

Verbrennen war gestern

Freiberger beschreiten neue Wege für die Nutzung der Braunkohle

Fast sieben Jahrhunderte lang sind die Bergleute hier in den Schacht gestiegen, jetzt wird auf dem Gelände der Reichen Zeche in Freiberg für die Zukunft geforscht. Es geht um die Nutzung von Rohstoffen wie Kohle, Erdöl und Gas. Dabei steht viel auf dem Spiel, denn die Quellen versiegen. Erdöl und Gas werden nur noch wenige Jahrzehnte verfügbar sein, Kohle bis zu 200 Jahre. An der TU Bergakademie Freiberg widmen sich die Wissenschaftler deshalb den Möglichkeiten der effizienten Verwertung dieser Rohstoffe. Vor einem Jahr wurde am Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen das „Zentrum für Innovationskompetenz“ (ZIK) VIRTUHCON gegründet. VIRTUHCON steht für Virtual High Temperature Conversion. Gemeinsam erforschen Ingenieure, Informatiker und Mathematiker hier die bessere stoffliche Nutzung der Braunkohle.

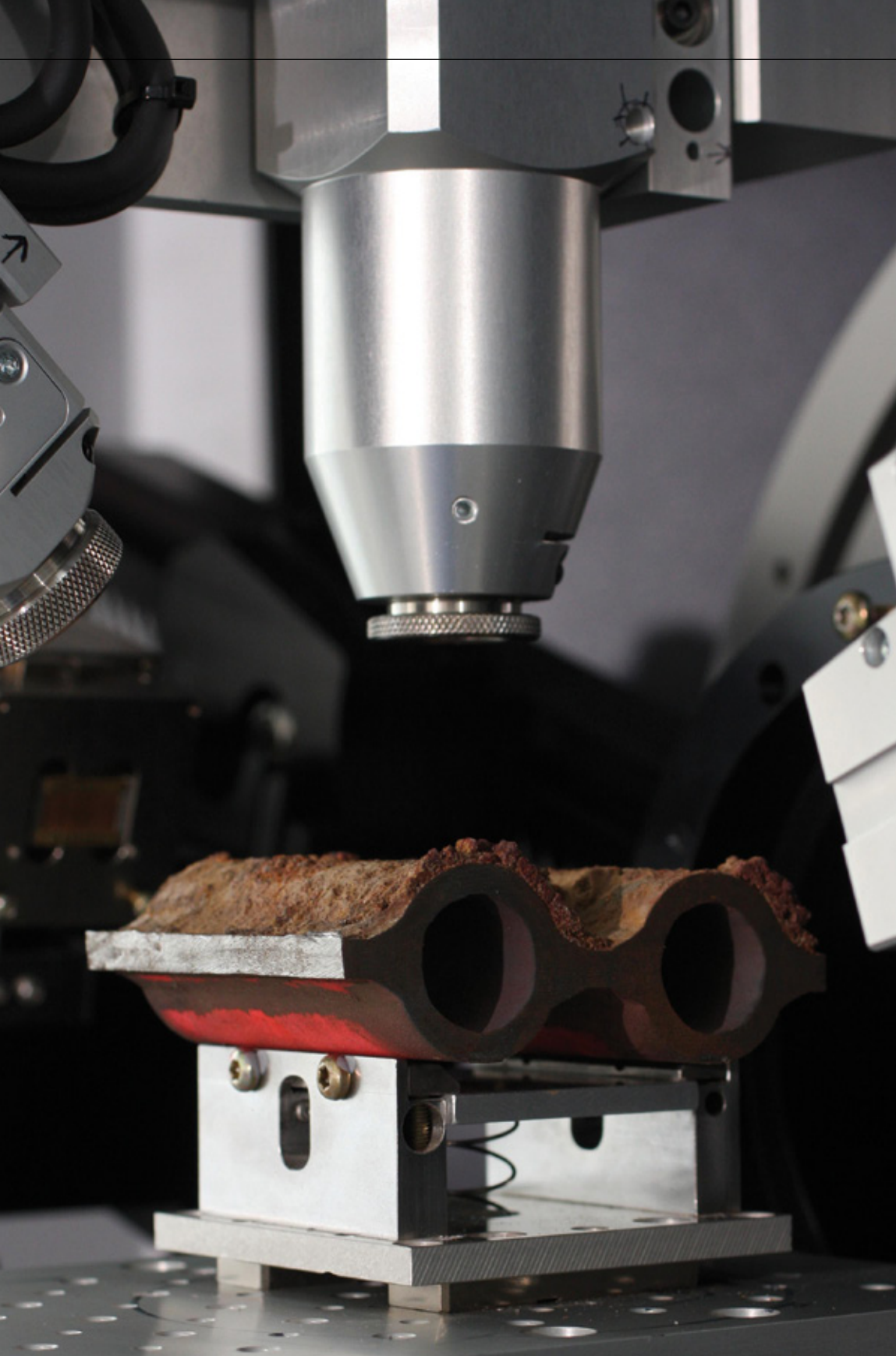
Momentan wird Braunkohle fast ausschließlich zur Energiegewinnung genutzt. Das bedeutet: 99 Prozent des fossilen Rohstoffs werden einfach verfeuert. Doch eigentlich hat die Kohle noch ganz andere Werte als nur die eines Energieträgers. Sie ist ein chemischer Rohstoff, der auch stofflich genutzt werden könnte. „Wenn wir den Blick erweitern vom Energierohstoff zum Chemierohstoff, dann sieht man, dass fossile Energieträger, besonders die Kohle, eine wesentlich höhere Bedeutung haben als ihnen heute beigemessen wird“, erklärt Professor Bernd Meyer, Rektor der TU Bergakademie Freiberg und Sprecher von VIRTUHCON. „Wir wollen die Verbrennung ablösen und Braunkohle dazu nutzen, um Chemieprodukte, aber auch Kraftstoffe zu erzeugen. Damit bereiten wir Technologien für die Zeit nach dem Erdöl vor.“

Die Wissenschaftler wollen Braunkohle insbesondere zur Herstellung von Kohlenstoffverbindungen nutzen, denn diese werden in allen Lebensbereichen benötigt. „Ich schätze, im Haushalt, abgesehen von den Baustoffen und Metallen, ist das die Stoffklasse, die im täglichen Leben am meisten vertreten ist, die uns zu 80 bis 90 Prozent umgibt“, meint Bernd Meyer. Dazu gehören zum Beispiel Kunststoffe, Textilien oder Waschmittel.

Gegenwärtig werden diese Produkte fast ausschließlich aus Erdöl hergestellt. Doch das geht zur Neige und der Rohölpreis wird weiter steigen. Abgesehen davon ist die Erdöl-Förderung mit hohen Risiken verbunden, wie die jüngsten Vorkommnisse im Golf von Mexiko zeigen. Die chemische Industrie braucht auf lange Sicht Alternativen. Deshalb wollen die Freiberger Wissenschaftler Technologien zur Nutzung der Braunkohle als Kohlenstoffquelle entwickeln.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer,
Rektor der TU Berg-
akademie Freiberg





Untersuchungen von Schlackeablagerungen an Wärmeträgerrohren mittels HT-XRD (Röntgendiffraktometrie).

Weniger verbrennen – mehr gewinnen

„Virtual High Temperature Conversion“ ist nicht nur der Name des Zentrums, sondern gleichzeitig sein Forschungsschwerpunkt. Unter Virtualisierung so genannter Hochtemperatur-Konversionsprozesse versteht man chemische und physikalische Prozesse der Stoff- und Energiewandlung bei hohen Temperaturen von 1000 bis 2000° Celsius. Dazu zählen auch Verbrennungsprozesse von Kohle, Öl und Gas. Die Freiburger Wissenschaftler wollen ihr Forschungsobjekt, die Braunkohle, jedoch nicht komplett verbrennen, sondern nur teilweise. Das nennt sich dann Partialoxidation. Im Vergleich zur Verbrennung der Kohle wird dabei nur wenig Kohlendioxid erzeugt, stattdessen hauptsächlich Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Diese sind wiederum die Ausgangsstoffe für chemische Synthesen. Auf diese Weise können Kunststoffe und sogar Kraftstoff hergestellt werden. Das hat gleich mehrere Vorteile: Der CO₂-Ausstoß wird extrem reduziert, da die Kohle nur partiell verbrannt wird und kaum Kohlendioxid entsteht. Und die Braunkohle kann zur Herstellung von Kohlenstoffprodukten genutzt werden, sie kann das Erdöl vielleicht in absehbarer Zeit ersetzen.

Um dies zu schaffen, wird bei VIRTUHCON auf drei Ebenen geforscht, und zwar genau auf den drei Ebenen des partiellen Oxidationsprozesses. Die erste Forschungsgruppe untersucht die Interaktion der Kohle mit dem umgebenden Raum. Dabei geht es um die Reaktionen während des Oxidationsprozesses zwischen dem festen und dem gasförmigen Zustand. Die zweite Gruppe modelliert die Prozesse, die in einem Partikel in der Kohle während der Hochtemperaturkonversion geschehen. Die Wissenschaftler wollen wissen, wie aus dem festen Kohlenstoff ein Kohlenmonoxid-Molekül und ein Wasserstoff-Molekül werden. Das dritte Team beschäftigt sich mit der Modellierung des gesamten Reaktionsraumes. Dabei werden die Raumgeometrie und die verschiedenen Wechselwirkungen zwischen Stoff und Raum berücksichtigt. Diese Gruppe wirkt auch federführend an der mathematischen Simulation des gesamten Reaktionsprozesses und dessen Virtualisierung mit.

Die Technologien für die partiellen Oxidationsprozesse sind sehr komplex und aufwändig. Sie gehen weit über die Verbrennungstechniken hinaus, die es heute in Braunkohlekraftwerken gibt. Deshalb stellt VIRTUHCON diese Prozesse mit Hilfe von Hochleistungsrechnern zunächst virtuell dar. Dafür nutzen die Wissenschaftler eine 3-D-Bildprojektion in einem speziellen Projektions-



Vergrößerte Darstellung geschmolzener Kohleasche (Schlacke).

Anlage für das Hochdruck-Synthesegas-Verfahren HP POX – das derzeit modernste Synthesegasverfahren für flüssige und gasförmige Kohlenwasserstoffe.

raum, einer so genannten Cave, an der Universität. In diesem Raum können sie technologische Prozesse in hoher Auflösung simulieren und beobachten. Mit Hilfe dieser lebensechten Simulation lassen sich völlig neue Technologien entwickeln. Die virtuellen Tests haben große Vorteile. Auf der einen Seite können sich Unternehmen auf ihre Zukunft vorbereiten und verstehen, wie ihre Technologien in zehn bis 15 Jahren aussehen werden. Auf der anderen Seite wird damit viel Zeit und Geld gespart werden. Denn bevor eine kohlebasierte Raffinerie gebaut und mit neuer Technik ausgestattet wird, sind sehr viele Tests notwendig. Zunächst muss die Technologie im Labor geprüft werden, dann im nächst größeren Maßstab, dem so genannten Technikums- und Pilotmaßstab und erst danach kommt sie in der Produktion zum Einsatz. Damit dieser Prozess am Ende zuverlässig und störungsfrei abläuft, ist ein riesiger finanzieller und zeitlicher Aufwand notwendig. Neue Entwicklungen erfordern normalerweise bis zu 20 Jahre, ehe sie vom Labor zur technischen Reife kommen. Das will das VIRTUHCON-Team ändern. „Wir wollen physikalische und ingenieurtechnische Prozesse, die heute noch nicht verstanden werden, auf Hochleistungscomputern abbilden, simulieren und modellieren, um ein oder zwei Stufen dieser Entwicklung zu überspringen: vom Labor direkt zur Anwendung, dann hat man zehn Jahre

Entwicklungszeit und hohe Kosten eingespart“, erklärt Professor Meyer das Ziel von VIRTUHCON.

Neben dem Faktor Zeit spielt auch der Umweltschutz eine große Rolle. Denn wenn die Kohleverbrennung reduziert wird, verringert sich auch der CO₂-Ausstoß. Mit den Technologien, die VIRTUHCON entwickelt, werden von der Gewinnung der Kohle bis zum Produkt 40 Prozent weniger Kohlendioxid abgegeben, als wenn die Kohle energetisch genutzt, also verbrannt werden würde. Das bedeutet, 40 Prozent des Kohlenstoffs werden direkt in ein chemisches Produkt umgewandelt, ohne dass zusätzliche Maßnahmen für die Abtrennung von CO₂ erforderlich wären.

Flüssige Kohle fürs Auto

Die Kohle ist bei der Erforschung des partiellen Oxidationsprozesses nur ein möglicher Ausgangsstoff. Die gleichen Prozesse laufen auch ab, wenn Öl vergast oder Erdgas gespalten wird. Selbst die Reduktion von Erzen funktioniert auf diese Weise. Reduktion heißt, dass aus oxidischen Erzen Metalle gewonnen werden.

Der Abbau von Erzen ist wieder ein interessantes Thema geworden, insbesondere in Sachsen. Im sächsischen Erzgebirge, der Name sagt es, wurde seit dem 12. Jahrhundert Silbererz gewon-



nen. Der für den deutschen Raum sehr bedeutende Silbererz-Bergbau fand aber aufgrund fallender Weltmarktpreise zu Anfang des 20. Jahrhunderts zunächst sein Ende. Anfang der 90er Jahre wurde der Erzabbau dann endgültig eingestellt. Steigende Rohstoffpreise könnten nun aber erneut Interesse an den heimischen Erzlagerstätten wecken. Die Gewinnung von Kupfer, Zinn, Nickel und Wolfram stehen dabei im Mittelpunkt des Interesses.

VIRTUHCON untersucht in erster Linie Vergasungsprozesse, bei denen hochreine chemische Synthesegase entstehen, die für viele Synthesen eingesetzt werden. Damit lässt sich zum Beispiel Wasserstoff produzieren, der für Brennstoffzellen-Fahrzeuge genutzt wird oder synthetisiertes Benzin, der so genannte Fischer-Tropsch-Kraftstoff. Benannt ist er nach einem Verfahren, das Franz Fischer und Hans Tropsch bereits 1925 in Mülheim an der Ruhr



entwickelt haben. Dabei wird ein Kohlenstoffmonoxid-Wasserstoff-Gemisch in flüssige Kohlenwasserstoffe umgewandelt, die dann als synthetische Dieselkraftstoffe genutzt werden können. Der Ausgangsstoff dafür ist Kohle. „Hier am Institut ist gerade eine große Pilotanlage für eine neuartige Benzinsynthese entstanden“, sagt Bernd Meyer und zeigt aus dem Fenster auf die glänzenden Rohre der Miniraffinerie. „Wir nutzen dafür ein Synthesegas, das wir am Institut erzeugen, so dass wir den Prozess hier schon im Pilotmaßstab abbilden können. Die Forschungsergebnisse von VIRTUHCON werden dort später auch einfließen.“ Wenn das Öl knapper wird, könnte die Braunkohle also für die Kraftstoffgewinnung einspringen.

Diese Möglichkeiten sollen am Deutschen Energierohstoff-Zentrum (DER) in Freiberg weiterentwickelt werden. Das Projekt des BMBF-Förderprogramms „Spitzenforschung und Innovation in den Neuen Ländern“ bildet eine gute Ergänzung zur Arbeit von VIRTUHCON. Die am Rechner modellierten Prozesse werden dort mit konkreten Daten versorgt. Gemeinsam wollen die Wissenschaftler ihre Kenntnisse über Stoffe wie Kohle, Öl und Erze vertiefen. Mit Hilfe der virtuellen Simulationen der VIRTUHCON-Wissenschaftler soll der Kohlevergasungsprozess der neuen Generation im Technikumsmaßstab entwickelt werden. Demnächst werden die Ingenieure, Mathematiker und Informatiker sogar unter einem Dach arbeiten können. Gerade ist auf dem



Gelände der Reichen Zeche der Grundstein für ein neues Forschungsgebäude gelegt worden. Es soll das modernste brennstoffanalytische Zentrum Europas werden.

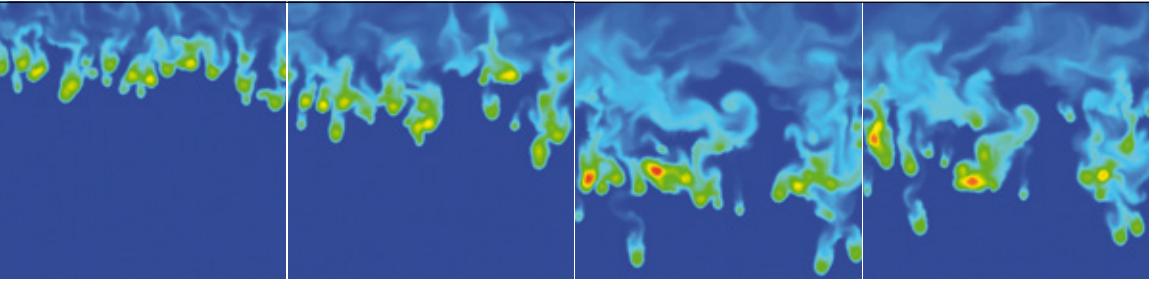
Wissen ist ein scharfes Schwert

Um synthetische Kraftstoffe herzustellen, eignet sich auch Biomasse. Das Freiburger Unternehmen Choren produziert auf diese Weise den umweltfreundlichen Kraftstoff SunFuel. Dafür sind ebenfalls Vergasungsprozesse notwendig, die bei VIRTUHCON untersucht werden. Deshalb arbeiten die Wissenschaftler eng mit der Firma zusammen. Es ist nicht ihr einziger Wirtschaftspartner. Auch Anlagenbauer wie Lurgi, Siemens oder Uhde gehören dazu. Nur wenige hun-

Objektträger mit Probe für eine thermogravimetrische Analyse.

dert Meter Luftlinie vom Institut entfernt ist die Siemens-Tochter Siemens Fuel Gasification Technology (SFGT) beheimatet, in der Vergasungstechnologien entwickelt werden. „Siemens wird von unserer Forschung sehr profitieren“, meint Professor Meyer. „Wenn VIRTUHCON die ersten virtuellen Modelle fertig hat, in zwei bis drei Jahren, wird das großen Einfluss auf die Entwicklungsgeschwindigkeit und Qualität bei Siemens haben.“

Bernd Meyers Vision ist es, dass mit VIRTUHCON ein virtuelles Entwicklungszentrum vorbereitet wird, das sich später eigenständig am Markt behaupten kann. Zum ersten Mal würde ein Dienstleistungszentrum für die Prozessentwicklung entstehen, das es in dieser Form bisher nicht gibt. Das Besondere an VIRTUHCON ist, dass es frei ist von wirtschaftlichen Interessen und Verpflichtungen gegenüber einzelnen Unternehmen. Das Zentrum kann alle Technologien in verschiedenen Firmen und Branchen bedienen, ohne Rücksicht auf gegenseitige Abhängigkeiten. Es kann frei am Markt agieren, das ist ein absolutes Novum. Und das Projekt VIRTUHCON besitzt noch einen anderen großen Wert: „Wenn das Modellwissen auf dem Rechner und in den Köpfen der Leute vorhanden ist, dann sind wir konkurrenzlos als Entwickler solcher Hochtemperatur-Konversionstechnologien“, erläutert Meyer. „Und die sind



international gefragt, nicht nur in Deutschland, wie hier am Standort mit Siemens und Choren, sondern weltweit. Und damit haben wir ein scharfes Schwert in der Hand, das wir ohne das Zentrum für Innovationskompetenz nicht bekommen hätten.“

Freiberg im globalen Fokus

Auch die wissenschaftlichen Kontakte der Freiburger haben sich rasant entwickelt. Die Thematik, mit der sich VIRTUHCON beschäftigt, spricht die internationale Forscher-Gemeinschaft an, wie es bisher nicht der Fall gewesen ist. Die Erforschung fossiler Energieträger für die chemisch-energetische Nutzung ist weltweit ein großes Thema. Deshalb hat VIRTUHCON Partner bis nach Down Under. Dort arbeiten die Wissenschaftler mit dem australischen Forschungsverbund Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) zusammen, der sich Kohle- und Stahlthemen widmet. Außerdem gibt es Kooperationen mit einem amerikanischen Partner in North Dakota und mit europäischen Verbänden. Von VIRTUHCON gehen starke akademische Impulse aus. Alle zwei Jahre organisiert das ZIK eine große internationale Tagung in Freiberg. 2011 wird die nächste stattfinden. An dieser Veranstaltung nehmen internationale Spitzenwissenschaftler teil. Sie lernen Freiberg persönlich kennen und kom-

men mit dem Entwicklungsstandort in Kontakt. Bernd Meyer ist ganz sicher, dass die Stadt mit allen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Facetten weltweit bekannter werden wird.

Fossiler Rohstoff – moderne Nutzung

Regenerative Energien wie Wind, Sonne und Wasser gewinnen immer größere Bedeutung für die Erzeugung von Strom. Braunkohle liefert nur ein Viertel der elektrischen Energie. Doch mithilfe neuer Technologien könnte die Kohle zum Lückenfüller werden. Statt sie zu verfeuern, können die Kraftwerke auf Vergasungstechnik umstellen. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise ein synthetischer Kraftstoff wie Methanol herstellen. Wenn gerade kein Wind weht oder die Sonne nicht scheint, kann das Methanol in den Gasturbinen verbrannt und zur Energiegewinnung genutzt werden. Der Ausstoß von Kohlendioxid ist dabei sehr gering. So würde die Natur geschont und dennoch der benötigte Strom geliefert werden. Die Nutzung fossiler Brennstoffe wie der Kohle wird auch in den nächsten Jahrzehnten unverzichtbar sein, damit Deutschland auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig bleibt. „Aber wir sollten das intelligent tun und in einer Weise, dass die alternativen, die regenerativen Technologien möglichst schnell Fuß fassen können“, meint Bernd Meyer. „Für den Strom haben wir Alternativen.“

CFD-Simulation des Schwarmverhaltens sinkender Partikel in einem Fluid.

Für Chemierohstoffe gibt es keine Alternativen zu Kohle, Öl und Gas. Deshalb muss die Rolle der Kohle in einem energiearmen Land wie Deutschland eine neue Definition bekommen.“

Um die Kohle zu fördern, sind heftige Eingriffe in die Natur notwendig, abgesehen von der Umsiedlung ganzer Dörfer. Doch Professor Meyer ist der Meinung, dass die Umweltschäden durch hochriskante Bohrungen nach Erdöl und Gas viel größer sind. Das beste Beispiel ist die Öl-Katastrophe im Golf von Mexiko, die durch Bohrungen im Meer verursacht wurde. Es ist eine der schlimmsten Umweltkatastrophen, die es je auf der Erde gegeben hat. Millionen Menschen sowie Flora und Fauna sind davon betroffen.

Bernd Meyer denkt, dass eine alternative, stoffliche Nutzung der Kohle auch den Menschen zugute kommen kann. Nicht nur, weil ihre Bedürfnisse weiterhin befriedigt werden, sondern auch weil Arbeitsplätze in den Kohlebergbauregionen erhalten und neue geschaffen werden könnten. Denn wenn die Technologien, die bei VIRTUHCON entwickelt werden, in der chemischen Industrie zur Anwendung kommen, werden viel mehr Arbeitskräfte benötigt. „Ein 1000 Megawatt-Kraftwerk, also ein sehr großes, zentrales Kraftwerk, kommt mit 150 Leuten aus“, erläutert Meyer. „Für die gleiche Kohlenutzung in der chemi-

schen Industrie könnten jedoch vier bis fünf Mal so viele Leute beschäftigt werden.“ Der Grund sind aufwändigere und komplexere Technologien. Vereinfacht betrachtet, könnten die Arbeitsplätze durch die Einsparung teurer Erdölimporte finanziert werden.

VIRTUHCON wird an diesen Entwicklungen maßgeblich beteiligt sein. Am Ende der Forschungsarbeit stehen Technologien, die deutschen Unternehmen dabei helfen, ihre Marktführerschaft auszubauen. Das ZIK hat eine Vorreiterrolle, die Bernd Meyer weiter ausbauen will: „Die Entwicklungsplattform, die sich durch VIRTUHCON ergibt, könnte die Basis für ein eigenes Geschäftsmodell, ein eigenes Unternehmen werden, das eng an die Universität gekoppelt ist.“

Schließlich entwickeln die Ingenieure, Mathematiker und Informatiker am Freiburger ZIK VIRTUHCON ein Know-how, das in Deutschland und der Welt einzigartig ist. Der Bedarf dafür wird in den nächsten Jahren und Jahrzehnten enorm wachsen.