



**KURZBERICHT**

**Leitfaden für Betreiber, Hersteller und Behörden**

# **Anlagensicherheit und Genehmigung von Biomassevergasanlagen**

**H. Timmerer, F. Lettner**

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**45a/2005**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>  
oder unter:

Projektfabrik Waldhör  
Nedergasse 23, 1190 Wien  
Email: versand@projektfabrik.at

# Anlagensicherheit und Genehmigung von Biomassevergasanlagen

Leitfaden  
für Betreiber, Hersteller und Behörden

KURZBERICHT

DI Helmut Timmerer,  
DI Friedrich Lettner

Institut für Wärmetechnik, TU-Graz

Wien, November 2005

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Kurzbericht ist eine Zusammenfassung des im Rahmen der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfassten Leitfadens des Projekts *Anlagensicherheit und Genehmigung von Biomassevergasungsanlagen* von DI Helmut Timmerer und DI Friedrich Lettner. Er gibt einen Überblick über Anlagentechnik, Anlagensicherheit und Genehmigung für Betreiber und Hersteller von Biomassevergasungsanlagen sowie zuständige Behörden. Der vollständige Leitfaden wurde ebenfalls in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie publiziert (Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Nr. 45/2005). Bestellmöglichkeit sowie die Liste aller Berichte der Schriftenreihe finden Sie auf der Programmhauptseite <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>.

Die Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen. Durch die Homepage [www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at](http://www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at) und die **Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret"** soll dies gewährleistet werden.

Dipl. Ing. Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung .....	3
2	Abstract.....	7
3	Erweiterter Kurzbericht.....	11
3.1	Vergasung von Biomasse – Technologien & State of the Art.....	11
3.2	Genehmigungsverfahren für Biomassevergasungsanlagen.....	13
3.2.1	Relevante Unterlagen im Genehmigungsverfahren von Biomassevergasungsanlagen .....	13
3.2.2	Zusammenfassung.....	17
3.3	Entwicklung der Sicherheitslegislative.....	18
3.4	Emissionen aus Biomassevergasungsanlagen .....	19
3.4.1	Abgasemissionen bei der Verwertung von Produktgasen aus Biomassevergasungsanlagen .....	19
3.4.2	Empfehlung für Emissionsgrenzwerte bei der Nutzung von Holzgas in Stationärmotoren - aus der Sicht des Projektteams realisierbare Emissionen unter Verwendung von BAT in der Prozesskette .....	19
3.4.3	Emissionsgrenzwertempfehlung für den Betrieb von Motor-Blockheizkraftwerken mit Produktgasen aus Biomassevergasungsanlagen .....	20
3.4.4	Abwasseremissionen und gefährliche Stoffe in Rückständen aus Biomassevergasungsanlagen .....	22
3.4.5	Feste Rückstände aus Biomassevergasungsanlagen.....	25
3.4.6	Lärmemissionen, Erschütterungen [5], [6].....	25
3.4.7	Zusammenfassung - Anlagenemissionen .....	26
3.5	Explosionstechnische Kenngrößen .....	27
3.5.1	Physikalisch-chemische Grundgrößen von Produktgasen .....	27
3.5.2	Exemplarische Anwendung der ermittelten Explosionsparameter .....	27
3.6	Zusammenfassung und Ausblick.....	30
4	Literatur .....	32



# 1 Kurzfassung

## Synopsis

***Die Biomassevergassungs-Kraft-Wärme-Kopplung ist eine Erfolg versprechende Technologie zur Bereitstellung von Strom und Wärme auf Basis eines erneuerbaren Energieträgers. Ziel dieses Projektes ist es, für die Technologie einen Sicherheits- und Genehmigungsleitfaden zu erstellen, um damit eine Barriere für die Markteinführung überwinden zu helfen.***

## Motivation

Die Biomassevergassungs-KWK ist eine Erfolg versprechende Technologie zur gekoppelten Bereitstellung von Strom und Wärme aus erneuerbaren heimischen Energieträgern. Derzeitige Forschungs- und Pilotprojekte verdeutlichen das Potential dieser Technologie durch die erreichten Effizienzen (elektrischer Wirkungsgrad und Gesamtwirkungsgrad), sodass die Technologie der Biomassevergassungs-KWK im Vergleich zu auf Verbrennungssystemen basierenden Technologien wesentlich zu bedarfsorientierten, effizienten und dezentralen „Energiesystemen der Zukunft“ beitragen können.

Durch die thermochemische Umwandlung von fester Biomasse in ein brennbares Produktgas werden im ersten Umwandlungsschritt höhere Wirkungsgrade im Vergleich zu Verbrennungsprozessen erzielt. Werden diese höheren Umwandlungswirkungsgrade der primären Umwandlungsschrittes mit dem durchschnittlichen Umwandlungswirkungsgrad von Gasmotoren modernster Bauart kombiniert, so lassen sich auch im kleinen und mittleren Leistungsbereich wesentlich höhere Stromausbeuten im Vergleich zu verbrennungsbasierten KWK Systemen (Dampfprozess, KWK Prozess etc.) erzielen. Dies ist speziell im kleinen und mittleren Leistungsbereich von hoher Relevanz, da derartige Anlagen wärmebedarfsgeführt zu betreiben sind und die dabei erzielte Stromausbeute einen wesentlichen Erfolgsfaktor darstellt (bis ca. doppelt so hoch wie bei Verbrennungssystemen). Durch Verbesserungen im Bereich der Prozessführung soll der Durchbruch der Technologie in den nächsten Jahren möglich sein.

Damit sich die Technologie national und international durchsetzen kann, müssen neben der Funktionalität und Wirtschaftlichkeit auch die Sicherheitsaspekte der Technologie berücksichtigt werden.

Derzeit ist die Technologie der Biomassevergassung mit dem Fehlen eindeutig zuordenbarer gesetzlicher Bestimmung und technischen Richtlinien konfrontiert, weshalb die Ausarbeitung des vorliegenden Projektes für Anlagenhersteller, Anlagenbetreiber sowie für die genehmigenden Behörden eine wesentliche Basis für das Erkennen von technisch richtigen Anlagekonfigurationen sowie für die richtige Anlagenkonstruktion und das Genehmigungsverfahren darstellt.

Ein weiterer entscheidender Punkt für die Erstellung des Leitfadens Anlagensicherheit und Genehmigung von Biomassevergassungsanlagen ist, potentiellen Interessenten an der Technologie (Betreibern und Herstellern) ein Grundlagenpapier zur Verfügung zu stellen, und somit eine Auflistung von Beurteilungs- und Entschei-

zungskriterien zur Verfügung zu haben, welche eine positive Weiterentwicklung des Marktes von Energiebereitstellungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger unterstützen. Derzeit eingereichte Anlagen entsprechen in der Regel nicht den technischen und den sicherheitsrelevanten Anforderungen und stoßen daher im Behördengenehmigungsverfahren auf eine Reihe von Problemstellungen – sowohl durch das Nichtvorhandensein von Informationen im Bereich der angewandten Biomassevergasungstechnologie als auch Notwendigen physikalischen und chemischen Datenbasis. Durch solche Negativprojekte kann die Technologie der Biomassevergasung nachhaltigen Schaden hinsichtlich Ihrer Markteinführung erleiden. Durch Festschreiben von Standards, die auf wissenschaftlicher Basis erarbeitet und mit den Behörden abgestimmt wurden, kann der Genehmigungszeitraum verkürzt und die Planungs- und Investitionssicherheit erhöht werden.

### ***Zielsetzungen und Herangehensweise***

Das Ziel dieses Förderantrags ist es Vorschläge für einheitlichen Sicherheits- und Genehmigungsstandards auf Basis einer wissenschaftlichen Technologie- und Risikostudie zusammenzustellen.

Im Rahmen der Betrachtung der Anforderungen an die beizustellenden Genehmigungsunterlagen, sollen die Problemfelder im Genehmigungsverfahren beleuchtet und durch die Auflistung zuordenbarer Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien unterstützt werden. Folgende genehmigungsrelevante Themen liegen den einzelnen Arbeitsschwerpunkten zugrunde:

- BHKW Abgasemissionen
- Abwasseremissionen aus Biomassevergasungsanlagen (Gasreinigung, Gaskonditionierung, Rückstandsaufbereitung)
- Sicherheitstechnik in Biomassevergasungsanlagen

Damit soll der Problematik im Genehmigungsverfahren von Vergasungsanlagen begegnet werden, um das Defizit an Erfahrungen im Bereich Biomassevergasungstechnologie seitens der Behörden und Betreiber auszugleichen. Einige Projekte befinden sich zum überwiegenden Teil im Probetriebsstatus, wodurch nach Auslaufen dieser Probefrist auch aus derzeitiger Sicht u.U. eine Genehmigung nach Vorliegen dieser Standards leichter möglich wäre. Der Leitfaden soll nicht nur den Weg in Richtung rascherer Genehmigung ebnen, sondern auch verhindern, dass Anlagen, die den Anforderungen in Punkto Betriebssicherheit und Funktionalität nicht entsprechen, eine Genehmigung für den Betrieb erhalten und somit das Betreiberisiko senken.

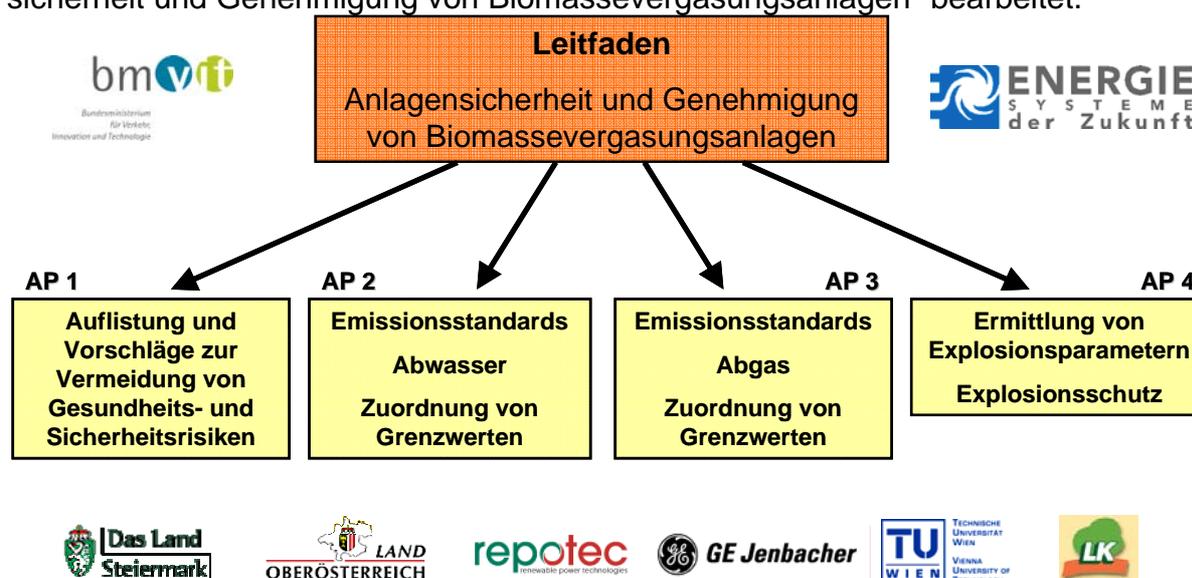
Die Erstellung eines solchen Leitfadens ist nur unter der Zielsetzung der breiten Beteiligung von wissenschaftlichen Instituten auch Partner aus der Wirtschaft und der Zusammenarbeit mit den genehmigenden Behörden möglich. Bei der Bearbeitung der Arbeitspakete wurden daher folgende Institutionen in den Projektablauf eingebunden:

- Amt der steiermärkischen Landesregierung: Beteiligung der jeweiligen Fachabteilungen für Umweltschutz, Explosionen, Abwasser- / Abfallwirtschaft, allgemeiner Maschinenbau, Emissionen und Brandschutz

- Amt der oberösterreichischen Landesregierung: Beteiligung der jeweiligen Fachabteilungen für Umweltschutz, Explosionen, Abwasser- / Abfallwirtschaft, allgemeiner Maschinenbau, Emissionen und Brandschutz
- REPOTEC GmbH. – Anlagenhersteller im Bereich Biomassevergasungsanlagen
- GE Jenbacher AG – Gasmotorenhersteller mit der Spezialisierung auf die Sondergasanwendung

## Inhaltspunkte des Projektes

Folgende Arbeitspakete wurden im Rahmen der Erstellung des Leitfadens „Anlagensicherheit und Genehmigung von Biomassevergasungsanlagen“ bearbeitet.



In **Arbeitspaket 1** wurde anhand der Versuchsanlage zur Vergasung von Biomasse mit Gasreinigung, Rückstandsaufbereitung und gasmotorischer Nutzung des Produktgases des Instituts für Wärmetechnik, TU Graz, eine exemplarische Zusammenstellung der möglichen Sicherheits- und Gesundheitsrisiken erarbeitet. Diese Auflistung wurde unter den Projektpartnern zur Information und mit der Bitte der Ergänzung durch eigene Erfahrungen aus diesem Bereich verteilt, die Rückmeldungen eingearbeitet, sodass dieser Teil unter den Projektpartnern akkordiert abgeschlossen vorliegt.

Die Erhebung der abwasserseitigen Inhaltsstoffe verschiedener Anlagen in **Arbeitspaket 2** sowie deren Lösungsansätze zur Reduktion/Entsorgung bzw. Ansätze zur Klärung der diesbzgl. Grenzwertfragen wurden von der TU Wien in Form eines Werkvertrages durchgeführt. Die Ergebnisse der Arbeiten wurden wie die übrigen Ergebnisse unter den Projektpartnern verteilt und gemeinsam mit Rückmeldungen abgestimmt und eingearbeitet.

Die in **Arbeitspaket 3** beabsichtigte Klärung der Grenzwertfragen bzgl. der Abgasemissionen aus mit Produktgasen aus Biomassevergasungsanlagen betriebene Blockheizkraftwerke stellte sich als eine große Projektherausforderung dar. Aufgrund der derzeitigen Situation, dass im Allgemeinen sowohl die Gaserzeugungs-, wie auch die Gasreinigungstechnologie noch nicht als „Stand der Technik“

bezeichnet werden kann und dadurch das Blockheizkraftwerk gewissen Schadstoffen und zusätzlichen Belastungen ausgesetzt ist, welche die Schadstoffentstehung verstärken, die Lebensdauer des Motors u.U. senken und vor allem den Einsatz von Oxidationskatalysatoren derzeit durch die rasch abnehmende Aktivität des Katalysatormaterials aufgrund vom mit dem Motorabgas ausgetragenen Katalysatorgiften einschränken, war die Kompromissfindung bzgl. der Emissionsgrenzwerte eine interessante Aufgabe. Bedauerlicherweise liegen bis dato keine hinreichenden F&E-Ergebnisse vor, die eine exakte Begrenzung der Emissionen bei hinreichend definierten Auslegungsparametern und Standzeiten ermöglicht hätten. Deswegen hat sich das Projektteam auf die Formulierung von „Emissionszielwerten“ für 2008 geeinigt, welche nach Überprüfung der zum dortigen Zeitpunkt vorliegenden Ergebnisse zu adaptieren sind – jedenfalls aber eine Zielrichtung für die Zeit bis 2008 vorgeben. Darüber hinaus wurde angeregt, die Frage der Emissionsgrenzwertregelung auch auf Bundesebene (s. auch früherer Arbeitskreis für Stationärmotoren) zur Sprache zu bringen und die Einarbeitung der Holzgasapplikation anzustoßen.

Innerhalb **Arbeitspaket 4** wurden Berechnungsansätze zur Abschätzung des Zündverhaltens sowie des zu erwartenden Explosionsdruckes durchgeführt. Die parallel dazu durchgeführten Explosionstests zeigen, dass die Vorhersage der genannten Eigenschaften explosiver Gasgemische mit den bisherigen Ansätzen schwierig bzw. unmöglich ist - adaptierte bzw. neue Ansätze zeigen deutlich bessere Übereinstimmungen. Neben der Durchführung von Explosionstests und der Überprüfung von Berechnungs- und Simulationsansätzen wurden Biomassevergasungsanlagen in Wechselwirkung mit Arbeitspaket 5 auch auf deren Erfordernisse hinsichtlich des „Integrativen Explosionsschutzes“ durch Primär-, Sekundär-, Tertiärmaßnahmen, Maßnahmen zum ArbeitnehmerInnenschutz sowie sonstiger organisatorischer Art untersucht.

Von den Projektpartnern wurde ein weiteres sehr wesentliches Themengebiet (**Arbeitspaket 5**) eingebracht - die Genehmigungsaspekte hinsichtlich der Explosionsthematik konnten, entsprechend der derzeitigen gesetzlichen Regelung (EU-Richtlinien, Normen, Gesetze, Verordnungen) erfasst und bereits im Zwischenbericht abgebildet werden. Der im Zwischenbericht dargestellte Zusammenhang wurde in der Folge konkretisiert und detailliert.

**Arbeitspaket 6 [früher 5]** stellt die Berichtsergebnisse zusammen. Die von den Amtssachverständigen vorgeschlagene Projektbericht-Kurzfassung wird gemeinsam mit diesem Endbericht vorgelegt und enthält lediglich die essentiellen Punkte mit Verweisen auf dieses Dokument.

## 2 Abstract

### Synopsis

***Biomass gasification is a success promising technology for the combined heat and power production based on the utilization of domestic biomass. With this project a safety and commissioning guideline for the technology was created for the enhancement of the technology's market introduction.***

### Motivation

Biomass gasification is one of the most promising technologies for combined heat and power production in small scale and decentralized units. On the basis of the actual state of development of biomass gasification it can be reported, that the technology is on the way to the market having already successfully demonstrated a high efficiency for electrical power yield. As a consequence gasification is more appropriate for operation based on heat demand with doubled electrical power production in comparison to conventional combustion systems.

With the thermochemical conversion of solid biomass into a burnable producer gas the target of the eco-friendly heat and power production can hereby be met. The main advantage of such power generating systems can be explained by the production of a secondary energy carrier - burnable producer gas. Depending on the gasification principle only a loss of exergy of the primary energy source biomass of 10 to 30% is usually observed. The high energy conversion efficiency allows the combination of the gas generating process with CHP-plants, driven e.g. by internal combustion engines. In this configuration biomass gasification plants are able to supply power with an overall efficiency of about 25% in small scale applications (30-100 kW<sub>el</sub>) and overall heat and power efficiencies higher than 80% - assuming that the power scale is well dimensioned with regard to the heat demand.

For the successful introduction to the market many details have to be considered in order for the development of a functional plant concept and successful operating power supply unit as an “energy system of tomorrow”. The development of such plants in the recent past shows huge problems in the technical availability and the authorization in general regarding health, safety and environmental (HSE) issues. In consideration of these topics safety and health aspects must also be involved for the comprehensive analysis in the framework of the guideline. In the actual situation there is no legal certainty in some points, e.g. limiting value regulations with regard to sewage water, flue gas emissions etc. Depending on the gasification plant concept different material flows have to be handled in an employee-safe and environment-friendly way. In an evaluation biomass gasification plant material flows (liquid, solid or gaseous shape) must be classified belonging to their expected amounts and compositions, to have a basis for the assignment to legal regulations. The guideline provides an overview about these topics with a link to actual regulation of plant emissions in Austria. Due to some unclear regulations in the assignment of plant material flows a clarification was reached – in the topic of flue gas emissions from gas engines in operation with wood gas no limiting value regulations were found, so that the project team worked out a recommendation for limiting values with an

additionally description about the difficult conditions in the utilisation of wood gas in internal combustion engines.

This present guideline („Guideline - Safety and Authorization of Biomass Gasification Plants“) provides fundamental information for authorizing bodies on the one hand, and for any potential plant operator seeking for authorization on the other hand. Hereby, the paper supports the market introduction of the biomass gasification technology.

Many of the pilot plants which are already set up, do not fulfill technical as well as safety relevant requirements. These negative plant examples may be hindering for to ongoing market introduction of the technology. As a consequence this guideline seeks to close the lacks of information and to support all involved parties in the licensing procedure – to prevent problems in future. The authorization time period can also be shortened, planning and investment safety increased by confirming standards which have been worked out on a scientific basis and coordinated with the authority bodies.

### ***Approach and Objective***

The aim of the project is to provide a guideline with suggestions for authorization standards and requested safety measures. In this context gaps of information can be observed referring to plant material flows, different plant emissions in shape of gaseous, liquid and solid phase. This general problem of the knowledge in biomass gasification processes is unfortunately combined with a non-assignment of legal regulations to limiting values for plant emission and safety measures. The following topics were considered during the development of the guideline:

- technology description and classification
- risk assessment in biomass gasification plants
- legal regulations for a authorization proceeding
- flue gas emissions of the CHP system
- sewage water emissions from the biomass gasification plant (gas cleaning, gas conditioning, waste water and residues treatment etc.)
- explosions parameters of producer gases from biomass gasification plants
- explosion risks in biomass gasification

For an easier handling of difficulties in the authorization procedure of gasification plants the present guideline also discusses the experiences in the area of biomass gasification technologies, to give permitting authorities and operators of biomass gasification plants a general basic knowledge of critical points in the different process steps. Based on this information it can be easier to reach legislative standards in proposed projects or to transfer plants with a test operation license to a normal operation mode in future.

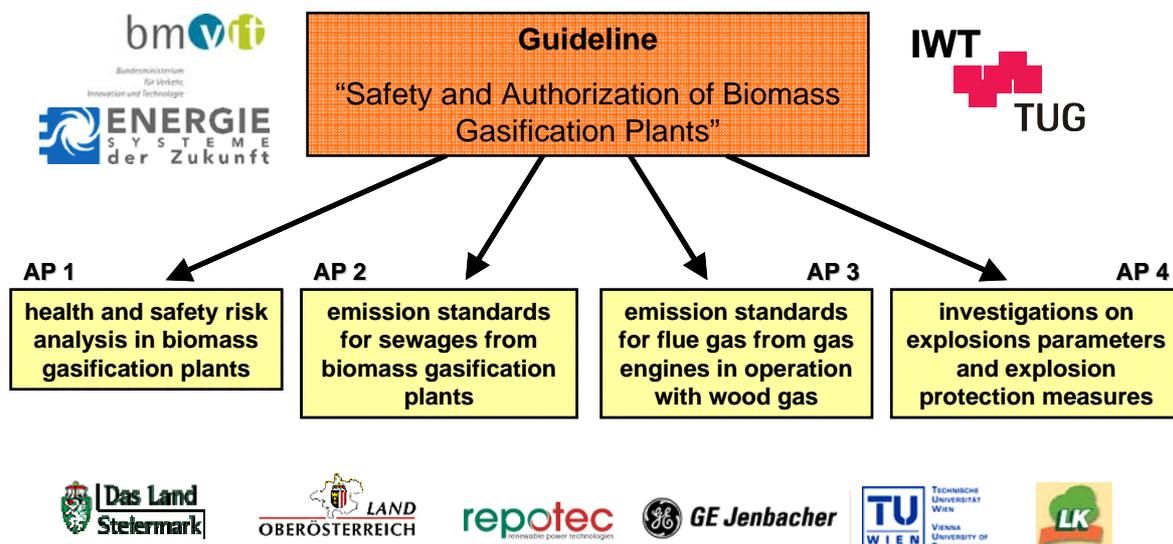
The guideline shall pave in the direction of a quicker authorization but also prevent unfulfilled requirements with respect to health, safety and environmental aspects.

The preparation of such a guideline was done in cooperation with approving authorities and with broad participation of scientific institutes and co-financing industry partners. At the processing of the work packages listed below following partners were involved:

- Department of the Styrian Government with the participation of the respective special departments for environmental protection, explosion issues, sewage-/ waste management, general mechanical engineering and fire protection
- Department of the Upper Austrian government with the participation of the respective special departments for environmental protection, explosion issues, sewage-/ waste management, general mechanical engineering and fire protection
- REPOTEC GmbH as plant manufacturer in the area of biomass gasification plants
- GE Jenbacher AG as Internal Combustion engine manufacturer with the specialization on the special gas application

## Content and Results

The following illustration gives an overview about different work packages for the guideline for safety and authorization of biomass gasification plants.



In work package 1 the pilot plant at the Institute of Thermal Engineering with a fully equipped biomass gasification plant (gas generator - double fire gasifier, gas cleaning, sewage water treatment and producer gas engine) was exemplarily used to do a risk assessment study for possible safety and health risks. The results of this work package is a detailed lists of possible hazards, which were discussed and coordinated by all project partners, to have a kind of guidance for interested person groups, which are confronted with the conduction of a risk analysis during the authorization proceeding.

In consideration of sewages from gas cleaning facilities in the plant detailed results of work package 2 give suggestions for solutions for the treatment/disposal and clarify questions about limiting values for watery emissions from biomass gasification plants. The work package was carried out by the Vienna University of technology in form of a contract of manufacture. The outcome of the studies as well as information to complete the checklist for the preparation of technical documentation were distributed and coordinated amongst the project partners.

Work package 3 intended a clarification of the limiting value question for flue gas emissions from internal combustion engines which are operated with producer gas from biomass gasification plants. In the fore field of the project it seemed to be a challenge to reach a consensus between permitting authorities, operators and manufacturer of engines for the utilization of wood gas. Nevertheless it was possible to give a coordinated recommendation for limiting values in flue gas emissions with a detailed description of boundary conditions for the reachability of the recommended limiting values. The description of these boundary conditions contains general hints of critical points in the process step of gas generation and gas cleaning, which are essential for the gas utilization part of the plant. The purity of the producer gas has big influence on the durable compliance with prospective flue gas emission standards. Especially inorganic pollutants in producer gases are under suspicion to decrease life times of exhaust gas treatment systems, e.g. by poisoning the engine oxidation catalyst. A central task of this work package was to find a compromise between already existing limiting value for comparable technologies like biogas utilization and possible reachable flue gas emission values referring to the state of the art of wood gas utilization especially concerning CO emission. According to existing R&D results on oxidation catalyst systems it is not possible to give a statement about reachable emission values under defined parameters and feasible catalyst life times under real operation conditions in the complete process chain. So the project team decided to suggest a plan for the administration of the recommended limiting values ending 2008. Furthermore it is proposed to get in contact with permitting authority groups to edit this question of the emission limit regulation also on federal level to update a former study of the Austrian working group for “emissions from stationary internal combustion engines”.

Explosion pressure tests were carried out within work package 4 for the estimation of the flammability behavior as well as the calculation. The explosion tests show that the forecast of the mentioned qualities of explosive gas mixtures is difficult or even impossible with previous approaches found in literature - so adapted or new approaches were tested and showed considerably better results in relation to the tested gas mixtures in explosions tests. Besides the execution of explosion tests and the verification of simulation approaches also the results from the analysis of the European Union Directive regulation on explosion protection (ATEX), the Pressurized equipment Directive (PED), and the Machinery Directive which are discussed in work package 5 were taken into consideration. This essential subject was conducted after suggestion by the project partners, and the demand was additionally intensified by the results of a questionnaire on HSE aspect prior to the project start.

Integrated explosion protection concepts for primary, secondary and tertiary measures as well as measures for employee protection and enhancement of safety in an organizational way of daily plant routines were developed with regard to the findings of the above mentioned working packages.

Work package 6 [former 5] summarizes the project results. The report abstract suggested by the representatives of the government is presented together with this final report and contains merely the essential points with references to the main document of the guideline.

In the context of the project processing an essential basis was prepared to overcome barriers for a successful market introduction in this field with respect to HSE (health, safety and environment) issues.

It is assumed that the guideline will be of high importance for the plant operators and permitting authorities in the future.

## 3 Erweiterter Kurzbericht

### 3.1 Vergasung von Biomasse – Technologien & State of the Art

Die Vergasung von Biomasse mit nachgeschalteter gasmotorischer Umwandlung des Produktgases in Strom und Wärme bietet eine technische Möglichkeit zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energieträgern im Sinne einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Der Prozess der Biomassevergasung mit nachgeschaltetem Gasmotor zielt besonders auf das Gebiet der dezentralen Nutzung von Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungen ab. Im Vergleich zu den KWK-Technologien, die auf Basis von Verbrennungssystemen arbeiten, werden auch im niedrigen Leistungsbereich höhere elektrische Wirkungsgrade und höhere Stromkennzahlen  $\sigma$  erreicht – die Stromkennzahl wird errechnet aus dem Quotienten von elektrischer und thermischer Leistung der Gesamtanlage. Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen werden maßgeblich an diesen Kennzahlen gemessen – Biomassevergasungs-KWK-Anlagen bieten daher für den kleinen Leistungsbereich relativ hohe elektrische Leistungsausbeuten bei geringer anfallenden thermischen Leistungen, was eine Grundlasteinordnung in Nah- und Fernwärmesysteme erleichtert.

Für die erfolgreiche Markteinführung ist die Einhaltung verschiedenster europäischer Richtlinien sowie nationaler Gesetze, Verordnungen, Normen technischer Richtlinien und die Errichtung genehmigungsfähiger Biomassevergasungsanlagen nach Gesetzesstand erforderlich. In den Gesetzespassagen wird vielfach die Definition des „Standes der Technik“ verwendet, der wie folgt definiert ist [2]:

*„...ist der auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen, Bau- oder Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere jene vergleichbaren Verfahren, Einrichtungen Bau- oder Betriebsweisen heranzuziehen...“*

Aussagen über den Stand der Technik lassen sich unter Zuhilfenahme von Beurteilungs- bzw. Festlegungskriterien machen, die der Anlage 6 der Gewerbeordnung zu entnehmen sind [2]. Derzeit existieren noch keine Biomassevergasungsanlagen, die diesem definitionsgemäßen „Stand der Technik“ entsprechen, da die Technologie in weiten Bereichen noch in Entwicklung steht. Aus den derzeitigen Daten und Fakten lässt sich ein „Stand der technischen Wissenschaften“ definieren, der sich sowohl aus Daten derzeit vorangetriebener Projekt- und Prozessentwicklungen als auch aus wissenschaftlichen Erkenntnissen sowie aus prinzipiellen Verfahrenskonzeptcharakterisierungen zusammensetzt.

In Abbildung 3-1 ist ein vereinfachtes beispielgebendes Anlagenschema einer Biomassevergasungsanlage mit deren Anlagenkomponenten dargestellt, anhand dessen eine grobe Verfahrensbeschreibung möglich ist. Der Brennstoff wird in der Regel über einen luftdichten Abschluss (Ausnahme Open Top Vergaser) in den Vergasungsreaktor eingebracht. Im Vergasungsreaktor findet entsprechend den verschiedenen Vergasertechnologien eine Umsetzung des eingebrachten Brennstoffs mit dem Vergasungsmittel (Luft oder Dampf) in das Produktgas statt. Im Vergasungsreaktor bzw. dessen Nebenreaktoren finden die Vorgänge der Trocknung, Pyrolyse, Oxidation und Reduktion statt. Das Produktgas verlässt den Reaktor mit einer gewissen Schadstoffbeladung und Enthalpie. In den weiteren Prozessfüh-

rungsschritten wird die im Produktgas enthaltene sensible Wärme zur Bereitstellung interner Prozesswärme, aber auch zur Auskoppelung von Wärme genutzt. In verschiedenen Reinigungs- und Kühlkomponenten wird das Produktgas einer trockenen (heißen) und/oder nassen Gasreinigung unterzogen, um den entsprechenden Reinheitsanforderungen für den späteren Einsatz im Gasnutzungsaggregat (Gasmotor, etc.) gerecht zu werden.

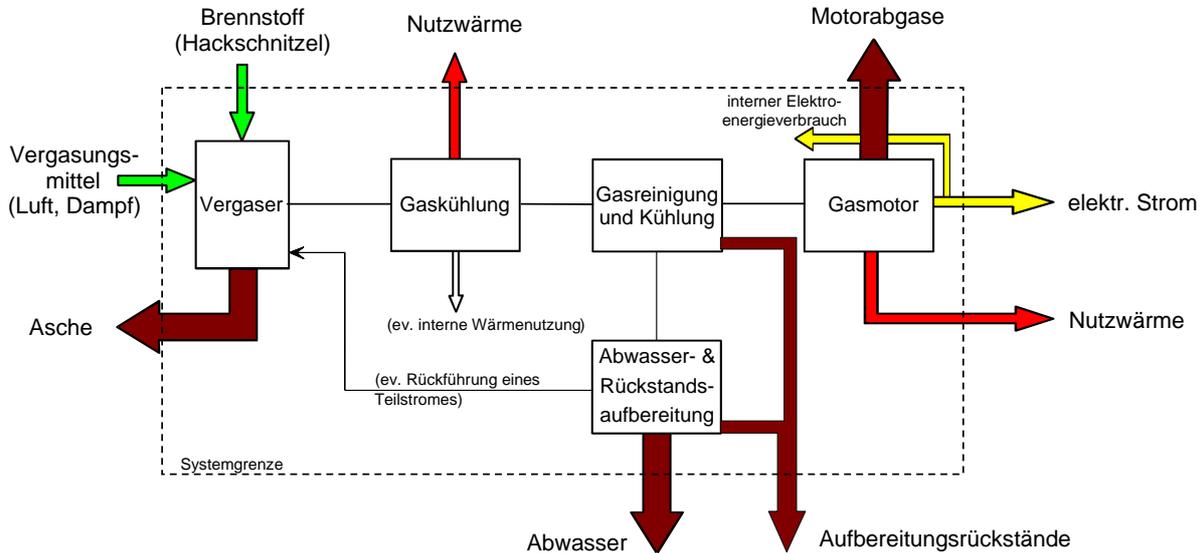


Abbildung 3-1: Vereinfachte Darstellung eines Biomasse-Blockheizkraftwerkes mit den gasförmigen, flüssigen und festen Emissionsströmen [1]

Die Prozesskette der Biomassevergasungstechnologie in den einzelnen Verfahrensschritten ist dem Hauptdokument zu entnehmen. Die Technologiebeschreibung im Hauptdokument stellt einen wesentlichen Punkt in der Ermittlung des Standes der technischen Wissenschaften dar, auf dessen Basis weitere Untersuchungen aus den Bereichen der Risikobeurteilung, Anlagensicherheitstechnik, Anlagengenehmigung, relevante Anlagenemissionen des Genehmigungsverfahrens etc. vorangetrieben wurden.

Den Beschreibungen zu den einzelnen Prozessschritten sind zu beachtende Punkte angefügt, die maßgebende Fehlerquellen für die technische Verfügbarkeit derartiger Anlagen darstellen können bzw. für den sicheren Betrieb der Anlage unerlässlich sind.

Eine Beurteilung möglicher auftretender Gefahren, sowie eine Auflistung zu ergreifender Maßnahmen aus den Erfahrungen beim Betrieb an der IWT-Versuchsanlage ist dem Anhang des Leitfadens zu entnehmen – Zielsetzung dieser erarbeiteten Liste ist es, eine beispielgebende Anleitung für die Risikobeurteilung möglicher Gefahren (Gesundheitsschädigung, Vergiftungsgefahr, Brand- und Explosionsgefahr etc.) zusammenzustellen.

Neben der Beschreibung der technischen Anlagenteile, Funktionsbeschreibung und Auflistung wichtiger zu beachtender Punkte ist darauf hinzuweisen, dass in Biomassevergasungsanlagen Medien erzeugt, umgewandelt, gespeichert und angereichert werden können, die sowohl gesundheitsschädigend auf den menschlichen Organismus (Vergiftung, Erstickungsgefahr, Brand- und Explosionsgefahr) als auch beeinträchtigend auf die Umwelt (Anlagenemission und in Folge Immissionen) wirken können. Aus diesem Grund sind zur Wahrung der menschlichen Gesundheit und Schutz der Umwelt entsprechende Anforderungen an die technische Ausstattung und den Betrieb derartiger Anlagen zu stellen.

## 3.2 Genehmigungsverfahren für Biomassevergassungsanlagen

Im Rahmen des Behördenverfahrens zur Genehmigung von Biomassevergassungsanlagen ist eine Reihe von Vorgaben einzuhalten.

***Es wird besonders darauf hingewiesen, dass die zusammengefassten Rechtsgrundlagen lediglich eine Auflistung der in Frage kommender Gesetzes- und Verordnungsstellen darstellen – die endgültige Entscheidung über die anzuwendende Rechtsmaterie trifft die Behörde.***

Für die Beurteilung der Biomassevergassungsanlagen im Genehmigungsverfahren ist die Betrachtung der Anlagenemissionen (z.B. gasförmig, flüssig, fest, Schall, Erschütterungen) sowie die sicherheitstechnisch richtige Ausführung der Anlage unter den anlagentechnischen Gegebenheiten (Temperatur, Druck, Zusammensetzung/Inhaltsstoffe) entscheidend. Im Genehmigungsverfahren können unter anderem folgende Rechtsmaterien zur Anwendung gelangen:

- Baugesetz, Bauordnung (BauO) - je nach Bundesland
- Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG)
- Gewerberecht
- Kesselrecht
- Luftreinhalterecht (Immissionsschutzgesetze und -Verordnungen, Luftreinhaltengesetze bzw. -Verordnungen)
- Wasserrecht
- Abfallrecht
- Landesgasgesetze
- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung größer 50 MW sind mit Bürgerbeteiligungsverfahren zu genehmigen, Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung größer 200 MW sind UVP-pflichtig)
- Naturschutzrecht
- Bergrecht
- Eisenbahnrecht
- Luftfahrtrecht

### 3.2.1 Relevante Unterlagen im Genehmigungsverfahren von Biomassevergassungsanlagen

Vor der Erstellung der Unterlagen für das Genehmigungsverfahren ist mit der/den zuständigen Behörde(n) abzuklären nach welchen gesetzlichen Grundlagen die Biomassevergassungsanlagen genehmigt werden soll.

In einzelnen Gesetzen (z.B. GewO [2]) sind die Anforderungen an die Genehmigungsunterlagen festgelegt bzw. ist auch angegeben, wie viele Ausfertigungen der Genehmigungsunterlagen bei der Behörde einzureichen sind.

Der Inhalt folgender Aufzählung stellt eine wesentliche Grundlage für die effiziente Abhandlung eines Genehmigungsverfahrens dar. Die gewissenhafte Erarbeitung der Hauptpunkte der Genehmigungsunterlagen erleichtert die Vorprüfung der Unterlagen

nach Einreichung auf deren Plausibilität sowie hinsichtlich der Nachweisbarkeit der technischen Funktionalität des beantragten Anlagenprojektes.

1. Informationen zum Anlagenstandort und zur Anordnung der Anlage
  - 1.1. **Lageplan** mindestens im Maßstab 1:1000, aus dem die Biomassevergasungsanlage, die angrenzenden Objekte und Nachbarliegenschaften (auch: Bebauung, Nutzungsart – z.B. Kennzeichnung von umliegenden Wohngebäuden, Widmung sowie Grundstücksnummer der Liegenschaft, Name des Eigentümers bzw. des Nutzers, Postadresse), die ringsum nächstgelegenen Wohnobjekte sowie Leitungsanlagen (z.B. allenfalls vorhandene Fernwärmeleitungen, Hochspannungsleitungsanlagen, Trafostationen) und sämtliche Verkehrswege im Bereich der Biomassevergasungsanlage ersichtlich sind. In diesem Lageplan sind betroffene Fremdanlagen und -leitungen darzustellen.
  - 1.2. Informationen über eventuelle Gefahrenzonen (z.B. von Anrainern ausgehende, ausgewiesene Hochwasserabflusszonen oder Lawinenschutz zonen) im bzw. um den Anlagenbereich sind im Lageplan darzustellen.
  - 1.3. Verzeichnis über **Anrainer der Betriebsanlage** inkl. Postadressen
  - 1.4. **Baupläne der Anlagengebäude (Grundriss, Aufriss, Schnitte)** im erforderlichen Maßstab (z.B. 1:100, 1:50), in denen prinzipiell die Aggregate etc. und deren Einbindung in die Gesamtanlage übersichtlich und eindeutig dargestellt werden.
  - 1.5. **Baubeschreibung**
    - 1.5.1. Ausführung der Gebäudeteile (Räume mit Maßangabe, Wände, Tür- und Fensteröffnungen, Stiegen und Rampen, Aufzüge, Rauch- und Abgasfänge sowie sonstige Schächte - bei Erweiterungen und Änderungen auch der angrenzenden Räume)
    - 1.5.2. Zweckwidmung der Räume, Nutz-, Belichtungs-, Lüftungsflächen
    - 1.5.3. Belüftung (Lage der Lüftungsgeräte, der Ansaug- und Ausblasöffnungen sowie die grundsätzliche Kanalführung lufttechnischer Anlagen)
    - 1.5.4. Brandabschnittsgrenzen und Brandschutzabschlüsse (nähere Angaben siehe Kapitel 4.3 Leitfaden Langversion)
    - 1.5.5. Lagerflächen und innerbetriebliche Verkehrsflächen, im Gebäude und allenfalls im Freien (z.B. Lagerflächen)
    - 1.5.6. Oberflächenabwasseranlagen, Dimensionen
    - 1.5.7. Fluchtwege, Notbeleuchtung (Situierung)
    - 1.5.8. Rauchabzugsöffnungen
  - 1.6. **Technische Beschreibung und Darstellung** (Technische Zeichnungen, Schemata etc.) im Anlagenbereich bzw. der Anlagenumhausung
    - 1.6.1. Maschinenaufstellungspläne mit dazugehöriger Maschinenliste (Fabrikat, Type, elektrischer Anschlusswert etc.)
    - 1.6.2. Maschinen und Anlagen als einfache Darstellung der Hauptbestandteile bzw. in Symbolform
    - 1.6.3. Lager und Anlagen für technische Gase, Leitungsschema von zentralen Gasversorgungseinrichtungen
    - 1.6.4. Feuerstätten, ortsfeste Lagerbehälter für flüssige Brennstoffe, Leitungsschema für Gasanlagen
    - 1.6.5. Typen von betrieblichen Abwasseranlagen
2. **Beschreibung des technischen Anlagekonzeptes, Betriebsweise** (Regel-, Hoch-, Niederfahr- und Notfallbetrieb, ...)

- 2.1. **Fließschema** der Anlage hinsichtlich:
    - des **verwendeten Brennstoffes** (Waldhackgut, zusätzliche Brennstoffe für Zu- und Stützfeuerung - z.B. Fackelanlagen etc.),
    - aller **zusätzlichen Betriebsmedien** (Kühl- und Waschmedien, Schmieröle, etc.)
    - des **erzeugten Produktgases** mit den vorhandenen Armaturen und Sicherheitseinrichtungen sowie
    - aller anfallenden Reststoffe (**feste Vergasungsrückstände** (Asche, Koks etc.), **flüssige Vergasungsrückstände** (Kondensate, Abwässer, Waschmedien etc.) und
    - **Anlagenabgas- und -abluftströme** (Motorabgas, Kessel- und Fackelabgase, Notausblaseleitungen, Lüftungsanlagen, etc.).
    - Anordnung der Probenahme- und Messstellen
    - Angaben der über die **Wärmeabgabe an Dritte** (Energiebilanz - Strom, Brennstoff, Wärme), Angabe des Jahresnutzungsgrades, Langfristige Wärmelieferverträge, Wärmemengenzähler bei der Fernwärmeauskoppelung und den Abnehmern)
  - 2.2. **Technische Beschreibung** der Biomassevergasungsanlage (Prozessschritte, Prozessablauf, Massen- und Energiebilanz, insbesondere Wasserbilanz, wärmetechnische Einbindung, Effizienz (Wirkungsgrad und Nutzungsgrad), gastechnische Einrichtungen – Produkt- und Abgasreinigungsanlagen, Lüftungsanlagen etc.), Verfahrensfließbilder (nach EN ISO 10628, [9]), Apparatebeschreibung
  - 2.3. Anzahl der Arbeitnehmer bzw. Personen im Betrieb
  - 2.4. Maßnahmen zur Verhinderung von Unfällen für die Erstellung einer Risikobeurteilung
  - 2.5. Transportlogistik (Zeiten und Anzahl der An- und Ablieferungen etc.)
  - 2.6. Brennstofflogistik und Einbringung der umzusetzenden Brennstoffmengen
    - 2.6.1. Lagerung und Bevorratung der Brennstoffe
    - 2.6.2. Lagerung der Rückstände
  - 2.7. Betriebsvorschriften für die Anlage
    - 2.7.1. Vorschrift für die Inbetriebnahme u. Wiederinbetriebnahme
    - 2.7.2. Betriebsvorschrift für den Normalbetrieb
    - 2.7.3. Betriebsvorschrift für das Verhalten bei Auftreten von Störungen
    - 2.7.4. Vorschrift für die Außerbetriebnahme
  - 2.8. Abfallwirtschaftskonzept
3. Beschreibung der Ausführung elektrotechnischer Anlagen
    - 3.1. Technische Beschreibung sämtlicher im Eigentum des Konsenswerbers befindlichen elektrischen Hochspannungsanlagen samt Aufstellung bzw. Verlegung (Hochspannungskabel, Hochspannungsschaltanlage, Trafos)
    - 3.2. einpoliges Übersichtschaltbild der Anlagen zur Erzeugung, Übertragung und Versorgung mit elektrischer Energie
    - 3.3. Aufstellungspläne der Hochspannungsanlagen, Kabel- und Leitungspläne
    - 3.4. Angabe der Eigentumsgrenze zwischen Konsenswerber und EVU (d.h. welche elektrischen Anlagen dem Konsenswerber gehören)
    - 3.5. Angaben über den Einspeise- und Zählpunkt
    - 3.6. Betriebsführung der Hochspannungsanlagen
    - 3.7. Technische Beschreibung der Niederspannungsschaltanlage(n)
    - 3.8. Technische Beschreibung der Stromerzeugungsanlagen
    - 3.9. Betriebsführung der Stromerzeugungsanlagen

- 3.10. Allgemeine Beschreibung der Elektroinstallation, Beleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung, Anschlusswert der Verbraucheranlage
- 3.11. Blitzschutzprojekt, Blitzschutzklassenerhebung nach ÖVE/ÖNORM E 8049-1
- 3.12. Steuerungs-, Regelungs- und Messtechnik, Automatisierungstechnik, Sicherheitsroutinen
- 4. Ausführung der Sicherheitstechnik-Anlagensicherheit
  - 4.1. Maßnahmen zum ArbeitnehmerInnenschutz
  - 4.2. Explosionsschutz
    - 4.2.1. Erhebung der vorliegenden Explosionsgefahren
    - 4.2.2. Ex-Zonenplan
    - 4.2.3. Angaben zur Beherrschung der Explosionsgefahren entsprechend der Ex- Zonenplaneinteilung
  - 4.3. Brandschutz
    - 4.3.1. Beschreibung der brennbaren Stoffe in der Anlage und Auflistung der Maßnahmen zum Brandschutz (z.B.: Brennstoffbeschickung, Waschmedienlagerung etc.)
    - 4.3.2. Festlegung von Brandabschnitten in den jeweiligen Anlagenabschnitten
    - 4.3.3. Emissionspunkte - Entfernung zu brennbaren Bauteilen, Temperaturen
    - 4.3.4. Technische Ausführung (Rückbrandsicherung, Rohrleitungs- und Kabelführung bzw. –durchführung, Warn- bzw. Meldeanlagen)
    - 4.3.5. Erste und erweiterte Löschhilfen (Art, Situierung)
- 5. Emissionen der Anlage
  - 5.1. Lärmemission der Gesamtanlage
    - 5.1.1. Schallemission von Maschinen, Lüftungsanlagen etc.; Angabe des Raumschallpegels
    - 5.1.2. Maßnahmen zur Verringerung von Schallemissionen, Erschütterungen etc., Lärminderung in Arbeitsräumen (absorbierende Decke, Kapseln von Maschinen etc.)
  - 5.2. Gasförmige Emissionen der Biomassevergasungsanlage
    - 5.2.1. Angaben über die Abgasemissionen des BHKW (Art, Konzentrationen und Massenströme)
    - 5.2.2. Angaben über das Abgasnachbehandlungskonzept (in Abstimmung mit der Produktgasqualität bedingt durch das eingesetzte Gasreinigungsverfahren – siehe Katalysatorstandzeiten, Dauerbetriebseigenschaften, Katalysatorgifte)
    - 5.2.3. Angaben über die Vorkehrungen zur Minimierung von Schadstoffen in gasförmigen Motoremissionen
    - 5.2.4. Angaben über die Emissionen von Abgasen aus Gas-Notfackeln
    - 5.2.5. Emissionen aus Biomassekesseln, die im Genehmigungsumfang enthalten sind bzw. technischen Zusammenhang mit der Biomassevergasungsanlage stehen (z.B. Abwasserentsorgung, Reststoffverwertung aus der Biomassevergasungsanlage)
    - 5.2.6. Angaben zur Durchführung von (periodischen) Emissionsmessungen während des Anlagenprobetriebes und des Anlagenbetriebes
    - 5.2.7. Ausblasehöhe über Grund und Dach, Ausblasegeschwindigkeit und Temperatur
  - 5.3. Reststoffe im Biomassevergasungsprozess des jeweiligen Anlagenkonzeptes

- 5.3.1. Angaben über Art und voraussichtlichen Anfall von Reststoffen (Abwasser, Asche, Koks, Schlämme aus den Abwasserreinigungsstufen) (siehe Kapitel 2.2 – Massenbilanzen)
- 5.3.2. Prüfung anfallender Abwässer und des Abwassernachbehandlungsverfahrens auf wasserrechtliche Relevanz (Indirekteinleitung, Bekanntgabe erwarteter Inhaltstoffe und Anfallmenge) – siehe Kapitel 3.4.4.4 der Kurzfassung
- 5.3.3. Angaben über die Handhabung und Zwischenlagerung, die betriebsinterne Verwertung oder Entsorgung (Ort, Lagermenge und Sicherheitsmaßnahmen),

Unterlagen, die zur Einreichung eines Förderungsansuchens bei der Österreichischen Kommunalkredit (ÖKK) erforderlich sind.

1. Antragsformular ÖKK
2. technisches Datenblatt (Fragebogen) einschließlich der sinngemäßen Angabe des eingesetzten Brennstoffes (biogene Energieträger, z.B. Stroh, Holz im Sinne des § 19 LRV-K, BGBl. Nr. 19/1989 i.d.g.F.)
3. detaillierte technische Unterlagen zum beantragten Projekt
4. KWK-Anlagen: eine Wirtschaftlichkeitsberechnung mit vertraglich zugesicherten Einspeiseverträgen
5. Angebote für die zur Förderung beantragten Anlagen und Leistungen
6. Bericht des Kreditinstitutes
7. sofern möglich Nachweis der Gewerbeberechtigung
8. bei juristischen Personen: Auszug aus dem Firmenbuch

### **3.2.2 Zusammenfassung**

Die Zusammenstellung aller möglichen in Betracht kommenden Rechtsvorschriften im Genehmigungsverfahren ist eine der zentralen Intensionen dieses Dokumentes. Bedingt durch die unterschiedlichen bundesweiten Herangehensweisen bei der Durchführung von Genehmigungsverfahren von projektierten Biomassevergasungsanlagen können lediglich Hinweise über die anzuwendenden Gesetze und Verordnungen, die auf der derzeitigen Genehmigungspraxis basieren, gegeben werden. Im Zusammenhang mit der Genehmigung stromerzeugender Anlagen mit einer Wärmeabgabe an Dritte und der Verwendung erneuerbarer Energieträger kann auf Basis verschiedenster Gesetzesstellen genehmigt werden – Biomassevergasungsanlagen können bzw. werden demnach in den Wirkungsbereich des Ökostromgesetzes, der EIWOGs, der Gewerbeordnung, des Abfallwirtschaftsgesetzes, der Landesgasgesetze etc. fallen. In der derzeitigen Genehmigungssituation herrschen in Bezug auf die Anwendung dieser Gesetzeswerke unterschiedlichen Auffassungen.

Um auf die Besonderheiten jedes Anlagenkonzeptes individuell eingehen zu können, ist vor Beginn der Erstellung der Genehmigungsunterlagen mit der Behörde festzulegen, auf welcher Rechtsgrundlage die Anlage genehmigt werden soll. Die Checkliste für die Erstellung von Genehmigungsunterlagen für Biomassevergasungsanlagen stellt eine Grundlage zur prinzipiellen Kontrolle auf Vollständigkeit der einzureichenden Unterlagen dar – ergänzende Unterlagen, die von der bearbeitenden Behörde gefordert werden, sind zusätzlich vorzulegen.

### **3.3 Entwicklung der Sicherheitslegislative**

Im Bereich der Sicherheitslegislative sind eine Reihe von europäischen Richtlinien, Gesetzen, Verordnungen und technischen Richtlinien zu berücksichtigen, welche die technische Gestaltung der Biomassevergasungsanlagen beeinflussen – unter anderem sind folgende Rechtsgrundlagen aus dem Bereich der Sicherheitstechnik zu berücksichtigen:

- Maschinenrichtlinie
- ATEX – Richtlinien
- Druckgeräterichtlinie
- Nationale Gesetze und Verordnungen, die die Umsetzung europäischer Richtlinien vorsehen
- NFPA – National Fire Protection Agency
- ÖVGW – Richtlinien Gas
- TRVB – Richtlinien
- Einschlägige harmonisierte Normen aus dem Bereich der Sicherheits-, Anlagentechnik etc.

Grundlegendes Element dieser europäischen Richtlinien ist die Risikobeurteilung in möglichen Betriebszuständen der Anlagen. Zur Umsetzung der geforderten Durchführungsvorschriften bzgl. der Risikobeurteilung ist im Gesamtdokument eine beispielgebende Vorgehensweise skizziert, die als Ausgangspunkt für Untersuchungen an diversen Anlagen genutzt werden kann – die Ausführung stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, besitzt beispielgebenden Charakter und ist entsprechend den jeweils vorliegenden Anlagenspezifika zu ergänzen!

Im Rahmen der Durchführung der Workshops stellten sich die Inhalte dieser Kapitel als sehr wesentlich heraus, da die Einhaltung der europäischen Richtlinien bzw. Gesetze, Verordnungen und harmonisierten Normen auf nationaler Ebene tiefgreifenden Einfluss auf die technische Ausführung und die Genehmigungssituation dieser Anlagen haben.

Neben der zentralen Zuordnung der Einflussbereiche europäischer Richtlinien (Maschinenrichtlinie, ATEX Richtlinien, Druckgeräterichtlinie mit der nationalen Umsetzung in der Maschinensicherheitsverordnung, VEXAT, Druckgerätesicherheitsverordnung etc.) auf derartige Anlagen stellt auch die Anwendung technischer Richtlinien und Regelwerke auf nationaler Ebene (ÖVGW, TRVB, nationale Normung) einen erweiterten Rahmen für die Anlagengestaltung dar. Auf die nach Meinung der Projektpartner wichtigsten technischen Richtlinien ist im Dokument verwiesen. Die technischen Regelwerke sind – da teilweise nicht explizit für die Anwendung bei Biomassevergasungsanlagen vorgesehen – sinngemäß zur Anwendung zu bringen.

Darüber hinaus soll auf die Verbindung der verschiedenen Regelwerke untereinander hingewiesen werden um bereits in der Planungsphase Synergieeffekte durch die Ausrichtung und Entwicklung von Anlagenkonzepten sowie deren konstruktiven Gestaltung im Hinblick auf die gemeinsamen und speziellen Zielsetzungen der Richtlinien (wie bspw. ArbeitnehmerInnenschutz, Maschinenbau, Elektrotechnik etc.) erzielen zu können.

### **3.4 Emissionen aus Biomassevergasungsanlagen**

#### **3.4.1 Abgasemissionen bei der Verwertung von Produktgasen aus Biomassevergasungsanlagen**

Neben gewünschten Produkten der innermotorischen Verbrennung (mechanische Wellenarbeit und Wärme) entstehen auch unerwünschte Emissionen, wie Lärm, Schwingungen und vor allem Schadstoffe aus dem Verbrennungsvorgang beim Betrieb von Blockheizkraftwerken. Bedingt durch ungleiche Verbrennungseigenschaften von Kohlenmonoxid im Vergleich zu Wasserstoff und Methan, dem Schlupf an Unverbranntem (Kohlenmonoxid sowie verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen aus Treibgasen sowie unvollständigen Verbrennungsvorgängen im Zylinderinneren) und dem hohen Stickstoffanteil im Produktgas ( $N_2$ ,  $NH_3$ , ...), was zu entsprechenden Stickoxidemissionen führen kann, kann es zu erhöhten Schadstoffbelastungen im nicht behandelten Abgasstrom kommen.

#### **3.4.2 Empfehlung für Emissionsgrenzwerte bei der Nutzung von Holzgas in Stationärmotoren - aus der Sicht des Projektteams realisierbare Emissionen unter Verwendung von BAT in der Prozesskette**

Auf Basis der Erfahrungen an ausgeführten Biomassevergasungsanlagen lassen sich im Hinblick auf erreichte und in Zukunft erreichbare Emissionswerte Empfehlungen der Projektgruppe zusammenfassen. Die Rahmenbedingungen zur Erreichung von Emissionsgrenzwerten sind nachfolgend zusammengestellt.

##### **3.4.2.1 Erläuterung der Rahmenbedingungen für empfohlene/realisierbare Emissionsgrenzwerte**

Die angeführten Betriebswerte aus den Anlagebeispielen (siehe Kapitel Gesamtdokument Leitfaden „Anlagensicherheit und Genehmigung von Biomassevergasungsanlagen“) stellen den derzeitigen Stand erreichter bzw. erreichbarer Emissionswerte aus KWK-Anlagen auf Basis Biomassevergasung dar. In Bezug auf die einzuhaltenen Emissionsgrenzwerte sind die erreichten Werte schwierig untereinander vergleichbar, da die erzielten Messergebnisse auf unterschiedlichsten Anlagenkonzepten und Leistungskategorien in der Gaserzeugung, Gasreinigung, Gasnutzung, im Motormanagement und in der Abgasnachbehandlung etc. beruhen.

Für Biomassevergasungsanlagen müssen im Hinblick auf die Anwendung von Emissionsgrenzwertempfehlungen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens folgende Punkte aus Sicht des Projektteams berücksichtigt werden:

1. Verwendeter Brennstoff und verwendetes Vergasungsmittel sowie verwendete Betriebsmittel (z.B. Betriebsmedien in der Gasreinigung)
2. Beurteilung des Anlagenkonzepts – Technologiebeschreibung (Gaserzeugung, erzielte Gasreinheiten – Aersolabscheidung, Gaskonditionierung, Art der Abgasnachbehandlung etc.)
3. Leistungsbereichsunterscheidung der Anlagen

4. Zuordnung vergleichbarer Anlagenkonzepte bzw. deren erreichte Emissionswerte
5. Immissionssituation im Umfeld der Anlage
6. Nachweis der Anlagenemissionen

### **3.4.3 Emissionsgrenzwertempfehlung für den Betrieb von Motor-Blockheizkraftwerken mit Produktgasen aus Biomassevergassungsanlagen**

Folgende technische Rahmenbedingungen sind der Emissionsbetrachtung von Holzvergassungsanlagen zugrunde zu legen:

- Holzgas weist eine völlig unterschiedliche Zusammensetzung im Vergleich zu Klärgas/Deponiegas/Biogas etc. auf,
- Treibgase aus Biomassevergassungsanlagen weisen ein Vielkomponenten-Brenngasgemisch auf, welches hinsichtlich der Verbrennungseigenschaften und Emissionsentstehungsmechanismen im Vergleich zu Klärgas/Deponiegas/Biogas etc. differenziert zu betrachten ist.
- Aus dem mechanischen Arbeitsprinzip (Ventilsteuerung und Abgasrückführung) der Verbrennungskraftmaschinen und der hohen Kohlenmonoxid-Treibgaskonzentration ergibt sich ein gewisser „Basisschlupf“ von Kohlenmonoxid.
- Die mit dem Treibgas eingebrachten Mengen an Ammoniak führen im Motor zur  $\text{NO}_x$ -Bildung (Brennstoff- $\text{NO}_x$ ), welches zwar durch ein geeignetes Motormanagement prinzipiell minimiert werden kann (thermisches  $\text{NO}_x$ , jedoch nur eingeschränkt Brennstoff- $\text{NO}_x$ ) – in Kombination mit der Treibgaszusammensetzung ergeben sich aber technische Limits bzgl. des Erreichens der Magergrenze (Zündaussetzer) – siehe prinzipielle Schadstoffentstehung in Verbrennungskraftmaschinen, (Kapitel 8.1 des Leitfadens)
- In Verbindung mit Spurenstoffen im Treibgas, die eine Deaktivierung des Katalysators hervorrufen, gibt es derzeit noch keine Langzeitbetriebsversuche und –erfahrungen mit Katalysatoren in voller technischer Baugröße (derzeit vielfach nur im Teilstrom betrieben) – die derzeit vorliegenden F&E-Ergebnisse lassen einen fundierten Schluss auf die zu realisierenden Emissionen noch nicht zu.
- Durch positive Beispiele aus mehreren Pilotanlagen kann der Einsatz von Oxidationskatalysatoren, neben anderen am Markt befindlichen Systemen, zur Reduktion der Kohlenstoffmonoxidemissionen als BAT angesehen werden. Die Formulierung von CO-Emissionsgrenzwerten, die den Einsatz von Abgasnachbehandlungssystemen notwendig macht, ist daher zu empfehlen.
- Darüber hinaus hat die Qualität des Produktgases aus Gaserzeugungs-/Gasreinigungs-/Konditionierungstechnologiekombinationen entscheidenden Einfluss auf die Motorstandzeit, die Rohemissionen und die Standzeit des Abgasnachbehandlungssystems.
- Auf Grund der zu erwartenden wesentlich höheren Schwankungsbreite der erreichten Abgasemissionswerte von Dieselmotoren sollte bei deren Einsatz ein erhöhter Aufwand zum Nachweis der dauerhaften Einhaltung der Emissionsgrenzwerte vorgeschrieben werden (z.B. kontinuierliche Abgasmessung mit geeichten Messgeräten).

Unter den erwähnten Prämissen ist es derzeit nicht möglich Emissionsgrenzwerte für Gas-Ottomotore, welche sowohl auf den Entwicklungsstand als auch auf emissionsrechtliche und umwelttechnische Aspekte gleichzeitig Rücksicht nehmen, festzulegen. Aus der Sicht des Projektteams erscheinen folgende Emissionszielwerte für den Entwicklungszeitraum der nächsten ca. 3 Jahre und einer zwischenzeitlichen Überprüfung der F&E-Ergebnisse möglich – siehe Tabelle 1-1:

Tabelle 3-1: Mögliche Emissionszielwerte für Abgasemissionen aus Biomassevergasungsanlagen mit Gas-Ottomotoren nach einem Entwicklungszeitraum von ca. 3 Jahren und einer zwischenzeitlichen Überprüfung der F&E- Ergebnisse (1,01325 bar, 0°C, trocken)

Bezugssauerstoffwert		Staub <sup>1)</sup>	CO <sup>2)</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>3)</sup>	HC
5%		mg/m <sup>3</sup> n	mg/m <sup>3</sup> n	mg/m <sup>3</sup> n	mg/m <sup>3</sup> n
Leistungsgrenzen [kW]	Pel <100	30	650	-	-
	100 <= Pel < 250	15	650	-	-
	250 < Pel	15	650	500	100

- 1) ... VDI 2066-7: Messen von Partikeln; Manuelle Staubmessung in strömenden Gasen; Gravimetrische Bestimmung geringer Staubgehalte; Planfilterkopfgeräte
- 2) ... in Verbindung mit der Anwendung entsprechender Abgasnachbehandlungssysteme - Hinweis: Oxidationskatalysatorproblematik in Verbindung mit der Gaserzeugung bzw. Gasreinigung in der Anlage
- 3) ... NO<sub>x</sub> gerechnet als NO<sub>2</sub> – Hinweis: siehe Problematik der NO<sub>x</sub> Entstehung und Entwicklung der Motormanagementsysteme: Entstehungsmechanismus von thermischem NO<sub>x</sub> und Brennstoff NO<sub>x</sub> sowie der Entwicklungsstand von Magermotorkonzepten - angeführte Emissionswerte für NO<sub>x</sub> in Verbindung mit den CO Emissionen sind derzeit nur an der Magergrenze (Zündaussetzer möglich) erreichbar

Für zu genehmigende Anlagen kann mit den Behörden, im Rahmen des bis zu 3-jährigen Versuchs- bzw. Probetriebs der Anlage, ein Stufenplan zur Emissionsreduktion, indem Adaptionen am Anlagenkonzept (Gaserzeugung, Gasreinigung, Abgasnachbehandlung etc.) vorgenommen werden können, festgelegt werden.

Für die Überführung der vorgeschlagenen Emissionszielwerte in verbindliche Emissionsgrenzwerte unter der Berücksichtigung des jeweiligen Standes der Technik wird die Weiterführung der Arbeit in diesem Bereich durch eine Expertengruppe angeregt.

### **3.4.4 Abwasseremissionen und gefährliche Stoffe in Rückständen aus Biomassevergasungsanlagen**

#### **3.4.4.1 Anzuwendende Grenzwerte für die Abwasserentsorgung in die öffentliche Kanalisation**

Für die Klärung der Grenzwertefrage bzgl. der Abwasserinhaltsstoffe können grundsätzlich folgende gesetzliche Bestimmungen in Frage kommen:

1. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässern und öffentlichen Kanalisationen (AAEV) [12]
2. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Reinigung von Abluft und wässrigen Kondensaten (AEV Abluftreinigung) [13]

Die maximal zulässigen Grenzwerte für Abwasser entsprechend der Verordnung „Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV)“ [12] sowie die Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Reinigung von Abluft und wässrigen Kondensaten (AEV Abluftreinigung) [13] sind dem Leitfaden zu entnehmen.

#### **3.4.4.2 Persönliche Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Rückständen aus Biomassevergasungsanlagen**

Das Abwasser aus Biomassevergasungsanlagen kann folgende Schadstoffe enthalten:

- Anorganische Stoffe:
  - Ammoniak
- Organische Stoffe:
  - BTX (Benzol, Toluol, Xylol)
  - Phenole
  - Polyzyklische Aromaten (Naphtalin, Anthracen, etc.)

Für die persönlichen Schutzmaßnahmen sind im Besonderen die organischen Bestandteile zu beachten. Benzol ist erwiesenermaßen krebserregend und Phenol ist giftig bei der Berührung mit der Haut und beim Verschlucken. Auf die gesundheitsgefährdende Wirkung von Betriebsmedien der Biomassevergasungsanlage wird in Kapitel 8.2 im Leitfaden verwiesen. Die diesbezügliche Kennzeichnung und die MAK-Werte sind in Tabelle 1-2 zusammengefasst.

Tabelle 1-2: Kennzeichnung und MAK-Werte von möglichen Substanzen im Abwasser

Medium	Kurzbezeichnung	CAS Nr.	Gefahrensymbol *)	MAK- Wert **)
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	7664-41-7	 T  Xi  C	14 mg/m <sup>3</sup>
Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	108-95-2	 T	7,8 mg/m <sup>3</sup>
Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	71-43-2	 F  T	-
Toluol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	108-88-3	 F  Xn	190 mg/m <sup>3</sup>
Xylol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	100-41-4	 F  Xn	221 mg/m <sup>3</sup>
Naphthalin	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	91-20-3	 Xn	50 mg/m <sup>3</sup>
Polyaromaten PAH	-	-	***)	***)

\*) gemäß Stoffliste nach Anhang I der RL 67/548/EWG [10]

\*\*) Grenzwerteverordnung, als Tagesmittelwert [11]

\*\*\*) entsprechend Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Substanz - Reinstoff bzw. Komponentengemisch (teerartige Verbindungen bzw. kondensierbare Verbindungen) bzw. §6 Grenzwerteverordnung 2003, Anhang 1: MAK- Werte für Kohlenwasserstoffdämpfe [11]

Für den Umgang mit gefährlichen Betriebsmedien aus Biomassevergassungsanlagen sind die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter in Verbindung mit einschlägigen Grenzwerten der Grenzwerteverordnung 2003 heranzuziehen, die eindeutig einzuhaltende Sicherheitsvorschriften (Schutzkleidung, Schutzbrillen etc.) und Sofortmaßnahmen bei Hautkontakt, Verschlucken etc. beinhalten.

Als persönliche Schutzmaßnahmen gelten die für Chemikalien üblichen Vorschriften. Dies sind unter anderem:

- Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten!
- Kontaminierte Kleidung sofort wechseln!
- Vorbeugender Hautschutz (geeignete Handschuhe verwenden)!
- Nach Arbeitsende Hände und Gesicht waschen!
- Keinesfalls am Arbeitsplatz essen oder trinken!

### 3.4.4.3 Vorschläge zur Abwasserbehandlung-/handhabung aus unterschiedlichen Reinigungsverfahren zur Aufbereitung, Zwischenlagerung, Emission oder/und Entsorgung

Im Bereich der Biomassevergasung gibt es derzeit nur wenige Anlagen, welche im Dauerbetrieb Einsatz finden. Aus diesem Grund kann man derzeit noch keinen Stand der Technik im Bereich der Abwasseraufbereitung festlegen.

Die beiden Anlagen in Güssing und Harboøre werden abwasserfrei betrieben. Im Fall Güssing wird das anfallende Kondensat verdampft und im Verbrennungsteil des Vergasers verbrannt. Im Fall der Anlage Harboøre wird das anfallende Abwasser in einem eigens dafür errichteten Anlagenteil ebenfalls zuerst eingedampft und dann die organischen Bestandteile bei hoher Temperatur verbrannt. Durch den relativ hohen Gehalt an organischen Bestandteilen im Abwasser kann diese Verdampfung und Verbrennung ohne Hilfsenergie betrieben werden.

Derzeit sind keine kommerziellen Biomassevergasungsanlagen bekannt, wo das Abwasser soweit aufbereitet wird, dass es unter Einhaltung der Grenzwerte des AAEV in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden darf. Konzepte der getrennten Trocken-Entstaubung und der nassen Gaswäsche für Schachtvergaser mit integrierter Rückstandsaufbereitung (physikal./ therm.) erscheinen aufgrund der Versuchsergebnisse aussichtsreich, müssen aber den Dauerfunktionsnachweis noch erbringen.

Konzepte der gestuften Vergasung scheinen in Bezug auf die Abwasserkontaminationen sehr Erfolg versprechend. Leider sind von diesen Anlagen noch keine Werte für Phenol und BTX –Beladung veröffentlicht worden, sodass hier keine endgültige Beurteilung stattfinden kann.

Für andere Anlagen, wie z.B. die Open Top Vergaseranlage von Xylowatt wurden in Bezug auf Phenol andere als in Österreich gültige Grenzwerte vorgeschrieben, sodass die Anlagenhersteller/-betreiber keine Notwendigkeit hatten, in diesem Bereich Optimierungen vorzunehmen.

Die Abwasserbehandlung, welche derzeit erfolgreich eingesetzt wird, ist wie oben beschrieben, zuerst eine Verdampfung des Abwassers, mit einer anschließenden Verbrennung der organischen Bestandteile. Alle anderen Abwasserbehandlungen wurden bis dato noch nicht erfolgreich demonstriert und befinden sich noch in Entwicklung.

#### **3.4.4.4 Unterlagen für die Durchführung von Genehmigungsverfahren**

Grundlegend kann eine Biomassevergasungsanlage entweder abwasserfrei oder mit Abwasseranfall und Entsorgung eingereicht werden (siehe Leitfaden „Sichere Biomassevergasungsanlagen“).

Für den Fall, dass die Anlage abwasserfrei eingereicht wurde, müssen zur Dokumentation der Kondensatbilanz (Abwasser bzw. organische belastete Kondensate) folgende Daten den Einreichunterlagen beigefügt werden:

- mit dem Brennstoff eingebrachte Wassermenge
- Wasserumsatz im Vergaser
- Beladung des Gaserzeuger-Rohgases mit kondensierbaren Frachten
- Wassermenge im Produktgas vor Gasreinigung mit Taupunktberechnung
- Angaben zur Temperatur in der Gasreinigung und einzuhalten Sicherheitsabstände zum Taupunkt, bzw. Angabe der anfallenden Abwassermenge
- Taupunktberechnung im Gasmischer für das Gas-Luftgemisch und Angabe der einzuhaltenen Temperaturen
- Taupunktberechnung nach Gemischkühler für das Gas-Luftgemisch und Angabe der einzuhaltenen Temperaturen

Für den Fall, dass die Anlage mit Anfall von Abwasser eingereicht wird, sind folgende Daten den Einreichunterlagen beizufügen:

- Art, Menge und Zusammensetzung der Abwässer
- Technische Beschreibung der Abwasserbehandlung
- Art Menge und Zusammensetzung der Reststoffe der Abwasserbehandlung
- Entsorgung der Reststoffe der Abwasserbehandlung

### 3.4.5 Feste Rückstände aus Biomassevergasungsanlagen

Feste Rückstände aus Biomassevergasungsanlagen betreffen Stoffe, die aus dem Prozess ausgeschleust werden müssen und auf Grund der chemischen Zusammensetzung (Asche, nichtbrennbare Additive aus der Gasreinigung etc.), der physikalischen Erscheinungsform (feine Stäube, Anteile an Unverbranntem in Asche oder Gasreinigungsadditiv, Eindampfungsrückstände aus der Waschmedienaufbreitung mit hohem Feststoffanteil etc.), die in der Anlage selbst (keine adäquaten Umsetzungszonen für die vollständige Verbrennung der Rückstände) nicht mehr verwertet werden können sind zu entsorgen.

Im Betrieb von Vergasungsanlagen ist mit dem Anfall folgender Reststoffgruppen zu rechnen:

- Holzasche aus dem Vergasungsreaktor
- Filterstaub, Zyklonstaub
- Additive in der Gasreinigung (Kalkstaub, Aktivkohle etc.)
- Rückstände aus der nassen Gasreinigung

Die festen Rückstände aus Biomassevergasungsanlagen sind im Rahmen der Entsorgung zu klassifizieren und entsprechend dem Anteil organischer und umweltbedenklicher Inhaltsstoffe der Deponierung bzw. Restverwertung zuzuführen.

### 3.4.6 Lärmemissionen, Erschütterungen [5], [6]

Gegen das Auftreten umweltbeeinträchtigender Schallimmissionen durch Geräuschentwicklung an der Anlage ist eine entsprechende Vorkehrung zur Verminderung der Geräuschemissionen zu treffen. Im Rahmen der Betrachtung potentieller Schallemissionen aus der Anlage sind Zusatzemissionen der geplanten Anlage (Zusatzbelastung) und die bestehenden Belastungen durch bereits vorhandene Anlagen (Vorbelastung) nach ihren örtlichen (Einwirkungsbereich) und zeitlichen (werktags/sonntags, tags/nachts) Auswirkungen mit einzubeziehen. Im Rahmen der Analyse möglicher Geräuschemissionsquellen ist auf folgende Punkte Bedacht zu nehmen:

- Lage der Anlage in Bezug auf die zu schützende Nachbarschaft (Entfernung, Richtung)
- Hauptgeräuschemittenten (offene Gebäudeflächen, relevante Schallquellen im Freien)
- besondere topografische Verhältnisse (z.B. Hanglage)
- Hindernisse im Schallausbreitungsweg (Maße, Entfernung)

Für die Beurteilung zumutbarer Immissionswerte und Wahl von Immissionsrichtwerten von der Anlage können die Regelungen der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) herangezogen werden, weiters sind die einschlägigen Vorschriften nach ÖNORM S5021 und der ÖAL- Richtlinien Nr. 3 (Blatt 1) heranzuziehen.

### 3.4.7 Zusammenfassung - Anlagenemissionen

Neben der technischen Verfügbarkeit der Gesamtanlage, Verwertung der produzierten Energiemengen (Wärme- und Elektroenergie), Erfüllung der sicherheitstechnischen Anforderungen etc. stellt die Einhaltung von Emissionsstandards relevanter Ausgangsmassenströme einen wesentlichen Punkt für die Genehmigbarkeit und Betriebbarkeit von Biomassevergasungsanlagen dar. Vor allem die fehlende Datenbasis an erzielten Emissionskennzahlen in Kombination mit den mangelnden Informationen über die Technologie (-kombinationen) ist als größtes Defizit bei der Vorbereitung der Genehmigung von projektierten Anlagen zu werten.

Zu den gasförmigen Emissionen von Biomassevergasungsanlagen gehören Motorabgase sowie Gerüche und Dämpfe aus der gaserzeugenden Anlage. Motorabgas aus dem Betrieb von Blockheizkraftwerken stellt den größten Anteil der gasförmigen Anlagenemissionen dar. Die Verwertung des erzeugten Produktgases in Blockheizkraftwerken ist unter den Randbedingungen des Betriebes mit Sondergasen (Schwankungen der Produktgaszusammensetzung und -mengen, Produktgasbegleitstoffe, Kondensate, motorische Verbrennungseigenschaften für das Produktgas, motorischer Schlupf, Abgasemissionen etc.) zu sehen. Der Problematik wird durch primäre (innermotorische) und sekundäre (Abgasnachbehandlung) Maßnahmen begegnet. Durch die verschiedenen Motorbetriebskonzepte (Gas-Ottomotor, Dieselmotoren) wird die Verwertung der Produktgase erreicht. Für die Gasnutzung im kleinen und mittleren Leistungsbereich erscheinen Gas-Ottomotoren als zielführenderes Konzept. Die Senkung des erhöhten Schadstoffemissionsniveaus (hinsichtlich CO, NO<sub>x</sub>, NMHC, Stäube etc.) in der Sondergasnutzung (Biogas, Grubengas, Klär- bzw. Deponiegas und Holz- bzw. Pyrolysegas), wird durch den Einsatz von Dieselmotoren hinsichtlich erreichbarer Emissionskennzahlen im kleinen Leistungsbereich erschwert. Maßgebliches Problem stellt bei Dieselmotoren die Stickoxid- und Partikelemission dar, die eine aufwändigere Abgasnachbehandlung nach sich zieht. Der Betrieb von BHKWs mit Sondergas bedingt die Anwendung umfassender Motorregelungsmaßnahmen, um Motoremissionen konstant auf einem niedrigen Niveau halten zu können. Basierend auf den erhobenen Daten sind in den entsprechenden Berichtsteilen Empfehlungen des Projektteams, zusammengefasst. In diesem Zusammenhang wurden Emissionsgrenzwertempfehlungen mit umfassenden Erläuterungen zur Problematik der Sondergasanwendung Holzgas ausgearbeitet.

Die Prozessschritte der Umwandlung von fester Biomasse in brennbare Produktgase bedingen in Abhängigkeit der Holzfeuchte, Prozesstemperaturen etc. den Anfall von Prozessabwässern aus dem Unterschreiten des Taupunktes und dem Einsatz von Waschemulsionen. Die Abwasseremissionen ziehen eine genehmigungsrechtliche Betrachtung nach sich. Die Grundlagen der Gasreinigung und Abwasserbehandlung in verfahrenstechnischer wie auch genehmigungsrechtlicher Sicht sind im Bericht zusammengefasst. Gasreinigung und Abwasser- sowie Rückstandsaufbereitung stellen zentrale Prozessschritte für die technische Verfügbarkeit der Anlage hinsichtlich der Beeinträchtigung der Gemischaufbereitung, Katalysatorstandzeiten etc. dar. Die Abwässer sind durch die Produktgasbegleitstoffe (Ammoniak, Kohlenwasserstoffe etc.) in Abhängigkeit des angewendeten Biomassevergasungsverfahrens bzw. Brennstoffes unterschiedlich stark mit diesen Schadstoffen belastet. Die indirekte Einleitung in das öffentliche Kanalnetz ist daher im überwiegenden Fall nur nach einer entsprechenden Abwasseraufbereitung zulässig. Für die Bedienung und Wartung der technischen Anlagen wurden Empfehlungen und Sicherheitshin-

weise zum Schutz der Gesundheit der betroffenen Personen erarbeitet – insbesondere das Tragen von ausreichender Schutzkleidung bzw. -ausrüstung beim Kontakt mit Rückständen, Kondensaten und Abwässern aus Biomassevergasungsanlagen ist zu beachten.

Feste Rückstände aus Biomassevergasungsanlagen stellen in der Regel Betriebsmedien dar, die aufgrund ihrer physikalischen Erscheinungsform (Stäube, feste Rückstände der Abwasseraufbereitung etc.) bzw. ihrer chemischen Zusammensetzung (Asche etc.) nicht mehr weiter in der Biomassevergasungsanlagen verwertet werden können (Verwertbarkeit, Anreicherungsproblematik). Die Rückstände sind einer ordnungsgemäßen Entsorgung zuzuführen.

Die Lärmemissionen und Erschütterungen sind ein weiterer maßgeblicher Punkt für die Genehmigung der Errichtung und des Betriebes der technischen Anlagen. Die Einhaltung des Lärmemissionsstandards stellt einen beherrschbaren Punkt im Gesamtanlagenzusammenhang dar, hat jedoch für Planung, Errichtung und den Betrieb von Anlagen betrachtet zu werden. Maßgebliche Emissionsquellen sind neben lärmverursachenden Anlagenaggregaten (BHKW, Gebläse, mechanische Hilfseinrichtung etc.), die Brennstoffzulieferung sowie die Bauarbeiten zur Errichtung der Anlage.

### **3.5 Explosionstechnische Kenngrößen**

#### **3.5.1 Physikalisch-chemische Grundgrößen von Produktgasen**

Für die Ermittlung und Anwendung von Explosionsschutzmaßnahmen ist die umfassende Kenntnis der Eigenschaften des jeweiligen Gasgemisches notwendig. Die Ermittlung von Stoffgrößen der Einzelkomponenten bzw. von Zweistoffgemischen brennbarer Gase stellt in der Regel kein Problem dar – es existieren entsprechende Stoffwertesammlungen.

Aus der Literatur sind prinzipielle Mechanismen der Beeinflussung von Explosionskenngrößen auf Grund der Brenngaszusammensetzung bekannt - daraus abgeleitet existieren empirische und semiempirische Ansätze zur Berechnung von Explosionskenngrößen. Produktgasgemische aus Biomassevergasungsanlagen lassen sich jedoch auf Grund der hohen Anzahl unterschiedlichster Brenngaskomponenten sehr schwierig klassifizieren und bezüglich der zu verwendenden Berechnungsansätze nicht eindeutig zuordnen, wodurch die Überprüfung der errechneten Stoffwerte erforderlich ist.

Die sicherheitstechnischen Kennzahlen mit der Definition der Randbedingungen für ihre Gültigkeit sind dem Leitfaden zu entnehmen. Durch Entwicklung von Simulationsansätzen mit erweiterten Verbrennungsrechnungen konnten Explosionsparameter berechnet werden und die Berechnungsergebnisse auf Basis von durchgeführten Explosionstests unterschiedlicher Gasgemische validiert werden.

#### **3.5.2 Exemplarische Anwendung der ermittelten Explosionsparameter**

Im Rahmen der Anwendung ermittelter Explosionsparameter sind die Gegebenheiten des Anlagenprozesses (Drücke und Temperaturen, Geometrien der Apparate und Aggregate etc.) einzubeziehen. Dabei spielen vor allem die entsprechenden Druck- und Temperaturverläufe über dem Anlagenprofil eine entscheidende Rolle in der

Betrachtung des Explosionsschutzmaßnahmenpaketes (Primärer, sekundärer und tertiärer Explosionsschutz).

Die Durchführung von Maßnahmen im Rahmen des Explosionsschutzes benötigt die Kenntnis der Explosionsgrenzen und Explosionsdrücke, ohne die ungenügender bzw. überflüssiger Schutz vor explosionsartigen Vorgängen in Anlagen in Form von Sicherheitseinrichtungen, Messtechnik, Prozessleittechnik etc. installiert und angewandt wird.

Im Rahmen des Projektes wurden spezifische Tests an charakteristischen Holzgasgemischen durchgeführt. Anhand dieser Explosions- und Entflammbarkeitstests wurden einerseits die spezifischen Kennwerte für diese Gasgemische ermittelt und andererseits verfügbare Rechenmodelle aus der Literatur auf Ihre Verwendbarkeit beim gasförmigen Sonderbrennstoff Holzgas untersucht. Im Vergleich der Explosionstests mit den Rechenmodellen ergibt sich teilweise eine starke Einschränkung der Anwendbarkeit der Formelapparate – für die Berechnung gewisser Kenngrößen wurden Adaptionen bzw. Erweiterungen vorgenommen, welche die Verwendung des prinzipiellen Formelzusammenhanges erlauben und zuverlässigere Rechenergebnisse liefern.

Die Berechnungen zu den sicherheitstechnischen Kenngrößen erfolgten in zweierlei Hinsicht – in Form einer „händischen“ Berechnung und durch Simulationsprogramme. Damit wurde das Ziel verfolgt die prinzipielle Verwendbarkeit der Rechenalgorithmen (erweiterte Verbrennungsrechnung, Evaluierung der empirischen und semiempirischen Berechnungsansätze etc.) zu überprüfen, Informationen über die Rechengenauigkeiten zu bekommen und bei abweichender Gaszusammensetzung der untersuchten Produktgasgemische Aussagen über die Beeinflussung der gemessenen Explosionsparameter, in Abhängigkeit von Druck, Temperatur, Schwankungen der Gaszusammensetzung etc. machen zu können.

Für den Genehmigungswerber ergeben sich für die Ermittlung der Explosionskenngrößen verschiedene Möglichkeiten des Nachweises. Es besteht die Möglichkeit der Verwendung sicherheitstechnischer Kenngrößen jener Produktgaskomponente mit den kritischsten Eigenschaften. Für die maximalen Explosionsdrücke ist Methan ( $\text{CH}_4$ ) heranzuziehen, für die Entflammargrenzen und den maximalen zeitlichen Druckanstieg ist Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) heranzuziehen. Entsprechend dieser Auslegung würden sich sehr restriktive Auslegungsdaten, die zwar hohe Sicherheit bieten jedoch auch einen hohen Aufwand für die Erfüllung der Explosionsschutzziele erfordern, ergeben. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich durch die Verwendung der Simulationsrechnung, um die auf die jeweilige Gaszusammensetzung abgestimmten Explosionsparameter, ermitteln zu können – als Anhaltswerte sind jedenfalls die Werte aus den Explosionstests für die charakteristischen Gaszusammensetzungen aus Biomassevergasungsanlagen heranzuziehen. Als dritte Möglichkeit steht dem Genehmigungswerber die Durchführung von Explosionstests offen. Diese Möglichkeit liefert exakte Explosionsparameter für das jeweilige Gasgemisch, da die Simulationsrechnung gewisse Sicherheitsfaktoren und Abweichungen in Richtung der sicheren Seite beinhaltet. Auf Basis der ermittelten Explosionsparameter kann die Einflechtung der Kenngrößen in die Maßnahmenpakete zum primären, sekundären sowie tertiären Explosionsschutz erfolgen.

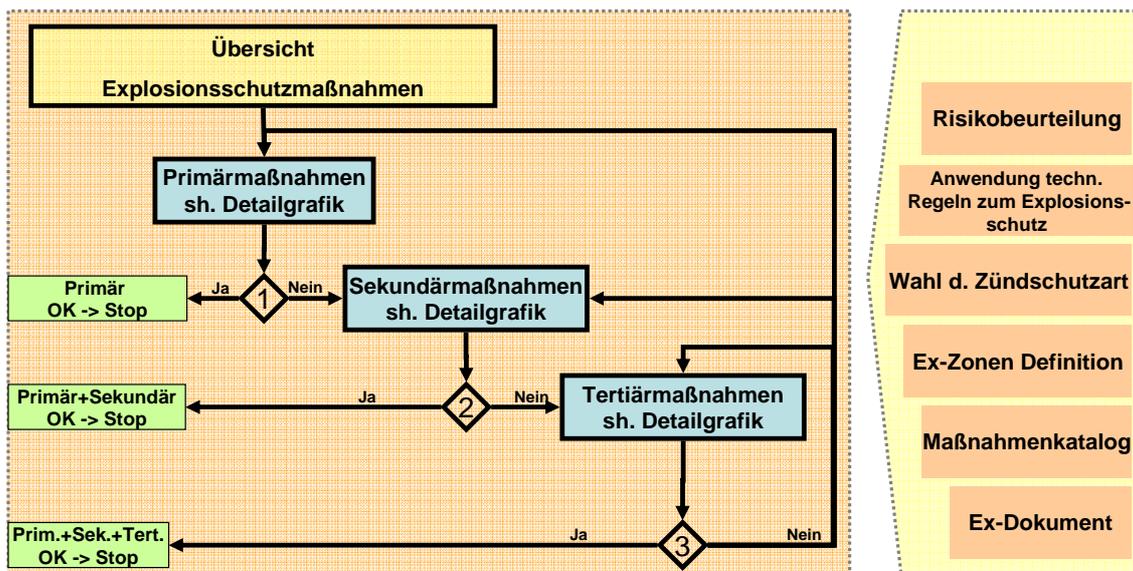


Abbildung 1-1: Übersichtsdarstellung zur Durchführung von Explosionsschutzmaßnahmen

Im Projektbericht sind Übersichtsgrafiken zur Schematisierung der Vorgangsweise sowie Explosionsschutzparameter für die direkte Anwendung an der Anlage (Sauerstoffgrenzwertkonzentrationen, Dispersionsverhalten in der Anlage, maximale Explosionsdruckparameter etc.) zusammengefasst.

### 3.6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Bearbeitung der beauftragten Projektpunkte wurde auf Basis einer fundierten Technologiebeschreibung dessen, was derzeit an Erfolg versprechenden Forschungs- und Demonstrationsprojekten im Bereich der thermischen Vergasung von Biomasse mit Kraft-Wärme-Kopplung existiert, aufgebaut. Grund für die Wahl dieser Vorgehensweise war u.a. die Bitte der Projektpartner, den derzeitigen Technologiestand aufzuzeigen um daraus einen Stand der Technik ableiten zu können. Der Rahmen der Ausarbeitung wurde über die gesamte Prozesskette in den Bereichen der Gaserzeugung, Gasreinigung und der gasmotorischen Nutzung sowie über das gesamte Leistungsspektrum gespannt, um Technologiegrundprinzipien deren entsprechende Anlagenleistungsbereichen entsprechend zuordnen zu können. In einer beispielgebenden Technologiebeschreibung/Klassifizierung wurde anhand der IWT-Versuchsanlage nach dem Delphiverfahren, in Abstimmung mit den Projektpartnern, eine exemplarische Risikoanalyse aufbereitet, deren Inhaltspunkte als Anleitung für potentielle Hersteller und Betreiber dem Anhang zu entnehmen sind.

Für die Durchführung des Einreich- und Genehmigungsverfahrens wurden relevante Gesetze, Verordnungen und Normen erhoben und im Rahmen der durchgeführten Workshops zur Diskussion gestellt und akkordiert. Darüber hinaus wurde eine Liste der für die Einreichung eines Genehmigungsantrages erforderlichen Unterlagen zusammengestellt bzw. abgestimmt. Die im Bericht angeführten Gesetzespassagen, sowie die ergänzend hinzugefügten Kommentare stellen keine Präjudizierung der für ein allfälliges Genehmigungsverfahren zu erbringenden Projektinformationen bzgl. der Einhaltung geltender Gesetze dar - sie stellen lediglich einen Versuch dar, einen Überblick über derzeit gültiges Recht zu geben, um für ein besseres Verständnis in dieser Thematik zu sorgen. Im jeweiligen Einzelfall ist immer die Abstimmung mit den betreffenden Behörden zu suchen - der grobe Rahmen und die Erfordernisse für die Erstellung von Genehmigungsunterlagen wurde in Form einer „Checkliste für die Erstellung von Genehmigungsunterlagen“ in Abstimmung mit Amtssachverständigen der Bundesländer Steiermark und Oberösterreich zusammengestellt.

Hinsichtlich der Emissionen der Anlagen bzw. der relevanten emissionsbegrenzenden Gesetze etc. wurde ebenfalls anhand der Technologiebeschreibung und anhand von veröffentlichten Konzentrationswerten die Ströme an festen, flüssigen und gasförmigen Emissionen sowie Lärm und Erschütterungen zusammengestellt. In Bezug auf die wässrigen Emissionen aus dem Bereich der Gaskühlung bzw. der Gasreinigung sind die Grenzwerte der AAEV bzw. der AEV Abluftreinigung heranzuziehen. Bezüglich der festen Emissionsfracht (Stäube, Asche, etc.) gilt der Grenzwert für den Kohlenstoffgehalt mit 5%<sub>m,fr</sub> entsprechend Deponieverordnung. Die Behandlung der relevanten Grenzwerte für die gasförmigen Emissionen (im Speziellen für das Motorabgas) gestaltete sich schwierig, da diese in keinerlei Gesetzeswerk dokumentiert sind. Aufgrund der unterschiedlichen Verbrennungseigenschaften von Holzgas im Vergleich zu anderen möglichen Treibgasen für Stationärmotoren wie bspw. Biogas, sind derzeit existierende Emissionsgrenzwertempfehlungen nur bedingt heranzuziehen. Speziell der durch das Vergasungsverfahren und den eingesetzten Brennstoff bedingte Ammoniak-Gehalt im Produktgas verursacht erhöhte NO<sub>x</sub>-Emissionen. Darüber hinaus sind aufgrund der Produktgaszusammensetzung und dessen Umsetzung im Gasmotor erhöhte CO-Emissionen zu verzeichnen, die den Einsatz von entsprechenden Motormanagementsystemen und Abgasmachbehandlungssystemen erfordern. Im Hinblick auf noch ausstehende Ergebnisse der F&E-Projekte aus dem Bereich der Untersuchungen der Katalysa-

torstandzeiten in Bezug auf die Katalysatorgifte (Alkalimetalle, Schwermetalle, Schwefel etc.) können zum derzeitigen Stand keine hinreichenden Anforderungen an das Gesamtsystem Gasreinigung, Motormanagementsystem und Abgasnachbehandlung formuliert werden, die technisch relevante Katalysatorstandzeiten bei vertretbarem Aufwand garantieren. Daher wurde auf Basis eines Vergleichs der publizierten bzw. gemessenen Motorrohgasemissionen, der etablierten Emissionsgrenzwertstandards aus Stationärmotorenrichtlinie und TA-Luft und der bisher üblichen Genehmigungspraxis eine Empfehlung für die Emissionen bis zum Jahr 2008 zusammengestellt, welche in der Zwischenzeit bis dorthin auf Basis der dann vorliegenden F&E-Ergebnisse und dem daraus resultierenden „technisch Machbaren“ zu überprüfen ist. Im Arbeitspaket Explosionscharakterisierung und Explosionsparameter wurde auf Basis der üblichen Produktgaszusammensetzungen von luftbetriebenen bzw. von wasserdampfbetriebenen Vergasungssystemen Explosionstests durchgeführt. Auf Basis dieser Testergebnisse wurden unterschiedliche Literaturansätzen bzw. eigene Berechnungsansätze einer Validierung unterzogen, wobei sich für die verschiedenen Rechenmodelle unterschiedliche Einsatzgrenzen und Genauigkeiten der Vorhersage ergaben.

Im Rahmen der Ermittlung der Explosionsparameter wurden Inhalte zum Explosionsschutz und der Konformitätskriterien zu europäischen und nationalen Richtlinien, Gesetzen, Verordnungen und Normen zusätzlich eingearbeitet. Sie stellen eine wesentliche Grundlage für die Vorgaben von technischen Mindeststandards für Biomassevergasungsanlagen dar. Darauf aufbauend wurden die erforderlichen Maßnahmenpakete für den Brand- und Explosionsschutz (Brandschutzvorkehrungen, Primär-, Sekundär- und Tertiärmaßnahmen des Explosionsschutzes) in Zusammenarbeit mit den Behörden und den Industriepartnern erarbeitet.

Hersteller und Betreiber von Anlagen sind gemäß ExSV bzw. VEXAT zur Einhaltung von Vorschriften für Maschinen und Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen verpflichtet, die entsprechende technische und organisatorische Maßnahmen erfordern.

Der offizielle Projektabschluss erfolgte unter großem Interesse von Herstellern, Betreiber und Behörden in einem öffentlichen Projekt-Abschlussworkshop am 14.6.2005 an der TU Graz, bei dem die Projekttinhalte über 80 angemeldeten Teilnehmern präsentiert wurden.

Im Rahmen der Projektbearbeitung hat sich herausgestellt, dass das behandelte Projekt von immenser Bedeutung für die Anlagenbetreiber und Behörden ist (speziell durch die augenscheinliche Einreichflut vor Auslauf der Ökostromregelung Ende 2004) – dies unterstreicht aus der Sicht der Projektpartner auch die Bearbeitung der Projekte im Rahmen von EdZ, da damit eine wesentliche Barriere für derartige Anlagen beseitigt oder zumindest minimiert werden kann und gleichzeitig die Forderungen nach sicheren und genehmigungsfähigen Anlagen unterstützt werden.

Bzgl. der Projektergebnisse wäre die vertiefte Betrachtung der Apparateauslegung in Bezug auf die explosionsrelevanten Themen bzw. die Explosionsdynamik weiter empfehlenswert, da diese im Projekt nicht beantragt und vorgesehen war, jedoch im Einzelfall von großer sicherheitstechnischer Relevanz sein können. In Bezug auf die Grenzwerte für Motorabgasemissionen wird die Weiterbearbeitung in einem Expertenkreis, wie beispielsweise im Arbeitskreis für Emissionen aus Stationärmotoren, bzw. die Aufnahme von Emissionsgrenzempfehlungen für Stationärmotoren in Betrieb mit Holzgas empfohlen.

## 4 Literatur

- [1] Lettner F., Kleinhappl M.: Holzvergaser im kleinen Leistungsbereich – Stand und gesetzliche Rahmenbedingungen, Studie im Auftrag des LEV Steiermark, TU Graz, Institut für Wärmetechnik, April 2001
- [2] Gewerbeordnung (GewO) 1994 i.d.F. BGBl. I Nr. 131/2004
- [3] 252. Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Explosionsschutzverordnung 1996 - ExSV 1996) (CELEX-Nr.: 394L0009) StF: BGBl. Nr. 252/1996
- [4] Verordnung Explosionsfähige Atmosphäre – VEXAT, BGBl. II Nr. 309/2004 über den Schutz der ArbeitnehmerInnen vor explosionsfähigen Atmosphären und mit der die Bauarbeiterschutzverordnung geändert werden
- [5] „Technische Grundlage für die Beurteilung von Emissionen aus von Stationärmotoren“, BMWA 2001, Download unter <http://www.bmwa.gv.at>
- [6] Schmitz K., Schaumann G.: Kraft – Wärmekopplung, Springer Verlag, August 2004
- [7] Ahrensfield J. et al: CO Emissions from Gas Engine Operating on Biomass Producer Gas, Technical University of Denmark, DK – 2800, Kgs. Lyngby, 2004
- [8] Grenzwertempfehlung - Workshop EDZ Sicherheit und Genehmigung von Biomassevergassungsanlagen - Abgasemissionen vom 26.04.2005 an der TU Graz/Institut für Wärmetechnik, Konsens DI Aichernig/REPOTEC, Dr. Rauch/TU Wien, DI Schiliro/GE Jenbacher AG, Dr. Schaffernak Land Stmk., DI Gaich, Dr. Dowertil Land OÖ, DI Mangelberger Land OÖ
- [9] ÖNORM EN ISO 10628 : 2001 03 01, N: Fließschemen für verfahrenstechnische Anlagen - Allgemeine Regeln (ISO 10628:1997)
- [10] Richtlinie der europäischen Union 67/548/EWG über Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe unter den entsprechenden Änderungen der Richtlinie 1999/33/EG, Richtlinie 2001/59/EG sowie Richtlinie 92/32/EWG
- [11] BGBl. II Nr. 253/2001 i.d.F. BGBl. II Nr. 119/2004: Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und über krebserzeugende Arbeitsstoffe (Grenzwerteverordnung 2003 - GKV 2003), Anhang I/2003: Stoffliste
- [12] Allgemeine Abwasseremissionsverordnung AAEV 1996, BGBl. Nr. 186/1996, i.d.g.F.
- [13] Abwasseremissionsverordnung Abluftreinigung – AEV Abluftreinigung 2000, BGBl. II Nr. 218/2000 - i.d.g.F.







[www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)