Materialien/Flüssigkeiten gelagert werden.

Lagerräume sind zu belüften.

Anlagen, Apparaturen oder Behälter sind dicht geschlossen zu halten.

Technische Regeln Druckgase (TRBS 3145) beachten.

Lagerklasse VCI: 2A

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz

Bei Handhabung und Lagerung von Erdgas sind Explosionsschutzmaßnahmen (z.B. Überwachung der Gasfreiheit mit geeignetem Messgerät, Lüftung, Vermeidung von Zündquellen, Ausweisung von Ex-Schutzzonen/Gefahrenbereichen) zu ergreifen. Diese sind im Rahmen der vorher durchzuführenden Gefährdungsbeurteilung festzulegen.

Vermeiden von Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre:

Es wird auf die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (z.B. TRBS 2152 Teile 1-3, TRBS 2153) und die BGR 104 „Explosionsschutz-Regeln“ verwiesen.

7.3 Spezifische Endanwendungen

Verbrennung zur Wärmeerzeugung, Rohstoff für die chemische Industrie.

8. Begrenzung und Überwachung der Exposition / Persönliche Schutzausrüstung

8.1 Zu überwachende Parameter

Expositionsgrenzwerte: Nationale Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) / EU-Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte

Propan;	CAS-Nr.: 74-98-6
Quelle:	TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte (D)
Wert:	1.000 ppm (v/v) / 1.800 mg/m ³
Spitzenbegrenzung:	Überschreitungsfaktor 4, Kategorie II
n-Butan;	CAS-Nr.: 106-97-8
Quelle:	TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte (D)
Wert:	1.000 ppm (v/v) / 2.400 mg/m ³
Spitzenbegrenzung:	Überschreitungsfaktor 4, Kategorie II
Isobutan;	CAS-Nr.: 75-28-5
Quelle:	TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte (D)
Wert:	1.000 ppm (v/v) / 2.400 mg/m ³
Spitzenbegrenzung:	Überschreitungsfaktor 4, Kategorie II
Kohlenstoffdioxid;	CAS-Nr.: 124-38-9
Quelle:	TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte (D) bzw. RL 2006/15/EG
Wert:	5.000 ppm (v/v) / 9.100 mg/m ³ bzw. 5.000 ppm (v/v) / 9.000 mg/m ³
Spitzenbegrenzung:	Überschreitungsfaktor 2, Kategorie II

Hinweis: Bei 20% der unteren Explosionsgrenze (UEG) wird keiner der oben angegebenen AGW-Werte erreicht.

8.2 Begrenzung und Überwachung der Exposition

Bei möglicher Gasfreisetzung Überwachung der Gaskonzentration im Arbeits- bzw. Gefahrenbereich. Für die Überwachung der Gaskonzentration (CH₄) sind geeignete Messgeräte und -verfahren anzuwenden.

Beim Feststellen von Gaskonzentrationen:
Erforderliche Schutzmaßnahmen gemäß Gefährdungsbeurteilung treffen. Maßnahmen zur Beseitigung der Gefährdung einleiten. Kapitel 6 „Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung“ beachten.

Persönliche Schutzausrüstung

Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen haben Vorrang vor dem Einsatz persönlicher Schutzausrüstung. Verbleiben trotz technischer und organisatorischer Maßnahmen Restgefahren, so ist geeignete Schutzausrüstung einzusetzen.

Atemschutz:

Einsatz geeigneter Atemschutzgeräte entsprechend den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung.

Generell gilt: Wenn Filtergeräte als Schutzmaßnahme ungeeignet sind (z. B. bei Unterschreitung eines Sauerstoffgehaltes in der Atemluft von 17 Vol.-% oder bei unbekanntem Umgebungsverhältnissen), ist umluftunabhängiger Atemschutz erforderlich.

Weitere Schutzausrüstung:

Bei Arbeiten an Gasanlagen oder Behältern sind geeignete Schutzmaßnahmen gegen Verletzungen zu treffen (z. B. Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Schutzhelm, ableitfähige Sicherheitsschuhe, flammenhemmende Schutzkleidung nach DIN EN ISO 11612, Gehörschutz; siehe auch BGR 500, Kapitel 2.31).

Begrenzung der Umweltexposition

Freisetzung von Erdgas sollte aufgrund seiner Klimawirksamkeit vermieden werden.

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften sind von der Zusammensetzung des Erdgases abhängig. Diese kann in einem relativ weiten Bereich schwanken. In der nachfolgenden Tabelle werden daher Bandbreiten der physikalischen und chemischen Eigenschaften angegeben. Die druckabhängigen Größen beziehen sich auf einen Absolutdruck von 101.3 kPa.

Aggregatzustand bei 25 °C / 101.3 kPa:	gasförmig
a) Farbe:	farblos
b) Geruch:	geruchlos
c) Geruchsschwelle:	ggf. odoriert nach DVGW-Arbeitsblatt G 280-1
d) pH-Wert:	nicht anwendbar
e) Schmelzpunkt/Schmelzbereich:	- 183 °C (Methan)
f) Siedepunkt/Siedebereich:	- 195 °C bis - 155 °C
g) Flammpunkt:	nicht anwendbar
h) Verdampfungsgeschwindigkeit bei 25 °C:	nicht anwendbar
i) Entzündbarkeit (fest/gasförmig):	ja
j) Explosionsgrenzen in Luft bei 20 °C (DIN EN 1839):	4 Vol.-% bis 17 Vol.-%
k) Dampfdruck bei 25 °C:	nicht anwendbar
l) Gasdichte bei 0 °C / 101.3 kPa:	0,7 kg/m ³ bis 1,0 kg/m ³
m) rel. Dichte (Luft = 1):	0,55 bis 0,75
n) Wasserlöslichkeit bei 20 °C:	0,03 m ³ /m ³ bis 0,08 m ³ /m ³
o) Verteilungskoeffizient: n-Octanol / Wasser [log K _{ow}]:	1,09 (Methan)
p) Selbstentzündungstemperatur (Zündtemperatur, DIN 51794):	in Mischung mit Luft 575 °C bis 640 °C
q) Zersetzungstemperatur:	keine Daten verfügbar
r) Viskosität bei 0 °C / 101.3 kPa:	10,9 µPas (Methan)

s) explosive Eigenschaften:	Bildung von explosionsfähigen Gas/Luftgemischen möglich
Mindestzündenergie bei 20 °C:	0,25 mJ (Methan)
t) oxidierende Eigenschaften:	nicht oxidierend

9.2 Sonstige Angaben

Explosionsgruppe:	II A
Temperaturklasse:	T1
Brandklasse:	C

10. Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Erdgas ist entzündbar.
 Unter Druck stehendes Gas kann beim Erwärmen explodieren.
 Bildet mit Luft zündfähige Gemische; Explosionsgefahr innerhalb der Explosionsgrenzen.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil unter normalen Umgebungsbedingungen und unter den bei Lagerung zu erwartenden Temperatur- und Druckbedingungen.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

Nicht zutreffend.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Zündfähige Gemische in Verbindung mit Zündquellen

10.5 Unverträgliche Materialien

Brandfördernde Stoffe

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

Durch unvollständige Verbrennung kann Kohlenstoffmonoxid entstehen (Vergiftungsgefahr).

11. Toxikologische Angaben

11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen

akute Toxizität

Nicht akut toxisch

Reizung

Nicht reizend

Ätzwirkung

Nicht ätzend

Sensibilisierung

Nicht sensibilisierend

Toxizität bei wiederholter Verabreichung

Nicht toxisch

Karzinogenität

Nicht karzinogen

Mutagenität

Nicht mutagen (nicht erbgutschädigend)

Reproduktionstoxizität

Nicht reproduktionstoxisch

12. Umweltbezogene Angaben

12.1. Toxizität

Toxizität bei Fischen, wirbellosen Wassertieren, Wasserpflanzen, Bodenorganismen, terrestrischen Pflanzen und anderen terrestrischen Nichtsäugern einschließlich Vögeln:

Nicht toxisch

12.2. Persistenz und Abbaubarkeit

Die betrachteten Kohlenwasserstoffe hydrolysieren nicht im Wasser.

Die Kohlenwasserstoffe Methan, Ethan, Propan und Butan werden vorrangig durch indirekte Photolyse abgebaut. Ihre Abbauprodukte sind Kohlenstoffdioxid und Wasser.

12.3. Bioakkumulationspotenzial

Bioakkumulation ist für Methan, Ethan, Propan und Butan nicht bekannt.

12.4. Mobilität im Boden

Die Berechnung nach Mackay, Level I, zur Verteilung auf die Umweltkompartimente Luft, Biota, Sedimente, Boden und Wasser zeigt, dass die Kohlenwasserstoffe Methan, Ethan, Propan, Butan zu 100 % auf den Sektor Luft entfallen.

12.5. Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung

Erfüllt nicht die Kriterien für PBT beziehungsweise für vPvB gemäß Anhang XIII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH).

12.6. Andere schädliche Wirkungen

Für Methan (CH₄) beträgt das Treibhauspotenzial (**Global Warming Potential, GWP**³⁾) 21 (gemäß Kyoto-Protokoll) / 25 (gemäß WG I AR4 IPCC)

³⁾ Massebezogenes **Global Warming Potential** von Methan bei einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren. Der GWP-Wert von 21 bzw. 25 bedeutet, dass ein Kilogramm CH₄ 21- bzw. 25-mal so klimawirksam ist wie ein Kilogramm Kohlenstoffdioxid.

Weitere Hinweise

BSB-Wert, CSB-Wert: nicht anwendbar

13. Hinweise zur Entsorgung

13.1 Verfahren zur Abfallbehandlung

Freisetzung von Erdgas sollte aufgrund seiner Klimawirksamkeit vermieden werden. Die Möglichkeit einer Rückführung/Verwertung oder Verbrennung ist im Einzelfall zu prüfen.

Kleine Mengen an Erdgas können gefahrlos ins Freie abgegeben werden (Schutzzone festlegen).⁴⁾

Große Mengen an Erdgas können erforderlichenfalls kontrolliert verbrannt werden.

In geschlossenen Räumen ist die bewusste Freisetzung von Erdgasmengen, die zu Gefährdungen führen, nicht zulässig. Die BGR 104 bzw. TRBS 2152 sind zu beachten.

⁴⁾ An der Austrittsöffnung ist eine Explosionsschutzzone auszuweisen, deren Größe im Zweifel aufgrund einer Berechnung oder Messung der Gaskonzentration festzulegen ist. DVGW- Hinweis G 442 beachten.

Abfallschlüssel gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)

16 05 04 Gefährliche Stoffe enthaltende Gase in Druckbehältern (einschließlich Halone)

14. Angaben zum Transport

Erdgas wird grundsätzlich leitungsgebunden, ggf. auch in Stahlflaschen oder anderen Behältern transportiert. Sofern Erdgas vom Verwender verpackt und zum Transport vorbereitet bzw. transportiert wird, sind die für den jeweiligen Verkehrsträger relevanten Vorschriften zu ermitteln und individuell zu ermitteln.

14.1. UN-Nummer

UN-Nr: 1971

14.2. Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung

ERDGAS, VERDICHET (mit hohem Methangehalt)

14.3. Transportgefahrenklassen

Klasse 2, entzündbares Gas

14.4. Verpackungsgruppe

Nicht zutreffend

14.5. Umweltgefahren

Nicht umweltgefährdend

14.6. Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender

Siehe Abschnitt 7

14.7. Massengutbeförderung gemäß Anhang II des MARPOL-Übereinkommens 73/78 und gemäß IBC-Code

Nicht zutreffend

15. Rechtsvorschriften

In der jeweils geltenden Fassung

15.1. Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch

Wassergefährdungsklasse

Klasse: nwg. (nicht wassergefährdend)

EU-Vorschriften

VO (EG) Nr. 1907/2006 – REACH

VO (EG) Nr. 1272/2008 – GHS/CLP

VO (EU) Nr. 453/2010

RL 2006/121/EG

VO (EU) Nr. 1025/2012 - ABl. Nr. L 316

RL 89/391/EWG – Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz

RL 98/24/EG – Gefahrstoffrichtlinie

Nationale Vorschriften

Im Wesentlichen sind zu beachten:

ArbSchutzG - Arbeitsschutzgesetz

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften

GefStoffV - Gefahrstoffverordnung

BetrSichV - Betriebssicherheitsverordnung

ProdSV 11 - Elfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz

(Explosionsschutzverordnung - 11. ProdSV)

12. BImSchV - Störfallverordnung ⁵⁾

JArbSchG - Jugendarbeitsschutzgesetz, § 22

MuSchRiV - Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz

GGVSEB Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung

gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern

(Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt - GGVSEB), Luftverkehrsrecht

⁵⁾ Unterliegt der Störfallverordnung (Stoffliste des Anhangs I; Stoff Nr. 11 (hochentzündlich, verflüssigte Gase und Erdgas) Spalte 4, 50.000 kg; Spalte 5, 200.000 kg)

Nationale technische Regeln

DVGU 0100 BGR 104 (BG-Regel „Explosionsschutz-Regeln“)

DVGU 0100 BGR 500 Kap. 2.31 (BG-Regel „Arbeiten an Gasleitungen“)

DVGU 0100 BGR 500 Kap. 2.39 (BG-Regel „Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas“)

Technische Regeln für Gefahrstoffe (z. B. TRBS 3145)

Technische Regeln für Gefahrstoffe (z. B. TRGS 900)

Technische Regeln des DVGW

Technische Regeln für Betriebssicherheit (z. B. TRBS 2152)

15.2. Stoffsicherheitsbeurteilung

Eine Stoffsicherheitsbeurteilung ist nicht erforderlich.

16. Sonstige Angaben

Es sind die „Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) in der jeweils gültigen Fassung einschließlich ihrer Durchführungsanweisungen zu beachten.

Vom Hersteller empfohlene Verwendungsbeschränkung

Energieträger, Rohstoff, Kraftstoff

Sonstige relevante Dokumente/Quellen

HEDSET (Harmonized Electronic Data Set) Existing Substances Regulation No 793/93 (EEC) of 23 March 1993. "Natural gas, dried" EINECS no 270-085-9, CAS no 68410-63-9
Kyoto-Protokoll/WG I AR4 IPCC

Van't Zelfde, P.; Omar, M.H.; LePair-Schroten, H.G.M.; Dokoupil, Z., Solid-liquid equilibrium diagram for the argon + methane system., Physica (Amsterdam), 1968, 38, 241-51

GESTIS-Stoffdatenbank, IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Änderungen gegenüber der letzten Fassung

Anpassungen lt. Leitlinien zur Erstellung von Sicherheitsdatenblättern, Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Dezember 2014.

Weitere Informationen

Die aufgeführten Angaben beschreiben ausschließlich die Sicherheitserfordernisse des Produktes und stützen sich auf den heutigen Stand der Kenntnisse. Sie stellen keine Zusicherung von Eigenschaften des beschriebenen Produktes dar.

Mit dieser Ausgabe werden alle vorhergehenden Sicherheitsdatenblätter für Erdgas getrocknet ungültig.

RL 94/9/EG ist geändert durch VO (EU) Nr. 1025/2012 - ABI. Nr. L 316

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 1 von 16

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffs bzw. des Gemischs und des Unternehmens**1.1. Produktidentifikator**

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Weitere Handelsnamen

Gasnebenprodukt

Natural Gas Condensate

Low Boiling Point Naphthas (Gasolines) - GASOLINE (C5-C10); SIEDEBEREICH: >35 - 200 °C

Stoffgruppe: Kohlenwasserstoffe

CAS-Nr.: 7732-18-5

EG-Nr.: 231-791-2

1.2. Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird**Verwendung des Stoffs/des Gemischs**

Zuschlag zum Roherdöl / Abfall

1.3. Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt

Firmenname: ExxonMobil Production Deutschland GmbH - Intern

Straße: Riethorst 12

Ort: D-30659 Hannover

Anschrift Postfach: 510360
D-30633 Hannover

Telefon: +49-(0)511-6410

Telefax: +49-(0)511-641-1064

E-Mail: MSDS-EMPG@EXXONMOBIL.COM

Ansprechpartner: Abt. Safety Health &
Environment (SH)

Telefon: +49-(0)511-641-1600

Auskunftgebender Bereich: EMPG-SHER / LEITZENTRALE

1.4. Notrufnummer: 0800 36 36 222**Weitere Angaben**

Kann Quecksilber enthalten (Löslichkeitsgrenzen für Hg in KW ca. 200 bis 1000 µg / l). Gemessene Werte in Erdölgaskondensaten 10 - 25 µg/l KW.

Sachkundige Person (Internes Sicherheitsdatenblatt): Anfragen: MSDS-EMPG@EXXONMOBIL.COM

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren**2.1. Einstufung des Stoffs oder Gemischs**

Gefahrenkategorien:

Entzündbare Flüssigkeiten: Entz. Fl. 2

Aspirationsgefahr: Asp. 1

Ätz-/Reizwirkung auf die Haut: Hautreiz. 2

Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition): STOT einm. 3

Gewässergefährdend: Aqu. akut 1

Gewässergefährdend: Aqu. chron. 1

Gefahrenhinweise:

Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.

Verursacht Hautreizungen.

Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Sehr giftig für Wasserorganismen.

Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

2.2. Kennzeichnungselemente

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 2 von 16

Gefahrenbestimmende Komponente(n) zur Etikettierung

Kohlenwasserstoffe, BETX

Entlösungsgas leicht entzündbar Kat. 2 - H 225

Signalwort:

Gefahr

Piktogramme:

**Gefahrenhinweise**

H225	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
H304	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
H319	Verursacht schwere Augenreizung.
H336	Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
H350	Kann Krebs erzeugen.
H373	Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.
H411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

Sicherheitshinweise

P260	Dämpfe und Aerosole nicht einatmen.
P202	Vor Gebrauch alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
P210	Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.
P240	Behälter und zu befüllende Anlage erden.
P241	Explosionsschutz elektrische Geräte/Lüftungsanlagen/Beleuchtungsanlagen verwenden.
P242	Nur funkenfreies Werkzeug verwenden.
P243	Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen treffen.
P261	Einatmen von Aerosolen und Dämpfen vermeiden.
P273	Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
P280	Schutzhandschuhe / Schutzkleidung und Augenschutzbrille /Augenschild tragen.
P361	Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen.
P363	Kontaminierte Kleidung vor erneutem Tragen waschen.
P301+P310	BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen.
P302+P352	BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser waschen.
P303+P361+P353	BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.
P304+P340	BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen.
P308+P313	BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P331	KEIN Erbrechen herbeiführen.
P332+P313	Bei Hautreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P362+P364	Kontaminierte Kleidung ausziehen und vor erneutem Tragen waschen.
P370+P378	Bei Brand: Wassersprühstrahl, Schaum, Löschpulver dore CO2 zum Löschen verwenden.

Besondere Kennzeichnung bestimmter Gemische

EUH018	Kann bei Verwendung explosionsfähige/entzündbare Dampf/Luft-Gemische bilden.
EUH066	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Hinweis zur Kennzeichnung

EG-Richtlinien / GefStoffV

Die Einstufung und Kennzeichnung erfolgt auf der Grundlage der EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG Anhang 1. Darin werden Erdgaskondensate unabhängig vom Benzolgehalt pauschal eingestuft

ABSCHNITT 3: Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 3 von 16

3.1. Stoffe

Chemische Charakterisierung

- Komplexe Kombination von Kohlenwasserstoffen, enthält u. a. Benzol, Toluol, Xylole und Spuren von Quecksilber

Chemische Bezeichnungen und Synonyme: NATURAL GAS CONDENSATE..C2-8 (überwiegend GASOLINE: C5 - C8 (C10))

NATURAL GAS CONDENSATES (CAS 68919-39-1) (EINECS 272-896-3)

F;R11 T;R45 Xn;R65 Xi;R38, N;R51/53 R67

Summenformel: C5, , > C8

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 4 von 16

Gefährliche Inhaltsstoffe

CAS-Nr.	Bezeichnung			Anteil
	EG-Nr.	Index-Nr.	REACH-Nr.	
	Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [CLP]			
7732-18-5	Wasser			25 - 40 %
	231-791-2			
68919-39-1	Erdgaskondensate			10 - 20 %
93685-81-5	Isododecan (Alkane verzweigt)			9 %
142-82-5	Heptan; n-Heptan			7 %
	205-563-8	601-008-00-2		
	Flam. Liq. 2, Asp. Tox. 1, Skin Irrit. 2, STOT SE 3, Aquatic Acute 1, Aquatic Chronic 1; H225 H304 H315 H336 H400 H410			
111-65-9	Oktan; n-Oktan			6 %
	203-892-1	601-009-00-8		
	Flam. Liq. 2, Asp. Tox. 1, Skin Irrit. 2, STOT SE 3, Aquatic Acute 1, Aquatic Chronic 1; H225 H304 H315 H336 H400 H410			
71-43-2	Benzol			1 - 10 %
	200-753-7	601-020-00-8		
	Flam. Liq. 2, Carc. 1A, Muta. 1B, STOT RE 1, Asp. Tox. 1, Eye Irrit. 2, Skin Irrit. 2; H225 H350 H340 H372 ** H304 H319 H315			
109-66-0	Pentan			5 %
	203-692-4	601-006-00-1		
	Flam. Liq. 2, Asp. Tox. 1, STOT SE 3, Aquatic Chronic 2; H225 H304 H336 H411 EUH066			
111-84-2	NONAN			6 %
	203-913-4			
108-88-3	Toluol			1 - 5 %
	203-625-9	601-021-00-3		
	Flam. Liq. 2, Repr. 2, Asp. Tox. 1, STOT RE 2, Skin Irrit. 2, STOT SE 3; H225 H361d *** H304 H373 ** H315 H336			
107-83-5	Hexan (mit < 5 % n-Hexan (203-777-6)); 2-Methylpentan			4 %
	203-523-4	601-007-00-7		
	Flam. Liq. 2, Asp. Tox. 1, Skin Irrit. 2, STOT SE 3, Aquatic Chronic 2; H225 H304 H315 H336 H411			
1330-20-7	Xylol (o,m,p)			2,5 - 4 %
	215-535-7	601-022-00-9		
	Flam. Liq. 3, Acute Tox. 4, Acute Tox. 4, Skin Irrit. 2; H226 H332 H312 H315			
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzol			0,5 - 3 %
	202-436-9	601-043-00-3		
	Flam. Liq. 3, Acute Tox. 4, Eye Irrit. 2, STOT SE 3, Skin Irrit. 2, Aquatic Chronic 2; H226 H332 H319 H335 H315 H411			

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 5 von 16

00124-38-9	Kohlendioxid (CO ₂)		< 1 %
	204-696-9		
74-98-6	Propan		< 1 %
	200-827-9	601-003-00-5	
	Flam. Gas 1; H220		
74-82-8	Methan		< 1 %
	200-812-7	601-001-00-4	
	Flam. Gas 1; H220		
74-84-0	Ethan		< 1 %
	200-814-8	601-002-00-X	
	Flam. Gas 1; H220		
91-20-3	Naphthalin		< 0,05-0,15 %
	202-049-5	601-052-00-2	
	Carc. 2, Acute Tox. 4, Aquatic Acute 1, Aquatic Chronic 1; H351 H302 H400 H410		
106-97-8	Butan		< 1 %
	203-448-7	601-004-00-0	
	Flam. Gas 1; H220		
7783-06-4	Hydrosulfid; Schwefelwasserstoff		< 1 %
	231-977-3	016-001-00-4	
	Flam. Gas 1, Acute Tox. 2, Aquatic Acute 1; H220 H330 H400		
7439-97-6	Quecksilber		5 bis 50 mg %
	231-106-7	080-001-00-0	
	Repr. 1B, Acute Tox. 2, STOT RE 1, Aquatic Acute 1, Aquatic Chronic 1; H360D *** H330 H372 ** H400 H410		

Wortlaut der H- und EUH-Sätze: siehe Abschnitt 16.

Weitere Angaben

- EINECS-Nr.: 2728963; - EG-Nr.: 649-375-00-8
- Erdgaskondensat enthält (Spuren)
- n-Butan (106-97-8); Ethylbenzol (100-41-4); n-Hexane (110-54-3); 1,2,4- Trimethylbenzol (95-63-6); Xylol, Isomergemische (1330-20-7)
- Quecksilber: 5 bis 170 mg/l
- Die Einstufung und Kennzeichnung erfolgt auf der Grundlage der EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG Anhang 1. Darin werden Erdgaskondensate unabhängig vom Benzolgehalt pauschal eingestuft als „Kann Krebs erzeugen – K 2“, obwohl eine solche Einstufung auf Grundlage der Einstufungskriterien nicht zwingend erforderlich wäre.

ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen**4.1. Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen****Allgemeine Hinweise**

- Allgemeine Hinweise: Selbstschutz des Ersthelfers beachten.
- Mit Produkt verunreinigte Kleidungsstücke unverzüglich entfernen. Verunreinigte Kleidung und Schuhe sofort entsorgen.
- Exposition für Helfer und andere vermeiden.

Nach Einatmen

- Frischluftzufuhr, ggf. Atemspende - Sauerstoffgabe (falls vorhanden)., Wärme.
- Bei anhaltenden Beschwerden Arzt konsultieren.

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 6 von 16

- Bei Bewußtlosigkeit Lagerung und Transport in stabiler Seitenlage.
- Bei Atemstillstand Beatmung
- Ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen.
- Geeigneten Atemschutz verwenden

Nach Hautkontakt

Benetzte Stellen mit viel Wasser und Seife abwaschen und gut nachspülen. Ärztlicher Behandlung zuführen.

Nach Augenkontakt

- Augen bei geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten unter fließendem Wasser abspülen.
- Bei anhaltenden Reizungserscheinungen Arzt konsultieren.

Nach Verschlucken

Sofort ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen. Kein Erbrechen auslösen.

4.2. Wichtigste akute und verzögert auftretende Symptome und Wirkungen

Reizung der oberen Atemwege möglich.
Atemnot, Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel, Benommenheit, Bewusstlosigkeit

4.3. Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung

In die Lunge aspiriertes Material kann eine chemische Pneumonie auslösen.
Existierende medizinische Befunde, die bei Exposition verstärkt werden können:

- Dermatitis (bei Hautkontakt)
- neurologische Leiden (Hexanempfindlichkeit)

ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung**5.1. Löschmittel****Geeignete Löschmittel**

Kohlendioxid, Löschpulver, Schaum oder Wassersprühstrahl.
Für kleinere Brände eignen sich Pulver- und Kohlendioxidfeuerlöscher (in begrenzten Bereichen); bei größeren Bränden müssen Schaumfeuerlöscher genutzt werden.
Größeren Brand mit Wassersprühstrahl oder vorzugsweise mit alkoholbeständigem Schaum bekämpfen.

Ungeeignete Löschmittel

Wasservollstrahl VERBOTEN. Flammen könnten dadurch verteilt werden.
ungeeignet: Ein Wasserstrahl/Löschwasserstrahl darf nicht auf den Punkt gerichtet werden, an dem das flüssige Gas oder dessen Brandgase entweichen
Schaum und Wasser sollten nicht gleichzeitig auf derselben Oberfläche angewendet werden (Wasser vernichtet den Schaum).
Wasser im Vollstrahl ist ineffektiv, sollte aber zur Kühlung der Behälter verwendet werden.

5.2. Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren

Das Produkt kann bereits unterhalb der Umgebungstemperatur beträchtliche Mengen an extrem entzündlichen Dämpfen freisetzen. Die Dämpfe sammeln sich am Boden und können über Kanäle und andere Hohlräume im Untergrund Zündquellen weit entfernt von der Austrittsstelle erreichen.
Das Produkt kann sich aufladen und entzünden. FLAMMPUNKT < 21 °C, SIEDEPUNKT > 35 °C.
Beim Erhitzen oder im Brandfalle Bildung giftiger Gase möglich. Gefährliche Zersetzungsprodukte bei Brand: Oxide des Kohlenstoffs

- Bei einem Brand entsteht dichter, schwarzer Rauch.

5.3. Hinweise für die Brandbekämpfung

Besondere Methoden zur Brandbekämpfung :
Behälter kühlen und die Oberflächen, die dem Feuer ausgesetzt sind, mit reichlich Wasser besprühen.
Den Gefahrenbereich absperren; Produkt gegebenenfalls kontrolliert verbrennen lassen oder geeignete Löschmittel einsetzen.

- Entsorgungsarbeiten unter Atemschutz und mit EX-geschützten Gerätschaften durchführen.
- Im Brandfall umluftunabhängiges Atemschutzgerät und Chemievollanzug tragen.

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 7 von 16

Zusätzliche Hinweise

Schaum sollte die Flüssigkeitsoberfläche voll bedecken und daher in ausreichenden Mengen angewendet werden. Wassersprühstrahl/-nebel sollte primär zum Wegspülen bzw. zum Fernhalten des Produktes von Abflüssen, Bächen etc. verwendet werden. Nach Zündung ausstretenden Produktes sollte Löschschaum zur Niederschlagung der freiwerdenden Dämpfe eingesetzt werden. Steht kein Löschschaum zur Verfügung ist Wassernebel zur Verteilung der Dämpfe und zum Schutz der mit der Schließung des Lecks beschäftigten Löschmannschaften einzusetzen.

ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung**6.1. Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende****Verfahren**

- Bei Freiwerden größerer Mengen umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen.
- Dichtschließenden Chemie-Schutzanzug tragen.
- Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.

6.2. Umweltschutzmaßnahmen

- Nicht in Kanalisation, Erdreich oder Gewässer gelangen lassen.
- Flächenmäßige Ausdehnung verhindern (z.B. durch Eindämmen oder Ölsperren).
- Bei Eindringen in Boden, Gewässer oder Kanalisation die zuständigen Behörden benachrichtigen.

6.3. Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung

- Undichtigkeiten unter Beachtung angemessener Vorsichtsmaßnahmen abdichten.
- Ausgetretenes Material mit unbrennbarem Aufsaugmittel (z.B. Sand, Erde, Kieselgur, Vermiculite) eingrenzen und zur Entsorgung nach den behördlichen Vorschriften in den dafür vorgesehenen Behältern sammeln bzw. Beseitigung größerer Mengen mit explosionsgeschütztem Gerät.
- Verunreinigungen von Gewässern sofort mit schwimmenden Sperren eingrenzen. Schiffe / Schiffsverkehr warnen. Hafen- und ander zuständige Behörden benachrichtigen. Material von der Oberfläche abschöpfen oder mit geeignetem Material adsorbieren. Nicht aufnehmbare Reste in freien Gewässer fein verteilen, sofern dies von den zuständigen Behörden genehmigt wird..

6.4. Verweis auf andere Abschnitte

Meldeverfahren: Vorfälle, bei denen Produkt in die Umwelt freigesetzt wird, sind entsprechend den gesetzlichen Vorschriften umgehend den zuständigen Behörden zu melden. Im Falle eines Unfalles mit auslaufenden wassergefährdenden Stoffen sind Polizei und Feuerwehr zu alarmieren.

ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung**7.1. Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung****Hinweise zum sicheren Umgang**

- Hautkontakt und das Einatmen von Dämpfen und Nebeln ist zu vermeiden.
- Für gute Belüftung und Absaugung am Arbeitsplatz sorgen.
- Produkt nur in geschlossenem System umfüllen und handhaben.
- Abluft nur über geeignete Abscheider ins Freie führen.
- Das Material nur an Orten verwenden, bei denen offenes Licht, Feuer und andere Zündquellen ferngehalten werden.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz

- Zündquellen fernhalten - nicht rauchen.
- Dämpfe sind schwerer als Luft, sie kriechen am Boden entlang und können bei Zündung über weite Strecken zurückschlagen.
- Feuerlöscher der Brandklasse B und Feuerlöschdecke sichtbar im Arbeitsraum anbringen.

7.2. Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten**Anforderungen an Lagerräume und Behälter**

- Entfernt von Zündquellen lagern.
- In kühlen, gut belüfteten abgetrennten Bereichen unter automatischer Sprinkleranlage oder im Freien lagern.

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 8 von 16

- Lösemittelbeständigen und dichten Fußboden vorsehen.
- Elektrische Einrichtungen müssen den Normen entsprechend explosionsgeschützt sein.
- Behälter sind dicht geschlossen halten.
- Lagerbehälter sind elektrisch leitend zu verbinden und zu erden.
- Lagertanks sind ausreichend zu belüften. Die Lüftung darf nicht in geschlossene Bereiche oder in der Nähe von zu öffnenden Fenstern oder Lufteinlässen führen.

Zusammenlagerungshinweise

- Von brennbaren und/oder entzündlichen Materialien fernhalten.
- Getrennt von Oxidationsmitteln aufbewahren.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen

- Vor Frost schützen.
- Belüftungseinrichtungen müssen explosionsgeschützt sein.

VbF (alt) - AII - F, R11 LEICHTENTZÜNDLICH

Erlaubnis nach BetrSichV: > 10 m³

Lagerklasse nach TRGS 510: 3 (Entzündbare Flüssigkeiten)

ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen**8.1. Zu überwachende Parameter****Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900)**

CAS-Nr.	Bezeichnung	ppm	mg/m ³	F/m ³	Spitzenbegr.	Art
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzol	20	100		2(II)	EU
107-83-5	2-Methylpentan	500	1800		2(II)	
71-43-2	Benzol	1	3,25			
106-97-8	Butan	1000	2400		4(II)	
7783-06-4	Hydrogensulfid	5	7,1		2(I)	
91-20-3	Naphthalin	0,1	0,5 E		1(I)	
109-66-0	Pentan	1000	3000		2(II)	
74-98-6	Propan	1000	1800		4(II)	
7439-97-6	Quecksilber		0,02		8(II)	
108-88-3	Toluol	50	190		4(II)	
1330-20-7	Xylol (alle Isomeren)	100	440		2(II)	

Biologische Grenzwerte (TRGS 903)

CAS-Nr.	Bezeichnung	Parameter	Grenzwert	Unters.- material	Proben.- Zeitpunkt
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzol	Dimethylbenzoesäuren (in Kreatinin)	400 mg/g	U	c,b
7439-97-6	Quecksilber, metallisch	Quecksilber	30 µg/l	U	a
108-88-3	Toluol	o-Kresol (nach Hydrolyse)	1,5 mg/l	U	c,b
1330-20-7	Xylol	Methylhippur- (Tolur-)säure (alle Isomere)	2000 mg/l	U	b

Zusätzliche Hinweise zu Grenzwerten

Als Grundlage dienen die bei der Erstellung gültigen Listen.

Benzol (ACGIH/OEL) Schicht: 0,5 ppm/m³, 1,6 mg/m³; Kurzzeit: 2,5 ppm/m³, 8 mg/m³

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 9 von 16

		-Schicht- ppm mg/m3	-Kurzzeit- ppm mg/m3
		-----	-----
Toluol (CAS 108-88-3) (EINECS 203-625-9) MAK		100 380	
Haut	ACGIH	50 188	
	XOM	200	
Xylol (CAS 1330-20-7)(EINECS 215-535-7) MAK		100 440	
O, M, P, -Isomere	ACGIH	100 434	150 651
Benzol (CAS 71-43-2)(EINECS 200-753-7)			
Haut	ACGIH	0,5 1,6	2,5 8
Hg (CAS 7439-97-6)(EINECS 231-106-7) AGW		0,02	
als Hg Anorganische Bestandteil	ACGIH	0,025	

8.2. Begrenzung und Überwachung der Exposition



Schutz- und Hygienemaßnahmen

- Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.
- Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.
- Vor Pausen und bei Arbeitsende Hände waschen.
- Arbeitskleidung getrennt aufbewahren.

Augen-/Gesichtsschutz

- Dichtschließende Schutzbrille.

Handschutz

- Lösemittelbeständige Schutzhandschuhe (kein Gummi).

Körperschutz

- Tragen antistatischen Kleidung aus Naturfaser (Baumwolle) oder hitzebeständiger Syntetikfaser.

Atemschutz

- Bei kurzzeitiger oder geringer Belastung Atemfiltergerät bei längerer oder intensiver Exposition oder unbekannter Konzentration in der Luft sowie in beengten Bereichen unluftunabhängiges Atemschutzgerät verwenden.

ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1. Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften

Aggregatzustand:	Flüssigkeit, dünnflüssig / Emulsion
Farbe:	farblos, klar
Geruch:	aromatisch, mild

Prüfnorm

pH-Wert:	n. a.
----------	-------

Zustandsänderungen

Schmelzpunkt:	- 138 °C
Siedebeginn und Siedebereich:	> 70 - 300 °C
Stockpunkt:	
Flammpunkt:	<- 5 °C DIN 51755

Explosionsgefahren

Das Produkt ist nicht explosionsgefährlich, jedoch ist die Bildung explosionsgefährlicher Dampf- / Luftgemische möglich. UEG Benzol: 1,2 Vol.-%; OEG Benzol: 8,0 Vol.-%

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 10 von 16

Untere Explosionsgrenze: ca.. 1,1 Vol.-%
 Obere Explosionsgrenze: bis 7,6 Vol.-%
 Zündtemperatur: 425 - 535 °C

Selbstentzündungstemperatur

Feststoff: k. A.
 Gas: k. A.

Brandfördernde Eigenschaften

- N. a.

Dampfdruck: DIN EN 12
 (bei 20 °C)
 Dampfdruck: 165 hPa DIN 13016-1
 (bei 37,5 °C)
 Dichte (bei 20 °C): 0,879 g/cm³ ASTM D 1475
 Wasserlöslichkeit: wenig mischbar 0,1-1 g/L
 (bei 20 °C)
 Verteilungskoeffizient: k. A.
 Dyn. Viskosität: 0,55 - 0,75 mPa·s
 (bei 20 °C)
 Kin. Viskosität: n. a.

9.2. Sonstige Angaben

- Brechungsindex: 1,352 - 1,471
- Phenolindex: 22 mg/kg DIN 38409-H 16 mod.,

ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität**10.1. Reaktivität**

Beständig unter den üblichen Lagerungs-, Handhabungs- und Beförderungstemperaturen.

10.4. Zu vermeidende Bedingungen

Wärme, Funken, Zündquellen, offenes Feuer, elektrostatische Aufladung.

10.5. Unverträgliche Materialien

Starke Oxidationmittel.

- Von Halogenen, stark sauren bzw. alkalischen Materialien sowie Oxidationsmitteln fernhalten, um exotherme Reaktionen zu vermeiden.

10.6. Gefährliche Zersetzungsprodukte

Bei unvollständiger Verbrennung und Thermolyse können u.a. giftige Gase entstehen, wie z.B. Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂) sowie Crackprodukte, Aldehyde und Ruß.

ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben**11.1. Angaben zu toxikologischen Wirkungen****Toxikokinetik, Stoffwechsel und Verteilung**

BENZOL

INHALATION:

- LC50 - 10000 ppm (Ratte/7h)
- LC50 - 19000 - 20000 ppm (Mensch/8h - rechnerisch)

n-Hexane

INHALATION

- LC50 - 48000 ppm (Ratte/4h)

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 11 von 16

Das Einatmen von hoch konzentrierten Dämpfen wirkt narkotisierend auf das Zentralnervensystem und verursacht bei leichter Wirkung Kopfschmerzen, Schwindel und Müdigkeit, bei schwerer Wirkung Bewusstlosigkeit; in diesem Fall ist sofortige Hilfe nötig.

Dampf und Aerosol können die Atemwege und Schleimhäute reizen.

Akute Toxizität

Praktisch nicht giftig.

Oral: Praktisch nicht giftig (LD50: >2000 mg/kg). ---

Dermal: Praktisch nicht giftig (LD50: >2000 mg/kg). ---

Augenreizung: Praktisch nicht reizend. (Draize Reizwert: >6 bis <15). ---

Hautreizung: Reizend. (Primarreizwert: 3 bis <5). ---

Auf der Basis von Versuchen mit ähnlichen Produkten und/oder deren Komponenten

CAS-Nr.	Bezeichnung	Expositionswege	Methode	Dosis	Spezies	Quelle
1330-20-7	Xylol (o,m,p)					
	dermal		ATE	1100 mg/kg		
	inhalativ Dampf		ATE	11 mg/l		
	inhalativ Aerosol		ATE	1,5 mg/l		
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzol					
	inhalativ Dampf		ATE	11 mg/l		
	inhalativ Aerosol		ATE	1,5 mg/l		
91-20-3	Naphthalin					
	oral		ATE	500 mg/kg		
7783-06-4	Hydrogensulfid; Schwefelwasserstoff					
	inhalativ Dampf		ATE	0,5 mg/l		
	inhalativ Aerosol		ATE	0,05 mg/l		
7439-97-6	Quecksilber					
	inhalativ Dampf		ATE	0,5 mg/l		
	inhalativ Aerosol		ATE	0,05 mg/l		

Reiz- und Ätzwirkung

Primäre Reizwirkung:

- an der Haut:

Längerer oder wiederholter Kontakt mit dem Produkt beeinträchtigt die natürliche Rückfettung der Haut und führt zur Austrocknung der Haut. Das Produkt kann dann über die Haut aufgenommen werden.

- am Auge:

Lösemittelspritzer können Reizungen am Auge und reversible Schäden verursachen.

Sensibilisierende Wirkungen

Sensibilisierung (BENZOL):

Keine sensibilisierende Wirkungen bekannt.

Schwerwiegende Wirkungen nach wiederholter oder längerer Exposition

- Übermäßiger Hautkontakt kann zu schwerer Hautreizung führen, ähnlich einer chemischen Verbrennung.

Krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Wirkungen

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 12 von 16

--- Genetische Giftigkeit (Zusammenfassung) ---

Es wird berichtet, daß Benzol chromosomale Veränderungen im Knochenmark und in den Blutzellen von Menschen verursacht. IARC und NTP klassifizieren Benzol als für den Menschen wahrscheinlich krebserzeugend. Berichte besagen, daß Langzeit-Expositionen gegenüber Konzentrationen unterhalb 100 ppm Benzol Abnormalitäten der Blutzellen in Menschen verursachen sollen, und zwar einschließlich Anämien und, in seltenen Fällen, Leukämien. Diese Effekte können sich ohne Warnsymptome über Monate oder Jahre entwickeln.

Spezifische Wirkungen im Tierversuch**--- Chronische Giftigkeit (Zusammenfassung) ---**

Tierversuche mit Benzol haben sowohl nach dermalen als nach inhalativer Applikation krebserzeugende Effekte in einer Reihe von Organen und Geweben sowie schädliche Wirkungen auf das Immunsystem, Chromosomenveränderungen, Anämien und Leukämien verursacht.

Sonstige Angaben zu Prüfungen

Andere akute Wirkungen:

- Inhalation von hohen Konzentrationen von Dampf oder Aerosol/Nebeln, besonders bewußte oder mißbräuchliche Exposition, können Atemwegsreizungen und Atemwegsschäden auslösen. Expositionen können zu nervösen Depressionen des zentralen Nervensystems und Folgeschäden, die möglicherweise tödlich sind, führen.

Gefährliche Verbrennungsprodukte:

- Exposition an hohen Konzentrationen von Kohlenmonoxid kann zu Bewußtlosigkeit, Herzschaden, Gehirnschaden und Tod führen.

Erfahrungen aus der Praxis**Einstufungsrelevante Beobachtungen**

VERSCHLUCKEN. Gesundheitsschädlich: Das Produkt kann beim Verschlucken auf Grund seiner niedrigen Viskosität in die Lunge gelangen und dort zur schnellen Entstehung von schweren Lungenödemen führen. (Der Patient muss daher mindestens 48h medizinisch überwacht werden).

Allgemeine Bemerkungen

Akute Toxizität:

- Einstufungsrelevante LD/LC 50-Werte: Komponente: 71-43-2 Benzol
oral: 4894 mg/kg, rat
dermal: 48 mg/kg, mus
inhalativ: LC 50/4h: 9980 mg/kg, mus

Sonstige Angaben (zur experimentellen Toxikologie):

- Konzentrationen um 1 Vol-% (UEG) sind nach kurzer Zeit tödlich. Bei rechtzeitiger Frischluftzufuhr bleiben keine Schäden zurück.

Subakute bis chronische Toxizität:

- Benzol wird leicht durch die Haut aufgenommen. Die chronischen Einwirkungen, auch geringer Mengen, führen nach langer symptomfreier Latenzzeit zu Schädigungen der Blutbildungsorgane und Bildung von Krebsgewebe. Die Folgen zeigen sich durch Blässe, vielfältige Blutungsneigung, Gewichtsverlust, Unruhe, Erregbarkeit und Nervosität.

ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben**12.1. Toxizität**

- Aquatische Toxizität: Diese Substanz ist giftig für Fische LC 50 (24 h): 46 mg/l (Goldfisch).
- Basierend auf Testergebnissen mit ähnlichen Produkten kann diese Substanz für Wasserorganismen wie Algen und Daphnien giftig sein (EL50 / IrI50) - 1 - 10 mg/l.
- Verhalten in Kläranlagen: 33% aerober Abbau nach 12 h in Kläranlagen.

- BOD 5 = 45%; Abbau gering im Vergleich zur Verflüchtigung.

12.2. Persistenz und Abbaubarkeit

Von der Mehrzahl der Komponenten wird inhärente biologische Abbaubarkeit erwartet. Bei Abgabe in

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 13 von 16

die Umwelt werden einige Bestandteile verdampfen und in der Atmosphäre durch Photodegradation zerfallen. Die weniger flüchtigen, mehr wasserlöslichen Bestandteile, die aromatischen Kohlenwasserstoffe, werden im Wasser - sofern nicht im Sediment adsorbiert - durch Photodegradation zerfallen.

- Abbau in Oberflächenwasser langsam: 58% Bio-Ox. (akklim.), 24% (nicht akklim.).
- Abbau im Boden: Uferfiltration (Rhein) gut wirksam.

12.3. Bioakkumulationspotenzial

Nicht bestimmt

12.4. Mobilität im Boden

Die Lösung von höhermolekularen Kohlenwasserstoffkomponenten in Wasser ist begrenzt., aber Verluste durch Adsorption an Sediment kann signifikant sein.

- Adsorbierbarkeit Koc = 92; Biokonzentrationsfaktor (BCF): 19.

Weitere Hinweise

- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB): 3,07 g O₂/g Benzol (theor.)
- Trinkwassergefährdung entsteht schon beim Auslaufen geringster Mengen in den Untergrund.

ABSCHNITT 13: Hinweise zur Entsorgung**13.1. Verfahren der Abfallbehandlung****Empfehlung**

- Nach Analyse: Bergbaulicher Abfall oder Weiterverarbeitung in Raffinerie.

Abfallschlüssel Produkt

050799 Abfälle aus der Erdölraffination, Erdgasreinigung und Kohlepyrolyse; Abfälle aus Erdgasreinigung und -transport; Abfälle a. n. g.

Entsorgung ungereinigter Verpackung und empfohlene Reinigungsmittel

- Entsorgung als gefährlicher entzündlicher flüssiger Abfall.

ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport**Landtransport (ADR/RID)**

14.1. UN-Nummer:	UN 3295
14.2. Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung:	KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.
14.3. Transportgefahrenklassen:	3
14.4. Verpackungsgruppe:	II
Gefahrzettel:	3



Klassifizierungscode:	F1
Sondervorschriften:	640C
Begrenzte Menge (LQ):	1 L
Freigestellte Menge:	E2
Beförderungskategorie:	2
Gefahrnummer:	33
Tunnelbeschränkungscode:	D/E

Sonstige einschlägige Angaben zum Landtransport

TANKCODE: L4BN

Binnenschifftransport (ADN)

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 14 von 16

14.1. UN-Nummer: UN 3295
14.2. Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung: KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.
14.3. Transportgefahrenklassen: 3
14.4. Verpackungsgruppe: II
 Gefahrzettel: 3



Klassifizierungscode: F1
 Sondervorschriften: 640C
 Begrenzte Menge (LQ): 1 L
 Freigestellte Menge: E2

Seeschifftransport (IMDG)

14.1. UN-Nummer: UN 3295
14.2. Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung: KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.
14.3. Transportgefahrenklassen: 3
14.4. Verpackungsgruppe: I
 Gefahrzettel: 3



Sondervorschriften: -
 Begrenzte Menge (LQ): 500 mL
 EmS: F-E, S-D

Sonstige einschlägige Angaben zum Seeschifftransport

Freigestellte Menge: E3

Lufttransport (ICAO)

14.1. UN-Nummer: UN 3295
14.2. Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung: KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.
14.3. Transportgefahrenklassen: 3
14.4. Verpackungsgruppe: II
 Gefahrzettel: 3



Sondervorschriften: A3 A224
 Begrenzte Menge (LQ) Passenger: 1 L
 Passenger LQ: Y341
 Freigestellte Menge: E2
 IATA-Verpackungsanweisung - Passenger: 353
 IATA-Maximale Menge - Passenger: 5 L
 IATA-Verpackungsanweisung - Cargo: 364
 IATA-Maximale Menge - Cargo: 60 L

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 15 von 16

Sonstige einschlägige Angaben zum Lufttransport

HYDROCARBONS, LIQUID, N.O.S.

14.5. Umweltgefahren

UMWELTGEFÄHRDEND: ja



Gefahrslöser: Kohlenwasserstoffe, BETX

Sonstige einschlägige Angaben

Verladetemperatur: bis 80 °C

ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften**15.1. Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch****Nationale Vorschriften**

Störfallverordnung: Leichtentzündliche Flüssigkeiten
 Katalognr. gem. StörfallVO: 7b
 Mengenschwellen: 5000 t / 50000 t
 Klassifizierung nach VbF: AI - Flüssigkeit mit Flpkt. < 21 °C
 Technische Anleitung Luft I: 5.2.5. I: Organische Stoffe bei m >= 0.10 kg/h: Konz. 20 mg/m³
 Anteil:
 Technische Anleitung Luft III: 5.2.7.1.1.III: Krebserzeugende Stoffe bei m >= 2.5 g/h: Konz. 1.0 mg/m³
 Anteil:
 Wassergefährdungsklasse: 3 - stark wassergefährdend
 Status: Mischungsregel gemäß VwVwS Anhang 4, Nr. 3

Krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Stoffe (TRGS 905)

CAS-Nr.	EG-Nr.	Bezeichnung	Kategorie	Legaleinstufung
71-43-2	200-753-7	Benzol (VERALTET)	C-1,M-2	K 1
108-88-3	203-625-9	Toluol (VERALTET)	C--,M--,RF--,RE-3	Xn

Zusätzliche Hinweise

- Die Sondervorschriften für krebserzeugende Gefahrstoffe sind zu beachten.
- Referenz für WGK - Bestimmung: BENZOL

15.2. Stoffsicherheitsbeurteilung

Für diesen Stoff wurde keine Stoffsicherheitsbeurteilung durchgeführt.

ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben**Änderungen**

AUSGABEDATUM: 07/2015 E.M.St. (INTERNES SDB)

Wortlaut der H- und EUH-Sätze (Nummer und Volltext)

H220 Extrem entzündbares Gas.
 H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
 H226 Flüssigkeit und Dampf entzündbar.
 H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
 H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
 H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.
 H315 Verursacht Hautreizungen.
 H319 Verursacht schwere Augenreizung.
 H330 Lebensgefahr bei Einatmen.

EG-Sicherheitsdatenblatt

gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

ERDÖLGASKONDENSAT-WASSER-GEMISCH KWK RLMR

Druckdatum: 08.10.2015

Materialnummer: 10000163b

Seite 16 von 16

H332	Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
H335	Kann die Atemwege reizen.
H336	Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
H340	Kann genetische Defekte verursachen.
H350	Kann Krebs erzeugen.
H351	Kann vermutlich Krebs erzeugen.
H360D	Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
H361d	Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.
H372	Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition.
H373	Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.
H400	Sehr giftig für Wasserorganismen.
H410	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.
H411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
EUH018	Kann bei Verwendung explosionsfähige/entzündbare Dampf/Luft-Gemische bilden.
EUH066	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Weitere Angaben

- Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse, sie stellen jedoch keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis. Im Allgemeinen nehmen die Benzolanteile im Erdgaskondensat parallel mit der Aufspaltung der langkettigen Kohlenwasserstoffe bei zunehmenden Drücken und Temperaturen zu. Dem zu Folge enthalten die Kondensate aus der Ölgasproduktion (Thönse, Menslage etc.) und die Kondensate aus der Gasproduktion der "flachen" Lagerstätten des Westenslandes wesentlich weniger Benzol als die Erdgaskondensate aus den Bereichen Emsmündung oder aus dem Bereich Elbe-Weser. Maximale Benzolgehalte weisen die Kondensate aus Heißabscheidern auf. Die Benzolgehalte der Kondensate aus den Heißabscheidern weisen meist Benzolgehalte auf die um bis zu 40 Prozent höher sein können als die aus Kaltabscheidern, Lawa - Tanks und Ölskimmern. Die Benzolgehalte in Kondensaten aus Vorabscheidern oder CFA-Sammeltanken hingegen sind im Vergleich dazu deutlich reduziert ($\pm 50\%$).

Die Benzolgehalte in den Kondensaten variieren zwischen $< 2,9$ Gew.-% (Erdölgas-, und Lean-Sauergasproduzenten) und maximal 23 Gew.-% (Erdgasproduzenten im Bereich Walsrode). Im Mittel beträgt der Benzolgehalt der Kondensate aus der Rotliegend - Gasproduktion ca. 12 - 14 Gew.-%.

3.6 Maschinenaufstellungspläne

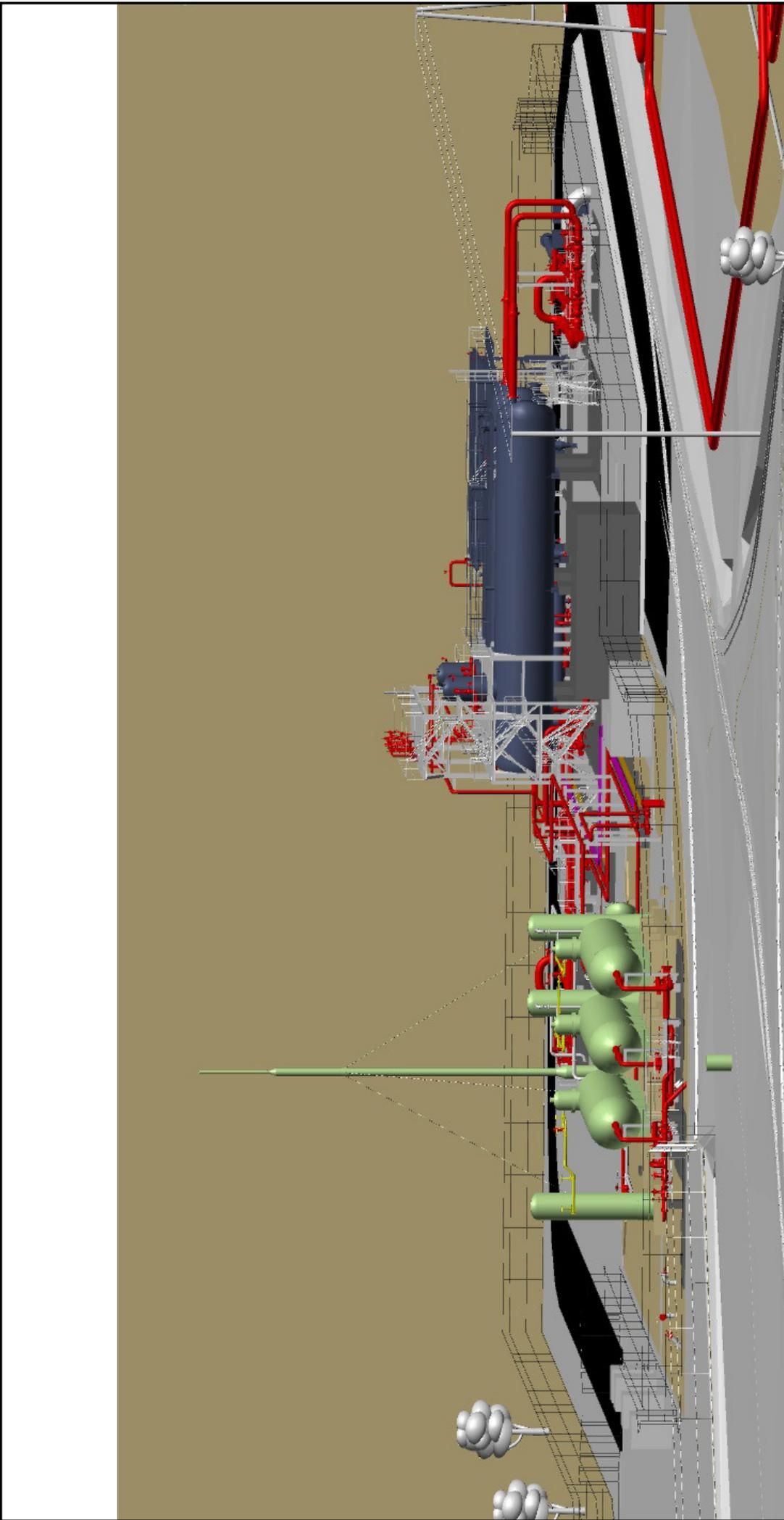
Für die zur Genehmigung beantragte Hochfackel gibt es keinen Maschinenaufstellungsplan.

Zur Darstellung der Fackel im Gesamtkontext der Station H ist eine perspektivische Modellzeichnung beigefügt.

Die Lage der Ausrüstungen ist zudem auch aus dem Lageplan der explosionsgefährdeten Bereiche im Kapitel 7.3 ersichtlich.

Anlagen:

- Abs-03-06_Modellzeichnung_StationH.pdf



Legende:
 Grün: Bestehende Anlagenteile
 Blau: Neue Anlagenteile
 Rot: Neue Rohrleitungen

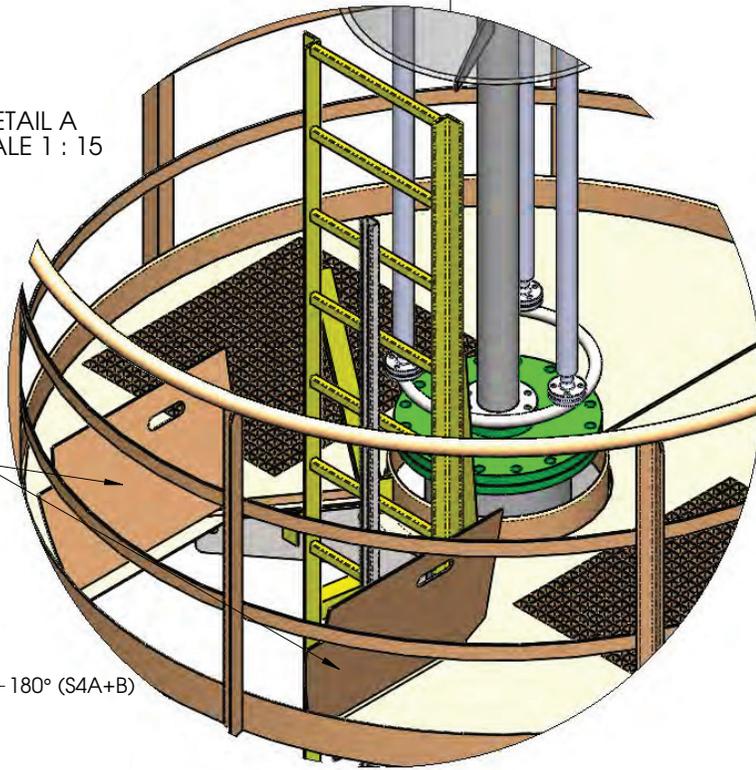
ExxonMobil	Genehmigungsantrag nach § 4 BImSchG Hochfackel Station H <small>(Anlage im Sinne der Nr. 8.1.3 V der 4.BImSchV)</small>	Kapitel 3.6 Aufstellungsplan
	Perspektivische Modellzeichnung Station H mit Fackel	

3.7 Maschinenzeichnungen

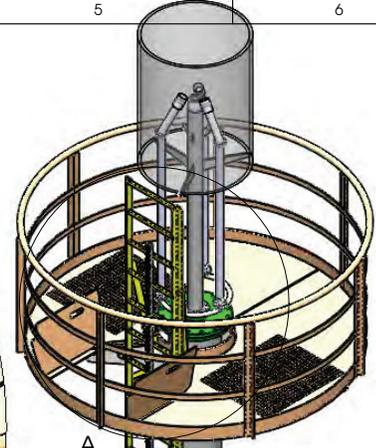
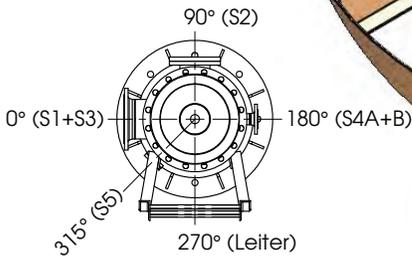
Anlagen:

- Abs-03-07_StationH_Ausführungs-Bsp_Fackel.pdf

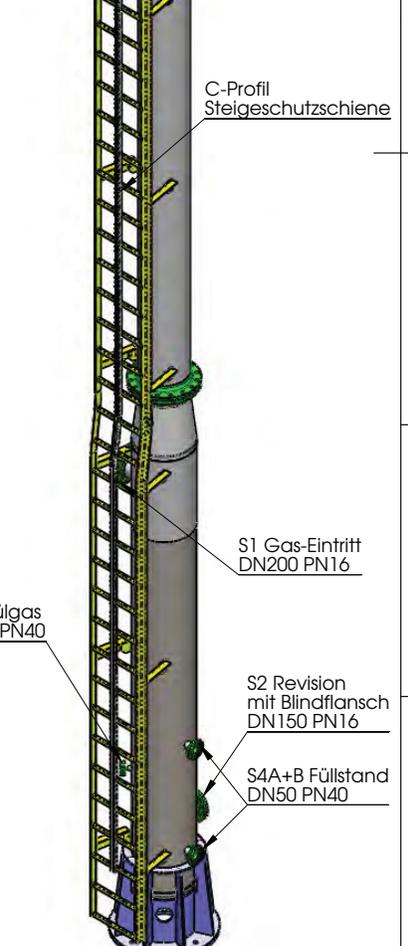
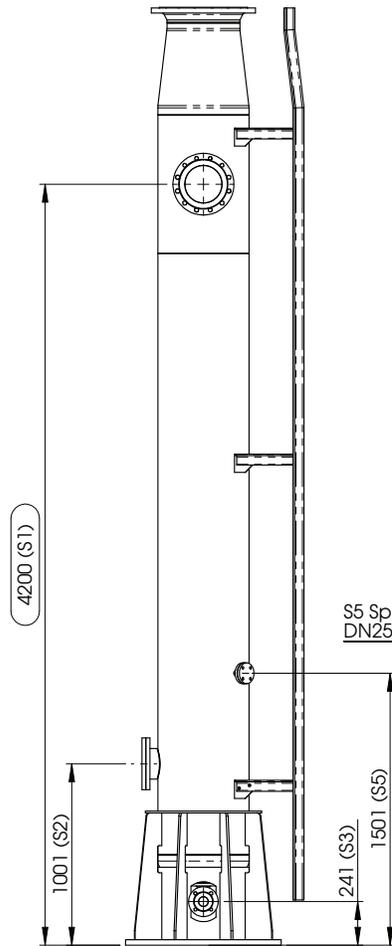
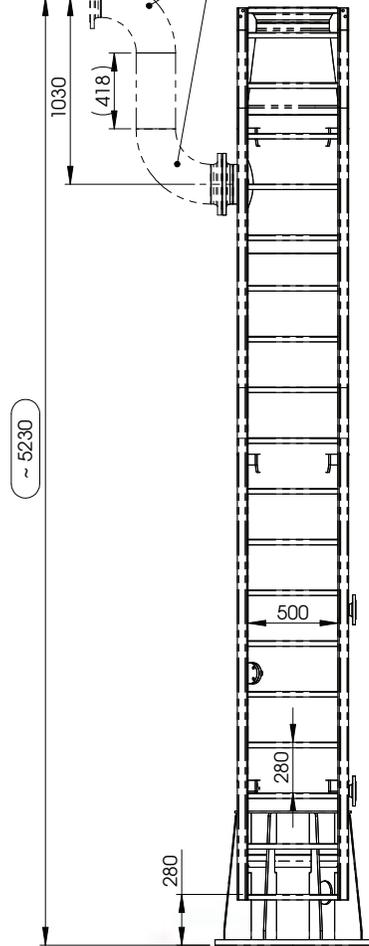
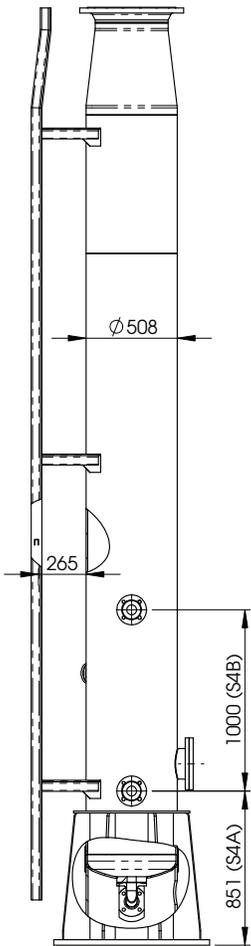
DETAIL A
SCALE 1 : 15



Bühnen-Einstiegsklappe
Öffnung ~100°, Tränenblech



Bauseitige Gasanbindung,
90° Bogen 3S DN200



C-Profil
Steigeschutzschiene

S1 Gas-Eintritt
DN200 PN16

S2 Revision
mit Blindflansch
DN150 PN16

S4A+B Füllstand
DN50 PN40

S5 Spülgas
DN25 PN40

Stuzentabelle Standrohr

S1	Gas-Eintritt	DN200 PN16	P250GH
S2	Revision	DN150 PN16	P250GH
S3	Kondensat	DN50 PN16	1.4571
S4A+B	Füllstand	DN50 PN40	P250GH
S5	Spülgas	DN25 PN40	P250GH

RTB Stahl- und Anlagenbau GmbH
Kleine Hög 2 / 29313 Hambühren / www.rtb-stahlanlagenbau.de

BG-Anz.:	1 St	Farb-Lackierung	RAL
St-Anz.:	1 St	Dicke:	Freigabe
		Herst.:	RTB-Proj.:
		System:	12/1124

Kunde: **EMPG Deutschland**

**Ausführungsbeispiel
Fackelmodifikation**

66/74
12/1124-001 (2.ENTWURF)

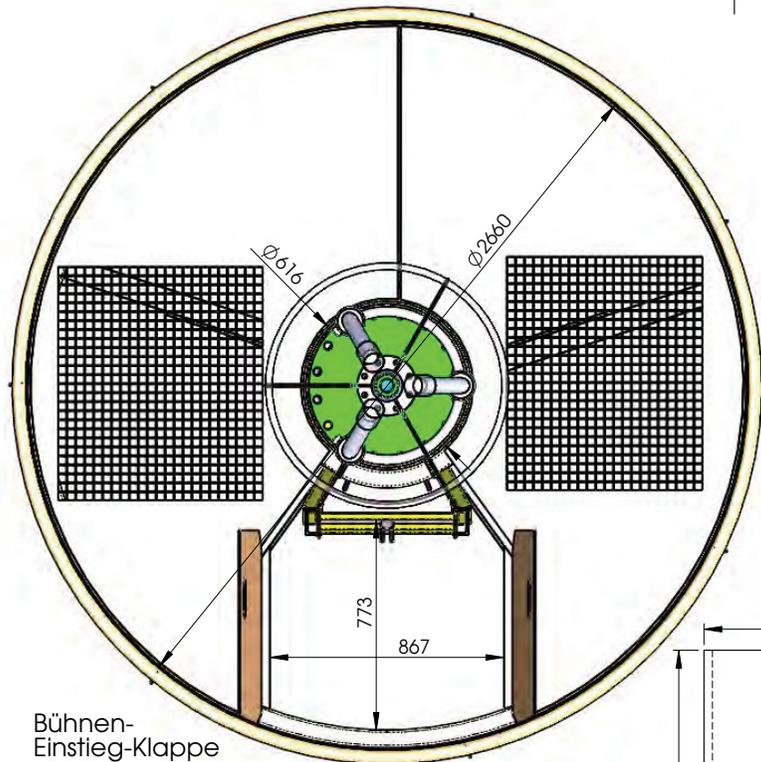
Maßstab: 1:55

Blatt 1 von 2

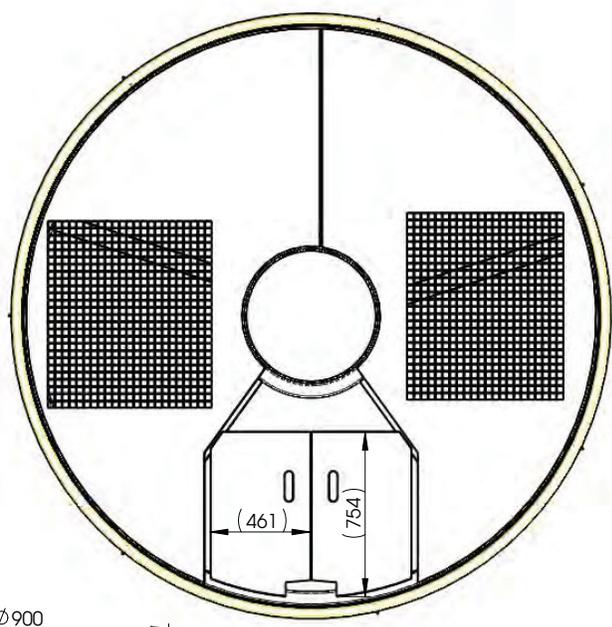
DIN A3
Rev. 02

02	Leiterantritt auf H=280mm; S1 auf H=4200mm	17.04.13	Bo	Material / Werkst.
01	S2 v. DN125 auf DN150; S4A+B v. DN25 auf DN50	07.03.13	Bo	P235/265GH
Rev.	Änderung	Datum	kz	S355J2+N/S235JR

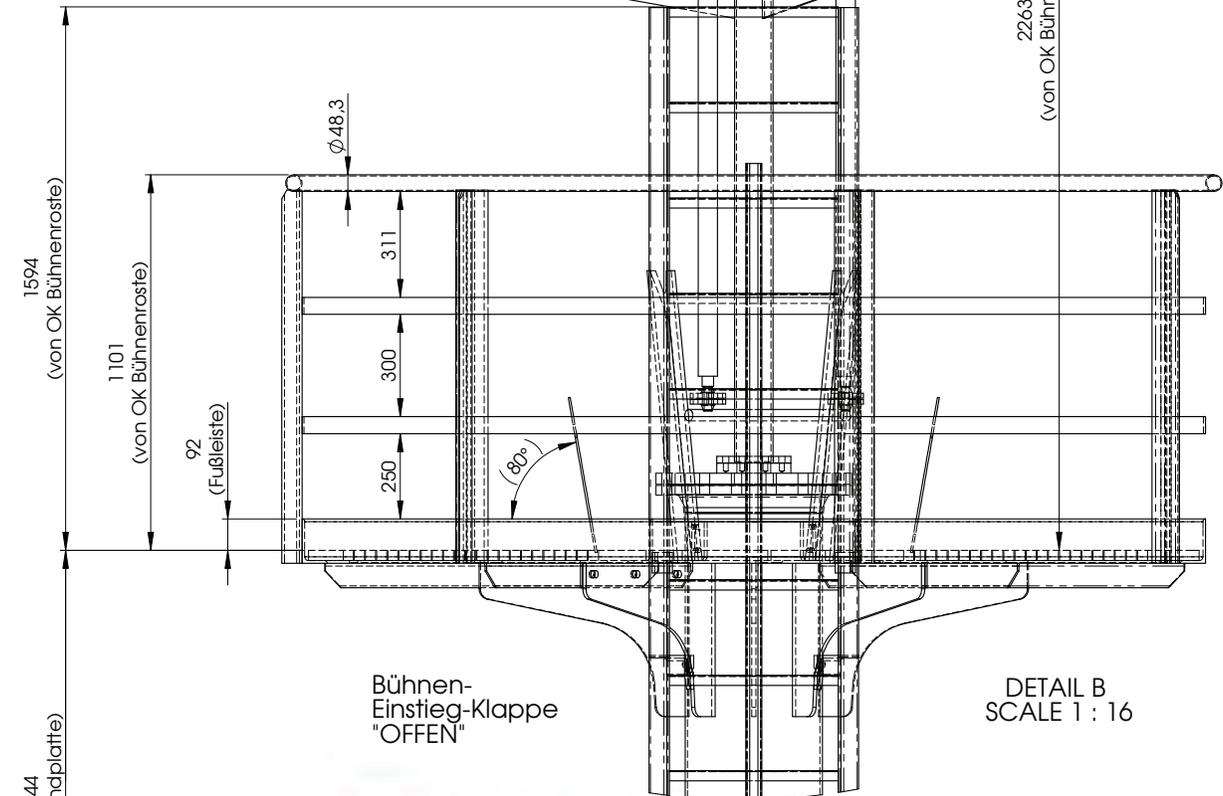
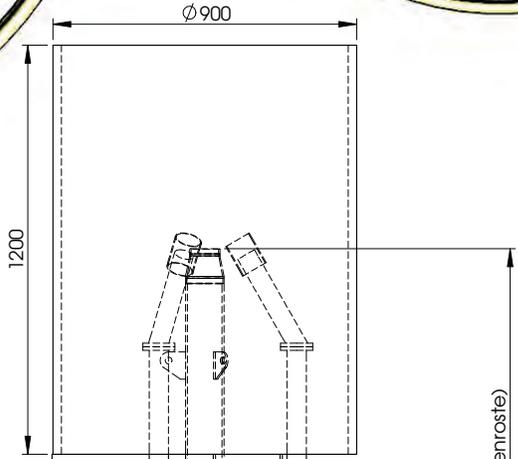
Vervielfältigung dieser Unterlage sowie deren Verwertung u. Mitteilung ihres Inhaltes an Dritte ist unzulässig, insoweit dies von RTB nicht ausdrücklich zugestanden worden ist. Zuwiderhandlungen sind strafbar u. verpflichten zu Schadensersatz (gem. Ut.UrbG., UWG, BGB). Alle Rechte, für den Fall der Patenterteilung, f. die GM-Entragung vorbehalten.



Bühnen-Einstieg-Klappe "OFFEN"



Bühnen-Einstieg-Klappe "GESCHLOSSEN"



Bühnen-Einstieg-Klappe "OFFEN"

DETAIL B SCALE 1 : 16

1594 (von OK Bühnenroste)
1101 (von OK Bühnenroste)
92 (Fußleiste)
~ 14644 (von UK Standplatte)

2263 (von OK Bühnenroste)

RTB Stahl- und Anlagenbau GmbH
Kleine Hög 2 / 29313 Hambühren / www.rtb-stahlanlagenbau.de

BG-Anz.:	Farb-Lackierung
St	RAL
St-Anz.:	Dicke:
St	Herst.:
	System:

Kunde: **EMPG Deutschland**
Ausführungsbeispiel
Fackelmodifikation

	Bearb.:	Est.-Datum:
	M.Bock	07.03.2013
	Freigabe:	
	RTB-Proj.:	12/1124
	Material / Werkst.:	S235/265GH
Rev.	Änderung	Datum

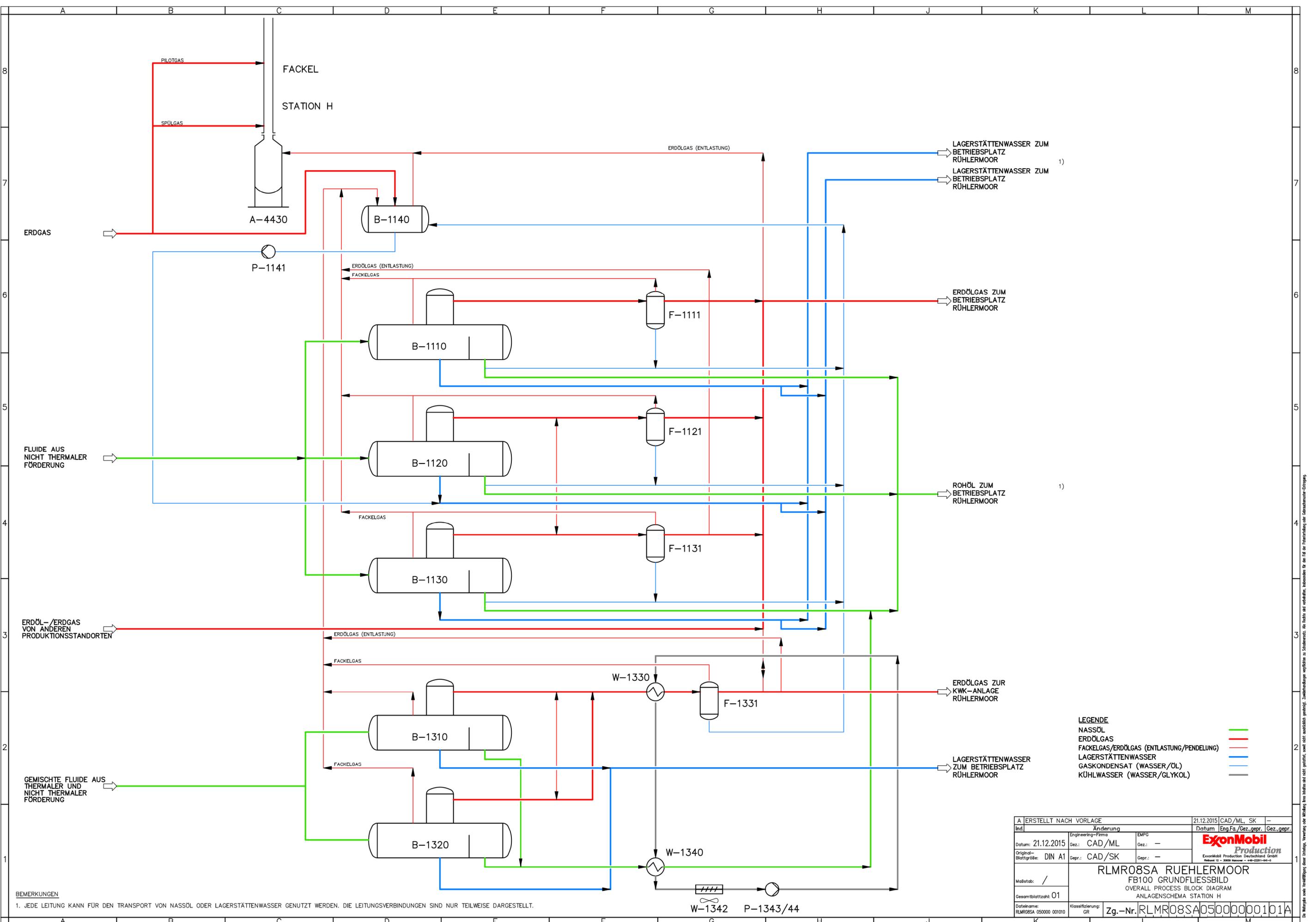
Zg.-Nr.:	6774	DIN A3
	12-1124-001 (2.Entwurf)	Rev. 02

3.8 Fließbilder

3.8.1 Grundfließbild mit Zusatzinformationen nach DIN EN ISO 10628

Anlagen:

- Abs-03-08-01_RLMR08SA_050000_001010_GRUNDFLIESSBILD_STATION_H.pdf



LEGENDE

- NASSÖL —
- ERDÖLGAS —
- FACKELGAS/ERDÖLGAS (ENTLASTUNG/PENDELUNG) —
- LAGERSTÄTTENWASSER —
- GASKONDENSAT (WASSER/ÖL) —
- KÜHLWASSER (WASSER/GLYKOL) —

BEMERKUNGEN
 1. JEDE LEITUNG KANN FÜR DEN TRANSPORT VON NASSÖL ODER LAGERSTÄTTENWASSER GENUTZT WERDEN. DIE LEITUNGSVERBINDUNGEN SIND NUR TEILWEISE DARGESTELLT.

A ERSTELLT NACH VORLAGE		21.12.2015 CAD/ML, SK	
Ind.	Änderung	Datum	Eng.Fa./Gez.gepr.
Datum: 21.12.2015	Engineering-Firma: CAD/ML	Gez.: —	Gez.: —
Original-Blattgröße: DIN A1	Gepr.: CAD/SK	Gepr.: —	Gepr.: —
Maßstab: /		ExxonMobil Production <small>ExxonMobil Production Deutschland GmbH Robert 13 - 3608 Marum - +49-0501-64-0</small>	
Gesamtblattzahl: 01			
Dateiname: RLMR08SA 050000 001010		Klassifizierung: GR	
Zg.-Nr. RLMR08SA050000001010			

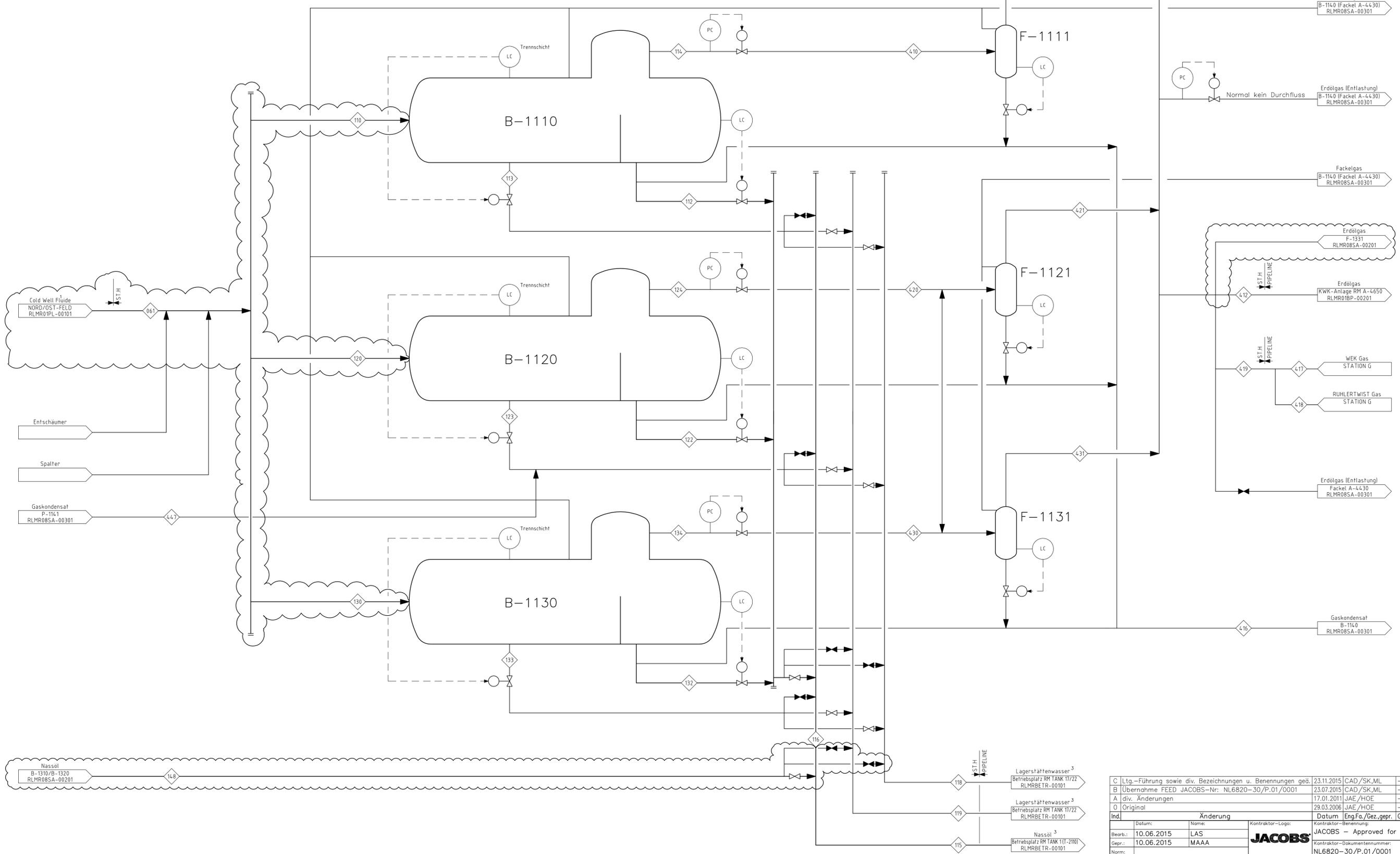
Die Maßgabe sowie Verantwortlichkeiten dieser Unterlagen, Verwertung oder Wiederverbreitung ohne schriftliche Genehmigung, insbesondere für den Fall der Patentverletzung oder Gebrauchsmuster-Schutzverletzung, sind ausdrücklich vorbehalten.

3.8.2 Verfahrensfließbild nach DIN EN ISO 10628

Anlagen:

- Abs-03-08-02-01_RLMR08SA_020000_001010.pdf
- Abs-03-08-02-02_RLMR08SA_010000_002010.pdf
- Abs-03-08-02-03_RLMR08SA_010000_003010.pdf

B-1110 3-PHASENABSCHIEDER			B-1120 3-PHASENABSCHIEDER			B-1130 3-PHASENABSCHIEDER			F-1111 FREIFLÜSSIGKEITSABSCHIEDER			F-1121 FREIFLÜSSIGKEITSABSCHIEDER			F-1131 FREIFLÜSSIGKEITSABSCHIEDER		
Durchmesser x Höhe (T/T)	3200 x 11420	mm	Durchmesser x Höhe (T/T)	3200 x 11420	mm	Durchmesser x Höhe (T/T)	3200 x 11420	mm	Durchmesser x Höhe (T/T)	1600 x 6000	mm	Durchmesser x Höhe (T/T)	1600 x 6000	mm	Durchmesser x Höhe (T/T)	1600 x 6000	mm
Betriebsdruck/-Temperatur	4,5/31	Barg/°C	Betriebsdruck/-Temperatur	4,5/31	Barg/°C	Betriebsdruck/-Temperatur	4,5/31	Barg/°C	Betriebsdruck/-Temperatur	3,5/30	Barg/°C	Betriebsdruck/-Temperatur	3,5/30	Barg/°C	Betriebsdruck/-Temperatur	3,5/30	Barg/°C
Volumen	100	m3	Volumen	100	m3	Volumen	100	m3	Volumen	13	m3	Volumen	13	m3	Volumen	13	m3

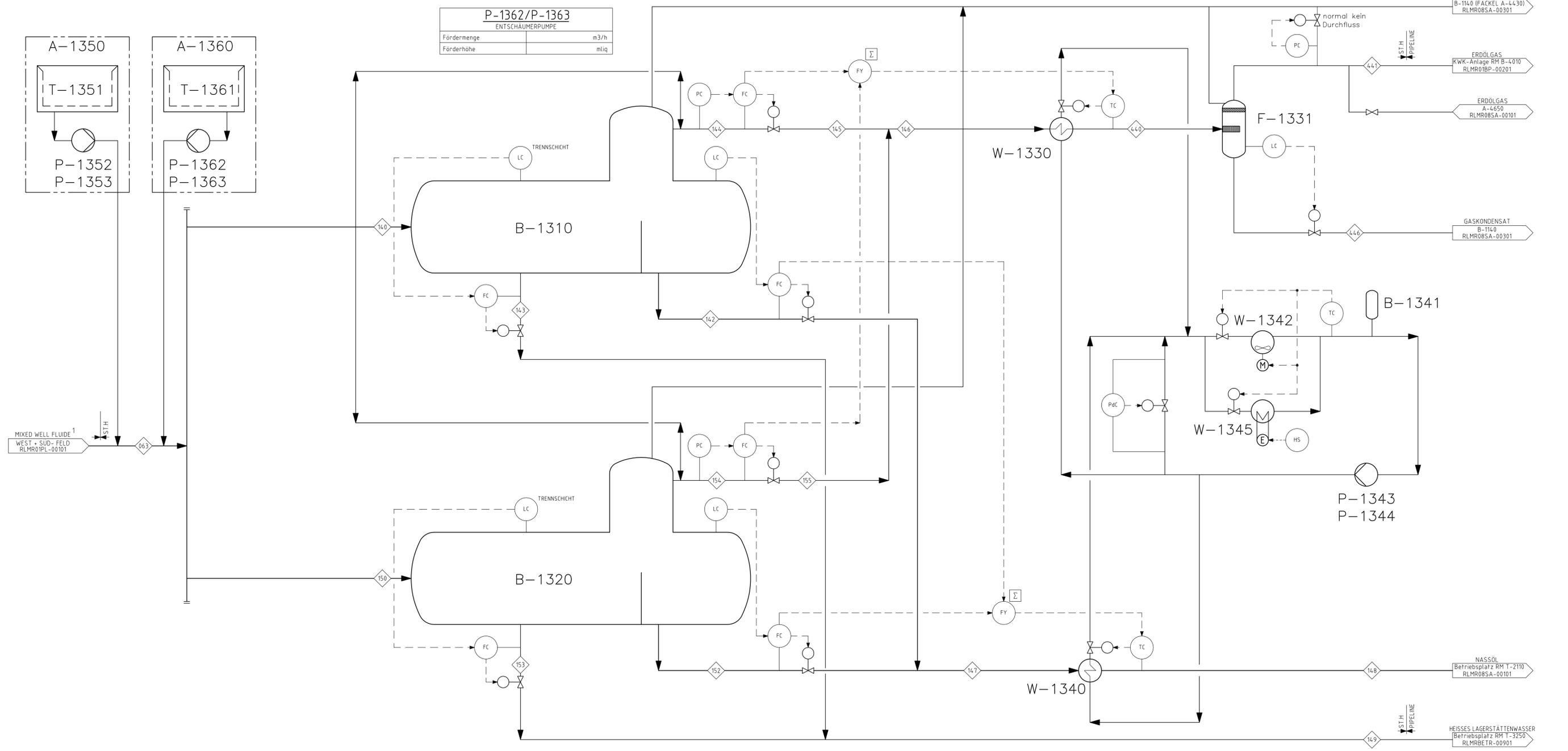


- Bemerkungen:**
- Cold Well Fluids = Fluide aus nicht thermalen Förderungen.
 - Erdölgas/Erdgas von anderen Produktionsstandorten.
 - Jede Leitung kann für den Transport von Nassöl oder Lagerstättenwasser genutzt werden.

= NEU / GEÄNDERT
 = FÜR REDEVELOPMENT PROJEKT

C	Ltg.-Führung sowie div. Bezeichnungen u. Benennungen geü.	23.11.2015	CAD/SK,ML	-
B	Übernahme FEED JACOBS-Nr.: NL6820-30/P.01/0001	23.07.2015	CAD/SK,ML	-
A	div. Änderungen	17.01.2011	JAE/HOE	-
O	Original	29.03.2006	JAE/HOE	-
Ind.	Änderung	Datum	Eng.Fa./Gez.gepr.	Gez.gepr.
Bearb.:	10.06.2015	LAS	KONTRAKTOR-BENENNUNG: JACOBS - Approved for Design	
Gepr.:	10.06.2015	MAAA	KONTRAKTOR-DOKUMENTENUMMER: NL6820-30/P.01/0001	
Datum:	29.03.2006	Engineering-Firma	EMPG	ExxonMobil Production ExxonMobil Production Deutschland GmbH Ruehlermoor 12 - 38855 Hannover - +49-(0)511-461-2
Blattgröße:	DIN A1	Gepr.:	Gepr.:	
Maßstab:	/	RLMR08SA RUEHLERMOOR SAMMELSTELLEN FB202 VERFAHRENSFLIESSBILD		
Gesamtblattzahl:	-	PROCESS FLOW DIAGRAMS INCLUDING HEAT AND MATERIAL BALANCES SAMMELSTELLE H COLD WELL FLUIDE 3-PHASENABSCHIEDER B-1110, B-1120 UND B-1130		
Dateiname:	RLMR08SA 010000 001010	Klassifizierung:	GR	Zg.-Nr. RLMR08SA01000001010

A-1350 SPALTER-DOSIEREINHEIT Kapazität I/h	T-1351 SPALTER-LAGERTANK Durchmesser x Höhe (T/T) mm Betriebsdruck/-Temperatur Barg/°C Volumen m³	B-1310 3-PHASENABSCHIEDER Durchmesser x Höhe (T/T) 3525 X 20500 mm Betriebsdruck/-Temperatur 4,5/60-80 Barg/°C Volumen 227 m³	B-1320 3-PHASENABSCHIEDER Durchmesser x Höhe (T/T) 3525 X 20500 mm Betriebsdruck/-Temperatur 4,5/60-80 Barg/°C Volumen 227 m³	F-1331 FREIFLÜSSIGKEITABSCHIEDER Durchmesser x Höhe (T/T) 1000 x 2900 mm Betriebsdruck/-Temperatur 3,5/40 Barg/°C Volumen 2,5 m³	P-1343/P-1344 KÜHLWASSERPUMPE Fördermenge 172 m³/h Förderhöhe 45,1 mliq	W-1340 ÖLKÜHLER Betriebs Temperatur Ein/Aus 60-80/50 (Rehrseite) °C Wärmeleistung 1,3 MW Übertragende Fläche 214 m²	W-1342 KÜHLWASSERLUFTKÜHLER Betriebs Temperatur Ein/Aus 40,3 / 32 °C Wärmeleistung 1,49 MW Übertragende Fläche 4,74 m²
A-1360 ENTSCÄUMER-DOSIEREINHEIT Kapazität I/h	P-1352/P-1353 SPALTERPUMPE Fördermenge m³/h Förderhöhe mliq	T-1361 ENTSCÄUMER-LAGERTANK Durchmesser x Höhe (T/T) mm Betriebsdruck/-Temperatur Barg/°C Volumen m³	B-1341 KÜHLWASSERSPEICHER Durchmesser x Höhe (T/T) BY VENDOR mm Betriebsdruck/-Temperatur 15/32 Barg/°C Volumen 0,4 m³	W-1330 GASKÜHLER Betriebs Temperatur Ein/Aus 60-80/40 (Shell seite) °C Wärmeleistung 0,14 MW Übertragende Fläche 24 m²	W-1345 KÜHLWASSERINBETRIEBNAHME-ERHITZER Betriebs Temperatur Ein/Aus °C Wärmeleistung 0,05 MW Übertragende Fläche m²		
		P-1362/P-1363 ENTSCÄUMERPUMPE Fördermenge m³/h Förderhöhe mliq					



Bemerkungen:
1. Mixed Well Fluide = Gemischte Fluide aus thermalen und nicht thermalen Förderungen.

NEUE ZEICHNUNG: ALLE EQUIPMENTS, LEITUNGEN UND INSTRUMENTIERUNGEN DIESER ZEICHNUNG WERDEN ALS BESTANDTEIL DES RUEHLERMOOR REDEVELOPMENT PROJEKT INSTALLIERT.

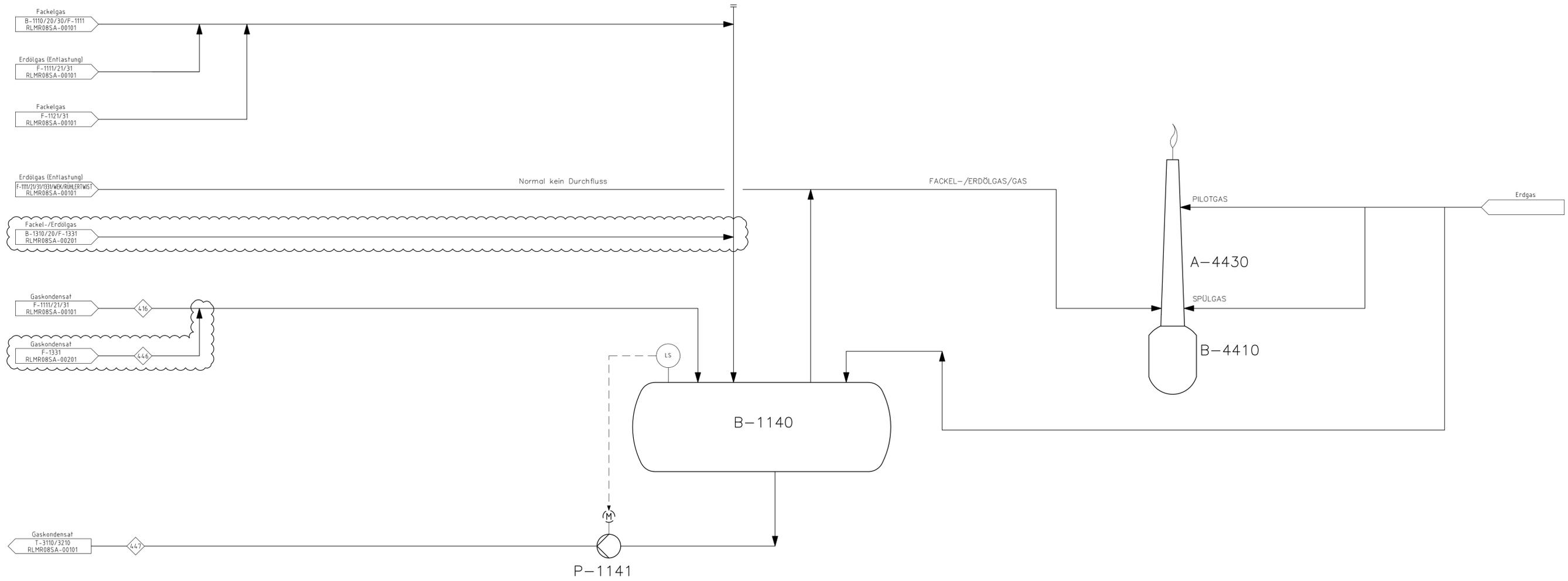
C	Ltg.-Führung sowie div. Bezeichnungen u. Benennungen geü.	23.11.2015	CAD/SK,ML	-
B	Übernahme FEED JACOBS-Nr: NL6820-30/P.01/0002	23.07.2015	CAD/SK,ML	-
A	div. Änderungen	17.01.2011	JAE/HOE	-
O	Original	29.03.2006	JAE/HOE	-
Ind.	Änderung	Datum	Eng.Fa./Gez.gepr.	Gez.gepr.
Bearb.:	10.06.2015	LAS	KONTRAKTOR-LOGO: JACOBS - Approved for Design	
Gepr.:	10.06.2015	MAAA	KONTRAKTOR-DOKUMENTENUMMER: NL6820-30/P.01/0002	
Datum:	29.03.2006	Engineering-Firma	EMPG	
Blattgröße:	DIN A1	Gez.:	itap	
Maßstab:	/	Gepr.:	-	ExxonMobil Production Deutschland GmbH Robert 12 - 38855 Harrover - +49-(0)51-64-2
Gesamtblattzahl:	-	Klassifizierung:	GR	Zg.-Nr. RLMR08SA0100000201C

P-1141 KONDENSATPUMPE	
Fördermenge	m3/h
Förderhöhe	m

B-1140 KONDENSATBEHÄLTER	
Durchmesser x Höhe (T/T)	1900 x 5127 mm
Betriebsdruck/-Temperatur	3.5/ 20 Barg/°C
Volumen	15.9 m3

B-4410 FACKELABSCHIEDER	
Durchmesser x Höhe (T/T)	800 x 3000 mm
Betriebsdruck/-Temperatur	>0.5/ 20 Barg/°C
Volumen	4.1 m3

A-4430 FACKEL	
Kapazität	11.000 Nm3/h
Betriebsdruck/-Temperatur	ATM Barg/°C



Bemerkungen:
 - Für aktuelle Prozessdaten kann auf Dokument RLMRFELD_HBG15444W verwiesen werden.

= NEU / GEÄNDERT
 = FÜR REDEVELOPMENT PROJEKT

D	Apparatebenennungen und Nennwerte geändert	26.07.2016	CAD/SK,ML	-
C	Ltg.-Führung sowie div. Bezeichnungen u. Benennungen geändert	23.11.2015	CAD/SK,ML	-
B	Übernahme FEED JACOBS-Nr.: NL6820-30/P.01/0003	23.07.2015	CAD/SK,ML	-
A	div. Änderungen	17.01.2011	JAE/HOE	-
O	Original	29.03.2006	JAE/HOE	-
Ind.	Änderung	Datum	Eng.Fa./Gez.gepr.	Gez.gepr.
	Datum:	Name:	Kontraktor-Logo:	Kontraktor-Benennung:
Bearb.:	10.06.2015	LAS	JACOBS	JACOBS - Approved for Design
Gepr.:	10.06.2015	MAAA		Kontraktor-Dokumentnummer: NL6820-30/P.01/0003
Norm:				ExxonMobil Production ExxonMobil Production Deutschland GmbH Ruehlermoor 12 - 38559 Harrold - +49-(0)511-461-2
Datum:	29.03.2006	Engineering-Firma	EMPG	
Original-Blattgröße:	DIN A1	Gepr.:	itap	Gez.:
		Gepr.:	-	Gez.:
Maßstab:	/	RLMR08SA RUEHLERMOOR SAMMELSTELLEN FB202 VERFAHRENSFLIESSBILD PROCESS FLOW DIAGRAMS INCLUDING HEAT AND MATERIAL BALANCES FACKELSYSTEM		
Gesamtblattzahl:	-	Dateiname:	RLMR08SA 010000 003010	Klassifizierung: GR
		Zg.-Nr.:	RLMR08SA010000003010	

4. Emissionen

- 4.1 Art und Ausmaß aller luftverunreinigenden Emissionen einschließlich Gerüchen, die voraussichtlich von der Anlage ausgehen werden**
- 4.2 Betriebszustand und Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen: Formular 4.2**
- 4.3 Quellenverzeichnis Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen: Formular 4.3**
- 4.4 Quellenplan Emissionen von staub-, gas- und aerosol-förmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen** *- entfällt -*
- 4.5 Betriebszustand und Schallemissionen: Formular 4.5**
- 4.6 Quellenplan Schallemissionen** *- entfällt -*
- 4.7 Sonstige Emissionen**
- 4.8 Vorgesehene Maßnahmen zur Überwachung aller Emissionen** *- entfällt -*
- 4.9 Betriebliches Monitoringkonzept**
- 4.10 Sonstiges**

4.1 Art und Ausmaß aller luftverunreinigenden Emissionen einschließlich Gerüchen, die voraussichtlich von der Anlage ausgehen werden

Die ExxonMobil Production Deutschland GmbH hat die TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG im Rahmen des Gesamtprojektes "Erdöl aus Rühlermoor - mit Tradition in die Zukunft" beauftragt, eine Immissionsprognose für das gesamte Vorhaben zu erstellen. Diese liegt dem Rahmenbetriebsplan unter Teil 4 - Anhang, Kapitel 4.4.1 als "Gutachterliche Stellungnahme über die erforderlichen Schornsteinhöhen sowie die Emissionen und Immissionen durch die Fortführung der Erdölförderung Emsland" bei (Auftrag-Nr. 8000649655 / 214UBP103).

Diese Immissionsprognose wurde auf der Grundlage einer Betrachtung der gleichzeitigen maximalen Emissionen aller Quellen erstellt. Diese Betriebszustände werden während des Betriebes selten bzw. gar nicht erreicht.

Sie kam dabei zu folgender Aussage:

"Der Fackelbetrieb der Station H beschränkt sich auf Instandhaltungs-, Reinigungs- bzw. Inspektionszwecke. Das bedeutet:

- geplante Entleerung von Abscheidern bzw. Tanks, sowie geplante Entlastung von Haupt- und Sammelleitungen an der Station H Rühlermoor und Notfallszenarien, z.B. Leckage an Tanks oder Pipeline,
- Unterbrechung der Gaszufuhr zum Betriebsplatz RLMR bzw. Ausfall der Verbraucher; ungeplante Entlastung der Station H und anschließendes Abfahren der Sonden im Feld,
- Verbrennen von Gasen aus der Behälter-Entgasung Station H bei Ausfall von Gasverbrauchern der KWK-Anlage und dem zentralen Betriebsplatz sowie
- Notabschaltungen zum kontrollierten Herunterfahren des Feldes.

Alle Betriebszwecke ergeben nach Angaben der EMPG eine durchschnittliche jährliche Betriebszeit von deutlich unter einem Prozent der Jahresstunden. "

Der Fackelbetrieb der Station H ist aufgrund der dargestellten sehr kurzen Betriebszeiten nicht geeignet einen relevanten Immissionsbeitrag zu liefern, so dass eine Vernachlässigung der Emissionen in der Immissionsprognose als vertretbar angesehen wurde.

In Formular 4.2 ist die durchschnittliche Anzahl der emissionsverursachenden Vorgänge über einen Zeitraum von 5 Jahren dargestellt. Bedingt durch die umfangreichen Tätigkeiten im Erdölfeld (Inbetriebsetzung von neuen Bohrungen oder Leitungen, Außerbetriebsetzung von Altanlagen etc.) ist es sehr wahrscheinlich, dass sich in den ersten 5 Jahren nach Projektbeginn die Anzahl der Fackelvorgänge verdoppelt. Daher ist es auch durchaus möglich, dass die der o.g. Berechnung zugrundeliegende Betriebszeit von 1 % der Jahresstunden erreicht wird.

Gemäß § 5 des BImSchG ist eine Anlage so zu betreiben, dass Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird. Beim Betrieb der Hochfackel gelten weiterhin die

Anforderungen der Ziffer 5.4.8.1a 2.2 der TA Luft 2002 und es sind somit bei der Verbrennung der Gase aus der Tankentlastung folgende Anforderungen einzuhalten:

- Keine Abfackelung von halogenierten brennbaren gasförmigen Stoffen
- Mindesttemperatur von 850°C in der Flamme
- Organische Stoffe: Emissionsminderungsgrad von 99,9% bezogen auf den Gesamtkohlenstoff oder
- Massenkonzentration 20 mg/m³ bezogen auf Gesamtkohlenstoff

Bei der Verbrennung von Gasen aus Betriebsstörungen gilt folgende Sonderregelung:

- Emissionsminderungsgrad von 99% bezogen auf den Gesamtkohlenstoff

Zur Beurteilung der Emissionen der Hochfackel wird zudem die durch Prof. Dr. D. Rist erstellte "Gutachterliche Stellungnahme zum Emissionsminderungsgrad (EMG) bei Erdgasfackeln" vom Institut für Luft und Raumfahrt der Technischen Universität München aus dem Jahr 2004 herangezogen, da die Ausführung der Hochfackel identisch derjenigen dort beschriebenen Erdgasfackeln ist. Das Gutachten liegt diesem Antrag unter Kapitel 4.10 bei.

Das Gesamt-Fazit des Gutachtens zum Emissionsminderungsgrad (EMG) bei Erdgasfackeln lautet: "Abschließend ist festzuhalten, dass sowohl die Verbrennungseffektivität CE als auch der Emissionsminderungsgrad EMG von Erdgasfackeln über einen breiten Betriebsbereich sehr hohe Werte nahe bei 100% aufweisen. Die Umweltbeeinflussung durch Emissionen organischer Verbindungen ist demnach sehr gering..."

Durch die Modernisierung des Fackelkopfes nach dem Stand der Technik wird sichergestellt, dass die materiellen Anforderungen der TA Luft eingehalten werden.

4.2 Betriebszustand und Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen

BE-Nr.	BE-Bezeichnung	Quelle Nummer lt. Fließbild	Betriebszustand (z.B. Anfahrbetrieb, Abfahrbetrieb, Normalbetrieb bei verschiedenen Laststufen) und emissionsverursachender Vorgang	Häufigkeit des emissionsverursachenden Vorganges	Zeitdauer des emissionsverursachenden Vorganges	Abgas-		Emittierter Stoff im Reingas (getrennt nach einzelnen Komponenten)						Ermittlungsart der Emissionen
						Strom [Nm ³ /h]	Temperatur [°C]	Bezeichnung	Aggregatzustand	Konzentration [mg/m ³] bzw. [GE/m ³]		Massenstrom [kg/h] bzw. [GE/h]		
										Min	Max	Min	Max	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Normalbetrieb Verbrennung von Pilotgas	kontinuierlich	8760 h/a	60	850	Gesamt-C	gasförmig		20		0,0012	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Normalbetrieb Verbrennung von Spülgas	kontinuierlich	8760 h/a	15	850	Gesamt-C	gasförmig		20		0,0003	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Instandhaltung: geplante Entleerung von Abscheidern und Tanks für Instandhaltungs-, Reinigungs- bzw. Inspektionszwecke	Annahme: durchschnittlich 4 x pro Jahr	1 h	6.000	850	Gesamt-C	gasförmig		20		0,12	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Instandhaltung: geplante Entleerung von Abscheidern und Tanks für Instandhaltungs-, Reinigungs- bzw. Inspektionszwecke	Annahme: durchschnittlich 4 x pro Jahr	1 h	6.000	850	Schwefeldioxid (SO ₂)	gasförmig				8	berechnet

BE-Nr.	BE-Bezeichnung	Quelle Nummer lt. Fließbild	Betriebszustand (z.B. Anfahrbetrieb, Abfahrbetrieb, Normalbetrieb bei verschiedenen Laststufen) und emissionsverursachender Vorgang	Häufigkeit des emissionsverursachenden Vorganges	Zeitdauer des emissionsverursachenden Vorganges	Abgas-		Emittierter Stoff im Reingas (getrennt nach einzelnen Komponenten)						Ermittlungsart der Emissionen
						Strom [Nm ³ /h]	Temperatur [°C]	Bezeichnung	Aggregatzustand	Konzentration [mg/m ³] bzw. [GE/m ³]		Massenstrom [kg/h] bzw. [GE/h]		
										Min.	Max.	Min.	Max.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Instandhaltung: geplante Entleerung von Abscheidern und Tanks für Instandhaltungs-, Reinigungs- bzw. Inspektionszwecke	Annahme: durchschnittlich 4 x pro Jahr	1 h	6.000	850	Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	gasförmig				0,62	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Instandhaltung: geplante Entlastung von Haupt- und Sammelleitungen an der Station H für Instandhaltungs- bzw. Inspektionszwecke	Annahme: durchschnittlich 3 x pro Jahr	1 h	3.750	850	Gesamt-C	gasförmig		20		0,075	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Instandhaltung: geplante Entlastung von Haupt- und Sammelleitungen an der Station H für Instandhaltungs- bzw. Inspektionszwecke	Annahme: durchschnittlich 3 x pro Jahr	1 h	3.750	850	Schwefeldioxid (SO ₂)	gasförmig				5,2	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Instandhaltung: geplante Entlastung von Haupt- und Sammelleitungen an der Station H für Instandhaltungs- bzw. Inspektionszwecke	Annahme: durchschnittlich 3 x pro Jahr	1 h	3.750	850	Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	gasförmig				0,004	berechnet

BE-Nr.	BE-Bezeichnung	Quelle Nummer lt. Fließbild	Betriebszustand (z.B. Anfahrbetrieb, Abfahrbetrieb, Normalbetrieb bei verschiedenen Laststufen) und emissionsverursachender Vorgang	Häufigkeit des emissionsverursachenden Vorganges	Zeitdauer des emissionsverursachenden Vorganges	Abgas-		Emittierter Stoff im Reingas (getrennt nach einzelnen Komponenten)						Ermittlungsart der Emissionen
						Strom [Nm ³ /h]	Temperatur [°C]	Bezeichnung	Aggregatzustand	Konzentration [mg/m ³] bzw. [GE/m ³]		Massenstrom [kg/h] bzw. [GE/h]		
										Min.	Max.	Min.	Max.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Abfahrbetrieb und Notfallszenario	konservativ: 1 x pro Jahr	< 20 min	180.000	850	Gesamt-C	gasförmig					berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Abfahrbetrieb und Notfallszenario	konservativ: 1 x pro Jahr	< 20 min	180.000	850	Schwefeldioxid (SO ₂)	gasförmig				65,9	berechnet
01	Hochfackel A-4430	A-4430	Abfahrbetrieb und Notfallszenario	konservativ: 1 x pro Jahr	< 20 min	180.000	850	Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	gasförmig				0,54	berechnet

4.3 Quellenverzeichnis Emissionen von staub-, gas- und aerosolförmigen luftverunreinigenden Stoffen sowie Gerüchen

Quelle Nummer lt. Fließbild	Art der Quelle	Bauausführung der Quelle	Geographische Lage		Geodätische Höhe [m]	Höhe über dem Erdboden [m]	Austrittsfläche [m ²]	Bei Linien- und Flächenquellen		
			Ostwert	Nordwert				Länge [m]	Breite [m]	Winkel zu Nord
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A-4430	Fackel	Hochfackel	376232	5836314	20,1	25	0,64			

4.5 Betriebszustand und Schallemissionen

In der folgenden Tabelle sind unter der Berücksichtigung des Betriebsablaufs alle relevanten Schallemissionen verursachenden Vorgänge aufgeführt:

BE	Betriebszustand (z.B. Normalbetrieb, Teillast, Volllast) und emissions- verursachender Vorgang	Einsatzzeit			Schallquelle Nummer lt. Fließbild	Schalleistungs- pegel [dB(A)]	Messverfahren oder Literaturhinweis	Schallschutz- maßnahmen
		Tage/Woche Tage/Monat Tage/Jahr	Std./Tag	Uhrzeit				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	Normalbetrieb	365 d/a	24 h/d	00:00-24:00 Uhr	A-4430	85	Herstellerangaben	

4.7 Sonstige Emissionen

Beim Betrieb der Fackelanlage sind in geringem Umfang Licht- und Wärmeemissionen zu erwarten.

Wärme :

Die Fackel wird so ausgelegt, dass bei der Notfallabfackelung im Anlagen- und Bodenbereich keine nachteiligen Auswirkungen durch Temperaturen auftreten. Im zur Genehmigung beantragten Betrieb sind die Auswirkungen aufgrund der geringeren Durchsätze deutlich geringer.

Die Temperatúrauswirkungen der Fackelanlage für den Betrieb mit 11.000 m³/h Gasdurchsatz wurden im Rahmen der Projektplanung evaluiert und bewertet. Danach ergeben sich für den maximalen Betriebszustand durch die Strahlungswärme auf Personen / Einrichtungen Bestrahlungsstärken von 1,58 kW/m² in einer Entfernung von 32 m von der Fackelanlage in einer Höhe von 2 m. Dieser Bereich im Umkreis von 32 m um die Fackel befindet sich innerhalb der Einzäunung der Station H. Gemäß den ExxonMobil-Standards liegt der zulässige Wert für die Strahlungswärme (maximale Intensität) für öffentliche Bereiche bei 1,58 kW/m².

Als Vergleichsmaßstab kann auf KAS-18 (Leitfaden - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG), Tabelle 8 verwiesen werden, die die kritische Bestrahlungsstärke für nachteilige Wirkungen mit 1,6 kW/m² aufführt.

Durch die Einhaltung des für die Evaluierung gewählten Kriteriums, welches strenger ist als die Maßgaben der KAS-18, wird der Schutz Dritter gegen nachteilige Wirkungen durch Strahlungswärme gewährleistet.

Licht :

Aufgrund der Bauweise (Sichtschutz) und der Betriebsweise (geplante Entlastung nur am Tag) der Hochfackel sind durch den genehmigungsrechtlich geregelten Betrieb der Fackel nur geringe Lichtemissionen zu erwarten. Kontinuierlich brennen nur die Pilotbrenner, deren Lichtschein durch die Sichtblende fast vollständig abgedunkelt wird.

In ihrer Funktion als Notfackel bei einer Sicherheitsentlastung kann ein Betrieb während der Nachtstunden nicht ausgeschlossen werden. Da dieser Notfallbetrieb nicht genehmigungsrelevant ist und nicht geplant werden kann, ist er hinsichtlich Lichtemissionen nicht zu betrachten.

4.9 Betriebliches Monitoringkonzept

Die Fackelanlage auf der Station H ist genehmigungsrechtlich eine Nebenanlage der bergrechtlichen Tagesanlage "Station H" zur Aufbereitung von Erdöl.

Der für das Genehmigungserfordernis nach §4 BImSchG relevante Tatbestand ergibt sich nach Nr. 8.1.3 des Anhangs 1 zur 4. BImSchV als "Anlage zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behältern gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer gasförmiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen durch Abfackeln von Deponiegas oder anderen gasförmigen Stoffen, ausgenommen über Notfackeln, die für den nicht bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind".

Dieses Genehmigungserfordernis ist unabhängig von der Anlagenkapazität.

Die Fackel wird vorrangig als Notfackel genutzt. Zukünftig sollen über diese Fackelanlage auch die bei Instandhaltungs- und Prüfarbeiten anfallenden Gase verbrannt werden.

Durch das Abfackeln wird das Treibhausgas Kohlendioxid freigesetzt.

Die für die Bewertung der Tätigkeiten im Sinne des TEHG zu berücksichtigende Feuerungswärmeleistung ergibt sich aus den emissionsverursachenden Vorgängen, die nicht als Notfackel- Arbeiten zu erklären sind. Hierzu wird auf Abschnitt 4.2. dieses Antrags verwiesen.

Für die regelmäßigen Fackelarbeiten wird eine Feuerungswärmeleistung von weniger als 20 MW in Anspruch genommen. Aufgrund sicherheitstechnischer Aspekte ist die Fackel für 100 MW ausgelegt; eine Begrenzung der Fackelkapazität im Betriebsfall ist, auch aus sicherheitstechnischen Gründen, nicht vorhanden.

Die Fackel unterliegt aufgrund ihres Betriebs und der damit verbundenen Freisetzung von Treibhausgasen dem "Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz -TEHG)" vom 21. Juli 2011. Dazu wird auf § 2, Abs. 2 i.V.m. Anhang 1 - Teil 2, Nr. 1 des TEHG verwiesen.

Der Antrag auf Genehmigung gemäß § 4 TEHG zur Freisetzung von Treibhausgasen ist diesem Kapitel im Anhang beigelegt.

Anlagen:

- Abs-04-09_TEHG-Antrag _StationH.pdf

Antrag auf Genehmigung zur Emission von Treibhausgasen gemäß § 4 TEHG

Betreiber: ExxonMobil Production Deutschland GmbH
Riethorst 12
30659 Hannover

Standort der Anlage: Rühlermoor Nr. 9, 49767 Twist

Es wird eine Genehmigung zur Freisetzung von Treibhausgasen durch Tätigkeiten gemäß Anhang 1, Teil 2 des Gesetzes über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (Treibhaus- Emissionshandelsgesetz- TEHG) beantragt.

Beschreibung des Vorhabens:

Seit den 1950er Jahren wird im Emsland Erdöl aus verschiedenen Lagerstätten gefördert. Zur Verbesserung der Fließeigenschaften des in einigen Lagerstätten, wie z.B. dem Erdölfeld Rühlermoor sehr viskosen Rohöls wird seit etwa 30 Jahren die Thermal-förderung mittels Dampfinjektion als tertiäres Gewinnungsverfahren angewendet. ExxonMobil plant die langfristige Fortführung der Ölförderung im Erdölfeld Rühlermoor und sieht Potenzial für die Erschließung weiterer Reserven durch eine Erweiterung dieser Thermalförderung.

Die beantragte Freisetzung von Treibhausgasen durch Tätigkeiten nach TEHG ist Bestandteil eines aus insgesamt 4 Teilen bestehenden bergbaulichen Vorhabens, das sich wie folgt beschreiben lässt:

- A. Entwicklung des bestehenden Erdölfeldes Rühlermoor durch neue Tiefbohrungen und Aufarbeitung vorhandener Bohrungen, Neubau und Ersatz von Rohrleitungen, sowie der Erweiterung der Sammelstation H.
- B. Umbau und Ergänzung des bestehenden Betriebsplatzes Rühlermoor zur Aufbereitung des zusätzlich gewonnenen Erdöls.
- C. Neubau und Betrieb einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) zum Zwecke der Dampf- und Stromerzeugung , einschließlich Nebenanlagen.
Die Nebenanlagen umfassen u.a. eine Gasreinigung und Wasseraufbereitung für die Nutzung von anfallenden Begleitstoffen aus der Erdölförderung, eine Dampfkesselanlage sowie eine Fackelanlage. Als Nebenprodukt der Gasreinigung entsteht biologisch gewonnener elementarer Schwefel.
- D. die Errichtung und den Betrieb von Pumpstationen zur Verpressung der bergbaulichen Wässer aus der Erdölgewinnung.

Die genehmigungspflichtige Freisetzung von Treibhausgasen erfolgt durch die Änderung des Betriebs einer Fackelanlage auf der Sammel- und Aufbereitungsanlage „Station H“ im Zuge der Realisierung des Projektbestandteils A. Die Betriebsaufnahme nach der Änderung ist nach derzeitigem Projektstand im Jahr 2022 geplant.

Die Freisetzung von Treibhausgasen erfolgt durch Tätigkeiten der Verbrennung von Brennstoffen.

Die Fackel- Anlage wird i.S. des Anhang 1, Teil 2 zum TEHG beschrieben als Tätigkeit nach Nummer 1:

„Verbrennungseinheiten zur Verbrennung von Brennstoffen mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von insgesamt 20 MW oder mehr in einer Anlage, soweit nicht von einer der nachfolgenden Nummern erfasst“

Das freigesetzte Treibhausgas ist Kohlendioxid (CO₂). Entsprechend der im Genehmigungsantrag beschriebenen emissionsverursachenden Vorgänge ist voraussichtlich eine jährliche Treibhausgasemission von 250 Tonnen CO₂ zu erwarten. Diese Menge beinhaltet keine unvorhersehbaren Notabfackelungen.

Die Brennstoffe für die Tätigkeiten nach TEHG sind gasförmige Brennstoffe (naturbelassenes Erdgas und Erdöl aus der Tertiärförderung von Erdöl).

Die Fackelanlage ist durch folgende TEHG- relevante Parameter gekennzeichnet:

- Fackelbrenner:
Auslegung für max. 11.000 m³/h (N) Fackelgas , unabhängig von der Nutzung als immissionschutzrechtlich genehmigungspflichtige Betriebsfackel oder Notfackel,
- Pilotbrenner:
Auslegung für ca. 6 m³/h (N) Pilotgas und 1,4 m³/h (N) Spülgas

Fackel- und Pilotbrenner sind als gemeinsame Quelle zu betrachten. Der Standort der Fackel ist im Quellenplan (Kapitel 4.4 des BImSchG-Antrages) dargestellt.

4.10 Sonstiges

Anlagen:

- Abs-04-10_IPR WEG-Bericht Fackeln E+P-Industrie-kpl.pdf

D. Rist

**Gutachterliche Stellungnahme zum
Emissionsminderungsgrad (EMG) bei Erdgasfackeln**

Technische Universität München
Institut für Luft- und Raumfahrt
Oktober 2004

D. Rist
Technische Universität München
Institut für Luft- und Raumfahrt
Oktober 2004

Gutachterliche Stellungnahme zum Emissionsminderungsgrad (EMG) bei Erdgasfackeln

Inhalt

	Seite
Projektpartner	1
1. Definitionen der technischen Begriffe „Fackel“ und „Fackelbetrieb“	2
1.1 Fackeln der Gas- und Ölindustrie und ähnlicher technischer Bereiche	2
1.2 Erdgasfackeln	4
Zusammenfassung und Fazit	8
2. Verbrennungsvorgang bei Erdgasfackeln mit Sicht auf den Emissionsminderungsgrad	10
2.1 Verbrennungsvorgänge und -reaktionen	10
2.2 Flammenlängen und Ähnlichkeitsgrößen	16
Zusammenfassung und Fazit	18
3. Verbrennungskenngrößen und Grenzvorschriften der TA Luft	20
3.1 Emissionsminderungsgrad (EMG)	20
3.2 Andere Kenngrößen der Verbrennungsqualität	25
3.3 Grenztemperatur	29
Zusammenfassung und Fazit	31
4. Einflüsse auf Verbrennung und Emissionsminderungsgrad (EMG)	32
4.1 Organisation der Verbrennung	32
4.2 Fackelkopftypen	34
4.3 Brenngaszusammensetzung	44
4.4 Weitere Einflüsse auf die Verbrennung	46
Zusammenfassung und Fazit	48
5. Methoden zur Messung der Rauchgasspezies und -temperaturen	49
5.1 Einzelpunktmessung mit Verschiebung der Messpunktkoordinaten	49
5.2 Gleichzeitige Mehrpunktmessungen	53
5.3 Integrale berührungslose Messungen	55
Zusammenfassung und Fazit	58

6.	Quantitative Angaben zum Emissionsminderungsgrad und zur Grenztemperatur	59
6.1	Verlauf und Verteilung der Rauchgasspezies	59
6.2	Emissionsminderungsgrad EMG und Gesamt-C-Emissionsgrad EC	63
6.3	Allgemeine Verbrennungseffektivität und Kohlenwasserstoff- Verbrennungseffektivität	70
6.4	Flammen- bzw. Rauchgastemperaturen	72
	Zusammenfassung und Fazit	77
7.	Möglichkeiten zur Verbesserung der Fackelverbrennung	79
7.1	Fackelkopf-Ummantelung	79
7.2	Wirbelgebiete und Drallströmungen	81
7.3	Weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Verbrennung	86
7.4	Verifizierungs- und Validierungsversuche	87
	Zusammenfassung und Fazit	89
8.	Empfehlungen für Fackel-Altanlagen und Fackel-Neuanlagen	90
8.1	Fackel-Altanlagen	90
8.2	Fackel-Neuanlagen	92
	Zusammenfassung und Fazit	93
9.	Gesamt-Zusammenfassung und –Fazit	94
	Berichte und Quellen	101

Projektpartner

Projektpartner im Projekt

Emissionsminderungsgrad bei Erdgasfackeln

des Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung e. V. (WEG), 30169 Hannover, sind

- ExxonMobil Production Deutschland GmbH,
30633 Hannover,
- EEG Erdgas Erdöl GmbH,
10117 Berlin,
- Gas de France – PEG,
49803 Lingen,
- RWE Dea AG,
22204 Hamburg,
- Wintershall AG,
34112 Kassel,
sowie
- Prof. Dr. Dieter Rist, Technische Universität München (Ingenieurbüro Prof. Rist)
85386 Eching.

1. Definitionen der technischen Begriffe „Fackel“ und „Fackelbetrieb“

1.1 Fackeln der Gas- und Ölindustrie und ähnlicher technischer Bereiche

In den einschlägigen Richtlinien der europäischen Kommission zur Schadstoffemissions-Verhinderung und –Überwachung des Jahres 2003 (Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Documents on Best Available Techniques (BAT) ... /3/, /4/) werden prinzipiell zwei Fackeltypen unterschieden: Hochfackeln (Elevated Flares) und Bodenfackeln (Ground Flares).

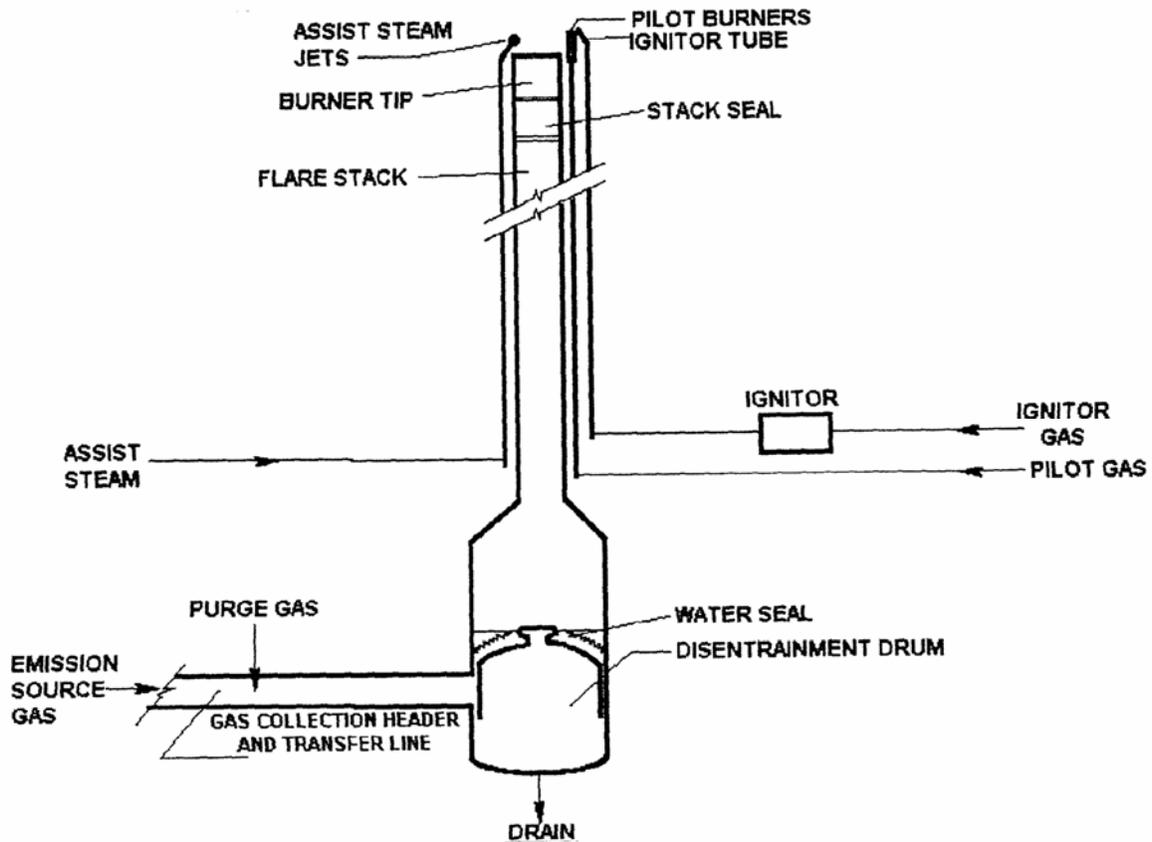


Bild 1.1: System-Schema einer typischen Hochfackel (aus /4/)
(Typical Elevated Flare System)

Hochfackeln sind der in größerem Umfang verbreitete Typ und besitzen größere Durchsatzkapazitäten (Hunderte Tonnen pro Stunde) als Bodenfackeln. Da die Bodenfackeln für kleinere Durchsatzkapazitäten ausgelegt sind (Größenordnung zehn Tonnen pro Stunde), und technisch-physikalisch bessere Bedingungen für die Verbrennung bieten, aber im allgemeinen und grundsätzlich mit dem gleichen Verbrennungsprinzip und -prozess arbeiten, werden sie hier nicht weiter betrachtet. (Neuere Bodenfackeln mit Vormischung von Brennstoff und Luft besitzen dagegen ein anderes Verbrennungsprinzip und bleiben hier ebenfalls außer Betracht. Durch das geänderte Prinzip sind die Bedingungen für die eigentliche Verbrennung

und Schadstoffminderung weiter verbessert, Probleme können jedoch in anderer Hinsicht auftreten.)

Ein typisches System einer Hochfackel, Bild 1.1 (aus /4/), besteht aus den Anlagenteilen zur Vorbereitung, Sammlung und Zuleitung der zu verbrennenden Gase aus dem Prozess-System, einem Fackel-Hauptrohr mit einer Einfach- oder Mehrfach-Brennerdüse, Pilotbrennern und Zündeinrichtung, geeigneten Dichtungen oder Spülgaszuführungen zum Verhindern des Flammenrückschlags in das Fackel-Hauptrohr sowie, falls erforderlich, Einrichtungen für Dampf- oder Druckluft einspritzung zur Gewährleistung einer rauchlosen Verbrennung. Hochfackeln werden normalerweise für Notentlastungen sowie für das An- und Abfahren von Prozessanlagen betrieben, während Bodenfackeln mit einer optimierten Brennerauslegung mehr für den normalen Dauerbetrieb eingesetzt werden. Manche Industrieanlagen besitzen ein kombiniertes Fackelsystem mit der entsprechenden Aufgabenteilung (/4/, S. 223 – 230). In /4/ sind einige quantitative Angaben zum Umreißen der Dimensionen und des Betriebs von Hochfackeln für verschiedene Zwecke enthalten:

- Fackelhöhen: 10 bis > 100 m (120 m);
- Brenneraustrittsdurchmesser am Fackelkopf: 25 mm bis 2,3 m;
- typische Durchsatzbereiche: > 0 bis $1,8 \cdot 10^6 \text{ m}_N^3/\text{h}$;
- Verbrennungstemperatur: > 800 °C;
- typische Brenngas-Austrittsgeschwindigkeit: > 0 m/s (zum Vermeiden des Flammenrückschlags) bis ca. 20 m/s.
(Bei Notentlastungen können diese Geschwindigkeiten noch wesentlich größer sein.)
- Betriebszeiten: Ca. 1 h/a bis > 100 h/a;
- Mindestheizwert des Brenngases für stabile Verbrennung: Ca. 8300 kJ/ m_N^3 .

Zur Eindämmung und Begrenzung von Schadstoffemissionen aus unterschiedlichen technischen oder biologischen Prozessen gibt es einerseits Rückgewinnungs- und Wiederverwendungs-Methoden und andererseits abbauende Methoden (destructive techniques). Unter den letzteren wird die thermische Oxidation, wozu die Fackelverbrennung gehört, hinsichtlich der Kohlenwasserstoffe als Bestandteil der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) in /3/ als sehr gut beurteilt.

Der Fackelbetrieb erstreckt sich über einen sehr weiten Betriebsbereich, allein an den Durchsatzraten gemessen zwischen weniger als 1 % des Auslegungswertes bis zu weit über 100 % (bei maximaler Notentlastung). Im EC-Dokument /3/ wird darauf hingewiesen, dass neben dem sehr großen Durchsatzbereich weitere ungünstige Bedingungen eine optimale Fackelverbrennung beeinträchtigen können. Dazu gehören die unvollständige Mischung von Brennstoff und Verbrennungsluft, verhältnismäßig hohe Windgeschwindigkeiten, relativ niedrige

Heizwerte des Brenngases und sehr kleine Brenngasströme am Fackelaustritt. Alle diese Einflüsse können die Verbrennungseffektivität deutlich vermindern und dementsprechend zur verstärkten Emission von verschiedenen (Schadstoff-)Produkten der unvollständigen Verbrennung beitragen. Solchen ungünstigen Bedingungen ist mit technischen Maßnahmen zu begegnen, um diese Beeinträchtigungen zu minimieren und geringstmögliche Schadstoffemissionen zu erzeugen.

Im Abschnitt 4.4.3.4 (Auxiliary Flaring Equipment) des Richtlinien-Dokuments /2/ des American Petroleum Institute (API) sind Zusatzeinrichtungen von Fackeln detailliert beschrieben. Dazu gehören Ausführungen über den Schutz gegen Flammenrückschlag, über Sicherheitsmaßnahmen zum Verhindern des Lufteintritts in das Fackel-Hauptrohr sowie über die Zündeinrichtung und Pilotbrenner. Zur Dimensionierung und Auslegung von Fackeln sind in Abschnitt 5.4.3 sowie im Anhang C Hinweise und Angaben enthalten. Der Durchmesser des Fackel-Hauptrohrs wird im allgemeinen auf einer Geschwindigkeits- bzw. Machzahl-Basis festgelegt. Empfohlen wird ein Machzahlniveau von $M \approx 0,2$ beim „normalen“ Fackelbetrieb und ein zulässiger Wert von $M \approx 0,5$ bei kurzzeitiger Spitzenbelastung. Für das im Beispiel des Anhangs C betrachtete schwere Kohlenwasserstoffgas ($Mol = 46,1 \text{ kg/kmol}$; $\rho_N = 2,057 \text{ kg/m}^3$) entspricht $M \approx 0,2$ bei der Brenngastemperatur von $149 \text{ }^\circ\text{C}$ einer Geschwindigkeit von $u_{BG} \approx 58 \text{ m/s}$.

1.2 Erdgasfackeln

In Bild 1.2 ist das Schema einer Sauer gas-Förderanlage mit Notentlastungs-Fackel und separater Einrichtung zur Verbrennung von Entlösungsgas dargestellt (aus /5/). Bild 1.3 zeigt ergänzend das Beispiel einer typischen Erdgasfackel mit Zusatzeinrichtungen und ihre Gasführung. Durch Vergleich ist zu erkennen, dass diese Fackel die gleichen wesentlichen Komponenten wie die in Bild 1.1 besitzt. Unterschiede sind durch die Zusatzeinrichtung zur Entlösungsgasverbrennung hier und die (optional vorhandene) Einrichtung zur Dampfstrahleinspritzung dort gegeben. Die an Sauer gas- und anderen Erdgassonden installierten Fackeln sind in der Regel Hochfackeln, die für bestimmte größere – bei Notentlastung der Anlagen maximal mögliche – Abfackelraten ausgelegt sind.

In den einschlägigen deutschen Richtlinien wie auch in denen der europäischen Union und der USA, z. B. in denen des American Petroleum Institute (API), gibt es – wie in Abschnitt 1.1 erläutert - keine verbindlichen, quantitativ klar eingrenzenden Angaben zum Durchsatzbereich des originären - d. h. auslegungsbestimmenden – Fackelbetriebs.

Nach Übereinkunft der WEG-Projektpartner zur Definition von Erdgasfackeln und ihres Betriebs basiert die Dimensionierung des Hauptfackelrohrs auf einem größeren Fackelgas-Volumenstrom pro Hauptfackelrohrquerschnitt, der ein Mehrfaches des im Folgenden angegebenen Mindest-Volumenstroms des originären Fackelbetriebs ist.

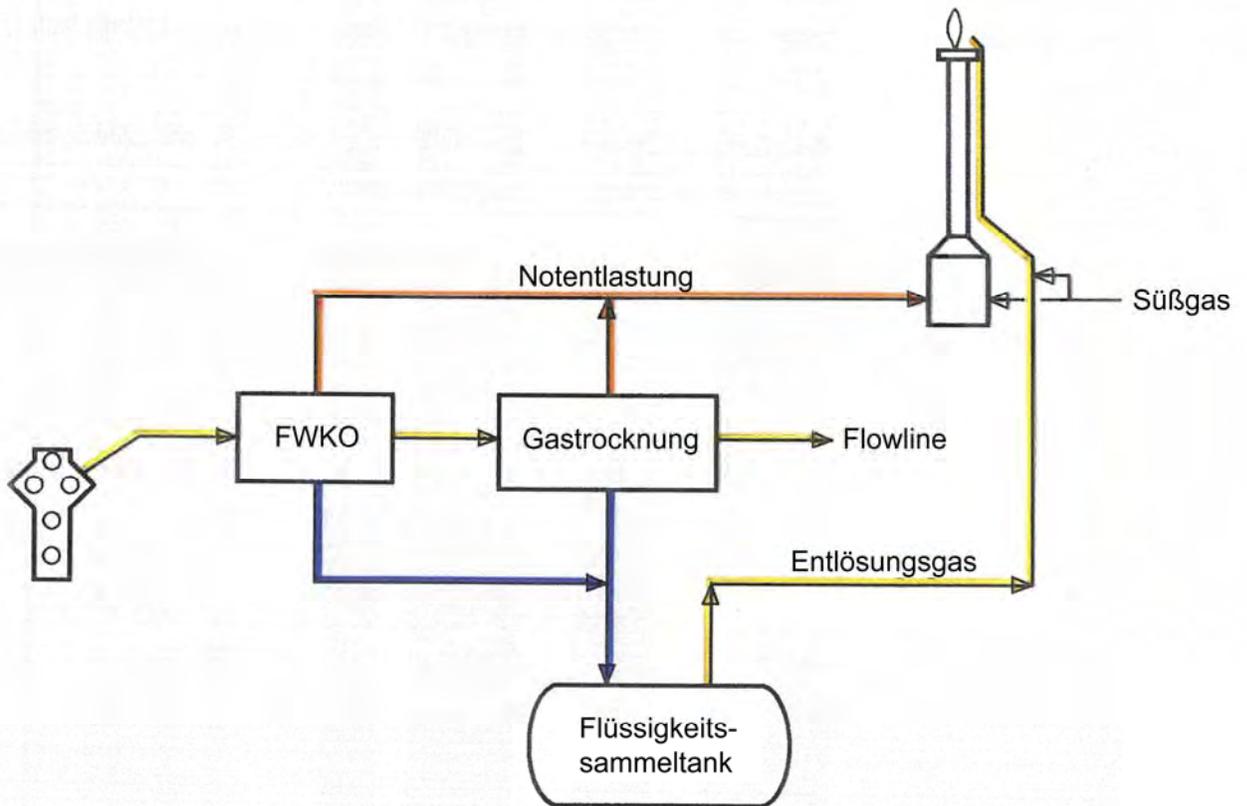


Bild 1.2: Schema einer Sauergas-Förderanlage

Der originäre Fackelbetrieb beginnt bei einem Mindest-Volumenstrom, nämlich bei

$$\frac{\dot{V}_{N,Fackel}}{A_{Fackel-Hauptrohr}} = u_{BG} \geq 10 \frac{m}{s} ,$$

also für $D_{Fackel-Hauptrohr} = 400$ mm bei

$$\dot{V}_{N,Fackel} = 4500 \frac{m^3}{h}$$

oder für $D_{Fackel-Hauptrohr} = 200$ mm bei

$$\dot{V}_{N,Fackel} = 1125 \frac{m^3}{h} .$$

Dagegen kennzeichnen wesentlich kleinere Volumenströme durch das Fackel-Hauptrohr und/oder durch die Entlösungsgas- sowie Pilotbrenner, d. h. durch die Fackel mit Zusatzeinrichtungen, nicht den originären Fackelbetrieb.

Während des normalen Betriebs von Sauerastrocknungsanlagen werden schwefelwasserstoffhaltige Entlösungsgase, die beim Gastrocknungsprozess anfallen, u. a.

über eine parallel zum Hauptfackelrohr geführte Leitung in die Höhe des Fackelkopfes geleitet und dort an Zusatzeinrichtungen verbrannt. Die Zusatzeinrichtungen umfassen den Entlösungsgasbrenner mit der zusätzlichen Spülgaseinspeisung, die Pilotbrenner und die elektrische Zündanlage zum Zünden der Pilotflammen. Ein oder mehrere separate Entlösungsgasrohre können in Fackel-Achsrichtung sowohl außerhalb als auch innerhalb (Konzept der Firma John Zink) des Fackel-Hauptrohrs verlegt sein. Dies spielt zwar für die prinzipielle Funktion keine Rolle, kann aber günstige Bedingungen für die

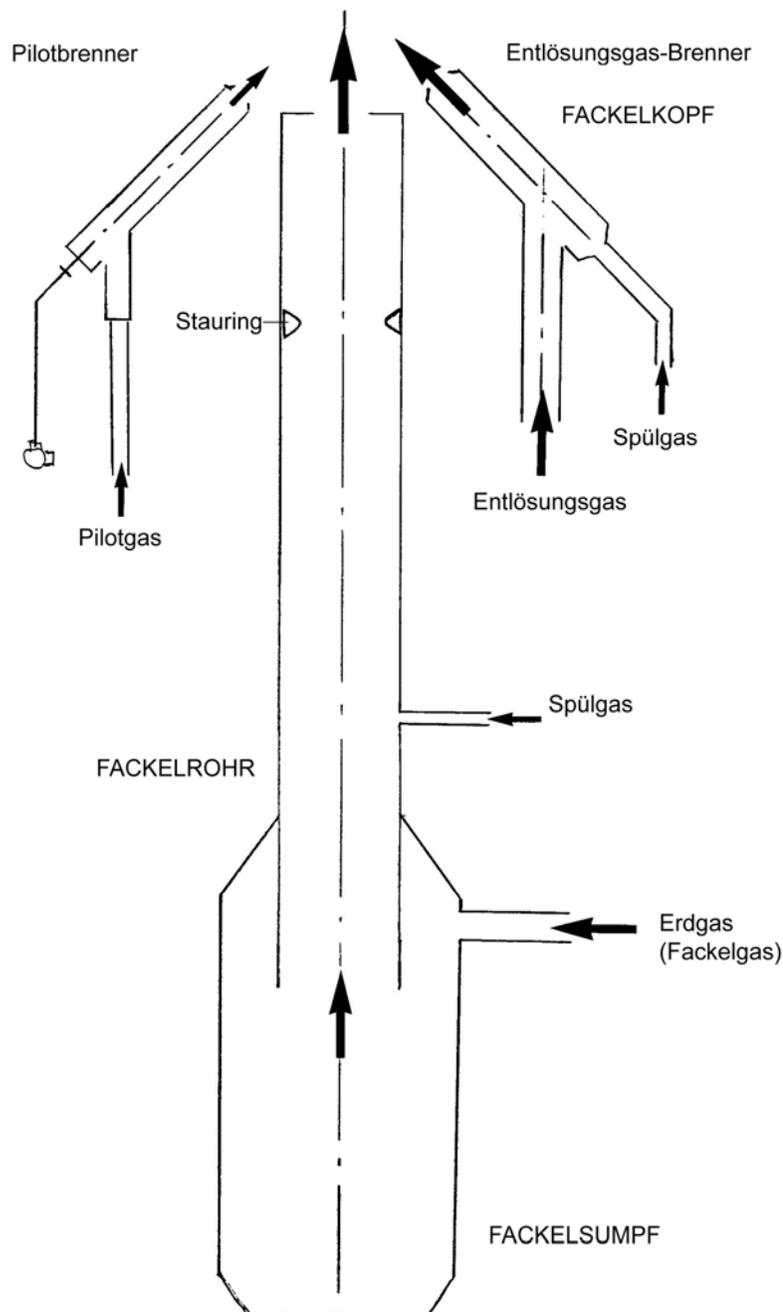


Bild 1.3: Schema einer typischen Erdgasfackel mit Zusatzeinrichtungen (Entlösungsgasbrenner, Pilotbrenner) und Gasführung (Beispiel)

Verbrennungseffektivität ergeben. Um das Eindringen von Luft aus Sicherheitsgründen zu vermeiden, wird Süßgas (Erdgas) sowohl in das Entlösungsgasrohr als auch in das Fackel-Hauptrohr zusätzlich eingespeist. Alle Gase werden mittels der Süßgas- (Erdgas-) Pilotflammen gezündet, die – ebenfalls aus Sicherheitsgründen – ständig brennen. Die Volumenströme der Entlösungsgasverbrennung und der beschriebenen Sicherheitsmaßnahmen an den Zusatzeinrichtungen der Fackel sind um Größenordnungen kleiner – etwa 1/3000 bis 1/100 – als die des originären Fackelbetriebs und auch deshalb mit diesem nicht zu vergleichen oder diesem zuzuordnen. Im Folgenden wird die Entlösungsgasverbrennung jedoch gemäß den verschärften Anforderungen einer permanent brennenden Fackel behandelt. Als konkrete Betriebsdaten liegen den genannten Verhältniszahlen beispielsweise Messungen der BEB bei Feldversuchen zugrunde. Die Feldversuche 1988 und 1989 wurden an Fackeln mit dem Hauptfackelrohr-Nenndurchmesser 400 mm durchgeführt. Aufgabenstellung war die Verbesserung der Verbrennung von Entlösungsgas-Süßgas-Gemischen und Messung der Rauchgasspezies bei Norm-Volumenströmen zwischen ca. 20 und 43 m³/h /6/, /7/. Zusätzlich wurden Daten der BEB-Feldversuche im Juni 1993 an einer Fackel mit dem Fackel-Hauptrohr-Nenndurchmesser 400 mm zum Nachweis der Flammenstabilität bei Fackelgas-Norm-Volumenströmen zwischen ca. 20000 und über 60000 m³/h /8/ herangezogen.

Die heutzutage häufig als Messmethode angewendete Fernmessung mittels Infrarot-Spektroskopie (s. a. Abschnitte 5.3 u. 6.3) bringt keine genaueren Messergebnisse als die konventionelle Messtechnik, die bei den BEB-Feldversuchen verwendet wurde. Für die Ermittlung der Einzeldaten zur Bestimmung des Emissionsminderungsgrads ist die konventionelle Messmethode insgesamt zweckmäßiger.

Mit Bezug auf die TA Luft 2002 /1/ kann man den Betrieb der Erdgas-Fackelanlagen (Erdgasfackel mit Zusatzeinrichtungen) in 3 Nutzungskategorien unterteilen /9/:

1. **Primäre Nutzung** als Sicherheitseinrichtung zur Verbrennung von Gasen aus Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen.
Laut TA Luft (Abschnitt 5.4.8.1a.2) sind hier emissionsbegrenzende Anforderungen im Einzelfall festzulegen.
(Auf die konkreten Regelungen der TA Luft /1/ wird im Abschnitt 3 dieses Berichts näher eingegangen.)
2. **Sekundäre Nutzung** mit diskontinuierlicher Verbrennung von Gasen aus sicherheitstechnischen Gründen oder besonderen betrieblichen Erfordernissen, z. B. bei

- Anfahren / Abfahren von Anlagen,
- Entspannen der Gastrocknungsanlagen (GTA),
- diskontinuierlichem Anfall von Gasen,
- stark schwankendem Anfall von Gasen,
- Anfall von Gasen nur in kurzen Zeitspannen.

Hinsichtlich des An- und Abfahrens von Anlagen sowie der Entspannung über Fackeln besteht eine Analogie zu entsprechenden Anlagen der Mineralölraffinerien, für die Regelungen im Abschnitt 5.4.4.4 der TA Luft enthalten sind. Die Fackeln sollen (bei Anfahr- und Abstellvorgängen) mindestens die Anforderungen an Fackeln zur Verbrennung von Gasen aus Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen erfüllen. (Abschnitt 5.4.8.1a.2, siehe oben.)

3. **Sekundäre Nutzung** mit kontinuierlicher Verbrennung von Gasen wie z. B. Entlösungsgasen (Brüden- / Flashgasen) aus besonderen betrieblichen Erfordernissen.

Zusammenfassung und Fazit

- Mit Hilfe der Definitionen für die Begriffe „Fackel“ und „Fackelbetrieb“ sowie der Beschreibung von technischen Merkmalen wird geklärt, welche Bestimmungen der TA Luft (2002) zum Emissionsminderungsgrad (EMG) bei der Beurteilung anzuwenden sind.
- Nach einem Überblick zu Fackeln der Gas- und Ölindustrie mit ihren Eigenschaften, ihrem Potential und ihren Verbrennungseffektivitäten (Dokumente der Europäischen Kommission (2003) und des API) werden Erdgasfackeln betrachtet und ihre unterschiedliche Nutzung beschrieben, nämlich
 - Verbrennung von Gasen aus Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen,
 - diskontinuierliche Verbrennung von Gasen aus besonderen betrieblichen Erfordernissen,
 - kontinuierliche Verbrennung von Gasen aus besonderen betrieblichen Erfordernissen.
- In der Erdöl- und Erdgas-Gewinnungsindustrie im WEG erfolgt die Nutzung (3), die kontinuierliche Verbrennung aus besonderen betrieblichen Erfordernissen, in der Regel nicht direkt über eine vorhandene Hochfackel (Sicherheitsfackel), sondern indirekt über Zusatzeinrichtungen, z. B. den Entlösungsgasbrenner und die Pilotbrenner im Bereich des Fackelkopfes. Das Fackel-Hauptrohr dient hier den Zusatzeinrichtungen als Trägerkomponente.

- In den folgenden Betrachtungen werden die Verbrennungsbedingungen an
 - Hochfackeln (überwiegend Nutzungen (1) und (2)) und
 - Zusatzeinrichtungen (Entlösungsbrenner, Pilotbrenner u. ä.,
überwiegend Nutzung (3))

untersucht und geprüft, inwieweit die Bestimmungen der TA Luft eingehalten werden. Auf die konkreten Regelungen der TA Luft wird im 3. Abschnitt eingegangen.

- Um konkrete Ergebnisse zu erhalten, werden hauptsächlich Messungen an Sauerstofffackeln und zusätzlich einige Ergebnisse aus DGMK-Versuchen (an einer Erdölbegleitgas-Fackel) und Laborversuchen (an einem Laborbrenner) herangezogen (Darstellung im 6. Abschnitt). Die Verbrennungsprozesse an Süßgas- bzw. Erdölgasfackeln wie auch an kleineren Brennern mit Diffusions-Strahlflammen ähneln prinzipiell demjenigen an Sauerstofffackeln.

2. Verbrennungsvorgang bei Erdgasfackeln mit Sicht auf den Emissionsminderungsgrad

2.1 Verbrennungsvorgänge und -reaktionen

Die Gasverbrennung als näherungsweise homogen ablaufender Prozess kann in technischer Hinsicht grob vereinfacht mit der Kurzcharakterisierung „gemischt ist verbrannt“ beschrieben werden. Abgesehen von der ebenfalls wesentlich mitwirkenden reaktionskinetisch kontrollierten Umsetzung bedeutet dies, dass die Mischung der Reaktionspartner der dominierend geschwindigkeitsbestimmende Teilschritt der Verbrennung ist. Die maßgebliche Ähnlichkeitsgröße für diesen Vorgang ist die Reynoldszahl am Brennerdüsenaustritt:

$$\text{Re}_0 = \frac{\bar{u}_{\text{BG}} \cdot D_0}{\nu_{\text{BG}}} = \frac{\bar{u}_{\text{BG}} \cdot D_0 \cdot \rho_{\text{BG}}}{\eta_{\text{BG}}} \quad (2.1)$$

mit \bar{u}_{BG} = mittlere Brenngasgeschwindigkeit am Brenneraustritt,

D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser,

ρ_{BG} = Dichte des Brenngases,

ν_{BG} = kinematische Zähigkeit des Brenngases,

η_{BG} = dynamische Zähigkeit des Brenngases.

Bild 2.1, ein Analogiebild aus der Hydrodynamik /10/, veranschaulicht die nicht geschlossene Verbrennungsfront turbulenter Freistrahlfackeln, bei denen die sog. Zellen oder Ballen, also einzelne und zunächst weniger zusammenhängende Molekülverbände, umso mehr ein größeres zusammenhängendes Rauchgasgebiet bilden, je höher die Reynoldszahl ist. (Bei den in den Abschnitten 5 und 6 beschriebenen Feldversuchen der BEB zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung lagen diese Reynoldszahlen in der Größenordnung der auf dem Bild angegebenen größeren Reynoldszahl. Beim eigentlichen Fackelbetrieb, d. h. z. B. bei der Anlagen-Notentlastung, sind diese Reynoldszahlen dagegen noch um etwa 2 Größenordnungen größer /8/.)

Der gesamte Reaktionsprozess der Verbrennung besteht aus einer Vielzahl von Teilreaktionen, bei denen sich aus den Reaktionspartnern des Brenngases und dem Sauerstoff der zugemischten Luft über viele Zwischenreaktionen und –produkte schließlich die Verbrennungshauptprodukte CO_2 und H_2O (sowie SO_2 , wenn das Brenngas Schwefelverbindungen enthält) bilden. Reaktionskinetisch wird dieser Ablauf von verschiedenen chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten mitbestimmt, die ihrerseits von den einzelnen Reaktionspartnern und dem Temperaturniveau abhängen. Da die Verbrennung, je nach den Gegebenheiten für den Prozess, in Wirklichkeit nicht ganz vollständig und vollkommen verlaufen kann, enthält das Rauchgas am Ende neben den Verbrennungshauptprodukten noch weitere luftverunreinigende Reaktionsprodukte, die sog. Schadstoffe.

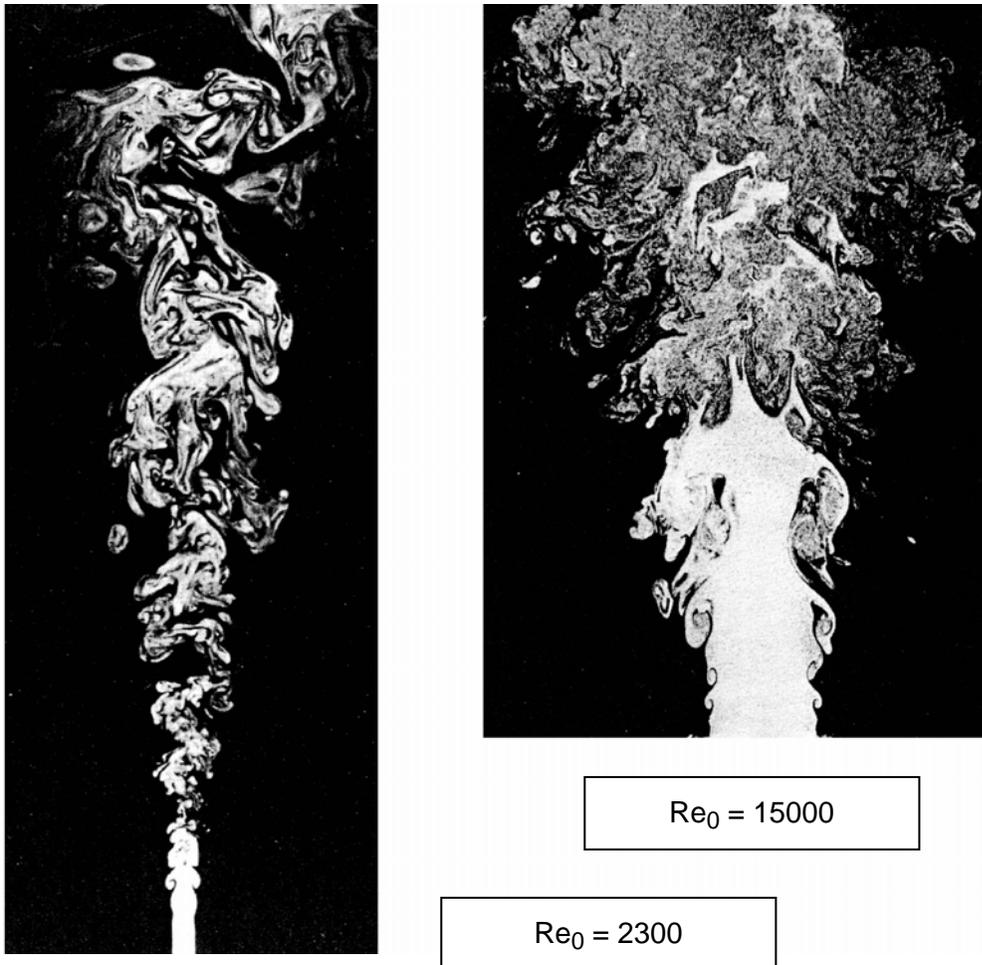


Bild 2.1: Freistrahlen mit verschiedenen Reynoldszahlen als Analogiebilder zu Diffusionsflammen

In Bild 2.2 ist eine Erdgasfackel als Rohrreaktor schematisch und vereinfacht dargestellt (nach /11/). Wie in vielen anderen Bereichen (Industrieproduktion, erdgebundener Verkehr und Luftverkehr, Privathaushalte usw.) sind die hauptsächlichen Schadstoffe neben den unverbrannten Kohlenwasserstoffen die Stickoxide, das Kohlenmonoxid und Kohlenstoffpartikel (Ruß, Rauch). Da mit dem Sammelbegriff Kohlenwasserstoffe viele unterschiedliche Verbindungen zusammengefasst sind und zur Unterscheidung der Bestandteile im Brenngas und im Rauchgas (Abgas) werden diese als C_mH_n (im Brenngas) und C_xH_y (im allgemeinen andere Kohlenwasserstoffverbindungen im Rauchgas) bezeichnet. Bei den Messungen werden die im Rauchgas vorhandenen Konzentrationen der unterschiedlichen Kohlenwasserstoffverbindungen als normiertes Äquivalent einer bestimmten Kohlenwasserstoffverbindung aufgenommen, z. B. als Methan-, Ethan- oder Propan-Äquivalent.

Der Emissionsminderungsgrad ist ein Maß für den Umsatz der im Brenngas enthaltenen Kohlenwasserstoffe bei der Verbrennung bzw. für den Gehalt unverbrannter

Kohlenwasserstoffe - als Kohlenstoff-Äquivalent – im Rauchgas nach Abschluss der Verbrennung. Aus theoretischen Betrachtungen der Thermodynamik und Reaktionskinetik

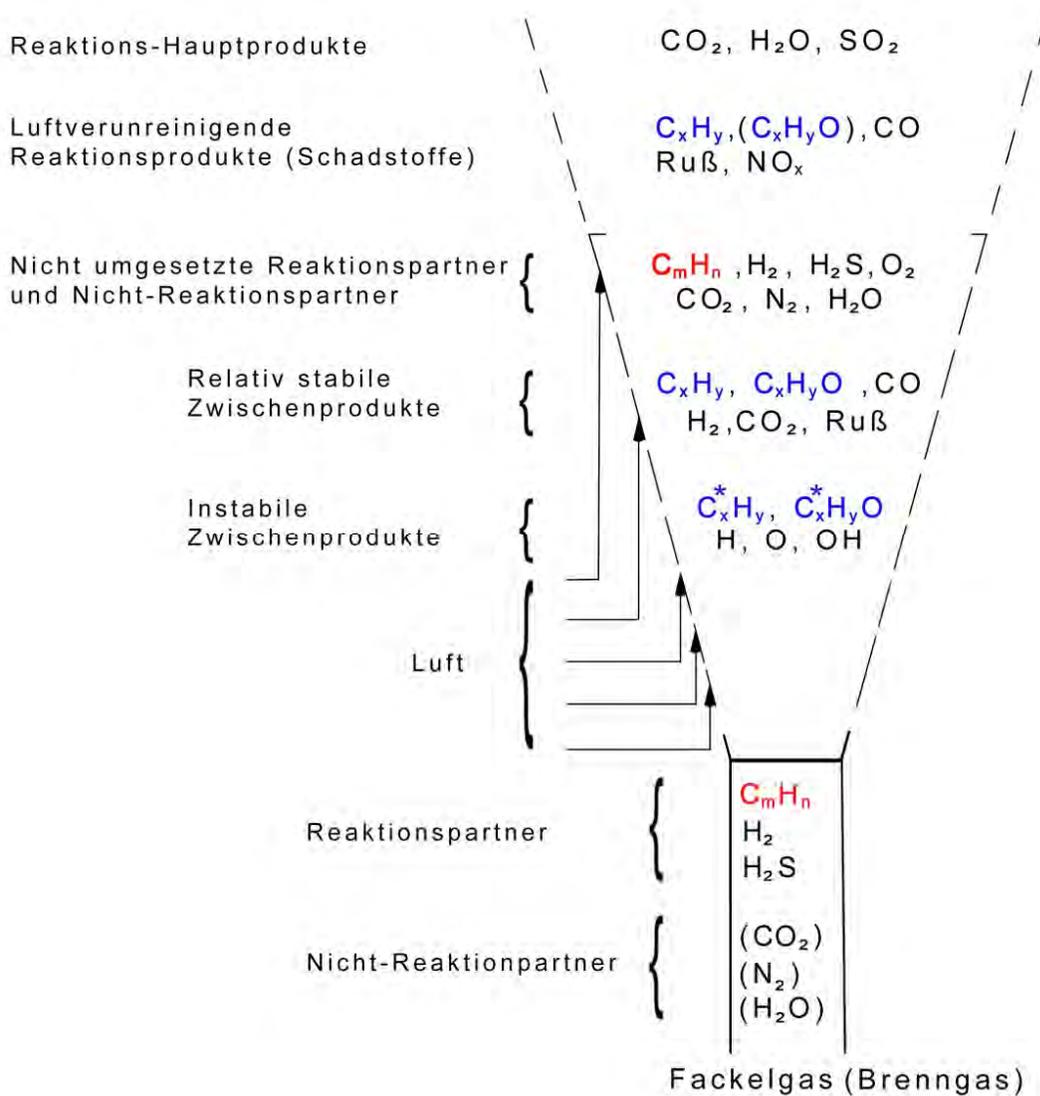


Bild 2.2: Erdgasfackel als vereinfachtes Rohrreaktor-Schema

der Verbrennungsvorgänge kann erkannt werden, welcher Umsatzgrad (unter dem Idealziel 100 %) unter den gegebenen Bedingungen erreicht werden kann und dass eine geringfügige Methankonzentration als Hauptbestandteil der im Rauchgas verbliebenen Kohlenwasserstoffe am Ende der Verbrennung zu erwarten ist. Dieser Anteil ist dort deutlich geringer als der Kohlenmonoxidanteil, der aus der Oxidation des Kohlenstoffs in den Kohlenwasserstoffen über Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid bei der unvollkommenen Verbrennung übrig bleibt (s. a. Bild 2.6).

Hilfreich bei der theoretischen Untersuchung ist die Analyse der nicht-vorgemischten Flammen einerseits als Reaktionen mit Gleichgewichts-Chemie und andererseits als Reaktionen mit endlich schneller Chemie. Im ersten Fall werden alle Reaktionsgeschwindigkeiten als unendlich schnell angenommen und der zeitliche Ablauf der Einzelvorgänge wird als allein abhängig von

der Intensität und Geschwindigkeit der makroskopischen Mischung angesehen. Der Zerlegungsgrad der Kohlenwasserstoffe in Kohlenstoff und Wasserstoff wie auch der Formationsgrad der Oxidations-Reaktionsprodukte Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasser wird durch die freien Standard-Bildungsenthalpien der Komponenten bestimmt und der thermodynamisch maximal mögliche Umsatzgrad eines Reaktionspartners wie auch die Gleichgewichtszusammensetzung des Rauchgases können mit Hilfe der Gleichgewichtskonstanten für die verschiedenen Summenreaktionen berechnet werden. Die freien Standard-Bildungsenthalpien der Komponenten und die daraus abgeleiteten Gleichgewichtskonstanten der vielen Teilreaktionen hängen unterschiedlich stark von der lokalen Temperatur ab und beeinflussen sich somit gegenseitig. Mit zunehmender Mischungsgeschwindigkeit wird eine der Teilreaktionen aus dem Gleichgewicht gebracht und mit weiterer Zunahme weicht eine weitere Teilreaktion vom Gleichgewicht ab. Dies geht so weit, bis die Reaktionen, die den Hauptteil der Energiefreisetzung bewirken, mit Geschwindigkeiten ablaufen, die mit denen des Mischungsvorgangs vergleichbar sind. Wird dann die Mischungsgeschwindigkeit weiter erhöht, so weicht auch die Temperatur von ihrem Gleichgewichtswert ab. Theoretisch ist hier die endlich schnelle Chemie in die Grundlagen der Untersuchungen mit einzubeziehen, also die Reaktionskinetik mit ihren endlichen Geschwindigkeiten.

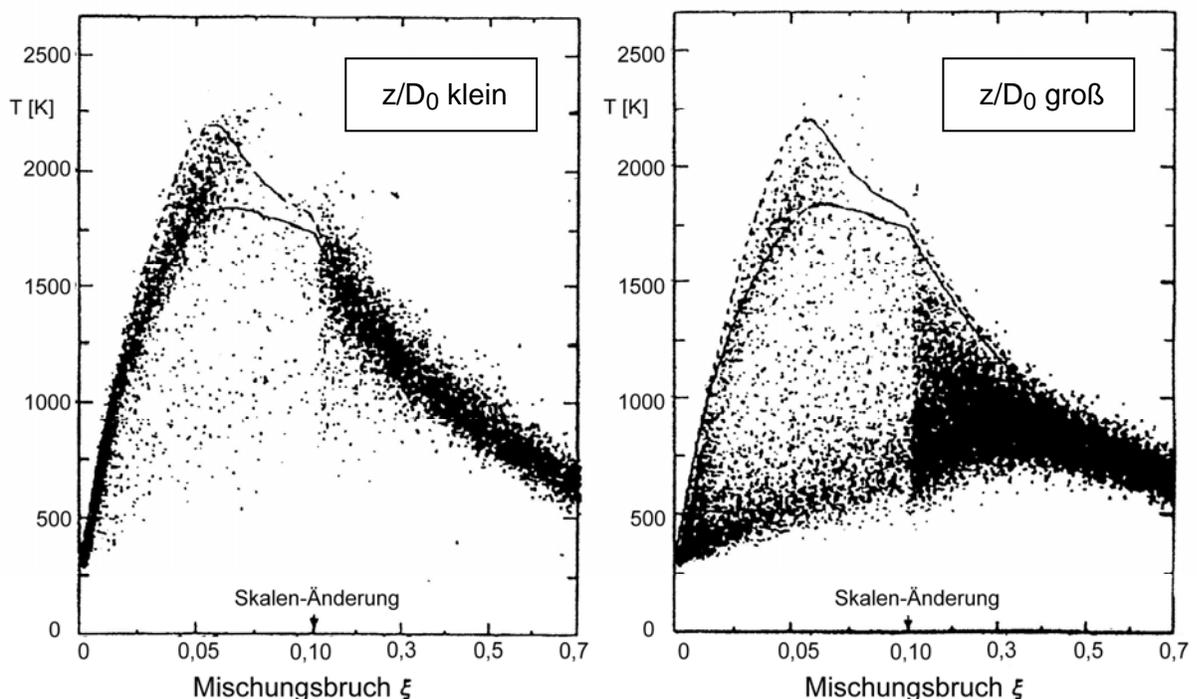


Bild 2.3: Simultane laseroptische Messung der Temperatur in einer turbulenten nicht-vorgemischten Methan-Strahlflamme über dem Mischungsbruch bei verschiedenen relativen Abständen z/D_0 vom Brenner.

z = vertikale Koordinate (Flammen-Längsachse); D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser.

In Bild 2.3 sind simultan und laseroptisch ermittelte Messergebnisse der Temperatur in einer nicht-vorgemischten Methan-Strahlflamme bei verschiedenen relativen Abständen z/D_0 vom Brenner abgebildet /12/. Beide Diagramme zeigen erhebliche, jedoch unterschiedlich breite Streuungen der Temperaturwerte. Dies ist hauptsächlich auf lokale Flammenlöschung (Quenching) zurückzuführen, die durch die zahlreichen, weit von der Gleichgewichtslinie entfernten Messpunkte erkennbar ist. Das linke Diagramm gilt für einen relativ kleinen Abstand vom Brenner, wo die Mischungsgeschwindigkeit verhältnismäßig klein ist. Im rechten Diagramm sind Messpunkte weiter stromab vom Brenner zu sehen, wo sich die Luft schneller mit dem Brenngas mischt. In beide Diagramme sind jeweils zwei berechnete Temperaturlinien eingetragen, die mit dem sog. Flamelet-Modell und unterschiedlichen Nichtgleichgewichts-Annahmen ermittelt wurden. Parameter dieses Abweichens vom Gleichgewicht ist die Geschwindigkeit der ersten Nichtgleichgewichts-Teilreaktion. Für die restlichen (schnelleren) Teilreaktionen wurde angenommen, dass sie chemische Gleichgewichtsprozesse mit sehr (unendlich) großer Reaktionsgeschwindigkeit sind. Der oberen Temperaturlinie liegt die Annahme einer eher kleinen Reaktionsgeschwindigkeit ($a = 1 \text{ s}^{-1}$) und der unteren die Annahme einer größeren Reaktionsgeschwindigkeit ($a = 320 \text{ s}^{-1}$) zugrunde. Je schneller die Mischung stattfindet, desto mehr weicht der langsame chemische Prozess vom Gleichgewicht ab.

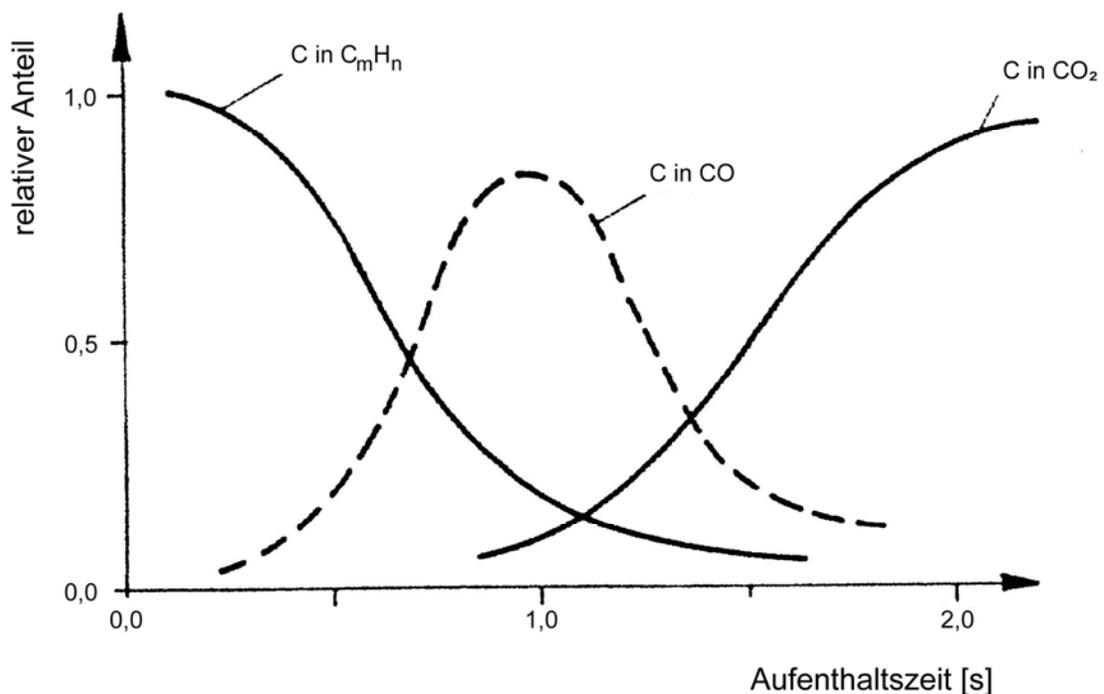


Bild 2.4: Änderung des Kohlenstoffgehalts der Kohlenwasserstoffe sowie Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidformation bei der Verbrennung in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit in der Flamme

Da die Reaktionsgeschwindigkeit der Oxidation des Kohlenstoffs in den Kohlenwasserstoffen bis hin zum Kohlendioxid verhältnismäßig gering ist, ist diese Reaktionskette nicht rein Mischungsbestimmt. Aus Bild 2.4 /13/ kann der Einfluss der Aufenthaltszeit und der Ablauf der Zerlegung der organischen Brenngasbestandteile (Kohlenwasserstoffe) und der Formation der anorganischen Verbindungen Kohlenmonoxid und Kohlendioxid abgelesen werden. Definitionsgemäß bezieht sich der Emissionsminderungsgrad auf die Änderung des Kohlenstoffgehalts der organischen Stoffe im Brenngas und Rauchgas. Man sieht, dass dieser Kohlenstoffgehalt mit der Aufenthaltszeit, also entlang der Flammen- bzw. Rauchgasachse zum Flammenende hin, auf ein Minimum absinkt. Die Quantität dieses Minimums hängt u. a. von der Organisation der Verbrennung ab, d. h. von den technischen Gegebenheiten.

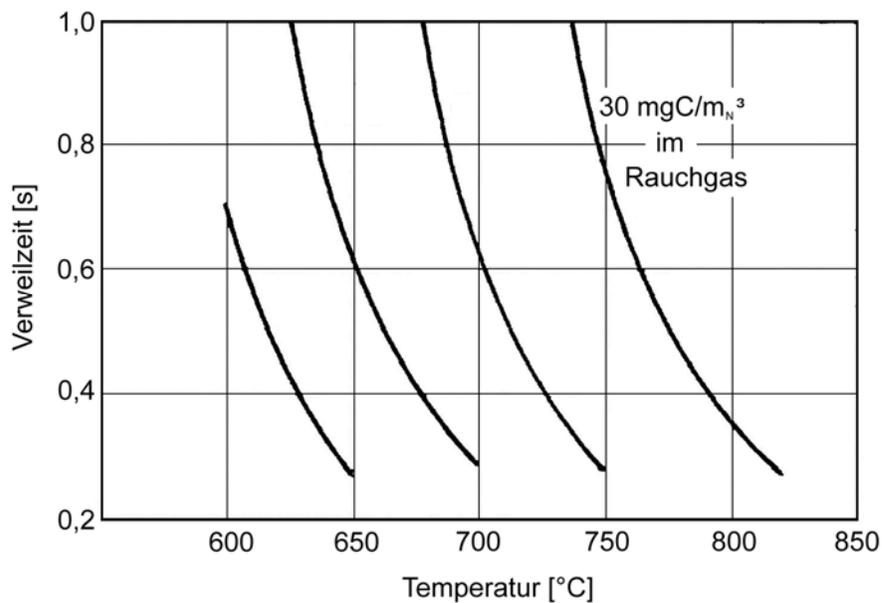


Bild 2.5: Restkonzentration organisch gebundenen Kohlenstoffs im Rauchgas in Abhängigkeit von Temperatur und Verweilzeit (Kohlenstoffdichte im Brenngas: 2000 mg/m_N^3)

Ergänzend dazu gibt Bild 2.5 /14/ den Einfluss des Temperaturniveaus auf die Restkonzentration organisch gebundenen Kohlenstoffs im Rauchgas wieder.

Als Bestätigung der Verlaufstendenzen in den Bildern 2.4 und 2.5 kann man die Messwertangaben in Bild 2.6 /11/ ansehen. Die radialen Verteilungen der verschiedenen Größen wurden durch Messungen an der Fackelflamme eines Brenngases der Mineralölindustrie (mit hohem Wasserstoffanteil, hier jedoch keiner Wasserdampfzugabe am Fackelkopf) ermittelt. Der relative Messabstand von der Versuchs-Brennerdüse betrug $z/D_0 = 40$ ($z = 8 \text{ m}$) und lag damit bei etwa 80 % der Flammenlänge ($L_{FI}/D_0 \approx 50$; $L_{FI} \approx 10 \text{ m}$). Man sieht, dass sich dort die messbaren Konzentrationen der unverbrannten

Kohlenwasserstoffe auf den achsnahen Bereich beschränken, verhältnismäßig klein und deutlich geringer als die Kohlenmonoxid-Konzentrationswerte sind.

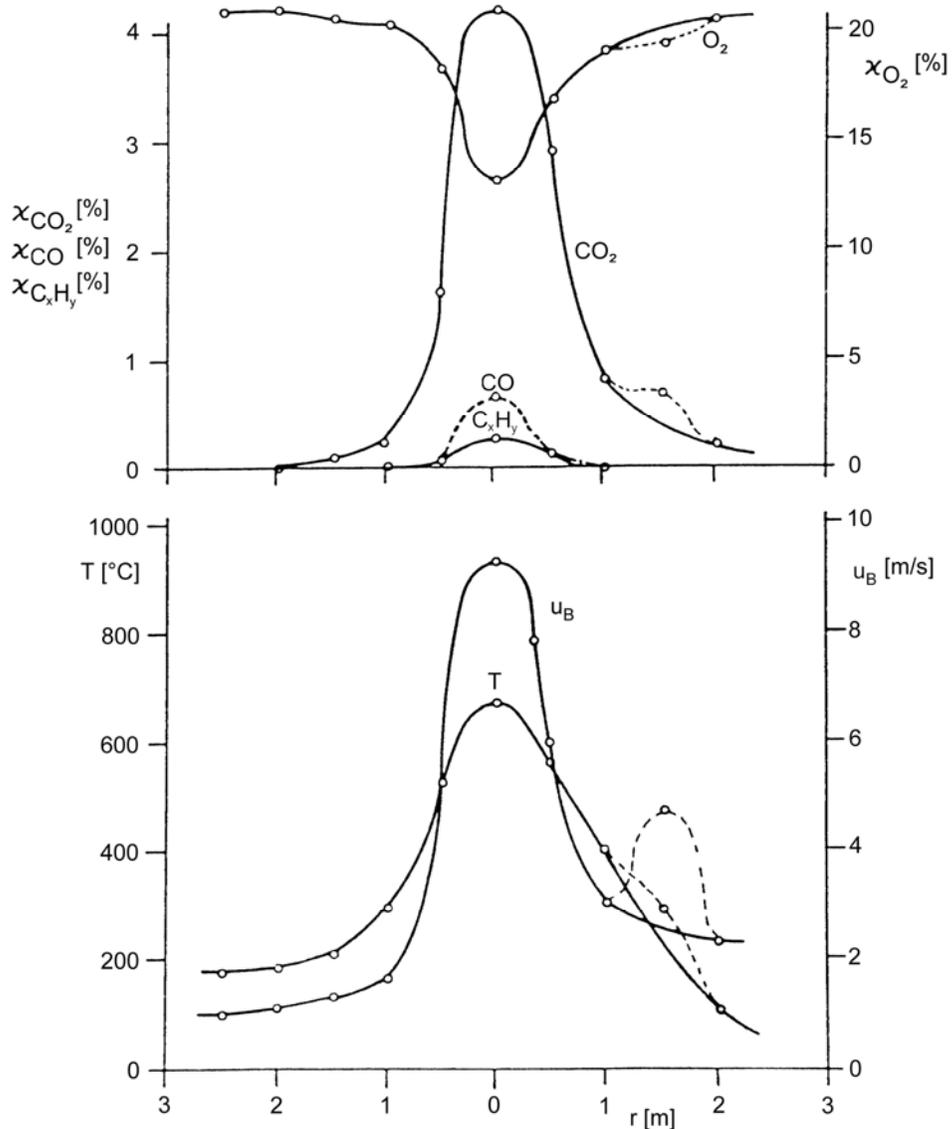


Bild 2.6: Radiale Verteilung der Volumenkonzentrationen χ verschiedener Rauchgaspezies sowie der Temperatur T und der Geschwindigkeit u_B in einer Fackelflamme im Brennerabstand von etwa 80 % der Flammenlänge

2.2 Flammenlängen und Ähnlichkeitsgrößen

Da der Gehalt an unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Rauchgas wesentlich vom Ort des betrachteten Volumenelements abhängt und die Verbrennung am Flammenende abgeschlossen ist, spielt die Flammenlänge bei der Beurteilung der Verbrennungsqualität, d. h. des Stoffumsatzes, eine maßgebliche Rolle. Stromab vom Flammenende ändert sich die

Menge unverbrannter Kohlenwasserstoffe in der Rauchgasfahne nicht mehr, sondern wegen der weiteren Luftzumischung nur noch die Konzentration.

In der Übersicht des Bildes 2.7 sind die Längen nicht-vorgemischter Strahlflammen qualitativ über der Brenneraustrittsgeschwindigkeit im laminaren und im turbulenten Bereich dargestellt.

Bei den überwiegend turbulenten Flammen ist die nur noch verhältnismäßig schwache Auswirkung der Brenneraustrittsgeschwindigkeit erkennbar.

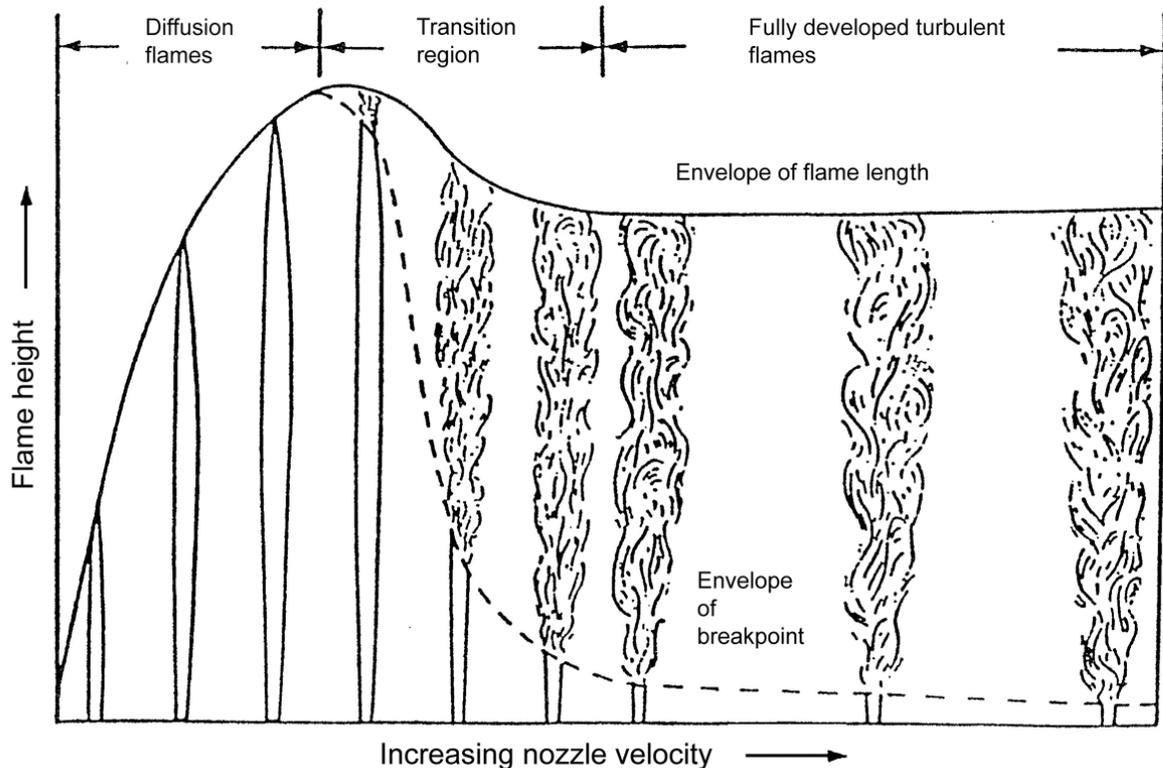


Bild 2.7: Nicht-vorgemischte Strahlflammen: Änderung des Flammentypus' und der Flammenlänge mit der Brenngas-Austrittsgeschwindigkeit aus der Brennerdüse

Über die experimentelle Ermittlung der Flammenlänge von nicht-vorgemischten Strahlflammen (wo die Volumenkonzentration von CO auf der Flammenachse kleiner als 0,2 % ist) und daraus abgeleitete halbempirischen Formeln gibt es eine Reihe von Veröffentlichungen. Zur Berücksichtigung des Auftriebs ist es sinnvoll, dessen Einfluss durch die Ähnlichkeitskenngrößen (reziproke) Richardsonzahl oder Froudezahl in die Formel einzubeziehen.

Deren Definitionsgleichungen mit den Größen am Brenneraustritt lauten

$$Ri_0 = \frac{D_0 \cdot g \cdot \sqrt{\rho_{BG} / \rho_\infty}}{\bar{u}_{BG}^2} \quad (2.2)$$

$$Fr_0 = \frac{\bar{u}_{BG}^2}{D_0 \cdot g} \quad (2.3)$$

mit ρ_∞ = Dichte des Umgebungsluft

g = Gravitationskonstante (Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m/s}^2$)

Wenn die Dichteunterschiede zwischen Brenngas und Umgebungsluft nicht groß sind, geht die reziproke Richardsonzahl näherungsweise in die Froudezahl über. In den Flammenlängen-Formeln von Sunavala /15/ und Lee/16/ ist die Froudezahl mit dem Exponenten 0,2 (bei Hess /17/ und Günther /18/ mit 0,25) enthalten, deutet also auf den oben erwähnten mäßigen Einfluss der Brenngasaustrittsgeschwindigkeit hin.

Für Flammenvergleiche ist es zweckmäßig, den sog. äquivalenten Durchmesser nach Streb /19/ einzuführen:

$$D_{\text{äq}} = D_0 \cdot \frac{2}{K_{\text{FI,BG}}} \cdot Fr_0^{0,2} \quad (2.4)$$

Mit akzeptabler Genauigkeit lässt sich die Flammenlänge nach der vereinfachten Formel berechnen:

$$L_{\text{FI}} \approx K_{\text{FI,BG}} \cdot D_0 \cdot Fr_0^{0,2} \quad (2.5)$$

mit dem vom Brenngas abhängigen Flammenfaktor

$K_{\text{FI,BG}} \approx 21$ (Streb) bis $22,5$ (Lee) für Erdgas.

Die auf die Durchmesser bezogenen Flammenlängen sind demnach

$$\frac{L_{\text{FI}}}{D_0} \approx K_{\text{FI,BG}} \cdot Fr_0^{0,2} \quad (2.6)$$

und

$$\frac{L_{\text{FI}}}{D_{\text{äq}}} \approx \frac{1}{2} \cdot K_{\text{FI,BG}}^2 \approx \text{konst.} \approx 220 \dots 250 \quad (2.7)$$

Zusammenfassung und Fazit

- Mit der Erläuterung der von der makroskopischen Mischung des Brenngases und der Luft sowie der Reaktionskinetik dominierten Verbrennungsvorgänge und -reaktionen werden die Hauptparameter des physikalisch-chemischen Geschehens beschrieben. Dessen Ergebnisse sind Verbrennungs-Zwischenprodukte und -Hauptprodukte sowie deren Verlauf längs der Flammenachse und die Querverteilungen.
- In Verbindung mit den Erkenntnissen über die Flammenlängen werden Ähnlichkeitsgrößen eingeführt (Richardsonzahl, Froudezahl, äquivalenter Durchmesser), mit deren Hilfe die an unterschiedlich großen Fackeln und anderen Brennern brennenden Diffusions-

Strahlflammen auf einen gemeinsamen Maßstab gebracht und miteinander verglichen werden können.

- Werden beim Verbrennungsvorgang an Erdgasfackeln oder ihren Zusatzeinrichtungen (Entlösungsgasbrenner, Pilotbrenner) im Rauchgas nach dem Flammenende die Grenzwerte des Emissionsminderungsgrads nicht erreicht oder unterschritten, so können dem drei Ursachen zugrunde liegen (vgl. auch /20/, /21/):
 - Unvollständige Mischung von Brenngas und Luftsauerstoff,
 - makroskopischer Sauerstoffmangel, d. h. unterstöchiometrische Verbrennung in Teilbereichen sowie
 - Abschrecken der Reaktionspartner bzw. Flammenlöschung (Quenching) wegen zu geringer Aufenthaltszeiten einiger Gasballen oder zu niedrigem Reaktionstemperaturniveau für bestimmte Reaktionsschritte im Flammenbereich.

Daraus können Schlussfolgerungen und Hinweise für gegebenenfalls notwendige technische Verbesserungsmaßnahmen gezogen werden (s. Abschnitt 7).

3. Verbrennungskenngrößen und Grenzvorschriften der TA Luft

3.1 Emissionsminderungsgrad (EMG)

Durch verschiedene technische und biologische Prozesse gelangen feste, flüssige und gasförmige Stoffe in die Luft, die deren natürliche Zusammensetzung ändern. Dies sind definitionsgemäß Luftverunreinigungen. Bewirken diese in der Umwelt Schäden, so spricht man von Schadstoffen, von denen die wichtigsten, bei Verbrennungsprozessen möglicherweise entstehenden, in Abschnitt 2.1 genannt wurden. Emissionen sind die von einer Anlage (Emissionsquelle) emittierten Luftverunreinigungen. Schadstoffkonzentrationen bestimmter Spezies sind der Gehalt an luftverunreinigenden Stoffen in einem bestimmten Rauchgas-, Abgas- oder Abluft-Volumen. Diese werden entweder als Massenkonzentration in mg/m^3 oder als Volumenkonzentration χ in Vol% oder ppm gemessen. Die Massenkonzentration wird meistens auf das trockene Abgas im Normzustand (101325 Pa; 0 °C), d. h. nach Abzug des Wasserdampfgehalts, bezogen. Allgemeingültige Emissionsgrenzwerte gibt es für verschiedene Stoffe, u. a. für organische Stoffe.

Wörtlich steht in der TA Luft 2002 /1/ Folgendes:

2.6 Emissionsgrad und Emissionsminderungsgrad

Emissionsgrad

Ist das Verhältnis der im Abgas emittierten Masse eines luftverunreinigenden Stoffes zu **der** mit den Brennstoffen zugeführten (**gesamten**) Masse.

Emissionsminderungsgrad (EMG)

Ist das Verhältnis der im Abgas emittierten Masse eines luftverunreinigenden Stoffes zu **seiner** zugeführten Masse im Rohgas.

Aus dieser Definition abgeleitet müsste der Zielwert des Emissionsminderungsgrads Null sein, nämlich keinerlei Emission eines luftverunreinigenden Stoffes. In der TA Luft angegebene Grenzwerte zielen jedoch nicht auf 0 %, sondern auf 100 %. Zu den Fackeln, die hier zu beurteilen sind, heißt es in einem der später folgenden Punkte:

5.4.8.1a.2.2 Anlagen zum Abfackeln von brennbaren gasförmigen Stoffen,
die nicht aus Abfallbehandlungsanlagen stammen

Brennbare gasförmige Stoffe ... sind ... einer Fackel zuzuführen.

Bei Fackeln soll die Mindesttemperatur in der Flamme **850 °C** betragen.

Organische Stoffe

Für organische Stoffe darf ein Emissionsminderungsgrad von **99,9 %**, bezogen auf Gesamtkohlenstoff, nicht unterschritten oder die Massenkonzentration **20 mg/m^3** , bezogen auf Gesamtkohlenstoff, nicht überschritten werden; davon abweichend darf bei Fackeln zur Verbrennung von Gasen aus **Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen** ein

Emissionsminderungsgrad von **99 %**, bezogen auf Gesamtkohlenstoff, nicht unterschritten werden.

Messungen

Zur Überwachung der Ausbrandtemperatur ... (ist) ... im Verbrennungsraum die **Temperatur** kontinuierlich (zu) ermitteln ...

sofern dies nicht möglich ist, ist der zuständigen Behörde ... die Einhaltung der Anforderungen für den **Ausbrand** nachzuweisen.

Die Einhaltung des **Emissionsminderungsgrades** für organische Stoffe ist der zuständigen Behörde nachzuweisen; dazu sind **Sonderregelungen** zu treffen.

Zu den Anforderungen an Mineralölraffinerien, die in analoger Weise auf Anlagen der Erdgas- und Erdölgewinnung übertragen werden können, heißt es:

5.4.4.4 Anlagen der Nummer 4.4: **Mineralölraffinerien**

Druckentlastungsarmaturen und Entleerungseinrichtungen

Gase ... organischer Stoffe sowie Wasserstoff und Schwefelwasserstoff, die aus Druckentlastungsarmaturen und Entleerungseinrichtungen austreten, sind ... einer Fackel zuzuführen.

Anfahr- und Abstellvorgänge

Gase, die beim Anfahren oder Abstellen der Anlage anfallen, sind ... einer Fackel zuzuführen. Die Fackeln sollen mindestens die Anforderungen an Fackeln zur Verbrennung von Gasen aus **Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen** erfüllen.

Am Anfang des übergeordneten Punktes 5.4.8 ist eine Regelung beschrieben, die eine konkrete Festlegung von Grenzwerten noch offen lässt und die für Teile des Fackelbetriebs zutrifft:

5.4.8 **Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen**

5.4.8.1a.2 Anlagen zum Abfackeln von Deponiegas oder anderen brennbaren gasförmigen Stoffen

Die Regelungen in Nummer 5.4.8.1a.2 finden bei Fackeln zur Verbrennung von Gasen aus **Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen** keine Anwendung; emissionsbegrenzende Anforderungen sind im **Einzelfall** festzulegen.

Zum Stand der Technik, d. h. hier zu den erreichbaren Werten der Verbrennungseffektivität von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds), gibt es Angaben in den Dokumenten /3/ und /4/ der europäischen Kommission aus dem Jahre 2003. Unter „optimalen Bedingungen“ liegen die VOC-Verbrennungseffektivitäten (performance rates) bei Hochfackeln über 98 % und bei Bodenfackeln über 99 %. Aus aktuellen BAT-Dokumenten ist zu entnehmen, dass bei den von der EU begutachteten Hochfackeln für die Fälle „nicht-optimaler Verbrennungsbedingungen“ eine Verbrennungseffektivität von 80% bis 86% als normal bezeichnet werden kann (/3/, S. 181; /4/, S. 228). Wenn die beste verfügbare Technik (BVT bzw. BAT = best available technique) angewendet wird, werden bei Hochfackeln VOC-Reduzierungsraten über 99 % und bei Bodenfackeln über 99,5 % erwartet (/3/, S. IX).

Mittels des Emissionsminderungsgrads ist die Verbrennungsqualität von organischen Stoffen zu beurteilen, also der Kohlenwasserstoffe in den Gasen, die den Fackeln zugeführt werden. Da es interessiert, wie viel auf 100 % fehlt und zur deutlicheren Unterscheidbarkeit wird die Formeldefinition mit Einführung der Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad EC angesetzt:

Emissionsminderungsgrad

$$EMG[\%] = (1 - EC) \cdot 100 \quad (3.1)$$

Gesamt-C-Emissionsgrad

$$EC = \frac{m_{C,RG}(C_xH_y)}{m_{C,BG}(C_mH_n)} = \frac{\dot{m}_{C,RG}(C_xH_y)}{\dot{m}_{C,BG}(C_mH_n)} \quad (3.2)$$

Indizes:
 N = Normzustand
 C = Kohlenstoff
 BG = Brenngas
 RG = Rauchgas

C_xH_y umfasst alle im Rauchgas und C_mH_n alle im Brenngas vorhandenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Der Index C weist darauf hin, dass die Mengen sich jeweils auf den in den Verbindungen enthaltenen Kohlenstoff beziehen. Der 1. Quotient auf der rechten Seite ist ein Massenverhältnis und der 2. Quotient ein Massenstromverhältnis. Das angestrebte Ziel für den Gesamt-C-Emissionsgrad ist der Wert Null.

Brenngas

Der aus den Kohlenwasserstoffen im Brenngas resultierende Kohlenstoff-Massenstrom entspricht dem Kohlenstoff-Massenanteil $w_{C,BG}$ (weight) im Brenngas-Massenstrom \dot{m}_{BG} :

$$\dot{m}_{C,BG}(C_mH_n) = \dot{m}_{BG} \cdot w_{C,BG}(C_mH_n) \quad (3.3)$$

$$\dot{m}_{C,BG}(C_mH_n) = \dot{m}_{BG} \cdot \frac{\rho_{N,C,BG}(C_mH_n)}{\rho_{N,BG}} \quad (3.4)$$

mit

$$w_{C,BG}(C_mH_n) \left[\frac{\text{kgCaus}C_mH_n}{\text{kgBG}} \right] = \sum \chi(C_mH_n) \cdot m \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{BG}} \quad (3.5)$$

und

$$\rho_{N,C,BG}(C_mH_n) \left[\frac{\text{kgCaus}C_mH_n}{\text{m}^3\text{BG}} \right] = \sum \chi(C_mH_n) \cdot \rho_N(C_mH_n) \cdot m \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{C_mH_n}} \quad (3.6)$$

Rauchgas

Um die Konzentrationsanteile der verschiedenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen im Rauchgas mittels eines einzigen Gesamtwerts angeben zu können, werden diese messtechnisch auf ein bestimmtes Kohlenwasserstoff-Äquivalent umgerechnet. Üblich ist die Messung der Volumenanteile $\chi(C_xH_y\text{-Äqu})$ im Rauchgas als CH_4 - oder C_2H_6 - oder C_3H_8 -Äquivalente (mit $x = 1$ oder 2 oder 3). Da diese Messwerte auf trockenes Rauchgas bezogen werden, wird bei der Messauswertung ein Korrekturterm für den Wassergehalt des feuchten Rauchgases in die Formel eingefügt, der bei der Fackelverbrennung normalerweise nur ganz geringfügig von 1 abweicht. Der vom Ort des Flammenquerschnitts abhängige Kohlenstoff-Massenstrom aus den Kohlenwasserstoffen im Rauchgas ist

$$\dot{m}_{C,RG}(C_xH_y) = 2 \cdot \pi \cdot \int_0^{r_a} [1 + \chi(H_2O)] \cdot \rho_{N,C,RG}(C_xH_y) \cdot u_{RG} \cdot r \cdot dr \quad (3.7)$$

mit

$$\rho_{N,C,RG}(C_xH_y) \left[\frac{\text{kgCaus}C_xH_y}{\text{m}^3\text{RG}} \right] = \chi(C_xH_y - \text{Äqu}) \cdot \rho_N(C_xH_y - \text{Äqu}) \cdot x \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{C_xH_y - \text{Äqu}}} \quad (3.8)$$

Wie an diesen beiden Gleichungen zu erkennen, müssen zur Ermittlung des Kohlenstoff-Massenstroms in einem bestimmten Abstand vom Fackel- bzw. Brennerdüsenaustritt die Konzentrationsverteilung des C_xH_y -Äquivalents und die Geschwindigkeitsverteilung u_{RG} über dem Rauchgas- bzw. Flammenquerschnitt gemessen werden (vgl. z. B. Bild 2.6). Die äußere Grenze des Integrals in Gleichung (3.7) kann z. B., wie in /11/, bei einer CO_2 -Volumenkonzentration von 0,1 % festgelegt werden.

Optionale Berechnungsformeln

Sind für einen bestimmten Zeitraum vom Brenngas die mittlere Dichte sowie das verbrauchte Volumen und vom Rauchgas bei einem bestimmten Abstand vom Fackel- bzw. Brennerdüsenaustritt in der Messebene die mittlere (durchschnittliche) Volumenkonzentration

des C_xH_y -Äquivalents sowie das mittlere Volumenverhältnis von Rauchgas zu Brenngas bekannt, so kann der Gesamt-C-Emissionsgrad optional mit den folgenden Gleichungen berechnet werden. Der Querstrich über den Bezeichnungen kennzeichnet die Größen, deren Durchschnittswerte des Messquerschnitts einzusetzen sind.

Gesamt-C-Emissionsgrad

$$EC = \frac{m_{C,RG}(C_xH_y)}{m_{C,BG}(C_mH_n)} \quad (3.2)$$

Brenngas

$$m_{C,BG}(C_mH_n) = \rho_{N,C,BG}(C_mH_n) \cdot V_{N,BG} \quad (3.9)$$

Rauchgas

$$m_{C,RG}(C_xH_y) = \bar{\chi}(C_xH_y - \text{Äqu}) \cdot [1 + \chi(H_2O)] \cdot \rho_N(C_xH_y - \text{Äqu}) \cdot x \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{C_xH_y - \text{Äqu}}} \cdot V_{N,RG} \quad (3.10)$$

mit

$$V_{N,RG} = \left(\bar{V}_{N,RG} / \bar{V}_{N,BG} \right) \cdot V_{N,BG} \cdot$$

Näherungsberechnung

Wenn die Integration nach Gleichung (3.7) u. a. wegen fehlender Messwerte für die örtlichen Rauchgasgeschwindigkeiten u_{RG} nicht möglich ist oder wenn die erforderlichen Durchschnittswerte zur Auswertung mit Gleichung (3.10) ohne weiteres zu ermitteln sind, kann eine Näherungsgleichung zur Berechnung des Emissionsminderungsgrads nach Gleichung (3.1) verwendet werden.

Mittlerer (durchschnittlicher) Gesamt-C-Emissionsgrad

$$\bar{EC} \approx \frac{1}{\rho_{N,C,BG}} \cdot \frac{\sum_{MP} \chi(C_xH_y - \text{Äqu}) \cdot \rho_N(C_xH_y - \text{Äqu}) \cdot x \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{C_xH_y - \text{Äqu}}} \cdot \frac{V_{N,RG}}{V_{N,BG}}}{\text{Anzahl}_{MP}} \quad (3.11)$$

Index MP = Messpunkte im Rauchgas- bzw. Flammenquerschnitt

mit dem Volumenverhältnis

$$\left(\frac{V_{N,RG}}{V_{N,BG}} \right)_{MP} = \left(\frac{V_{N,RG}}{V_{N,BG}} \right) (\lambda_{MP})$$

und der Luftzahl $\lambda_{MP} = \lambda(\text{Brenngas, Rauchgasspezies, Messpunkt})$.

Zur Ermittlung des EMG in den Rauchgasquerschnitten stromauf (in der Flamme) oder stromab vom Flammenende (also nach Abschluss der Verbrennung) müssen die lokalen Volumenkonzentrationen des C_xH_y -Äquivalents mehrerer Punkte gemessen und über die zusätzlichen Messwerte der Volumenkonzentrationen anderer Rauchgasspezies die lokalen Rauchgas-Brenngas-Volumenverhältnisse bestimmt werden. Diese Verhältnisse hängen von der lokalen Luftzahl ab, deren Werte sich bei idealer und nicht-idealer, d. h. unvollständiger sowie unvollkommener, Verbrennung deutlich unterscheiden. Dies ist z. T. schon an den sog. Ostwaldschen Verbrennungsdreiecken zu erkennen, worin nur der CO-Gehalt im Rauchgas der nicht-idealen Verbrennung berücksichtigt ist (s. a. /22/, /23/). Abgesehen von den quantitativen Unterschieden ist die Luftzahl bei nicht-idealer Verbrennung wesentlich umständlicher als bei idealer Verbrennung zu berechnen. Zur Kontrolle liefert die Näherungsgleichung (3.13), die aus der von Streb /19/ entwickelten - um einige Terme erweiterten - Gleichung hervorgeht.

Rauchgas-Brenngas-Volumenverhältnis

$$\frac{V_{N,RG}}{V_{N,BG}} = \left(1 + \lambda \cdot \frac{V_{N,Luft,stöchiometrisch}}{V_{N,BG}} \cdot \frac{Mol_{Luft}}{Mol_{BG}} \right) \cdot \frac{Mol_{BG}}{Mol_{RG}} \quad (3.12)$$

Lokale Luftzahl

$$\lambda = \frac{O_{2,vorhanden}}{O_{2,(vorhanden+erforderlich)stöchiometrisch}}$$

$$\lambda = \frac{\chi(O_2) + \chi(CO_2) + \frac{1}{2} \cdot \chi(CO) + \frac{1}{2} \cdot \chi(H_2O) + \chi(SO_2)}{\chi(CO) + \chi(CO_2) + \left(x + \frac{y}{4}\right) \cdot \chi(C_xH_y - \text{Äqu}) + \frac{1}{2} \cdot \chi(H_2) + \frac{1}{2} \cdot \chi(H_2O) + \frac{3}{2} \cdot \chi(H_2S) + \chi(SO_2)} \quad (3.13)$$

Der mit Gleichung (3.11) berechnete Näherungswert des Gesamt-C-Emissionsgrads ist i. a. etwas größer als der mit den korrekten Gleichungen (3.2) bis (3.8) ermittelte Wert, weil alle Messpunktdaten hinsichtlich der Querschnittsbezugsfläche gleichgewichtig in die Summation eingehen. Dagegen ist die Wichtung der größeren Werte im Flammeninneren wegen der kleineren Grundfläche im Innenbereich bei der korrekten Integration in Gleichung (3.7) geringer. Deshalb sind die Näherungswerte des Emissionsminderungsgrads gemäß Gleichung (3.1) etwas kleiner als die korrekt berechneten, also etwas ungünstiger.

3.2 Andere Kenngrößen der Verbrennungsqualität

Die Verbrennungseffektivität und die spezifischen Schadstoffemissionen werden auf viele verschiedene Arten ausgedrückt, wodurch Vergleiche erschwert werden, manchmal mehrdeutig sein können und gegenseitige Umrechnungen nicht ohne Weiteres möglich sind. Die Unterschiede sind durch die speziellen Forderungen der verschiedenen Bereiche der Technik

begründet, z. B. der Energieversorgung, der Abfallentsorgung, der Automobiltechnik, der Luftfahrt usw.. Im Folgenden werden einige Kenngrößen vorgestellt, weil einige Quellen dementsprechende Angaben enthalten.

Ausbrand nach Günther /18/ u. a.

$$\alpha_M(x) = 1 - \frac{2 \cdot \pi \cdot \int H_u \cdot u \cdot r \cdot dr}{H_{u,0} \cdot \dot{V}_{BG,0}} \quad (3.14)$$

Dieser Ausbrand wird mit dem örtlichen Heizwert H_u des jeweiligen Brenngas-Luft-Rauchgasgemischs berechnet und auf den Anfangswärmestrom bezogen. Er hängt vom Abstand zum Brennerdüsenaustritt ab und erreicht im Idealfall am Flammenende den Wert 1.

Umsatz- und Ausbrandgrad der DGMK /11/

Der Umsatzgrad U beschreibt die auf den Kohlenstoff-Massenstrom des Kohlenwasserstoff-Brenngases bezogene Differenz der Kohlenstoff-Massenströme am Reaktoreingang (Brenngas) und am Reaktorausgang (im Rauchgas). Im Gegensatz zum Emissionsminderungsgrad EMG sind hier im Kohlenstoff-Massenstrom des Rauchgases auch die anorganischen Spezies CO und Ruß mit berücksichtigt.

$$U[\%] = \frac{\dot{m}_C^{\text{ein}}(C_m H_n) - \dot{m}_C^{\text{aus}}(C_x H_y, CO, Ru\beta)}{\dot{m}_C^{\text{ein}}(C_m H_n)} \cdot 100 \quad (3.15)$$

Ähnlich wie beim EMG, Gleichung (3.1), wurde hier die Komplementärgröße des Emissionsfaktors, E_{ga} , eingeführt.

$$U[\%] = 100 - E_{ga}[\%] \quad (3.16)$$

$$E_{ga}[\%] = \frac{\dot{m}_C^{\text{aus}}(C_x H_y, CO)}{\dot{m}_C^{\text{ein}}(C_m H_n)} \cdot 100 \quad (3.17)$$

Massenstrom am Reaktoreingang (Brenngas):

$$\dot{m}_C^{\text{ein}}(C_m H_n) = \frac{\dot{m}_G}{\rho_{N,G}} \cdot \sum \chi(C_m H_n) \cdot \rho_N(C_m H_n) \cdot m \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{C_m H_n}} \quad (3.18)$$

Massenstrom am Reaktorausgang (Rauchgas):

$$\dot{m}_C^{\text{aus}}(\text{C}_x\text{H}_y, \text{CO}, \text{Ruß}) = 2 \cdot \pi \cdot \int_{r=0}^{r_a} \chi(\text{CH}_4, \text{CO}) \cdot [1 + \chi(\text{H}_2\text{O})] \cdot \rho_N(\text{CH}_4, \text{CO}) \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_{\text{CH}_4, \text{CO}}} \cdot u_{\text{aus}} \cdot r \cdot dr \quad (3.19)$$

mit

$$r_a = r_a(\chi(\text{CO}_2) = 0,1\%)$$

Neben dem für den Rauchgasquerschnitt definierten Umsatzgrad sind im DGMK-Bericht /11/ zwei örtliche Ausbrandgrade als Quotient der örtlichen Massenkonzentrationen verschiedener Rauchgasspezies definiert, die für die Beurteilung der Verbrennung unterschiedlich zusammengesetzter Gase der Mineralölindustrie an einer Versuchsfackel verwendet wurden. Mit der allgemeinen Formel für die Massenkonzentrationen

$$\rho_C(i) = \rho_{N,i} \cdot \chi_i \cdot [1 + \chi(\text{H}_2\text{O})] \cdot x \cdot \frac{\text{Mol}_C}{\text{Mol}_i} \quad (3.20)$$

folgen für

den örtlichen Ausbrandgrad vor dem Flammenende

$$\alpha' = \frac{\rho_C(\text{CO}_2) + \frac{1}{2} \cdot \rho_C(\text{CO})}{\rho_C(\text{CO}_2) + \rho_C(\text{CO}) + \rho_C(\text{C}_x\text{H}_y)} \quad (3.21)$$

und den örtlichen Ausbrandgrad nach dem Flammenende

$$\alpha = \frac{\rho_C(\text{CO}_2)}{\rho_C(\text{CO}_2) + \rho_C(\text{CO}) + \rho_C(\text{C}_x\text{H}_y)} \quad (3.22)$$

So definierte Kenngrößen wurden auch für die Ermittlung des Ausbrands bei den BEB-Feldversuchen an Erdgas-Versuchsfackeln verwendet, die in den Berichten /5/, /6/ und /7/ dokumentiert sind. Zusätzlich wurde in analoger Weise eine auf den Schwefelgehalt normierte Ausbrandgröße eigens für die Bewertung der Schwefelwasserstoff-Verbrennung definiert und für die Auswertung herangezogen.

Verbrennungseffektivität nach Romero /29/ u. a.

In den meisten Veröffentlichungen zur Fackelverbrennung wird die Qualität mittels der Verbrennungseffektivität (combustion efficiency CE) beschrieben. Die in /29/ angegebene Definitionsgleichung lautet

$$CE[\%] = \frac{\chi(\text{CO}_2)}{\chi(\text{CO}_2) + \chi(\text{CO}) + \chi(\text{C}_x\text{H}_y)} \cdot 100. \quad (3.23)$$

Diese Größe ist ein Quotient der an ein- und derselben Stelle nach dem Verbrennungsende in der Rauchgasfahne gemessenen Volumenkonzentrationen χ [ppm] der bezeichneten Rauchgasspezies. Die gesamten unverbrannten Kohlenwasserstoffe C_xH_y werden üblicherweise als CH_4 -Äquivalent eingesetzt. Diese Gleichung ähnelt der oben angegebenen Gleichung (3.23) für den örtlichen Ausbrandgrad nach dem Flammenende, α .

Emissionsindex nach Turns /21/

Der Emissionsindex der Spezies i ist das Verhältnis der Masse des Spezies i zur Masse des verbrannten Brennstoffs. Er kann als Maß für die Effektivität eines partikulären Verbrennungsprozesses aufgefasst werden, bei dem spezielle Schadstoffe erzeugt werden.

Für die Verbrennung eines Kohlenwasserstoff-Brennstoffs in Luft kann der Emissionsindex aus Messwerten der Volumenkonzentrationen X des interessierenden Spezies und aller anderen Kohlenstoff enthaltenden Spezies ermittelt werden. Zur Normierung auf den Kohlenstoffgehalt wird, wie vorn, die Molzahl des Kohlenstoffs im Brennstoff C_mH_n herangezogen. Unter der vereinfachenden Annahme, dass nahezu der gesamte Brennstoff-Kohlenstoff im CO_2 oder im CO des Rauchgases enthalten ist, kann man für den Emissionsindex des Spezies i bzw. C_xH_y -Äquivalents schreiben

$$EI_i = \frac{\chi_i}{\chi(\text{CO}_2) + \chi(\text{CO})} \cdot m \cdot \frac{\text{Mol}_i}{\text{Mol}_{\text{Brst}}} \quad (3.24)$$

oder

$$EI_{\text{C}_x\text{H}_y} = \frac{\chi(\text{C}_x\text{H}_y - \text{Äqu})}{\chi(\text{CO}_2) + \chi(\text{CO})} \cdot m \cdot \frac{\text{Mol}_{\text{C}_x\text{H}_y - \text{Äqu}}}{\text{Mol}_{\text{C}_m\text{H}_n}}. \quad (3.25)$$

An den Gleichungen ist abzulesen, dass dieser Emissionsindex unabhängig von der Luftzumischung entlang der Rauchgasfahne ist. Da alle gemessenen Konzentrationswerte in einem Quotienten stehen, kompensieren sich die Auswirkungen der Luftzumischung bzw. – verdünnung, jedoch nicht die des bis zum Flammenende fortgesetzten Verbrennungsprozesses.

3.3 Grenztemperatur

Hinsichtlich der Verbrennungstemperatur ist nach der TA Luft /1/ folgendes zu beachten:

5.4.8.1a.2.2 Anlagen zum Abfackeln von brennbaren gasförmigen Stoffen,
die nicht aus Abfallbehandlungsanlagen stammen

Brennbare gasförmige Stoffe ... sind ... einer Fackel zuzuführen.

Bei Fackeln soll die Mindesttemperatur in der Flamme **850 °C** betragen.

Messungen

Zur Überwachung der Ausbrandtemperatur ... (ist) ... im Verbrennungsraum die **Temperatur** kontinuierlich (zu) ermitteln ...

sofern dies nicht möglich ist, ist der zuständigen Behörde ... die Einhaltung der Anforderungen für den **Ausbrand** nachzuweisen.

Die Einhaltung des **Emissionsminderungsgrades** für organische Stoffe ist der zuständigen Behörde nachzuweisen; dazu sind **Sonderregelungen** zu treffen.

Die Angaben zur Messung der Flammentemperatur sind relativ wenig konkretisiert.

Beispielsweise ist nicht festgeschrieben, ob eine lokale oder eine durchschnittliche Temperatur gemessen werden soll, welcher Messabstand vom Fackelaustritt und welche radiale Position im Flammenquerschnitt eingehalten werden sollen. Der Temperaturwert hängt von all diesen und darüber hinaus noch von weiteren Parametern ab. Dazu zählen die Brenngaszusammensetzung und der Heizwert. Eine wichtige Rolle für die Temperaturentwicklung spielt auch die Organisation der Verbrennung, d. h. das Konzept und Details der Fackelkopfkonstruktion.

In Bild 3.1 sind – neben dem Sauerstoff-Konzentrationsverlauf und den Punkten des örtlichen Ausbrandgrads vor dem Flammenende, $\alpha' = 90 \%$ (Gleichung (3.21)), - zur teilweisen Veranschaulichung der Fakten die achsnahen Temperaturverläufe in Fackelflammen der mit injiziertem Wasserdampf gemischten Gase von Mineralö Raffinerien über dem mit dem Fackelaustrittdurchmesser relativierten Fackelabstand dargestellt (aus /11/). Ein Beispiel für die radiale Temperaturverteilung kurz vor dem Flammenende ist in Bild 2.6 zu sehen. Weitere Temperatur-Diagramme, die die Aussagen verdeutlichen, sind in den Abschnitten 4, 5 und 6 zu finden. Darunter sind einige, in denen man – wie in Bild 2.3 – die sehr große Schwankungsbreite der Temperaturwerte an ein und demselben Ort erkennen kann. Ursache dafür ist die Reynoldszahl-abhängige Flammenstruktur, zu der Bild 2.1 einen Eindruck vermittelt.

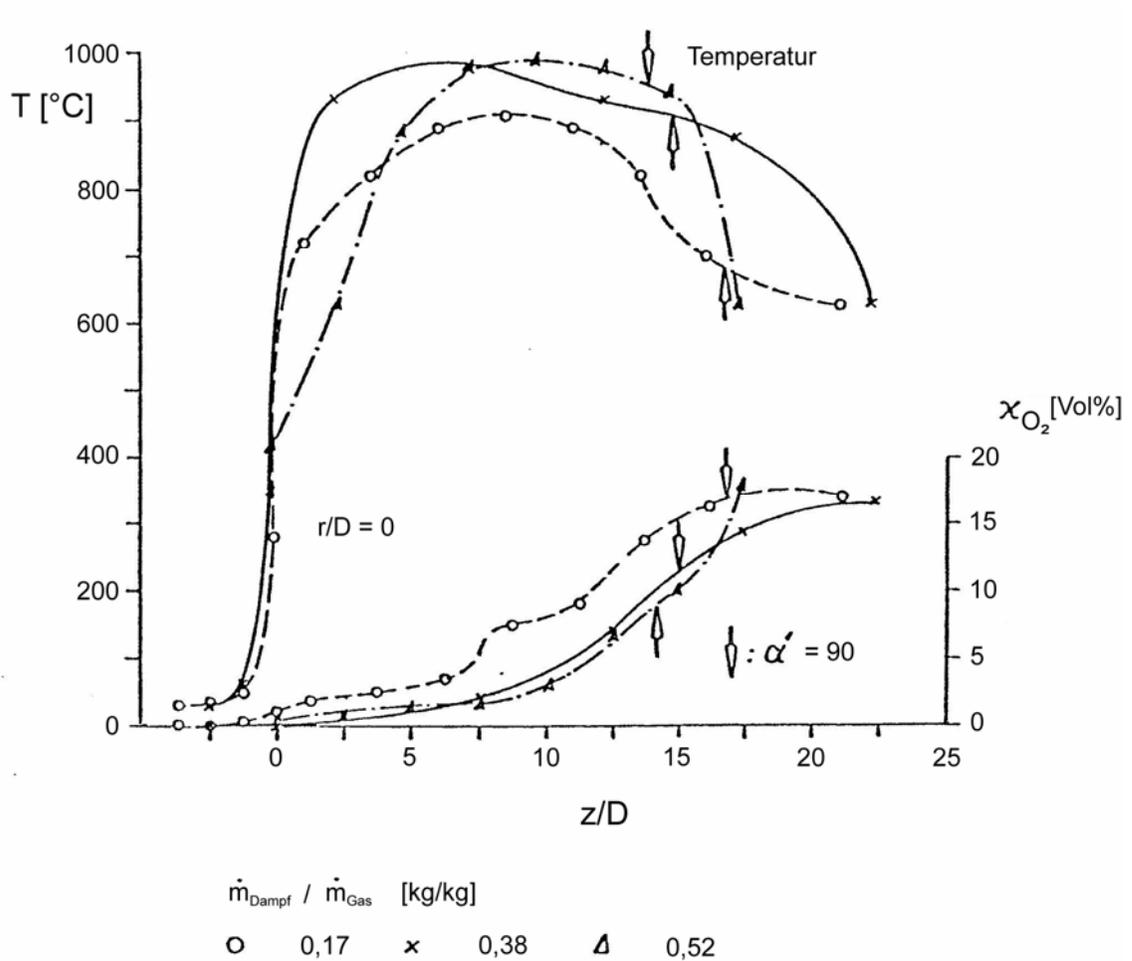


Bild 3.1: Temperatur T und Sauerstoff-Volumenkonzentration χ_{O_2} im Zentrum ($r/D = 0$) von Fackelflammen entlang der Flammenachse bei verschiedenen Wasserdampf-Gas-Verhältnissen $\dot{m}_{\text{Dampf}} / \dot{m}_{\text{Gas}}$. Pfeile: Örtlicher Ausbrandgrad vor Flammenende $\alpha' = 90\%$. z/D = auf den Fackelaustrittsdurchmesser D bezogene vertikale Koordinate.

Aus den Darlegungen folgt, dass es einen weiten Spielraum für den „Nachweis“ der Flammenmindesttemperatur gibt. Abgesehen davon wird die Kenngröße „Flammenmindesttemperatur“ für weniger wichtig und aussagekräftig erachtet, weil kein direkter und eindeutiger Zusammenhang mit der Verbrennungseffektivität bzw. mit dem Erreichen des geforderten Emissionsminderungsgrads besteht.

Zusammenfassung und Fazit

- In Auszügen aus der TA Luft (2002) werden die für die Verbrennung an Fackeln und ihren Zusatzeinrichtungen zutreffenden Anforderungen wiedergegeben. Darin sind die Bedingungen und Kriterien für die Grenzwerte des Emissionsminderungsgrads EMG, der mit Worten definiert ist, und der Fackelflammen-Mindesttemperatur angegeben.
- Zur Berechnung des EMG aus Messwerten wurden dessen Definitionsgleichung und die der Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad EC formuliert. Um die darin vorkommenden Größen des Brenngases und des Rauchgases berechnen oder die Berechnung nachvollziehen zu können, sind deren Gleichungen mit den enthaltenen Messgrößen ebenfalls angegeben. Für die Auswertung nach der korrekten EC-Formel müssen die Daten bestimmter Messgrößen bekannt sein. Es gibt jedoch Versuche mit vielen Ergebnissen, aber in dieser Hinsicht dennoch unvollständigen Messwerten. Als Option wurden deshalb Gleichungen für eine Näherungsberechnung angeschrieben, für die dieser Messdatenumfang ausreicht.
- Neben den genannten Kenngrößen gibt es einige andere zur Bewertung der Verbrennungsqualität, die für Vergleichszwecke im Bericht zusammengestellt sind. Die in Veröffentlichungen meistbenutzte Kenngröße ist die Verbrennungseffektivität CE (combustion efficiency, Gleichung (3.23)). Zwischen den Größen EMG bzw. EC und CE besteht ein – natürlich auch in den Gleichungen zum Ausdruck kommender – prinzipieller Unterschied. Der EMG bezeichnet das Massenverhältnis aus den als Kohlenstoffgehalt angegebenen organischen Verbindungen im Rauchgas (d. h. im wesentlichen die unverbrannten Kohlenwasserstoffe) zu den ebenfalls als Kohlenstoffgehalt angegebenen organischen Verbindungen im Brenngas (d. h. im wesentlichen die Kohlenwasserstoffe). Die lokale Verbrennungseffektivität CE ist dagegen das Volumenkonzentrationsverhältnis aus den Kohlenstoff enthaltenden Verbrennungsprodukten bei idealer Verbrennung (nur CO_2) und bei nicht-idealer Verbrennung (CO_2 , CO , C_xH_y) an ein- und derselben Stelle im Rauchgas. Die für die Beurteilung hauptsächlich interessierende globale (mittlere) Verbrennungseffektivität wird durch Integration über dem Rauchgasquerschnitt ermittelt. Da die idealen Zielwerte für beide Größen, EMG und CE, 100 % sind und die realen Werte bei der Verbrennung am Fackelkopf unter regulären Bedingungen ziemlich nahe bei 100 % liegen, sind tendenzielle Vergleiche zulässig.

4. Einflüsse auf Verbrennung und Emissionsminderungsgrad

4.1 Organisation der Verbrennung

Wichtige Einflüsse auf die Verbrennung werden durch die Organisation der Verbrennung bestimmt, die vom Konzept der Brennerdüse und der Brennraumgestaltung abhängt. Das sind

- Mischungsraten von Brennstoff und Luft:

Wie in Bild 2.1 gezeigt, hängen diese u. a. maßgeblich von der Reynoldszahl ab, d. h. vom Brennerdüsendurchmesser und von der Brenngasaustrittsgeschwindigkeit. Wird Gleichung (2.1) weiter umgeformt, so sieht man, dass die Re-Zahl bei gegebenem Massenstrom zu diesem proportional und zum Durchmesser umgekehrt proportional ist. Bei Strahlflammen hat die Reibung einen stärkeren Einfluss auf die Strahlentwicklung, wenn die Re-Zahl klein ist. Die Strukturen sind relativ grob und die Vermischung weniger intensiv. Bei größeren Re-Zahlen verringert sich die Reibung, die Wirbelelemente des Strahls (Kelvin-Helmholtz-Instabilität) haben kleinere Wellenlängen und größere Wechselwirkungen miteinander, wodurch die Mischung feinskaliger und schneller wird /24/.

- Rezirkulationszonen:

Die Intensität der Verbrennung wird wesentlich unterstützt, wenn in der Nähe der Flammenwurzel Rezirkulationszonen vorhanden sind, in denen die Brennstoff-Luft-Mischung besonders aktiviert, die Verbrennung durch Rückströmung heißer Gase aus der Flamme begünstigt und die Aufenthaltszeit des Brennstoff-Luft-Gemischs in der Brennzone verlängert wird. Solche Rezirkulationszonen entstehen in Unterdruckbereichen infolge der Strömungsführung. An Fackelköpfen findet man diese z. B. am mit Widerstandselementen bestückten Austrittskranz von Brenner-Austrittsdüsen – s. Bild 4.1 aus /6/ - und auch am mit größeren Öffnungen versehenen Bodenblech von Fackelköpfen mit und ohne Sichtblenden – s. Bild 4.2 aus /7/ -. Die durch die Strahlflamme angesaugte Luft und das mit ihr z. T. vermischte Brenngas bilden in den Rezirkulationszonen mehr oder weniger große Wirbelgebiete.

- Temperatur in der Primärzone des Verbrennungsbereichs:

Die Primärzone des Verbrennungsbereichs oder einer Brennkammer ist das Gebiet, in dem ungefähr genau so viel Luft vorhanden ist, wie für die Verbrennung benötigt wird. Bei nicht-vorgemischten Strahlflammen erstreckt sie sich über das Gebiet, wo die Verbrennung stöchiometrisch, also ohne Luftüberschuss (Luftzahl $\lambda = 1$), abläuft. Die lokale Temperatur an der Verbrennungsfront solcher Flammen, d. h. im Bereich mit λ um 1, ist die höchste. Ihr Wert hängt nicht nur von der Brennstoffzusammensetzung und λ , sondern auch vom Wärmeaustausch mit der Umgebung durch Konvektion und Strahlung ab. Ein teilweiser Wärmeeinschluss durch Ummantelung des Fackelkopfes mit einer Sichtblende und Abschirmung durch ein Bodenblech wirkt sich auf das mittlere Temperaturniveau an dieser Stelle und somit indirekt auf die Verbrennung aus.

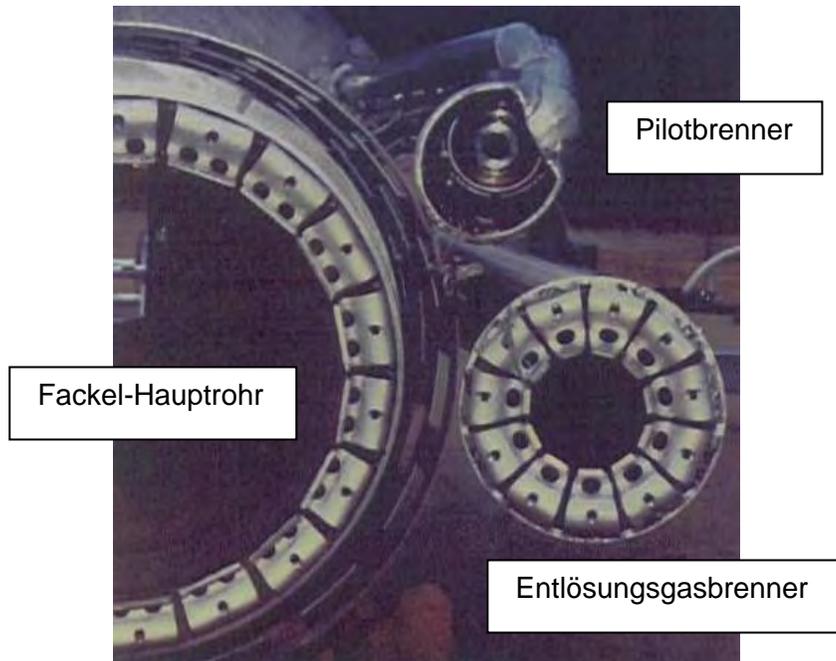


Bild 4.1: John-Zink-Fackelkopf mit Brenner-Austrittsdüsen

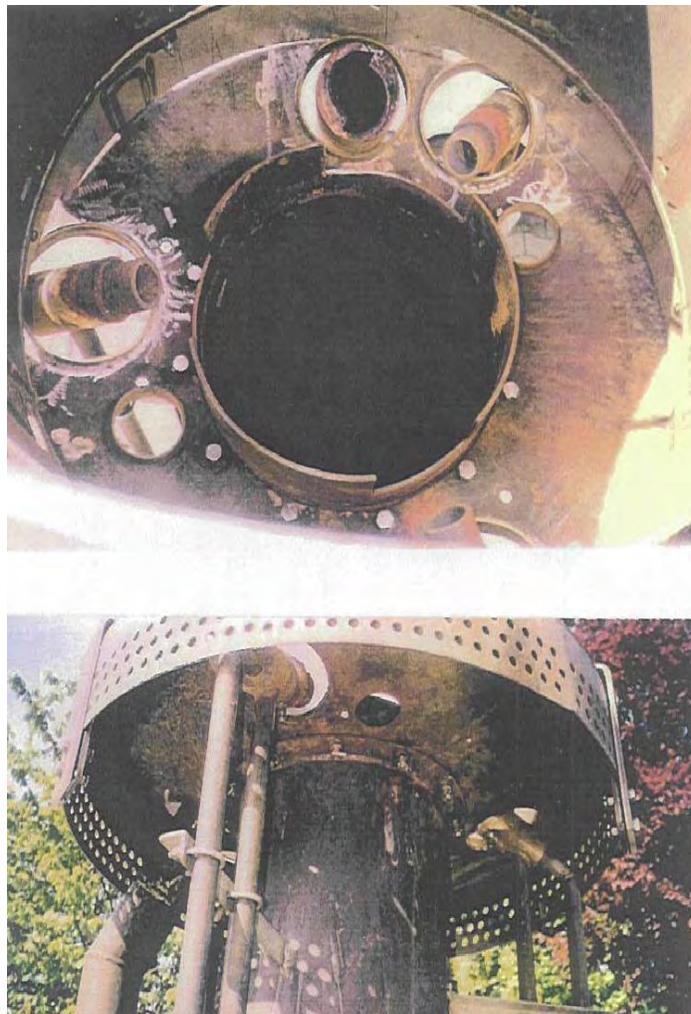


Bild 4.2: KTI-Fackelkopf mit Sichtblende und Bodenblech.
Verschiedene Öffnungen für Durchführungen und Luftansaugung

Zur Illustration sind in Bild 4.3 die mittleren Temperaturen und mittleren lokalen Luftzahlen einer Erdgas-Strahlflamme dargestellt, die bei Laborversuchen an einem Brenner einfacher Bauart gemessen (T) bzw. aus anderen Messwerten (Rauchgasspezies-Konzentrationen) errechnet wurden /19/.

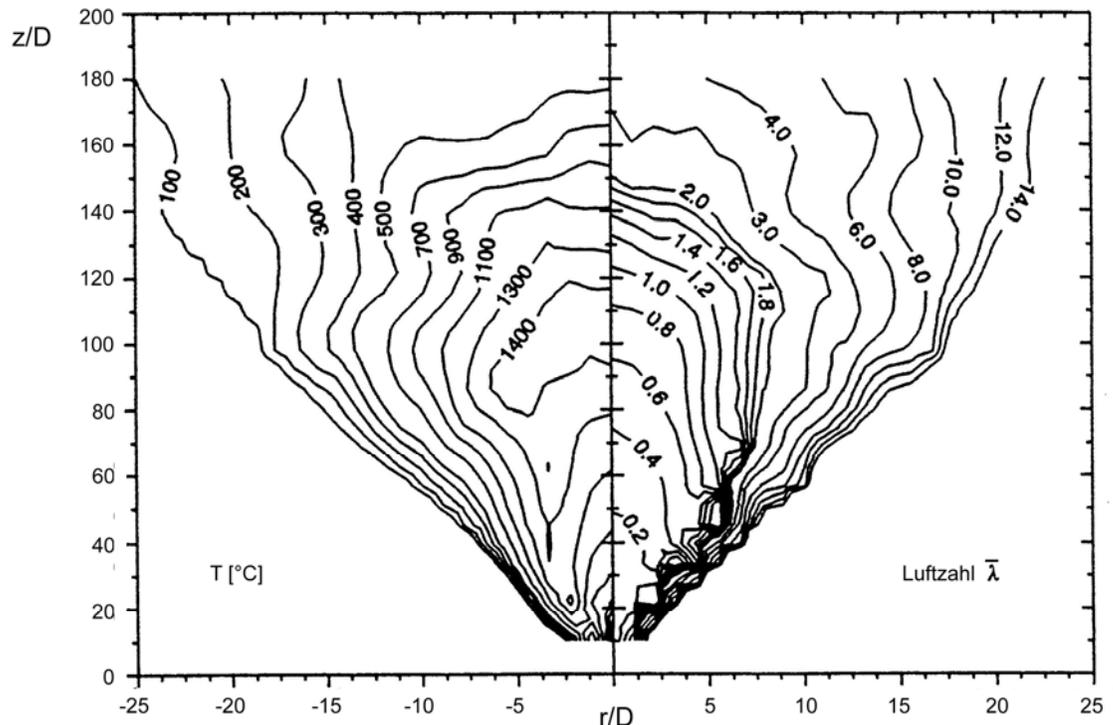


Bild 4.3: Isolinien der mittleren lokalen Luftzahl und Temperatur einer Strahlflamme

Mit Brennerkonstruktionen für vorgemischte Brennstoff-Luft-Verbrennung, die neuerdings für Fackeln anderer technischer Bereiche entwickelt werden (s. Hinweis in Abschnitt 1), können Flammen erzeugt werden, die vollständig unterstöchiometrisch (mager) sind, also überall einen Luftüberschuss besitzen ($\lambda > 1$). Ihre Maximaltemperatur liegt unter der von Flammen, die einen stöchiometrischen Bereich aufweisen.

- Aufenthaltszeit des Brennstoff-Luft-Gemischs in der Brennzonenzone:

Mit geeigneten konstruktiven Maßnahmen lässt sich, wie erläutert, die Aufenthaltszeit des Brennstoff-Luft-Gemischs im Anfangsbereich der Fackel-Verbrennung beeinflussen. Auswirkungen längerer Aufenthaltszeiten in Verbindung mit dem Temperaturniveau, beispielsweise bei der Oxidation der Kohlenwasserstoffe über CO zu CO₂, sind in den Bildern 2.4 und 2.5 zu sehen.

4.2 Fackelkopftypen

Dem Konzept sowie den Details der verschiedenen Fackelkopfkonstruktionen liegen Gesichtspunkte der Organisation der Verbrennung zugrunde.

Im Folgenden werden einige Fackelkopftypen von Erdgasfackeln vorgestellt, deren Verbrennungsergebnisse bei Feldversuchen der Firma BEB gemessen und miteinander verglichen wurden. Die dokumentierten Messwerte dienen hier zur Bestimmung der vom Fackelabstand abhängigen Mittelwerte (Durchschnittswerte) des nach den neuen (2002) TA Luft-Vorschriften definierten Emissionsminderungsgrads bzw. seiner Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad.

- BEB-Feldversuche im Oktober/November 1988 /6/

In einer ersten Messkampagne der BEB im Jahr 1988 wurde die im Dauerbetrieb laufende Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung an 6 verschiedenen Fackelkopftypen untersucht. Deren wesentliche Konstruktionsmerkmale und Hauptmaße sind in den Bildern 4.4 bis 4.9 zu erkennen.

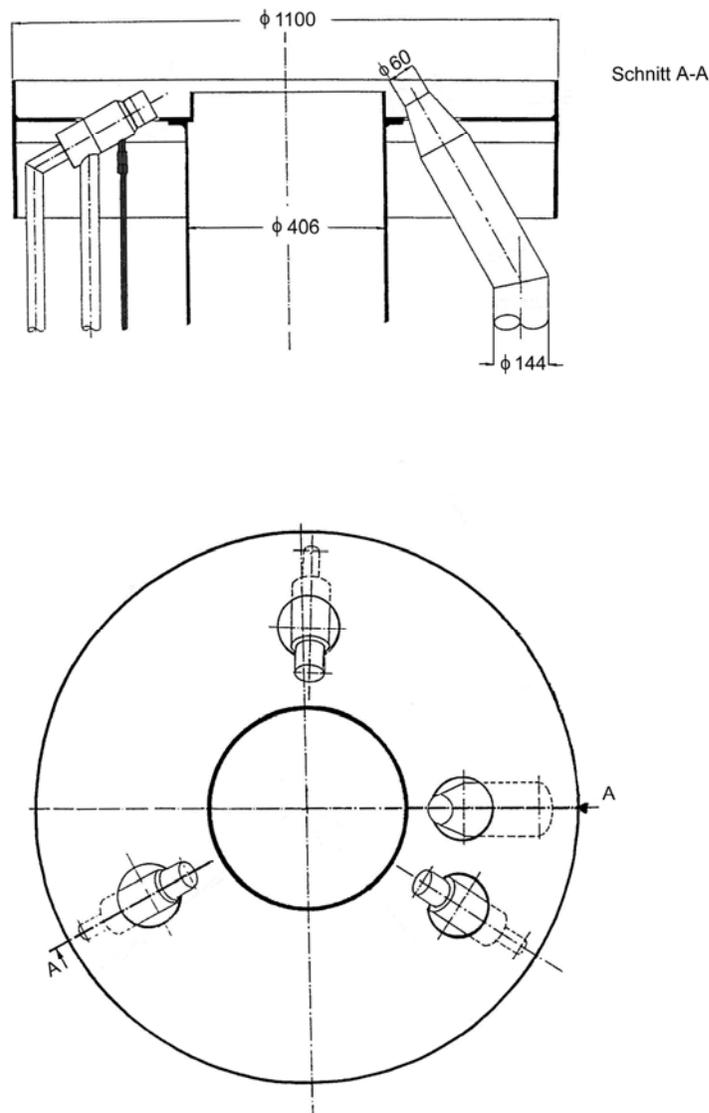


Bild 4.4: Fackelkopf KTI (ohne Sichtblende)
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

Bild 4.4 zeigt den Fackelkopf der Firma KTI in seiner ursprünglichen Form. Man sieht den Austritt des Fackel-Hauptrohrs und das daran montierte runde Bodenblech mit 1,1 m Durchmesser. Um das Fackel-Hauptrohr herum sind ein Entlösungsgasbrenner und drei Pilotbrenner angeordnet. Verbrennungs-Messwerte an diesem Fackelkopf sind die Basis für Vergleiche und für die verbrennungstechnische Beurteilung von konstruktiven Modifikationen.

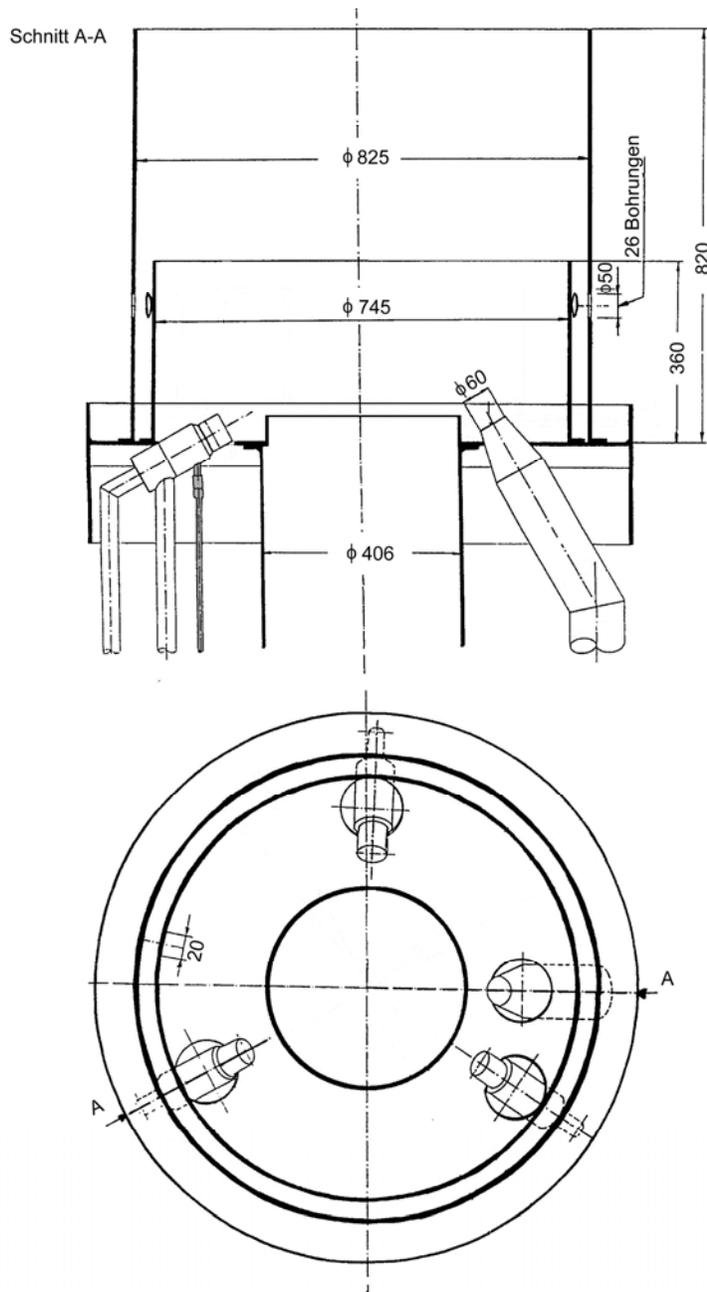


Bild 4.5: Fackelkopf KTI /SI (mit Sichtblende I)
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

In Bild 4.5 ist der erste modifizierte, bei den Feldversuchen untersuchte KTI- Fackelkopf wiedergegeben. Auf das Fackelkopf-Bodenblech wurde ein mit 26 Bohrungen versehener Zylindermantel, eine sog. Sichtblende (Sichtblende I) mit dem Durchmesser 825 mm und der Höhe 820 mm, aufgesetzt. In diesen wurde ein zweiter kleinerer und niedrigerer Zylindermantel

(Durchmesser 745 mm, Höhe 360 mm) eingesetzt. Zweck der Modifikationen waren – außer der (namensgebenden) optischen Abschirmung der Entlösungsgas-Süßgas-Flamme – der Schutz gegen zu starke Windeinwirkungen an der Flammenwurzel, eine gezielte Führung der angesaugten Verbrennungsluft mit Erzeugung von Rezirkulationszonen und der Wärmeeinschluss im Anfangsbereich der Verbrennung. Auch in anderen Bereichen als denen der Erdgasgewinnung kennt man solche bzw. so ähnliche Fackelköpfe als „shielded flares“ /3/.

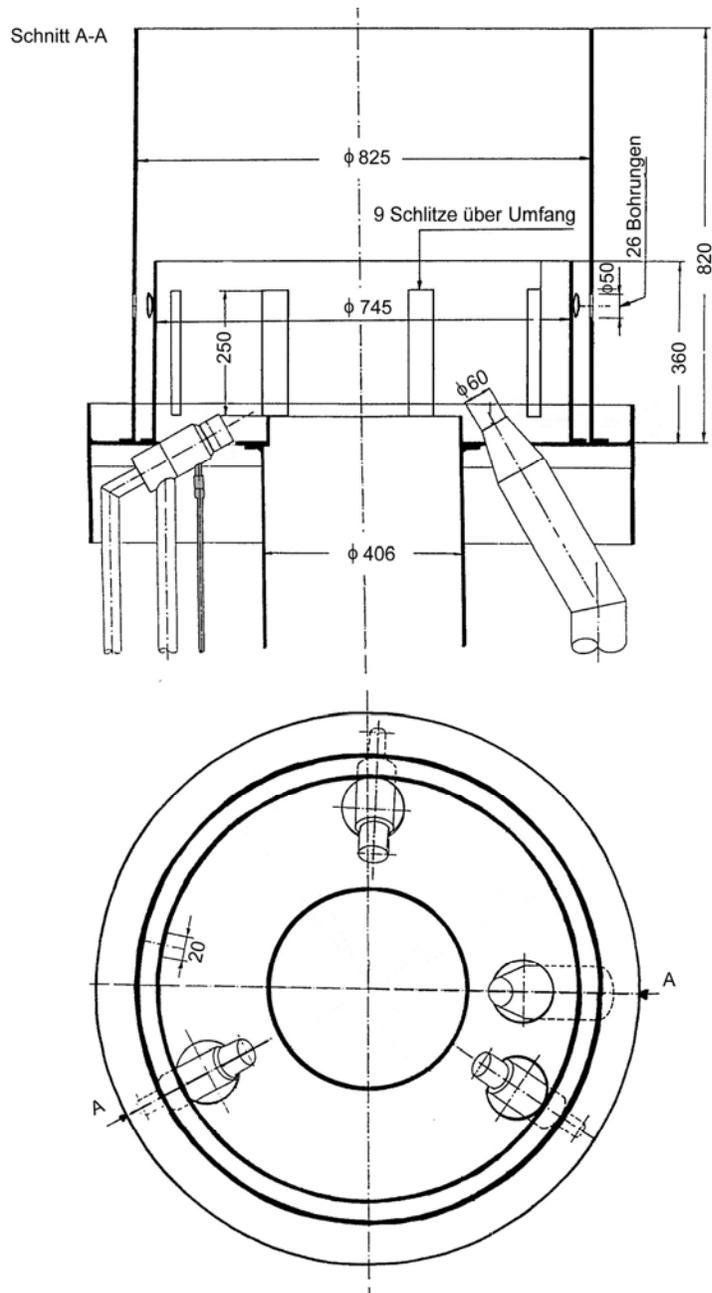


Bild 4.6: Fackelkopf KTI /SII (mit Sichtblende II)
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

In Bild 4.6 ist der KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II dargestellt, der sich von dem mit der Sichtblende I nur in einem Detail unterscheidet: Der innere Zylindermantel wurde mit 9

zusätzlichen, 20 mm breiten Längsschlitz versehen, um die Auswirkungen der dadurch veränderten und etwas widerstandsärmeren Luftzuführung zum Brenngas zu untersuchen.

Der KTI-Fackelkopf mit Sichtblende III in Bild 4.7 unterscheidet sich wiederum nur wenig vom KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II. Hier wurden zusätzliche Öffnungen mit dem Durchmesser 50 mm und daran angesetzte kurze Rohrstutzen im Bodenblech des Fackelkopfes angebracht. Auch dabei ging es um die Beeinflussung der Luftzuführung zum Brenngas, d. h. um die Unterstützung des sog. Kamineffekts.

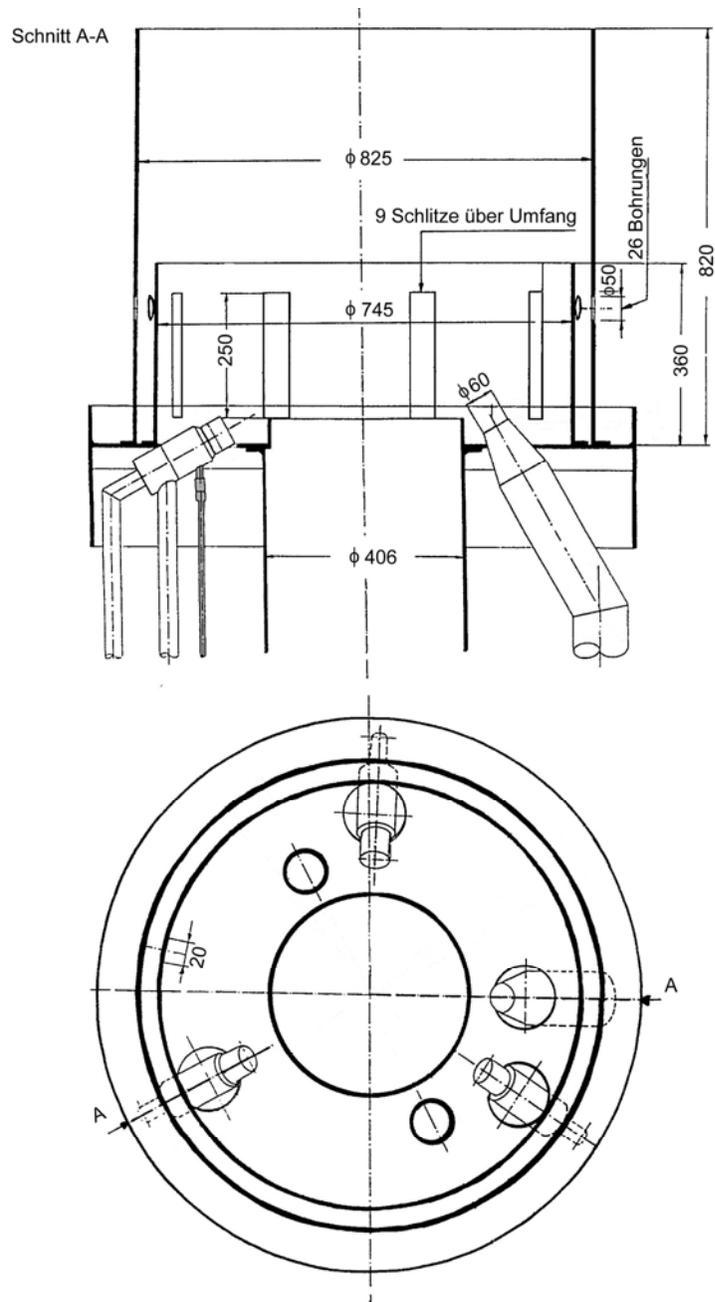


Bild 4.7: Fackelkopf KTI /SIII (mit Sichtblende III)
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

In Bild 4.8 ist der ursprüngliche Fackelkopf der Firma John Zink dargestellt, von dem ein Ausschnitt als Foto in Bild 4.1 zu sehen ist. Um das Fackel-Hauptrohr sind außen herum – ähnlich wie beim ursprünglichen KTI-Fackelkopf (Bild 4.4) – ein Entlösungsgasbrenner und drei Pilotbrenner angeordnet. Hier fehlt jedoch das Bodenblech. Stattdessen werden ähnliche, wenn auch nicht quantitativ vergleichbare Wirkungen mit den im Rohrinernen des Fackel-Hauptrohrs und des Entlösungsgasbrenners angebrachten Einsatzstücken erzielt. Über den Zweck dieser Widerstandselemente wurde bereits im Abschnitt 4.1 berichtet.

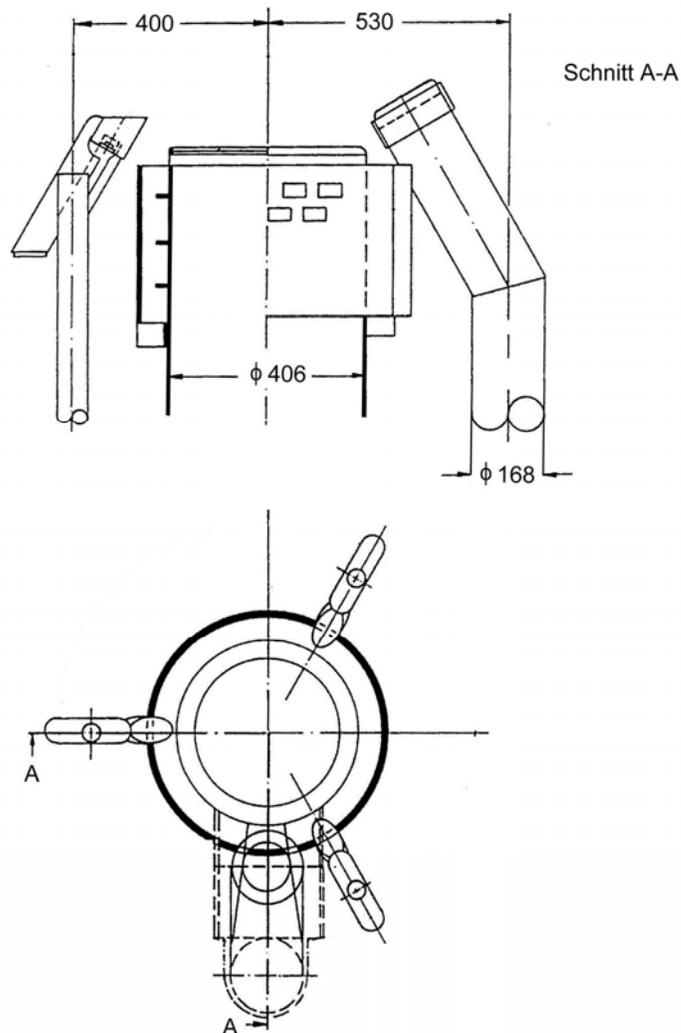


Bild 4.8: Fackelkopf John Zink
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

Der in Bild 4.9 dargestellte Entlösungsgasbrenner der Firma EET wurde neben dem Fackel-Hauptrohr an einem KTI-Fackelkopf (vgl. Bild 4.4) montiert. Da es bei den BEB-Feldversuchen hauptsächlich um die Entlösungsgasverbrennung und weniger um die begleitende Süßgasverbrennung an den Pilotbrennern und am Fackel-Hauptrohr (Spülgas) ging, wurde der EET-Entlösungsgasbrenner zu Vergleichszwecken in die Untersuchungen mit einbezogen.

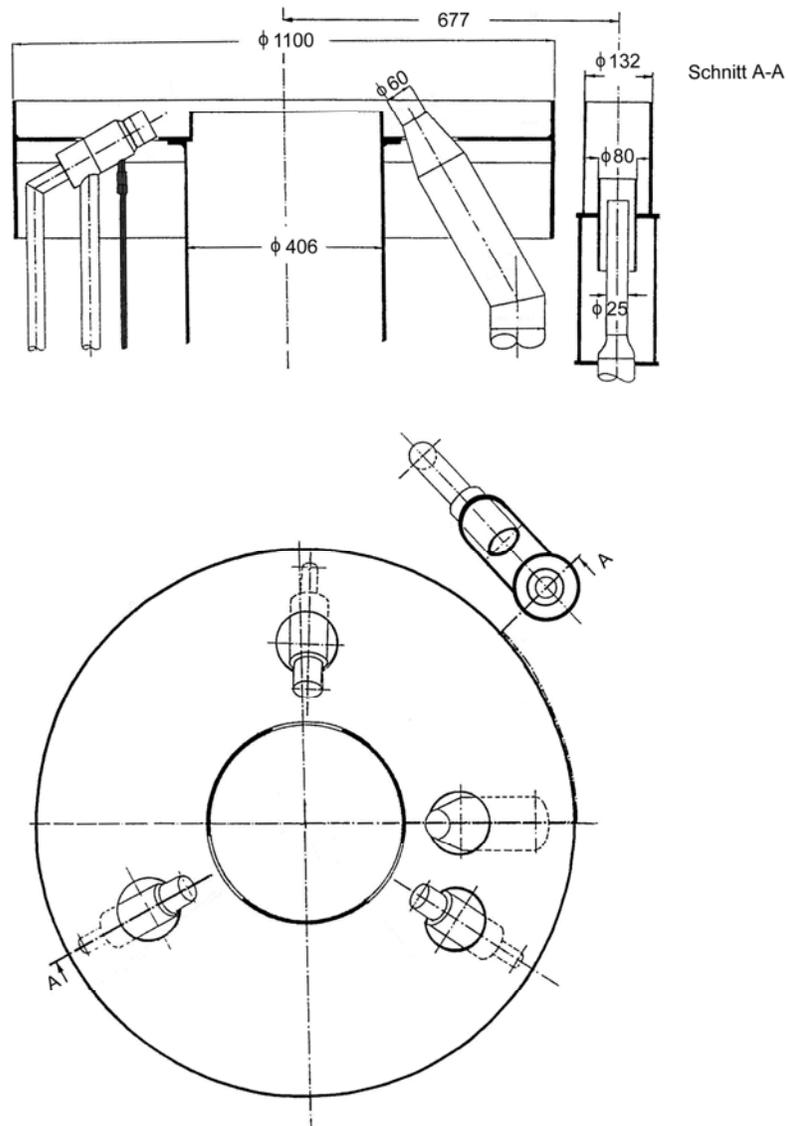


Bild 4.9: EET-Entlöschungsgasbrenner am KTI-Fackelkopf
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

- BEB-Feldversuche im Juli 1989 /5/, /7/

In einer zweiten Messkampagne der BEB im Jahr 1989 wurden die Untersuchungen der Entlöschungsgas-Süßgas-Verbrennung an wesentlich verbesserten Fackelkopftypen fortgesetzt. Zweck der Untersuchungen war die Verifizierung der technischen Verbesserung für die H_2S -Verbrennung. Außerdem wurde in der Versuchsreihe die Kohlenwasserstoffverbrennung mit untersucht. Zur genaueren quantitativen Erfassung der Verbrennungsprodukte wurde eine Messtechnik-Einrichtung über den Fackelkopf-Sichtblenden, also im Abstand von etwa 0,9 m vom Brennerdüsen- bzw. Fackel-Hauptrohr-Austritt installiert, mit der in dieser Messebene gleichzeitig 20 Rauchgasproben gezogen werden konnten. (Weitere Einzelheiten hierzu folgen im Abschnitt 5.) Aufeinander folgende Messungen wurden an 3 Fackelköpfen durchgeführt, die alle mit Sichtblenden ausgerüstet waren, nämlich am KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II, am KTI-

Fackelkopf mit Sichtblende II und Drallkegeldüse für die Entlösungsgasverbrennung sowie an einem modifizierten Fackelkopf der Firma John Zink. Bei diesen Versuchen wurde der positive Einfluss der Sichtblenden auf den Verbrennungsprozess sehr deutlich. Bei der Bilanzierung der Ergebnisse der H₂S-Verbrennung wurde nachgewiesen, dass das H₂S im Brenngas zu 99,9% im Rauchgas umgesetzt werden konnte. Die Resultate bestätigten, dass durch den Einfluss der Sichtblenden eine Gesamtverbesserung der Kohlenwasserstoffverbrennung (Entlösungsgas und Süßgas) in ähnlicher Weise wie beim H₂S bewirkt wird. Als Folgemaßnahme aus diesen Versuchen wurden wegen des hohen H₂S-Umsetzungsgrades bei neu aufgebauten Hochfackeln in der E&P-Industrie die Fackelköpfe mit Sichtblenden ausgestattet bzw. bei diversen Alt-Anlagen nachgerüstet.

KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II:

Dieser Fackelkopf wurde bereits mittels Bild 4.6 und den dazugehörigen Erläuterungen vorgestellt. Die an dem Fackelkopf ermittelten Messwerte dienten in erster Linie als Vergleichsgrundlage der aktuellen Versuchsreihen sowie zur möglichen Verknüpfung mit Messwerten aus der ersten BEB-Messkampagne (1988) auf einer technisch identischen Vergleichsbasis.

KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II und Entlösungsgas-Drallkegeldüse:

Der Aufbau dieses in Bild 4.10 gezeigten Fackelkopfes ist mit Ausnahme eines Details genau gleich wie der in Bild 4.6 dargestellte: Statt der zylindrischen Standard-Austrittsdüse besitzt der Entlösungsgasbrenner eine – nach Vorschlag und Konstruktion des Autors gebaute – Drallkegeldüse als Austrittsorgan. Diesem Konzept liegt der Effekt des Wirbelaufplatzens (vortex break down) zugrunde. Damit wird eine intensivere Durchmischung und Reaktion von Brenngas und Luft während einer relativ längeren Aufenthaltszeit im Wirbel des Drallkegels in einem kürzeren Abstand vom Brenner erzielt. Die Ergebnisse der Schwefelwasserstoff-Verbrennung waren vielfach besser als bei allen anderen vermessenen Fackelköpfen einschließlich des modifizierten und damit ebenfalls verbesserten John-Zink-Fackelkopfes (s. Bild 4.11). Auch die Kohlenwasserstoff-Verbrennung wurde durch diese technische Maßnahme am Entlösungsgasbrenner verbessert, obwohl die mit Süßgas gespeisten Austrittsdüsen, das Fackel-Hauptrohr und die Pilotbrenner, unverändert blieben.

Modifizierter John-Zink-Fackelkopf:

Wie in Bild 4.11 im Vergleich zu Bild 4.8 zu erkennen ist, hat die Firma John Zink ihre Fackelkopfkonstruktion stark verändert. Der neue Fackelkopf JZM (John Zink Modifikation), der auch heute noch in gleicher Weise und mit fast gleichen Maßen – s. Konstruktionszeichnung /25/ - gebaut wird, besitzt eine Sichtblende mit etwa 1,1 m Durchmesser und 1 m Höhe, jedoch

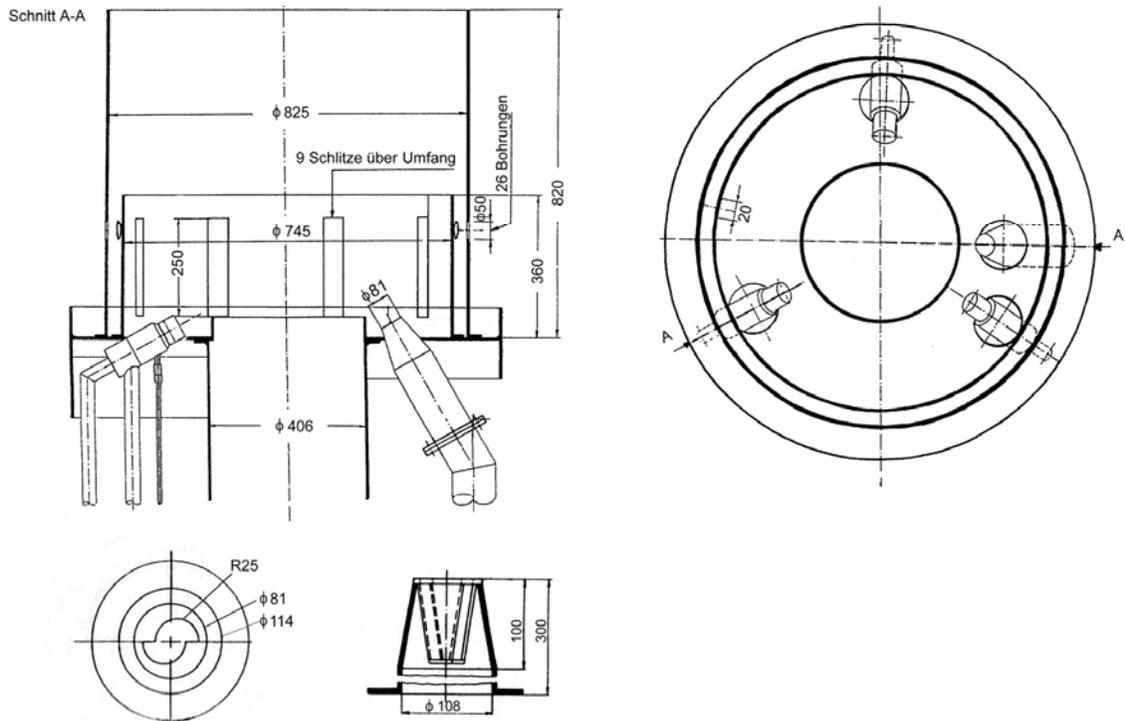


Bild 4.10: Fackelkopf KTI / SII / DK (mit Sichtblende II und Drallkegeldüse für die Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung) BEB-Feldversuche Juli 1989

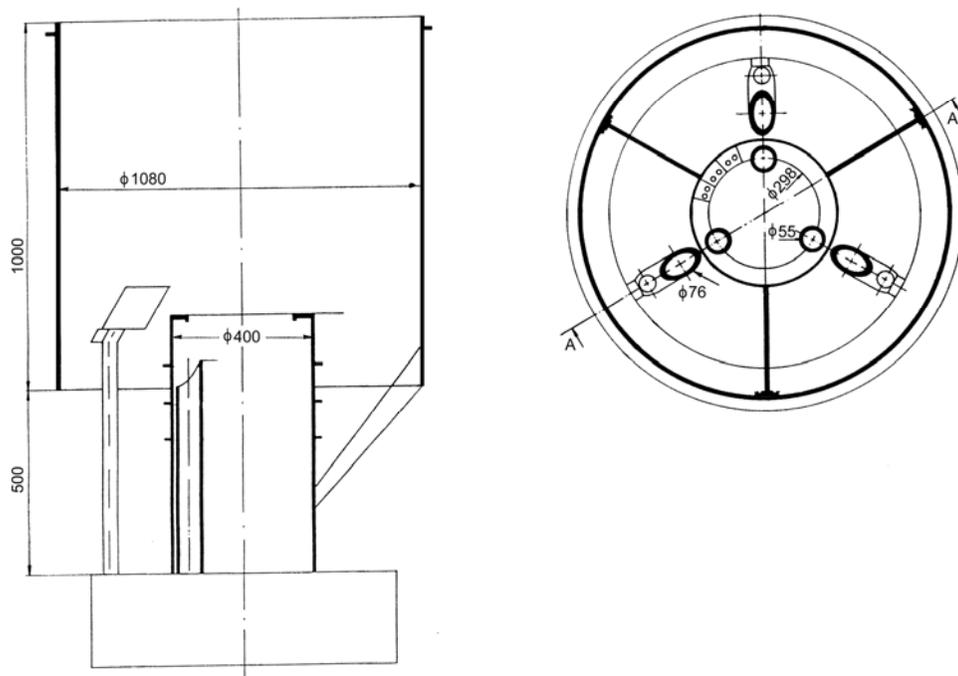


Bild 4.11: Fackelkopf JZM (John Zink Modifikation: 3 Entlösungsgas-Austrittsdüsen im Fackel-Hauptrohr; Sichtblende) BEB-Feldversuche Juli 1989

kein Bodenblech. Das Entlösungsgas durchströmt hier 3 Rohre und Brennerdüsen, die im Inneren des Fackel-Hauptrohr-Austrittsabschnitts angeordnet sind. Vor dem Eintritt in den eigentlichen Brennraum strömt das Entlösungsgas zumindest teilweise über die Widerstandselemente des Randkranzes am Hauptrohraustritt, womit die Verbrennung durch die vorn beschriebenen Effekte dieser Elemente begünstigt wird. In gleicher Winkelposition wie die Entlösungsgasdüsen, also in unmittelbarer Nachbarschaft, jedoch außerhalb des Hauptrohrs liegen die 3 Pilotbrennerdüsen. Die Kohlenwasserstoff-Verbrennung am JZM-Fackelkopf ist wegen der paarweisen Anordnung der Entlösungsgas- und Pilotbrenner sehr gut. Auch die Schwefelwasserstoff-Verbrennung ist gegenüber der am Vorgänger-Fackelkopf der gleichen Firma deutlich verbessert, wenn auch etwas weniger effizient als bei dem Entlösungsgasbrenner mit der Drallkegeldüse.

- Fackelkopf WEE

Bild 4.12 zeigt als weiteren Fackelkopf einer Erdgasfackel eine Konstruktion, die von der Firma ExxonMobil Production im Weser-Ems-Gebiet (WEE = Weser Ems East) verwendet wird. Dieser besitzt ebenfalls eine 1 m hohe Sichtblende, die das Fackel-Hauptrohr, das daneben geführte Entlösungsgasrohr und die Pilotbrenner umschließt. Der Sichtblenden-Zylindermantel umhüllt die Brennerrohre über einen längeren Abschnitt als bei den anderen Fackelkopftypen, was den sog. Kamineffekt für die angesaugte Verbrennungsluft verstärkt. Eine ausführlichere verbrennungstechnische Beurteilung ist nicht möglich, weil keine Messdaten vorliegen.

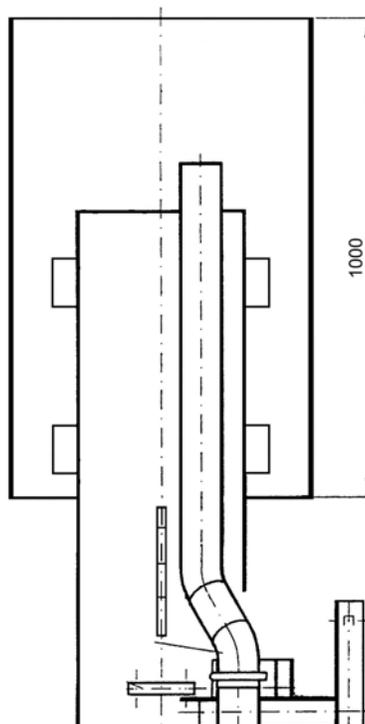


Bild 4.12: Fackelkopf WEE:
Verwendung bei Erdgasfackeln der ExxonMobil Production

- Referenzfackel der DGMK-Versuche und Referenz-Laborbrenner

Zur Abschätzung des allgemeinen Gültigkeitsbereichs der Resultate und für Vergleiche wurden zusätzlich die Emissionsminderungsgrade turbulenter Strahlflammen aus zwei weiteren Fackel- bzw. Brennerköpfen mittels Auswertung einiger Messdaten bestimmt, die nicht bei den BEB-Feldversuchen gewonnen worden sind. Es handelt sich um die Versuchsreihen Nr. 13 und 14 aus dem DGMK-Forschungsbericht 135-02 /11/ (Fackelgasverbrennung ohne Dampfzusatz) sowie um die in der Dissertation von H. Streb /19/ beschriebenen Laborversuche. Die Fackelkopf- bzw. Brennerkonfigurationen dieser Fälle sind in den genannten Quellen skizziert.

4.3 Brenngaszusammensetzung

Die in die Untersuchungen einbezogenen Brenngase wiesen sehr unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Typisch für die Entlösungsgas-Süßgas-Gemische ist ein relativ hoher Schwefelwasserstoffanteil – bei den Versuchen zwischen 17 und 34 Vol% - und, durch das zugemischte Süßgas, ein mehr als 50%-iger Methananteil (51 bis 66 Vol%). Die Normdichten variierten zwischen zwischen 0,99 und 1,10 kg/m³ und der volumetrische Mindestluftbedarf für die stöchiometrische Verbrennung lag zwischen 7,3 und 7,6 m³Luft/m³Brenngas.

Dagegen betrug der Methananteil des bei den DGMK-Versuchen Nr. 13 und 14 verwendeten Brenngases nur ca. 12 bis 14 Vol% und der Wasserstoffanteil ca. 63 Vol%. Die dementsprechenden Normdichten waren 0,70 bzw. 0,71 kg/m³ und der volumetrische Mindestluftbedarf betrug das 9,3- bis 9,5-fache. Insgesamt wurden bei den DGMK-Versuchen noch wesentlich unterschiedlichere Brenngase mit Normdichten zwischen 0,5 und 1,2 kg/m³, im Maximalfall 1,86 kg/m³, verwendet /11/.

Etwa den gleichen 9,4- bis 9,5-fachen Mindestluftbedarf hatte auch das von Streb eingesetzte (künstliche) Erdgas mit einem Methananteil zwischen 85 und 98 Vol% und Normdichten zwischen 0,73 und 0,81 kg/m³ /19/.

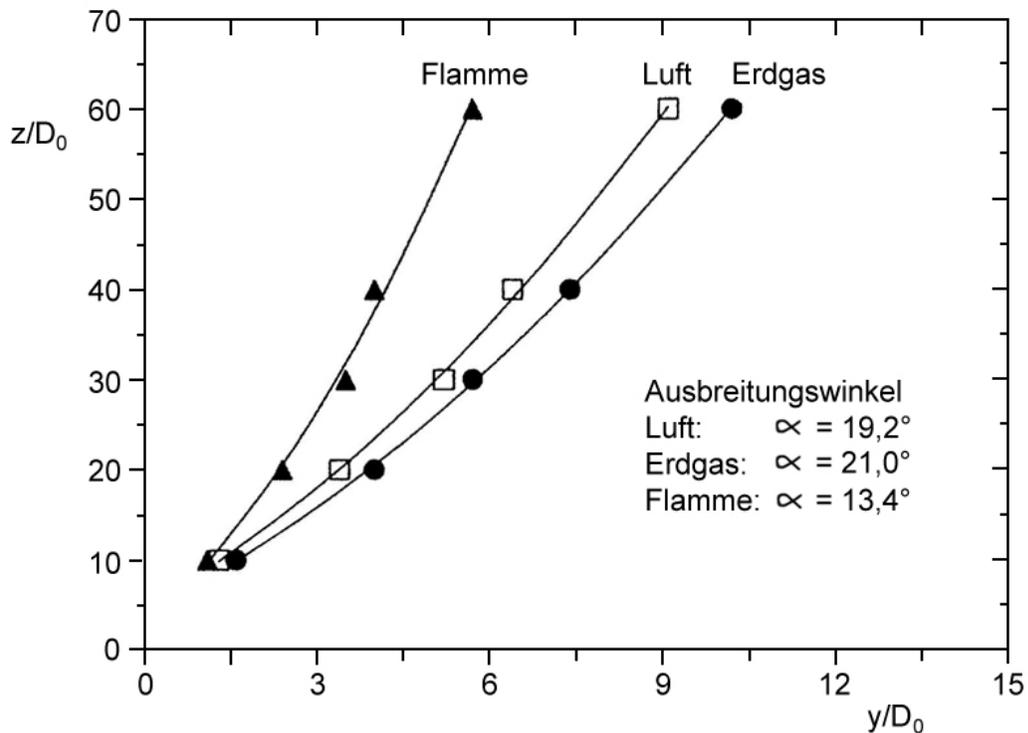


Bild 4.13: Strahlränder von Luft- und Erdgas-Freistrahlen sowie Freistrahldiffusionsflammen.
 z = vertikale Koordinate (Strahl-Längsachse); y = Querkordinate;
 D_0 = Düsenaustrittsdurchmesser.

Bild 4.13 zeigt die unterschiedliche Aufweitung runder isothermer Freistrahlen von Gasen verschiedener Dichte und von Diffusions-Strahlflammen infolge der Luftzumischung (aus /19/). Wegen der hauptsächlich durch die hohe Temperatur verringerten Dichte vermindert sich der Impulsaustausch der Diffusionsflamme mit der umgebenden Luft beträchtlich und der Strahlausbreitungswinkel ist deutlich kleiner als bei kälteren Gasen. Ergänzend dazu zeigt Bild 4.14, wie sich der Massenstrom einer Diffusionsflamme und eines isothermen Gasstrahls in Abhängigkeit vom relativen Düsenabstand (Index D) durch die Luftzumischung ändern (aus /26/).

Trotz der teilweise erheblichen Unterschiede bei dem zum Verbrennen erforderlichen Luftbedarf, beim die Brennstoff-Luft-Durchmischung mitbestimmenden Impulsaustausch, bei der von den Brenngasbestandteilen abhängigen Vielzahl chemischer Reaktionsschritte des Oxidationsvorgangs und bei den reaktionskinetischen Geschwindigkeiten ist festzustellen, dass die Verbrennungseffektivität von der Brenngaszusammensetzung nur verhältnismäßig geringfügig beeinflusst wird. Auswirkungen auf den Umsatzgrad /11/ bzw. den Emissionsminderungsgrad sind praktisch kaum erkennbar.

4.4 Weitere Einflüsse auf die Verbrennung

Wind

Sind die Windgeschwindigkeiten ungefähr gleich groß oder größer als die Strahlaustrittsgeschwindigkeiten am Fackelkopf, so kann die Flamme bereits dort so weit umgelenkt werden, dass die Richtungen der Flammen- bzw. Rauchgasachse und des Windes schließlich zusammenlaufen. Infolge der geringeren Relativgeschwindigkeit zwischen Rauchgasstrahl bei größeren Windgeschwindigkeiten vermindert sich einerseits der gesamte Impulsaustausch; andererseits können Teile am Strahlrand durch die Windkräfte so weit abgelenkt werden, dass deren Verbrennung erlischt und die Emission unverbrannten Brennstoffs zunimmt. Abhängig vom Verhältnis der Wind- und Strahlkräfte ändert sich der Flammen- bzw. Rauchgasfahnenquerschnitt ungefähr hufeisenförmig und die Flammenlänge vergrößert sich.

Bei den BEB-Feldversuchen (1988 und 1989) waren die Windgeschwindigkeiten meistens größenordnungsmäßig gleich oder deutlich größer (0,5 m/s bis mehrere m/s) als die gemittelten Brenner-Austrittsgeschwindigkeiten des Entlösungsgas-Süßgas-Gemischs (0,8 bis 1,6 m/s; maximal 3,2 m/s); die Windrichtung wechselte zeitweise und in gewissen Grenzen. Deshalb war es nicht einfach, die Messwerte an verschiedenen Stellen der Rauchgasfahne mit der gewünschten Genauigkeit zu erfassen.

Bei den DGMK-Versuchen Nr. 13 und 14 war die Fackelrohr-Austrittsgeschwindigkeit wesentlich höher als die des Windes, nämlich ca. 12 bis 22 m/s. In diesem Bericht /11/ ist Ausführlicheres über den Windeinfluss enthalten.

Wasserdampfzusatz zum Brenngas

Besonders Fackelgase der Mineralölraffinerien sind häufig so zusammengesetzt, dass sie bei der „normalen“ Verbrennung zur Russbildung neigen. Deshalb werden Fackelköpfe dieser Branche mit Einrichtungen zur Injektion von Wasserdampf ausgerüstet, um damit den Verbrennungsvorgang günstig zu beeinflussen und die Russbildung zu unterbinden. Im Allgemeinen nimmt die Russbildungsneigung mit steigender Gasdichte zu, weil damit bei gleichem Massenstrom pro Querschnittsfläche nach dem Kontinuitätsgesetz die Strömungsgeschwindigkeit und deren turbulente Schwankungsgrößen abnehmen. Deshalb verringert sich die molekulare Mischung und muss zum rauchfreien Verbrennen notwendigerweise stärker unterstützt werden.

Das Thema „Dampfzusatz“ ist hier kein Gegenstand weiterer Untersuchungen. Für ausführlichere Informationen wird auf den Bericht /11/ verwiesen.

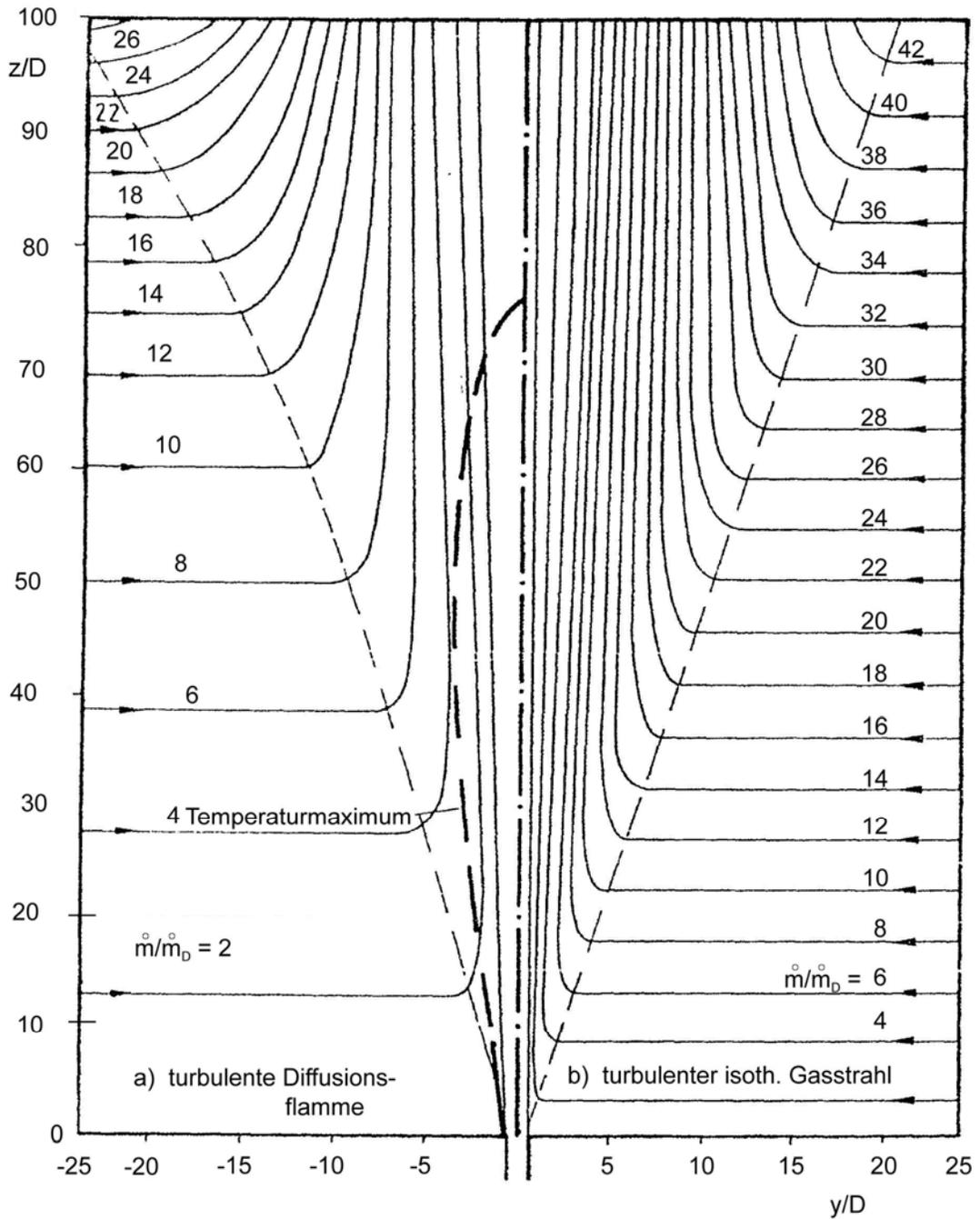


Bild 4.14: Stromlinien und Massenstromerhöhung einer turbulenten Diffusionsflamme (links) und eines isothermen Stadtgasstrahls. \dot{m} = Massenstrom; \dot{m}_D = Massenstrom am Düsenaustritt; z = vertikale Koordinate (Strahl-Längsachse); y = Querkoordinate; D = Düsenaustrittsdurchmesser.

Zusammenfassung und Fazit

- Die Organisation der Verbrennung mit den daraus resultierenden Einzelphänomenen hat einen starken Einfluss auf die Verbrennungsqualität. Das dementsprechend gewählte Konzept lässt sich mit geeigneten konstruktiven Maßnahmen realisieren. Bei Fackeln betrifft dies die Konfiguration des Fackelkopfes mit seinen einzelnen Brennerdüsen, die Anordnung und konstruktive Details.
- Zwecks Zuordnung und als Grundlage der Interpretation der im 6. Abschnitt mitgeteilten Versuchsergebnisse werden alle Fackelkopftypen mit ihren verbrennungstechnisch wesentlichen Gegebenheiten vorgestellt, die bei den BEB-Feldversuchen zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung in den Jahren 1988 und 1989 untersucht wurden. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal sind die an den Fackelköpfen vorhandenen oder nicht vorhandenen Sichtblenden. Als Folgemaßnahme aus den Versuchen wurden wegen des hohen H_2S -Umsetzungsgrades bei neu aufgebauten Hochfackeln in der E&P-Industrie die Fackelköpfe mit Sichtblenden ausgestattet bzw. bei diversen Alt-Anlagen nachgerüstet.
- Weitere Einflüsse auf die Verbrennung am Fackelkopf und den Emissionsminderungsgrad ergeben sich aus der Brenngaszusammensetzung, dem Wind und gegebenenfalls der Wasserdampfeinspritzung am Verbrennungsbeginn (die vorwiegend an Fackeln der Mineralölindustrie zu finden ist). Der Luftbedarf für die Verbrennung hängt von der Brenngaszusammensetzung ab; die Verbrennungsqualität wird davon jedoch erfahrungsgemäß verhältnismäßig wenig beeinflusst.

5. Methoden zur Messung der Rauchgasspezies und -temperaturen

Im Allgemeinen können Hochfackeln, die im Erdgas- oder Raffineriebetrieb oder in Betrieben anderer Branchen integriert sind, für Versuche zur Messung von Verbrennungsprodukten des Fackelbetriebs nicht eingesetzt werden. Gründe dafür sind – neben den damit verbundenen Störungen des Betriebsablaufs – Sicherheitsaspekte und die Schwierigkeiten bei der Erfassung aussagekräftiger und zuverlässiger Messwerte. Deshalb wurden bisher von verschiedenen Firmen bzw. Institutionen bei Versuchen im Freien meistens spezielle Versuchsfackeln verwendet, die niedriger waren – etwa 5 bis 10 m hoch – und hinsichtlich der Durchmesser entweder die Originalabmessungen besaßen oder maßstäblich verkleinert waren.

5.1 Einzelpunktmessungen mit Verschiebung der Messpunktkoordinaten

Die im Folgenden beschriebene Messmethode ist die für die Fackelverbrennung bisher am häufigsten benutzte Methode. Sie wurde bei Versuchen der BEB, des DGMK und der CMA/JZ (Chemical Manufacturers Association & John Zink Company, USA) sowie auch bei vergleichbaren Laborversuchen angewendet.

- BEB-Feldversuche im Oktober/November 1988 /6/

Für die Versuchsmessungen an verschiedenen Fackelköpfen der insgesamt ca. 10 m hohen Versuchsfackel wurde, wie in Bild 5.1 illustriert ist, ein Lastkraftwagen mit Teleskopausleger bereitgestellt. An den Ausleger, dessen Spitze auf die gewünschten Messpunktkoordinaten eingestellt werden konnte, war das Ansaugrohr für das zu messende Rauchgas und daneben ein Thermoelement für die Messung der lokalen Temperatur angebracht. Das Probengas wurde zu den Analysegeräten über einen etwa 20 m langen, beheizten Schlauch geführt.

Als wesentliche äußere Einflussgrößen wurden die Windgeschwindigkeit und –richtung in etwa 5 m Höhe erfasst und registriert. Die Windrichtung war eins der Kriterien zum Anfahren der Messpunkte, mit Hilfe der Temperaturmessung wurden die Messpunktpositionen der Rauchgasfahne kontrolliert und die Achse näherungsweise nach dem Temperaturmaximum ermittelt. Eine weitere, bei diesen und anderen Messungen ebenfalls benutzte Möglichkeit zur ungefähren Positionsbestimmung der Rauchgasfahne und Probenahme ist die abends oder nachts nutzbare Sichtbarkeit.

Der Entlösungsgas-Süßgas-Durchsatz betrug bei den Versuchen mit den 6 – in Abschnitt 4.2 beschriebenen – Fackelkopftypen ca. 35 bis 43 m_N³/h und die Probenahme an jedem Messort dauerte etwa 10 Minuten. Die kontinuierlich gemessenen Rauchgasspezies Gesamt-C als C₃H₈-Äquivalent, CO₂, CO, O₂ und NO_x wurden vor Ort in einem Messwagen der Firma INHAK chemisch analysiert und quantifiziert. In einem weiteren Messwagen wurde die nasschemische Analyse der nicht kontinuierlich gemessenen Spezies H₂S und Aldehyde durchgeführt.

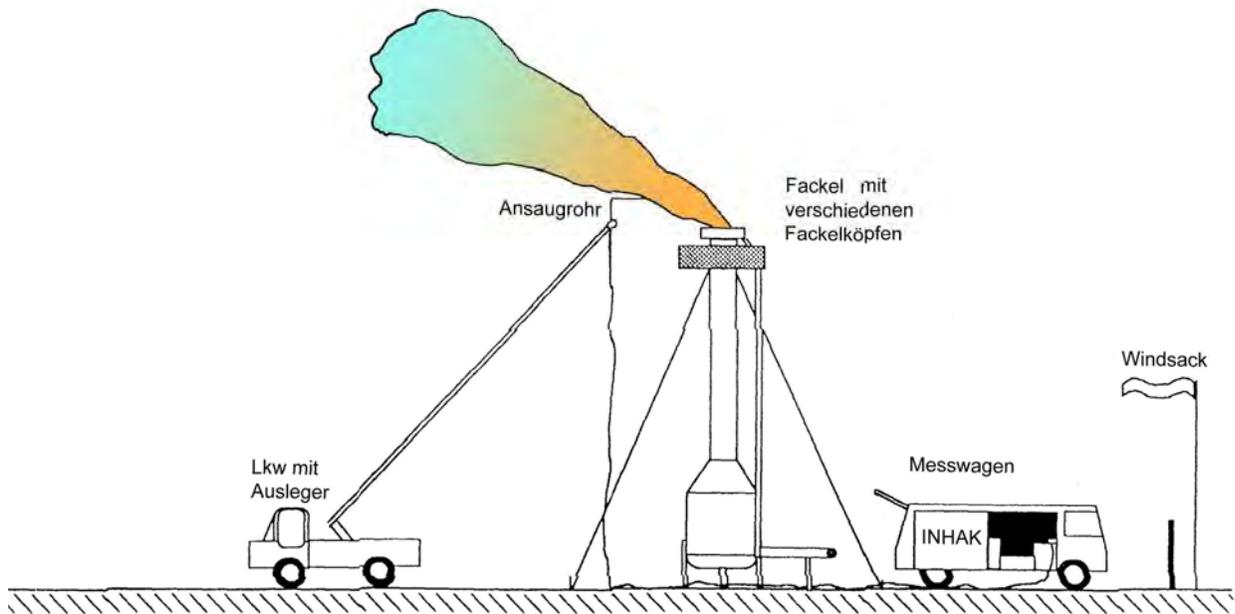


Bild 5.1: Versuchsaufbau für Messungen an Erdgasfackeln.
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

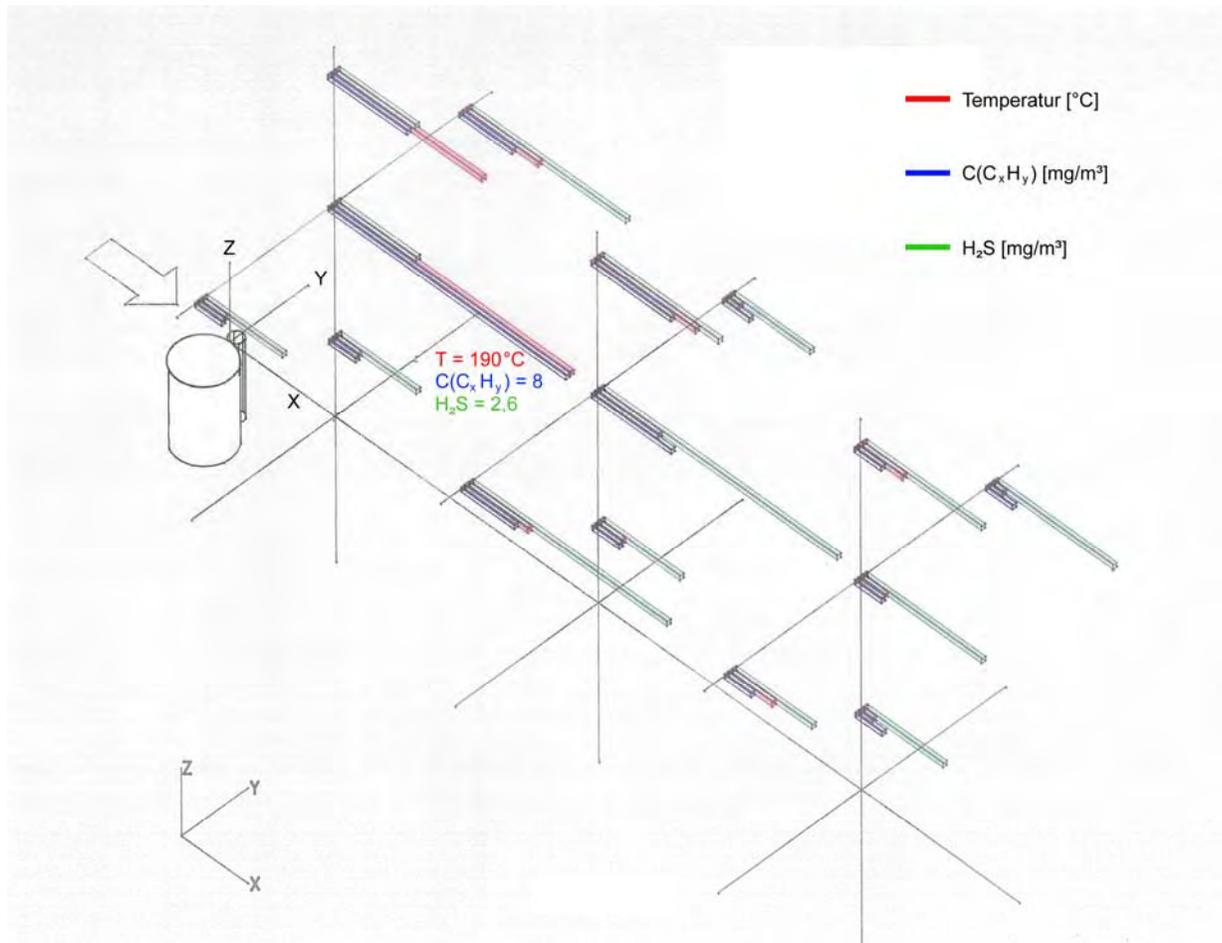


Bild 5.2: Messpunkte in der Fackelflamme mit Messwert-Balken (Beispiel).
BEB-Feldversuche Oktober/November 1988

Als Beispiel sind in Bild 5.2 die Daten von 3 Größen, der Gesamt-C-Massenkonzentration aus den unverbrannten Kohlenwasserstoffen, der Schwefelwasserstoff-Massenkonzentration und der Temperatur, als Messwert-Balken in 3 Messebenen bzw. 15 Messpunkten der Rauchgasfahne dargestellt.

- DGMK-Versuche /11/

Bei den DGMK-Versuchen wurden unterschiedlich zusammengesetzte Fackelgase, die in Mineralö Raffinerien anfallen, an einer etwa 5 m hohen Versuchsfackel verbrannt, deren Kapazität nur ein Bruchteil der Nennlast der meisten „echten“ Fackeln ausmachte. Während typische Fackeln dieser Industrie Nennlasten von mehr als $100000 \text{ m}_N^3/\text{h}$ bei einem Hauptrohr-Durchmesser von 0,6 m haben, wurde die Versuchsfackel für eine Nennlast von ca. $13000 \text{ m}_N^3/\text{h}$ (10000 kg/h) mit einem Hauptrohr-Durchmesser von 0,2 m ausgelegt. Für die Versuche wurde der Fackelgasdurchsatz auf 40 % dieser Nennlast, also $5300 \text{ m}_N^3/\text{h}$ (4000 kg/h), begrenzt. Der Fackelkopf besaß oberhalb des Hauptrohrs bzw. Brennerdüsenaustritts (Durchmesser 200 mm) eine konische, oben offene, 700 mm lange Mischkammer mit einem oberen Durchmesser von 500 mm. Der Mischkammermantel hatte Einrichtungen zum Ansaugen der Verbrennungsluft und zum Einspritzen von Wasserdampf. Die tatsächlichen Brenngasmassenströme bei den Versuchen lagen zwischen 130 und 2900 kg/h mit Normdichten zwischen $0,54$ und $1,86 \text{ kg/m}^3$, womit sie etwa 1 bis 2 Größenordnungen höher als die bei den BEB-Versuchen waren. Das Wasserdampf-Brenngas-Verhältnis variierte zwischen 0 und 173 kg/kg . Bis auf die Wasserdampfeinspritzung kann man den Konusmantel phänomenologisch mit der Sichtblenden-Konstruktion der anderen in Abschnitt 4.2 beschriebenen Fackelkopftypen vergleichen.

Durch Aufstellung einer Windmaschine in 1,5 m seitlichem Abstand vom Fackelkopf konnte die Seiteneinwindwirkung unter genauer definierten Bedingungen als mit natürlichem Wind simuliert werden. Zu Probenahmen wurde ein fahrbarer Laufkatzenkletterkran auf einer Gleisbahn eingesetzt, mit dem die Messsonde geführt und (fast) beliebig positioniert werden konnte. Als gesamter Messbereich wurde ein horizontales x-y-Gitternetz mit x-Grenzwerten zwischen -8,5 m und +5 m sowie y-Grenzwerten zwischen -2 m und +2,5 m bei Punktabständen von 0,5 m (z. T. auch 0,25 m) in verschiedenen Höhenpositionen beaufschlagt. Die Gitterpunkte des Messbereichs wurden bei den einzelnen Versuchen mit der Messsonde jedoch stets nur teilweise angefahren. Mit der Messsonde wurden Proben bis zu 8 m über der Fackelmündung gezogen. Daraus wurden die Volumenkonzentrationen der gleichen Rauchgasspezies wie bei den BEB-Versuchen ermittelt, allerdings außer denen von SO_2 und H_2S , denn die Brenngase enthielten keine Schwefel- oder Schwefelwasserstoffanteile. Die Summe der (ionisierten) organischen Verbindungen, d. h. der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (C_xH_y) im Rauchgas,

wurden hier als CH₄-Äquivalent ermittelt. Neben den Rauchgasspezies wurden die lokalen Temperaturen und teilweise auch die Rauchgasgeschwindigkeiten gemessen, womit eine verhältnismäßig genaue Berechnung des Emissionsminderungsgrads mittels der Gleichungen (3.1) bis (3.8) möglich wäre. Bei der Mengenbestimmung des von der Messsonde aufgenommenen organisch gebundenen Kohlenstoffs im Rauchgas ergaben sich an zwei verschiedenen Stellen des Messwertaufnahme- und -übertragungssystems Unterschiede von -4 % bis +10 %. Dies ist einer von mehreren Parametern, die die Genauigkeit bzw. Schwankungsbreite der Messgrößen betreffen.

An dieser Stelle wird noch einmal betont, dass die bei den DGMK-Versuchen angewendete Messmethodik mit der der BEB-Feldversuche (1988) vergleichbar ist.

- CMA/JZ-Versuche /27/, /28/

Eine weitere umfangreiche Messkampagne zur Ermittlung der Verbrennungseffektivität von Fackeln und speziell zur Erfassung der (flüchtigen) organischen Verbindungen im Rauchgas (VOC = volatile organic compounds) infolge unvollständiger und unvollkommener Verbrennung wurde im Auftrag der Chemical Manufacturers Association (CMA) als Fackelbetreiber und der John Zink Company (JZ) als Fackelhersteller von der Engineering Science Company, Austin, Texas, durchgeführt. Bei den Versuchen wurden 32 verschiedene Fackel-Betriebsbedingungen untersucht, wobei der Brenngas-Massenstrom zwischen 5 % und 33 % (Mittelwert) und 100 % des Maximaldurchsatzes von etwa 1400 kg/h (3000 lb/h) variierte. Das Wasserdampf-Brenngas-Verhältnis wurde zwischen 0 und etwa 3 kg/kg, im Maximalfall auf 123 kg/kg (!?), eingestellt. Bei Verhältnissen um 6 kg/kg war ein teilweises Verlöschen der Flamme durch die Dampfeinspritzung zu beobachten.

So wie bei den BEB-Versuchen wurden die Rauchgasspezies Gesamt-C, SO₂, CO₂, CO, O₂ und NO_x sowie die lokale Rauchgastemperatur und die Umgebungstemperatur wie auch die Windgeschwindigkeit und -richtung gemessen. Die verwendete Versuchstechnik und Messmethode sind vergleichbar mit dem oben beschriebenen Konzept und den technischen Einzelheiten des gesamten Versuchsaufbaus und der Messtechnik der BEB-Versuche. Die Positionen der der EPA-Norm entsprechenden Messsonde (Environmental Protection Agency; EPA probe) wurden nach Sichtbarkeit der Flamme festgelegt und mittels der Temperaturmessung kontrolliert. Aus dem Kohlenstoffgehalt des Rauchgases wurde die Verbrennungseffektivität berechnet, allerdings ohne Angabe der Definitionsgleichung in der Veröffentlichung /28/. Die berechneten Bestwerte lagen zwischen 97,95 und 99,96 % (in einem Fall sogar über 100 % !?); bei teilweisem Flammenverlöschen auch weit darunter /27/.

Analog zu den VOC-Standards der USA kann man die Richtlinien der TA Luft zum Emissionsminderungsgrad sehen, der sich ebenfalls auf die im Rauchgas verbliebenen organischen Verbindungen bezieht.

- Laborversuche von Streb /19/

Allgemeingültige und genauere Erkenntnisse über Verlauf und Verteilung der interessierenden Größen von Diffusions-Strahlflammen bzw. deren Rauchgasfahnen lassen sich mittels der besser möglichen Detailvermessung in Laborversuchen mit ihren konstant bleibenden Randbedingungen gewinnen. Streb hat bei seinen wissenschaftlichen Laborversuchen, deren Ergebnisse in Abschnitt 6 für Erläuterungen und Vergleiche herangezogen werden, für die Messung der Konzentrationen der Rauchgasspezies aus der Verbrennung zweier H-Erdgase und der Temperaturen prinzipiell die gleiche Messmethodik und –technik wie die oben beschriebene verwendet. Abweichend davon wurden die Geschwindigkeitsverteilungen (Größen und Richtungen) und die Turbulenzgrößen berührungslos mittels Laser-Doppler-Anemometrie (LDA) gemessen.

Die Austrittsdurchmesser D_0 der Laborbrenner variierten zwischen 8 und 15 mm, die Erdgas-Normvolumenströme zwischen 11,4 und 44,4 m³/h und die (wahren) Düsenaustrittsgeschwindigkeiten zwischen etwa 49 und 78 m/s. Diese liegen somit in gleicher Größenordnung wie die aus Fackeln bei Notentlastungsbetrieb. Bei den hohen Austrittsgeschwindigkeiten des Erdgases und seiner niedrigen laminaren Flammengeschwindigkeit brennen die nicht stabilisierten Flammen nur abgehoben und mit nicht-geschlossener Flammenfront. Deshalb wurde, um mechanische Stabilisierungselemente wie Drall- oder Staukörper wegen der starken Strömungsfeldbeeinflussung zu vermeiden, zusätzlich durch ringförmige, die Brennerdüsen umgebende Spalte Stabilisierungsgase (H₂ und/oder O₂) in relativ kleinen Mengen – 15 bis 17 Vol% H₂ und bis zu etwa 3,2 Vol% O₂ – mit wesentlich langsamerer Geschwindigkeit und konzentrisch zum Erdgasstrahl ausgeblasen. Mittels genauer Sondentraversierung wurden die Messdaten in relativen vertikalen Brennerabständen zwischen $z/D_0 = 10$ und 160 bzw. 180, d. h. bis zu einem Maximalabstand von 2400 mm, aufgenommen.

5.2 Gleichzeitige Mehrpunktmessungen

In der zweiten BEB-Messkampagne zur Verbesserung der Effektivität der Entlösungsgasverbrennung an Erdgasfackeln, den Feldversuchen im Juli 1989 (/5/, /7/), wurde die Messmethode gegenüber der der ersten Messkampagne geändert. Um die Konzentrationen der verschiedenen Rauchgasspezies und die Temperaturen in einer relevanten Messebene über dem Fackelkopf genauer erfassen zu können, wurden dort gleichzeitige Messungen an mehreren Punkten durchgeführt. Dazu wurde ein Messgestell für 5 Messstellen mit 5 Gasproben-Vierfingersonden, also für 20 Messpunkte, und an den 5 Stellen zentral angeordneten Thermoelementen gebaut. Diese wurden an den Fackelköpfen, die in dieser

Versuchsreihe alle mit Sichtblenden ausgerüstet waren (s. Abschnitt 4.2), in kurzem Abstand über der jeweiligen Sichtblende installiert.

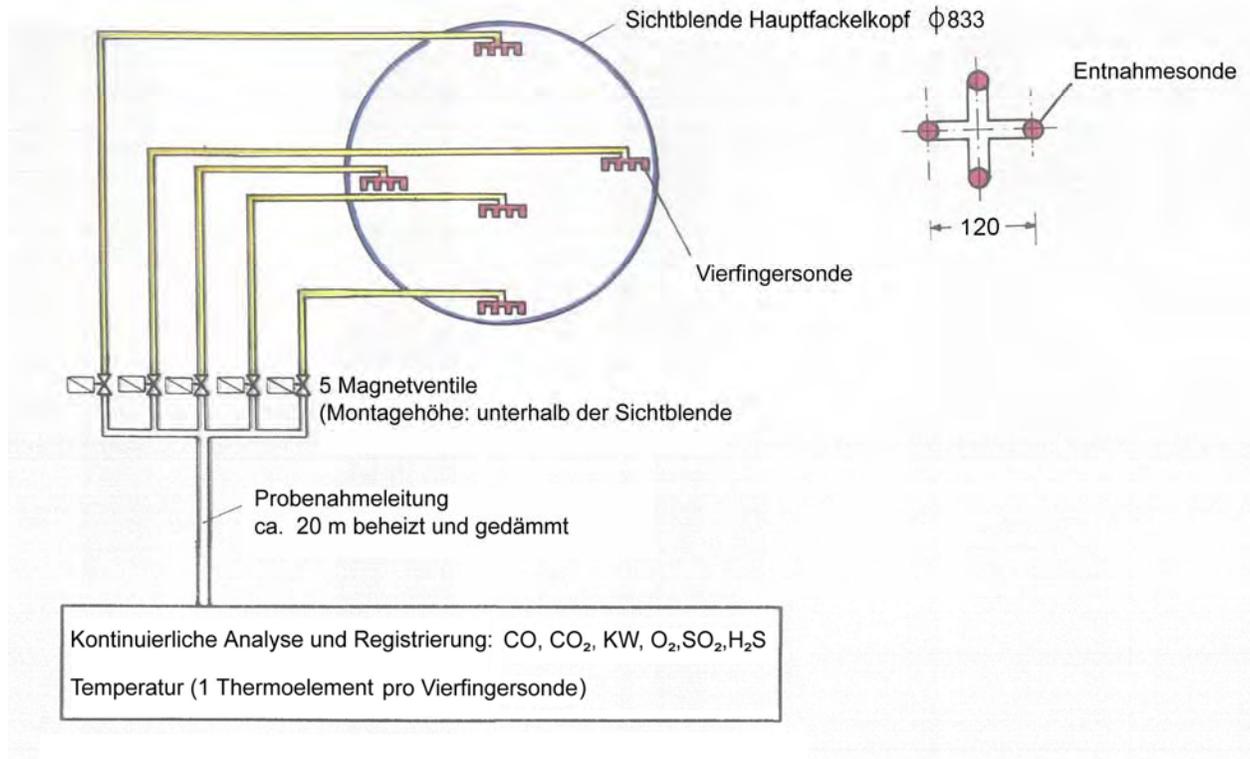


Bild 5.3: Schema der Messeinrichtung bei der Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung. BEB-Feldversuche Juli 1989

Die Bilder 5.3 und 5.4 zeigen das Schema der gesamten Messeinrichtung und das Messgestell mit den 5 Messstellen. Zur Probenahme wurden die Gasproben über Magnetventile einzeln angesteuert und das Messgas dann durch einen auf 120 °C beheizten, 20 m langen Schlauch abgesaugt und – bis auf eine Ausnahme – zum Feuchtigkeitsentzug in einen Kühler geführt. Anschließend wurde das trockene Messgas parallel kontinuierlich arbeitenden chemisch-physikalischen Analysatoren für die einzelnen – in Bild 5.3 aufgelisteten – Rauchgaspezies zugeleitet. Zum Vermeiden von Adsorptionsverlusten arbeitete der Gesamt-C-Analysator zur Bestimmung des C₃H₈-Äquivalents mit dem nicht-getrockneten Messgas. Zusätzlich zu den kontinuierlichen H₂S-Messungen im Rauchgas wurden zeitgleich diskontinuierliche nasschemische Analysen dieser Gaskomponente angefertigt. Von jeder Messstelle wurden die Rauchgaszusammensetzungen nacheinander in einem 10-Minuten-Zyklus gemessen und daraus Mittelwerte (Durchschnittswerte) berechnet. Die einzelnen Mittelwerte bestanden wiederum aus Minutenmittelwerten, die sich aus jeweils 30 Messwerten zusammensetzten. Neben dieser Durchschnittsbestimmung aus Einzelpunktmessungen wurden auch Summenmessungen durch Zusammenschaltung der Leitungen der 5 Vierfingersonden ausgeführt, die etwas abweichende Messresultate ergaben (Erörterung in Abschnitt 6).

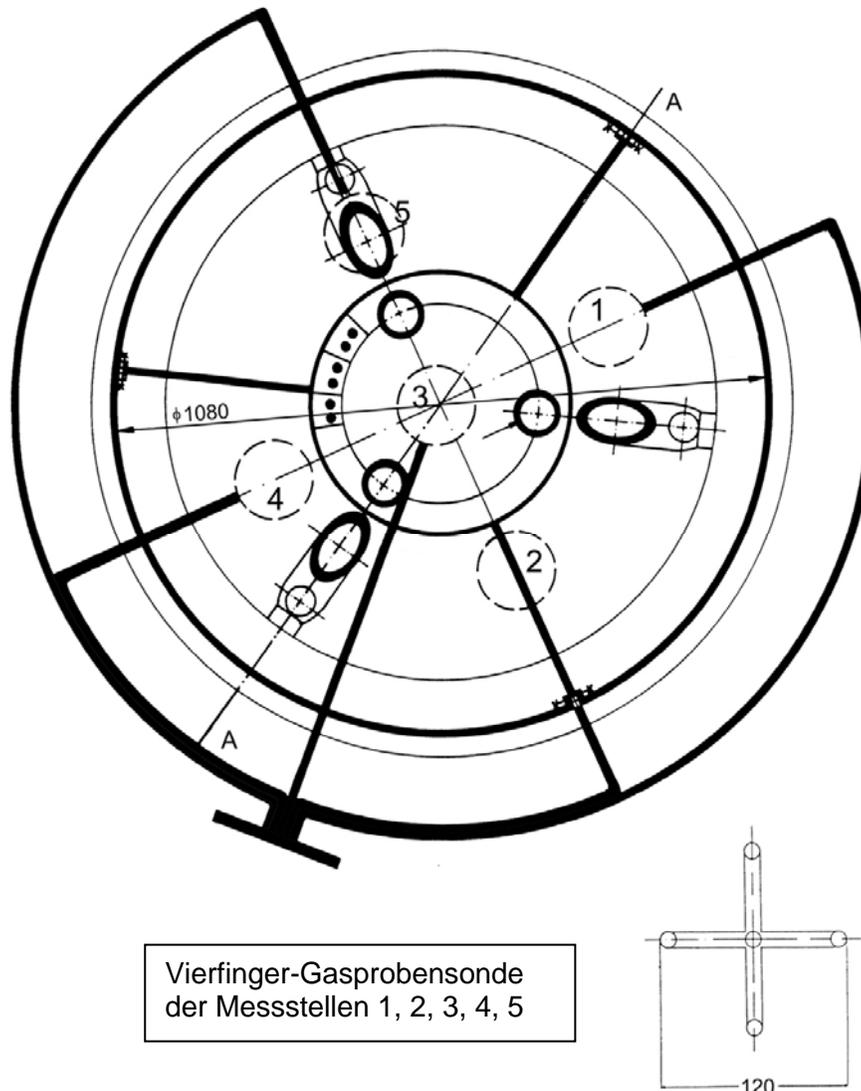


Bild 5.4: BEB-Feldversuche Juli 1989: Fackelkopf JZM (John Zink Modifikation).
Draufsicht mit Darstellung des Messgestells und der 5 Messstellen

Außer den chemischen Größen wurden bei den Versuchen an der 10 m hohen Versuchsfackel mit den verschiedenen Fackelköpfen bei Gesamt-Normvolumenströmen des Entlösungsgas-Süßgas-Gemischs zwischen $36,6$ und $38,1 \text{ m}^3/\text{h}$ die örtlichen Temperaturen an den 5 Messstellen und auch der Wind (Geschwindigkeit und Richtung) sowie die Umgebungsbedingungen (Luftdruck, -temperatur, -feuchtigkeit) gemessen.

5.3 Integrale berührungslose Messungen

Aus mehrerlei Gründen ist es kaum möglich, Konzentrationen der Rauchgaspezies an Hochfackeln auf konventionelle Weise zu messen, wenn diese im realen Betriebszustand arbeiten. Diese Aufgabe kann mit einer Fernmessmethode erfüllt werden. In /30/ wird über Versuche an mehreren Erdgas-Betriebsfackeln der holländischen NAM (Nederlandse Aardolie

Maatschapij B.V.) berichtet, bei denen Messungen mit einer Einrichtung nach dem Prinzip der Fourier-transformierten Infrarot-Spektroskopie (FTIS) und der Multi-Air Pollution Software (MAPS) zur Simulation und zum Vergleich mit den gemessenen Spektrallinien der Rauchgasspezies durchgeführt wurden. Damit wurden die Emissionsraten und Volumenkonzentrationen verschiedener Rauchgasspezies – u. a. CO₂ und unverbranntes CH₄ des hauptsächlich aus CH₄ bestehenden Erdgases – sowie die Verbrennungseffektivität und die Temperaturen bei den Betriebszuständen „normal“ („purge gas“) und „off gas“ ermittelt. Der Betriebszustand „normal“ ist durch die kontinuierliche Verbrennung eines verhältnismäßig kleinen Durchsatzes von Spülgas – durchschnittlich etwa 17 bis 67 m_N³/h – gekennzeichnet. Er kann mit der Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung bei den BEB-Feldversuchen verglichen werden. Beim Betriebszustand „off gas“ wurden größere Durchsätze – durchschnittlich etwa 83 bis 146 m_N³/h – eines mit höheren Kohlenwasserstoff-Verbindungen angereicherten Erdgases verbrannt.

Die Messungen auf mehreren NAM-Anlagen wurden von einem mobilen Labor ausgeführt, das mit einem hochauflösenden Interferometer der Firma Kayser-Threde, einem Laser-Entfernungsmesser zur Bestimmung der Abstände zwischen Fackelmündung und Rauchgasfahnen-Positionen nahe dem Fackelkopf oder nahe dem Flammenende, Computern für verschiedene Zwecke und weiterem Zubehör ausgerüstet war. Die untere Messbarkeitsgrenze des Systems lag für die meisten Rauchgasspezies bei etwa 10 ppm, für NO₂ und SO₂ bei etwa 100 ppm und für CH₄ im Bestfall sogar nahe 1 ppm. Bei der Konzentrationsbestimmung mit der FTIS-MAPS-Methode und mit anderen Methoden können Unterschiede von maximal etwa 20 % auftreten. Erfahrungen einer Forschungsgruppe des Autors an der T. U. München, die Projekte der Thematik „Schadstoffarme Flugtriebwerks-Brennkammern“ bearbeitet hat, zeigen, dass Abweichungen von 20 % bei parallelen spektroskopischen und konventionellen Messungen nicht ungewöhnlich sind.

Da die ortsabhängigen Volumenströme des Rauchgases mit dieser Methode nicht gemessen werden können, konnten die Emissionsraten der verschiedenen Spezies in [m³/d] aus dem Brenngas-Volumenstrom am Fackelaustritt, dem durch Messung ermittelten Verhältnis der Volumenkonzentrationen des interessierenden Spezies und des CO₂ sowie der mit einer Näherungsannahme berechneten CO₂-Emissionsrate überschlägig bestimmt werden.

Die zur Ermittlung der Verbrennungseffektivität benutzte Formel ähnelt der in Abschnitt 3 für den örtlichen Ausbrand angeschriebenen Gleichung (3.22), bezieht sich jedoch nicht auf den Kohlenstoffgehalt der Gleichungsgrößen als deren reduzierte lokale Massenkonzentrationsanteile, sondern auf durchschnittliche Volumenkonzentrationswerte von CO₂, CO und CH₄. Außer der im Rauchgas verbliebenen CH₄-Konzentration, die ursprünglich zu ca. 81 % im Brenngas enthalten war, werden bei dieser Berechnung die anderen im

Rauchgas vorhandenen, als Reaktionsprodukte entstandenen organischen Verbindungen offenbar nicht berücksichtigt. Die so ermittelten Minimalwerte – bei „normalem“ bzw. „Spülgas“-Betrieb – und Maximalwerte – bei „off gas“-Betrieb mit dem geringeren Methangehalt im Brenngas – lagen zwischen 98,8 und 99,7 %.

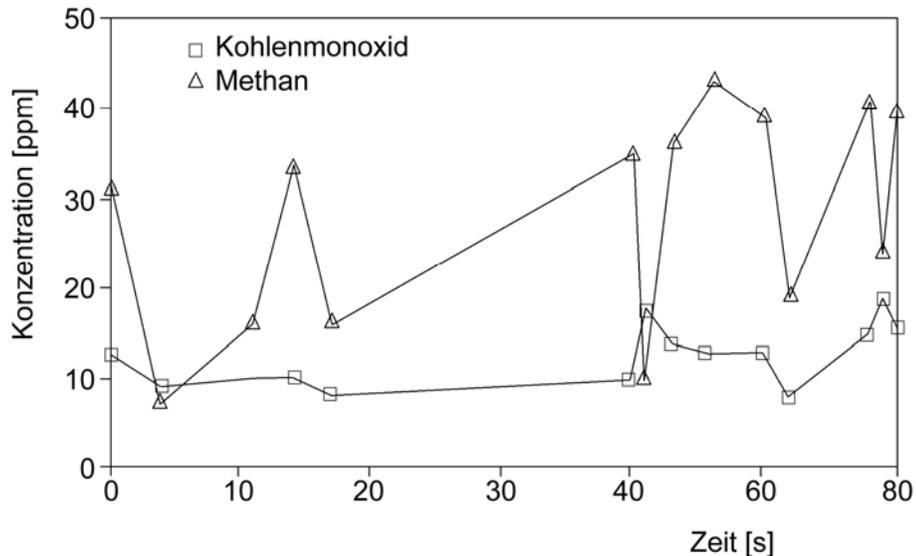


Bild 5.5: NAM-Betriebsversuche (/30/,1997):
Zeitliche Variation der mit einem Infrarot-Spektrometer gemessenen
Rauchgas-Spezies-Volumenkonzentrationen in einer Erdgas-Fackelflamme

Bild 5.5 zeigt die während einer 1-stündigen Messung aufgenommenen starken und kurzzeitigen Schwankungen der CO- und CH₄-Volumenkonzentration im Rauchgas einer Erdgas-Fackelflamme über 1 Minute. Diese zeitlichen Änderungen sind Folgen von Verbrennungsinstabilitäten, Brenngas-Einspeisungsschwankungen, Windeinflüssen und anderen Parametern. Um näherungsweise Durchschnittswerte berechnen zu können, wurden während einer Messung durch Verstellung des Spektrometer-Spiegelsystems verschiedene Gebiete der Rauchgasfahne mit verschiedenen Temperaturen optisch aufgenommen.

Ein wichtiger Vorteil der FTIS-MAPS-Messmethode gegenüber anderen berührungslosen (optischen) oder konventionellen Messmethoden ist die simultane Analyse unterschiedlicher Rauchgasspezies bei einer einzigen Messung. Eine genauere Beurteilung der Ergebnisse und Methode wird erschwert, weil einige Angaben fehlen, z. B. über die Fackelkopfkonstruktionen, über den Abstand des Messbereichs zur Fackelmündung u. a. m..

Als Erkenntnis ist aus dem Bericht /30/ auch festzuhalten, dass keine prinzipiellen und quantitativen Unterschiede zwischen den Verbrennungseffektivitäten von sog. Standardfackeln und sehr großen Fackeln bestehen.

Zusammenfassung und Fazit

Zur Erfassung lokaler und durchschnittlicher Werte verschiedener Verbrennungsgrößen an Fackeln gibt es mehrere Messmethoden, die alle ihre Vorteile und Nachteile haben.

- Einzelpunktmessungen mit Verschiebung der Messpunktkoordinaten:
Diese Messmethode wurde bei mehreren Versuchsreihen angewendet, deren Ergebnisse für die Ermittlung der EC- bzw. EMG-Werte herangezogen werden. Das sind die BEB-Feldversuche zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung mit verschiedenen Fackelköpfen im Jahr 1988, die DGMK-Versuche, die Versuche der Chemical Manufacturers Association in Verbindung mit dem Fackelhersteller John Zink sowie die Laborversuche von H. Streb. Aus den DGMK-Versuchen und den Laborversuchen werden Referenzfälle herangezogen, die sich für Vergleiche eignen und genügend Daten zur EC-Berechnung zur Verfügung hatten.
- Gleichzeitige Mehrpunktmessungen:
Diese Messmethode wurde bei den BEB-Feldversuchen zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung mit 3 verschiedenen Fackelköpfen im Jahr 1989 angewendet. In einer Messebene über der jeweiligen Sichtblende der Fackelköpfe wurden gleichzeitig 20 Rauchgasproben zur Ermittlung der Konzentrationen der diversen Spezies sowie 5 Temperaturwerte erfasst.
- Integrale berührungslose Messungen:
Etwa seit 1997 enthalten Veröffentlichungen zur Fackelverbrennung Resultate, die mit dieser Fernmess-Methode ermittelt wurden. Sie wurde beispielsweise von der NAM bei Messungen an ihren Betriebsfackeln eingesetzt. Über weitere Messungen von Firmen und Institutionen an Betriebsfackeln mit dieser Infrarot-Spektroskopie-Methode wird in /32/ berichtet. Üblicherweise werden die Messdaten nach Abschluss der Verbrennung aufgenommen und über dem Rauchgasfahnenquerschnitt sowie über eine gewählte Zeitspanne gemittelt. In den Veröffentlichungen werden meistens nur die berechneten Werte der Verbrennungseffektivität CE als Ergebnisse mitgeteilt, womit eine direkte Umrechnung auf den Emissionsminderungsgrad nicht möglich ist.

6. Quantitative Angaben zum Emissionsminderungsgrad und zur Grenztemperatur

6.1 Verlauf und Verteilung der Rauchgasspezies

Für die Abschätzung, welcher Wert des Emissionsminderungsgrads bzw. des Gesamt-C-Emissionsgrads in welchem Abstand vom Fackel- bzw. Brenneraustritt erwartet und erreicht werden kann, ist es nützlich, einiges über den achsnahen Verlauf und die radiale Verteilung der Spezies und der Temperatur der Flamme bzw. Rauchgasfahne zu wissen. Erkenntnisse darüber vermitteln Diagramme aus der Dissertation von Streb /19/, denen Messungen an Erdgas-Strahlflammen im Labormaßstab zugrunde liegen und die in diesem Unterabschnitt sowie im Unterabschnitt 6.4 (zur Temperatur) betrachtet werden. Die geometrieabhängigen Verläufe und Verteilungen können mit Hilfe der Ähnlichkeitstheorie annähernd maßstabsgerecht auf größere Brenner- bzw. Fackelabmessungen umgerechnet werden. Systeme mit mehreren Brennerdüsen, die bei der Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung oder auch bei der ständigen Spülgasverbrennung an Fackeln im Einsatz sind, lassen sich mittels des aus der Strömungsmechanik bekannten hydraulischen Durchmessers,

$$D_{\text{hydr}} = \frac{4 \cdot A}{U} \quad (6.1)$$

mit A = Querschnittsfläche aller Düsen,
 U = Umfangslänge aller Düsen,

auf einen einzigen Durchmesser reduzieren. Für den in den Gleichungen des Abschnitts 2 und in diversen Diagrammen vorkommenden Brennerdüsendurchmesser D bzw. D_0 ist dann zu setzen

$$D \text{ bzw. } D_0 = D_{\text{hydr}} \cdot \quad (6.2)$$

Damit und mit der in Abschnitt 2 vorgestellten, für Strahlflammen wichtigen Ähnlichkeitsgröße Froudezahl Fr_0 , Gleichung (2.3), erhält man den sog. äquivalenten Durchmesser

$$D_{\text{äq}} = D_0 \cdot \frac{2}{K_{\text{FI,BG}}} \cdot Fr_0^{0,2}. \quad (2.4) \equiv (6.3)$$

Dieser eignet sich als Bezugsmaß und zur Einordnung der Messergebnisse verschiedener Verbrennungssysteme mit Strahlflammen. Man kann ihn z. B. als Größe zur Übertragung der an Systemen im Modellmaßstab ermittelten Resultate auf Systeme im größeren Originalmaßstab benutzen.

In den Diagrammen der Bilder 6.1 bis 6.4 sind die Verläufe und Verteilungen der Rauchgasspezies CO_2 , CO und C_xH_y (als CH_4 -Äquivalent) einer bzw. mehrerer Erdgas-Strahlflammen aus den Laborversuchen von Streb /19/ dargestellt. Sie sind typisch für alle

Diffusions-Strahlflammen (ohne großen Windeinfluss) und besitzen deshalb eine gewisse Allgemeingültigkeit.

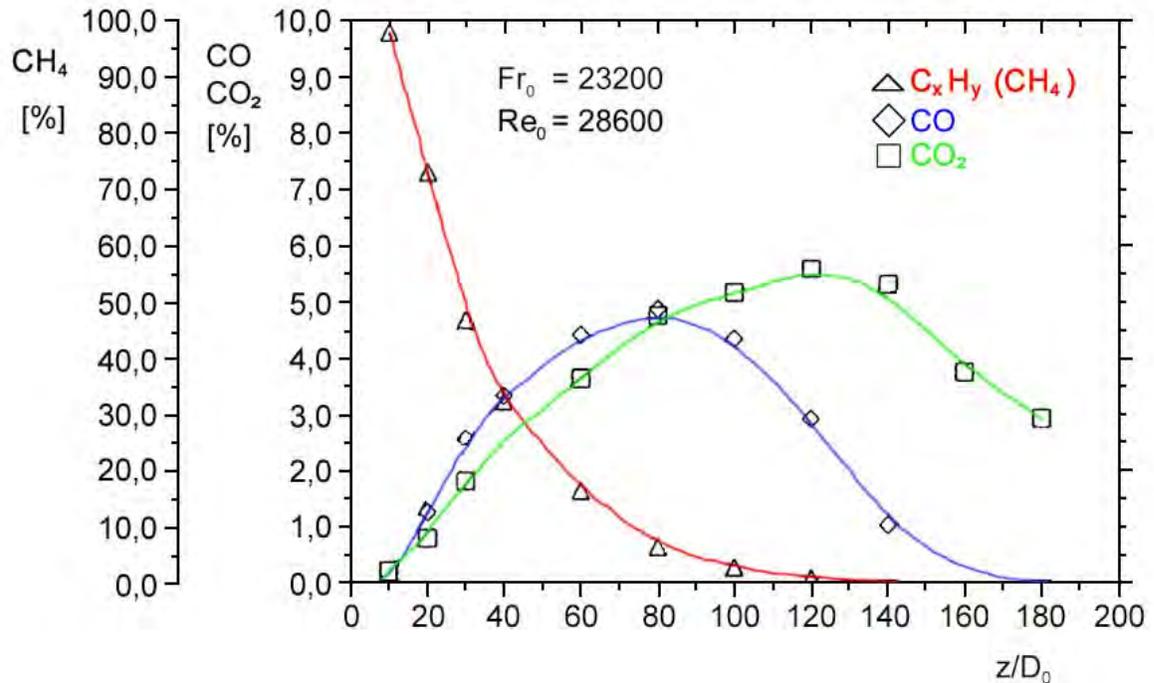


Bild 6.1: Verlauf der Volumenkonzentrationen einiger Rauchgaspezies einer Erdgas-Strahlflamme längs der Rauchgasfahnenachse (Laborversuche).

z = vertikale Koordinate; D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser

In Bild 6.1 ist zu sehen, mit welchen Gradienten sich die für den Emissionsminderungsgrad maßgebenden unverbrannten Kohlenwasserstoffe längs der relativierten Rauchgasfahnenachse z/D_0 bei einer vertikal brennenden Erdgasflamme reduzieren und am Flammenende (hier bei $z/D_0 \approx 160$ bis 180) gegen Null tendieren. Außerdem ist zu erkennen, dass dort, wo praktisch keine unverbrannten Kohlenwasserstoffe mehr existieren, die CO-Oxidation zu CO_2 noch nicht abgeschlossen ist. Daraus kann man schließen, dass die Werte des Emissionsminderungsgrads EMG in der gleichen Messebene nahe dem Flammenende oder danach tendenziell etwas besser als die der globalen (durchschnittlichen) Verbrennungseffektivität CE (nach Gleichung (3.23), gemittelt) oder des durchschnittlichen Ausbrandgrads α (nach Gleichung (3.22), gemittelt) sind, weil darin das im Rauchgas noch vorhandene Kohlenmonoxid nicht berücksichtigt wird.

In Bild 6.2 sind die CO_2 -Verläufe von Erdgas-Strahlflammen mit verschiedenen Froudezahlen (nach Gleichung (2.3)) über der mit dem äquivalenten Durchmesser $D_{\text{äq}}$ (nach Gleichung (6.3)) normierten Koordinate der Rauchgasfahnenachse aufgetragen. Praktisch liegen die Messpunkte mit einer gewissen Streubreite alle auf einer einheitlichen Linie und bestätigen so die Brauchbarkeit der Ähnlichkeitsgröße $D_{\text{äq}}$ für Umrechnungen bzw. Übertragungszwecke. Wie

im Unterabschnitt 6.4 zu sehen ist, ähnelt dieser Verlauf des CO_2 -Gehalts im Zentrum der Rauchgasfahne entlang deren Achse weitgehend dem Temperaturverlauf.

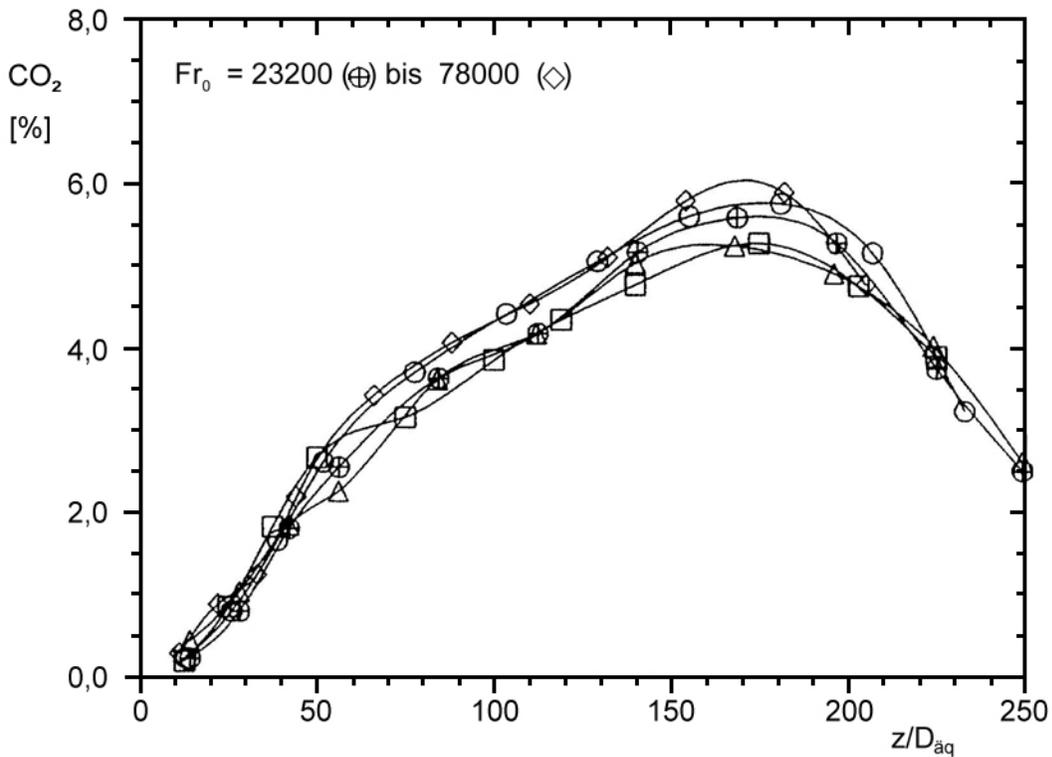


Bild 6.2: CO_2 -Volumenkonzentration verschiedener Erdgas-Strahlflammen längs der normierten Rauchgasfahnenachse (Laborversuche).

z = vertikale Koordinate; $D_{\text{äq}}$ = äquivalenter Brenneraustrittsdurchmesser

In den Bildern 6.3 und 6.4 sind die radialen Verteilungen der genannten Rauchgasspezies bei den relativen (vertikalen) Brennerabständen $z/D_0 = 30$, also nahe der Flammenwurzel, und $z/D_0 = 120$, also nahe dem Flammenende, über der relativierten Querachse y/D_0 aufgezeichnet. Bei beiden Abständen kann man die rotationssymmetrischen Verteilungen der unverbrannten Kohlenwasserstoffe mathematisch als Gauß'sche Glockenkurven auffassen, womit die Integrationsauswertung hinsichtlich des Emissionsminderungsgrads bzw. der Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad vereinfacht wird.

Die radialen Verteilungen der C_xH_y -, CO_2 - und CO -Volumenkonzentrationen bei $z/D_0 = 120$ in Bild 6.4 sind sowohl bezüglich der Amplituden-Abstufung als auch des Kurvencharakters mit denen in Bild 2.6 zu vergleichen, das Messresultate bei der Verbrennung an einer Versuchsfackel mit einem 20-mal so großen Brennerdurchmesser wiedergibt. Die absoluten Konzentrationswerte in Bild 6.4 sind etwas größer, weil sie in einer Ebene gemessen wurden, die nicht ganz so nahe am Flammenende lag.

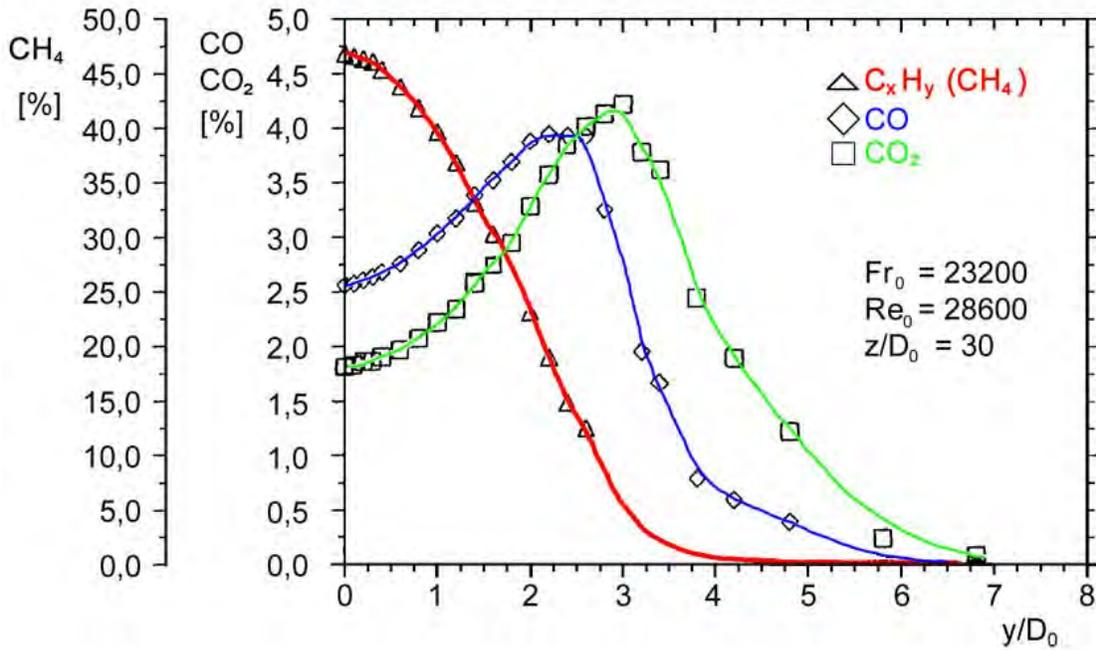


Bild 6.3: Radiale Verteilungen der Volumenkonzentrationen einiger Rauchgaspezies einer Erdgas-Strahlflamme in der Messebene bei $z/D_0 = 30$ (Laborversuche).
 z = vertikale Koordinate; y = Querkoordinate ; D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser

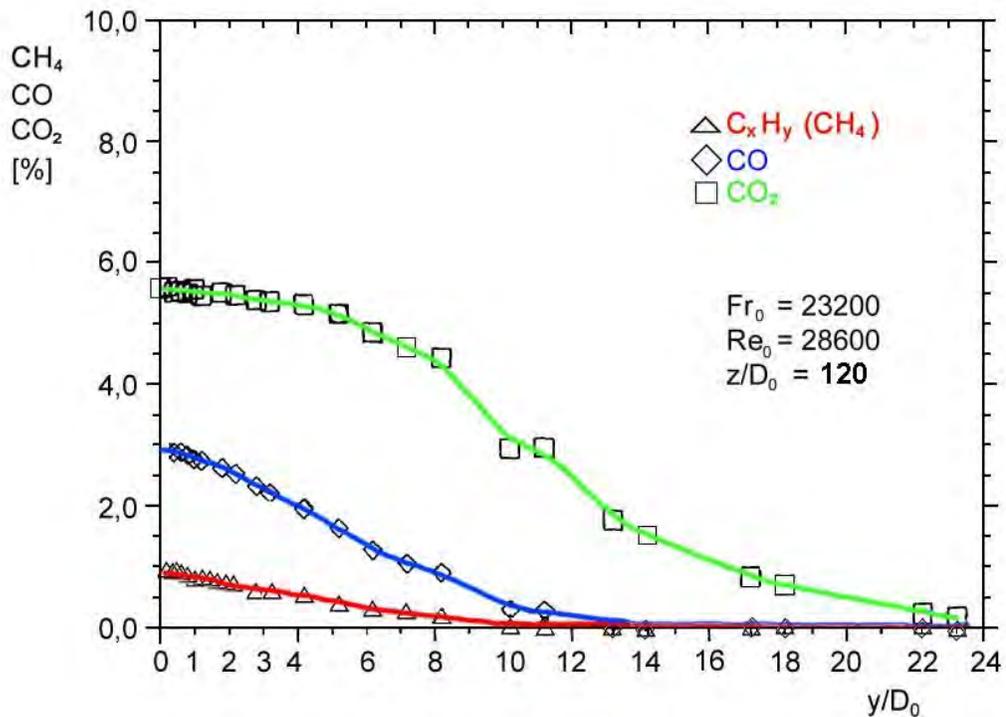


Bild 6.4: Radiale Verteilungen der Volumenkonzentrationen einiger Rauchgaspezies einer Erdgas-Strahlflamme in der Messebene bei $z/D_0 = 120$ (Laborversuche).
 z = vertikale Koordinate; y = Querkoordinate ; D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser

Am Anfang des Reaktionsgebiets, bei $z/D_0 = 30$ in Bild 6.3, ist die Gestalt der radialen Verteilungen der CO_2 - und CO -Konzentrationen im Innenbereich anders als die der C_xH_y -Konzentration, weil diese Ergebnisse andersartiger Reaktionsvorgänge sind.

6.2 Emissionsminderungsgrad EMG und Gesamt-C-Emissionsgrad EC

Aus den BEB-Feldversuchen 1988 /6/ und 1989 /5/, /7/ sind alle Messdaten bekannt, um den Emissionsminderungsgrad EMG nach Gleichung (3.1) bzw. dessen Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad EC für die Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung näherungsweise zu bestimmen. Da die lokalen Rauchgasgeschwindigkeiten bei diesen Versuchen nicht gemessen wurden, war die Verwendung der Näherungsgleichung (3.11) für den mittleren (durchschnittlichen) EC-Wert notwendig. Für das darin enthaltene Verhältnis von Rauchgas- zu Brenngasvolumen nach Gleichung (3.12) musste die Luftzahl λ der nicht-idealen (d. h. unvollkommenen und unvollständigen) Verbrennung an jedem Messpunkt mittels einer ausführlichen Verbrennungsrechnung gefunden werden. Als einfache Kontrollmöglichkeit konnte dafür Gleichung (3.13) benutzt werden. Wie in Abschnitt 3 bereits erläutert, ergeben sich auf diese Weise etwas ungünstigere Werte als mittels der exakten Berechnung.

In den Bildern 6.5 bis 6.8 sind die EC-Werte der Messebene unmittelbar über der jeweiligen Fackel-Sichtblende aus den BEB-Feldversuchen im Juli 1989 als Ergebnissäulen dargestellt. Ein Teil der Ergebnisse in den Bildern 6.5 bis 6.7 sind berechnete arithmetische Mittelwerte aus den einzelnen Messungen mit den 5 Vierfingersonden und der andere Teil resultiert aus der Zusammenschaltung der 5 Messleitungen der Vierfingersonden am Sammelpunkt der Magnetventile auf eine gemeinsame Leitung bis zur Absaugpumpe. Diese „Mittelwerte“ sind für den Durchschnitt weniger repräsentativ, weil die Gasprobenahme an einer der 5 Vierfingersonden wegen des örtlich unterschiedlichen Strömungs-, Mischungs-, Reaktions- und Windeinflusses dominierte. Die Position der Messebene entsprach bei allen Versuchen dieser Messkampagne einem relativen Abstand von $z/D_{\text{hydr.äq}} \approx 86$, womit durch Vergleich mit dem Flammenlängen-Maß von $L_F/D_{\text{hydr.äq}} \approx 220$ bis 250 (ohne Windeinfluss; vgl. Gleichung (2.7)) verdeutlicht wird, dass hier ein Bereich weit vor dem Verbrennungsende untersucht wurde. Die in Bild 6.5 angegebenen, sehr unterschiedlichen EC-Werte am KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II, Standard-Entlösungsgasdüse und Standard-Pilotbrennern (Fackelkopf-Zeichnung in Bild 4.6) sind sicherlich wesentlich auf die bei maximal 1,6 m/s durchschnittlicher Brenngasstrahl-Austrittsgeschwindigkeit ziemlich schwach ausgeprägte Strömungsdynamik im Vergleich z. B. zu den Windeinflüssen zurückzuführen. Dies gilt auch, wenn die etwas weniger repräsentativen Werte aus der Zusammenschaltung der Messleitungen außer Betracht bleiben. Mit der Stabilisierung allein der Entlösungsgas-Süßgas-Strömungsstruktur durch Verwendung einer Drallkegeldüse, mit der ein relativ stabiler anschließend aufplatzender

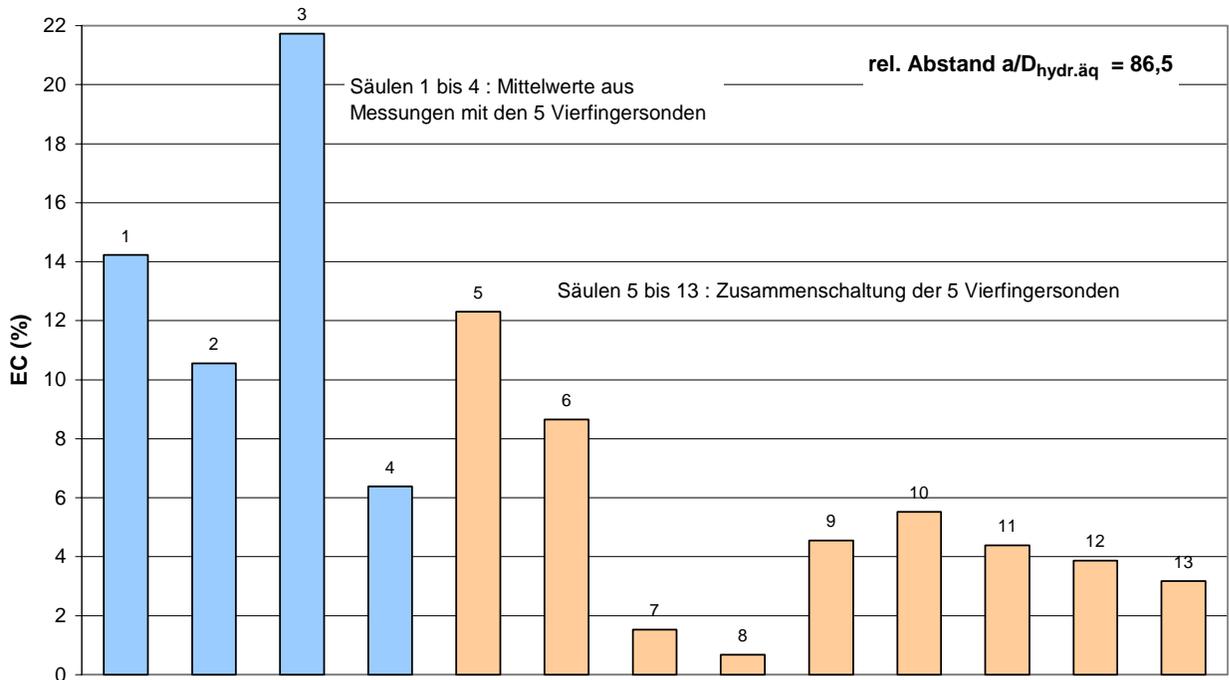


Bild 6.5: BEB-Feldversuche Juli 1989: Entlöstungsgas-Süßgas-Verbrennung am Fackelkopf KTI mit Sichtblende SII und Standard-Entlöstungsgasdüse: Gesamt-C-Emissionsgrad EC (Mittelwerte) am Sichtblendenaustritt.
a = mittlerer Brennerabstand; $D_{hydr.,äq}$ = äquivalenter hydraulischer Brenneraustrittsdurchmesser.

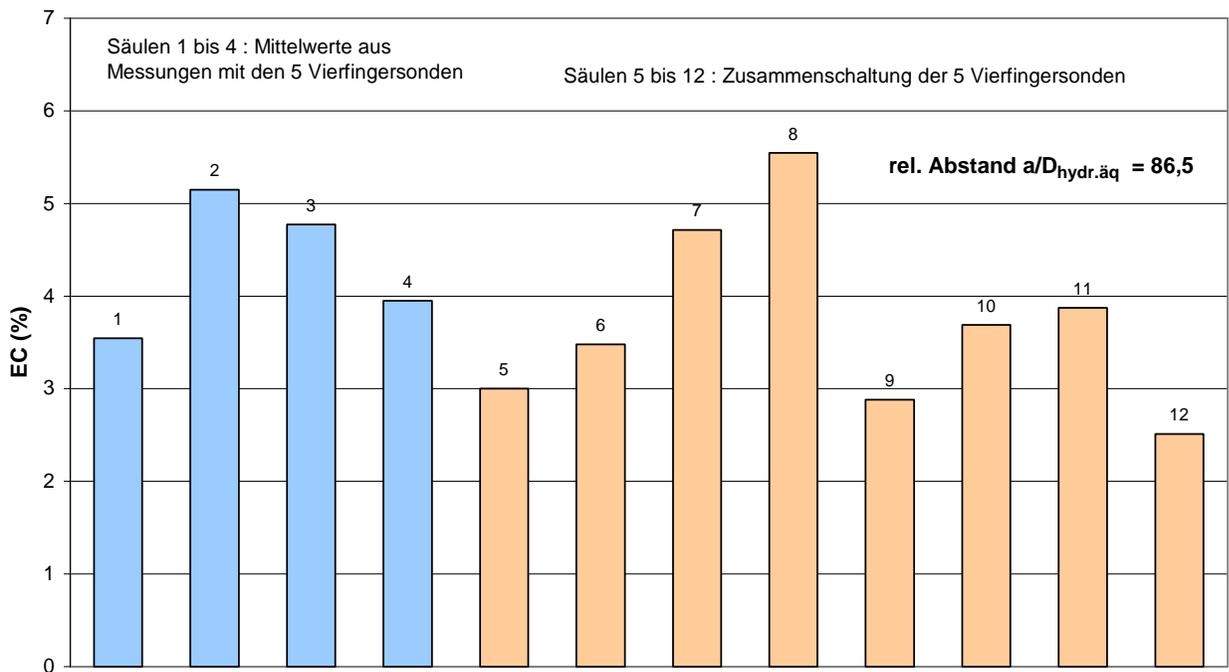


Bild 6.6: BEB-Feldversuche Juli 1989: Entlöstungsgas-Süßgas-Verbrennung am Fackelkopf KTI mit Sichtblende SII und Drallkegel-Entlöstungsgasdüse: Gesamt-C-Emissionsgrad EC (Mittelwerte) am Sichtblendenaustritt.

Verbrennungswirbel erzeugt wird, verbesserte sich die Verbrennung dieses Gemischs und auch die des Süßgases an den ungeänderten Standard-Pilotbrennern (Fackelkopf-Zeichnung in Bild 4.10). Wie Bild 6.6 zeigt, verringerten und vergleichmäßigten sich die nur die Kohlenwasserstoff-Verbrennung betreffenden EC-Werte durch diese technische Maßnahme erheblich. Durch eine andere, in /5/ und /7/ dokumentierte Auswertung wurde nachgewiesen, dass damit die Effektivität der Schwefelwasserstoff-Verbrennung noch wesentlich drastischer verbessert worden ist.

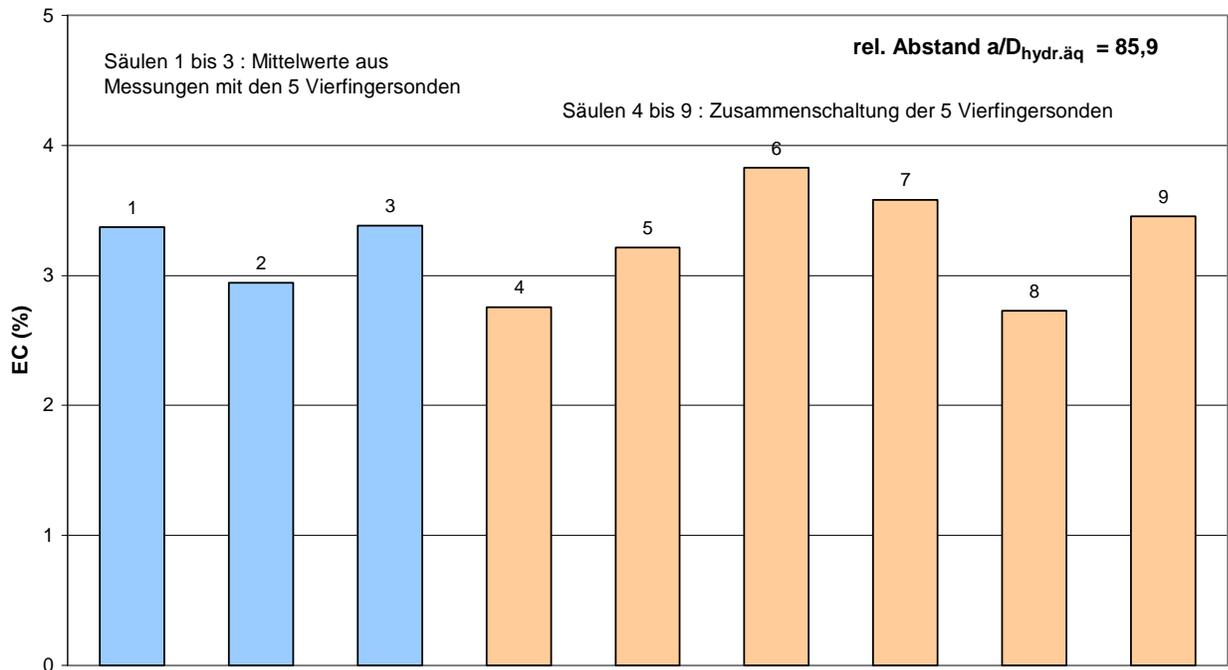


Bild 6.7: BEB-Feldversuche Juli 1989: Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung am Fackelkopf John Zink Modifikation (JZM, mit Sichtblende): Gesamt-C-Emissionsgrad EC (Mittelwerte) am Sichtblendenaustritt.

a = mittlerer Brennerabstand; $D_{hydr.äq}$ = äquivalenter hydraulischer Brenneraustrittsdurchmesser.

Noch weiter verbessert wurde die ständige Verbrennung von Entlösungsgas-Süßgas und Süßgas (an den Pilotbrennern und am Fackel-Hauptrohr) am modifizierten John-Zink-Fackelkopf (Fackelkopf-Zeichnung in Bild 4.11) durch die den gesamten Fackelkopf mit allen Zusatzeinrichtungen umfassenden technischen Änderungen im Vergleich zum Vorgänger-Fackelkopf (Fackelkopf-Zeichnung in Bild 4.8). In Bild 6.7 ist zu sehen, dass sich die EC-Werte dadurch weiter verringerten und bei allen Messungen nur noch verhältnismäßig wenig um einen Mittelwert von etwa 3,2 % schwankten. Daraus lässt sich auf eine ziemlich gleichmäßige und gute Verbrennung der relativ kleinen Brenngasströme an den verhältnismäßig großen Brennerdüsen schließen. Durch die paarweise Anordnung der Entlösungsgas-Austrittsdüsen und der Pilotbrenner (3 Paare) entstehen konzentrierte Gebiete mit lokal hohen Temperaturen, die die Bildung von OH-Radikalen begünstigen und die Reduktion (Zerlegung) der

Kohlenwasserstoffe in höherem Maße unterstützen. Andererseits können die Gebiete höherer Temperaturen zur Gefahr einer erhöhten NO_x-Bildung beitragen, die ab einem bestimmten Temperaturniveau stark davon abhängt.

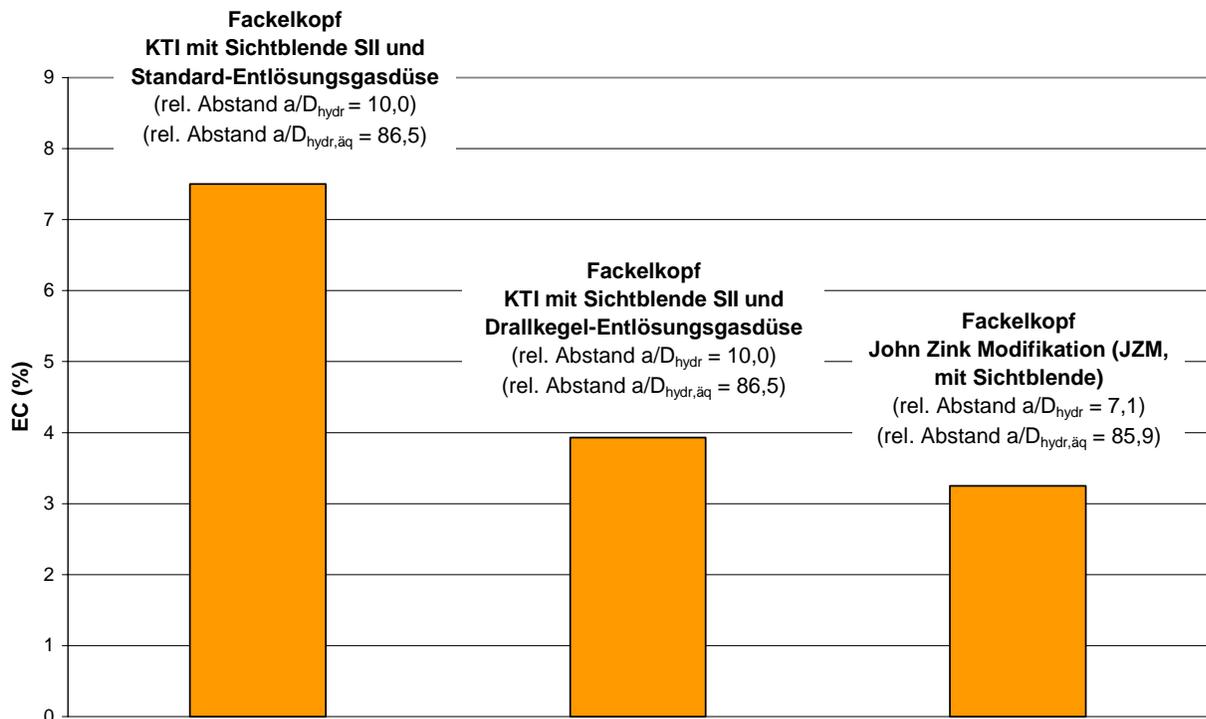


Bild 6.8: BEB-Feldversuche Juli 1989: Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung: Gesamt-C-Emissionsgrad EC (Gesamt-Mittelwerte) am Sichtblendenaustritt. a = mittlerer Brennerabstand; D_{hydr} = hydraulischer Brenneraustrittsdurchmesser; $D_{hydr,\ddot{a}q}$ = äquivalenter hydraulischer Brenneraustrittsdurchmesser.

Zusammenfassend sind in Bild 6.8 die errechneten Gesamt-Mittelwerte des Gesamt-C-Emissionsgrads aller 78 Messungen an den 3 verschiedenen Fackelköpfen beim ungefähr gleichen normierten Abstand $z/D_{hydr,\ddot{a}q} \approx 86$ gegenübergestellt. Man erkennt, dass mit einer sinnvollen einfachen technischen Maßnahme deutliche Verbesserungen zu erzielen und mit aufwendigeren Maßnahmen darüber hinausgehende Verbesserungen möglich sind. Wegen der Interaktion der unterschiedlichen Flammen bei der Verbrennung des Entlösungsgas-Süßgas-Gemischs und des Süßgases während des Dauerbetriebs an den Fackel-Zusatzeinrichtungen kann eigentlich im Anfangsbereich keine direkte Vergleichbarkeit mit einer einzelnen Diffusions-Strahlflamme angenommen werden, doch in einem gewissen Brennerabstand und zumindest am Rande der Verbrennungszone kann man wegen der Durchmischung und Ausbreitung gewisse Ähnlichkeiten erwarten. Diese Erwartung erfüllt sich, wenn man die plausible und passende Einordnung der ähnlichkeitsgerecht umgerechneten Versuchsergebnisse von Diffusionsflammen aus anderen Verbrennungssystemen in das Ergebnisfeld der BEB-Feldversuche als Nachweis akzeptiert. Für diesen Zweck wurden einige

Fälle aus den DGMK-Versuchen /11/ und den Laborversuchen /19/ ausgewählt, um die abstandsabhängigen EC-Werte auszurechnen und für Vergleiche zur Verfügung zu haben. Da hierfür alle erforderlichen Messdaten ermittelt wurden, konnten die EC-Werte nach Gleichung (3.2) mit den Gleichungen (3.3) bis (3.6) für das Brenngas und den Gleichungen (3.7) bis (3.8) für das Rauchgas genauer berechnet werden.

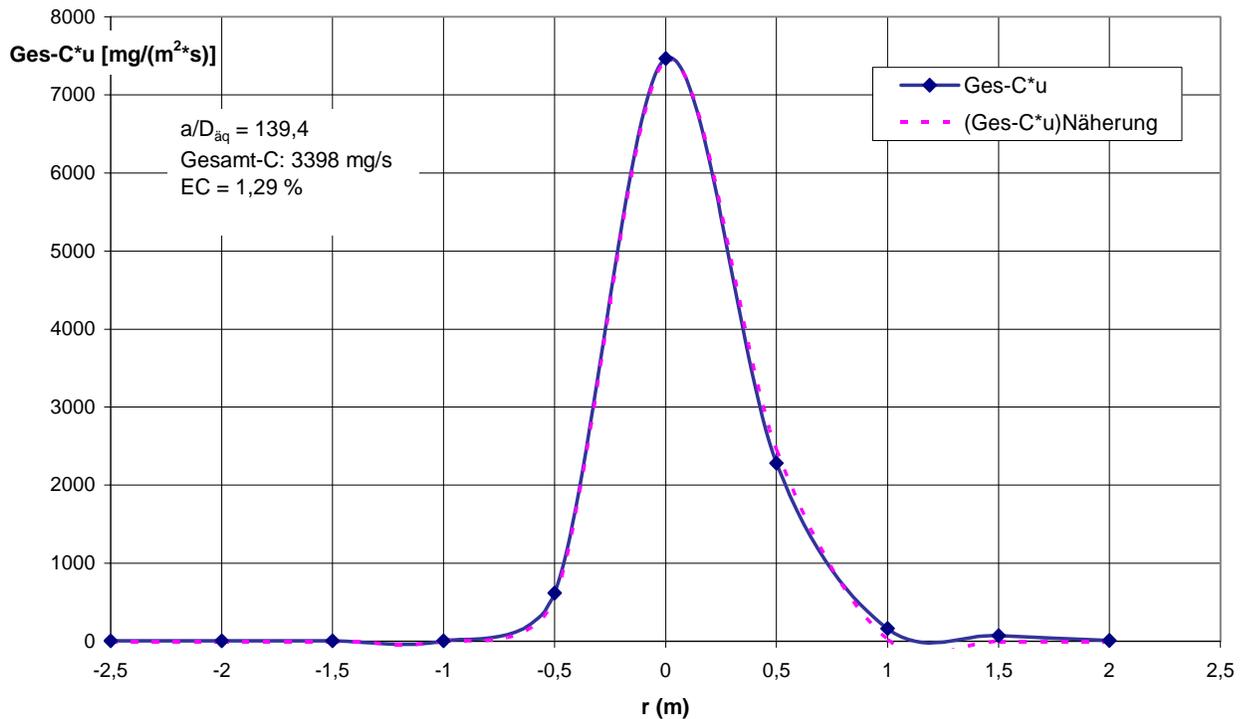


Bild 6.9: Verbrennung eines Gases der Mineralölindustrie beim DGMK-Versuch 13 /11/:
 Radiale Verteilung des Produkts der Messwerte
 von Gesamt-C-Massenkonzentration und Rauchgasgeschwindigkeit.

r = Radius-Koordinate; a = vertikaler Brennerabstand;
 $D_{\text{äq}}$ = äquivalenter Brenneraustrittsdurchmesser.

Als Beispiel ist in Bild 6.9 die Verteilung des in der Gleichung (3.7) enthaltenen Produkts aus der auf den Kohlenstoff reduzierten Massenkonzentration der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (Gesamt-C bzw. $\rho_{N,C,RG}(C_xH_y)$ in mg/m^3) und der Rauchgasgeschwindigkeit (u in m/s) über dem Rauchgasfahnen-Radius in der Messebene beim normierten Abstand vertikalen $a/D_{\text{äq}} = 139,4$ aufgetragen. Als Näherung ist der Messkurve eine Gauß'sche Glockenkurve überlagert, die gut mit ihr übereinstimmt. Aus der Integration ergibt sich beim DGMK-Versuch Nr. 13 (Fackelgas-Verbrennung ohne Dampfeinspritzung) in der bezeichneten Messebene ein Kohlenstoff-Massenstrom von etwa 3,4 g/s, womit der EC-Wert einfach berechnet werden konnte.

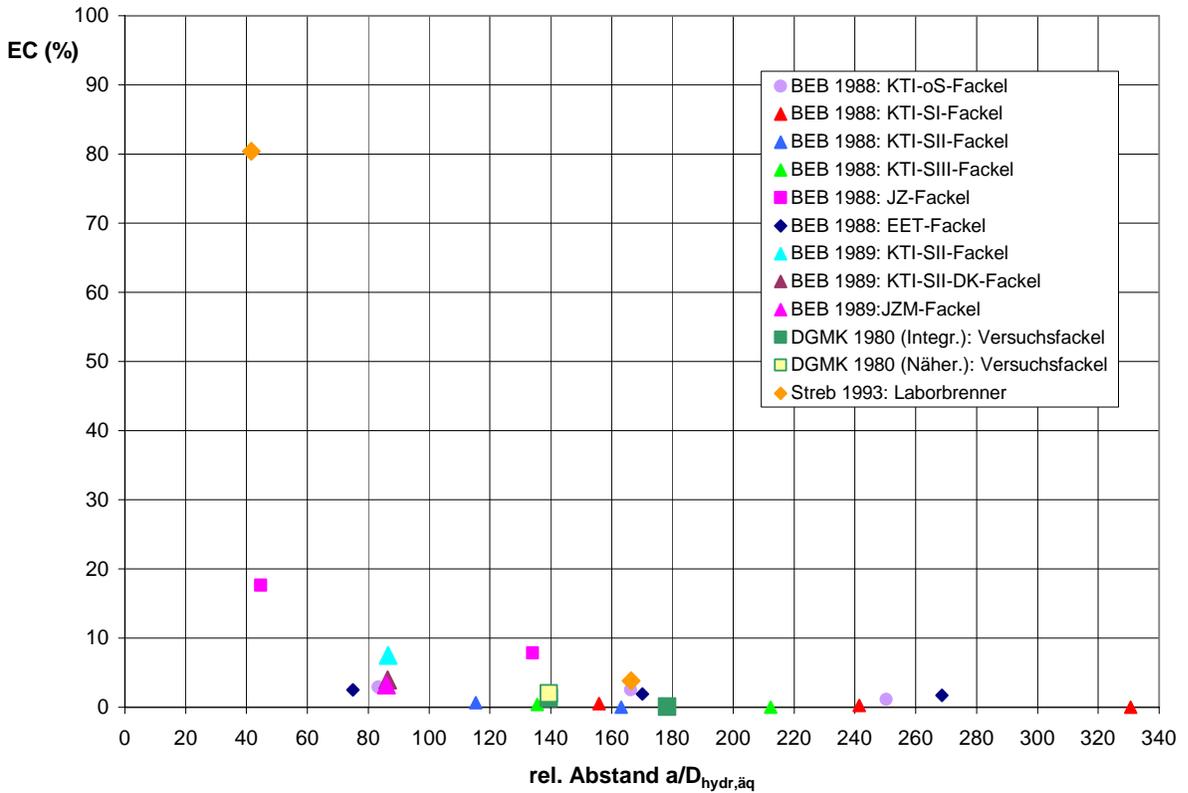


Bild 6.10: Verbrennung von Entlösungsgas/Süßgas, Gas aus Erdölraffinerien sowie Erdgas: Gesamt-C-Emissionsgrad (Mittelwerte)
 a = Brennerabstand (bogenförmig bei Windeinfluss);
 $D_{hydr,äq}$ = äquivalenter hydraulischer Brenneraustrittsdurchmesser.

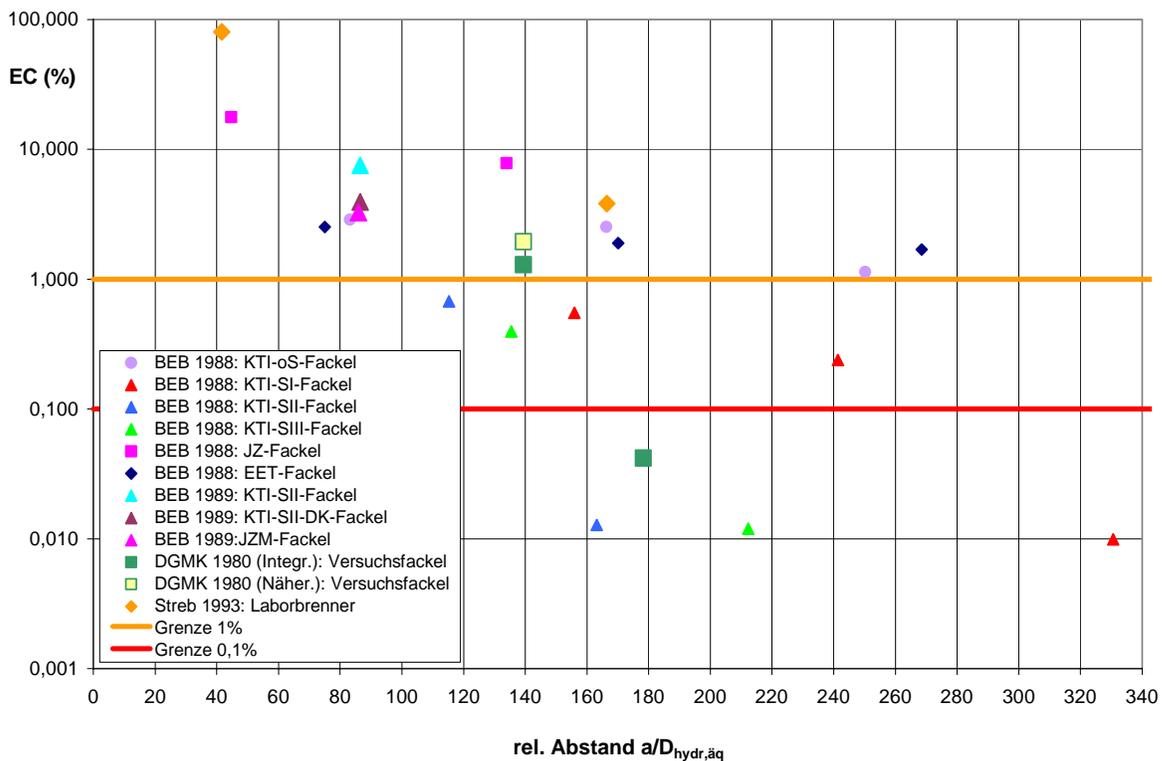


Bild 6.11: Verbrennung von Entlösungsgas/Süßgas, Gas aus Erdölraffinerien sowie Erdgas: Gesamt-C-Emissionsgrad (Mittelwerte)

Als Hauptergebnis des Gutachtens sind in den Diagrammen der Bilder 6.10 und 6.11 die in der jeweiligen Messebene beim mit dem äquivalenten (hydraulischen) Durchmesser $D_{\text{hydr,äq}}$ normierten achsialen Abstand von der Flammenwurzel bzw. dem Brennerdüsenaustritt ermittelten Mittelwerte des Gesamt-C-Emissionsgrads EC aus allen verfügbaren Messdaten von Fackelversuchen dargestellt. Beide Diagramme unterscheiden sich nur im Ordinatenmaßstab: In Bild 6.11 hat diese Koordinate eine logarithmische Skalierung und ermöglicht so eine klarere Unterscheidung der kleineren EC-Werte bei den größeren Abständen. Als Ziellinien sind dort die in der TA Luft (indirekt) vorgegebenen Grenzen von 1 % und 0,1 %, entsprechend den Emissionsminderungsgraden $\text{EMG} = 99,0 \%$ und $99,9 \%$, eingezeichnet. Zusätzlich zu den Daten der diversen Messungen bei den BEB-Feldversuchen zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung im Dauerbetrieb wurden Messdaten der Fackelverbrennung (ohne zusätzliche Dampfeinspritzung) aus den DGMK-Versuchen und auch Messergebnisse der Laborversuche von Streb zur Auswertung herangezogen, um zu überprüfen, ob die Diffusionsflammen der verschiedenen Verbrennungssysteme korrespondierende Reaktionsresultate haben. Obwohl die Verbrennungssysteme hinsichtlich des Aufbaus, der Abmessungen, der Betriebs- und Umgebungsbedingungen sehr verschieden waren, zeigen die Eintragungen in die beiden Diagramme, dass Gemeinsamkeiten vorhanden sind. Trotz großer Unterschiede bei den Brennerdüsendurchmessern zwischen etwa 10 mm (Laborversuche) und 200 mm (DGMK-Versuche), bei den Brenngas-Austrittsgeschwindigkeiten zwischen ungefähr 1 bis 3 m/s (BEB-Versuche), 12 bis 22 m/s (DGMK-Versuche) und etwa 50 m/s (Laborversuche) sowie bei den Froudezahlen um 1 (BEB-Versuche) bis zu 2 Größenordnungen (DGMK-Versuche) und 4 Größenordnungen (Laborversuche) größeren Werten konnten die Ergebnisse mit Hilfe der Ähnlichkeitsumrechnungen in der Diagrammdarstellung so eingeordnet werden, dass daraus klare Tendenzen zu erkennen sind und Schlüsse gezogen werden können.

Am Beispiel des einerseits mit der Näherungsberechnung (Gleichung (3.11)) und andererseits mit der genaueren Integralberechnung (Gleichung (3.7) und weitere) ausgewerteten DGMK-Versuchs Nr. 13 beim normierten Abstand $a/D_{\text{äq}} = 139,4$ konnte außerdem gezeigt werden, dass der näherungsweise ermittelte EC-Wert etwas größer – also ungünstiger – ist und dass die Abweichungen beider Werte voneinander akzeptabel sind.

EMG-Werten von 99 % entsprechende EC-Werte von 1 % werden, wie man in Bild 6.11 sieht oder durch lineare Extrapolation der logarithmisch aufgetragenen EC-Werte abschätzen kann, bei den meisten Fackelköpfen bzw. Brennern in der Nähe des Flammenendes, also bei $a/D_{\text{äq}} = 220$ bis 250 (ohne Windeinfluss), erreicht. Sehr gute EC-Werte unter 1 % und unter 0,1 %, d. h. $\text{EMG} > 99,9 \%$, wurden bei Fackelköpfen mit Sichtblenden erzielt. Eine ähnlich positive

Auswirkung hatte auch der konusförmige Mantel über der Fackelmündung der DGMK-Versuchsfackel, mit der ebenfalls ein EC-Wert unter 0,1 % realisiert werden konnte.

6.3 Allgemeine Verbrennungseffektivität und Kohlenwasserstoff-Verbrennungseffektivität

Seit der ersten, hauptsächlich in den USA und in Deutschland durchgeführten, Versuchsphase zur Untersuchung der Fackelverbrennung in den 80er Jahren werden in diversen Berichten die Begriffe lokale Verbrennungseffektivität (local combustion efficiency), mittlere (durchschnittliche) Verbrennungseffektivität (global combustion efficiency, CE) und Kohlenwasserstoff-Verbrennungseffektivität (hydrocarbon destruction efficiency, HCDE) zur Charakterisierung der Verbrennungsqualität an Fackeln benutzt. Die Verbrennungseffektivität CE wird nach Gleichung (3.23) berechnet und angegeben, wobei sich alle veröffentlichten Zahlenwerte auf Messungen der Volumenkonzentrationen χ [ppm] der Rauchgasspezies CO_2 , CO und C_xH_y (als CH_4 -Äquivalent) nach Abschluss der Verbrennung in der Rauchgasfahne beziehen. Durch Integration über dem Rauchgas- bzw. Messquerschnitt mit den diversen Messpunkten und durch Bezug auf die Querschnittsfläche wird aus den lokalen CE-Werten der „globale“ bzw. gemittelte CE-Wert gebildet.

In dem zusammenfassenden Bericht /32/, einer Übersicht über zahlreiche Untersuchungen zur Verbrennungseffektivität an Fackeln und damit zusammenhängender Phänomene aus den letzten 3 Jahrzehnten, sind viele Angaben über die mittlere Verbrennungseffektivität verschiedener Fackeln (nach Abschluss der Verbrennung) enthalten. Weniger quantitative Angaben gibt es zur Kohlenwasserstoff-Verbrennungseffektivität HCDE (wörtlich: Kohlenwasserstoff-Zerlegungs-Effektivität), doch stattdessen den pauschalen und plausiblen Hinweis, dass diese stets größer als die mittlere Verbrennungseffektivität ist, also näher bei 100 % liegt. Wie der Emissionsminderungsgrad EMG bezieht sich die HCDE besonders auf die im Rauchgas verbleibenden organischen Verbindungen, also hauptsächlich auf die Kohlenwasserstoffe. Zu beachten ist, dass die HCDE ein Verhältnis aus Rauchgasspezies-Anteilen an einer bestimmten Stelle bzw. Messebene der Rauchgasfahne – üblicherweise nach Abschluss der Verbrennung – ist, während beim EMG die auf den Kohlenstoff reduzierten Massen der organischen Verbindungen (Kohlenwasserstoffe) im Rauchgas und im Brenngas, also vor Beginn der Verbrennung, in's Verhältnis gesetzt werden. Obwohl sich diese Definitionen prinzipiell unterscheiden, ist der angesetzte (ideale) Zielwert für beide Größen 100 %. Deshalb und weil die Werte bei guter Verbrennung nur in der Größenordnung eines Prozents unter dem Zielwert liegen, ist es möglich und zulässig, die Zahlenangaben tendenziell miteinander zu vergleichen.

Die im Übersichtsbericht /32/ im vorigen Jahr zusammengetragenen Erkenntnisse, die zum Teil auch aus in diesem Bericht genannten Quellen stammen, umfassen sehr stark variierende

Fackel-Betriebsbedingungen, beispielsweise Heizwerte von 3100 kJ/m^3 (Verbrennung mit Luftstrahlunterstützung) bzw. 7150 kJ/m^3 (Verbrennung mit Dampfstrahlunterstützung) bis 87500 kJ/m^3 (ohne Verbrennungshilfen) und Brennerdüsen- bzw. Fackel-Austrittsgeschwindigkeiten zwischen $0,06$ und 130 m/s . Mit konventioneller Messtechnik und mit berührungsloser Fernmesstechnik wurde festgestellt, dass die (mittlere) Verbrennungseffektivität CE nach dem Flammenende bei allen im stabilen Verbrennungsbereich arbeitenden Fackeln mindestens 98% beträgt und üblicherweise sogar über 99% liegt. Außer bei der im Unterabschnitt 5.3 beschriebenen Versuchsreihe der NAM /30/ wurden in den letzten Jahren weitere, in /32/ kurz erläuterte, Fernmessungen an großen Industriefackeln vorgenommen. Beispielsweise wurden 1998 mit FTIS- (Fourier-transformierte Infrarot-Spektroskopie) Fernmesstechnik die Verbrennungseffektivitätswerte von 8 repräsentativen Erdgasfackeln der Firma Shell mit unterschiedlichen Auslegungen und Durchsätzen in Nigeria ermittelt /31/. Bei wechselnden Bedingungen des leichten Windes wurden nach den jeweiligen Flammenenden stets mittlere, d. h. über den Messbereich integrierte und gemittelte, CE-Werte über 98% erzielt.

Die nahe bei 100% liegenden mittleren CE-Werte werden nur dann nicht erreicht, wenn das Brenngas flüssige Kohlenwasserstoff-Beimengungen (z. B. Kondensate) enthält und wenn der Fackelbetrieb am Rande oder außerhalb des Bereichs der sicheren Verbrennungsstabilität stattfindet. Jenseits des Stabilitätsbereichs, d. h. bei sehr hohen Brenngas-Austrittsgeschwindigkeiten, kommt es zu einem erhöhten Abheben bzw. Abreißen der Flamme (lift off) und danach zum Erlöschen (blow out). Die Verbrennungsstabilität hängt von einigen Parametern ab; dies sind die Fackelkopfkonstruktion, der Brennerdüsendurchmesser, die Brenngas-Austrittsgeschwindigkeit in Verbindung mit dem Wasserstoffgehalt, die Brenngaszusammensetzung und der Heizwert sowie die Stärke des Querwindes. Bezüglich des Einflusses des Brennerdüsendurchmessers wurde festgestellt, dass ab Durchmessern von 38 mm bis über 300 mm keine Änderung der Verbrennungsstabilitätsgrenzen eintritt, bei kleineren Durchmessern – also bei Laborbrennern – verringert sich dagegen der Stabilitätsbereich.

Hinsichtlich der Verbrennungseigenschaften einzelner Gasbestandteile wurde herausgefunden, dass die Schwefelwasserstoff-Verbrennungseffektivität (hydrogen sulfide destruction efficiency) innerhalb der Stabilitätsgrenzen um bis zu 1% besser als die des Propan (propan combustion efficiency) sein kann. Rauchende Flammen können theoretisch um höchstens $0,5 \%$ niedrigere CE-Werte aufweisen, weil der die Flamme verlassende Kohlenstoffanteil als Rauch normalerweise bei Industriefackeln nicht mitgemessen und rechnerisch mitberücksichtigt wird. Tatsächlich wurden bei rauchenden Flammen teilweise um etwa 1% höhere durchschnittliche Verbrennungseffektivitäten ermittelt, weil Rauchbildung mit höheren Flammentemperaturen

zusammenhängt, die für die Zerlegung der Kohlenwasserstoffmoleküle und Formation von reinen Kohlenstoffteilchen (Rauch) notwendig sind.

Neuere wie ältere Versuchsberichte bestätigen das bereits 1980 in /11/ zusammengefasste Ergebnis: In entrußten Fackelflammen wird der organisch gebundene Kohlenstoff des Brenngases zu mindestens 99 % in Kohlendioxid umgesetzt. Der luftfremd und gasförmig gebundene Kohlenstoff im Rauchgas beträgt – nach dem Verbrennungsende – höchstens 1 % des organisch gebundenen Kohlenstoffs im Brenngas. Betrachtet und extrapoliert man die in Bild 6.11 präsentierten Werte des Gesamt-C-Emissionsgrads EC aus den eigenen Auswertungen zum Emissionsminderungsgrad EMG, so kommt man im übertragenen Sinne zu ähnlichen und z. T. sogar zu besseren Ergebnissen, die in erster Linie von der Fackelkopfkonstruktion abhängen.

6.4 Flammen- bzw. Rauchgastemperaturen

Erkenntnisse über die Temperatureigenschaften von Diffusions-Strahlflammen, die eine kaum eingeschränkte Allgemeingültigkeit haben, vermitteln einige Diagramme aus der Arbeit von Streb /19/, die hier als Auszüge gezeigt werden.

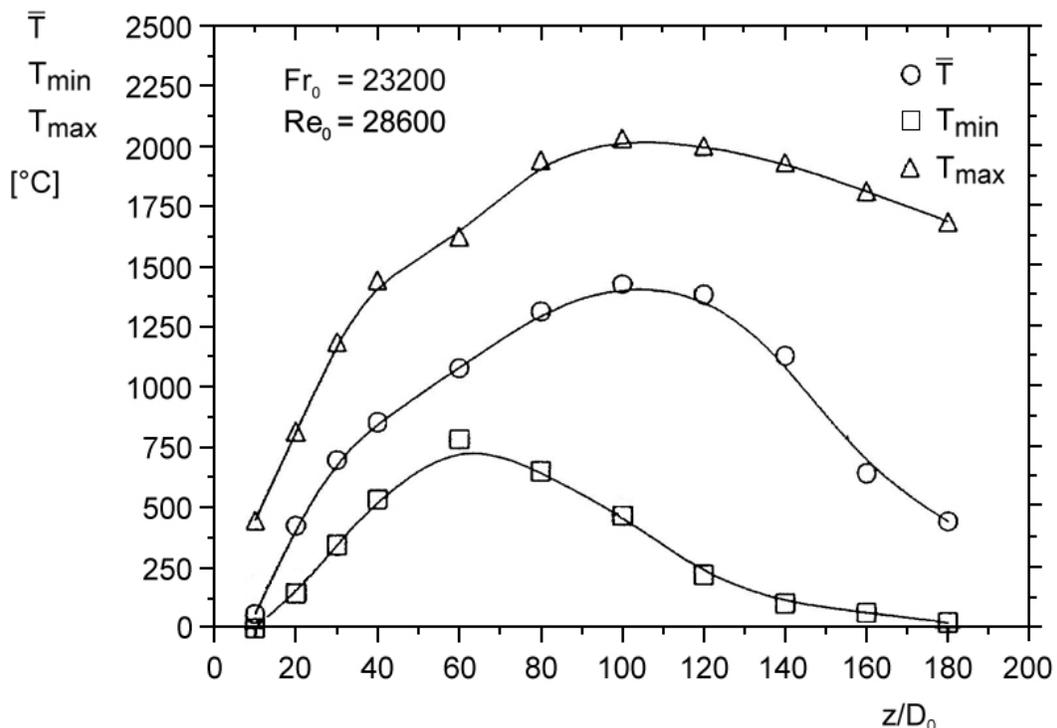


Bild 6.12: Höchste, mittlere und niedrigste Temperatur im Zentrum einer Erdgas-Strahlflamme längs der Rauchgasfahnenachse (Laborversuche).

z = vertikale Koordinate; D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser

In Bild 6.12 sind die Messpunkte der Temperatur im Zentrum einer Erdgas-Strahlflamme mit ihren Abweichungen längs der Rauchgasfahnenachse dargestellt. Im heißesten Bereich sind,

wie man sieht, sehr große Schwankungen von 500 °C und mehr festzustellen. Streubreiten solchen Ausmaßes konnten bereits indirekt in Bild 2.3 abgelesen werden, dem eine berührungslose Messtechnik zugrunde liegt.

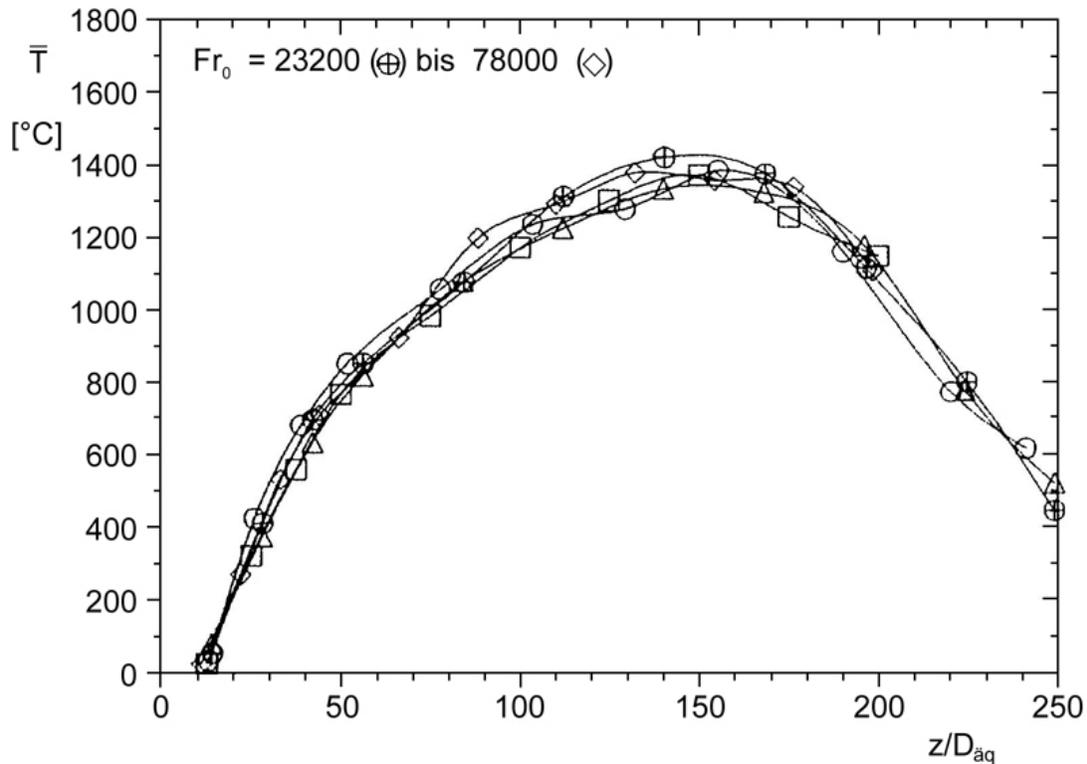


Bild 6.13: Mittlere Temperatur im Zentrum verschiedener Erdgas-Strahlflammen längs der normierten Rauchgasfahnenachse (Laborversuche).

z = vertikale Koordinate; $D_{\text{äq}}$ = äquivalenter Brenneraustrittsdurchmesser

Trotz der großen Schwankungsbreite ist die klare Gesetzmäßigkeit der Temperaturentwicklung im Zentrum der Strahlflammen anhand des Bildes 6.13 zu erkennen, in dem die mittleren Temperaturen verschiedener Flammen mit unterschiedlichen Froudezahlen entlang der mit der Ähnlichkeitsgröße $D_{\text{äq}}$ normierten Rauchgasfahnenachse aufgetragen sind. Wegen der Ähnlichkeitsdarstellung schrumpfen die verschiedenen Verlaufskurven fast zu einer einzigen Linie zusammen. Am Flammenende, d. h. bei $z/D_{\text{äq}} \approx 250$, liegen die zentralen Temperaturwerte etwa bei 400 bis 500 °C. Beim Vergleich mit dem Verlauf der CO_2 -Volumenkonzentration, eines der Verbrennungs-Hauptprodukte, über dem gleichen Abszissenmaßstab in Bild 6.2 fällt die weitgehende Kongruenz der beiden Verbrennungsgrößen auf.

In den Bildern 6.14 und 6.15 sind die radialen Verteilungen der gemessenen Temperaturen der – bereits in Bild 6.12 betrachteten – Erdgas-Strahlflamme über der mit dem Brennerdüsendurchmesser relativierten Querachsenerstreckung y/D_0 für die relativen Längs-Abstände $z/D_0 = 30$, also im Verbrennungs-Anfangsbereich, und für $z/D_0 = 120$, also kurz nach

dem heißesten Bereich, dargestellt. Auch bei den Querverteilungen schwanken die Messwerte sehr stark und in gleicher Größe um den jeweiligen Mittelwert wie beim Längsverlauf.

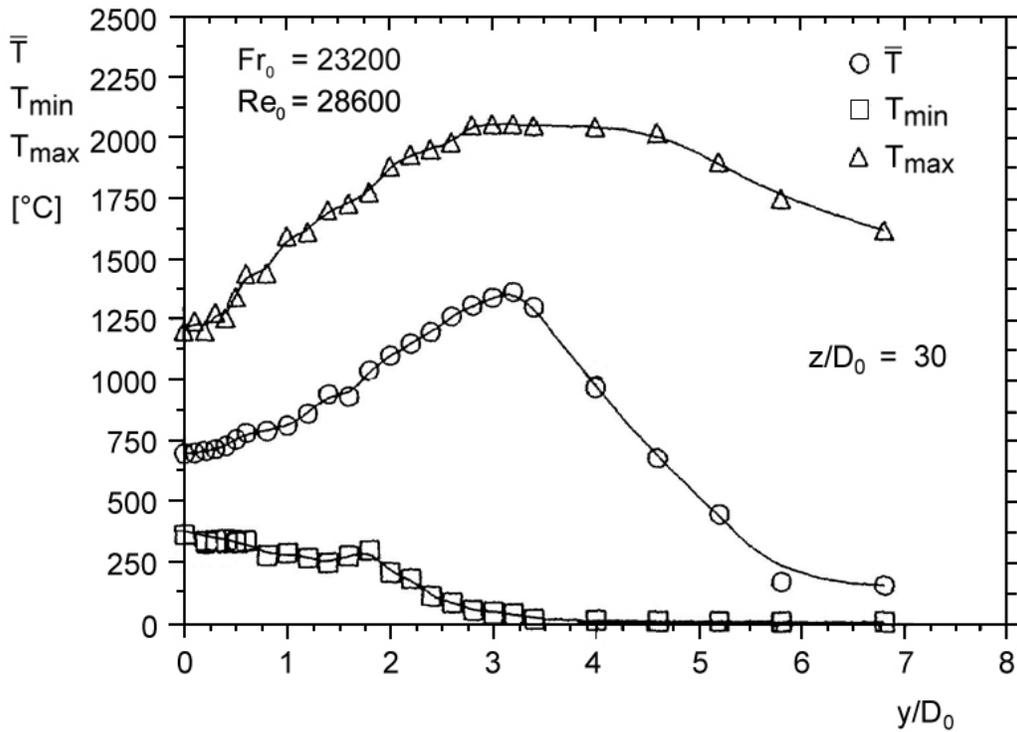


Bild 6.14: Radiale Verteilungen der höchsten, mittleren und niedrigsten Temperatur einer Erdgas-Strahlflamme in der Messebene bei z/D₀ = 30 (Laborversuche).
z = vertikale Koordinate; y = Querkoordinate ; D₀ = Brenneraustrittsdurchmesser

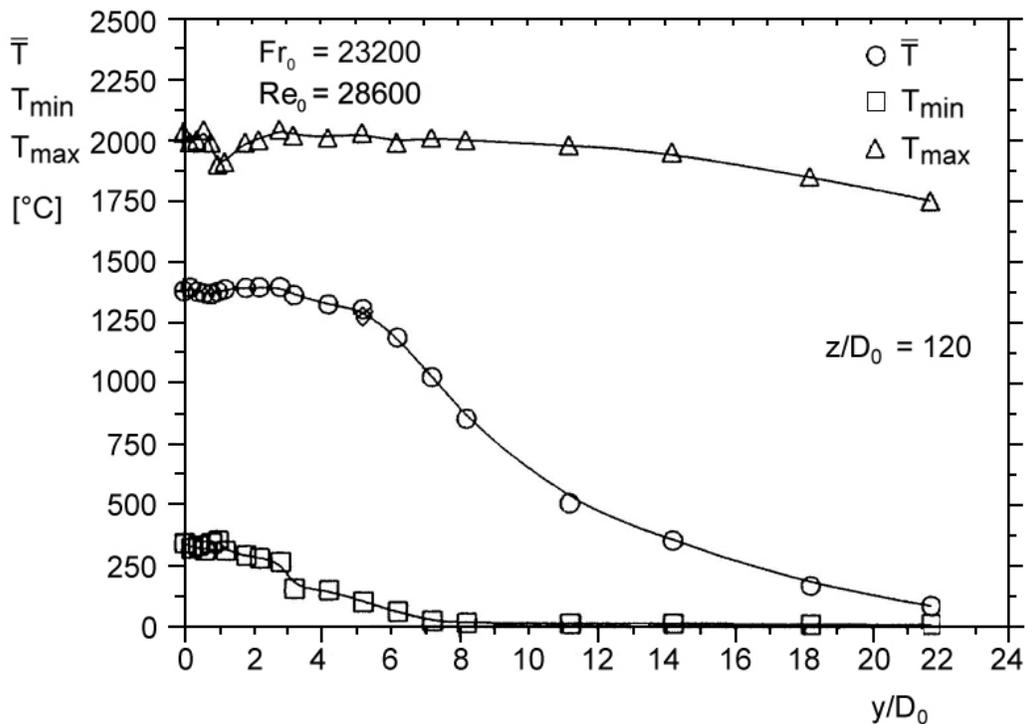


Bild 6.15: Radiale Verteilungen der höchsten, mittleren und niedrigsten Temperatur einer Erdgas-Strahlflamme in der Messebene bei z/D₀ = 120 (Laborversuche).

Darüber hinaus kann man wie beim Längsverlauf auch bei den Querverteilungen durch Vergleich mit den Bildern 6.3 und 6.4 eine gewisse Analogie der Temperatur- und CO₂-Entwicklung in der Rauchgasfahne feststellen. Beim relativen Längs-Abstand $z/D_0 = 30$ sind wieder die charakteristischen Einbuchtungen der Verteilungskurven im Innenbereich zu sehen, was darauf hindeutet, dass der Reaktionsvorgang dort mit der CO₂-Bildung und der vollen Wärmefreisetzung noch nicht zum Abschluss gekommen ist.

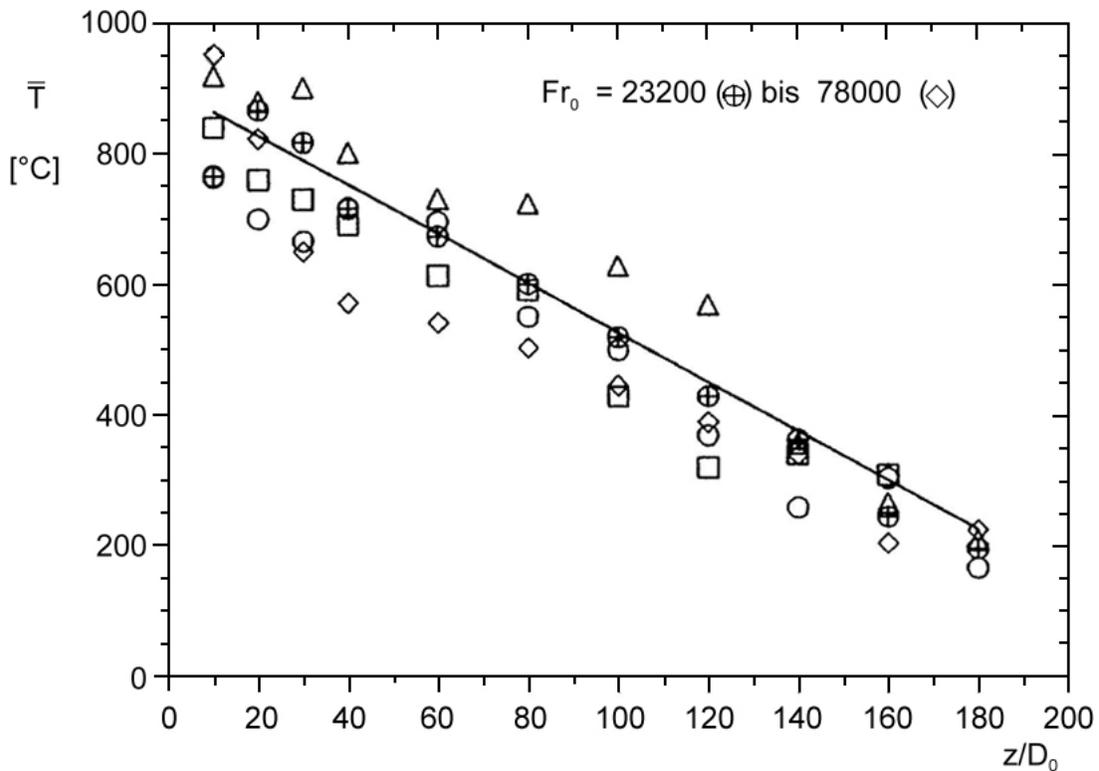


Bild 6.16: Änderung der über dem Querschnitt gemittelten Temperatur verschiedener Erdgas-Strahlflammen längs der Rauchgasfahnenachse (Laborversuche). z = vertikale Koordinate; D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser

Aus den radialen Verteilungen der Temperatur-Mittelwerte bei den verschiedenen Längs-Abständen können Durchschnitts-Temperaturwerte durch Integration und Bezug auf die jeweiligen Rauchgasfahnen-Querschnittsflächen gefunden werden. Als Ergebnisse dieser Auswertungen sind in Bild 6.16 die gemittelten, also durchschnittlichen, Temperaturen unterschiedlicher Erdgas-Strahlflammen mit verschiedenen Froudezahlen über dem relativierten Längs-Abstand von der Brennerdüse dargestellt. Temperaturniveau und Froudezahl lassen sich nicht eindeutig zuordnen, aber die Streubreite ist fast über der gesamten Längskoordinate beträchtlich und beträgt – bis auf den Flammen-Endbereich – ungefähr 200 °C. Die Tendenz lässt sich gut mit einer Geraden, d. h. einer Linie mit konstantem negativen Temperaturgradienten, wiedergeben.

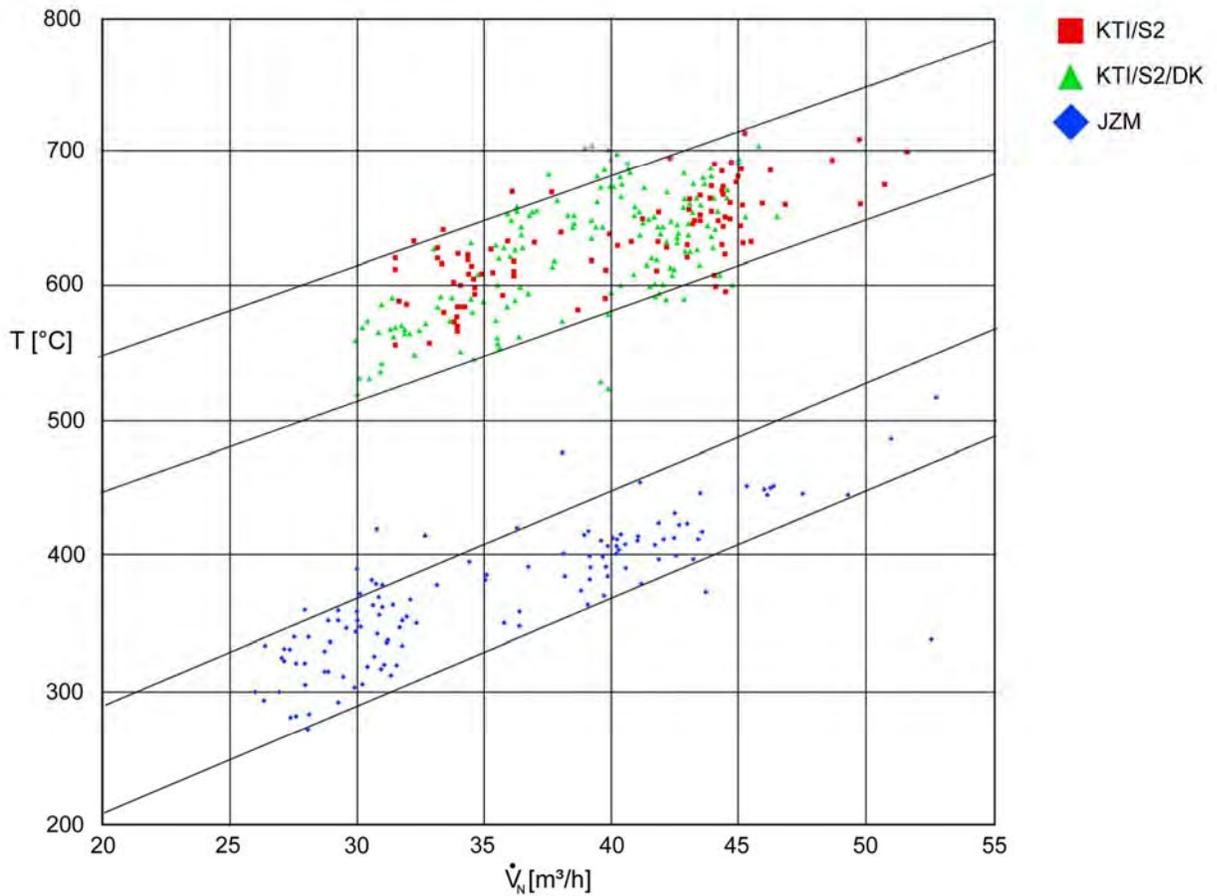


Bild 6.17: BEB-Feldversuche Juli 1989: Gemessene durchschnittliche Temperaturen T am Sichtblendenaustritt dreier untersuchter Fackelköpfe in Abhängigkeit vom Brenngas-Durchsatz (Entlösungsgas und Süßgas)

Rechnet man unterschiedlich große Brenngas-Volumenströme mit der Kontinuitätsgleichung

$$u_0 = \frac{\dot{V}_{N,BG} \cdot (\rho_{N,BG} / \rho_{0,BG})}{\frac{\pi}{4} \cdot D_0^2} \square \frac{\dot{V}_{N,BG}}{D_0^2} \quad (6.4)$$

und der Gleichung (2.3)

$$Fr_0 = \frac{\bar{u}_0^2}{D_0 \cdot g} \square \frac{\dot{V}_{N,BG}^2}{D_0^5 \cdot g}$$

sowie der Gleichung (2.4)

$$D_{\text{äq}} = D_0 \cdot \frac{2}{K_{F1,BG}} \cdot Fr_0^{0,2} \square D_0 \cdot Fr_0^{0,2} \square \frac{\dot{V}_{N,BG}^{0,4}}{g}$$

um, so erhält man eine Proportionalität zum äquivalenten Durchmesser

$$D_{\text{äq}} \square \dot{V}_{N,BG}^{0,4}. \quad (6.5)$$

Dies bedeutet, dass größere Volumenströme aus einer Brennerdüse kleineren normierten Abständen $a/D_{\text{äq}}$ entsprechen.

Neben der Ermittlung der Auswertungsergebnisse zur chemothermodynamischen Bewertung der Fackelkopfkonstruktionen wurde bei den BEB-Feldversuchen im Juli 1989 eine Statistik der gemessenen durchschnittlichen Temperaturen angefertigt und in Bild 6.17 dargestellt. Sie gibt Aufschluss über das Temperaturniveau unmittelbar über dem Sichtblendenaustritt in Abhängigkeit vom gesamten Brenngasdurchsatz (Entlösungsgas plus Süßgas) und von der Fackelkopfkonstruktion. Der Trend – höhere Temperaturen bei größeren Durchsätzen – bestätigt die oben erläuterten Überlegungen zur Ähnlichkeit. Die Temperatur-Streubreite bei den beiden KTI-Fackelköpfen mit Sichtblende II und Standard-Entlösungsgasdüse (KTI/S2) bzw. Drallkegeldüse (KTI/S2/DK) (Fackelkopf-Zeichnungen in Bild 4.7 und Bild 4.10) beträgt etwa 100 °C und die am modifizierten John-Zink-Fackelkopf JZM (Fackelkopf-Zeichnung in Bild 4.11) ist etwas schmaler. Beim JZM-Fackelkopf liegt das Temperaturniveau im Mittel etwa 230 °C unter dem der beiden anderen Fackelköpfe, weil der Sichtblendenmantel unten offen, also nicht mit einem Bodenblech nahezu abgeschlossen ist. Dadurch und durch die größere Oberfläche infolge der weitergehenden Aufteilung kann der Brenngasstrom relativ mehr Luft ansaugen und die Gesamtflamme kann mehr Wärme nach unten abstrahlen. Das niedrigere Temperaturniveau beim JZM-Fackelkopf korrespondiert – vermutlich wegen des etwas weiter fortgeschrittenen Verbrennungsprozesses in der Messebene – mit dem niedrigeren EC-Wert in Bild 6.8.

Der mittlere Temperatur-Durchschnittswert beim Entlösungsgas-Süßgas-Normvolumenstrom von 35 m³/h liegt über dem Sichtblendenaustritt bei den beiden KTI-Fackelköpfen bei 600 °C und beim JZM-Fackelkopf bei 370 °C. Dieser Temperaturwert stimmt fast mit der mittleren Rauchgastemperatur von 354 °C überein, die an einer NAM-Betriebsfackel in der Nähe der verhältnismäßig kleinen Flamme bei „Normal“-Betrieb (Spülgasbetrieb PG, purge gas) durch Fernmessung ermittelt wurde /30/. In etwas größerer Entfernung von der größeren Flamme bei off-gas-Betrieb (OG) wurde dagegen eine noch niedrigere mittlere Rauchgastemperatur von 244 °C interferometrisch gemessen.

Nach der TA Luft soll die Fackeltemperatur mindestens 850 °C betragen. Weiteres zu diesem Grenzwert ist nicht spezifiziert, also nicht, ob es sich um eine lokale oder durchschnittliche Temperatur handelt, in welcher Position der Flamme bzw. Rauchgasfahne zu messen und wie die spezielle Konfiguration des Fackelkopfes zu berücksichtigen ist.

Aus den Darlegungen und Diagrammen kann geschlossen werden, dass so ein singulärer Temperaturwert nur geringe Aussagekraft besitzt und für den erwünschten Nachweis der Schadstoff-Emissionsminderung wenig geeignet ist.

Zusammenfassung und Fazit

- Die bei den Laborversuchen ermittelten und mittels Bezug auf die Ähnlichkeitskenngröße des äquivalenten Durchmessers $D_{\text{äq}}$ auf eine „allgemeingültige“ Skala des Abstands von

der Brennerdüse umgerechneten Messergebnisse an Diffusions-Strahlflammen geben Aufschlüsse über den Verlauf längs der Flammen- bzw. Rauchgasfahnen-Achse und die Querverteilung der Konzentrationen verschiedener Rauchgaspezies sowie der Temperaturen. Sie können, da die Grenzen der Verbrennungsstabilität bei diesen Versuchen bei weitem nicht erreicht wurden, sinngemäß auf die Betriebsverhältnisse an realen Fackeln übertragen werden und schaffen so eine Grundlage für Beurteilungen, Vergleiche und Extrapolationen.

- Diverse Werte des Gesamt-C-Emissionsgrads EC – und damit des Emissionsminderungsgrads EMG nach Gleichung (3.1) – wurden aus Messwerten bei 2 BEB-Feldversuchskampagnen zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung an mehreren unterschiedlichen Fackelköpfen und zum Vergleich aus Messwerten zweier DGMK-Versuchsreihen mit einem anderen Fackelkopf und wesentlich verschiedenen Betriebsbedingungen sowie aus Messergebnissen bei Laborversuchen im kleinen Maßstab ermittelt. Mit Hilfe des oben erläuterten Ähnlichkeitsmaßstabs konnten alle Resultate in das gemeinsame Ergebnisdiagramm in Bild 6.11 eingetragen und den aus den TA Luft-Richtlinien stammenden Grenzwerten gegenübergestellt werden. Es wird deutlich, dass die vom Brennerabstand abhängigen, zu den EMG-Werten komplementären EC-Werte gegen Flammen- bzw. Verbrennungsende die umgerechneten TA Luft-Zielwerte nahezu vollständig erreichen und bei bestimmten Fackelkopftypen diese Vorgaben klar erfüllen.
- Da in den meisten Veröffentlichungen zur Fackelverbrennung aus den letzten 3 Jahrzehnten die (mittlere) Verbrennungseffektivität CE (Gleichung (3.23)) als Maß für die Verbrennungsqualität benutzt wurde, wurden diese Ergebnisse in die Betrachtungen und zwecks Vergleichen mit einbezogen. Aus vielen Versuchen mit konventioneller Messtechnik und mit berührungsloser Fernmesstechnik (etwa seit 1997) ging hervor, dass alle CE-Werte der Fackelverbrennung im stabilen Verbrennungsbereich nach dem Verbrennungsabschluss über 98 % und typischerweise sogar über 99 % lagen. Da sich der Emissionsminderungsgrad nur auf die organischen Verbindungen im Brenngas und im Rauchgas bezieht, liegen dessen Werte tendenziell, wenn auch nicht genau umrechenbar, noch näher bei 100 %.
- Je nach Messort, Fackelkopftyp und Betriebsbedingungen liegt das mittlere Niveau der zeitlich und örtlich stark variierenden Temperaturen von Erdgas-Flammen bzw. –Rauchgasfahnen zwischen etwa 1400 °C (Bild 6.13) und 400 °C (Bild 6.17) oder sogar darunter. Angesichts der in den Bildern und Erläuterungen des Unterabschnitts 6.4 zum Ausdruck kommenden Tatsachen, die die Temperaturfelder betreffen, ist als Anmerkung an dieser Stelle festzustellen, dass der in der TA Luft wenig spezifizierte, singuläre Temperatur-Mindestwert von $T = 850 \text{ °C}$ keine ausreichende Aussagekraft hat. Bei der „normalen“ Fackelverbrennung ist es immer möglich, eine geeignete Messung zur Erfüllung dieses Kriteriums durchzuführen.

7. Möglichkeiten zur Verbesserung der Fackelverbrennung

Über existierende Fackelköpfe mit hoher Verbrennungsqualität wurde in diesen Gutachten bereits mehrfach berichtet. Eine quantitative Bewertung verschiedener Fackelköpfe ist beispielsweise mittels Bild 6.11 möglich. Im Folgenden werden die verhältnismäßig einfachen Maßnahmen für eine gute bis sehr gute Fackelverbrennung übersichtlich zusammengestellt und erläutert. Alle genannten Maßnahmen wurden in der industriellen Praxis bereits realisiert. Demgemäß sind dazu direkte und indirekte Erfahrungen vorhanden.

7.1 Fackelkopf-Ummantelung

Im Dokument /4/ der Europäischen Kommission aus dem Jahre 2003 sind Zeichnungen moderner Fackelkopftypen enthalten, zu denen auch die in Bild 7.1 wiedergegebenen Fackelköpfe gehören. Fackelköpfen mit Sichtblenden, über die in diesem Bericht einiges mitgeteilt wurde, gehören zu dieser Kategorie der ummantelten Fackelköpfe (Zeichnungen in den Bildern 4.5, 4.6, 4.7, 4.10, 4.11 und 4.12).

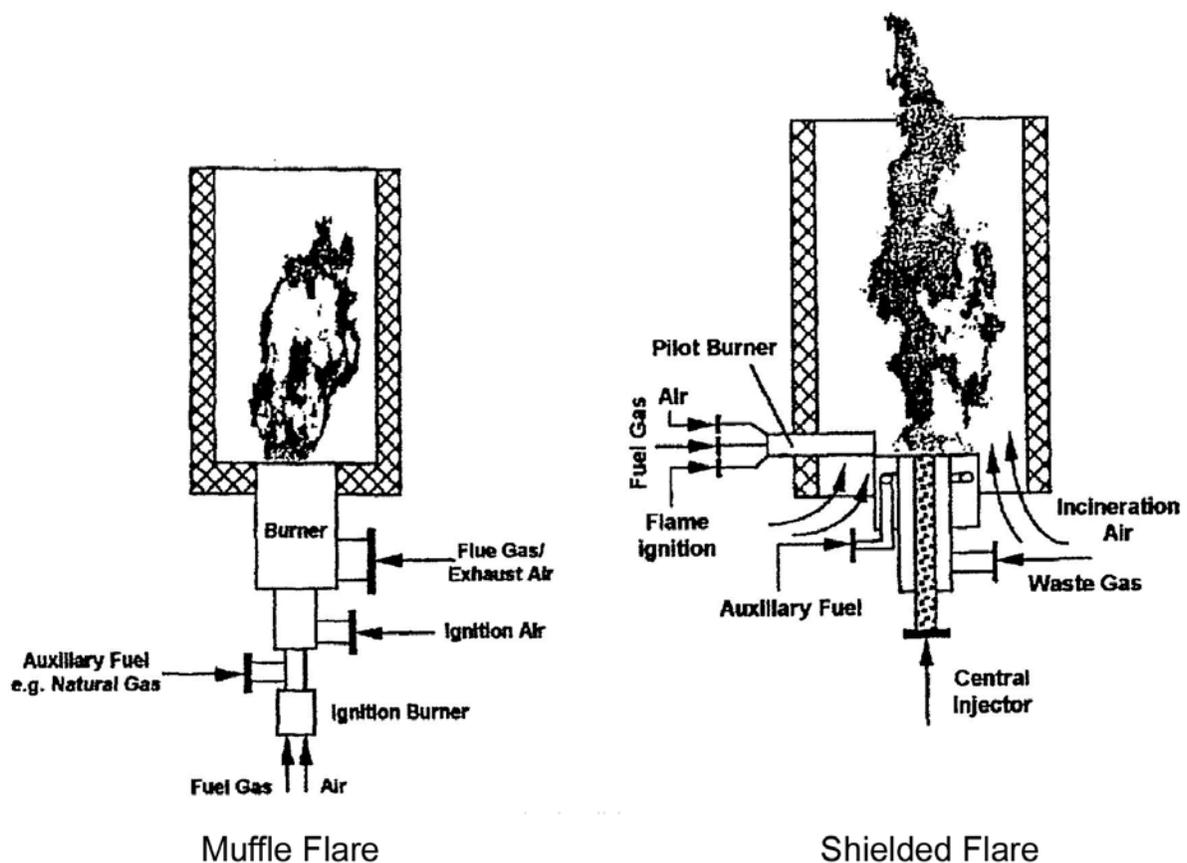


Bild 7.1: Schemata von Fackelköpfen mit verschiedenen Brennertypen und Ummantelung

Im Vergleich der beiden in Bild 7.1 gezeigten Fackelköpfe mit verschiedenen Brennertypen und Ummantelung ist auf einige Unterschiede zu den untersuchten Fackelköpfen hinzuweisen.

a) Muffle Flare

Die Hauptkomponente des „Muffle Flare“ (Muffel-Fackelkopf) ist ein sog. Vormischbrenner, in dem das Brenngas und die Verbrennungsluft bereits vor dem Beginn der Verbrennung im Brennerkopf gemischt werden, dann aus der gemeinsamen Brennerdüse strömen, gezündet werden und danach zu brennen beginnen. Die Menge der Luft im Gas-Luft-Gemisch entspricht meistens einem Verhältnis in der Nähe des stöchiometrischen Verhältnisses („mager“ oder „fett“). Da die für die Verbrennung notwendige Luft hier nicht wie bei den nicht-vorgemischten Diffusionsflammen angesaugt werden muss, kann die Ummantelung bis auf die Austrittsseite vollständig geschlossen sein. Weitere Luft wird dem Rauchgas erst nach dem Verlassen des Fackelkopfmantels durch turbulenten Impulsaustausch zugemischt. Keiner der hier untersuchten Fackelköpfe funktionierte nach diesem Prinzip des Vormischbrenners, weshalb eine spezielle Bewertung unterbleibt. Fackelköpfe dieses Konzepts, also mit Vormischbrenner und umgebender halboffener Brennkammer, haben sicherlich das Potential für eine gute oder sehr gute Verbrennung. Dies lässt sich beispielsweise aus Erfahrungen an Flugtriebwerken mit Vormisch-Brennkammern schließen.

b) Shielded Flare

Der in Bild 7.1 dargestellte „Shielded Flare“ (ummantelter Fackelkopf) enthält eine zentrale Einspritzdüse zur Unterstützung der Verbrennung der ringsherum zuströmenden Abfall-Gase (Waste Gas), die in dieser Form bei keinem der untersuchten Fackelköpfe vorhanden war. Diese zusätzliche Brennersystem-Komponente inmitten des Fackel-Hauptrohrs trägt sicherlich zur Verbesserung der Verbrennung bei. Die Umhüllung des Brennersystems durch den oben und unten offenen Fackelkopfmantel ist mit den Sichtblenden des JZM-Fackelkopfes (Bild 4.11) und des WEE-Fackelkopfes (Bild 4.12) vergleichbar.

c) Untersuchte Fackelköpfe mit Sichtblenden

Bei den verschiedenen mit Sichtblenden versehenen Fackelköpfen ist zwischen den mit Bodenblech ausgerüsteten und den unten wie oben offenen zu unterscheiden. Die ersteren ähneln dem unter (a) beschriebenen Muffel-Fackelkopf teilweise, müssen jedoch Öffnungen zum Ansaugen der Verbrennungsluft haben. Alle hier betrachteten Fackel-Brennersysteme besaßen keine Einrichtung zur Vormischung von Brenngas und Luft, erzeugten also Diffusionsflammen, bei denen die Luftansaugung durch den Injektoreffekt nach Ausströmen des Brenngasstrahls aus der Brennerdüse erfolgt. Die letzteren ähneln dem unter (b) beschriebenen ummantelten Fackelkopf – bis auf das spezielle Brennersystem innerhalb des Mantels.

In verbrennungstechnischer Hinsicht haben die Ummantelungen oder Sichtblenden eine Mehrfachfunktion:

- **Wärmeeinschluss:**
Am Anfang des Brennraums bewirkt die teilweise Wärmeisolation nach außen die Aufrechterhaltung eines erhöhten Temperaturniveaus, was für das Reaktionsvermögen vorteilhaft ist.
- **Windschutz:**
Der Wind hat Einfluss auf Verbrennung, Temperaturverteilung und Flammene Ausbildung. Durch die Abschirmung – hauptsächlich des Querwindes – im Anfangsbereich der Verbrennung wird die makroskopische Mischung des Brenngases und der angesaugten Luft weniger gestört. Der gesamte Windeinfluss ist nur indirekt und weniger stark ausgeprägt als bei Fackelköpfen ohne diesen Schutzmantel. Ohne Schutz können bei stärkerem Wind ganze Ballen des Brenngases, des Brenngas-Luft-Gemischs oder des Rauchgases aus dem eigentlichen Verbrennungsvolumen herausgelöst werden und dann infolge der starken Abkühlung gar nicht erst zünden oder nicht weiter reagieren, also erlöschen.
- **Rezirkulation:**
Insbesondere bei Fackeln mit Sichtblende und Bodenblech gibt es Stellen und Ecken mit leichtem Unterdruck, wodurch teilweise Rückströmgebiete entstehen. Diese Rezirkulation des Brenngas-Luft-Gemischs fördert die weitere Durchmischung und verlängert dessen Aufenthaltszeit in einem Bereich erhöhter Temperatur, wodurch die Verbrennung begünstigt wird.

Versuche an Fackelköpfen mit Ummantelung (Sichtblenden) haben generell bessere Verbrennungsergebnisse als an Fackelköpfen ohne Ummantelung gezeigt; vgl. auch Abschnitte 4.2 (Fackelkopftypen, BEB-Feldversuche) und 6.2 (Ergebnisse aus den BEB-Feldversuchen). Weitere Verbesserungen sind möglicherweise durch eine Vergrößerung der Zylindermantelhöhe zu erreichen. In diesem Falle müssten natürlich die Wirkungen der erhöhten Windkräfte auf die Fackelkonstruktion überprüft werden.

7.2 Wirbelgebiete und Drallströmungen

a) Wirbelemente an Brennerdüsen

Wie in Bild 4.1 am Beispiel des Fackelkopfes der Firma John Zink zu sehen, dienen direkt am Rand des Brennerdüsenaustritts angebrachte „Störelemente“ (Flammenhalter) dort zur Erzeugung von Strömungswirbeln mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen, die die Durchmischung des Brenngasstrahls und der umgebenden Luft fördern und so die Verbrennung bereits an der Flammenwurzel intensivieren. In der Folge wirkt sich dies auf die gesamte Verbrennung aus. Eine ähnliche Wirkung haben „Störelemente“, die nicht direkt am Düsenaustritt anmontiert sind, sondern danach in den Brenngasstrahl-Anfangskegel hineinragen. Diese Maßnahme ist beispielsweise bei den 3 Entlösungsgasdüsen des modifizierten John-Zink-Fackelkopfes zu sehen (Bild 4.11), die im Inneren des mit dem Kranz

aus Widerstandselementen versehenen Fackel-Hauptrohrs platziert sind. Wegen ihrer Funktion werden die „Störelemente“ als Flammenhalter bezeichnet, die in vielfältiger Form in vielen unterschiedlichen Verbrennungssystemen und Brennkammern vorhanden sind.

b) Drallströmungen

Durch Überlagerung von Längs- und Drehbewegungen in Strahlen können Flammen mit verschiedenen Formen und Eigenschaften erzeugt werden. Vier Möglichkeiten gibt es:

- Drall im Brenngasstrom,
- Drall im Luftstrom,
- gleichsinniger oder gegensinniger Drall im Brenngas- und Luftstrom.

In Bild 7.2 ist der Fackelkopf zu sehen, der in BEB-Feldversuchen zur Verbrennungsstabilität bei Notentlastung an Sauergasfackeln im Juni 1993 eingesetzt wurde /8/. Die Positionen der diversen Druckmessstellen sind in diesem Bild ebenso gekennzeichnet wie die Richtungen der Drallströmungen von Brenngas und Verbrennungsluft. Der Drall des Brenngases am Austritt des Fackel-Hauptrohrs resultiert aus der tangentialen Einspeisung in den Fackelsumpf, auf dem das Fackel-Hauptrohr aufgesetzt ist. In der Draufsicht, Ansicht Z, ist zu erkennen, dass der Drall der Brenngasströmung gegen den Drall der Luftzuströmung durch den niedrigeren Blechmantel innerhalb der Sichtblende gerichtet ist. Dieser Gegendrall eines Teiles der angesaugten Luft wird durch die an den 9 Schlitzen des inneren Mantels angebrachten kurzen Führungsbleche erzeugt und fördert die Durchmischung des Brenngases und der Verbrennungsluft.

Für einen quantitativen Vergleich sind in Bild 7.3 als Beispiel die Verläufe des Anteils des unverbrannten Kohlenstoffs C von Anthrazitstaubflammen bei Zuströmung der sekundären Verbrennungsluft ohne und mit Drall aus /33/ längs der Flammenachse aufgetragen. (In dem doppelkonzentrischen Brenner wurden 12 % der stöchiometrischen Luftmenge als Primärluft zugeführt.) Wie bei anderen Brennstoffen nimmt auch bei dem nicht reaktionsfreudigen Brennstoff Anthrazitstaub die Verbrennungsintensität besonders am Beginn der Verbrennung erheblich zu, wenn der Luftstrom drallbehaftet ist. Diesem Verhalten entspricht auch der Temperaturverlauf längs der Flammenachse. Bemerkenswert ist, dass die Verbrennungsintensität bei geringerem Drall ebenfalls deutlich ansteigt, also wenn z. B. weniger als die Hälfte der Verbrennungsluft drallbehaftet ist.

c) Brenngas-Drallströmung mit Wirbelaufplatzen (Vortex Breakdown)

Wie der Drallstrahl aus nicht-reagierendem Gas hat auch die Drallflamme Trichterform, deren Trichterwinkel mit steigendem Drall größer wird. Ab einer gewissen Drallstärke entsteht im Strahlkern eine Rückströmung mit einem ähnlichen Effekt wie bei einem Flammenhalter: Ein

Teil des heißen Rauchgases wird wieder stromaufwärts transportiert und unterstützt den Verbrennungsprozess wesentlich.

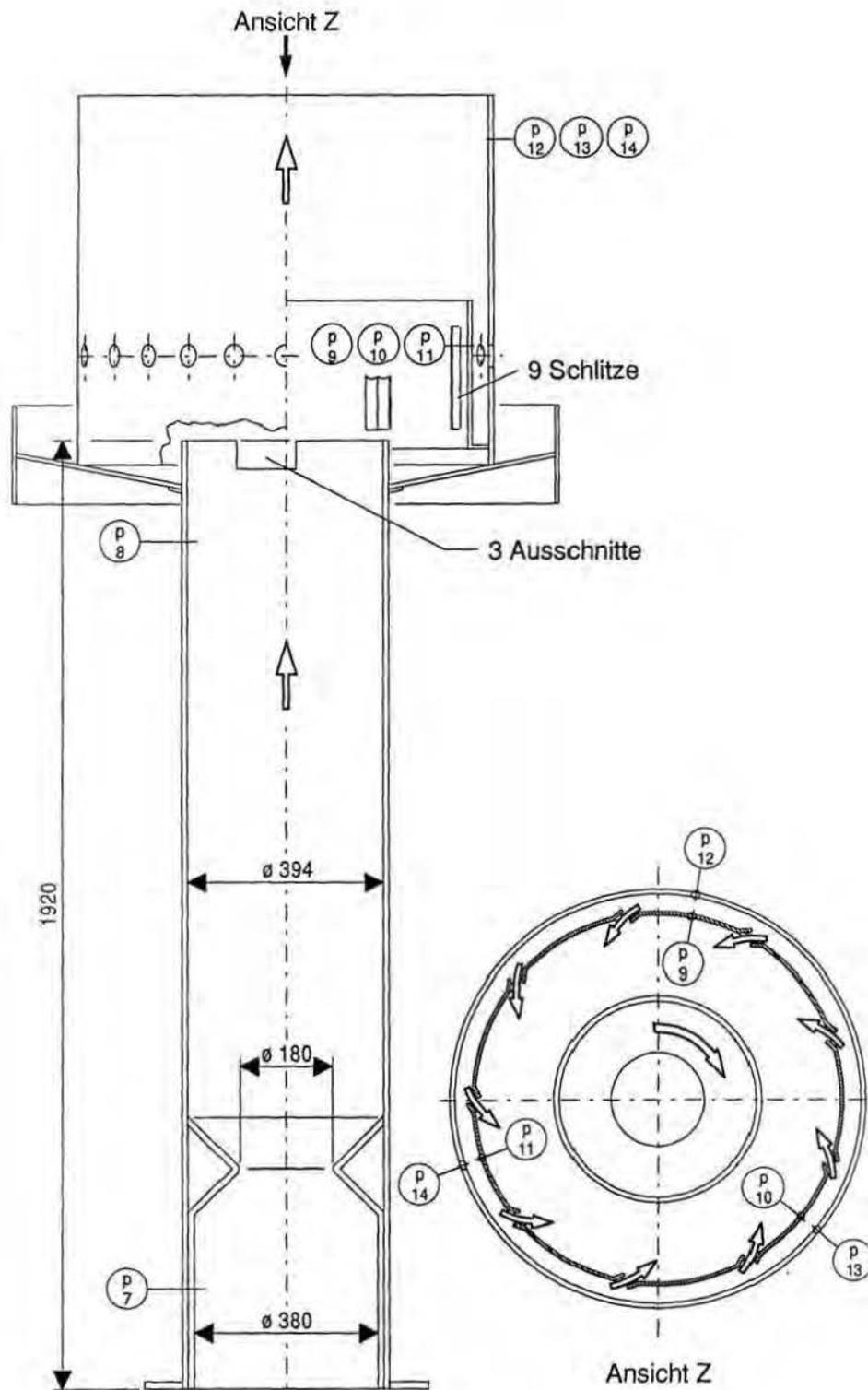


Bild 7.2: BEB-Feldversuche Juni 1993:
Simulation der Notentlastung am KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II.
Gegensinnige Drallströmungen des Brenngases und der Luft im Brennraum

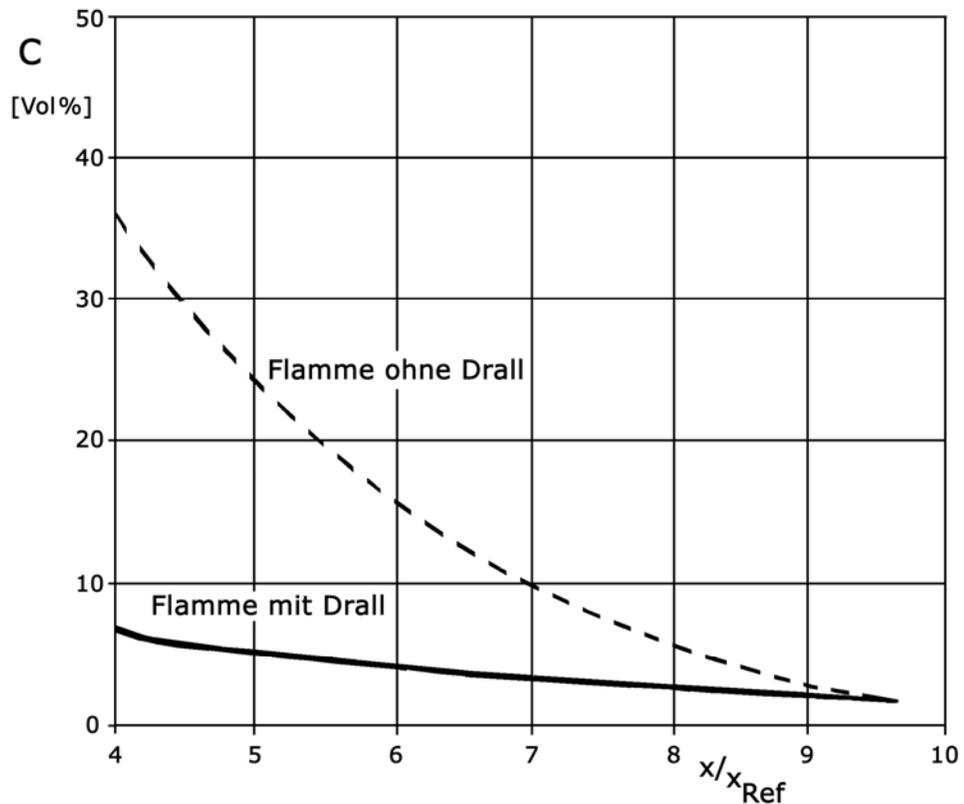


Bild 7.3: Gemessener Anteil des unverbrannten Kohlenstoffs C längs der Achse von Anthrazitstaubflammen bei Zuströmung der sekundären Verbrennungsluft ohne und mit Drall.

x = Längskoordinate; x_{Ref} = Bezugslänge.

Die Drallstärke wird mit dem sog. Drallparameter ϑ quantifiziert, der ein Quotient aus dem Drehimpuls und dem mit dem Außenradius multiplizierten Axialimpuls ist. Ausführlicheres dazu ist z. B. im Buch /26/ beschrieben. Bei mäßiger bis mittlerer Drallstärke ($\vartheta \leq 2$) bildet sich das stark aufgeweitete Wirbelgebiet mit der inneren Stau- und Rückströmzone nur am Flammenanfang zur ungefähren Form einer Dreiviertelkugel aus (vortex breakdown), danach folgt eine sprunghafte Änderung und die Flamme schließt sich wieder. Günther /18/ gibt ihre relativierte Länge für voll turbulente Strömung mit folgender einfachen Gleichung an:

$$\frac{L_{\text{Fl}}}{D_0}(\vartheta) \approx \frac{L_{\text{Fl}}}{D_0}(\vartheta = 0) - 21 \cdot \vartheta \quad (7.1)$$

mit D_0 = Brenneraustrittsdurchmesser,
 ϑ = Drallparameter (s. o.),
 $\vartheta = 0$ gilt für die drallfreie Strahlflamme.

Man sieht anhand der Formel, dass auch die Flammenlänge eines drallbehafteten Gasstrahls linear proportional zu D_0 ist und durch den Drall erheblich kürzer wird.



Bild 7.4: Beispiel für das Wirbelaufplatzen (vortex breakdown) einer drallbehafteten Strahlflamme in einem zylindrischen Rohr

Die mittels Laser-Doppler-Anemometrie aufgenommene, in Bild 7.4 wiedergegebene Struktur einer drallbehafteten Strahlflamme mit Wirbelaufplatzen und anschließender Strahlverengung /34/ veranschaulicht die obige Beschreibung. Wegen der Bedeutung für die Gestaltung von Brennräumen ist der Vorgang der ersten Transition zum Aufplatzen der Wirbelströmung (vortex breakdown) und der zweiten Transition (hydraulic jump) zur wieder verengten Strahl- bzw. Flammenstruktur experimentell und theoretisch eingehend untersucht worden.

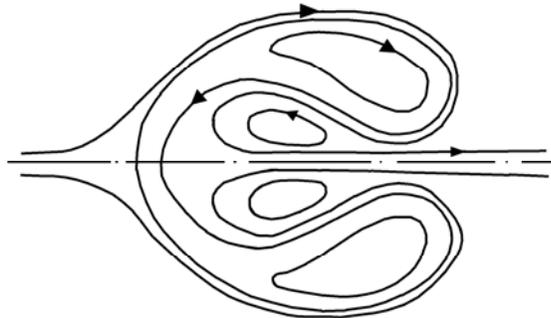


Bild 7.5: Numerisch modellierte Stromlinien beim Wirbelaufplatzen mit zwei Wirbelringen im Rezirkulationsgebiet

In Bild 7.5 sind die gezeichneten Stromlinien aus der numerischen Simulation des Aufplatzens einer Wirbelströmung dargestellt /35/. Im Inneren des Rezirkulationsgebiets können ein Wirbelring oder auch zwei Wirbelringe ausgebildet sein. Die numerischen Daten geben den Experimenten ähnliche Einzelheiten über Aufplatzbedingungen, Aufplatzposition und -struktur wieder.

Zum Erzeugen einer aufplatzenden Brenngas-Wirbelströmung wurde eine Drallkegeldüse für die Entlösungsgasverbrennung vom Autor ausgelegt und konstruiert, deren Foto in Bild 7.6 gezeigt wird.



Bild 7.6: BEB-Feldversuche Juli 1989:
Drallkegeldüse für die Entlösungsgasverbrennung

Bei den BEB-Feldversuchen im Juli 1989 konnte nachgewiesen werden, dass die Ersetzung der Standard-Austrittsdüse für das Entlösungsgas durch die Drallkegeldüse am KTI-Fackelkopf mit Sichtblende II sehr deutliche Verbesserungen der gesamten Verbrennung ergeben hat. Insbesondere die Schwefelwasserstoffverbrennung war vielfach besser als die mit der Standarddüse, was durch Gegenüberstellung der stündlichen Emissionsmengen unverbrannten Schwefelwasserstoffs belegt werden konnte. Als Grund dafür ist die relativ lange Aufenthaltszeit des Entlösungsgases im Wirbel des Drallkegels anzusehen. Dadurch kommt eine sehr gute Durchmischung und Reaktion mit der Luft zustande. Weitere Verbesserungen der Gesamtverbrennung des Entlösungsgases und des Süßgases können bei Ausrüstung auch der Pilotbrenner mit Drallkegeldüsen erwartet werden.

7.3 Weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Verbrennung

a) Brenngasstrahl-Oberflächenvergrößerung

Mathematisch lässt sich einfach nachweisen, dass die Oberfläche eines einzelnen zylindrischen oder konusförmigen Brenngasstrahls bei gleich bleibender Brennerdüsen-Austrittsfläche größer wird, wenn man diesen in mehrere Strahlen aufteilt.

$$S_z = \sqrt{z} \cdot (H_z/H_1) \cdot S_1 \quad (7.2)$$

mit

z = Anzahl der Brenngasstrahlen ($z > 1$),

S_1 und H_1 = Strahl-Oberfläche und –Höhe eines Einzelstrahls aus der Querschnittsfläche A einer Einzeldüse,

S_z und $H_z =$ Strahl-Oberfläche und –Höhe mehrerer Strahlen aus der gleichen Querschnittsfläche A mehrerer Düsen.

Bei gleicher Höhe des Einzel- und des Mehrfachstrahls vergrößert sich die Oberfläche des Mehrfachstrahls entsprechend

$$S_z = \sqrt{z} \cdot S_1. \quad (7.3)$$

Bei gleicher Oberfläche des Einzel- und des Mehrfachstrahls verkürzt sich die Höhe des Mehrfachstrahls entsprechend

$$H_z = H_1 / \sqrt{z}. \quad (7.4)$$

Auf diese Weise ist es möglich, dass der Brenngas-Mehrfachstrahl längs seiner Achse bei gleichem Abstand zu den Brennerdüsen mehr Luft ansaugt oder zum Ansaugen der gleichen Luftmenge wie ein Einzelstrahl einen kürzeren Abstand zu den Brennern benötigt. Die absolute Flammenlänge verringert sich durch die Strahlaufteilung, woraus sich Vorteile für die konstruktive Gestaltung des Brennraums ergeben.

Dieses Prinzip liegt der Entlösungsgas-Aufteilung und –Zuführung zu den 3 Brennerdüsen beim modifizierten John-Zink-Fackelkopf zugrunde (Fackelkopf-Zeichnung in Bild 4.11).

b) Platzierung der Brennerdüsen

Wie eine sinnvolle Platzierung von Brennerdüsen aussehen kann, ist ebenfalls bei dem modifizierten John-Zink-Fackelkopf in Bild 4.11 zu erkennen. Die Vorteile der paarweisen Anordnung der 3 Entlösungsgasdüsen und der 3 Pilotbrenner wurden vorn bereits besprochen.

c) Hochgeschwindigkeitsfackeln

Versuche haben ergeben, dass die hohen, über 99 % liegenden Verbrennungseffektivitäten (nach Gleichung (3.23)) von Fackelflammen noch etwas gesteigert werden können, wenn die Brennerdüsen für hohe Geschwindigkeiten ausgelegt sind (high velocity flares).

Hochgeschwindigkeit bedeutet hier Brennerdüsen-Austrittsgeschwindigkeiten um 130 m/s. (Manchmal werden diese Fackeln auch als „sonic flares“ bezeichnet, obwohl die mittlere Austrittsgeschwindigkeit deutlich unter der Schallgeschwindigkeit des Brenngases liegt. Bei extremen Betriebsbedingungen und diesem Geschwindigkeitsniveau sind jedoch örtliche Übergeschwindigkeiten möglich, die sich der Schallgeschwindigkeit nähern.)

Alle Fackeln brannten bei den Versuchen zwar leicht abgehoben von der jeweiligen Brennerdüse, doch sicher und stabil. Wegen der stabilen und hoch effizienten Verbrennung wurden Fackeln dieser Art vor einigen Jahren in die industrielle Praxis eingeführt /32/.

7.4 Verifizierungs- und Validierungsversuche

Werden Änderungsmaßnahmen zur Verbesserung der Verbrennung an Fackelanlagen durchgeführt, so sind diese vor der realen Inbetriebnahme anhand von Erfahrungen bei nahe

verwandten technischen Ausführungen sorgfältig zu überprüfen und/oder mit Verifizierungs- sowie Validierungsversuchen auszutesten. Verifizierungsversuche dienen zur Funktions- und Betriebskontrolle der Anlage bei variierenden Bedingungen und Validierungsversuche geben quantitativen Aufschluss über die erzielten Verbesserungen. Zum Verdeutlichen der Empfehlung werden im Folgenden einige Punkte als Beispiele angesprochen.

➤ Fackelhöhe:

Bei deutlichen Verbrennungsverbesserungen – insbesondere des Entlösungsgases – kann die Aufstellung niedrigerer Fackeln in Betracht gezogen werden. Zur Kontrolle der Einhaltung der Sicherheitsvorschriften für die Emissionen verschiedener Art wären Versuche bei unterschiedlichen – auch extremen – Betriebsbedingungen durchzuführen.

➤ Höhe der Fackelkopf-Ummantelung:

Wird die Höhe der Ummantelung bzw. der Sichtblende an Fackelköpfen vergrößert, so sind die Windkräfte an dem vergrößerten Widerstandsquerschnitt mit Wirbelablösung am äußeren Zylindermantel zu ermitteln. Hat der Fackelkopf ein Bodenblech, so ist zu prüfen, ob bei größeren Brenngasströmen die für eine stabile Verbrennung notwendige Luft an der Flammenwurzel in ausreichender Menge angesaugt werden kann.

➤ Brennerdüsen-Austrittsfläche:

Die Dimensionierung der Brenneraustrittsquerschnitte ist für Extremfälle und gegebene Sicherheitsgrenzen durch Tests zu kontrollieren. Dies betrifft beispielsweise einen Gasdurchschlag mit einer maximalen Entlösungsgasrate von $5000 \text{ m}_N^3/\text{h}$, bei dem der Überdruck im Entlösungsgastank eine bestimmte Grenze nicht überschreiten soll.

➤ Dralldüsen:

Sollen Dralldüsen des Entlösungsgasbrenners und/oder der Pilotbrenner für die Bedingungen des Wirbelaufplatzens ausgelegt werden, so sind die angestrebten Flammenstrukturen und Verbrennungseffektivitäten wie auch die festgelegten Austrittsquerschnitte durch Versuche bei verschiedenen Gasdurchsätzen zu verifizieren und zu validieren.

➤ Hochgeschwindigkeitsfackeln:

An Hochgeschwindigkeitsfackeln mit Brenngas-Austrittsmachzahlen um 0,3 kann bei relativ mäßiger Durchsatzsteigerung infolge der damit verbundenen thermogasdynamischen Zustandsänderung am Austritt oder gegebenenfalls davor an der Engstelle des Staurings (falls vorhanden) die Durchsatzgrenze und –blockade erreicht werden. Für die Planung und Durchführung von Notentlastungen ist die Beachtung dieser Grenze wichtig. Da die verschiedenen strömungsmechanischen Verluste im Fackelsystem die Abmessungen der

Strömungsquerschnitte bei erhöhtem Geschwindigkeitsniveau stärker beeinflussen, sind Versuche hierzu sinnvoll.

➤ **Vormischbrenner:**

Wird erwogen, die Fackelkopfkonstruktion zwecks Verbrennungsverbesserung nach dem Prinzip des Vormischbrenners auszuführen, so sind alle Strömungsstrecken und –querschnitte für die gewählte Vormischung des Brenngases und der Druckluft sorgfältig zu dimensionieren und aufeinander abzustimmen. Beim Betrieb ist die Gefahr des Flammenrückschlags zu beachten. In Versuchen ist eine Reihe von Fragen zu prüfen und zu klären.

➤ **Änderungen verschiedener Art:**

Es kann nicht pauschal gesagt werden, dass bei jeder Änderung an Fackelköpfen zur Verbrennungsverbesserung Versuche zum Nachweis der Funktionsfähigkeit bzw. zur Nicht-Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit notwendig sind. Sollen die Verbesserungen validiert werden, so ist dies jedoch nur durch Versuche und Messungen zu erreichen. Welcher Umfang an Versuchen erforderlich ist und inwieweit Übertragungen von Erfahrungen und umgerechneten Ergebnissen von Messungen an anderen Fackeln möglich sind, kann nur anhand konkreter Gegebenheiten beurteilt werden.

Zusammenfassung und Fazit

- Es gibt einige technisch verhältnismäßig einfache bis aufwändigere Maßnahmen zum Erzielen einer guten bis sehr guten Verbrennungsqualität an Fackeln. Unter den zusammenfassenden Überschriften „Fackelkopf-Ummantelung“, „Wirbelgebiete und Drallströmungen“ sowie „Weitere Maßnahmen (Brenngasstrahl-Oberflächenvergrößerung, Brennerdüsen-Platzierung, Hochgeschwindigkeitsfackeln)“ werden dazu wesentliche technische und phänomenologische Einzelheiten erläutert, physikalische Begründungen dargelegt und Hinweise auf die industrielle Realisierung gegeben.
- Mittels Verifizierungs- und Validierungsversuchen können bei angewandten Änderungen am Fackelkopf die Funktionstüchtigkeit und die erzielten Verbesserungen quantitativ überprüft werden. Es wurde erörtert, welche Punkte bei bestimmten Maßnahmen besonders zu beachten und bei den Versuchen – z. B. hinsichtlich der Sicherheitsbelange – gründlich zu untersuchen sind.

8. Empfehlungen für Fackel-Altanlagen und Fackel-Neuanlagen

8.1 Fackel-Altanlagen

➤ Fackel-Hauptbetrieb

Wie im 1. Abschnitt dargelegt, werden Erdgasfackeln mit ihren Fackel-Hauptrohren für Gasdurchsätze ausgelegt, die praktisch nur bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs, also bei Notentlastungen oder Betriebsbedingungen vorkommen, die der Wahrung der Sicherheit der Anlage und der Umgebung dienen. Nach Feststellung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) – Unterausschuss Luft/Technik und des Landesbergamtes Clausthal-Zellerfeld (LBA) zum Thema „Notfall- und Sicherheitsfackeln“ unterliegen Fackeln, die nur bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes zum Einsatz kommen, nicht der Genehmigungspflicht des Bundes-Immissions-Schutzgesetzes (BImSchG) /37/, /38/. Daraus folgt, dass rein rechtlich keine Änderungen an Fackelanlagen, wie sie von der E&P-Industrie in Sauegasfeldern betrieben werden, erforderlich sind.

Davon abgesehen, haben Messungen der Firmen NAM, Shell und anderen an Betriebsfackeln mit größeren Durchsätzen sowie an Hochgeschwindigkeitsfackeln gezeigt, dass unter regulären Betriebsbedingungen immer Verbrennungseffektivitäten CE über 98 % und typischerweise sogar über 99 % erreicht werden. Daraus lässt sich schließen – wenn auch nicht direkt umrechnen -, dass Emissionsminderungsgrade EMG in mindestens gleicher Höhe erzielt werden.

➤ Betrieb der Zusatzeinrichtungen am Fackelkopf

Die um mehrere Größenordnungen kleineren Durchsätze des Entlösungs-, Flash- oder Brüdengases werden nicht direkt an der Hochfackel (Sicherheitsfackel), sondern an Entlösungsgasbrennern (o. ä.) verbrannt, die im allgemeinen gleichzeitig mit den Pilotbrennern in Betrieb sind. Diese Brenner sind Zusatzeinrichtungen an Fackelköpfen, denen das Fackel-Hauptrohr als Trägerkomponente dient.

Aus den Messungen bei den BEB-Feldversuchen wurde ermittelt, dass die Gesamt-C-Emissionsgrade EC nach dem Verbrennungsabschluss an den Fackelköpfen ohne Sichtblende nahe bei der 1 %-Marke und bei den Fackelköpfen mit Sichtblende unter der 0,1 %-Marke liegen. Die entsprechen den Emissionsminderungsgradwerten $EMG \approx 99 \%$ und $EMG > 99,9 \%$. Betrachtet man den Fall aus der Versuchsreihe mit dem größten Entösungsgas-Süßgas-Durchsatz und höchsten Kohlenstoffgehalt des Brenngasgemischs sowie den Einzeldaten

$\chi(\text{CH}_4) \approx 66 \text{ Vol\%}$ (Methangehalt),

$\chi(\text{CO}_2) \approx 8 \text{ Vol\%}$ (Kohlendioxidgehalt),

$\chi(\text{H}_2\text{S}) \approx 17 \text{ Vol\%}$ (Schwefelwasserstoffgehalt),

$\chi(\text{N}_2) \approx 6 \text{ Vol\%}$ (Stickstoffgehalt),

$$\dot{V}_{N,BG} \approx 43 \text{ m}_N^3/\text{h} \text{ (Brenngas-Normvolumenstrom),}$$

$$\rho_{N,BG} \approx 0,995 \text{ kg/m}_N^3 \text{ (Normdichte des Brenngases),}$$

$$\rho_{N,C,BG} \approx 0,405 \text{ kg/m}_N^3 \text{ (gesamte Kohlenstoff-Massenkonzentration des Brenngases),}$$

$$\rho_{N,C,BG} (C_m H_n) \approx 0,360 \text{ kg/m}_N^3 \text{ (Kohlenstoff-Massenkonzentration des Brenngases aus den Kohlenwasserstoffen),}$$

so ergibt sich der Brenngas-Massenstrom

$$\dot{m}_{BG} = \rho_{N,BG} \cdot \dot{V}_{N,BG} \approx 42,8 \text{ kg/h}$$

und nach Gleichung (3.4)

$$\dot{m}_{C,BG} (C_m H_n) \approx 15,5 \text{ kg/h}$$

(Kohlenstoff-Massenstrom des Brenngases aus den Kohlenwasserstoffen).

Beträgt der EC-Wert 1 %, so folgt daraus nach Gleichung (3.2)

$$\dot{m}_{C,RG} (C_x H_y) = (EC/100) \cdot \dot{m}_{C,BG} (C_m H_n) \approx 0,155 \text{ kg/h}$$

(Kohlenstoff-Massenstrom des Rauchgases aus den unverbrannten Kohlenwasserstoffen).

Für ein typisches Flashgas können nach Firmenangeben folgende Einzeldaten angesetzt werden /36/:

$$\chi (CH_4) \approx 45 \text{ Vol\%,}$$

$$\chi (CO_2) \approx 25 \text{ Vol\%,}$$

$$\chi (H_2S) \approx 25 \text{ Vol\%,}$$

$$\chi (N_2) \approx 5 \text{ Vol\%,}$$

$$\dot{V}_{N,BG} \approx 43 \text{ m}_N^3/\text{h} \text{ (Annahme: wie oben),}$$

$$\rho_{N,BG} \approx 1,256 \text{ kg/m}_N^3,$$

$$\rho_{N,C,BG} \approx 0,375 \text{ kg/m}_N^3,$$

$$\rho_{N,C,BG} (C_m H_n) \approx 0,241 \text{ kg/m}_N^3.$$

Damit ergeben sich

$$\dot{m}_{BG} \approx 54,0 \text{ kg/h,}$$

$$\dot{m}_{C,BG} (C_m H_n) \approx 10,4 \text{ kg/h}$$

und für EC = 1 %

$$\dot{m}_{C,RG} (C_x H_y) = 0,104 \text{ kg/h.}$$

Unter Nummer 5 der TA Luft (2002) sind die „Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen“ formuliert und unter Nummer 5.1.1 ist festgelegt, dass die Regelungen unter Nummer 5.2 für alle Anlagen gelten, soweit nicht davon abweichende Regelungen in Nummer 5.4 festgelegt sind. Geht man davon aus, dass der Betrieb der Zusatzeinrichtungen an den Fackelköpfen unter die Regelungen der Nummer 5.2 fällt, dann gilt für die organischen Stoffe (Nummer 5.2.5): „Organische Stoffe im Abgas (Rauchgas), ..., dürfen den Massenstrom

0,5 kg/h ..., jeweils angegeben als Gesamtkohlenstoff, insgesamt nicht überschreiten.“ Die oben angegebenen $\dot{m}_{C,RG}(C_xH_y)$ -Werte betragen etwa 1/5 bis 1/3 dieses Grenzwerts.

➤ Empfehlung

In Nummer 5.2.7 der TA Luft (2002) heißt es: „Die im Abgas (Rauchgas) enthaltenen ... Emissionen ... organischer Stoffe sind unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit so weit wie möglich zu begrenzen (Emissionsminimierungsgebot).“ in Anbetracht der oben genannten günstigen Zahlen, die ja wegen der zugrunde liegenden Annahme EC = 1 % mit einer eher ungünstigen Bedingung ermittelt wurden, wird es für zweckmäßig und mit dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit für vereinbar gehalten, keine Änderungen an den Fackel-Altanlagen vorzunehmen. Diese Empfehlung wird auch durch die Tatsache gestützt, dass der ganz überwiegende Teil der Fackel-Altanlagen technische Komponenten besitzt – z. B. Sichtblenden -, mit denen bei der Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung EC-Werte um 0,1 %, also EMG-Werte von 99,9 % erreicht werden. Bei den Bewertungen ist zu beachten, dass Messgenauigkeiten von 1 % für den EC-Wert in der Praxis realistisch sind; Genauigkeiten von weniger als 0,1 % können eigentlich nur in Verbindung mit einer gewissen Toleranzbreite bei der Auswertung von Messungen im Freien angesetzt werden.

8.2 Fackel-Neuanlagen

Im Allgemeinen werden Fackelanlagen für zwei sehr unterschiedliche Funktionen konzipiert:

- Das Fackel-Hauptrohr muss für größere Gasdurchsätze und deren Verbrennung ausgelegt sein, um für Sicherheitsbelange sowie für An- und Abstellvorgänge seinen Zweck zu erfüllen. Gemäß TA Luft (2002) soll der Emissionsminderungsgrad EMG dabei 99 % nicht unterschreiten.
- An den Zusatzeinrichtungen (Entlösungsgasbrenner, Pilotbrenner u. ä.) am Fackelkopf werden um Größenordnungen kleinere Durchsätze von Gasen verbrannt, die aus „besonderen betrieblichen Erfordernissen“ der Anlagen der Erdöl- und Erdgasgewinnungsindustrie im WEG anfallen (Entlösungs-, Flash- oder Brüdengas). Legt man diesem Verbrennungsvorgang gemäß dem Emissionsminimierungsgebot die verschärften Anforderungen einer permanent brennenden Fackel zugrunde, so darf der Emissionsminderungsgrad EMG 99,9 % nicht unterschreiten bzw. die Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad EC 0,1 % nicht überschreiten.

In den Bildern 6.10 und 6.11 ist abzulesen, dass zweckmäßig ausgelegte und angeordnete Brennertypen am Fackelkopf – z. B. Drallkegeldüsen – in Verbindung mit einer Ummantelung (Sichtblende) die Gewähr bieten, den EC-Grenzwert einzuhalten. Im 7. Abschnitt sind einige für Fackelköpfe geeignete technische Maßnahmen beschrieben, mit denen eine sehr gute Verbrennung verwirklicht werden kann, um den hohen Emissionsanforderungen zu genügen.

Wie an einigen ausgeführten Fackelköpfen kommt dafür auch eine Kombination von Maßnahmen in Frage.

Es wird empfohlen, auf der Grundlage der Erkenntnisse und Erfahrungen sowie in Verbindung mit dem jeweiligen Fackelhersteller alle Fackel-Neuanlagen so zu konzipieren, dass die Emissionsgrenzwerte der TA Luft (2002) sicher eingehalten werden. Die Mittel dazu sind bekannt und erprobt.

Zusammenfassung und Fazit

- Fackel-Altanlagen:

Da die Fackeln im Hauptbetrieb in der Regel als Not- und Sicherheitsfackeln arbeiten, besteht keine Genehmigungspflicht bezüglich des BImSchG.

Die Verbrennung der Gase an den Zusatzeinrichtungen der Fackelköpfe, z. B. des Entlösungsgases an Sauer gasfackeln, erfüllt die Kriterien der Nummer 5.2.5 der TA Luft (2002), d. h. der als Gesamtkohlenstoff angegebene Massenstrom der organischen Stoffe im Rauchgas (Abgas) ist deutlich kleiner als 0,5 kg/h oder erreicht einen Emissionsminderungsgrad über 99 %. Dennoch ist die ganz überwiegende Anzahl der Fackelköpfe ist so ausgerüstet, dass die verschärften Regelungen der TA Luft gem. 5.4.8.1a.2.2 und insbesondere der EMG $\geq 99,9$ % eingehalten werden können.

- Fackel-Neuanlagen:

Es wird empfohlen, zukünftig alle Fackelköpfe und deren Zusatzeinrichtungen bei Fackel-Neuanlagen gemäß den verschärften Anforderungen der TA Luft mit sog. Sichtblenden auszustatten. Diese Empfehlung wird ausgesprochen, weil zum einen die technischen Mittel hierzu vorhanden sind und zum anderen damit dem generellen Emissionsminimierungsgebot der TA-Luft (2002) entsprochen werden kann.

9. Gesamt-Zusammenfassung und -Fazit

1. Abschnitt

Mit Hilfe der Definitionen für die Begriffe „Fackel“ und „Fackelbetrieb“ sowie der Beschreibung von technischen Merkmalen wird geklärt, welche Bestimmungen der TA Luft (2002) zum Emissionsminderungsgrad (EMG) bei der Beurteilung anzuwenden sind.

Nach einem Überblick zu Fackeln der Gas- und Ölindustrie mit ihren Eigenschaften, ihrem Potential und ihren Verbrennungseffektivitäten (Dokumente der Europäischen Kommission (2003) und des API) werden Erdgasfackeln betrachtet und ihre unterschiedliche Nutzung beschrieben, nämlich

- Verbrennung von Gasen aus Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen,
- diskontinuierliche Verbrennung von Gasen aus besonderen betrieblichen Erfordernissen,
- kontinuierliche Verbrennung von Gasen aus besonderen betrieblichen Erfordernissen.

In der Erdöl- und Erdgas-Gewinnungsindustrie im WEG erfolgt die Nutzung (3), die kontinuierliche Verbrennung aus besonderen betrieblichen Erfordernissen, in der Regel nicht direkt über eine vorhandene Hochfackel (Sicherheitsfackel), sondern indirekt über Zusatzeinrichtungen, z. B. den Entlösungsgasbrenner und die Pilotbrenner im Bereich des Fackelkopfes. Das Fackel-Hauptrohr dient hier den Zusatzeinrichtungen als Trägerkomponente. In den folgenden Betrachtungen werden die Verbrennungsbedingungen an

- Hochfackeln und
- Zusatzeinrichtungen (Entlösungsgasbrenner, Pilotbrenner)

untersucht und geprüft, inwieweit die Bestimmungen der TA Luft eingehalten werden.

2. Abschnitt

Mit der Erläuterung der von der makroskopischen Mischung des Brenngases und der Luft sowie der Reaktionskinetik dominierten Verbrennungsvorgänge und -reaktionen werden die Hauptparameter des physikalisch-chemischen Geschehens beschrieben. Dessen Ergebnisse sind Verbrennungs-Zwischenprodukte und -Hauptprodukte sowie deren Verlauf längs der Flammenachse und die Querverteilungen.

In Verbindung mit den Erkenntnissen über die Flammenlängen werden Ähnlichkeitsgrößen eingeführt (Richardsonzahl, Froudezahl, äquivalenter Durchmesser), mit deren Hilfe die an unterschiedlich großen Fackeln und anderen Brennern brennenden Diffusions-Strahlflammen auf einen gemeinsamen Maßstab gebracht und miteinander verglichen werden können.

Werden beim Verbrennungsvorgang an Erdgasfackeln oder ihren Zusatzeinrichtungen (Entlösungsgasbrenner, Pilotbrenner) im Rauchgas nach dem Flammenende die Grenzwerte

des Emissionsminderungsgrads nicht erreicht oder unterschritten, so können dem drei Ursachen zugrunde liegen:

- Unvollständige Mischung von Brenngas und Luftsauerstoff,
- makroskopischer Sauerstoffmangel, d. h. unterstöchiometrische Verbrennung in Teilbereichen sowie
- Abschrecken der Reaktionspartner bzw. Flammenlöschung (Quenching) wegen zu geringer Aufenthaltszeiten einiger Gasballen oder zu niedrigem Reaktionstemperaturniveau für bestimmte Reaktionsschritte im Flammenbereich.

Daraus können Schlussfolgerungen und Hinweise für gegebenenfalls notwendige technische Verbesserungsmaßnahmen gezogen werden.

3. Abschnitt

In Auszügen aus der TA Luft (2002) werden die für die Verbrennung an Fackeln und ihren Zusatzeinrichtungen zutreffenden Anforderungen wiedergegeben. Darin sind die Bedingungen und Kriterien für die Grenzwerte des Emissionsminderungsgrads EMG, der mit Worten definiert ist, und der Fackelflammen-Mindesttemperatur angegeben.

Zur Berechnung des EMG aus Messwerten wurden dessen Definitionsgleichung und die der Komplementärgröße Gesamt-C-Emissionsgrad EC formuliert. Um die darin vorkommenden Größen des Brenngases und des Rauchgases berechnen oder die Berechnung nachvollziehen zu können, sind deren Gleichungen mit den enthaltenen Messgrößen ebenfalls angegeben. Für die Auswertung nach der korrekten EC-Formel müssen die Daten bestimmter Messgrößen bekannt sein. Es gibt jedoch Versuche mit vielen Ergebnissen, aber in dieser Hinsicht dennoch unvollständigen Messwerten. Als Option wurden deshalb Gleichungen für eine Näherungsberechnung angeschrieben, für die dieser Messdatenumfang ausreicht.

Neben den genannten Kenngrößen gibt es einige andere zur Bewertung der Verbrennungsqualität, die für Vergleichszwecke im Bericht zusammengestellt sind. Die in Veröffentlichungen meistbenutzte Kenngröße ist die Verbrennungseffektivität CE (combustion efficiency, Gleichung (3.23)). Zwischen den Größen EMG bzw. EC und CE besteht ein prinzipieller Unterschied. Der EMG bezeichnet das Massenverhältnis aus den als Kohlenstoffgehalt angegebenen organischen Verbindungen im Rauchgas (d. h. im wesentlichen die unverbrannten Kohlenwasserstoffe) zu den ebenfalls als Kohlenstoffgehalt angegebenen organischen Verbindungen im Brenngas (d. h. im wesentlichen die Kohlenwasserstoffe). Die lokale Verbrennungseffektivität CE ist dagegen das Volumenkonzentrationsverhältnis aus den Kohlenstoff enthaltenden Verbrennungsprodukten bei idealer Verbrennung (nur CO₂) und bei nicht-idealer Verbrennung (CO₂, CO, C_xH_y) an ein- und derselben Stelle im Rauchgas. Die

für die Beurteilung hauptsächlich interessierende globale (mittlere) Verbrennungseffektivität wird durch Integration über dem Rauchgasquerschnitt ermittelt. Da die idealen Zielwerte für beide Größen, EMG und CE, 100 % sind und die realen Werte bei der Verbrennung am Fackelkopf unter regulären Bedingungen ziemlich nahe bei 100 % liegen, sind tendenzielle Vergleiche zulässig.

4. Abschnitt

Die Organisation der Verbrennung mit den daraus resultierenden Einzelphänomenen hat einen starken Einfluss auf die Verbrennungsqualität. Das dementsprechend gewählte Konzept lässt sich mit geeigneten konstruktiven Maßnahmen realisieren. Bei Fackeln betrifft dies die Konfiguration des Fackelkopfes mit seinen einzelnen Brennerdüsen, die Anordnung und konstruktive Details.

Zwecks Zuordnung und als Grundlage der Interpretation der im 6. Abschnitt mitgeteilten Versuchsergebnisse werden alle Fackelkopftypen mit ihren verbrennungstechnisch wesentlichen Gegebenheiten vorgestellt, die bei den BEB-Feldversuchen in den Jahren 1988 und 1989 untersucht wurden. Zweck der Untersuchungen war die Verifizierung der technischen Verbesserung für die H₂S-Verbrennung. Außerdem wurde in der Versuchsreihe die Kohlenwasserstoffverbrennung mit untersucht.

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal sind die an den Fackelköpfen vorhandenen oder nicht vorhandenen Sichtblenden. Die Resultate bestätigten, dass durch den Einfluss der Sichtblenden eine Gesamtverbesserung der Kohlenwasserstoffverbrennung (Entlösungsgas und Süßgas) in ähnlicher Weise wie beim H₂S bewirkt wird. Als Folgemaßnahme aus diesen Versuchen wurden wegen des hohen H₂S-Umsetzungsgrades bei neu aufgebauten Hochfackeln in der E&P-Industrie die Fackelköpfe mit Sichtblenden ausgestattet bzw. bei diversen Alt-Anlagen nachgerüstet.

Weitere Einflüsse auf die Verbrennung am Fackelkopf und den Emissionsminderungsgrad ergeben sich aus der Brenngaszusammensetzung, dem Wind und gegebenenfalls der Wasserdampfeinspritzung am Verbrennungsbeginn (die vorwiegend an Fackeln der Mineralölindustrie zu finden ist). Der Luftbedarf für die Verbrennung hängt von der Brenngaszusammensetzung ab; die Verbrennungsqualität wird davon jedoch erfahrungsgemäß verhältnismäßig wenig beeinflusst.

5. Abschnitt

Zur Erfassung lokaler und durchschnittlicher Werte verschiedener Verbrennungsgrößen an Fackeln gibt es mehrere Messmethoden, die alle ihre Vorteile und Nachteile haben.

Einzelpunktmessungen mit Verschiebung der Messpunktkoordinaten:

Diese Messmethode wurde bei mehreren Versuchsreihen angewendet, deren Ergebnisse für die Ermittlung der EC- bzw. EMG-Werte herangezogen werden. Das sind die BEB-Feldversuche mit verschiedenen Fackelköpfen im Jahr 1988, die DGMK-Versuche, die Versuche der Chemical Manufacturers Association in Verbindung mit dem Fackelhersteller John Zink sowie die Laborversuche von H. Streb. Aus den DGMK-Versuchen und den Laborversuchen werden Referenzfälle herangezogen, die sich für Vergleiche eignen und genügend Daten zur EC-Berechnung zur Verfügung hatten. An dieser Stelle wird noch einmal betont, dass die bei den DGMK-Versuchen angewendete Messmethodik mit der der BEB-Feldversuche (1988) vergleichbar ist.

Gleichzeitige Mehrpunktmessungen:

Diese Messmethode wurde bei den BEB-Feldversuchen mit 3 verschiedenen Fackelköpfen im Jahr 1989 angewendet. In einer Messebene über der jeweiligen Sichtblende der Fackelköpfe wurden gleichzeitig 20 Rauchgasproben zur Ermittlung der Konzentrationen der diversen Spezies sowie 5 Temperaturwerte erfasst.

Integrale berührungslose Messungen:

Etwa seit 1997 enthalten Veröffentlichungen zur Fackelverbrennung Resultate, die mit dieser Fernmess-Methode ermittelt wurden. Sie wurde beispielsweise von der NAM bei Messungen an ihren Betriebsfackeln eingesetzt. Über weitere Messungen von Firmen und Institutionen an Betriebsfackeln mit dieser Infrarot-Spektroskopie-Methode wird in /32/ berichtet. Üblicherweise werden die Messdaten nach Abschluss der Verbrennung aufgenommen und über dem Rauchgasfahnenquerschnitt sowie über eine gewählte Zeitspanne gemittelt. In den Veröffentlichungen werden meistens nur die berechneten Werte der Verbrennungseffektivität CE als Ergebnisse mitgeteilt, womit eine direkte Umrechnung auf den Emissionsminderungsgrad nicht möglich ist.

6. Abschnitt

Um konkrete Ergebnisse zu erhalten, werden hauptsächlich Messungen an Sauergasfackeln und zusätzlich einige Ergebnisse aus DGMK-Versuchen (an einer Erdölbegleitgas-Fackel) und Laborversuchen (an einem Laborbrenner) herangezogen. Die Verbrennungsprozesse an Süßgas- bzw. Erdölgasfackeln wie auch an kleineren Brennern mit Diffusions-Strahlflammen ähneln prinzipiell demjenigen an Sauergasfackeln.

Die bei den Laborversuchen ermittelten und mittels Bezug auf die Ähnlichkeitskenngröße des äquivalenten Durchmessers $D_{\text{äq}}$ auf eine „allgemeingültige“ Skala des Abstands von der Brennerdüse umgerechneten Messergebnisse an Diffusions-Strahlflammen geben Aufschlüsse über den Verlauf längs der Flammen- bzw. Rauchgasfahnen-Achse und die Querverteilung der Konzentrationen verschiedener Rauchgasspezies sowie der Temperaturen. Sie können, da die Grenzen der Verbrennungsstabilität bei diesen Versuchen bei weitem nicht erreicht wurden,

sinngemäß auf die Betriebsverhältnisse an realen Fackeln übertragen werden und schaffen so eine Grundlage für Beurteilungen, Vergleiche und Extrapolationen.

Diverse Werte des Gesamt-C-Emissionsgrads EC – und damit des Emissionsminderungsgrads EMG nach Gleichung (3.1) – wurden aus Messwerten bei 2 BEB-Feldversuchskampagnen zur Entlösungsgas-Süßgas-Verbrennung an mehreren unterschiedlichen Fackelköpfen und zum Vergleich aus Messwerten zweier DGMK-Versuchsreihen mit einem anderen Fackelkopf und wesentlich verschiedenen Betriebsbedingungen sowie aus Messergebnissen bei Laborversuchen im kleinen Maßstab ermittelt. Mit Hilfe des oben erläuterten Ähnlichkeitsmaßstabs konnten alle Resultate in das gemeinsame Ergebnisdiagramm in Bild 6.11 eingetragen und den aus den TA Luft-Richtlinien stammenden Grenzwerten gegenübergestellt werden. Es wird deutlich, dass die vom Brennerabstand abhängigen, zu den EMG-Werten komplementären EC-Werte gegen Flammen- bzw. Verbrennungsende die umgerechneten TA Luft-Zielwerte nahezu vollständig erreichen und bei bestimmten Fackelkopftypen diese Vorgaben klar erfüllen.

Da in den meisten Veröffentlichungen zur Fackelverbrennung aus den letzten 3 Jahrzehnten die (mittlere) Verbrennungseffektivität CE (Gleichung (3.23)) als Maß für die Verbrennungsqualität benutzt wurde, wurden diese Ergebnisse in die Betrachtungen und zwecks Vergleichen mit einbezogen. Aus vielen Versuchen ging hervor, dass alle CE-Werte der Fackelverbrennung im stabilen Verbrennungsbereich nach dem Verbrennungsabschluss über 98 % und typischerweise sogar über 99 % lagen. Da sich der Emissionsminderungsgrad nur auf die organischen Verbindungen im Brenngas und im Rauchgas bezieht, liegen dessen Werte tendenziell, wenn auch nicht genau umrechenbar, noch näher bei 100 %.

Als Hauptergebnis des Gutachtens sind in den Diagrammen der Bilder 6.10 und 6.11 die in der jeweiligen Messebene beim mit dem äquivalenten (hydraulischen) Durchmesser $D_{hydr,äq}$ normierten achsialen Abstand von der Flammenwurzel bzw. dem Brennerdüsenaustritt ermittelten Mittelwerte des Gesamt-C-Emissionsgrads EC aus allen verfügbaren Messdaten von Fackelversuchen dargestellt. EMG-Werten von 99 % entsprechende EC-Werte von 1 % werden, wie man in Bild 6.11 sieht oder durch lineare Extrapolation der logarithmisch aufgetragenen EC-Werte abschätzen kann, bei den meisten Fackelköpfen bzw. Brennern in der Nähe des Flammenendes, also bei $a/D_{äq} = 220$ bis 250 (ohne Windeinfluss), erreicht. Sehr gute EC-Werte unter 1 % und unter 0,1 %, d. h. $EMG > 99,9$ %, wurden bei Fackelköpfen mit Sichtblenden erzielt.

Je nach Messort, Fackelkopftyp und Betriebsbedingungen liegt das mittlere Niveau der zeitlich und örtlich stark variierenden Temperaturen von Erdgas-Flammen bzw. -Rauchgasfahnen zwischen etwa 1400 °C (Bild 6.13) und 400 °C (Bild 6.17) oder sogar darunter. Angesichts der in den Bildern und Erläuterungen des Unterabschnitts 6.4 zum Ausdruck kommenden Tatsachen, die die Temperaturfelder betreffen, ist anzumerken, dass der in der TA Luft wenig spezifizierte, singuläre Temperatur-Mindestwert von $T = 850$ °C keine ausreichende

Aussagekraft hat. Bei der „normalen“ Fackelverbrennung ist es immer möglich, eine geeignete Messung zur Erfüllung dieses Kriteriums durchzuführen

7. Abschnitt

Es gibt einige technisch verhältnismäßig einfache bis aufwändigere Maßnahmen zum Erzielen einer guten bis sehr guten Verbrennungsqualität an Fackeln. Unter den zusammenfassenden Überschriften „Fackelkopf-Ummantelung“, „Wirbelgebiete und Drallströmungen“ sowie „Weitere Maßnahmen (Brenngasstrahl-Oberflächenvergrößerung, Brennerdüsen-Platzierung, Hochgeschwindigkeitsfackeln)“ werden dazu wesentliche technische und phänomenologische Einzelheiten erläutert, physikalische Begründungen dargelegt und Hinweise auf die industrielle Realisierung gegeben.

Versuche an Fackelköpfen mit Ummantelung (Sichtblenden) haben generell bessere Verbrennungsergebnisse als an Fackelköpfen ohne Ummantelung gezeigt; vgl. auch Abschnitte 4.2 (Fackelkopftypen, BEB-Feldversuche) und 6.2 (Ergebnisse aus den BEB-Feldversuchen). Mittels Verifizierungs- und Validierungsversuchen können bei angewandten Änderungen am Fackelkopf die Funktionstüchtigkeit und die erzielten Verbesserungen quantitativ überprüft werden.

8. Abschnitt

Fackel-Altanlagen:

Da die Fackeln im Hauptbetrieb in der Regel als Not- und Sicherheitsfackeln arbeiten, besteht keine Genehmigungspflicht bezüglich des BImSchG.

Die Verbrennung der Gase an den Zusatzeinrichtungen der Fackelköpfe, z. B. des Entlösungsgases an Sauergasfackeln, erfüllt die Kriterien der Nummer 5.2.5 der TA Luft (2002), d. h. der als Gesamtkohlenstoff angegebene Massenstrom der organischen Stoffe im Rauchgas (Abgas) ist deutlich kleiner als 0,5 kg/h oder erreicht einen Emissionsminderungsgrad über 99 %. Darüber hinaus ist die ganz überwiegende Anzahl der Fackelköpfe in der E&P Industrie heute mit Sichtblenden bereits so ausgerüstet, dass die verschärften Regelungen der TA Luft gem. 5.4.8.1a.2.2 und insbesondere der EMG $\geq 99,9$ % eingehalten werden können.

Fackel-Neuanlagen:

Es wird empfohlen, zukünftig alle Fackelköpfe und deren Zusatzeinrichtungen bei Fackel-Neuanlagen gemäß den verschärften Anforderungen der TA Luft mit sog. Sichtblenden auszustatten. Diese Empfehlung wird ausgesprochen, weil zum einen die technischen Mittel hierzu vorhanden sind und zum anderen damit dem generellen Emissionsminimierungsgebot der TA-Luft (2002) entsprochen werden kann.

Gesamt-Fazit:

Abschließend ist festzuhalten, dass sowohl die Verbrennungseffektivität CE als auch der Emissionsminderungsgrad EMG von Erdgasfackeln über einem breiten Betriebsbereich sehr hohe Werte nahe bei 100 % aufweisen (vgl. a. /30/). Die Umweltbeeinflussungen durch Emissionen organischer Verbindungen sind demnach sehr gering.

Die in der TA Luft (2002) für verschiedene Bedingungen und Kriterien festgelegten Anforderungen wurden von vielen zweckmäßig ausgerüsteten Fackel-Altanlagen bereits vor Inkrafttreten der neuen Regelungen durch Ausstattung der Fackeln mit Sichtblenden erfüllt. Bei der Errichtung von Fackel-Neuanlagen gibt es eine Reihe von technischen Maßnahmen, mit denen die Anforderungen strikt eingehalten werden können.

Berichte und Quellen

- /1/ TAL 2002 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft).
24. Juli 2002
- /2/ American Petroleum Institute: Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems. API Recommended Practice 521, Fourth Edition.
March 1997
- /3/ European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry.
February 2003
- /4/ European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment. Management Systems in the Chemical Sector.
February 2003
- /5/ Fischer, F.:
Rist, D. Optimierte Fackelausführungen in der Sauergasproduktion. DGMK (Deutsche wiss. Ges. für Erdöl, Erdgas u Kohle), Frühjahrstagung, Goslar, Tagungsbericht 9103,
Mai 1991
- /6/ Rist, D.:
Hackel, A. Verbrennung von Entlösungsgas an Sauergasfackeln, Feldversuche Oktober/November 1988.
Bericht für BEB Ergas Erdöl, Hannover, 163 Seiten,
März 1989
- /7/ Rist, D.: Verbrennungsversuche an Sauergasfackeln
Feldversuche Juli 1989.
Bericht für BEB Ergas Erdöl, Hannover, 73 Seiten,
Oktober 1989
- /8/ Rist, D.: Gutachten zur Flammenstabilität an BEB-Sauergasfackeln bei Nennlast. Feldversuche Juni 1993.
Bericht für BEB Ergas Erdöl, Hannover, 83 Seiten,
Februar 1994
- /9/ Grossman, U.: BlmSchG – genehmigungsrechtliche Anforderungen an Fackelanlagen und Kaltausbläser.
Präsentation in ExxonMobil Production Deutschland GmbH,
Hannover, 05./06.04.2004
- /10/ Panton, R. L.: Incompressible Flow.
J. Wiley and Sons, New York,
1984

- /11/ Obländer W.:
Siegel, K.D. Über den Umsatzgrad von Fackelgas in Raffineriehochfackeln
Schadstoffemission von Raffineriehochfackeln in Abhängigkeit
von deren Betriebsbedingungen.
Forschungsbericht 135-02 der Deutschen Gesellschaft für
Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e.V., 232 Seiten,
1980
- /12/ Warnatz, J.:
Maas, U.,
Dibble, R. W. Verbrennung
Physikalisch-chemische Grundlagen, Modellierung und
Simulation, Experimente, Schadstoffentstehung.
Springer-Verlag, Berlin, 3. Auflage,
2001
- /13/ Görner, K.: Technische Verbrennungssysteme.
Springer-Verlag, Berlin,
1991
- /14/ Fritz, W.:
Kern, H. Reinigung von Abgasen.
3. Auflage, Vogel Buchverlag, Würzburg,
1992
- /15/ Sunavala, P. D.: The Effect of Buoyancy on Mixing and Combustion and
Enclosed Turbulent Jet Diffusion Flames and Pulverized Coal
Flames.
Journal of the Institute of Fuel, No. 49,
1976
- /16/ Lee, Y.: Der Verbrennungsverlauf in auftriebsbehafteten Flammen mit
und ohne Windeinfluss.
Dissertation T.H. (Universität) Karlsruhe,
1977
- /17/ Hess, K. :
Flammenlänge und Flammenstabilität.
Dissertation, Technische Hochschule Karlsruhe,
1964
- /18/ Günther, R.: Verbrennung und Feuerung.
Springer-Verlag, Berlin,
1974
- /19/ Streb, H: Untersuchungen zum Einfluss des Auftriebs auf die Mischung
und Reaktion in turbulenten Freistrahldiffusionsflammen.
Dissertation,
Universität (TH) Karlsruhe,
Februar 1993
- /20/ Stephan, K. :
Mayinger, F. Thermodynamik.
Bd. 2: Mehrstoffsysteme und chemische Reaktionen.
14. Auflage, Springer-Verlag, Berlin,
1999
- /21/ Turns, S. R.: An Introduction to Combustion.
McGraw Hill Book Co., Boston, Second Edition,
2000

- /22/ Gumz, W.: Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik.
Hardt, L. Springer-Verlag, Berlin,
1962
- /23/ Recknagel, H.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik.
Sprenger, E., 63. Ausgabe. R. Oldenbourg Verlag, München,
Hönmann,W. 1985
- /24/ Hirsch, Ch.: Verbrennung.
Vorlesung an der T.U. München,
2004
- /25/ Fa. John Zink: Konstruktionszeichnung für ExxonMobil Production GmbH
Fackelbrenner mit Entgasung DN 150
09.01.2004
- /26/ Rist, D. : Dynamik realer Gase.
Grundlagen, Berechnungen und Daten für
Thermogasdynamik, Strömungsmechanik und Gastechnik.
Springer-Verlag, Berlin,
1996
- /27/ Fa. Engineering- A Report on a Flare Efficiency Study, Vol. 1.
Science: Prepared for Chemical Manufactures Association,
Washington,D.C..
Engineering-Science, Austin,Texas,USA,
September 1982
- /28/ Keller, M. : RACT for VOC – A Burning Issue.
Noble, R. Pollution Engineering Magazine, Pudvan Publ. Company,
July 1983
- /29/ Romano, R. R.: Control emissions with flare efficiency.
Hydrocarbon Processing Magazine, p. 78 f.
October 1983
- /30/ Haus, R.: Remote Sensing of Gas Emissions on Natural Gas Flares.
Wilkinson, R., Paper presented at the Europto EnviroSense Symposium, 21
Heland, J., pages, Munich, Germany,
Schäfer, K. 1997
- /31/ Ozumba, C. I.: Combustion Efficiency Measurements of Flares Operated by
Okoro, I. C. an Operating Company.
SPE International Conference on Health, Safety, and the
Environment in Oil and Gas Exploration and Production,
Stavangar, Norway, June 2000
- /32/ Seebold, J. G.: Reaction Efficiency of Industrial Flares: The Perspective of the
Davis, B. C., Past.
Gogolek, P.E.G., Paper presented at the Conference Combustion Canada
Kostiuk, L. W., 2003,
Pohl, J. H., September/October 2003
Schwartz, R. E.,
Soelberg, N. R.,
Strosher, M.,
Walsh, P. M.

- /33/ Beer, M.: Einige Auswirkungen der Verteilung der mittleren Geschwindigkeit und des mittleren statischen Drucks auf die Stabilität und den Raumbedarf von turbulenten Diffusionsflammen.
VDI-Berichte Nr. 95, S. 13 f.
1966
- /34/ Escudier, M. P.: Vortex Breakdown: A Two-Stage Transition.
Keller, J. J. AGARD CP 342, p. 25-1 f.
1983
- /35/ Menne, S.: Numerical simulation of a three-dimensional vortex
Liu, C. H. breakdown.
Z. Flugwissenschaften und Weltraumforschung, 14, S. 301 f.,
1990
- /36/ Bodem, H. J.: Erwartete Emissionen an unverbrannten KW.
Bericht für ExxonMobil Production Deutschland GmbH,
Hannover, 18.04.2004
- /37/ LAI Auslegungsfragen zur 4. BImSchV:
Länderausschuss Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen.
für 107. Sitzung des LAI, Goslar,
Immissionsschutz 15. – 17.03.2004
- /38/ LBA Auslegungsfragen zur Verordnung über
Landesbergamt genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV)
Clausthal-Zellerfeld Rundverfügung,
16.08.2004

-
- 5. Messung von Emissionen und Immissionen sowie Emissionsminderung**
- 5.1 Vorgesehene Maßnahmen zum Schutz vor und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, insbesondere zur Verminderung der Emissionen sowie zur Messung von Emissionen und Immissionen**
- 5.2 Fließbilder über Erfassung, Führung und Behandlung der Abgasströme**
- 5.3 Zeichnungen Abluft-/Abgasreinigungssystem**
- 5.4 Abluft-/Abgasreinigung: Formular 5.4 - entfällt -**
- 5.5 Sonstiges - entfällt -**

5.1 Vorgesehene Maßnahmen zum Schutz vor und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, insbesondere zur Verminderung der Emissionen sowie zur Messung von Emissionen und Immissionen

Der geplante Betrieb der Hochfackel auf Station H dient der Vorsorge vor schädlichen Umweltverunreinigungen, indem die entstehenden Überschussgase thermisch behandelt werden und die schädlichen Gasinhaltsstoffe zerstört bzw. minimiert werden.

Zur Beurteilung der Immissionen, die von dem Gesamtvorhaben "Erdöl aus Rühlermoor - Mit Tradition in die Zukunft" ausgehen, wurde im Rahmen des übergeordneten obligatorischen Rahmenbetriebsplans eine Immissionsprognose durch die TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG erstellt (siehe Rahmenbetriebsplan, Teil 4-Anhang, Kapitel 4.4.1). Im Ergebnis dieser Prognose wurde herausgestellt, dass der Fackelbetrieb nicht geeignet ist, einen relevanten Immissionsbeitrag zu liefern mit folgender Begründung:

"Der Fackelbetrieb beschränkt sich auf Instandhaltungs-, Reinigungs- und Sicherheitsvorgänge. Dies sind

- geplante Entleerung von Abscheidern bzw. Tanks, sowie geplante Entlastung von Haupt- und Sammelleitungen an der Station H und Notfallszenarien, z.B. Leckage an Tanks oder Pipelines,
- Unterbrechung der Gaszufuhr zum Betriebsplatz Rühlermoor bzw. Ausfall der Verbraucher; ungeplante Entlastung der Station H und anschließendes Abfahren der Sonden im Feld,
- Verbrennen von Gasen aus der Behälter-Entgasung der Station H bei Ausfall der Gasverbraucher KWK-Anlage und zentraler Betriebsplatz und
- Notabschaltungen zum kontrollierten Herunterfahren des Feldes.

Alle genannten Betriebszwecke ergeben eine durchschnittliche jährliche Betriebszeit von deutlich unter einem Prozent der Jahresstunden."

In der gutachterlichen Stellungnahme zum Emissionsminderungsgrad (EMG) bei Erdgasfackeln von Prof. Rist (s. Kapitel 4.10) sind die in der jeweiligen Messebene ermittelten Mittelwerte des Gesamt-C-Emissionsgrads (EC-Wert) aus allen verfügbaren Messdaten von Fackelversuchen betrachtet worden. Als ein Ergebnis dieser Betrachtung wurde festgestellt, dass bei den meisten Fackelköpfen bzw. Brennern in der Nähe des Flammenendes Emissionsminderungsgrade für Gesamt-C von > 99 % erreicht wurden. Ein weiteres Ergebnis ist der Nachweis, dass bei Fackelköpfen mit Sichtblenden Emissionsminderungsgrade > 99,9% erreicht werden.

In dem Gutachten von Prof. Rist wird weiter ausgeführt, dass das Kriterium von 850°C nicht hinreichend als Maß für die Verbrennungseffizienz aussagefähig ist, da insbesondere bei Hochfackeln an irgendeiner Stelle des Brennraumes diese Temperatur auftreten wird. Vielmehr wurde herausgearbeitet, dass die Bauart einer Hochfackel, insbesondere das Vorhandensein eines Windschutzes bzw. Sichtblende, maßgeblich die Verbrennungseffizienz beeinflusst.

Eine besondere Messung und Überwachung der Fackel ist aus diesen Gründen nicht sinnvoll. Auf die Durchführung von Temperatur- und Emissionsmessungen wird daher verzichtet. Die Wirksamkeit der Emissionsminderung kann durch den Hersteller der Fackel als Bestandteil seiner technischen Dokumentation bestätigt werden.

Die Empfehlung von Prof. Rist zur Einhaltung der Anforderungen gemäß Ziffer 5.4.8.1.a.2.2 TA Luft ist die Ausstattung der Fackelanlagen mit sogenannten Sichtblenden. Der Fackelkopf der Station H erfüllt diese Anforderungen.

Während des laufenden Betriebes werden im Rahmen der regelmäßigen Wartung die nach den Herstellerangaben vorgegebenen Messungen und Prüfungen zur Ermittlung von Verschleiß des Fackelbrenners und der Pilotbrenner durchgeführt. Die Beschaffenheit des Sichtschutzes wird ebenfalls geprüft. Bei Abweichungen vom Sollzustand werden Reparaturen veranlasst.

5.2 Fließbilder über Erfassung, Führung und Behandlung der Abgasströme

Bzgl. der Erfassung, Führung und Behandlung der Abgasströme wird auf das Grundfließbild in Abschnitt 3.8.1 verwiesen.

5.3 Zeichnungen Abluft-/Abgasreinigungssystem

Bzgl. des Abgasreinigungssystems wird auf die beispielhafte Fackelzeichnung in Abschnitt 3.7 verwiesen.

- 6. Anlagensicherheit**

- 6.1 Anwendbarkeit der Störfall-Verordnung:
Formular 6.1**

- 6.1.1 Vorhandensein von gefährlichen Stoffen
in Betriebsbereichen entspr. Anhang I der
12. BImSchV: Formular 6.1.1** - *entfällt* -

- 6.2 Technische und organisatorische Schutz-
maßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung
von Störfällen** - *entfällt* -

- 6.2.1 Konzept zur Verhinderung von Störfällen** - *entfällt* -

- 6.2.2 Ausbreitungsbetrachtungen** - *entfällt* -

- 6.2.3 Interner betrieblicher Alarm- und
Gefahrenabwehrplan** - *entfällt* -

- 6.3 Sicherheitsbericht** - *entfällt* -

- 6.4 Vorgesehene Maßnahmen zum Schutz der
Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor
sonstigen Gefahren, erheblichen Nachteilen
und erheblichen Belästigungen**

- 6.5 Sonstiges** - *entfällt* -

6.1 Anwendbarkeit der Störfall-Verordnung**1. Wurde der Behörde bereits angezeigt, dass ein Betriebsbereich vorliegt?**

- Ja. Legen Sie bitte entsprechende Unterlagen diesem Antrag bei und fahren Sie bitte mit Abschnitt 6.2 fort.
- Nein. Fahren Sie bitte mit Frage 2. ff fort.

2. Sind gefährliche Stoffe nach Anhang I Spalte 2 der 12. BImSchV in einer oder mehreren Anlagen eines Betreibers tatsächlich vorhanden oder können bei einem außer Kontrolle geratenen Verfahren diese Stoffe entstehen?

- Ja. Ermitteln Sie bitte, ob die Mengenschwellen zum Erreichen eines Betriebsbereiches erreicht oder überschritten werden.
Sie können dies mit Hilfe des Formular 6.1.1 ermitteln. Beachten Sie dabei bitte auch die Erläuterungen.
- Nein

3. Ist in der einzelnen Anlage oder in mehreren Anlagen einer der Quotienten aus dem Formular 6.1.1 (Menge der gefährlichen Stoffe) ≥ 1 ?

- Ja. Es liegt ein Betriebsbereich vor.
- Nein. Es liegt kein Betriebsbereich vor.

3.1 Ist einer der Quotienten aus dem Formular 6.1.1 ≥ 1 ?

- Ja. Mengenschwelle der Spalte 4 des Anhangs 1 der Stoffliste ist überschritten bzw. Quotient ≥ 1 (Grundpflichten nach § 3 - § 8 der 12. BImSchV sind durchzuführen)
- Ja. Mengenschwelle der Spalte 5 des Anhangs 1 der Stoffliste ist überschritten bzw. Quotient ≥ 1 (die erweiterten Pflichten nach § 9 - § 12 der 12. BImSchV sind durchzuführen)

6.4 Vorgesehene Maßnahmen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor sonstigen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen

Für die allgemeinen Maßnahmen zum Schutz der Allgemeinheit wird auf den übergeordneten obligatorischen Rahmenbetriebsplan verwiesen. Die in diesem Kapitel 6.4 zu beschreibenden Maßnahmen stellen eine wesentliche Zulassungsvoraussetzung gemäß § 55 BBergG dar und werden daher an dieser Stelle nicht nochmals gesondert beschrieben.

7. Arbeitsschutz**7.1 Vorgesehene Maßnahmen zum Arbeitsschutz****7.2 Verwendung und Lagerung von
Gefahrstoffen: Formular 7.2****7.3 Explosionsschutz, Zonenplan****7.4 Sonstiges****- entfällt -**

7.1 Vorgesehene Maßnahmen zum Arbeitsschutz

Bei der Gesamtanlage handelt es sich um eine Betriebsstätte in einem bestehenden Bergbaubetrieb mit zugelassenem Hauptbetriebsplan. Der Umbau der Fackelanlage wird im Rahmen eines Sonderbetriebsplans zur Ausführung der Umbauarbeiten für die gesamte Station H und deren Erweiterung vorgenommen. Zu diesem Zeitpunkt werden die für die Bau- und Montagetätigkeit heranzuziehenden rechtlichen Anforderungen berücksichtigt.

Die Anforderungen der §§ 3 und 4 ABergV werden, wie im Rahmenbetriebsplan, Teil 2 - Zulassungsvoraussetzungen, Kapitel 3.1 beschrieben, für das Gesamtvorhaben umgesetzt.

- § 3 ABergV: Erstellung des Sicherheits- und Gesundheitsschutzplans und eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinators für die Baustellentätigkeit, Fortschreibung des bestehenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments (SGD) nach Inbetriebsetzung der geänderten Anlage
- § 4 ABergV: Sonderbetriebsplan für Baustellentätigkeiten mit Darlegung der Rollen und Verantwortlichkeiten der verschiedenen Akteure (Auftraggeber, Auftragnehmerfirmen und bestehender Betrieb)

Die geplante Änderung des Betriebs der Fackelanlage und die sich damit ergebende Genehmigungspflicht begründet gegenüber den im Rahmenbetriebsplan dargestellten Anforderungen zum Arbeitsschutz keine zusätzlichen Pflichten.

Alle Anlagenteile und Nebeneinrichtungen auf der Station H werden nach den geltenden Arbeitsschutz-Vorschriften und berufsgenossenschaftlichen Regeln, den gültigen DIN-/ EN-Normen und nach den allgemein anerkannten sicherheitstechnischen sowie den sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen eingerichtet und betrieben.

Für die auszuführenden Tätigkeiten liegen Verfahrens-, Betriebs- und Arbeitsanweisungen vor, die allen Mitarbeitern durch Schulung und Unterweisung näher gebracht werden. Bei der Fortschreibung des SGD nach Inbetriebsetzung der geänderten Anlage werden diese geprüft und ggf. aktualisiert.

Vor Ort wird die Anlage in regelmäßigen Abständen durch das Betriebspersonal kontrolliert.

7.2 Verwendung und Lagerung von Gefahrstoffen
--

BE Nr.	Bezeichnung der Betriebseinheit	Stoffstrom Nr. lt. Fließbild	Gefahrstoff		Verwendung / Verbrauch [kg/h]	Lagerung [kg]
			Bezeichnung	Kennzeichnung		
1	2	3	4	5	6	7
01	Hochfackel A-4430	--	Pilotgas	H220	6 m³/h	0
01	Hochfackel A-4430	--	Spülgas	H220	1,4 m³/h	0
01	Hochfackel A-4430	--	Fackelgas / Erdölgas aus Entlastungen / Pendelung	H220, H330	11.000 m³/h	0
01	Hochfackel A-4430	--	Erdölgaskondensat	H225, H304, H319, H336, H350, H373, H411	max. 5 m³/a	0

7.3 Explosionsschutz, Zonenplan

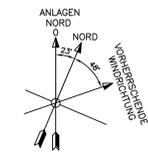
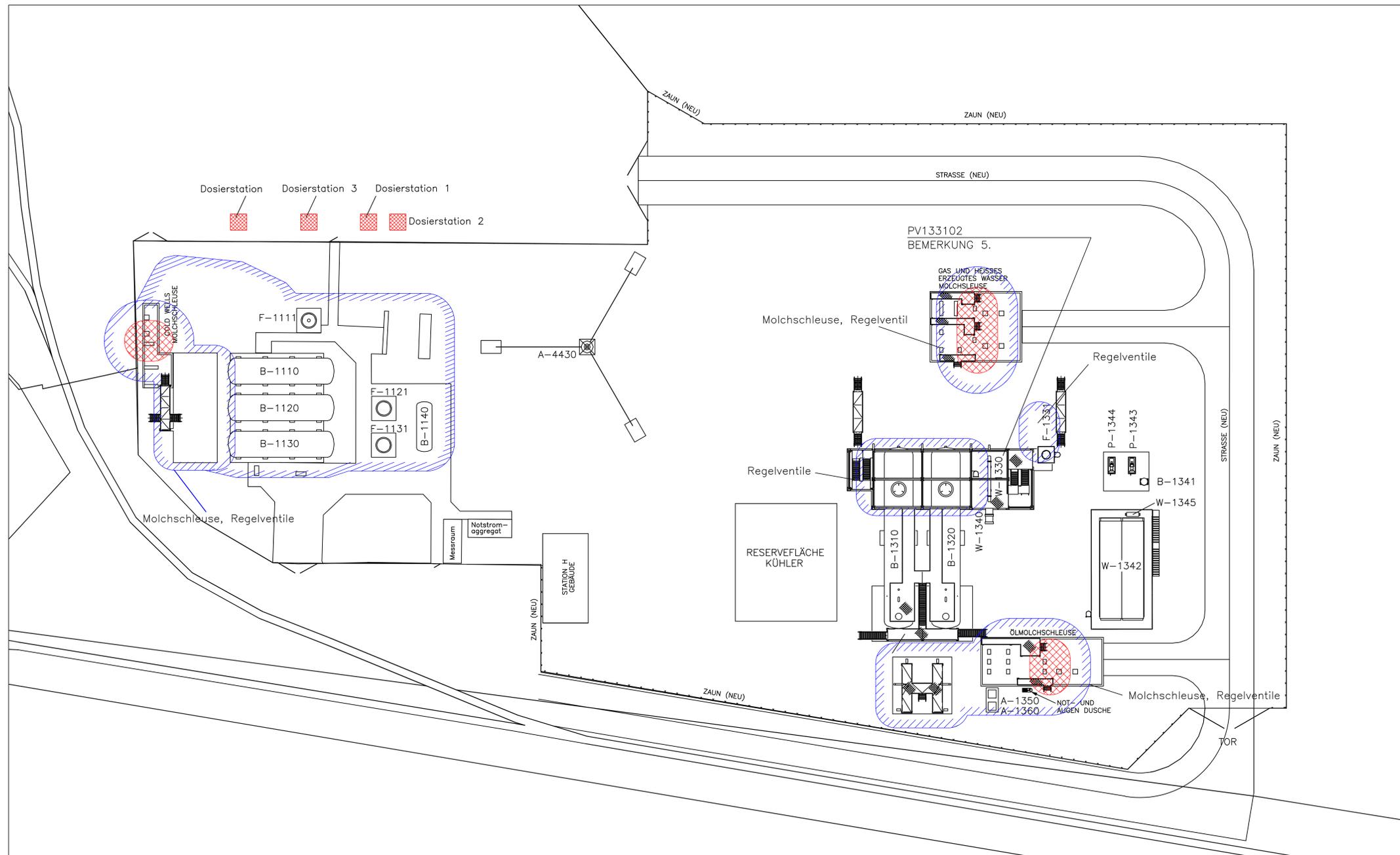
Der Explosions- und Blitzschutz der zu errichtenden Anlagen wird gemäß den gültigen Vorschriften und technischen Regelwerken ausgeführt. Die gültigen Managementsysteme der EMPG gewährleisten deren konsequente Einhaltung.

Vor Inbetriebnahme der Anlage wird der bestehende betriebliche Explosionsschutzplan nach ABergV überarbeitet.

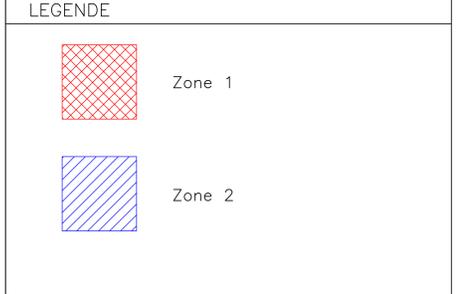
Der Lageplan der explosionsgefährdeten Bereiche der Station H (Ex-Zonenplan) ist als Anhang beigefügt (LD104 Lageplan der Ex-Bereiche, Station H Aufstellungsplan mit Ex-Bereichen, Zg.-Nr.: RLMRBETR03020000301C).

Anlagen:

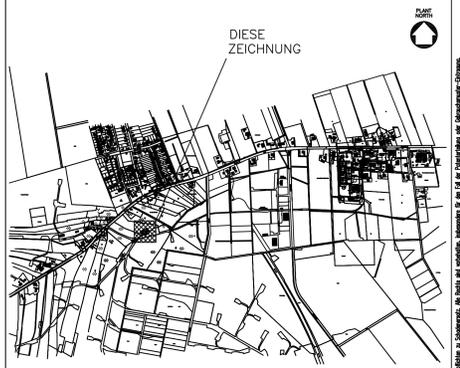
- Abs-07-03_RLMRBETR_030200_00301_C_Ex-Plan_StatH.pdf



- BEMERKUNGEN**
- Entfällt
 - Prozessbehälter, die Druckbehälter sind (z.B. Druckentgaser, Flüssigkeitsabscheider) haben keinen eigenen Ex-Bereich.
 - Kühler werden betrachtet wie eine Rohrleitung.
 - Rohrleitungen einschliesslich einzelner Armaturen oder kleinerer Armaturengruppen, geschlossene Messeinrichtungen, Kondensattöpfe usw. erfordern keinen Ex-Bereich.
 - Ex-Bereich erreicht den Boden nicht. Siehe Seitenansicht- separate Darstellung.

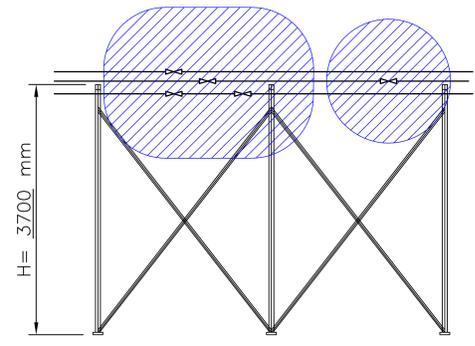


ÜBERSICHTSZEICHNUNG

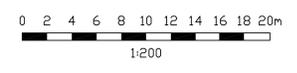


Anlage	Ex-Bereiche	Zone horizontal			Zone vertikal		
		0	1	2	0	1	2
Schieberstöcke, Manifolds, Schnellkupplungen		-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
Molchsleusen (1)		-	2.5 m	5.0 m	-	2.5 m	5.0 m
Regelventile		-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
Dosierstation		-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
Flüssigkeitsabscheider		-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
Druckentgaser		-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
Sammelbehälter	innen	X	-	-	X	-	-
	außen	-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
Manifold		-	-	2.5 m	-	-	2.5 m
	innen	-	-	-	-	X	-
Spalterdosierstation	außen	-	-	-	-	-	-
Entschäumerstation	innen	-	-	-	-	X	-
	außen	-	-	-	-	-	-

X: Der Ex-Bereich umfasst den Innenraum der jeweiligen Dosierstation bzw. des Sammelbehälters.
 (1) Im geschlossenen Zustand entfällt Zone 1



Seitenansicht:
Regelventil auf Bühne oberhalb Erdbodenniveau



Übersichtszeichnung

DIESE ZEICHNUNG

C Bereiche EX-Zonen korrigiert und div. Änderungen	30.06.2016	CAD/SK.ML	-
B Geprüft und Bearbeitet durch IMN	16.12.2015	MM/FVO	MN/TSA
A Übernomme FEED JACOBS-Nr. NL6820-10/G.01/0001	28.07.2015	CAD/SK.ML	-
Ind. Änderung	Datum	Eng.Fa./Gez.ggr.	Gez.ggr.
Datum: 10.06.2015	Name: KEPJ	Kontraktor-Logo: JACOBS	Kontraktor-Benennung: Approved for Design
Gez.: 10.06.2015	DASK		
Datum: 29.05.2015	Engineering-Firma: JACOBS	EMPO	Gez.: -
Gez.: -			
Digital: DIN A0			
Modell: 1:200	RLMRBETR RUEHLERMOOR BETRIEBSPLATZ LD104 LAGEPLAN DER EX-BEREICHE		
Blatt: 01	ELECTRICAL AREA CLASSIFICATION HAZARDOUS AREA CLASSIFICATION STATION H AUFSTELLUNGSPLAN MIT EX-BEREICHEN		
Datensatz: RUMBER 030200 03010	Klassifizierung: IC	Zg.-Nr.: RLMRBE TR03020000301C	HBG151344V

8. Betriebseinstellung**8.1 Vorgesehene Maßnahmen für den Fall der
Betriebseinstellung (§ 5, Abs. 3 BImSchG)****8.2 Sonstiges****- entfällt -**

8.1 Vorgesehene Maßnahmen für den Fall der Betriebseinstellung (§ 5 Abs. 3 BImSchG)

Nach Abschluss der Nutzung des Erdölfeldes Rühlermoor wird auch die Station H (Sammelstelle) vollständig zurückgebaut.

Die Betriebseinstellung der Hochfackel wird zu gegebener Zeit unter Angabe des Zeitpunktes der Einstellung gemäß § 15 Abs. 3 BImSchG angezeigt. Die Anzeige wird Angaben darüber enthalten, wie sichergestellt ist, dass auch nach einer Betriebseinstellung entsprechend § 5 Abs. 3 BImSchG:

- von der Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen oder sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden können und
- vorhandene Abfälle ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder als Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit beseitigt werden,
- die Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Betriebsgeländes gewährleistet ist.

Sofern das Anlagengrundstück zudem nicht mehr für bergbauliche Tätigkeiten im Sinne des § 2 BBergG in Anspruch genommen werden soll, wird ein Abschlussbetriebsplan nach § 53 BBergG aufgestellt und eingereicht. In dem Abschlussbetriebsplan werden die Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung der entsprechenden Betriebsflächen dargestellt, die insbesondere gewährleisten, dass von der Betriebsfläche keine Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgehen werden.

9. Abfälle**9.1 Vorgesehene Maßnahmen zur Vermeidung, Verwertung oder Beseitigung von Abfällen****9.2 Herkunft, Art und Menge von Abfällen, ohne Abwasser, Formular 9.2****- entfällt -****9.3 Verbleib der Abfälle****- entfällt -****9.4 Sonstiges****- entfällt -**

9.1 Vorgesehene Maßnahmen zur Vermeidung, Verwertung oder Beseitigung von Abfällen

(technische Beschreibungen und Betriebsabläufe, Fließbilder, Begründungen u.ä.)

Der Betrieb der Hochfackel der Station H ist nicht mit dem Anfall von Abfällen im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes verbunden.

- 10. Abwasser**
- 10.1 Allgemeine Angaben zur Abwasserwirtschaft**
- 10.2 Entwässerungsplan** - *entfällt* -
- 10.3 Beschreibung der abwasserrelevanten Vorgänge** - *entfällt* -
- 10.4 Angaben zu gehandhabten Stoffen** - *entfällt* -
- 10.5 Maßnahmen zur Vermeidung von Abwasser** - *entfällt* -
- 10.6 Maßnahmen zur Überwachung der Abwasserströme** - *entfällt* -
- 10.7 Angaben zum Ort des Abwasseranfalls vor dessen Vermischung** - *entfällt* -
- 10.8 Abwassertechnisches Fließbild** - *entfällt* -
- 10.9 Abwasseranfall und Charakteristik des Rohabwassers: Formular 10.9** - *entfällt* -
- 10.10 Abwasserbehandlung: Formular 10.10** - *entfällt* -
- 10.11 Auswirkungen auf Gewässer bei Direkteinleitung** - *entfällt* -
- 10.12 Niederschlagsentwässerung: Formular 10.12** - *entfällt* -
- 10.13 Sonstiges** - *entfällt* -

10.1 Allgemeine Angaben zur Abwasserwirtschaft

Beim Betrieb der Hochfackel fallen keine Abwässer an.

- 11. Umgang mit wassergefährdenden Stoffen**
- 11.1 Beschreibung der wassergefährdenden Stoffe, mit denen umgegangen wird: Formular 11.1**
- 11.2 Anlagen zum Lagern flüssiger wassergefährdender Stoffe: Formular 11.2**
- 11.3 Anlagen zum Lagern fester wassergefährdender Stoffe: Formular 11.3** - *entfällt* -
- 11.4 Anlagen zum Abfüllen/Umschlagen wassergefährdender flüssiger Stoffe: Formular 11.4** - *entfällt* -
- 11.5 Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe: Formular 11.5** - *entfällt* -
- 11.6 Rohrleitungsanlagen zum Transport wassergefährdender Stoffe: Formular 11.6** - *entfällt* -
- 11.7 Anlagen zur Zurückhaltung von mit wassergefährdenden Stoffen verunreinigtem Löschwasser (Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen)** - *entfällt* -
- 11.8 Sonstiges** - *entfällt* -

11.1 Beschreibung wassergefährdender Stoffe, mit denen umgegangen wird

(Sicherheitsdatenblätter sind in Abschnitt 3.5.1 beizufügen)

BE Nr.	Bezeichnung des Stoffes	Aggregatzustand	Art des Umganges	Dichte [g/cm ³]	Wassergefährdungs- klasse (WGK) nach VwVwS	Selbsteinstufung nach VwVwS (Anhang 2,3,4) gemäß Ziffer 3a
1	2	3	4	5	6	7
01	Erdölgaskondensat	flüssig	Lagern	0,879		3

11.2 Anlagen zum Lagern flüssiger wassergefährdender Stoffe

Dieses Formular ist für jeden nicht-baugleichen Behälter auszufüllen!

- 1. Betriebseinheit:** 01
- 2. Behälter-Nr./Bezeichnung lt. Aufstellungsplan:** Fackelabscheider B-4410 (Bestandteil von A-4430)
- 3. Behältervolumen:** 4,1 m³
- 4. Anzahl baugleicher Behälter:** 1
- 5. Gelagerte wassergefährdende Stoffe
(Bezeichnung aus Formular 11.1):**

- Erdölgaskondensat

- 6. Behälterwerkstoff** Druckgerät entsprechend BetrSichV; Ausnahme gemäß § 3 Abs. 2, Nr. 2 VAWs (Nds) ist erteilt.

7. Aufstellung:

- oberirdisch
- im Freien
- im Gebäude bzw. durch Überdachung - auch vor Schlagregen - geschützt
- unterirdisch

8. Behälterausführung:

- einwandig
- mit Auffangraum
- ohne Auffangraum
- doppelwandig
- Flachbodentank
- Behälterboden kontrollierbar
- Behälterboden nicht kontrollierbar

9. Verwendbarkeits - / Anwendbarkeitsnachweis des Behälters/Gebindes:

- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung gemäß der WasBauPrüfV
- | | | |
|--------|----------|-------------|
| Datum: | Akten- | Behörde / |
| | zeichen: | Prüfstelle: |
- wird hiermit beantragt
- Nachweise sind beigefügt Nachweise werden zur Abnahme nach VAWs vorgelegt

10. Sonstige Nachweise (Nachweise erforderlich):

(nur bei nicht serienmäßig hergestellten Behältern, z.B. nach DIN EN 1993-4-2 bzw. bei Nutzungsänderung vorhandener Behälter, für die die Nachweise nach Nr. 8 nicht vorhanden sind.)

- Konstruktions- und Standsicherheitsnachweise
- Nachweis der Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe und deren Verträglichkeit mit dem Lagermedium
- Nachweise werden vor der Errichtung der Anlage nachgereicht

11. Verwendbarkeits-/Anwendbarkeitsnachweis der Schutzvorkehrungen nach Nr. 2 WasBauPrüfVO:

		wasserrechtliche Bauartzulassung	Allgemeine bauartige Zulassung
<input type="checkbox"/>	Leckanzeigergerät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datum:	Nr.		
<input type="checkbox"/>	Überfüllsicherung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datum:	Nr.		
<input type="checkbox"/>	Innenbeschichtung/-auskleidung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datum:	Nr.		
<input type="checkbox"/>	Leckschutzauskleidung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datum:	Nr.		
<input type="checkbox"/>	Sonstiges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datum:	Nr.		
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Nachweise sind beigefügt	<input type="checkbox"/>	Nachweise werden zur Abnahme nach VAwS vorgelegt

12. Ausführung des Auffangraumes bzw. der Aufstellfläche bei Aufstellung ohne Auffangraum:

Behälterfüllvolumen des größten Behälters/Gebindes im Auffangraum: 4,1 m³

Gesamtfüllvolumen aller Behälter im Auffangraum: 4,1 m³

Rückhaltevolumen des Auffangraumes: m³

Werkstoff des Auffangraumes

- Beton
- Stahl, Werkstoff Nr.:
- Kunststoff (Material):
Prüfzeichen Nr. bzw.
allgem. bauaufsichtl.
Zulassungs Nr.:
- Sonstiges

Beschichtung/Auskleidung des Auffangraumes:

- Ja Material (Nachweis der Beständigkeit erforderlich)
- Kunststoff (Nachweis über baurechtl. Prüfzeichen /
allgem. bauaufsichtl. Zulassung erforderlich)
- Datum: Prüfzeichen Nr. bzw.
allgem. bauaufsichtl.
Zulassungs Nr.:
- Stahl Werkstoff-Nr:
- Sonstiges
- Nein (Nachweis der Beständigkeit des Werkstoffes des Auffangraumes erforderlich)

Der Auffangraum besitzt Bauwerksfugen:

- Ja Konstruktion der Fugen, Darstellung auf separatem Blatt im Maßstab 1:10
Material der Fugendichtung (Nachweis der
Dichtheit und Beständigkeit erforderlich):
- Nein

Maßnahmen zum Ableiten von Niederschlagswasser (nur bei Aufstellung im Freien):

- Nachweise sind beigefügt Nachweise werden zur Abnahme nach VAwS vorgelegt

13. Sind Löschwasser-Rückhalteinrichtungen vorhanden?

Ja

Nein

12. Bauvorlagen und Unterlagen zum Brandschutz

Für die hier notwendigen Änderungen an der Fackelanlage sind keine baulichen Maßnahmen und damit keine Bauvorlagen erforderlich.

13. Natur, Landschaft und Bodenschutz

- 13.1 Angaben zum Betriebsgrundstück und zur Wasserversorgung sowie zu Natur, Landschaft und Bodenschutz: Formular 13.1** - *entfällt* -
- 13.2 Ergänzende Angaben**
- 13.3 Angaben zum Bodenschutz**
- 13.4 Sonstiges** - *entfällt* -

13.2 Ergänzende Angaben

Das gesamte Änderungsvorhaben auf der Station H ist Bestandteil des übergeordneten obligatorischen Rahmenbetriebsplanverfahrens. Die in diesem Zusammenhang erarbeitete Umweltverträglichkeitsstudie stellt auch die naturschutzrechtlichen Auswirkungen der geplanten Änderungen heraus, die auch die hier beantragte Hochfackel mit einschließen.

Das Formular 13.1 ist für die immissionsrechtliche Genehmigung der Hochfackel separat nicht aussagefähig, denn diese stellt eine Nebenanlage einer bergbaulichen Aufbereitungsanlage dar. Daher wird an dieser Stelle auf das übergeordnete bergrechtliche Verfahren verwiesen.

13.3 Angaben zum Bodenschutz

Die hier beantragte Hochfackel stellt nur einen Teil der auf der Station H geplanten Änderungen dar. Die weiteren Änderungen sind im obligatorischen Rahmenbetriebsplan beschrieben.

Dort finden sich auch Angaben zur zusätzlichen Flächenversiegelung durch das Gesamtvorhaben. Durch die geplanten Änderungen der Hochfackel kommt es zu keinen zusätzlichen Bodenversiegelungen.

- 14. Umweltverträglichkeitsprüfung**
- 14.1 Klärung des UVP-Erfordernisses**
- 14.2 Unterlagen des Vorhabensträgers nach § 6 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)**
- 14.3 Angaben zur Ermittlung und Beurteilung der UVP-Pflicht für Anlagen nach dem BImSchG** - *entfällt* -
- 14.3.a Teil A: UVP-Pflicht oder Einzelfallprüfung** - *entfällt* -
- 14.3.b Teil B: Vorprüfung des Einzelfalls („A“- und „S“-Fall)** - *entfällt* -
- 14.4 Sonstiges** - *entfällt* -

14.1 Klärung des UVP-Erfordernisses
--

1. UVP-Pflicht

- Eine UVP ist zwingend erforderlich. Die erforderlichen Unterlagen nach § 4e der 9. BImSchV und § 6 des UVPG sind im Kapitel 14.2 beigefügt.
- UVP-Pflicht im Einzelfall
- Die Vorprüfung wurde durch die Genehmigungsbehörde bereits durchgeführt. Sie hat ergeben, dass keine UVP erforderlich ist.
- Die Vorprüfung wurde durch die Genehmigungsbehörde bereits durchgeführt. Sie hat ergeben, dass eine UVP erforderlich ist, die erforderlichen Unterlagen nach § 4e der 9. BImSchV und §6 des UVPG sind im Kapitel 14.2 beigefügt.
- Die Vorprüfung wurde noch nicht durchgeführt; diese wird hiermit beantragt.
Die notwendigen Unterlagen zur Durchführung der Vorprüfung enthält der vorliegende Antrag.
- Das Vorhaben ist in der Anlage 1 des UVPG nicht genannt. Eine UVP ist nicht erforderlich.

Nr./Spalte 8.1.3
des
Vorhabens
gem. Anlage
1 des UVPG

Bezeichnung Errichtung und Betrieb einer Anlage zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behältern
des gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer gasförmiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen
Vorhabens durch Abfackeln von Deponiegas oder anderen gasförmigen Stoffen, ausgenommen über Notfackeln, die für
gem. Anlage den nicht bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind;
1 des UVPG

14.2 Unterlagen des Vorhabenträgers nach § 6 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)
--

Das Gesamtvorhaben "Erdöl aus Rühlermoor - Mit Tradition in die Zukunft" bedarf im Rahmen des obligatorischen Rahmenbetriebsplans einer Umweltverträglichkeitsprüfung.

Diese umfasst auch alle geplanten Änderungen der Station H einschließlich der Änderung der hier betrachteten Hochfackel.

Daher wird auf die Umweltverträglichkeitsstudie im übergeordneten Verfahren verwiesen.

15. Chemikaliensicherheit**15.1 REACH-Pflichten** - *entfällt* -**15.2 Ozonschicht- und klimaschädliche Stoffe** - *entfällt* -**15.3 Sonstiges** - *entfällt* -

16. Sonstige Unterlagen

- *entfällt* -