

HOLZGAS – BAUSTEIN EINER LÄNDLICHEN ENERGIEVERSORGUNG

REEPRO PRAXISTRAINING ZU HOLZGASANLAGEN IN LAOS – VOM ROCKET STOVE ZUM MINI-GASKRAFTWERK



Bild 1: Teilnehmer des fünftägigen Biomasseworkshops in Laos

Ziel und Schwerpunkt des EU-ReePro Projekts soll sein, in Entwicklungsländern den Menschen vor Ort das Wissen, die Fähigkeiten und die praktische Erfahrung zu vermitteln, verfügbare erneuerbare Energien im eigenen Land nutzbringend und nachhaltig einzusetzen. Bereits in den SONNENENERGIE Ausgaben März/April und Juli/August des Jahres 2008 haben wir zum jeweils aktuellen Stand und Inhalt unserer Arbeit zur Förderung des effizienten Einsatzes erneuerbarer Energie in Entwicklungsländern (Promotion of the Efficient Use of Renewable Energies in Developing Countries) berichtet.

Hintergrund des ReePro Projektes

Ziel von ReePro ist es Fachleuten in Entwicklungsländern Laos und Kambodscha Wissen zu vermitteln, das den effizienten Einsatz von erneuerbaren Energieträgern im lokalen Umfeld ermöglicht. Hierbei wird angestrebt, dass der Ersatz von möglichst vielen fossilen Energieträgern möglich wird und eine breite Basis verschiedener erneuerbarer Energiefor-

men eingesetzt wird, um einerseits zu starke Abhängigkeiten von einer einzelnen Energiesorte wie z. B. der Photovoltaik zu vermeiden und andererseits ein Maximum an Energieverfügbarkeit und –stabilität zu erzeugen. Wie in Entwicklungsländern notwendig, liegt der Fokus dabei auf minimalen Systemkosten. Die in Projektländern Laos oder Kambodscha vorhandene Biomasse bildet dabei einen wichtigen Grundpfeiler für eine diversifizierte Energieversorgung.

Das ReePro Projekt vermittelt den Partnern und Trainern darüber hinaus eine Grundlage zur eigenen wirtschaftlichen Selbständigkeit im Energiesektor. Entrepreneurial Trainings und wirtschaftliche Schulungen bereiten die Basis, auf der mittelfristig erfolgreiche Klein- und Familienbetriebe entstehen können, die im lokalen oder regionalen Umfeld wirtschaftlich als unabhängige Energieversorger bestehen können.

Einsatzmöglichkeiten und Verfügbarkeit von Biomasse

Biomasse in Form von Holz stellt in

Laos insbesondere in den ländlichen Gebieten die wichtige Energiequelle zum Kochen und damit bei der lokalen Energieeigenversorgung dar. Im Gegensatz zum Einsatz elektrischer Energie in Form von Dieselgeneratoren, die oftmals mit ineffizienten Batterieladesystemen gekoppelt sind, existiert für den Einsatz von Holz als Energiequelle keine direkte Leistungsgrenze. Zudem ist die Verfügbarkeit und der Einsatz von Biomasse weder an hohe Systeminvestitionskosten gebunden, noch an eine ausreichende Qualifikation und Sensibilisierung von Menschen, um die Installation oder den Betrieb einer Anlage zu erlernen. Im Allgemeinen sind Zerkleinerungswerkzeuge wie Axt oder Machete überall direkt verfügbar und ausreichend, um den Brennstoff für die in diesen Anlagen benötigte Energie zu gewinnen und für eine weitere Nutzung zu präparieren. Biomasse ist nach der Gewinnung leicht verlustfrei speicherbar und es müssen nur geringe Vorkehrungen getroffen werden, um sie auf einen möglichst geringen Feuchtigkeitsgehalt zu trocknen. Jedoch kann mit Biomasse direkt kein Licht erzeugt werden und keine moderne Unterhaltungselektronik wie Computer, Radio, Fernseher, Telefon oder Funkgerät betrieben werden, auch kann keine direkte mechanische Arbeit wie das Antreiben von Maschinen verrichtet werden. Folglich beschränkt sich der Einsatz von Biomasse derzeit auf die Nutzwärmeergewinnung für die Zubereitung von Nahrung oder das Heizen in den kälteren Regionen von Laos.

Neben den wichtigen Quellen für stückige Biomasse, wie zum Beispiel Nutzhölzer oder Abfälle aus der Holzverarbeitung, sind auch andere Formen von Biomasse lokal zur Wärmeerzeugung einsetzbar, da sie zum Teil in großem Umfang als Abfallprodukt bei der Nahrungsmittelproduktion anfallen, wie z. B. Reisspelzen aus Reismühlen.

Bisherige Erfahrungen aus dem Experimentierfeld Rocket Stove

Wir berichteten bereits über die Konstruktion einfach aufgebauter Rocket Stoves. Diese Herde bestehen aus einem verbesserten Design einer traditionellen Kochweise. Im Gegensatz zu den traditionell verbreiteten offenen Herden und Feuerstellen weisen Rocket Stoves wesentliche Vorteile auf. Durch das Brennverfahren einer Primär- und Sekundärverbrennung wie in einem Scheitholzvergaserkessel erzielen Rocket Stoves mit einer viel kleineren Menge an Holz die gleiche Kochleistung wie eine offene Feuerstelle und produzieren zudem bedeutend weniger Rauch oder Ascheflug. Diese Verhinderung lokaler Emissionen führt langfristig zu einem positiven Beitrag zur Verbesserung der allgemeinen Gesundheitssituation der Bevölkerung. Bei dieser stellen Atemwegsbeschwerden durch Rußinhalation eine schwerwiegende Beeinträchtigung dar, da traditionell überwiegend in geschlossenen Räumen gekocht wird und der Asche-, Ruß- und Kondensatniederschlag bei Benutzung der konventionellen offenen Feuerstellen erheblich ist.

Die Konstruktion der ersten einfachen Generation von Rocket Stoves, wie sie im Praxisseminar an der Universität in Vientiane vermittelt wurde, ist mittlerweile entschieden vorangeschritten. Bei unserem jetzigen Besuch im November fanden wir eine Vielzahl von aufgebauten und getesteten Ofen-Varianten vor, mit deren Hilfe das Design weiter vereinfacht und optimiert wurde, um insbesondere den Herstellungsaufwand und die Herstellungskosten weiter zu reduzieren.

Als Gehäuse für die Öfen dienen mittlerweile bevorzugt ausrangierte Ölkanister, als Topfstütze wird einfacher Bau- und Rundstahl in Form eines Dreiecks in den oberen Abschluss des Kanisters eingezogen. Die Brennkammer und Brenngasführung wird aus einem Gemisch aus Lehm und Reisspelzen gefertigt. Die Reisspelzen wirken dabei als Strukturmaterial, wel-



Bild 2: Rocket Stoves – effizient Kochen mit feinen Holzscheiten

ches nach der Inbetriebnahme des Ofens ausbrennt und eine gleichmäßige Porenstruktur innerhalb der gebrannten Lehm-matrix hinterlässt. So entsteht eine Art Porenbeton. Dies führt nicht nur zu einer hervorragenden thermischen Isolation und damit zu einem guten Wirkungsgrad des Ofens, sondern auch zu einer Verminderung des Materialeinsatzes und damit zu einer Gewichtsreduktion. Die ausgebrannte hochporöse Lehm-matrix verfügt darüber hinaus über gute mechanische Eigenschaften, sie ist relativ duktil und stoßresistent. Ebenfalls lässt sie sich z. B. mit einer einfachen Holz-säge bearbeiten und in beliebige Formen schneiden, was wiederum eine wichtige Grundvoraussetzung für eine effiziente Kleinserienfertigung dieser Öfen ist. Die besten Ergebnisse im Hinblick auf Festigkeit, Robustheit und Weiterverarbeitung wurden dabei mit einer Mischung aus etwa 50/50% (Volumen Lehm/Reisspelzen) erzielt.

Rocket Stoves – High-Tech Design mit traditionellen Baumaterialien

Neben der Durchführung der Praxismodule für das Training von Fachleuten zur Herstellung von einfachen Rocket Stoves sind von den Arbeitsgruppen in Laos auch Entwicklungsarbeiten durchgeführt worden zu bekannten und fortgeschrittenen Ofendesigns mit erhöhter Feuerungswärmeleistung und gesteigerter Effizienz.

Die in Bild 2 dargestellten Versuchsträger weisen im unteren Bereich des Standfußes eine leicht zu öffnende und wieder verschließbare Vorrats- und Reaktionskammer auf, die mit feinkörniger trockener Biomasse, bevorzugt Reisspelzen, befüllt und anschließend entzündet wird. Über einen Luftkanal wird der Reaktionskammer kontrolliert und regelbar Luft zugeführt, wobei sie als Gasgenerator funktioniert. Die Luft wird mit einem von außen auf den Kanal aufgesetzten 12V Axiallüfter, so wie er zum Beispiel in Computernetzgeräten eingebaut ist, in die Reaktionskammer des Ofens eingeblasen. Die elektrische Leistungsaufnahme des Lüfters liegt im Bereich um 10 bis 20 Watt und die Regelung der Leistung des Lüfters kann über ein einfaches und robustes Steuergerät mit regelbarem Widerstand vorgenommen werden. Das so erzeugte Holzgas entweicht der Reaktionskammer im Inneren des Ofens und wird nach oben geführt, wo es durch ein Set von ringförmig angeordneten Brenndüsen entweicht und unter Zuführung von Sekundärluft verbrennt. Die von dem Ofen erzeugte Gasqualität ist gut, das Gas brennt stabil mit einer bläulichen Flamme ohne jegliche Ruß- oder Qualm-



Bild 3: „High-end“ Versionen des Rocket Stoves – Kochen mit Reisspelzen und externem 12 V Lüfter

bildung. Die erreichte Feuerungsleistung einiger Modelle beeindruckt sichtlich und kann von der Feuerungswärmeleistung mit den uns vertrauten Gasherden mithalten.

Durch den Einsatz und Betrieb des elektrischen Lüfters arbeitet der Rocket Stove kontinuierlich im Bereich eines leichten Überdruckes, und durch die Regelbarkeit der Leistung des Lüfters kann der Volumenstrom und das Druckgefälle im Inneren des Ofens angepasst werden. Dies hat gleich mehrere Vorteile. Zum einen können bei der Fertigung des Ofens Passungenauigkeiten und leichte Leckagen toleriert werden und zum anderen können Veränderungen, die über die Gebrauchsdauer des Ofens auftreten können, wie z. B. eine durch thermischen Verzug nicht mehr exakt abdichtende Verschlussklappe, durch Anpassen der Lüfterleistung kompensiert werden. Weiterhin dient der regelbare Lüfter generell zum Einstellen der gewünschten und benötigten Feuerungsleistung. Wir konnten uns bei unserem letzten Besuch davon überzeugen wie effizient diese Öfen arbeiten.

Anwendungen: Rocket Stoves für Reisspelzen

Während die erste Generation von Öfen mittlerweile herstellungskostenmäßig im Rahmen liegt, um ein kommerzieller Erfolg werden zu können, kann man bei der zweiten Version noch nicht unbedingt davon sprechen. Der Fertigungsaufwand und die damit verbundenen Kosten scheinen gegen den raschen Einsatz im kleinen Privathaushalt zu sprechen. Die Komplexität der Bedienung sowie die technischen Voraussetzungen für den Betrieb, wie z. B. das Vorhandensein einer ausreichend leistungsstarken 12V Stromquelle und der Brennstoffbedarf an trockenen Getreidespelzen, sprechen eher gegen eine rasche und flächendeckende Verbreitung des Systems. Selbst wenn

man unterstellt, dass in so gut wie jedem einfachen ländlichen Haushalt eine 12V Auto-Batterie vorhanden ist, die regelmäßig an zentralen Ladestationen nachgeladen wird, so verursacht das Kochen mit dem Rocket Stove und Reisspelzen doch zusätzliche Kosten und Aufwände. Um eine Vorstellung hiervon zu bekommen, kann vereinfacht davon ausgegangen werden, dass für den Betrieb des Ofens jeden Tag eine Amperestunde (Ah) Batteriestrom benötigt würde.

Unter der Voraussetzung des Vorhandenseins einer kleinen, konventionellen nassen Blei-Säure-Batterie ist also zu erwarten, dass ein zusätzlicher Ladevorgang alle zwei bis drei Wochen anfallen würde. Die Batterie müsste hierfür abmontiert und zur Ladestation transportiert werden, was zusätzliche Kosten für den Transport und die Ladung an sich verursacht. Die hohe Entladungstiefe, die erhöhte Zyklenzahl sowie die mechanischen Erschütterungen während des Transportes limitieren weiterhin die Lebensdauer der Batterie, sodass von einer erhöhten Austauschrate ausgegangen werden kann, was nicht nur weiterhin die langfristigen Betriebskosten für den Ofen erhöht, sondern auch potenziell die Umwelt belasten kann, da nicht unbedingt das Vorhandensein eines flächendeckenden Recyclingsystems für alte Bleibatterien unterstellt werden kann.

Diese „high-end“ Versionen des Rocket Stoves sind damit eher geeignet für einen Einsatz in Bereichen, wo sich aufgrund der vorhandenen Infrastruktur und Rahmenbedingungen eine günstige Gesamtbewertung ergibt. Dies können zum Beispiel bevorzugt Groß- oder Zentralküchen sein von Schulen, Waisenhäusern oder auch Krankenstationen, die unter Umständen sogar über einen eigenen Stromanschluss oder aber eine eigene Photovoltaik-Anlage verfügen und damit im Bezug auf die Verfügbarkeit elektrischer Energie mehr oder weniger unabhängig sind. Hier kann diese Version des Rocket Stoves noch weitere Vorteile ausspielen und das sind vor allem die direkt regelbare und wenn nötig sehr hohe Feuerungsleistung, die schnelle Ansprechzeit und leichte Bedienbarkeit sowie die lange Brenndauer mit einer Füllung. Auch ein Einsatz in gastronomischen Einrichtungen ist vorstellbar.

Das Stadtgaswerk für Entwicklungsländer – Synergieeffekte von Holzvergaser

Im Grunde genommen ist diese „high-end“ Version des Rocket Stoves ein vereinfachter Holzgasgenerator mit angeschlossener Gasbrenner. Der westlichen Welt sind diese Anlagen noch von den

Gasanstalten bekannt, die früher das sogenannte Stadtgas aus Kohle und Koks erzeugten und in den städtischen Gasnetzen verteilten. Dieses wurden zwar sukzessive durch Erdgas ersetzt, war aber über Jahrzehnte Kernbestandteil der städtischen Energieversorgung europäischer Großstädte. Ausgehend von diesem Ansatz kann Holzgas nicht nur zum Kochen, sondern auch für viele weitere Anwendungszwecke eingesetzt werden, wie z. B. der Erzeugung von mechanischer Energie oder auch Licht.

Inspiziert vom Design handelsüblicher Campinggaslaternen wäre es auch vorstellbar, damit z. B. kraftvolle und hell leuchtende Straßenlaternen oder Hauslampen zu realisieren, wie sie bereits mit Biogas betrieben werden. Hierzu müsste es gelingen die Feuerstelle im oberen Bereich des Ofens durch ein entsprechendes Design mit Glühstrumpf, Glaszylinder, Reflektor und Abdeckung zu ersetzen.

Bei entsprechender Auslegung könnte eine solche Laterne neben der hohen Lichtleistung und einfachen Bedienbarkeit auch eine lange spezifische Betriebsdauer aufweisen, also durchaus eine ganze Nacht mit einer einzigen Füllung an Getreidespelz brennen. Auch ist denkbar, dass ein Gasgenerator mehrere Gaslaternen versorgt, zum Beispiel einen Dorfplatz oder verschiedene sanitäre Einrichtungen ausleuchtet, insofern ein entsprechendes Leitungsnetz für das Synthesegas dargestellt werden kann.

Die für den Lüfterbetrieb notwendige elektrische Leistung muss allerdings einer Batterie oder anderen Stromquellen entzogen werden. Sie könnte beispielsweise durch eine klein dimensionierte Photovoltaik-Anlage bereitgestellt werden. Detailanpassungen wie zum Beispiel eine Optimierung und Minimierung der elektrischen Leistungsaufnahme des Lüfters wären für eine solche Konstruktion ebenfalls durchzuführen und könnten im Rahmen eines entsprechenden Praxismoduls umgesetzt werden.

Die Möglichkeit der Lichterzeugung ist ein Beispiel für mögliche Synergien zwischen Biomasse und Photovoltaik, da der Einsatz von Holz- oder Biogas die Substitution von Glühbirnen oder Leuchtdioden ermöglicht, das Vorhandensein elektrischer Energie aber wiederum erst den Einsatz der Gasgeneratoren ermöglicht.

Konzept: Holzgas als Basis für mechanische Arbeit

Gelänge es kostengünstige, einfache und robuste Biomassevergasungsanlagen zu entwickeln, kann ein weiterer bedeutender Beitrag geleistet werden zur Bereitstellung von mechanischer Energie

Auf die Schiene,



fertig, los!

Darauf haben Sie gewartet!
Mit der **Universal-Montageschiene** von TS-Solar wird die Montage von PV-Modulen zum Kinderspiel:

Eine Universalschiene für alle Montagesituationen



Eine Universalschraube für alle Verschraubungen

Die Montage aller gängigen PV-Module wird mit nur einem Verlegesystem durchgeführt. Das System ist leicht handhabbar und vielseitig einsetzbar.

Selbstsichernde Schrauben ohne Muttern erfordern nur noch ein Werkzeug: Einfacher geht es nicht!

Auch die Lagerhaltung wird weitgehend reduziert und doppelte Lagerhaltung vermieden.

Start frei für die neue Einfachheit bei der Montage von PV-Modulen!



TS Solar GmbH & Co. KG
Industriestraße 18 · D-26629 Grobefehn
Tel. +49 (0) 49 43 91 91 901
Fax +49 (0) 49 43 91 91 902
info@ts-solar.com · www.ts-solar.com

und Substitution von fossilen Kraftstoffen sowie zum kostenoptimierten Downsizing von Photovoltaik Anlagen mit Batteriepuffer im großen Umfang. Ein Holzgasgenerator kann bei entsprechender Auslegung ohne weiteres dauerhaft einen kleinen Verbrennungsmotor antreiben, der einige Kilowatt Antriebsleistung erzeugt.

Ein direkter Antrieb von 50 Hz oder 60 Hz 220 Volt oder 380 Volt Wechsel- bzw. Drehstromsystemen gestaltet sich jedoch technisch aufwändig und teuer, da die lastabhängige Drehzahlregelung der Generatoren in engen Grenzen erfolgen muss und einfache Fliehkraftregler bei stark schwankenden Verbraucherlasten sowie bei wechselnder Brenngasqualität an die Grenzen ihrer Belastbarkeit stoßen.

Hingegen können einfache Motoren, die relativ unregelmäßig in einem weiten Drehzahlbereich operieren, direkt zum Antrieb konventioneller 12 Volt oder 24 Volt PKW oder LKW Lichtmaschinen verwendet werden, die wiederum als Batterieladestationen funktionieren können und dabei Diesel oder Benzin betriebene Generatoren ersetzen würden.

Auch könnten derartige Systeme direkt auf die Akkumulatorenebene des 12 Volt oder 24 Volt Gleichspannungskreises einer Photovoltaik-Anlage einspeisen, wodurch es möglich würde, geringe Lasten zum Beispiel über den Betrieb der Solarmodule abzudecken und hohe Lasten über den Generator sowie einen gegebenenfalls angeschlossenen Wechselrichter, bei gleichzeitig geringstmöglichen Systemkosten für die PV-Anlage und das Batteriesystem.

Weiterhin kann auch generell ein direkter Antrieb mechanischer Verbraucher wie beispielsweise Wasserpumpen oder stationäre Erntemaschinen ins Auge gefasst werden, was weiterhin die Abhängigkeit von teuren fossilen Brennstoffen vermindert und das Problem der Devisenabhängigkeit des Energiesektors dieser Länder bekämpft.

Achtung: Sicherheitsaspekte von Holzgasanlagen

Biomassevergasungsanlagen wandeln in einem thermo-chemischen Prozess Biomasse in ein brennbares niederkalorisches Schwachgas um. Die brennbaren Bestandteile dieses Gases sind im Wesentlichen Wasserstoff und Kohlenmonoxid, wobei jeweils von einer Konzentration von bis zu etwa 20 Volumenprozent im Rohgas ausgegangen werden kann. Ein möglicher unkontrollierter Gasaustritt aus der Anlage muss vermieden werden, da neben der Brandgefahr auch eine Gesundheitsgefährdung durch das to-

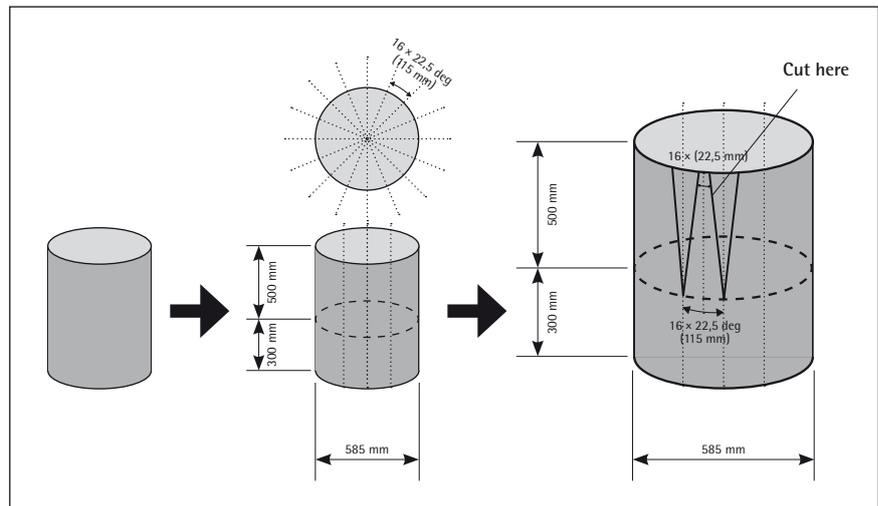


Bild 4: Konstruktion eines trichterförmigen Brennstoffsilos aus einem 200 Liter Ölfass

xisch wirkende Kohlenmonoxid eintreten könnte. Darüber hinaus entwickelt eine Biomassevergasungsanlage Abwärme auf einem relativ hohen Temperaturniveau, die abgeführt werden muss, wobei Verletzungsgefahr (zum Beispiel durch Hautverbrennungen) ausgeschlossen sein muss. Diese grundlegenden sicherheitsrelevanten Aspekte müssen bei der Auslegung, der Aufstellung sowie dem Betrieb der Anlage berücksichtigt werden, um mögliche Gefährdungen auszuschließen. Ein ausreichendes Training von Konstrukteuren und Bedienpersonal gehört somit zu den Grundvoraussetzungen, die implementiert werden müssen, bevor eine Verbreitung dieser Anlagen ins Auge gefasst werden kann.

Einstieg in die Biomassevergasung – Entwicklung von Holzvergaser Praxismodulen für das REEPRO Training

Die Firma Innowatt Energy Pty. Ltd. beschäftigt sich unter anderem mit dem Design von einfachen und leistungsfähig skalierbaren Holzvergaser-Systemen und hat im Rahmen dieses ReePro Projekts die Begleitung der Trainingsmaßnahmen für die Biomassevergasung

übernommen.

Dazu gehören in einem ersten Schritt eine Machbarkeitsstudie inwieweit sich die Prinzipien der technischen Holzvergasung auf Systeme übertragen lassen, die mit einfachsten Mitteln aus lokal verfügbaren und kostengünstigen Materialien hergestellt werden können. Hierbei wurde das Augenmerk auf Materialien wie dünnwandige Blechrohre, einfache Profilstähle, standardisierte Ölfässer (200 Liter), Holz, Lehm und Reisspelz zu Füll- und Isolationszwecken gerichtet. Aus einer so erstellten Bibliothek von bevorzugten Materialien wurde sodann ein prinzipieller Bauplan für eine einfache Holzvergaseranordnung entwickelt und in ein theoretisches Unterrichtsmodul integriert.

Bei der Durchführung des ersten Praxismodules zur Holzvergasung im November in Laos stand zunächst der Materialeinkauf aus regionalen Quellen auf dem Programm. Es zeigte sich, dass nicht alle Bauteile und Materialien exakt wie gelistet verfügbar waren, worauf hin die Konstruktion des Holzvergasers entsprechend angepasst wurde. Generell entstanden keine Schwierigkeiten, frischen Lehm, Reisspelz, Blechtafeln, Pro-



Bild 5 und 6: Bau des trichterförmigen Brennstoffsilos

filstähle, Ölfässer, einfache Werkzeuge und Hilfsmittel wie beispielsweise Holz, Schweißdraht oder Silikondichtmaterial, aber auch robuste Gebläselüfter chinesischer Bauart auf dem lokalen Markt in Vientiane, Laos zu beschaffen.

ReePro Workshop an der nationalen Universität Laos

Im Anschluss hieran wurde das theoretische Modul zur Einführung in die Holzvergasung durchgeführt. Die Veranstaltung wurde in englischer Sprache abgehalten, wobei auch eine simultane Übersetzung ins Laotische erfolgte. Bild 4 zeigt exemplarisch eine der verwendeten Grafiken aus dem theoretischen Modul. Durch die anschauliche dreidimensionale Darstellung der wesentlichen Konstruktionsprinzipien sollte eine leichte Nachvollziehbarkeit erreicht werden, ohne das Design an zu detaillierten Konstruktionszeichnungen auszurichten. Ebenfalls sollten möglichst wenige Einschränkungen für eine konstruktive Detailanpassung bei abweichender Materialverfügbarkeit gegeben werden. Auch erfordert die letztendlich überwiegend prinzipiell dargestellte Konstruktionsvorschrift ein kontinuierlich hohes Maß an Aufmerksamkeit und Mitarbeit der Kursteilnehmer, was wiederum den Lernerfolg der Veranstaltung steigert.

Im Anschluss an die theoretische Einführung wurde direkt zur Konstruktion und Fertigung der Holzvergasungsanlage übergeleitet, die auf dem Kampusgelände der Universität in Laos aufgestellt wurde. Die Workshopteilnehmer wurden in verschiedene Arbeitsgruppen eingeteilt und arbeiteten parallel an der Konstruktion und Herstellung der verschiedenen Vergaserbaugruppen.



Bild 7: Blick in den im Bau befindlichen Ascheabscheider

Aufbau des Holzvergasers

Der Holzgasgenerator besteht im Wesentlichen aus drei Modulen. Der Holzvergaser wurde als Downstream Reaktor aufgebaut, wobei im oberen Bereich das verschleißbare Brennstoffsilos angeordnet ist, das sich im mittleren Bereich kegelförmig in die thermo-chemische Reaktionszone verjüngt. Alle Bauteile sind komplett eingebettet in eine dünne Schicht aus reinem Lehm. Dies dient neben der Abdichtung vor allem zur Erhöhung der Strukturfestigkeit, wobei die Idee ist, dass bei einem korrosiven oder thermischen Zerfall der Metallteile die fest gebrannte Lehmstruktur den reibungslosen Weiterbetrieb der Vergasungsanlage ermöglichen soll. Zwischen dieser dünnen Lehmschicht und den hölzernen Stützkasten ist eine Füllmatrix aus einem Gemisch aus 50 Volumenprozent Reisspelz und 50 Volumenprozent Lehm angeordnet, die nach dem Trocknen und Aushärten zum einen ebenfalls die Struktur unterstützen soll, aber darüber hinaus auch den Kern des Vergasers thermisch isolieren soll.

Die Reaktionszone besteht im We-

sentlichen aus einem ca. 400 mm langen Stahlblechrohr mit einem Durchmesser von etwa 120 mm. Am oberen Ende des Rohres sind acht Luftdüsen konzentrisch angeordnet und unten wird das Rohr von einem Kohlerost abgeschlossen, der aus 10 mm Profilstahl hergestellt wurde. Diese Variante mit dem langen Reaktionsrohr wurde gewählt, weil sie zum einen die thermische und korrosive Beanspruchung des Rostes minimiert und zum anderen als „gutmütig“ angesehen werden kann, für den Fall einer Brückenbildung und eines Hohlbrandes. In diesem Fall kann die aktive Reaktionszone im Fallrohr temporär weiter nach unten ausweichen, bis der Hohlbrand soweit fortgeschritten ist, dass gebildete Materialbrücken im Brennstoffsilos durch den Brand so weit zersetzt werden, dass der Brennstoff wieder in das Fallrohr nachrutschen kann.

Dem Holzvergaser schließt sich räumlich getrennt und durch ein Rohr verbunden ein Ascheabscheider an, der im Wesentlichen aus einem 200 Liter Ölfass besteht, in welches das heiße aschebeladene Syntheserohgas auf der einen Seite eintritt und gegen ein im Fass stehend angeordnetes Prallblech strömt, wo es umgeleitet wird und gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit stark verlangsamt wird. Weiterhin wirkt das oben freistehende Fass als Zwischenkühler, wodurch die Temperatur und damit die Strömungsgeschwindigkeit des Gases weiter verringert wird, Bild 7. Der überwiegende Teil der mitgeführten Aschefracht wird hier abgeschieden und fällt auf den Boden des Abscheiders, welcher aus einem eingesetzten Topf besteht, an welchem das Prallblech befestigt ist und zugleich als Entleerungshilfe für den Aschetopf dient. Es wird erwartet, dass



Bild 8: Links: Holzgaserzeuger mit Gaskühler und aufgesetztem Gebläse. Rechts: Dr.-Ing Jan Kai Dobelmann, DGS und Dr.-Ing. Jens Berkan, Innovatt Energy



Bild 9: Kohlevorrat und Glutbett des Vergasers



Bild 10: Wasserdampffahne am Gebläseaustritt

der Ascheabscheider bei vollem Betrieb im zweiwöchentlichen Rhythmus entleert werden muss.

Das so vorgereinigte Gas entweicht auf der anderen Seite des Abscheiders nach Umströmen des Prallblechs in ein weiteres Rohr, welches auf mittlerer Höhe in das dritte Modul, den eigentlichen Gaskühler, eingeleitet wird. Dessen Gehäuse besteht aus einem weiteren 200 Liter Ölfass, in welches am abnehmbaren Deckel befestigt ein zweites, um wenige Zentimeter im Durchmesser und in der Länge verjüngtes Ölfass aufgehängt ist. Das seitlich in den Kühler eintretende Gas verteilt sich zunächst über den gesamten Umfang des Kühlers und strömt anschließend von dort nach unten, um am Boden des Kühlers schließlich umgelenkt, und im inneren Bereich wieder nach oben durch das Austrittsrohr abgesaugt zu werden.

Oben auf das Austrittsrohr aufgesetzt befindet sich ein nach außen mit Silikon abgedichtetes Radialgebläse einfacher

Bauart, welches durch einen 220V Einphasenynchronmotor mit einer Antriebsleistung von 200 Watt angetrieben wird. Dieser Gebläsetyp wurde ausgewählt, weil er kostengünstig, robust und einfach zu reinigen und warten ist, bei einer hohen Lebensdauererwartung und relativer Unempfindlichkeit gegenüber erhöhten Betriebstemperaturen, Bild 8. Direkt an das Gebläse angeflanscht befindet sich zurzeit eine einfache Fackel, mit deren Hilfe das erzeugte Synthesegas abgebrannt wird.

Inbetriebnahme des Vergasers nach drei Tagen

Am dritten Tag des Workshops konnte die Vergasungsanlage bereits in Betrieb genommen werden. Hierfür musste die gesamte Konstruktion zunächst einmal aufgeheizt werden, um das Wasser aus der Lehm- und Reisspelzmatrix auszutreiben, was sich am Ende als langwieriger herausstellte als von den Teilnehmern erwartet. Zunächst wurde nur das Reaktionsrohr des Vergasers mit Holzkohle gefüllt und anschließend von oben durch den Trichter entzündet. Das Sauggebläse auf dem Gaskühler erzeugte einen guten Sog, wodurch die Kohle schnell und intensiv zu glühen und nach unten zu brennen begann.

Daraufhin wurde das Silo zur Hälfte mit Kohle gefüllt und anschließend mit dem Schnellverschluss verschlossen. Es wird hierfür der normale Fassdeckel verwendet und fest auf das Silo gedrückt, jedoch ohne ihn mit einem Spanning zusätzlich zu sichern. Hierbei entsteht einerseits eine sehr gute Dichtwirkung, andererseits kann der Deckel im Falle einer Verpuffung einfach aus seiner Verankerung abheben und so als Druckentlastung wirken, wobei er nach einer solchen Verpuffung wieder von Hand in seine Verschlussposition gedrückt werden muss. Bild 9 zeigt einen Blick in den befüllten Trichter sowie auf die Oxidationszone des Vergasers durch eine der acht Luftdüsen.

Schnell stieg die Temperatur des Ascheabscheiders auf etwas über 100 Grad Celsius an und die des Gaskühlers auf ca. 70 Grad Celsius. Auf diesem Temperaturniveau verharrte sie dann stabil. Jedoch konnte wegen der zunächst erforderlichen Austrocknung des gesamten Apparates kein Synthesegas produziert werden. Beim Aufbau des Vergasers wurde darauf geachtet, dass die in der Werkstatt vorgefertigten Module leicht ineinander gefügt werden konnten, wobei die erforderliche Gasdichtheit nicht durch Schweißverbindungen sondern durch Verkleben und Abdichten mit Lehm erzielt wurden. Nach der Inbetriebnahme

steigt nun die Temperatur im Zentrum des Vergasers stark an und beginnt, seine Umgebung aufzuheizen, woraufhin aus dem Lehm und den Reisspelzen zunächst Wasserdampf ausgetrieben wird. Dieser kann nun durch die losen Fügungspassungen der Blechkonstruktion nach innen in den Vergaser entweichen und wird dann direkt vom Lüftergebläse durch den Ascheabscheider und den Gaskühler abgesaugt, Bild 10.

Allerdings sinkt durch die verdampfenden Wassermassen die Temperatur im Reaktionsrohr des Vergasers unterhalb der Oxidationszone zu schnell ab, als dass die notwendigen Reduktionsreaktionen stattfinden könnten, die für die Bildung eines energiereichen Synthesegases erforderlich sind. Da für den Bau des ge-



Bild 11: Die traditionelle Weise, ein Fass aufzumachen – schnell, leise, präzise, ohne Funkenflug und scharfe Grate



Bild 12: Kein Augen- oder Gehörschutz – aber immerhin mit Atemschutz



Bild 13: Noch nicht absolut vorbildlich, aber schon sehr gut – Gesichtsschutz und geschlossene Schuhe

samen Vergasers circa ein Kubikmeter Lehm und Reisspelz mit etwa 300 Liter Wasser gemischt wurden, wird erwartet, dass diese Trocknungsphase bis zu drei Wochen betragen kann, bevor die Produktion von Holzgas möglich ist. Zum Zeitpunkt der Niederschreibung dieses Artikels lief der Holzvergaser bereits eine Woche stabil ohne Unterbrechung in der Trocknungsphase. Es traten keine Störungen wie beispielsweise Hohlbrände oder Undichtigkeiten auf und die Temperaturen am Ascheabscheider und Gaskühler verhielten sich stabil. Es ist geplant, den Vergaser in Kürze einer ersten Revision zu unterziehen, um eventuell gebildete Kondensate sowie abgelagerte Asche zu entfernen, um im Anschluss daran die Trocknungsphase abzuschließen.

Erste Erkenntnisse und Zwischenstand

Die Motivation und das Engagement der laotischen Teilnehmer am Workshop waren über die gesamte Dauer bemerkenswert hoch. Organisatorische Elemente wie zum Beispiel die Einteilungen in unterschiedliche Arbeitsgruppen und deren interdisziplinäre Zusammenarbeit funktionierten beispielhaft. Es wurden Fragen gestellt, diskutiert, modifiziert, ausprobiert und dokumentiert. Der hohe Grad an Selbständigkeit und Disziplin überraschte ein ums andere Mal. Eines Morgens zum Beispiel erschien mehr als die Hälfte der Teilnehmer weit vor der vereinbarten Startzeit, um vorab dutzende Eimer des Lehm- und Reisspelzgemisches anzufertigen.

Es konnte auch beobachtet werden, dass das hohe Niveau an Arbeitsbereitschaft und Kreativität nicht immer von einem ausreichend erscheinenden Maße an Sicherheitsbewusstsein begleitet wurde. So scheint zum Beispiel der Einsatz eines Gehörschutzes bei lauten Tätigkeiten wie Trennschleifen unbekannt oder zumindest verpönt. Wir konnten auch beobachten, dass Teilnehmer versuchten derartige Tätigkeiten gänzlich ohne Schutzbrille und Handschuhe, dafür aber barfüßig durchzuführen. Dies mag nicht nur begründet sein im Nichtvorhandensein ausreichender Schutzbekleidung oder in der Unbequemlichkeit, die damit verbunden ist, diese in dem heiß-feuchten laotischen Klima zu tragen, auch kulturell-historische Verwurzelungen erscheinen denkbar, da beim Einsatz traditioneller Werkzeuge durchaus teilweise auf Schutzausrüstung verzichtet werden kann (Bild 11 bis Bild 13).

In jedem Fall haben wir aufgrund der gemachten Beobachtungen beschlossen in den nächsten Workshops und Praxismodulen unser Augenmerk auch auf die

Sicherheits- und Gesundheitsrisiken zu legen und eine Unterrichtseinheit über den Einsatz und Gebrauch von Ausrüstungsgegenständen anzubieten.

Evaluierung des Kurses

Die Workshopteilnehmer sahen den Praxiskurs als äußerst sinnvoll an. Vielen gelang es, ein grundlegendes Verständnis für die verfahrenstechnischen Prozesse rund um die Holzvergasung aufzubauen. Aus den zahlreichen Diskussionen um Konstruktionsdetails, die Art und Weise der Baugruppenfertigung, Fragen zum Material und zum Zusammenbau konnte entnommen werden, dass das Interesse an einem Einsatz von Biomasse zur modernen Energieerzeugung groß ist und die technischen Fähigkeiten und Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung der in den Praxismodulen erlernten Inhalte in vermarktungsfähige Produkte leicht vermittelbar sind. Wir wollen daher in zukünftigen Kursen die Fähigkeiten schulen und verbessern, die notwendig sind, die Holzvergasungstechnologie in vermarktungsfähige Produkte zu überführen, die sich durch Robustheit und Zuverlässigkeit, sowie Einfachheit und Gutmütigkeit in der Bedienung auszeichnen. Weiterhin soll das Bewusstsein rund um die Sicherheit am Arbeitsplatz geschult werden.

Das ReePro Projekt wird sich für diese Aufgaben am „Werkzeugkoffer“ der Automobilentwicklung orientieren, da viele der dort gängigen Entwicklungsprozesse mit einfachen Mitteln auf Fragestellungen wie zum Beispiel die Konstruktion eines Holzvergasers, übertragbar sind. Die Grundlagen für die hierzu notwendigen Unterrichtsmodule sollen in den nächsten Wochen erarbeitet werden.

Ausblick

Bis zum Ende des Jahres sollen die Grundlagen für neue Trainingsmodule insbesondere zu den Themenbereichen Sicherheit am Arbeitsplatz und „Robust Engineering“ geschaffen werden, um später in weiteren Workshops vermittelt zu werden. Es ist wichtig die Teilnehmer der Workshops vielseitig auszubilden, da ein späterer kommerzieller Erfolg dieser Biomassevergasungsanlagen ganz entscheidend davon abhängen wird, inwieweit sie den regionalen Gegebenheiten und Restriktionen angepasst werden können. Hierzu werden wir einige Anleihen aus der Entwicklungslandschaft der Automobilindustrie machen und diese leicht verständlich und leicht vermittelbar aufarbeiten, sodass sie in Kombination von kurzen theoretischen Modulen zusammen mit praktischen Übungen erlernt werden können.

So ist zum Beispiel vorgesehen, den jetzt aufgebauten und in Betrieb genommenen Vergaser nach einigen Monaten Dauerbetrieb in einem Workshop komplett zu zerlegen und die Gebrauchs- und Verschleißspuren zu analysieren und zu protokollieren, um im weiteren Verlauf des Workshops hieraus konstruktive Veränderungen und Verbesserungen für zukünftige Varianten abzuleiten, die dann wiederum in einer Bauanleitung dokumentiert und in einem weiteren Prototypen umgesetzt werden sollen. Insbesondere sollen dabei auch Fragen zur Betriebssicherheit für spätere Kunden beziehungsweise Benutzer, sowie fertigungs- und kostentechnische Fragen gestellt und beantwortet werden.

Weiterhin wird die Konstruktion und der Aufbau eines Batterielademodules vorgenommen, welches aus einem kleinen einfachen Verbrennungsmotor besteht, der das vom Biomassevergaser produzierte Holzgas als Brennstoff nutzt und einen 12V PKW Generator antreibt. Später kann diese Anordnung dann leicht auf andere Anwendungen übertragen werden, wie zum Beispiel Bewässerungspumpen.

Das REEPRO Projekt erhält im Rahmen des Intelligent Energy Programms Mittel der Europäischen Kommission. Für die Inhalte des vorliegenden Dokuments sind alleine die Autoren verantwortlich, diese Inhalte geben nicht die Position der Europäischen Union wieder. Die Europäische Kommission ist in keinem Fall verantwortlich für eine eventuelle Verwendung der hier dargestellten Informationen.

ZUM AUTOR:

► *Dr.-Ing. Jens Berkan*

ist Gründer und Vorstand der Innowatt Energy Pty. Ltd., einer Firma mit Sitz in Caboolture, Australien, die Bioenergieanlagen für den australischen und deutschen Markt entwickelt. Vor seiner Tätigkeit im Bereich erneuerbarer Energien arbeitete Dr.-Ing. Berkan bei BMW und General Motors unter anderem an energieeffizienten Antriebstechniken und der Integration von Solartechnik in das Elektroauto Chevrolet Volt.

Jens.berkan@innowatt-energy.com