

# Marktreife Energiezentrale ab 400 kW mit neuartiger, einfacher Verstromung für Wohnbau, gemeinnützige und gewerbliche Objekte

Energiezentrale400+

H. Dötzl

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 50/2013

**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 Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Marktreife Energiezentrale ab 400 kW mit neuartiger, einfacher Verstromung für Wohnbau, gemeinnützige und gewerbliche Objekte

Ing. Heinz Dötzl  
Federspiel Ökotechnology Consulting GmbH  
WTI wärmetechnische Industrieanlagen GmbH

Wien, Dezember 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



# Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

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

---



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	7
Abstract .....	10
Einleitung.....	13
Hintergrundinformationen zum Projektinhalt .....	13
1.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	13
1.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	14
1.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts) .....	14
1.4 Verwendete Methoden .....	15
1.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten mit Quellenangabe, Erläuterung der Erhebung (nur überblicksartig, Details in den Anhang!).....	15
Ergebnisse des Projektes.....	18
Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms .....	19
1.6 Einpassung in das Programm .....	19
1.7 Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	20
1.8 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt .....	20
1.9 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse .....	21
Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	22
Ausblick und Empfehlungen.....	22
Anhang.....	23



# **Kurzfassung**

## **Ausgangssituation/Motivation**

Biogene „Reststoffe“ können nur schwer verwertet bzw. müssen deponiert oder anderweitig entsorgt werden. Die Verbrennung von biogenen „Reststoffen“ in herkömmlichen Biomassekraftwerken ist im Allgemeinen nicht oder nur mit erheblichem technischen Aufwand möglich. Jedoch kann durch die thermische Verwertung von biogenen „Reststoffen“ Wärme (Kälte) und Strom gewonnen werden und damit ein wesentlicher Beitrag zur CO<sub>2</sub> Einsparung geleistet werden.

Die Motivation basiert auf dem großen Nachfragepotential im Bereich des großvolumigen Wohnbaus, Industrie, kommunale und städtische Anwendungen sowie beim Austausch fossiler Feuerungsanlagen sowie im Export.

## **Inhalte und Zielsetzungen**

Projektziel war die Entwicklung einer marktfähigen, auf innovativer Verbrennungstechnologie basierenden „Energiezentrale“ ab 400 kW zur Erzeugung von Strom, Wärme (und Kälte) bei Verwendung von vielfältigen, regionalen biogenen Brennstoffen. Im Rahmen der experimentellen Entwicklung wurden Lösungen für die zusätzlichen Anforderungen an die Prozesssteuerung durch die unterschiedlichen Brennstoffe entwickelt, die Stabilisierung der Verbrennung für die Stromerzeugung erarbeitet und das Emissionsverhalten weiter optimiert. Die Funktionstüchtigkeit der neuen Technologie wird unter realen Bedingungen nachgewiesen. Das historische Schloss Leiben wird mit Wärme versorgt und Strom ins Netz der EVN eingespeist. Hierbei kann die Realisierung kürzester Brennstoffwege durch Dezentralisierung der Anlagen, die weitgehende Unabhängigkeit von Rohstoffpreisschwankungen aufgrund des breiten Brennstoffbandes, kurze Transportwege durch Nutzung regionaler, biogener Reststoffe und ortsnaher Bracheflächen demonstriert werden. Aufgrund des damit verbundenen CO<sub>2</sub> Einsparpotentials, den geringen Emissionswerten und der hohen Energieeffizienz der patentierten Verbrennungstechnologie wird eine rasche Verbreitung international, besonders auch in den CEE-Staaten erwartet.

## **Methodische Vorgehensweise**

Die angestrebten Ziele und Erkenntnisse - umgesetzt in einer marktfähigen, kompakten, dezentralen „Energiezentrale“ 400 kW (Wärme u. Strom) - sollten in diesem letzten Entwicklungsschritt erreicht werden. Begleitend zur Versuchsdurchführung wurde, unter Einsatz von detaillierten Modellen für die Berechnung der turbulenten Gasströmung und der heterogenen Verbrennung mit gekoppeltem Wärme- und Stofftransport, eine Verifizierung der Vorgänge in der Versuchsbrennkammer mittels CFD-Simulation zur Auslegung und Optimierung der Strömungsvorgänge durchgeführt. Nach erfolgreicher Beschreibung der Versuchsverhältnisse wurde das zur Verfügung stehende und durch Versuchsergebnisse geschärfte Simulationsmodell für Parameter- und Geometrieoptimierung eingesetzt. Darüber hinaus konnten durch die Ergebnisse der CFD unter Zuhilfenahme einfacher bilanz-

technischer Werkzeuge - auch die Entwicklung des Regelungskonzeptes der realen Anlage unterstützt werden. Parameterstudien konnten die wechselweisen Einflüsse auf Regelgrößen aufdecken und dadurch die Erstellung physikalisch sinnvoll geschlossener Regelkreise ermöglichen. Weiters wurden durch diese Mittel die Parametrierung der Regler für den Entwurf von stabilen Regelkreisen über alle Betriebsbereiche ermöglicht.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Die Anlage wurde erfolgreich an ihrem Standort aufgestellt und an das vorliegende Leitungssystem angeschlossen. Im Zuge des Projektes wurde die für den Betrieb notwendige Infrastruktur aufgebaut um ein reibungsloses Betreiben der Anlage zu gewährleisten. Jegliche Mess -und Regelungskomponenten wurden ausführlich kontrolliert und getestet. Die Visualisierung wurde für den Standort adaptiert und überarbeitet. Die Ergebnisse der Versuchsfahrten zeigten einen schnellen Einsatz der Anlage mit guten Verbrennungseigenschaften des eingesetzten biogenen Brennstoffes. Die Versuche haben die Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte des Abgases unter Betriebsbedingungen nachgewiesen.

### Schlussfolgerungen:

Die Anlage befindet sich derzeit in der erweiterten Probetriebsphase. Der Wärmebedarf der Abnehmer Schloss Leiben und Meierhof ist derzeit geringer als die thermische Nennleistung der Energiezentrale. Ein Betrieb der Energiezentrale bei Volllast ist daher nur bedingt bzw. in kurzen Phasen möglich. Dennoch kann aufgrund der bisherigen Ergebnisse eine Bewertung des Anlagenbetriebs und der Emissionssituation vorgenommen werden.

Der Start der Verbrennungsanlage durch das Zünden der Brennstoffballen verläuft reibungslos. Die individuell regelbare Luftführung ermöglicht gleichzeitig auch vergleichsweise geringe Abfahrzeiten und rasche Lastwechsel, wodurch sich deutliche Vorteile bei der Bewertung des Verbrennungssystems ergeben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die „Energiezentrale“ im dezentralen Maßstab im Vergleich zu anderen Energiesystemen wesentliche Vorteile in energetischer, emissions- und betriebstechnischer Hinsicht aufweist. In einer „erweiterten Probetriebsphase“ sollten noch durchzuführende, geringfügige Adaptierungen des Brennstoff-Einschubsystems, Automatisierung des Rostsystems und Ascheaustrages sowie eine bedienungsfreundliche Anpassung der Betriebssoftware durchgeführt werden, damit die Anlage den Status der „Marktreife“ erlangt.

## **Ausblick**

Mit der weiter entwickelten, optimierten Verbrennungsanlage wird bewusst eine einfache, leistbare technische Lösung für ein breites Anwendungsgebiet angestrebt, bspw. zur gekoppelten Kraft- und Wärmeerzeugung oder zur Bereitstellung von Prozessdampf und in der wärmeintensiven, industriellen Trocknungstechnik. Sie erlaubt die energetische Verwertung auch von inhomogenen Biomassestoffen. Weiters soll eine Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz und Reduktion der Importabhängigkeit bei Energieträgern

durch die Bereitstellung einer neuartigen Verbrennungstechnologie für ein breites, kostengünstiges, biogenes Brennstoffband ermöglicht werden.

Interessenten besuchen regelmäßig die Demonstrationsanlage „Energiezentrale400+“. Die Federspiel Ökotechnology und WTI aktualisieren derzeit gemeinsam den Businessplan für eine Produktion der „Energiezentrale“ im industriellen Maßstab. Mit potentiellen Investoren werden bereits ernsthafte Gespräche geführt.

# **Abstract**

## **Starting point/Motivation**

Typically, biogenous “residuals” can only be utilized with difficulties or have to be landfilled or disposed in different ways. The combustion of biogenous “residuals” in conventional biomass-fired combustion plants is usually not possible or results in significant technical complexity. On the other hand, thermal utilization of biogenous “residuals” can be applied for the generation of heat (cooling energy) and electric power and thus, contribute to a large extent to the necessary carbon dioxide savings.

The motivation was primarily based on the high potential of market demand in the area of heating large-volume residential buildings in municipalities and urban expansion areas, as well as in the replacement of existing fossil combustion units and in the export business.

## **Contents and Objectives**

The target of this project was the development of a marketable, decentralized “energy central” on a scale from 400 kW for the generation of electricity, heating (and cooling) with a broad variety of applicable fuels on the base of regionally available biogenous residual materials. Within the framework of an experimental development novel solutions for the additional requirements on the process control concerning various fuels have been elaborated. Additionally, the stabilization of the combustion process for supporting the electricity production as well as the optimization of the emission behavior of the combustion process were treated. The functional and operational reliability of the novel technology was demonstrated under real-life conditions. The historic castle “Schloss Leiben” was supplied with heating energy and electrical power was injected to the public grid provided by EVN. Thus, the realization of short transportation routes for fuel supply applying decentralized plants as well as utilizing regional available biogenous fuels from nearby fallow areas were demonstrated. Moreover, a high degree of independence to raw material price fluctuations was reached due to the broad applicable biogenous fuel band. Due to the significant carbon dioxide savings together with the advantageous emission behavior and the high energetic efficiency of the novel and patented combustion technology, a fast international spreading of the technology, especially within CEE-countries, was expected.

## **Methods**

The aspired targets and results – realized with a marketable, compact and decentralized “energy central” of 400kW (heat and power) – were achieved in the final research step. Together with conducting combustion experiments, a detailed CFD-analysis was performed in order to determine the final plant design and to optimize fluid dynamic aspects within the plant. For this purpose, detailed models for turbulence, heterogeneous combustion and coupled mass and heat transport were applied. After achieving a successful modeling of the experimental findings, the verified and parameterized simulation model was used for the optimization of combustion chamber geometry and operational parameters. Additionally, the

results of the CFD-analysis together with simple chemical engineering balancing tools were used to guide the development of the control system of the real plant. Parameter studies were used to elaborate the interdependencies of various control variables and to design physically closed control loops. Furthermore, the parameterization of the PID cycles for the design of stable control loops for various operational regimes was supported.

## **Results**

The combustion plant has successfully been transferred to its new location and has been connected to the existing piping system. Furthermore, the infrastructure necessary for a smooth plant operation has been built up. All measurement and control components have been tested and verified. The process visualization has been adapted to the needs of the new plant location. The results of the combustion experiments show a fast availability of the combustion plant together with favorable combustion characteristics of the used biogenous fuel. It has been shown, that the given emission limits concerning the combustion flue gas have not been exceeded during the combustion experiments.

The system was successfully installed at the location and connected to the present grid system. During the project, the necessary infrastructure for the operation has been built to ensure a smooth running of the system. Any measurement and control components have been checked and tested extensively. The visualisation has been adapted and revised for the site. The results of the test runs showed a rapid deployment of the system with good combustion properties of the biogenous fuel used. The experiments have demonstrated compliance with the prescribed limits of the exhaust gas under operating conditions.

### Conclusions:

The plant is currently in the advanced trial operation phase. The heat demand of customers Leiben castle and "Meierhof" is currently lower than the thermal rating of the "Energy Centre". An operation of the power station at full load is only conditionally possible or during short periods. A review of the plant operation and the emission situation can be made nevertheless based on previous results.

The start of the incinerator by the ignition of the fuel bales runs smoothly. The individually adjustable air flow simultaneously also enables comparatively low down times and rapid load changes. These are substantial system characteristics, resulting in significant advantages in the evaluation of the combustion system.

Summing up, the "Energy Centre" in the decentralised scale has significant advantages regarding energy, emissions and operation compared to other energy systems. Minor adaptations of the fuel rack system, the automation of grate system and ash extraction and a user friendly adjustment of the operating software are performed during an "extended test operation phase" in order for the system to reach a marketable status.

## **Prospects / Suggestions for future research**

Applying the further developed and optimized combustion plant a simple and economic technical solution for a broad application spectrum will be realized for example for the coupled production of heat and power or for the supply of process steam in heat-intensive industrial drying processes. The novel technology even allows the thermal utilization of inhomogeneous biomass fuels. Furthermore, an enhancement of raw material and energy efficiency as well as a reduction of the dependency on foreign energy carrier supply will be facilitated as the novel combustion technology allows using a broad and cost efficient biogenous fuel spectrum.

Prospective customers regularly visit the demonstration site "Energiezentrale400 +". Both project partners are jointly updating the business plan for a production of the "Energy Centre" on an industrial scale. Serious discussions already take place with potential investors.

# Einleitung

Das enorme Nachfragepotential bei Anlagengrößen ab 400 kW für die Beheizung großvolumiger Wohnbauten in Gemeinden bzw. städtischen Erweiterungsgebieten, beim Austausch bestehender fossiler Feuerungsanlagen, bei der gewerblich-industriellen Nutzung (z.B. Beheizung von Baulichkeiten, Trocknung von Erzeugnissen wie Ziegel, Bereitstellung von Prozessdampf und -wärme), in der Landwirtschaft (z.B. Trocknung, Beheizung landwirtschaftlicher Objekte wie Ställe zur Aufzucht), bei Hotel- und Freizeitanlagen sowie zur Versorgung kommunaler Infrastruktur war Ausgangspunkt und Motivation für dieses Projekt.

Das Projekt zielt im Besonderen auf die energetische Verwertung von regional vorhandenen, vielfältigen, biogenen Brennstoffen, wie beispielsweise Weizen-, Gerste-, Kukuruz-, Rapsstroh, Sonnenblumenstängel, kommunaler Grün- (Heu), Strauchschnitt, inhomogener Biomassen-Mix (pastös und faserförmig), nicht abgebaute faserförmige Fraktionen aus Biogasanlagen, Energiepflanzen aus Brachennutzung, u.v.a.m.; hierbei kann die Realisierung kürzester Brennstoffwege durch Dezentralisierung der Anlagen erfüllt werden.

Durch dieses Projekt können künftige EU-Vorgaben zur Energieautarkie von Gebäuden, eventuell auch in Kombination mit teilsolaren Heizungen, bereits berücksichtigt werden. Die im Jahr 2008 publizierte novellierte Abfallrahmenrichtlinie der EU sieht außerdem die thermische Verwertung im Rahmen der fünfstufigen Hierarchie für die Abfallbehandlung explizit vor.

## Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

### 1.1 Beschreibung des Standes der Technik

Biogene „Reststoffe“ können nur schwer verwertet bzw. müssen deponiert oder anderweitig entsorgt werden. Die Verbrennung von biogenen „Reststoffen“ in herkömmlichen Biomassekraftwerken ist im Allgemeinen nicht oder nur mit erheblichem technischen Aufwand möglich. Jedoch kann durch die thermische Verwertung von biogenen „Reststoffen“ Wärme (Kälte) und Strom gewonnen werden und damit ein wesentlicher Beitrag zur CO<sub>2</sub> Einsparung geleistet werden.

Verschiedene Arten der Energieumwandlung vom Energieinhalt eines Brennstoffes, im Speziellen der Biomasse, zu nutzbarer Energie sind denkbar. Eine Auswahl davon ist in der nachstehenden Tabelle 1 (Leilei Dong, et al, 2008) aufgelistet.

Primäre Technologie	Sekundäre Technologie
Verbrennung: Dampfproduktion	Dampfturbine, Stirlingmotor, Organic Rankine Cycle
Vergasung: gasförmiger Brennstoff	Verbrennungskraftmaschine, Gasturbine, Brennstoffzelle,

Pyrolyse: gasförmige, flüssige Brennstoffe	Verbrennungskraftmaschine
Biochemische Prozesse: Ethanol, Biogas	Verbrennungskraftmaschine
Chemische Prozesse: Biodiesel	Verbrennungskraftmaschine

Tab. 1: Arten der Energieumwandlung von Biomasse (Leilei Dong, et al, 2008)

Für biogene Reststoffe gibt es derzeit keine geeignete Verbrennungstechnologie insbesondere für kleine und mittlere Feuerungsleistungen. Mit den am Markt erhältlichen Biomasseverbrennungsanlagen (Rostfeuerungen, Unterschubfeuerungen, Wirbelschichtfeuerungen) ist in speziellen Ausführungen nur eine Zugabe von geringsten Mengen (3-4 %) selektiver, biogener Reststoffe möglich.

Die Gründe hierfür sind unter anderem die hohe Fluktuation in Wasser- und damit Energiegehalt, der hohe Stickstoffgehalt und damit relevante NO<sub>x</sub>-Emissionen, die schwache Durchströmbarkeit, Fluidisierbarkeit und Eignung zur Aufmahlung sowie niedrige Ascheschmelzpunkte (siehe Fernandez Llorente, et al., 2005, Görner, 1991).

## 1.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Die Federspiel Ökotechnology kooperiert bereits seit mehreren Jahren erfolgreich mit der TU Wien, Institut für Verfahrens-, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften und verfügt über langjährige Erfahrung in der Entwicklung dieser hocheffizienten, ausmauerungslosen, verbrennungsluftgekühlten Brennkammer. Aus einem Vorprojekt existiert eine funktionsfähige, kleine Brennkammer für Strohballen auf Basis der neuartigen Verbrennungstechnologie. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen und Erfahrungen waren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig, um eine marktfähige, dezentrale, vollautomatische 400 kW „Energiezentrale“ für ein breites Brennstoffband biogener Brennstoffe zu realisieren.

## 1.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)

Das Projektziel war, den erforderlichen Entwicklungsschritt zu einer marktfähigen, kompakten, dezentralen „Energiezentrale“ mit einer hocheffizienten, ausmauerungslosen, verbrennungsluftgekühlten Brennkammer für kleine und mittlere Feuerungsleistungen ab 400 kW zur Erzeugung von Strom, Wärme (und Kälte) in der ein breites Brennstoffband regional vorhandener, kostengünstiger, biogener Brennstoffe auf niedrigem Temperaturniveau vollständig und emissionsarm energetisch verwertet werden können, zu erreichen.

In diesem Projekt wurde erstmals eine kompakte, dezentrale „Energiezentrale 400+“ um ein, für kleine Leistungen modifiziertes Aggregat, das auf Basis eines ORC-Kreises arbeitet, ergänzt um auch eine einfache und kostengünstige Erzeugung von elektrischem Strom zu ermöglichen.

Die wesentlichsten Vorteile der „Energiezentrale 400+“ ist die Realisierung kürzester Brennstoffwege für die biogenen Brennstoffe durch entsprechende Reduzierung der Leistungsgröße (Scale down) und damit verbunden eine Dezentralisierung der Anlagen sowie die weitgehende Unabhängigkeit von Rohstoffpreisschwankungen aufgrund des breiten Brennstoffbandes durch Nutzung regionaler, vielfältiger, biogener Reststoffen wie beispielsweise Weizen-, Gerste-, Kukuruz-, Rapsstroh, Sonnenblumenstängel, kommunaler Grün- (Heu), Strauchschnitt, inhomogener Biomassen-Mix (pastös und faserförmig), nicht abgebaute faserförmige Fraktionen aus Biogasanlagen sowie Energiepflanzen aus ortsnahen Bracheflächen.

Die größte Herausforderung hierbei war, ein vollautomatisiertes und wirtschaftliches Scale-down der bereits vorhandenen, innovativen Ballenverbrennungstechnologie zur Erzeugung von Strom und Wärme erfolgreich umzusetzen.

## **1.4 Verwendete Methoden**

Eine wesentliche Herausforderung war die Erreichung eines stabilen Betriebszustandes im Dauerbetrieb. Dazu ist die Feuerungstechnik und die zu erzielende Brennstoffwärmeleistung an den Betrieb der ORC-Anlage - unter Einbindung des Speichermanagements - und die Abgabe der Niedertemperaturwärme an die Wärmeabnehmer anzupassen.

Im Rahmen der experimentellen Entwicklung wurden Lösungen für die zusätzlichen Anforderungen an die Prozesssteuerung durch die unterschiedlichen Brennstoffe entwickelt, die Stabilisierung der Verbrennung für die Stromerzeugung erarbeitet und das Emissionsverhalten weiter optimiert. Dabei wurden auch die zusätzlichen Anforderungen an die Prozesssteuerung durch das vielschichtige Brennstoffband und die Micro-Stromerzeugung erarbeitet sowie das Emissionsverhalten überprüft.

Begleitend zur Versuchsdurchführung wurde, unter Einsatz von detaillierten Modellen für die Berechnung der turbulenten Gasströmung und der heterogenen Verbrennung mit gekoppeltem Wärme- und Stofftransport, eine Verifizierung der Vorgänge in der Versuchsbrennkammer mittels CFD-Simulation zur Auslegung und Optimierung der Strömungsvorgänge durchgeführt. Auf Basis der Beschreibung der Versuchsverhältnisse wurde das zur Verfügung stehende und durch die Versuchsergebnisse geschärfte Simulationsmodell für Parameter- und Geometrieoptimierung eingesetzt.

## **1.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten mit Quellenangabe, Erläuterung der Erhebung**

Die angestrebten Ziele und Erkenntnisse wurden in einer marktfähigen, kompakten, dezentralen „Energiezentrale 400+“ im Zuge eines letzten Entwicklungsschrittes umgesetzt.

Hierfür wurde die kompakte, dezentrale „Energiezentrale 400+“ - eine hocheffiziente, ausmauerungslose, verbrennungsluftgekühlte Brennkammer - in standardisierten Containern

installiert und mit einem für kleine Leistungen modifiziertes Aggregat, das auf Basis eines ORC-Kreises arbeitet, ergänzt um auch eine einfache und kostengünstige Erzeugung von elektrischem Strom zu ermöglichen. Zur Sammlung von Erfahrung und Erkenntnissen unter realen Betriebsbedingungen wurde während des Versuchsbetriebes das Schloss Leiben mit Wärme versorgt und Strom ins EVN Netz eingespeist. Dabei konnten auch die zusätzlichen Anforderungen an die Prozesssteuerung bedingt durch das vielschichtige Brennstoffband und die Micro-Stromerzeugung erarbeitet sowie das Emissionsverhalten überprüft werden.

Durch den Charakter der Verbrennungsanlage wird die Brennstoffenergie in Form eines Heißgasstromes zur Verfügung gestellt, welche in einem Wärmetauscher an ein Wärmeträgermedium weitergegeben wird. Dieses Wärmeträgermedium wird für den Betrieb der Hochtemperaturseite des ORC-Prozesses zur Erzeugung von elektrischem Strom verwendet. Als Wärmesenke wurde eine Anbindung an die Heizanlage des Schlosses Leiben hergestellt.

Ein vereinfachtes Anlagenschema der „Energiezentrale 400+“ zeigt die Abbildung 1.

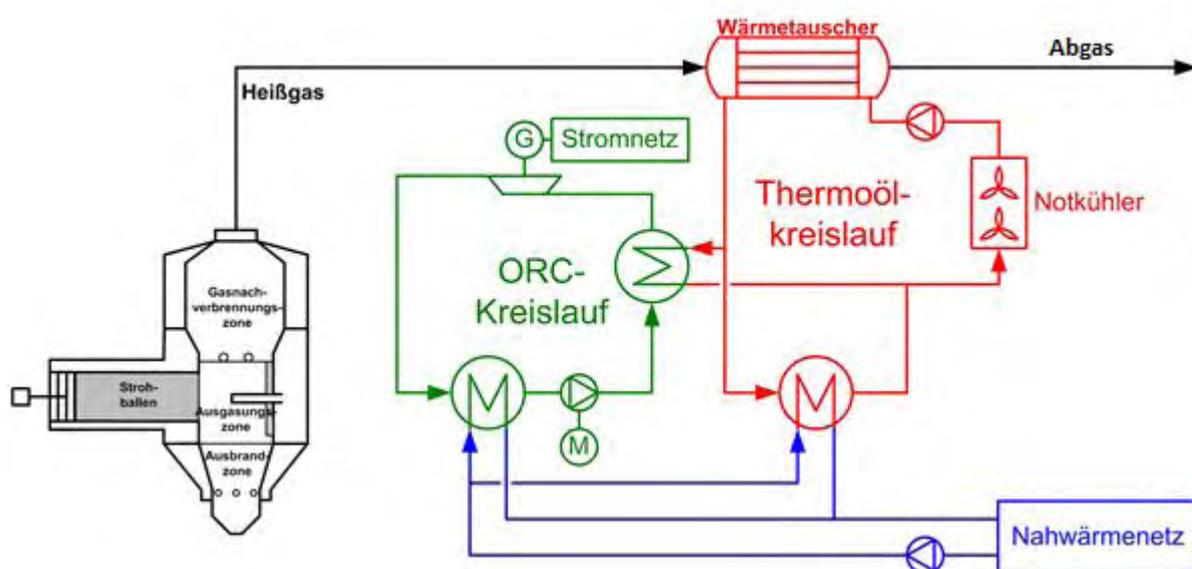


Abb. 1: Vereinfachtes Anlagenschema der Energiezentrale 400+

Ein wichtiges Teilziel dieses Projektes war die Integration der Ballenfeuerungsanlage und der ORC-Anlage mit den Wärmespeichern am Demonstrationsstandort Leiben. Dazu wurden die erforderlichen Behördenverhandlungen geführt und die behördlichen Genehmigungen (Vorbereitung und Abgabe von Einreichplänen Meierhof/Leiben, Planung der Nahwärmeinbindung Schloss Leiben) eingeholt. Infrastrukturmaßnahmen, wie die Fundamentierung, Erstellung eines Stromanschlusses (EVN) und eines Wasseranschlusses, die Vorbereitung einer Internetanbindung (Telekom Austria) wurden umgesetzt. Nach den Signaltests und der Füllung der Speicher- und Medienkreisläufe wurde die Inbetriebnahme abgeschlossen.

Die begleitende CFD-Simulation konnte die Primär- sowie die Sekundärzone der bereits realisierten Pilotanlage für Strohballen nach Ähnlichkeitsüberlegungen und Verfahrens-

merkmalen (z.B. der Rezirkulation) abbilden und übertragbare Erfahrungen und Ergebnisse liefern.



Abb. 2: Energiezentrale 400+ im Probebetrieb am Standort Leiben

Darüber hinaus wurden durch die Ergebnisse der CFD unter zu Hilfenahme einfacher bilanz-technischer Werkzeuge auch die Entwicklung des Regelungskonzeptes der realen Anlage unterstützt. Parameterstudien zeigten die wechselweisen Einflüsse auf Regelgrößen auf und ermöglichten die Erstellung physikalisch sinnvoll geschlossener Regelkreise. Weiters wurde durch dieses Vorgehen die Parametrierung der Regler für den Entwurf von stabilen Regelkreisen über alle Betriebsbereiche realisiert. Die erforderlichen regelungstechnischen Adaptierungen und die Anpassung der Visualisierung wurde parallel dazu von der TU Wien umgesetzt.

Der Brennstoffeinschubbereich wurde aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorprojekt mit einer neuen Positionsmesstechnik auf Basis einer Mikrowellendurchstrahlung ("Mikrowellen-Lichtschranke") ausgestattet. Parallel hierzu erfolgte die erforderliche mess- und regelungstechnische Implementierung. Testläufe zur Ballenpositionierbarkeit erfolgten im kalten und im warmen Betriebszustand und lieferten zufriedenstellende Ergebnisse.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ausschnittsweise die ausgeführte Prozessvisualisierung der gesamten Verbrennungsanlage mit nachgeschalteter Wärmeauskopplung.

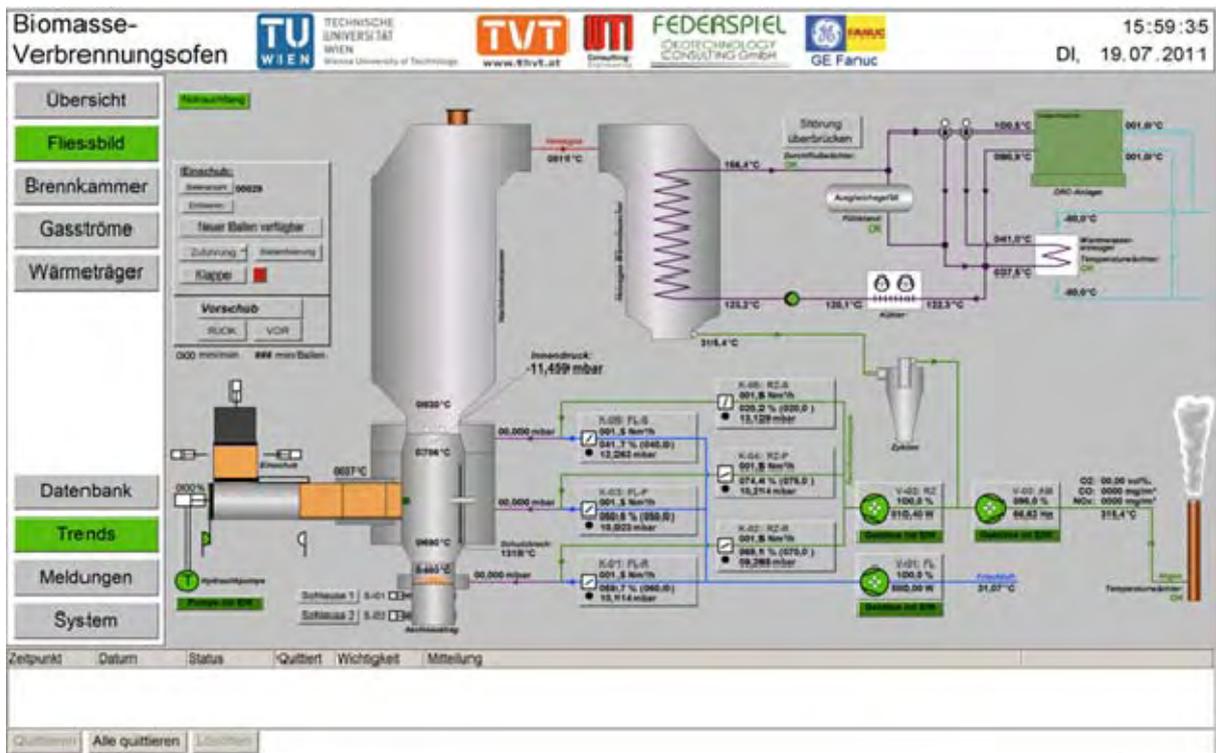


Abb. 3: Prozessvisualisierung Energiezentrale 400+

Eine weitere wesentliche Fragestellung im Projekt befasste sich mit dem Abbrandverhalten der eingesetzten, sehr unterschiedlichen biogenen Brennstoffe. Zur Sicherstellung eines stabilen und emissionsarmen Betriebes wurden regelmäßige Untersuchungen der strömungs- und verbrennungstechnischen Phänomene zwischen Düsen und der Brennstoffstirnseite im Bereich der Primärzone bei verschiedenen Brennstoffen durchgeführt. Speziell untersucht wurde das Abbrandverhalten in Abhängigkeit von der Art des eingesetzten Brennstoffes, der Feuchte und der Verbrennungstemperatur sowie auch der Primärdüsenform und deren Einfluss auf das Emissionsverhalten, Wärmehaushalt und stabile Verbrennungsführung. Davon ausgehend wurden die verbrennungstechnischen Mindestanforderungen an die einzusetzende Biomasse betreffend Feuchte, Heizwert und Variabilität dieser Parameter erarbeitet und festgelegt.

## Ergebnisse des Projektes

Die Versuche und der Probetrieb zeigten einen flexiblen, schnellen Einsatz der Anlage mit guten Verbrennungseigenschaften des eingesetzten biogenen Brennstoffes. Während der Versuche und im Probetrieb wurden die vorgeschriebenen Grenzwerte des Abgases nicht überschritten.

Die Integration am Standort Meierhof / Leiben mit dem Schloss Leiben als attraktivem Wärmekonsumenten und der Aufbau der Demonstrationsanlage auf der "Grüne Wiese" ist definitiv als ein spannendes Highlight dieses Projektes zu sehen.

Begleitend zu der „erweiterten Probetriebsphase“ werden noch durchzuführende, geringfügige Adaptierungen des Brennstoff-Einschubsystems, Automatisierung des Rostsystems

und Ascheastrages sowie eine bedienungsfreundliche Anpassung der Betriebssoftware durchgeführt, damit die Anlage den Status der „Marktreife“ erlangt und eine TÜV Genehmigung erhält.

Eine ausführliche Darstellung und Bewertung der Projektergebnisse kann aus der Beilage 1: Performance Report für die biomassegefeuerte Energiezentrale 400+ erstellt von der Technischen Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften entnommen werden.

Basierend auf den Energieströmen für die im Performance Report betrachteten drei Fälle (Volllast, Auslegungsbetrieb, realer Teillastbetrieb bei 72%, realer Teillastbetrieb bei 87%) kann eine energetische Jahresbilanzierung für die Energiezentrale 400+ ausgearbeitet werden. Als Jahresverfügbarkeit wird hierfür für die Gesamtanlage ein Wert von 8.000h/a (91,3%) angesetzt. Die Ergebnisse dieser Analyse sind schließlich in Tabelle 2 zusammengefasst.

Parameter	Einheit	Auslegung	Betrieb 72%	Betrieb 87%
Input Brennstoffenergie	MWh/a	3.572	2.588	3.106
Input Strom	MWh/a	78	58	67
Output Strom	MWh/a	318	199	238
Output Wärme	MWh/a	2.241	1.401	1.682
Effizienz Strom bezogen auf Gesamt-Input	%	8,70	7,51	7,51
Effizienz Wärme bezogen auf Gesamt-Input	%	61,39	52,97	53,01
Effizienz Strom+Wärme bezogen auf Gesamt-Input	%	70,09	60,47	60,52

Tab. 2: Jährliche Input- und Output- Energiemengen für Strom und Wärme sowie Effizienzen

Es wird deutlich, dass die Effizienz hinsichtlich elektrischer Energie aufgrund des niedrigen ORC-Wirkungsgrades relativ bescheiden ist. Die Gesamteffizienz von 60 bis 70% ist in Anbetracht der relativ kleinen Leistungsklasse, des flexiblen Gesamtanlagenkonzepts und des eingesetzten (aufgrund des niedrigen Ascheschmelzpunktes unvorteilhaften) Brennstoffes aber durchaus attraktiv.

## Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

### 1.6 Einpassung in das Programm

Das Projektvorhaben adressiert die Aktionslinie „Industrielle Umsetzung innovativer Technologien“ und hier das Thema: Entwicklung einer Komponente zur dezentralen, Gebäude integrierten Energie-, Wärme- und Kälteerzeugung durch Co-Generation, in Form einer marktfähigen, dezentralen „Energiezentrale“ ab 400 kW Feuerungsleistung unter Ausnutzung eines breiten Brennstoffbandes aus regional vorhandenen, biogenen Brennstoffen.

## **1.7 Beitrag zum Gesamtziel des Programms**

Das Projekt liefert einen substanziellen Beitrag zum zentralen Ziel des Programms, der Entwicklung und Marktdurchdringung wirtschaftlich umsetzbarer, innovativer technischer und organisatorischer Lösungen im Sinne eines CO<sub>2</sub>-neutralen Gebäudesektors. Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit zukünftiger dezentraler Energieversorgung und zur Reduktion treibhausrelevanter Emissionen im Gebäudesektor.

Die CO<sub>2</sub>- bzw. Treibhausgas-Reduktion ist ein weltweites Anliegen (Kyoto-Ziel, 2020-Ziel der EU). Diese Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft stellen für Kommunen eine große Herausforderung dar. Die Verwertung von Biomassen und Brennstoffen werden dazu einen entscheidenden Beitrag zu leisten haben, besonders in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen für eine effiziente dezentrale Versorgung. Diese Ziele werden nicht so sehr von technologisch höchstwertigen, zentralen Erzeugungsanlagen, sondern vielmehr von einer Vielzahl kompakter, dezentraler „Energiezentralen“ erreicht.

Die marktfähige, auf innovativer Verbrennungstechnologie basierende, kompakte, dezentrale „Energiezentrale 400+“ zur Erzeugung von Strom, Wärme (und Kälte) in dezentraler Größenordnung ab 400 kW unter Verwendung von vielfältigen, regionalen, biogenen Brennstoffen erfüllt die Forderung nach kleinen und mittleren, dezentralen Anlagen. Dadurch können die Brennstoff-Transportstrecken erheblich verkürzt und ein zusätzlicher wichtiger Beitrag zur aktiven CO<sub>2</sub>-Reduktion geleistet werden.

## **1.8 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt**

Das Projekt ist ein erfolgreiches Beispiel für Kooperationen und Partnerschaften zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, da eine intensive, nachhaltige Zusammenarbeit von Klein- und Mittelbetrieben (KMU) mit Universitäten zur gemeinschaftlichen Entwicklung einer exportfähigen Technologie stattgefunden hat und auch über den Projektabschluss hinaus gesichert wurde.

Das Projekt leistet darüber hinaus auch einen Beitrag zu der „Erhöhung des inländischen Wertschöpfungsanteils im Energiesystem“ sowie zur „Stärkung der Technologie- und Klimakompetenz österreichischer Unternehmungen“. Wir möchten auch erwähnen, dass viele regionale Gewerbebetriebe, die Gemeinde und auch sogenannte Multiplikatoren aus Politik, Wirtschaft und Kultur regelmäßig eingebunden wurden.

Mit rund 28.000 Beschäftigten und 3,5 Mrd. EUR Umsatz sowie 10,9 Tonnen CO<sub>2</sub>-Reduktion durch erneuerbarer Energieformen laut aktueller Marktstudie im Auftrag des BMVIT zeigt die Bedeutung der Energietechnikindustrie für Österreich. Das Programm „Haus der Zukunft“ leistete hierzu einen wichtigen Beitrag. In den vergangenen Jahren wurden mehr als 350 Forschungsprojekte mit rund 47 Mio. EUR gefördert.

## **1.9 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse**

### Zielmarkt Österreich:

In Österreich gibt es rund 2 Mio. Gebäude, von denen ca. 210.000 auf Wohnbauten mit mehreren Wohneinheiten fallen. Nur ca. 5,5% werden mit Fernwärme bzw. Biomasseheiz(kraft)werken versorgt (Quelle: Statistik Austria, Stand 2001). Dieser großvolumige Wohnbau sowohl im ländlichen Bereich als auch in städtischen Erweiterungsgebieten ist ein enormes Marktpotenzial für „Energiezentralen 400+“ in dezentraler Größe unter Einsatz eines breiten, biogenen Brennstoffbandes.

Bedarf an „Energiezentralen 400+“ in dezentraler Größe unter Einsatz eines breiten, biogenen Brennstoffbandes besteht auch im Gewerbe und in der Industrie. Neben der Beheizung von Baulichkeiten bzw. Bereitstellung von Prozessdampf und –wärme ist auch der weite Anwendungsbereich „Trocknung“ zu nennen. „Energiezentralen 400+“ in dezentraler Größe unter Einsatz eines breiten, biogenen Brennstoffbandes sind auch eine realistische Option beim Austausch bestehender fossiler Feuerungsanlagen.

Im Regelfall haben die Entscheidungsträger meist nicht die Möglichkeit sich an eine Fernwärme anzuschließen. Es ist auch wirtschaftlich bei vielen Kommunen nicht sinnvoll, Nah- bzw. Fernwärmenetze zu errichten, weil die entsprechende Anschlussbereitschaft nicht besteht oder die erforderliche Anschlussdichte nicht erreicht wird. Für das erhebliche Potential einzelner Gebäude bzw. Gebäudegruppen ist diese „Energiezentrale 400+“ in dezentraler Größe unter Einsatz eines breiten, biogenen Brennstoffbandes eine ideale Lösung.

### Internationaler Zielmarkt:

Große Potentiale ergeben sich durch die geplante Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien in allen europäischen Staaten insbesondere in den CEE- und GUS-Staaten (aufgrund der nun startenden EU-Strukturförderprogramme). Die enormen Agrarflächen in diesen Ländern sichern eine praktisch unerschöpfliche Bereitstellung von vielfältigen, biogenen Reststoffen.

Beispielgebend für die Wärmeversorgungsstruktur von ca. 60 mittelgroßen Städten in der Slowakei und der Tschechischen Republik ist die grenznahe Stadt Breclav in Südmähren:

Über die Stadt verteilt existieren zur Beheizung von Wohnbauanlagen sieben dezentrale Heizhäuser mit entsprechenden Micro-Verteilnetzen in denen Kesselanlagen mit Schweröl betrieben werden. Ein zentrales Biomasseheiz(kraft)werk ist nicht in Diskussion, weil damit erhebliche Investitionen für ein weitläufiges Fernwärmenetz verbunden wäre. Neben den umfangreichen Verkehrsbehinderungen während der Bauarbeiten sind auch die zu erwartenden Netzverluste ein wesentliches Argument gegen die Zentralisierung der Wärmeversorgung. FEDtech führte bereits positive Gespräche mit dem Bürgermeister und

Vizebürgermeister der Stadt Breclav betreffend der Realisierung einer „Energiezentrale 400+“ in dezentraler Größe unter Einsatz von vielfältigen, regionalen, biogenen Brennstoffen als Ersatz für die bestehende fossile Feuerungsanlage in einem der dezentralen Heizhäuser. Alleine der Anlagentausch in den dezentralen Heizhäusern der mittelgroßen Städte in der Slowakei und Tschechischen Republik würde ein Anlagenpotential von 840 MW ergeben d.s. rund 2000 Anlagen.

## **Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen**

Die Versuche und der Probetrieb zeigten einen flexiblen, schnellen Einsatz der Anlage mit guten Verbrennungseigenschaften des eingesetzten biogenen Brennstoffes. Während der Versuche und im Probetrieb wurden die vorgeschriebenen Grenzwerte des Abgases nicht überschritten.

Die Integration am Standort Meierhof / Leiben mit dem Schloss Leiben als attraktivem Wärmeabnehmer und der Aufbau der Demonstrationsanlage auf der "Grüne Wiese" ist definitiv als ein spannendes Highlight dieses Projektes zu sehen.

Begleitend zu der „erweiterten Probetriebsphase“ werden noch durchzuführende, geringfügige Adaptierungen des Brennstoff-Einschubsystems, Automatisierung des Rostsystems und Ascheaustrages sowie eine bedienungsfreundliche Anpassung der Betriebssoftware durchgeführt, damit die Anlage den Status der „Marktreife“ erlangt und eine TÜV Genehmigung erhält.

Für die Verbreitung und Verwertung der Projektergebnisse wird das Projektteam weiter zusammenarbeiten und die vorhandenen Netzwerke und Kontakte nutzen. Zusätzlich wird das Produkt über die eigenen Marketingkanäle der Projektpartner (firmeneigene Websites, Broschüren, Messeauftritte etc.) präsentiert.

## **Ausblick und Empfehlungen**

Zum Zweck der Nachhaltigkeitssicherung des Projektes werden aktuell Maßnahmen gesetzt, um die Projektergebnisse und Informationen einem breiten Publikum zugänglich zu machen; sowie dieses über den weiteren Technologie- und Projektfortschritt zu informieren.

Mit der Verbreitung der Projektergebnisse soll ein deutlicher Beitrag zur Stärkung der Know-how-Basis und Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Unternehmen (insbes. Forschungseinrichtungen, Beratungsdienstleister und ausführende Unternehmen) geleistet und sollen Impulse für den Einsatz von energetischen Maßnahmen in Gebäuden – basierend auf innovativen technischen Lösungen – gesetzt werden.

Darüber hinaus ist die Vernetzung mit nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten geplant; insbesondere mit dem ZIT und Austrian Construction Technology Plattform; sowie der Austausch mit laufenden internationalen Programmen.

## Anhang

„Performance Report“ für die biomassegefeuerte Energiezentrale 400+ erstellt von der Technischen Universität Wien, Institut Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technischen Biowissenschaften.

Der Performance Report kann unter [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) als eigene Publikation (Schriftenreihe Nr. 50a/2013) heruntergeladen werden.