

# Neues System überzeugt durch seine Flexibilität

Naturenergie Hersbruck investiert in Pilotprojekt – Kernstück der Anlage ist ein Holz-Gegenstromvergaser

2004 nahm die mittelfränkische Naturenergie Hersbruck ihr Heizwerk in Betrieb. Hauptgesellschafter sind etwa 100 Forstbetriebe in der Region, gebündelt über die FBG-Tochter Forst-Service-Gesellschaft Nürnberger Land. Weitere Gesellschafter sind der benachbarte Gartenbaubetrieb Geiger sowie Gammel Engineering. Das mit Waldhackschnitzeln und Landschaftspflegematerial betriebene Heizwerk mit 800 kW Wärmeleistung belieferte zunächst ausschließlich die Fackelmann-Therme. Da immer mehr Kunden mit der preiswerten Wärme aus Holz beliefert werden wollten – unter anderem wurde das neue Finanzamt angeschlossen –, reichte die Grundlast-Kapazität des Werkes bald nicht mehr aus, sodass die Betreiber eine Erweiterung ins Auge fassten. Gammel Engineering, das Ingenieurunternehmen aus Abensberg, das die Anlage geplant hatte, riet dazu, in einem zweiten Modul neben Wärme auch Strom zu erzeugen. Das Pilotprojekt auf Basis eines Holzvergasers hat inzwischen seine Funktionsfähigkeit bewiesen.

Besichtigungen von Anlagen zur Verstromung von Holz machten deutlich, dass diese nicht für das aus der Waldbewirtschaftung und der Landschaftspflege anfallende Brennmaterial, welches in Hersbruck verwendet wird, geeignet sind. Die Ingenieure empfahlen, eine in Abensberg neu entwickelte und patentierte Technik einzusetzen. Die Anlage ist sowohl in der kundenspezifischen Konfiguration als auch im Betrieb sehr flexibel. Die größtmögliche Anpassung an den Bedarf wird durch einen modularen Aufbau erreicht.

Am Anfang der Energiegewinnung steht das von den Partnern Relax Energy und Regawatt lizenzierte Kombi-Fire-System, ein robuster Gegenstrom-Holzvergaser, der mit einer speziell für Pyrolyse-Schwachgas entwickelten Brennkammer kombiniert ist. Der Holzvergaser arbeitet mit Waldhackschnitzeln und Landschaftspflegematerial, wie sie auch in dafür ausgelegten Rostfeuerungen eingesetzt werden. Eine besondere Aufbereitung ist für diesen Vergasertyp nicht nötig und die üblichen Anteile an Rinde und Nadeln werden problemlos verarbeitet. Die Temperatur im Vergaser wird so gesteuert, dass die Asche nicht zu störender Schlacke verschmelzen kann. Sie wird nach vollkommenem Ausbrand über ein Schleusensystem ausgetragen. Die Asche ist so hell und so feinkörnig wie Zement, ein Zeichen dafür, dass keine Restkohle enthalten ist – dies macht die hervorragende Brennstoffausnutzung deutlich.

Durch die Führung im Gegenstrom und die langsame Gasbewegung durch das Brennstoffbett im Vergaser enthält das Holzgas keine Asche. Damit enthält das Abgas der Anlage extrem niedrige Feinstaubfrachten. Auch ohne Zyklon, Elektro- oder Gewebefilter werden die Feinstaub-Grenzwerte der TA-Luft weit unterschritten. Entsorgungskosten reduzieren sich auf das Minimum.

Das Holzgas wird durch einen speziell dafür entwickelten Brenner unter geregelter Zugabe von Primär- und Sekundärluft in einem vollständig mit Schamotte ausgekleideten Feuerraum verbrannt und liefert Rauchgas mit einer Temperatur von 1000 bis 1100 °C. Die Brennkammer ist hinsichtlich Verweildauer, Luftführung und Temperatursteuerung auf das Gas aus dem festen Brennstoff optimiert und garantiert somit einen hervorragenden Ausbrand, wie dieser sonst nur bei Gasfeuerungen möglich ist. Die schnelle Regelbarkeit der Gasproduktion und damit der Feuerung lässt die optimale Anpassung an den Wärmelastgang der Verbraucher und Produktionsprozesse zu – rationelle Energieverwendung durch wärmegeführte Anlagenfahrweise ist Ausgangsbasis.

Vergaser und Brenner haben in der Anlage Hersbruck eine thermische Leistung von 1,65 MW. Die Praxis hat gezeigt, dass der Holzvergaser am besten läuft, wenn die Hackschnitzel nicht vorgetrocknet, sondern waldflecht mit einem Wassergehalt w 35 bis w 55 eingesetzt werden – gerade wie der Brennstoff in der Landschaftspflege sowie in

der Wald- und Forstbewirtschaftung am besten verfügbar ist.

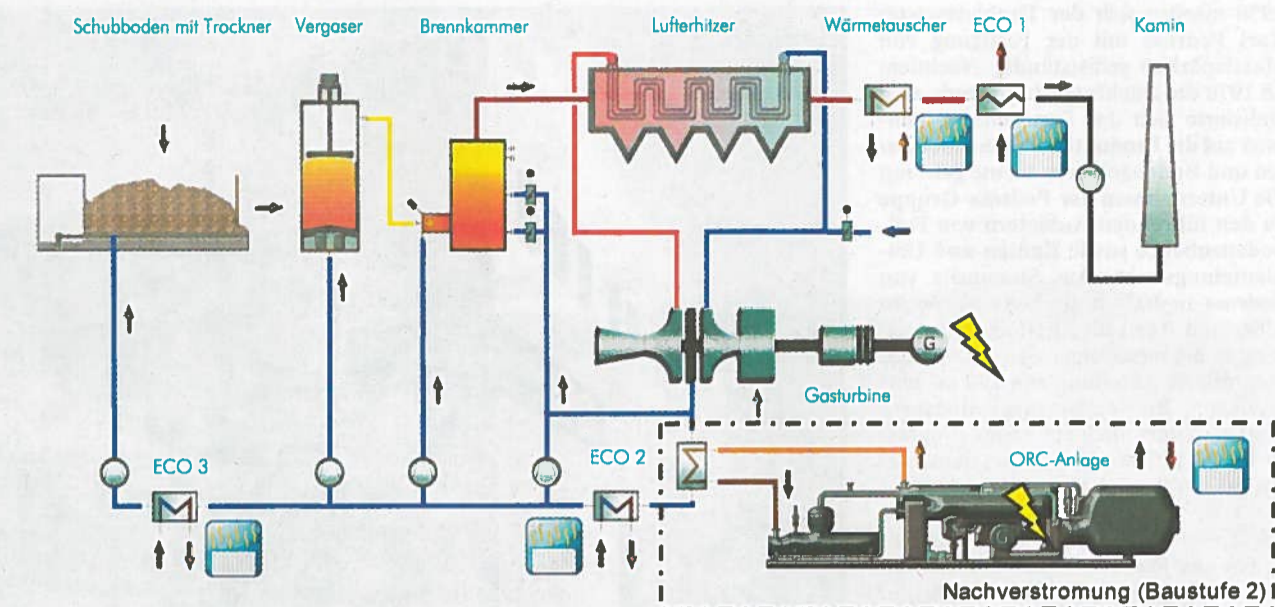
An dieses „Kombi-Fire-System“ schließt sich das durch Gammel Engineering patentierte „Kombi-Power-System“ an. Im Kompressionsteil der exklusiv für die Abensberger Ingenieure modifizierten indirekt befeuerten Gasturbine wird Luft verdichtet und dadurch auf rund 190 °C erhitzt. Diese Luft wird einem Kompressor-Luftwärmer zugeführt, in dem die gut 1000 °C heißen Rauchgase vom Brenner die Druckluft auf 840 °C erhitzen. Im Expansionsteil der Gasturbine leistet diese heiße Druckluft Arbeit, um den Kompressionsteil und den Stromgenerator anzutreiben und kühlt sich dabei auf etwa 570 °C ab. Nach Optimierung des Betriebs wird eine elektrische Leistung im Dauerbetrieb von 230 kW erreicht.

## Abwärme wird als Fernwärme genutzt

Die Heißluft nach der Gasturbine stellt wegen ihrer hohen Temperatur noch immer eine sehr vielseitig verwendbare Energiequelle dar. In Hersbruck wird sie in der ersten Ausbaustufe dazu verwendet, Wasser für die Fernwärme auf 90 °C zu erhitzen. Bei Bedarf kann sie aber auch zum Betrieb einer ORC-Turbine – dies ist die nächste Ausbaustufe der Naturenergie Hersbruck – und damit zur Gewinnung von weiterem Strom genutzt werden oder auch zur Dampferzeugung dienen.

Ein Teil dieser Luft wird als vorgewärmete Verbrennungsluft sowohl für den Holzvergaser als auch zur Leistungsregelung nach dem Wärme-Lastgang über Rezirkulation für den Brenner eingesetzt. Da diese reine heiße Luft völlig frei von Verbrennungsgasen ist, kann sie bei Bedarf auch direkt als Trocknungsmedium für eine Vielzahl von Produkten verwendet werden.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, mittels eines Zusatzbrenners diese Luft erneut aufzuheizen und daraus noch mehr Strom oder auch Dampf zu gewinnen. Wenn dieses „Boost-Fire-



- Kombi-Fire-System®:** Gleichstromholzvergaser mit Pyrolysegasbrenner und Abhitzekegel.
- Kombi-Power-System®:** Wenn zum Kombi-Fire-System® noch eine Stromerzeugung mittels indirekt befeuerter Gasturbine dazukommt, wird das System Kombi-Power-System® genannt.
- Boost-Fire-System®:** Der Einsatz eines Nachbrenners in einem heißen Abluftstrom, um die Temperatur weiter zu erhöhen.

Schema der Kombination aus „Kombi-Fire-System“ (links) und „Kombi-Power-System“ (rechts)

System“ angewendet wird, ist die Luft dann allerdings mit Rauchgas vermischt und nicht mehr direkt als Trocknungsmedium für Lebensmittelprozesse verwendbar.

Wird wenig Wärme gebraucht, so kann die Luft aus der Gasturbine zum großen Teil zum Gasbrenner zurückgeführt werden. Die Vorlage dieser über 500 °C heißen Luft anstelle von Raumluft mit 25 °C und weniger vermindert den Bedarf an Brenngas und damit den Brennstoffeinsatz entsprechend. Wird die Luft vollständig rezirkuliert verringert sich die erforderliche Feuerungsleistung auf 1,25 MW bei gleichbleibender elektrischer Leistung der Gasturbine von 230 kW. Damit erhöht sich der elektrische Wirkungsgrad der Anlage im kleinen Leistungsbereich auf rund 18,5 % bezogen auf die Feuerungsleistung – eine Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades um mehr als 30 % gegenüber dem Stand der Technik von rund 14 %, wie sie Heizkraftwerke mit ORC-Anlagen üblicherweise erbringen können. Durch weitere Verstromung der Restwärme aus der Gasturbine mit einer ORC- oder Dampfturbine steigt der elektrische Wirkungsgrad weiter bis auf 25 % bezogen auf die Feuerungsleistung. Anlagen in der Leistungsklasse 2,5 MW<sub>el</sub> erreichen sogar einen elektrischen Wirkungsgrad von deutlich mehr als 30 %.

Natürlich wird auch die noch verbliebene Restwärme im Rauchgas genutzt. Durch den Luftwärmer wird die Rauchgastemperatur zunächst auf rund 250 °C abgesenkt. Ein Economiser entzieht weitere Wärme, die in die Fernwärme-

versorgung fließt, und senkt die Rauchgastemperatur auf etwa 100 °C vor dem Eintritt in die Kaminanlage, und das völlig rauch- und geruchsfrei.

Alternativ zur Erhitzung von verdichteter Luft für die Gasturbine kann das heiße Rauchgas in einem Abhitzekegel dazu verwendet werden, Wasser für die Fernwärme oder Dampf bzw. Thermoöl für technische Prozesse aufzuheizen. Bei Parallelschaltung des Abhitzekegels können Wärmebedarfs-Lastspitzen abgedeckt werden. Damit schmiegt sich das „Kombi-Power-System“ an den aktuellen Wärmebedarf der versorgten Verbraucher an.

Durch geringfügige Veränderungen der Prozessparameter kann das Verhältnis von Strom- zu Wärmeerzeugung – die sogenannte Stromkennzahl – in einem weiten Rahmen variiert werden. Bei konventionellen Anlagen ist dieses Verhältnis systemspezifisch konstant und kann damit nicht flexibel den Wärmelastgängen folgen. Wie schon geschildert, können relativ geringfügige konstruktive Änderungen erweiterte betriebspezifische Anforderungen erfüllen. So kann mittels Nachbrenner die erzielbare Leistung wesentlich erhöht werden, ohne viel investieren zu müssen.

## Kombination erprobter Komponenten

Unsicherheiten bezüglich besonders störanfälliger Komponenten oder bezüglich überraschend kurzer Lebensdauer, wie sie oft in den Pilotanlagen neuer Verfahren auftreten, sind in diesem innovativen Verfahren nicht zu er-

warten. Hier liegt die besondere kreative Leistung von Klaus Röhrmoser, der das Verfahren zur hocheffizienten Kraft-Wärme-Koppelung entwickelt hat. Die Innovation liegt in der Weiterentwicklung altbekannter und bewährter Verfahren und ihrer neuartigen Kombination sowie Abstimmung aufeinander.

Die einzelnen Komponenten der Anlage sind jeweils für sich in anderen Anwendungen seit Jahrzehnten erprobt und bewährt. Robuste Gegenstrom-Holzvergaser dieses Typs laufen beispielsweise in Dänemark, in Finnland und in Japan zum Teil seit mehr als 20 Jahren im harten industriellen Einsatz rund um die Uhr und das ganze Jahr. Brenner für Synthesegas sind in Erdölraffinerien seit Jahrzehnten der Standard. Gasturbinen werden seit Jahrzehnten überall dort verwendet, wo schwierige Brennstoffe eingesetzt werden, größtmögliche Verfügbarkeit gefordert ist und raue Bedingungen herrschen, wie z. B. auf Ölplattformen, in Krisengebieten und als Ersatzstromanlagen in Rechenzentren und Hochhäusern. Unliebsame Überraschungen aus diesen Bereichen sind daher nicht zu erwarten: Die „Kinderkrankheiten“ der Komponenten sind schon längst überwunden, so schätzt Gammel Engineering ein.

Die Anlage lässt sich sehr flexibel betreiben und über die Steuerung des Brenners bzw. die Luftzufuhr für die Oxidation zum Vergaser sehr rasch und sehr exakt an den Wärmebedarf anpassen. Damit ist das neue Verfahren „Kombi-Power-System“ nach Einschätzung von Gammel anderen Technologien im Bereich Festbrennstoffe überlegen. Im Unterschied zu Rostfeuerungen lässt sich der Wärmefluss bei einer Notabschaltung innerhalb von Sekunden stoppen. Erhält der Vergaser keine Luft mehr, so hört die Gasproduktion sofort auf. Der geringe Rest, der noch anfällt, kann über eine Fackel abgeführt und verbrannt werden, während der Pyrolysegasbrenner, wie alle Gasbrenner sofort abgeschaltet werden kann und dann keinerlei Wärme mehr produziert wird. Dies ist gerade bei Anlagen mit Thermoölkreislauf ein erheblicher Sicherheitstechnischer Vorteil. Bei einer Rostfeuerung befindet sich im Feuerraum eine erhebliche Menge an brennendem Hackgut – bei einer Notabschaltung muss die noch über einen langen Zeitraum anfallende Wärme über ein Notkühlsystem abgeführt werden. Dies ist nicht immer problemlos möglich und hat in der Vergangenheit auch zu Havarien geführt. Die rasche Reaktionsfähigkeit des „Kombi-Power-Sys-



Auf einer Informationsveranstaltung am 5. September hatten alle Teilhaber (Treugeber) die Möglichkeit, sich über die neue Technologie vor Ort zu informieren.



## Neues System überzeugt durch seine Flexibilität

Fortsetzung von Seite 956

tems“ erhöht die Anlagensicherheit somit erheblich.

Der modulare Aufbau erlaubt es auch, die Anlage genau entsprechend der Bedarfsentwicklung auf der Wärme- und Stromseite beim Abnehmer aufzubauen. Zunächst kann das „Kombi-Fire-System“ aus Beschickung, Holzvergaser, Gasbrenner mit Brennkammer und Abhitzekeßeln eingerichtet werden, wobei die Energie zunächst nur als Wärme genutzt werden kann, etwa für ein Fernwärmenetz oder als Dampf oder heißes Thermoöl für industrielle Anwendungen. In einer zweiten Ausbaustufe kann die Stromgewinnung im „Kombi-Power-System“, also die indirekt befeuerte Gasturbine hinzugefügt werden. In einer dritten Ausbaustufe kann beispielsweise bei entsprechender Entwicklung des Wärmebedarfs der Gasturbine noch eine weitere für jeden Betreiber individuelle Stromgewinnungsmöglichkeit, etwa eine ORC-Turbine oder eine Dampfturbine, nachgeschaltet werden. Eine mehrstufige Stromerzeugung kann den elektrischen Wirkungsgrad nahezu verdoppeln.

### Stromproduktion läuft stabil

In Hersbruck sind zunächst die ersten beiden Ausbaustufen realisiert und auf dem besten Weg, die Erwartungen zu erfüllen. Bisher ist es gelungen, die Stromproduktion im Dauerbetrieb auf 190 kW zu bringen. Im Sommer beim Tiefpunkt der Wärmeabnahme auch in der angeschlossenen Fackelmann-Therme fiel bei Vollast der Turbine immer noch mehr Abwärme an, als an die Wärmeabnehmer verkauft werden kann. Aus diesem Grund wurde die Anlage etwas gedrosselt, um keine Energie zu verschwenden. Die Fahrweise der Anlage ist strikt wärmegeführt, hat keinen Bilanzkühler und ist somit hocheffizient im Bezug auf den Brennstoffeinsatz.

Ein zusätzlicher Vorteil der Verwendung von Luft vom Transport der Energie und als Arbeitsmedium besteht darin, dass kein Thermoöl verwendet werden muss. Es entfällt dieses brennbare und im Havariefall für das Grundwasser problematische Medium im Zwischenkreis konventioneller ORC-Anlagen. Darüber hinaus spart der Betreiber die doch beträchtliche elektrische Energie zum Pumpen des Thermoöls ein – die Netto-Stromerzeugung erhöht sich. Dies vereinfacht auch den Aufbau der

Anlage und vermeidet einen Gefahrenpunkt. Andererseits muss der Abhitzekeßel (Kompressorluffterhitzer) durch die sehr heiße Luft aufwendiger gestaltet werden: Um die Druck- und Temperaturstabilität sicherzustellen, müssen hochwertigere und damit kostspieligere Werkstoffe eingesetzt werden. Technologisch ist das aber kein Problem. Temperaturen um 1000 °C werden im Turbinenbau und in anderen Bereichen wie z. B. bei Raffinerien und in der Petrochemie seit langem beherrscht.

### Verantwortungsvoller Umgang

Der Aspekt eines verantwortungsvollen Umgangs mit der Umwelt und dem Klima spielt gerade bei modernen dezentralen Energiesystemen eine große Rolle. Eine Belastung der Luft mit Schadstoffen findet beim Kombi-Power-System praktisch nicht statt. Flugasche gibt es durch das Funktionsprinzip des Gegenstrom-Holzvergaser nicht. Die Asche aus dem Holzvergaser ist vollständig ausgebrannt und enthält bei Einsatz von naturbelassenem Brennstoff keine Problemstoffe. Aus diesem Grund könnte sie als hochwertiger Dünger, beispielsweise als Zusatz zu Komposterde verwendet werden.

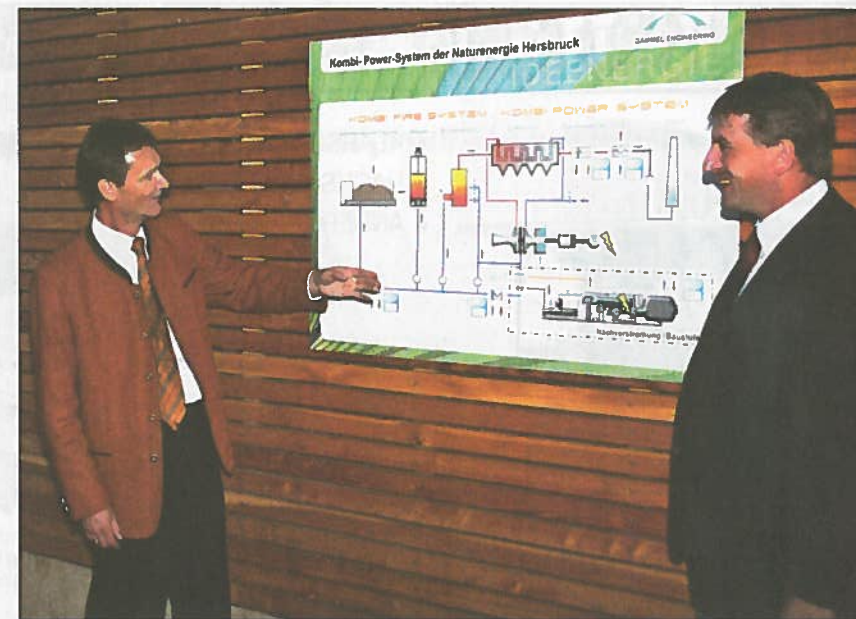


Anlieferung der Gasturbine, das Herzstück des Kombi-Power-Systems

Da der Vergaser im Unterdruck betrieben wird, kann das Holzgas auf dem Weg von der Erzeugung bis zur Brennkammer nicht entweichen. In der Brennkammer verbrennt das Schwachgas durch die intensive Verwirbelung, durch die Geometrie von Brenner und Brennraum vollständig zu CO<sub>2</sub> und Wasser(-dampf), ohne schädliche Rückstände zu hinterlassen. Im Regelfall werden keine problematischen Arbeitsstoffe oder Übertragungsmedien eingesetzt.

Hinzu kommt noch, dass die Anlage so konzipiert ist, dass sie in jedem Betriebszustand die erzeugte Energie vollständig nutzt, ohne dass ein Teil der Wärme ungenutzt weggekühlt werden müsste.

Die Vielseitigkeit, die Flexibilität und der hohe elektrische Wirkungsgrad, die mit den neuen Modulen „Kombi-Fire-System“, „Kombi-Power-System“ und „Boost-Fire“ erreicht werden, haben schon zahlreiche professionelle Betreiber überzeugt. Arcobräu Gräfliches Brauhaus GmbH & Co. KG in Moos in Niederbayern lässt zurzeit eine Anlage errichten, die neben Strom vor allem Dampf und Wärme für den Brauprozess liefern wird. Max Bögl in Neumarkt in der Oberpfalz, eines der größten eigentümergeführten Bauunternehmen Deutschlands, hat sich ebenfalls für eine solche Energieerzeugung entschieden, die zur Zeit im Bau ist. Weitere An-



Michael Gammel erläutert Günther Felßner das Anlagen-Prinzip

lagen sind in Planung bzw. werden zur Zeit mit den Auftraggebern verhandelt.

Investitionskosten für ein „Kombi-Power-System“ zu nennen findet Michael Gammel, Geschäftsführer von Gammel Engineering, nicht sinnvoll: „Die Verfahren sind in einem so großen Maß an die individuellen Bedürfnisse der Betreiber anpassbar und in Stufen modular aufbaubar, dass die Kosten in einem weiten Rahmen variieren. Das heißt aber auch, dass der finanzielle Rahmen sehr flexibel und entsprechend den Vorstellungen des Betreibers gehandhabt werden kann. Auf jeden Fall muss jeweils nur das Modul errichtet werden, das unmittelbar gebraucht wird und damit eine Rendite bringt. Zusätzliche Komponenten können bei entsprechender vorausschauender Raumplanung jederzeit nachgerüstet werden, ohne gegenüber der Implementierung beim Neubau erhöhte Kosten zu verursachen.“

### Infoveranstaltung für die Teilhaber in Hersbruck

Auf einer Informationsveranstaltung am 5. September hatten alle Teilhaber die Möglichkeit, sich über die neue Technologie vor Ort zu informieren. Einer von ihnen ist Günther Felßner, seit kurzem stellvertretender Präsident und gleichzeitig Bezirkspräsident von Mittelfranken des Bayerischen Bauernverbandes. Selbst Waldbesitzer und Agraringenieur hat Felßner eine besondere Beziehung zum Wald. Er ist von der innovativen Energiegewinnung in Hers-

bruck begeistert und äußert sein Vertrauen in das Ingenieurbüro, was letztlich dazu geführt habe, dass man in das Pilotprojekt investiert habe. Er findet, das Hackschnitzel-Heizkraftwerk in Hersbruck schließe eine Lücke und passe in die derzeitige öffentliche Diskussion. Dieses Verfahren zeige, zumindest für Bayern und Mitteleuropa, einen gangbaren Ausweg aus der Diskussion „Tank oder Teller“. Vor allem in den 1,5 Mio. ha Privatwäldern in Bayern werde schätzungsweise die Hälfte des jährlichen Zuwachses nicht genutzt, da sei noch viel Luft drin und die Nutzung des Waldes konkurriere nicht mit der Lebensmittelproduktion. Zudem sei Strom aus Biomasse jederzeit verfügbar und weder von Wind noch von Sonnenschein abhängig, eine ideale Voraussetzung dafür, damit Grundlast abzudecken. Felßner hat ebenfalls das außerordentlich weite Anwendungsspektrum des neuen Verfahrens erkannt. Zudem lobt er den hohen elektrischen Wirkungsgrad, der in einer weiteren Ausbaustufe erreicht werden kann.

So unterstützt die neue Methode, aus Biomasse Energie zu gewinnen in jeder Hinsicht die Anforderungen der Energiewende und ist hinsichtlich der Forderung des 21. Jahrhunderts nach erhöhter Flexibilität ein Paradigmenwechsel. Die Innovation aus Abensberg ist im Aufbau, im Betrieb, in der Finanzierung und in der Nachrüstbarkeit flexibel wie kein anderes bisher bekanntes Energiesystem zum Einsatz fester Biomasse.

Dr. Peter Wöllauer