

Hydrothermale Karbonisierung

Unter hydrothormaler Karbonisierung versteht man die Behandlung feuchter Biomasse mit heißem, unter hohem Druck stehendem Wasser zur Erzeugung eines kohleähnlichen Feststoffs. Die Grundlagen des Verfahrens wurden bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts erforscht, eine großtechnische Nutzbarmachung rückt aber erst heute näher.

Mehr als 90 Prozent der Produkte und Dienstleistungen, die unsere hochtechnisierte Gesellschaft täglich konsumiert, sind direkt oder indirekt von der Förderung kostengünstigen Erdöls abhängig. Dabei ist sich die Fachwelt darüber einig, dass uns das weltweite Erdölfördermaximum – der sogenannte „Peak Oil“ – in den nächsten Jahren bevorsteht. Der „Peak Oil“ markiert dabei nicht das Ende des Ölzeitalters, sondern vielmehr den Zeitpunkt, ab dem der Weltmarktpreis für Erdöl – abgesehen von kurzfristigen Schwankungen – aufgrund eines sich verknappenden Angebotes stetig weiter steigt. Um dieser Entwicklung vorzubeugen, haben Bundesregierung und Europäische Union in den letzten Jahren Forschungs- und Förderstrategien für die Umstellung unseres erdölbasierten Wirtschaftssystems auf eine biobasierte Wirtschaftsform – die sog. Bioökonomie – entwickelt. Zu den vielversprechendsten Verfahren zur Biomassekonversion, an denen in diesem Zusammenhang geforscht wird, gehört die hydrothermale Karbonisierung (im Englischen „Carbonization“, daher abgekürzt HTC).

Die HTC-Technologie ahmt allgemein formuliert den natürlichen, Jahrmillionen andauernden Prozess der geologischen Kohleentstehung nach. Es handelt sich dabei um ein thermochemisches Verfahren, das in der Lage ist vor allem nasse Biomasse in einen homogenen, kohlenstoffhaltigen Feststoff (sog. HTC-Kohle) umzuwandeln. Dies gelingt im Zeitraum weniger Stunden (1-24 h) bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen (180-280 °C) und nur leicht erhöhten Drücken, welche das Verdampfen des Wassers verhindern. Das flüssige Wasser dient zur homogenen Verteilung der thermischen Energie im Reaktionsraum, zur Verhinderung lokaler Überhitzungen und als Lösungs- und Reaktionsmittel

für entstehende Zwischenprodukte. Um Verkokungen und Verbrennungen auszuschließen, muss die Biomasse bei der HTC während des gesamten Reaktionszeitraums vollständig mit Wasser bedeckt sein. Die genauen Reaktionspfade der dabei ablaufenden Hauptreaktionen sind aufgrund der Komplexität ihres Zusammenspiels heute immer noch Gegenstand der Forschung und bis dato lediglich für einzelne reine Stoffe wie Lignin, Cellulose und Glucose bekannt. Die Gesamtreaktion läuft unter Freisetzung von Energie (exotherm) ab und bedarf zur Auslösung lediglich der Zufuhr von Aktivierungsenergie.

Ein wesentlicher Vorteil der HTC-Technologie liegt in dem Umstand begründet, dass die zur HTC-Kohleerzeugung verwendete Biomasse im Vergleich zu anderen thermochemischen Biomassekonversionsverfahren nicht erst energieintensiv getrocknet werden muss. Das in der Biomasse enthaltene Wasser nimmt beim HTC-Verfahren als wichtiges Reaktionsmedium an der Umwandlung der Biomasse teil. Anschließend lässt es sich aufgrund der durch die chemischen Reaktionen angestoßenen stofflichen Veränderungen der Biomasse durch einfache mechanische Verfahren (z.B. Pressen) mit wenig Energieeinsatz von der erzeugten HTC-Kohle separieren. Aufgrund dieser Eigenschaft ist die Palette der möglichen Einsatzstoffe für das HTC-Verfahren sehr groß und reicht von Abfallstoffen aus der Lebensmittelindustrie über Klärschlamm bis hin zu landwirtschaftlichen Nebenprodukten. Auch die Nutzung von Energiepflanzen ist grundsätzlich denkbar, in der aktuellen Debatte um eine nachhaltige Landnutzung jedoch politisch in Europa nicht gewollt. Die erzeugte HTC-Kohle ähnelt im Hinblick auf ihre stofflichen und verbrennungstechnischen Eigenschaften Braun- oder Steinkohle, wobei sich die tatsächliche Produktqualität durch Variation der Prozessparameter (Prozesstemperatur, Verweildauer, Reaktionsdruck sowie die Beschaffenheit der Ausgangsbiomasse in puncto Wassergehalt, Partikelgröße, Ligningehalt und pH-Wert) steuern lässt.

Die Bandbreite der möglichen Verwertungspfade für HTC-Kohle ist groß. Neben

der thermischen Nutzung als kohlendioxidneutrale Alternative für konventionelle Kohle ist v.a. die direkte stoffliche Verwertung interessant. Hier kommt z.B. die Nutzung als Bodenverbesserer, Brennstoff, Trägermedium für Katalysatoren, Ionentauscher und als Aktivkohle zur Aufreinigung von Abwasser und Abgasen in Frage. Darüber hinaus ist es denkbar, auf der Grundlage von HTC-Kohle Industrieruß (Carbon Black) und hochwertige Elektroden herzustellen. Aufgrund der hohen Polarität des Materials ist die nachträgliche Erhöhung des Porenvolumens durch verschiedene konventionelle Methoden wie z.B. chemische Aktivierung, Nanogießen oder mit Hilfe von Geliermitteln einfach zu bewerkstelligen. Die gezielte Variation der Oberflächenbeschaffenheit von HTC-Kohle lässt sich leicht durch Manipulation der Reaktionstemperatur oder eine weiterführende Karbonisierung bewerkstelligen.

Neben der direkten stofflichen Nutzung kommen für die HTC-Kohle auch die Verwertungspfade der klassischen Kohlechemie zur Herstellung von Plattformchemikalien in Frage. Der erfolgreiche Betrieb einer Pilotanlage zur Herstellung eines hochreinen Synthesegases auf Grundlage von HTC-Kohle ist bereits gelungen. Auch der Verwertungspfad über die Herstellung von Kalziumkarbid sowie die darauf aufbauende Acetylen-Chemie bieten denkbare, vielversprechende Nutzungsmöglichkeiten. Für die technische Umsetzung des HTC-Verfahrens werden heute bereits kommerziell verschiedene Reaktorkonzepte entwickelt und getestet. Es wird sowohl an kontinuierlich arbeitenden Röhrenreaktoren als auch an semikontinuierlich arbeitenden Prozessen gearbeitet. Wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Verfahrenskonzepte beinhalten dabei stets technische Lösungen zur effizienten Wärmerückgewinnung und zur adäquaten Weiterverwendung oder Aufbereitung des Prozesswassers, welches aufgrund seiner hohen Beladung mit organischem Kohlenstoff sehr gut für die Weiterverwendung in der Biogasproduktion oder als Nährlösung für die Aufzucht von Mikroalgen geeignet ist.

Kay Uwe Suwelack