

In regelmäßiger Folge stellen wir Ihnen an dieser Stelle die wichtigsten Institutionen und Organisationen im Bereich der Gasversorgung, Gasverwendung und Gaswirtschaft vor. In dieser Ausgabe zeigt sich das **Kompetenzzentrum für Kraft-Wärme-Kopplung der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden** im Profil. Alle Folgen dieser Rubrik finden Sie unter www.gwf-gas.de

Folge 64

Das Kompetenzzentrum für Kraft-Wärme-Kopplung der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden

Das Kompetenzzentrum für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bündelt seit 2012 die Forschungsaktivitäten der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden (OTH-AW) und ihrer Partner aus Industrie, Wissenschaft, Energieversorgung und Kommunen im Bereich der KWK. Betrachtet wird die gesamte Anwendungsbreite der KWK, von Privathaushalten über die Industrie bis hin zur Sektorenkopplung in Kommunen über die Vernetzung der Gas-, Strom-, Wärme- und Kälteversorgung. Untersuchte Technologien sind u. a. verbrennungsmotorische Blockheizkraftwerke (BHKW), Stirling-Motoren, ORC-Prozesse, Mikroexpansionsturbinen sowie Verbundsysteme aus diesen Einzeltechnologien.

Das Kompetenzzentrum KWK wird über das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst durch den Freistaat Bayern finanziert und trägt sich ergänzend über staatliche Projektmittel und Drittmittel aus der Industrie. Aufgabe des Kompetenzzentrums ist es, die Energiewende im Strom- und Wärmesektor durch anwendungsnahe Forschung und Entwicklung zu unterstützen. Aus der Vernetzung mit nationalen und internationalen Hochschulen, Forschungsinstituten sowie Herstellern und Anwendern aus Industrie, Energieversorgung und Kommunen entwickelt sich zunehmend ein „Kompetenznetzwerk“ für die KWK.

Der starke Praxisbezug wird im Rahmen von wissenschaftlich begleiteten



Demonstrations- und Pilotvorhaben über den Transfer der Forschungsergebnisse in die Anwendung gewährleistet. Wichtige Forschungspartner sind u. a. das Institut für Energietechnik an der OTH-AW (IFE), das Zentrum für Energietechnik der Universität Bayreuth (ZET), das Regensburg Center for Energy and Resources (RCER), das Fraunhofer UMSICHT Institut, die Westböhmisches Universität Pilsen (UWB) und die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU).

Studierende werden über Abschluss- und Projektarbeiten in die Forschung mit einbezogen und praxisnah ausgebildet. Über das Verbundkolleg Energie des Bayerischen Wissenschaftsforums (BayWISS), in dem die OTH-AW zusammen mit der Technischen Hochschule Nürnberg und der FAU als Trägerhochschule fungiert, sind kooperative Promotionen in den gemeinsamen Forschungsfeldern möglich.

Das Technikum auf dem Campus der Hochschule in Amberg

Das Kompetenzzentrum betreibt ein eigenes Forschungs- und Demonstrations-technikum auf dem Campus der Hoch-

schule in Amberg (**Bild 1** und **Bild 2**). Es umfasst 260 m² Laborfläche und ist mit modernster Prüfstandtechnik für die angewandte Forschung und Entwicklung an KWK-Systemen ausgestattet. Die Messtechnik umfasst neben Systemen zur Verbrennungsdiagnostik und Energiemessung fortschrittliche stationäre und mobile Abgasmesssysteme für alle relevanten limitierten und nicht-limitierten Abgas-komponenten, die für Messungen im Labor und bei Forschungspartnern im Feld zur Verfügung stehen. In einer flexibel nutzbaren Halle können KWK-Systeme bis 25 kW elektrischer Leistung erprobt werden, wie sie beispielsweise in Ein- oder Mehrfamilienhäusern zum Einsatz kommen. Für die Erprobung größerer Aggregate bis 600 kW_{el}, die z. B. zur Energieversorgung bei Stadtwerken, Kliniken oder Industriebetrieben eingesetzt werden, steht eine abgetrennte Prüfkabine mit zwei Prüfplätzen zur Verfügung, für größere Aggregate bis 600 kW_{el} stehen zwei Prüfplätze in einer abgetrennten Prüfkabine zur Verfügung. Ergänzend werden in Kooperation mit Industrie- und Forschungspartnern im Rahmen von Demonstrations- und Pilotprojekten Reallabore betrieben, in denen KWK-Anlagen in der Praxis erprobt werden.



Bild 1 und 2: Das Technikum auf dem Campus der Hochschule in Amberg (links) mit Blick in die Versuchshalle (rechts)

Forschungsschwerpunkte und Kompetenzen

Die moderne Ausstattung des Kompetenzzentrums und die weite Vernetzung mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie ermöglichen eine zukunfts- und praxisorientierte Forschungsarbeit. Die Handlungsfelder decken ein breites Forschungsspektrum hinsichtlich umweltgerechter KWK-Systeme ab. Neben den klassischen Forschungs- und Entwicklungsthemen im Bereich KWK, wie die Effizienzsteigerung oder Emissionsoptimierung von KWK-Modulen, beschäftigt sich das Kompetenzzentrum insbesondere mit folgenden Themen:

Dual-Fuel- (DF) Technologie

Die Dual-Fuel-Technologie erlaubt den hocheffizienten und flexiblen Einsatz von flüssigen und gasförmigen Energieträgern in Verbrennungsmotoren. Bei diesem Verbrennungsprinzip werden gasförmige Kraftstoffe über die Einspritzung einer geringen Menge Flüssigkraftstoff gezielt gezündet, wobei sich, je nach Motorauslegung, beliebige Verhältnisse von flüssigen und gasförmigen Kraftstoffen einstellen lassen. Im Kontext der Energiewende können Dual-Fuel-BHKW aufgrund ihrer guten Regelbarkeit und der Fähigkeit unterschiedliche Kraftstoffe zu verwerten eine wichtige Rolle für den systemdienlichen Betrieb, die Aufrechterhaltung der Notversorgung bis hin zum Schwarzstart übernehmen. Dual-Fuel-BHKW eignen aufgrund der guten Verbrennung auch zur Verwertung von

Schwachgasen aus anaerober Vergärung (Biogas, Klärgas) oder der thermochemischen Umsetzung (Vergasung, Pyrolyse). Am Kompetenzzentrum KWK werden Dual-Fuel-BHKW insbesondere für den systemdienlichen Betrieb und für die Verwertung von Pyrolyseöl und -gas aus der Umsetzung organischer Reststoffe untersucht.

Alternative Brennstoffe

Im Kontext der Energiewende spielen speicherbare Energieträger eine wichtige Rolle. Flüssige und gasförmige Kraftstoffe auf Basis von Kohlenwasserstoffen eignen sich aufgrund ihrer hohen Energiedichte, guten Speicherbarkeit und des problemlosen Transports nach wie vor in besonderem Maße für diese Aufgabe, sofern die Bereitstellung aus erneuerbaren Energien gelingt. Am Kompetenzzentrum KWK werden in Kooperation mit Partnern wie dem Fraunhofer UMSICHT Institut in Sulzbach-Rosenberg neue Kraftstoffe aus regenerativen Quellen untersucht (Biokraftstoffe der nächsten Generation). Ziel der Forschungsarbeiten ist es, organische Reststoffströme, wie z. B. Gärreste oder Klärschlamm, über Konversionsverfahren für die energetische Verwertung in der KWK nutzbar zu machen. Neue synthetische Kraftstoffe wie Oxymethylenether (OME) mit günstigen Verbrennungseigenschaften erlauben zudem die Auslegung neuer Brennvorgänge mit deutlich reduzierten Abgasemissionen. Das Kompetenzzentrum KWK untersucht die motorische Nutzung

dieser Kraftstoffe in Diesel-, Gas- und Dual-Fuel-BHKW.

Energierückgewinnung mittels Mikroexpansionsturbinen und Organic-Rankine-Cycle (ORC)

Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Verstromung von Abfallenergien, die am Ende von Industrieprozessen oder auch der elektrischen Energieerzeugung mit Verbrennungsmotoren (z. B. in BHKW) auftreten. Abwärme, Abgase oder auch Abdämpfe können dabei energetisch verwertet werden. Kernkomponente des Systems ist die Mikroexpansionsturbine ($< 100 \text{ kW}_{el}$) mit direkt angetriebenem High-Speed Generator, welche im Fokus der Forschungsarbeit steht.

Stehen Abgas oder Abdampf unter erhöhtem Druck zur Verfügung, so können diese über eine Mikroexpansionsturbine direkt expandiert werden und ein Teil der darin noch enthaltenen Energie kann verstromt werden. Dies ist z. B. bei Abgasturbinensystemen für BHKW der Fall. In den meisten Fällen liegt die Abwärme jedoch als Gas oder Dampf unter Atmosphärendruck vor, weshalb hier ein Dampfkraftprozess mit einem organischen Arbeitsmittel zwischengeschaltet (ORC = Organic Rankine Cycle) wird, der das notwendige Druckgefälle für die Turbine erzeugt.

Das Team hat in den letzten Jahren verschiedene Turbinenkonzepte für die direkte Nutzung von Abgasen und den Einsatz in ORC-Prozessen entwickelt, Demonstratoren gebaut und getestet. Hier

bei arbeitet das Kompetenzzentrum KWK eng mit dem ZET an der Universität Bayreuth, dem Department für Energiesysteme an der UWB in Pilsen, dem Labor für Energietechnik an der OTH Regensburg und seit 2018 auch mit dem Department für Energietechnik an der Technischen Universität in Prag zusammen.

Entwicklung und Erprobung „kleiner Motoren“ zum Einsatz in BHKW oder zur Verstromung von Abwärme

Kernthemen des Forschungsfeldes sind zum einen klassische Verbrennungsmotoren, zum anderen Schraubenexpander/-motoren. Bei den Verbrennungsmotoren, die standardmäßig z. B. in BHKW eingesetzt werden, liegt der Fokus aktuell auf der Entwicklung von Brennverfahren und Zündsystemen. Daneben werden aber auch alternative Kraftstoffe und Abgasnachbehandlungssysteme betrachtet. In Bezug auf Schraubenexpander beschäftigt sich die Arbeitsgruppe mit der Entwicklung eines Motors zur Integration in einen ORC-Prozess.

Zu diesem Zweck wurde durch die Arbeitsgruppe ein Kombi-Prüfstand konzipiert und aufgebaut. Auf dem Prüfstand kann ein komplettes BHKW mit einer Gesamtleistung von bis zu 20 kW vermessen werden. Direkt neben dem BHKW steht der Motorenprüfstand bereit, um den Motor des BHKW ohne Quereinflüsse durch die Peripherie betreiben und untersuchen zu können. Dadurch kann der aus der motorischen Untersuchung resultierende Änderungsbedarf im Wechsel mit den Prüfstanduntersuchungen direkt am Endprodukt (dem BHKW) umgesetzt und dessen Effekt kontrolliert werden.

Aktuell wird auf dem Prüfstand der 1-Zylinder-Verbrennungsmotor betrieben, der als Antriebsaggregat für kleine BHKW dient. Schwerpunkt der Untersuchungen bilden magere Brennverfahren mit hohem Luftüberschuss, bei denen eine neuartige Technik zur Raumzündung (Hochfrequenzzündsystem) mit bewährter konventioneller Technik mit bereits hohen Magerlaufgrenzen (Vorkammerzündkerze) verglichen wird. In einem vorangegangenen Forschungsvor-

haben konnten an einem anderen Aggregat entscheidende Verbesserungen hinsichtlich der NO_x -Emissionen durch Optimierung der Abgasnachbehandlung erzielt werden.

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Über die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) kann die Abwärme von BHKW über Absorptionskälteanlagen (AKM) in Klima- oder Prozesskälte umgewandelt werden. Dadurch wird, gerade bei geringem Wärmebedarf (Sommer), die Wärmeabnahme des BHKW garantiert. Die Laufzeit des Moduls kann verlängert und der wirtschaftliche Betrieb der Anlage verbessert werden. In Kooperation mit Partnern wie dem Zentrum für Angewandte Energieforschung Bayern e. V. (ZAE) entwickelt das Kompetenzzentrum KWK neue Verfahren für die KWKK.

KWK-Systemtechnik und Sektorenkopplung

Die Energiewende führt in Deutschland zu großen Veränderungen im Bereich der Stromversorgung. Arealnetze zur örtlich begrenzten, dezentralen Verteilung elektrischer Energie, die Regelenergiebereitstellung zum Ausgleich fluktuierender Stromerzeuger und die Sektorenkopplung gewinnen zukünftig weiter an Bedeutung. Dabei führt die intelligente Vernetzung der oft getrennt angesehenen Sektoren Elektrizität, Wärmeversorgung, Verkehr, Industrie und Kälte zu wertvollen Synergieeffekten. Über Power-to-X-Technologien (Power-to-Heat, Power-to-Gas ...) können Stromüberschüsse aus Erneuerbaren Energien in andere Energieformen gewandelt und anschließend gespeichert werden. Hocheffiziente BHKW nehmen dabei aufgrund ihrer Flexibilität eine wichtige Rolle an der Schnittstelle der Sektoren ein. Die gleichzeitige Bereitstellung von Strom und Wärme und der vielseitige Einsatz flüssiger oder gasförmiger Energieträger ermöglichen eine große Anwendungsvielfalt innerhalb der „Strom- und Wärmewende“.

Mit Partnern wie dem IfE an der OTH-AW und dem RCER (Regensburg) erforscht das Kompetenzzentrum KWK die systemdienliche Integration der KWK in

elektrische und thermische Netze und setzt in Kommunen und Industriebetrieben Pilot- und Demonstrationsprojekte zur Sektorenkopplung um.

Numerische Ingenieurmethoden in der KWK-Entwicklung

Computergestützte numerische Simulationsmethoden spielen eine zunehmend wichtige Rolle bei der Entwicklung und Optimierung von KWK-Prozessen. Am Kompetenzzentrum KWK werden eigene Verfahren und Tools auf Basis von fortschrittlichen kommerziellen und Open Source Codes zur null- und mehrdimensionalen Simulation von Strömungsvorgängen (u. a. mit Open Foam®) und Verbrennungsprozessen (z. B. mit Cantera) entwickelt. Am Anfang steht dabei die Generierung der benötigten Daten für die Simulation, z. B. durch 3D-Scanning von Bauteilen, und die Überführung in Simulationsmodelle. Die entwickelten Methoden werden durch Messdaten an eigenen Prüfständen validiert und abgesichert.

Beispielprojekte im Partner-Netzwerk

KWKK-Systemtechnik

Im Partnernetzwerk des Kompetenzzentrum KWK wurde ein innovatives Energieverbundsystem zur KWKK in der Lebensmittelindustrie konzipiert und im Rahmen eines Demonstrationsvorhabens umgesetzt. Das KWKK-System stellt in einer Großmetzgerei Strom, Dampf und Gefrierkälte sowie Wärme für Heizzwecke und zur Warmwasserbereitung zur Verfügung. Darüber hinaus kann das BHKW bei Bedarf im Inselnetz betrieben und die Notstromversorgung für den Lebensmittelbetrieb, u. a. um die Kühlkette sicherzustellen, aufrechterhalten werden.

Das Energieverbundsystem besteht aus einem BHKW des Herstellers MTU mit einer elektrischen Leistung von 1.287 kW_{eI} (**Bild 3**), einem Abhitzedampfkessel von Aprovis und einer Absorptionskälteanlage mit Ammoniakkreislauf vom Typ AGO congeolo mit bis zu 550 kW Kälteleistung. Die Besonderheit des KWKK-Prozesses

mit Ammoniak als Kältemittel ist, dass im Gegensatz zu herkömmlichen Absorptionskälteanlagen Temperaturen unterhalb von 0°C bereitgestellt werden können, wie sie in der Lebensmittelindustrie benötigt werden (Gefrierkälte).

Die Anlage erreicht einen Gesamtnutzungsgrad von über 95 %, bei einem elektrischen Wirkungsgrad von bis zu 43 %. Die Primärenergieeinsparung gegenüber der ursprünglichen Energieversorgung liegt bei 28 %, pro Jahr werden rund 30 % CO₂ eingespart, dies entspricht ca. 1.800 t.

In Kooperation mit den Komponentenherstellern und dem Betreiber wird die KWKK-Anlage im Partnernetzwerk des Kompetenzzentrums KWK als Forschungsanlage genutzt. Das Demonstrationsvorhaben wird vom Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie gefördert und wurde von der Zeitschrift Energie & Management und dem Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung zum BHKW des Jahres 2017 gekürt.

KIG – Hocheffiziente Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung für Industrie und Gewerbe

Im Rahmen des Kooperationsvorhabens „Hocheffiziente Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung für Industrie und Gewerbe (KIG)“ entwickeln die Partner ZAE Bayern (Zentrum für Angewandte Energieforschung Bayern e.V.) und das Kompetenzzentrum KWK ein Gesamtsystem für ein neuartiges hocheffizientes System zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung im kleinen Leistungsbereich, bestehend aus einem BHKW und einer AKM. Besonderheit des Systems ist die zwei-/einstufige Schaltung mit getrennter Auskopplung der Hoch- und Niedertemperatur-Wärmeströme aus dem BHKW, die eine Wirkungsgradsteigerung um bis zu 30 % gegenüber der bisher eingesetzten Technik erlaubt. Zudem soll das neue System einen besonders flexiblen Wechsel zwischen Heiz- und Kühlbetrieb und gute Teillastwirkungsgrade ermöglichen. Dadurch kann es für eine Vielzahl unterschiedlicher industrieller und gewerblicher Anwendungen (Hotel, Rechenzentrum, Krankenhaus, Bürogebäude,

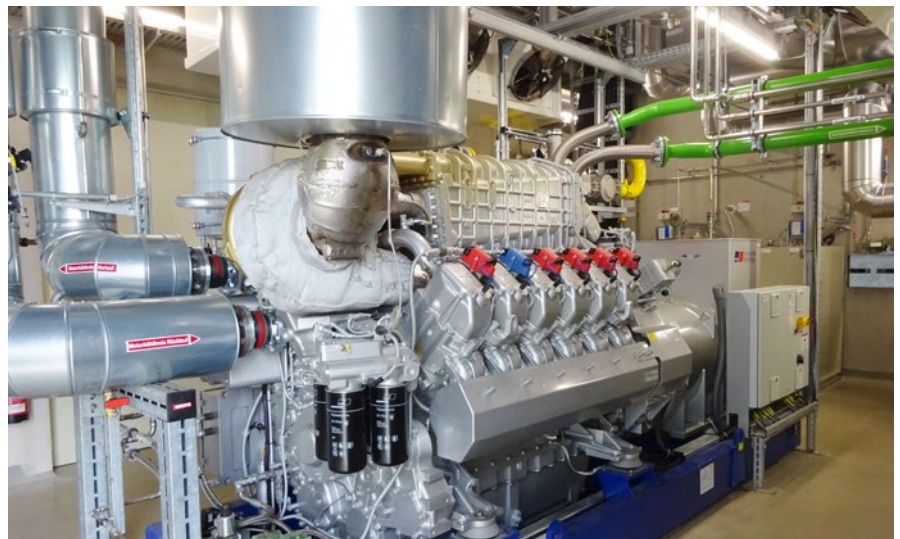


Bild 3: BHKW des Jahres 2017

Kühlung von Werkzeugmaschinen) eingesetzt werden, bei denen neben der Lieferung von Strom und Heizwärme auch der Gebäudekältebedarf zu decken ist. Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie gefördert.

BHKWFlex

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden in Kooperation mit dem IfE an der OTH Amberg-Weiden, ausgehend von einer bestehenden BHKW-Versuchsanlage, optimierte Betriebs- und Regelstrategien für den flexiblen, systemdienlichen Betrieb erforscht. Dabei werden die technischen Anforderungen der Regelenergiebereitstellung im BHKW-Betrieb berücksichtigt (Netzsynchrisation, Rampen, Teillastbetrieb, Reaktionszeiten, Brennstoffflexibilität) und alle aktuell relevanten Formen der Regelenergiebereitstellung, bis hin zur Erbringung von Primärregelleistung, eingesetzt. Im Hinblick auf die Vernetzung von Erzeugern und Verbrauchern zu technischen Einheiten werden allgemein gültige Regelungs- und Dimensionierungsbedingungen erforscht, welche bei bestehenden und vor allem auch bei neuen Anlagen im Bereich der Industrie und der kommunalen Versorgung genutzt werden können. Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie gefördert.

H2-BHKW

Mit Partner aus Industrie und Forschung werden verbrennungsmotorische BHKW-Konzepte für die Rückverstromung von Elektrolyse-Wasserstoff aus Power-to-Gas-Anlagen entwickelt. Neben motorischen Fragestellungen werden dabei auch systemtechnische Aspekte in Bezug auf die Einbindung von Wasserstoff-BHKW in elektrische und thermische Netze und in die Gasinfrastruktur betrachtet. Ein wichtiger Partner ist hierbei das Stadtwerk Haßfurt, das einen Elektrolyseur mit 1,25 MW elektrischer Leistung betreibt, der mit den Stromüberschüssen aus dem lokalen Windpark Wasserstoff zur Einspeisung ins örtliche Gasnetz erzeugt. Künftig soll die Anlage um Wasserstoff-BHKW zur Rückverstromung des Wasserstoffs ergänzt werden, sodass eine echte Speicherung von regenerativem Strom mit bedarfsgerechter Rückverstromung realisiert werden kann.

METG – MikroExpansionsTurbinenGeneratoren

In dem von 2013-2016 durchgeführten Forschungsprojekt wurde ein „Baukastensystem“ für MikroExpansionsTurbinenGeneratoren (METG) zur Abwärmeverstromung aus KWK- und Industrieanlagen entwickelt und drei verschiedene Repräsentanten dieses Baukastens in einer dafür eigens gebauten ORC-Anlage

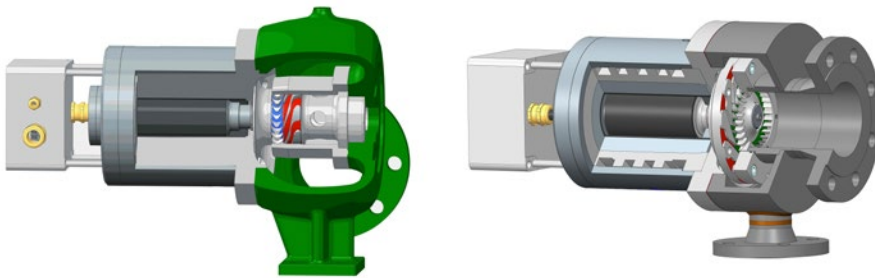


Bild 4: Axiale Impulsturbine (links) und radiale Cantilever-Turbine (rechts) jeweils mit High-speed Generator

mit Hexamethyldisiloxan (MM) als Arbeitsmittel am ZET in Bayreuth getestet. **Bild 4** zeigt die Standardbauweise „axiale Impulsturbine“ und die neu entwickelte „Cantileverturbine“. Aufgrund des sehr zuverlässig arbeitenden neuen ORC-Versuchskraftwerkes konnten die Turbinen nicht nur im Auslegungspunkt, sondern auch unter Teillast getestet und so die Betriebs- und Wirkungsgradcharakteristiken bestimmt werden.

Ziel-ETZ #90



**Europäische Union
Evropská unie**
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Evropský fond pro regionální rozvoj

Im Rahmen des europäischen Fonds für regionale Entwicklung der EU und dessen Strukturförderprogramm „Programm zur grenzübergreifenden Zusammenarbeit – Freistaat Bayern – Tschechische Republik Ziel ETZ 2014 – 2020“ ist die Arbeitsgruppe „kleine Motoren“ mit Beginn des Jahres 2018 in ein neues Forschungsprojekt am Kompetenzzentrum KWK gestartet: Im Rahmen des Ziel ETZ Programms erfolgt zusammen mit der UWB und ATMOS vývoj (einer unabhängigen Forschungseinrichtung des tschechischen Kompressorenherstellers ATMOS Chrást) die Erforschung und Entwicklung eines Schraubenmotors. Dabei wird ein Schraubenmotor entwickelt, welcher mit einem organischen Arbeitsmedium (ORC) bisher ungenutzte Abwärme aus Industrieprozessen nutzen soll. Entwicklungsziel ist eine mechanische Leistung von 15 kW am Abtriebsstrang des Schraubenmotors.

Ziel-ETZ #53



Ziel ETZ | Cíl EÚS
Freistaat Bayern –
Tschechische Republik
Česká republika –
Svobodný stát Bavorsko
2014 – 2020 (INTERREG V)

Das Verbundvorhaben „Grenzüberschreitendes Netzwerk für Energieeffizienz und Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung“ hat die grenzüberschreitende Vernetzung von Hochschul- und KMU-Partnern aus der Region Bayern-Böhmen im Bereich der Energieeffizienz und KWK zum Ziel. F&E-Ressourcen in der bayerisch-tschechischen Grenzregion sollen effizient genutzt und weiterentwickelt werden, um damit die Innovationskraft der KMU nachhaltig zu stärken. Lead-Partner ist die OTH-AW in Kooperation mit der UWB in Pilsen und sechs kleinen und mittleren Unternehmen. Schwerpunkt des Projekts ist die Einführung und Erprobung moderner computerbasierter Ingenieurmethoden (CAE = Computer Aided Engineering) für die KWK-Entwicklung und die Anwendung anhand von konkreten Fra-

gestellungen aus den teilnehmenden Unternehmen. Das Vorhaben wird aus dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung der EU im „Programm zur grenzübergreifenden Zusammenarbeit Freistaat Bayern – Tschechische Republik Ziel ETZ 2014 – 2020“ gefördert.

Das Team des Kompetenzzentrums KWK (**Bild 5**) freut sich auf Anfragen.

Kontakt:

Ostbayerische Technische Hochschule
Amberg-Weiden
Kompetenzzentrum für Kraft-Wärme-
Kopplung
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg
www.oth-aw.de
http://kwk.oth-aw.de
www.ifeam.de

Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch
Wissenschaftlicher Leiter
Tel.: +49 9621 482-3308
m.brautsch@oth-aw.de

Raphael Lechner, M.Sc.
Geschäftsführer
Tel.: +49 9621 482-3923
r.lechner@oth-aw.de

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst 



Bild 5: Das Team des Kompetenzzentrums KWK