



Betriebskonzept

**Biomasse-Veredelung mittels
HTC-Technologie**

2010



Einleitung

Die Firma GRENOL steht für ein einzigartiges Konzept, welches die Innovation von Technik mit Energiegewinnung, Bio-Abfallverwertung und Dienstleistungen verbindet. Durch diese Kombination von Biomasseveredlung und Entsorgung können wir Ihnen ein umfassendes Spektrum an Leistungen bieten.

Die innovative HTC-Technologie beruht auf der hydrothermalen Karbonisierung von Biomasse. Mittels dieser Technik ist es möglich jede Art von organischem Material (überwiegend nasse Bioabfälle) in kürzester Zeit zu Kohle und/oder anderen Produkte (wie z. B. "HTC-Humus" und "HTC-Wasser") umzuwandeln.

Wir bieten Ihnen ein umfassendes Gesamtkonzept an, welches neben der Konzeption und dem Anlagenbau, ebenso die Veredlung von organischen Abfällen, wie auch den Abtransport der Produkte und anderen Dienstleistungen rund um das Thema Entsorgung und alternative Energieversorgung mit einschließt.

Profitieren Sie von unserer jahrelangen Erfahrung und entscheiden Sie sich für eine Konversion von Biomasse durch unsere HTC-Reaktoren und nutzen sie unsere Dienstleistungen.

Uns liegt eine Rundum-Betreuung des Kunden sehr am Herzen. Dies wird durch die freundlichen, kompetenten Mitarbeiter gewährleistet und unterstützt.

Einführung in das HTC-Verfahren

Durch das HTC-Verfahren (hydrothermales Reaktionsverfahren; **hydro-thermal carbonization**) steht nun mit Marktreife eine Methode zur Verfügung, die den natürlichen Entstehungsprozess von Kohle aus Biomasse technisch innerhalb weniger Stunden (ca. 4-12 h) nachbildet. Biomasse wird dort unter Druck (ca. 20 bar) und Temperaturen bis rund 250 °C umgewandelt.

Wie in Abb. 1 dargestellt, werden im HTC-Verfahren der Firma GRENOL die vorhandenen Biomassen-(Abfälle) über ein Förderband oder einen bereits vor Ort vorhandene Fördereinrichtung in den dafür vorgesehenen Dosier- und Vorheiz-container befördert. Die vorher möglichst zerkleinerten, organischen Abfälle werden im ersten Container vorgeheizt. Nach der Vorheizung und Dosierung gelangt die erhitzte Biomasse in den Reaktor in dem die Reaktion des HTC-Verfahrens stattfindet. Dabei kommt es zu einer Konversion der Biomasse zu Kohle und Wasser.

Da das Verfahren unter geschlossenen Bedingungen sowie unter hohem Druck und Temperatur abläuft, werden schädliche, chemische Verbindungen und biologische Keime zerstört.

Bei der Abkühlung im Anschluss an die Reaktion wird die Wärmeenergie in Wärmetauscher geleitet. Gleiches gilt für die durch die Reaktion frei gesetzte Wärme. Die in den Wärmetauschern gespeicherte Wärme wird bei jeder neuen Charge zum Vorheizen der Biomasse-Abfälle wiederverwendet.

Die entstandene Kohle/„HTC-Humus“ wird nach dem Abkühlen vom Wasser getrennt und anschließend brikettiert oder im Falle des „HTC-Humus“ abgefüllt und gelagert. Das sogenannte „HTC-Wasser“, in das nahezu sämtliche Nährstoffe der eingesetzten Biomasse übergehen, wird nach dem Abkühlen in separaten Behältern gelagert, um später als Dünger aufkonzentriert zu werden.

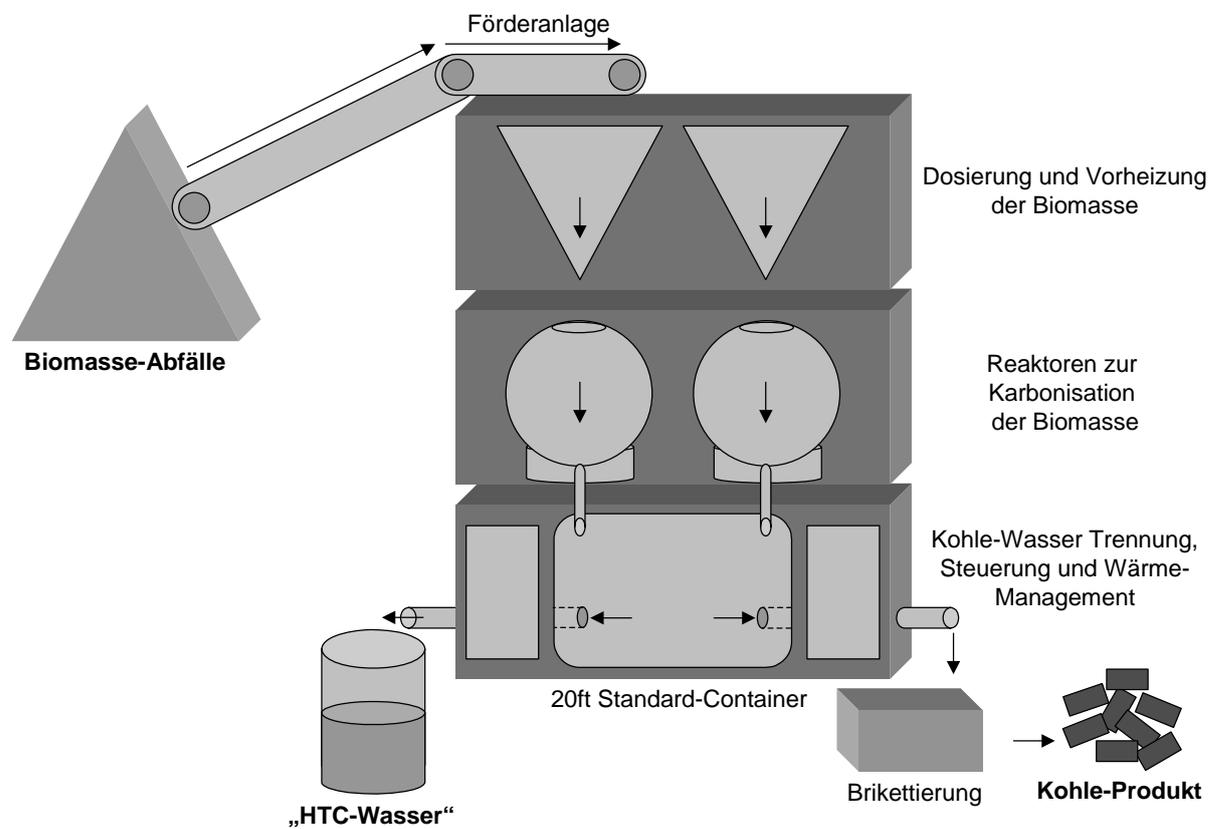


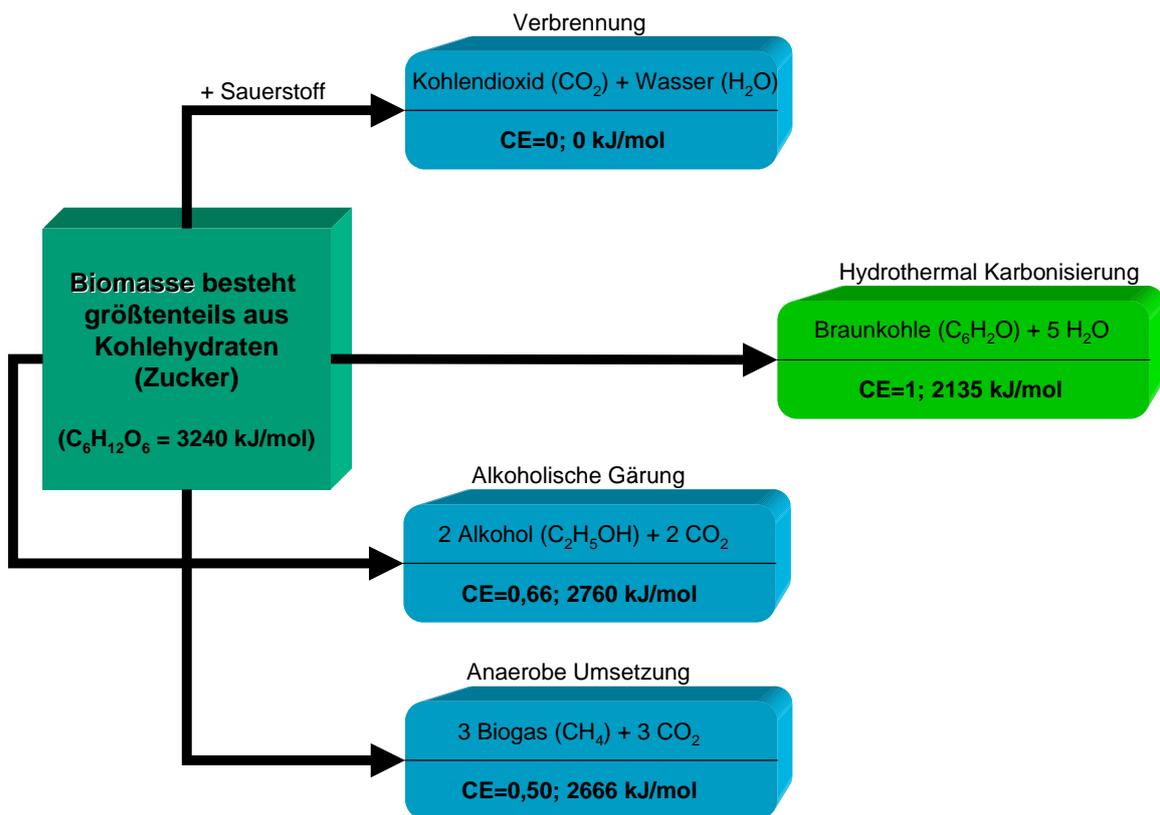
Abb. 1: schematische Darstellung der Funktionsweise einer HTC-Anlage

Im Gegensatz zu den heutigen Möglichkeiten aus Biomasse Energie zu gewinnen, wie z. B. der Vergärung zu Alkohol, der anaeroben Umsetzung zu Biogas oder Verbrennung, wird im Prozess der Inkohlung durch das HTC-Verfahren nahezu

100 % des Kohlenstoffs effizient als Feststoff umgewandelt und 66 % der ursprünglichen Energie aus der eingesetzten Biomasse bleiben erhalten (siehe Abb. 2). Die frei werdende Restenergie und das „HTC-Wasser“ können ebenfalls noch energetisch und wirtschaftlich weiter genutzt werden.

Durch die HTC-Technologie ist es möglich, ungenutzte Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft oder anderen Bereichen, in denen organischer Abfall anfällt, in die Bioenergieprozesskette einzubinden und zu nutzen. Mit diesem Verfahren kommt es zu einer äußerst ertragsreichen Erschließung und Nutzung von biogenen Reststoffen, die bis jetzt nur kompostiert oder nur wenig effizient weiterverarbeitet wurden. Die HTC-Technik bietet nun eine Möglichkeit diese Abfälle in unterschiedliche Stoffströme einzugliedern. Das ganze Verfahren ist durch gute Beherrschbarkeit als übertragbares Konzept weltweit denkbar und einsetzbar.

Die wichtigste Neuerung des Verfahrens im Gegensatz zu der herkömmlichen Energiegewinnung aus Biomasse ist, dass nahezu jede Form von Biomasse genutzt



© GRENOL GmbH

Abb. 2: Effizienz der Kohlenstoffbindung (CE) und der enthaltene Brennwert aus der Biomasse-nutzung bei unterschiedlichen Verfahren



werden kann. So muss z. B. keine Energie für die Trocknung der Biomasse (wie bei der Pyrolyse o. ä.) aufgebracht werden. Außerdem wird der Kohlenstoff der verwerteten Biomasse nahezu vollständig umgesetzt und gelangt nicht, wie bei der Kompostierung, durch natürliche Zersetzungsprozesse als schädliches Kohlendioxid (CO₂) und/oder Methan (CH₄) in die Atmosphäre und führt so zu einer Verstärkung des globalen Klimawandels.

Mit der Herstellung von „Bio-Kohle“ durch das HTC-Verfahren kommt es zu einer Schonung der vorhandenen Biomassequellen (Wälder) und der fossilen Ressourcen (Erdöl, Erdgas und Kohle).

Außerdem steht das HTC-Verfahren nicht, wie einige andere Möglichkeiten Energie aus Biomasse zu erzeugen, in Konkurrenz zum Nahrungsmittelsektor.

Aktueller Markt, Firmenprofil und Kooperationspartner

Der aktuelle Markt von Verfahrensvorschlägen und -anwendungen zur weitestgehenden Umwandlung von Biomasse in feste, flüssige oder gasförmige Produkte vergrößert sich stetig. Es gibt einige kleinere Unternehmen, die sich mit einer ähnlichen Thematik beschäftigen, jedoch besitzt GRENOL bereits funktionierende Prototypen eigener Versuchsanlagen, die technische Expertise, sowie ein laufendes Patentverfahren (intern. Veröffentlichungsnummer: WO 2008/0995589 A1, Titel: „Hydrothermale Karbonisierung von Biomasse“). Mit mehreren Vorversuchen seitens der Firma GRENOL wurde eindeutig gezeigt, dass das Verfahren funktionstüchtig und einsetzbar ist.

Die Wülfrather Firma GRENOL wurde im Frühjahr 2007 gegründet, um einerseits die langjährigen Erfahrungen und Kompetenzen der Gesellschafter zu bündeln, und andererseits einen einheitlichen Marktauftritt in einem rechtlichen Rahmen zu gewährleisten. Der Geschäftsführer des Kleinunternehmens ist A. Kuhles, die Firma ist im Handelsregister Wuppertal unter HBR: 20466 eingetragen.

Als Kooperationspartner steht das Forschungszentrum Jülich der Firma GRENOL zur Seite. Mit dem Institut Phytosphäre (ICG-3) des Forschungszentrums Jülich und dem Ansprechpartner Dr. A. Kuhn wurden in der Vergangenheit mehrere gemeinsame Forschungsanträge auf Bundesebene bearbeitet. Darüber hinaus begleitet das Forschungszentrum Jülich die Untersuchungen der Inhaltsstoffe und die Elementaranalysen der Endprodukte.

Zur Zeit arbeitet die Firma GRENOL zusätzlich noch mit dem Institut für Physikalische Chemie an der Universität Wuppertal als Kooperationspartner zusammen. Hier werden kalorimetrische Untersuchungen zur Brennwertermittlung



der Kohle durchgeführt. Des Weiteren wird mit diesem Institut eine Untersuchung der Rest-Emissionen, sowie die Brennwertkontrolle der produzierten Kohlen in Zusammenhang mit weiteren Forschungsprojekten eruiert.

Mit mehreren Firmen ist ein Konzept erarbeitet worden, HTC-Anlagen mit Blockheizkraftwerken und ORC-Anlagen zu kombinieren, um die Umweltverträglichkeit und den Nutzungsgrad beider Technologien zu optimieren. Durch die Kombination mit einem wirkungsvollen Stromerzeuger, kommt es zu einer effizienten Art die gewonnene Kohle in Strom zu veredeln. Dieser Strom wird über das EEG-Gesetz vergütet.

Die Firma GRENOL ist in einem Netzwerk mit mehreren Firmen etabliert. Die Mitglieder dieses Netzwerkes von verschiedenen Firmen beschäftigen sich alle mit Lösungen im Bereich Erneuerbare Energien, Energieeinsparung und Effizienzsteigerung. Aus dem Zusammenschluss dieser Partner ergeben sich vielfältige Synergie-Effekte im Bereich der alternativen Energie-Erzeugung und Nutzung. Zu den Tätigkeitsfeldern dieses Netzwerkes gehören die Implementierung von dezentralen Energieversorgungen u.a. mit netzgekoppelten Photovoltaikanlage, autarke Photovoltaik-Systeme, solarthermische Anlagen, sowie die sogenannten ECRT (Energy and Cost Reducing Technolgy) LED-Lampen. Diese LED-Lampen bilden die herkömmliche Lichtverteilungskurve nahezu identisch nach, verfügen aber über eine höhere Energieeffizienz durch die Reduktion von Wärme.

Weiterhin arbeitet die Firma GRENOL eng mit einem Wärmekontraktor zusammen, der die produzierten Kohleprodukte abnimmt und in seinen Anlagen zu Wärme verarbeitet.

Der Gedanke des Umweltschutzes

Der Gedanke des Umwelt- und Klimaschutzes liegt der Firma GRENOL sehr am Herzen. Durch die neuartige HTC-Technologie ist es möglich geworden, vorhandene Biomassequellen (Wälder) und fossile Ressourcen (Erdöl, Erdgas und Kohle) zu schonen und CO₂-neutrale Kohle aus ungenutzten Biomasse-Abfällen herzustellen, die der Industrie als alternativer Energieträger zur Verfügung stehen wird.

Durch die Ausbringung von Humus als Produkt auf karge Böden (z.B. sandige Böden in Ostdeutschland oder Wüstengegenden) wird die Bodenqualität verbessert und mit einer Anpflanzung auf solch optimierten Flächen wird durch die Photosyntheseleistung der Pflanzen ein Entzug von CO₂ aus der Atmosphäre geschaffen. So kommt es sogar zu einer „negativen“ CO₂ Bilanz. Die negative CO₂-Bilanz führt zu einer Verringerung des globalen Klimawandels. Dieser Kreislaufprozess ist wünschenswert (siehe Abb. 3 + Abb. 5).

Weiterhin kann das neben dem Prozess anfallende das HTC-Wasser aufkonzentriert werden und als Dünger Verwendung in der Landwirtschaft und dem Gartenbau finden.

Der Rat der europäischen Union (EU) hat in seinem aktuellen GRÜNBUCH ÜBER DIE BEWIRTSCHAFTUNG VON BIOABFALL vom 12. Mai 2009 bekannt gegeben, dass eine Bewertung über die Bewirtschaftung von ungenutzten Bioabfällen durchzuführen ist. Der Rat hat festgestellt, dass in der gesamten EU 139 Mio. t Bioabfall jährlich anfallen, welcher eine wichtige Ursache von Treibhausgasemissionen und Umweltverschmutzung ist.

Zudem kommt es durch ungeeignete landwirtschaftliche Techniken zu einer Abnahme des organischen Materials (Kohlenstoffgehalt) im Boden. Weiterhin postuliert der Rat der EU, dass nur über eine sachgerechte Bewirtschaftung des Bioabfalls es einerseits zu einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft und einem besseren Schutz des Bodens und es andererseits zur Bekämpfung des Klimawandels und zur Verwirklichung der Ziele für Erneuerbare Energien kommt.

Dieser Bioabfall kann durch die HTC-Technologie umgewandelt und zusätzlich durch die Ausbringung von „HTC-Humus“ die organische Substanz in den Böden erhöht werden.

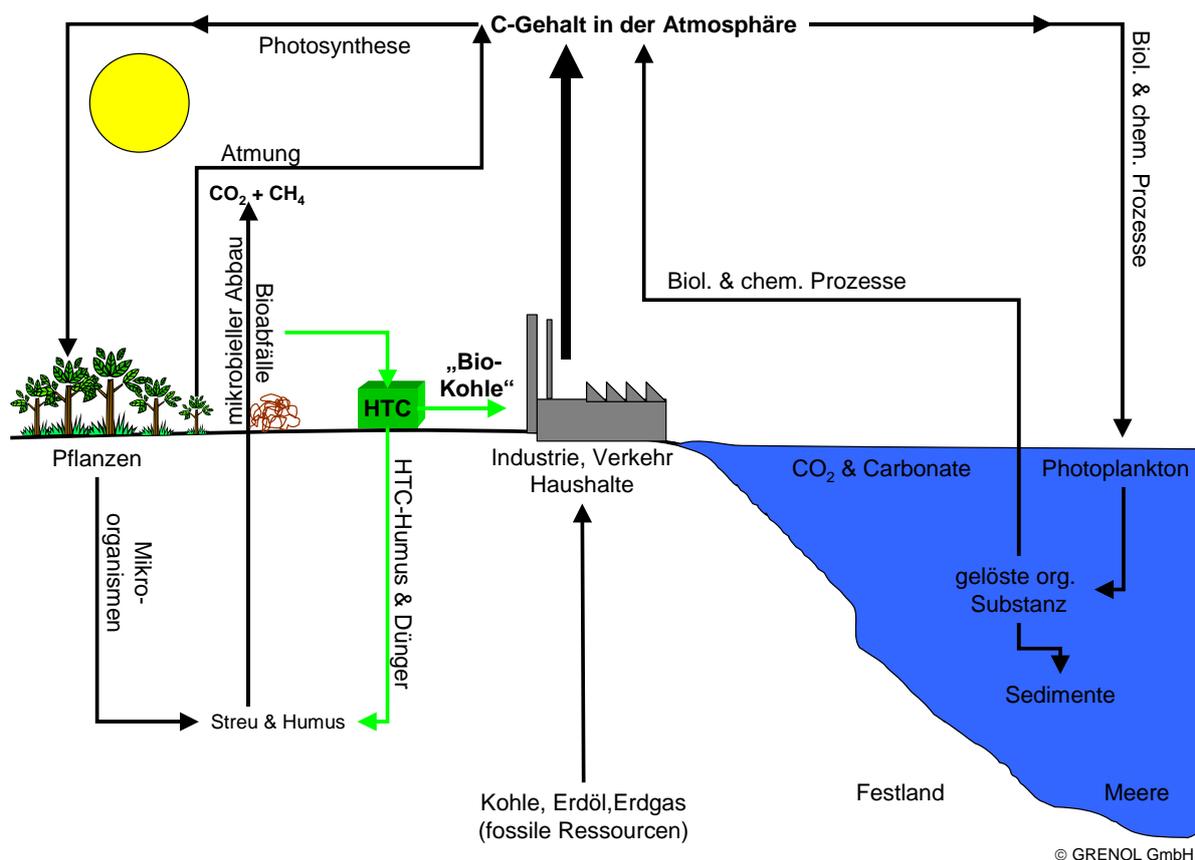


Abb. 3: Derzeitiger Kohlenstoffkreislauf (schwarze Pfeile) und Verbesserung des Kohlenstoffkreislauf unter Berücksichtigung der umweltschonenden HTC-Technologie (grüne Pfeile)



Effektivität und Nutzungsgrad der HTC-Technologie

Durch ein optimiertes Wärme-Management wird gewährleistet, dass die zum Aufheizen der Biomasse verwendete Energie, nach dem Abkühlen des Kohle-/Wasser-Gemisches über Wärmetauscher wieder zur Verfügung steht, um die folgende Biomasse-Charge vorzuheizen. Die ebenfalls entstehende exotherme Reaktionswärme (Bindungsenergie der Kohlehydrate, die bei der HTC-Reaktion frei wird) wird über das Wärme-Management zurück in den Prozess geleitet. Durch diese Steuerung geht nur wenig Energie verloren und es muss nur einmal ganz am Anfang zum Start der Reaktion Energie in Form von Wärme zugeführt werden.

Der Kohlenstoffgehalt der eingesetzten Bioabfälle bleibt durch das rein physikalisch-chemische Verfahren zu nahezu 100 % als Kohle-Produkt erhalten. Nur ein Drittel der Ausgangsenergie der genutzten Biomasse wird als Form von Reaktionswärme (exotherm) frei, die wie oben beschrieben zurück in den Prozess geführt wird. Die restlichen zwei Drittel bestimmen den Brennwert der entstehenden Kohle. Der Brennwert liegt zwischen 4,5 bis 6,4 kWh pro kg Kohle je nach der Qualität des Ausgangsmaterials.

Das Besondere an der produzierten Kohle aus Biomasse-Abfällen durch das HTC-Verfahren ist, dass bei deren Verbrennung die CO₂-Bilanz nahezu neutral bleibt: das Kohlendioxid, welches bei der Verbrennung frei wird, ist nicht wie bei fossilen Brennstoffen vor mehreren Millionen Jahren von den Pflanzen gebunden worden, sondern von Pflanzen, die aus der heutigen Zeit stammen. Das heißt, dass diese Pflanzen erst vor kurzem mittels Sonnenenergie CO₂ durch die Photosyntheseleistung der Blätter aus der Atmosphäre entzogen haben. Es wird also kein zusätzliches CO₂ - wie bei fossilen Brennstoffen - bei der Verbrennung frei gesetzt. Weiterhin kommt es zu einer Ressourcenschonung der vorhandenen Biomassequellen (Wälder etc.), da für die Konversion zu Kohle nur ungenutzte Biomasse-Abfälle verwendet werden sollen, die ansonsten über die natürliche Zersetzung die Atmosphäre .Treibhausgase belasten.

Die konkrete Umsetzung

Der tatsächliche Aufwand ist relativ gering. Die Grundfläche für eine 10 m³-Anlage entspricht einem Standard-20ft-Container, Die Höhe der Anlage variiert je nach verfügbarer Standfläche. Bei einer geringen Standfläche werden drei Standard-Container übereinandergestellt (siehe Abb.1), bei ausreichendem Platz wird der Container mit der Kohle-/Wasser-Trennung und dem Wärme-/Steuerungsmanagement neben der Bioreaktor-Einheit aufgestellt.

Neben der HTC-Reaktor-Einheit sollte genügend Platz für die Lagerung der einzusetzenden Bioabfälle sein, ebenfalls sollte auch die Möglichkeit (Förderband etc.) gegeben sein, die Reaktor-Einheit mit Biomasse zu befüllen. Weiterhin sollte die Infrastruktur so ausgebaut sein, dass die Anlieferung der Biomasse und der Abtransport der Endprodukte gewährleistet ist.



Für den Betrieb der HTC-Anlage sollte mindestens ein 32 Ampere Drehstrom Anschluss, sowie ein Wasseranschluss vorhanden sein. Zusätzlich wäre ein Gasanschluss ratsam. Optional sollte je nach Bioabfall und Schüttdichte ein industrieller Zerkleinerer für Biomassen zu Verfügung stehen. Ebenfalls optional einsetzbar ist ein starker Elektromagnet, um vorhandene Eisenteile aus den zu verwendenden Biomassen zu entfernen.

Die Wartung, Instandhaltung und laufende Kosten der HTC-Anlage halten sich gering, ebenfalls ist der zu leistende Arbeitsaufwand eher als gering einzuschätzen, da das Verfahren einfach und sicher zu handhaben ist.

In technischer Hinsicht werden die Risiken durch entsprechende Wartungsverträge und über eine Maschinenbruch- und Maschinenausfallversicherung minimiert.

Nutzungsform 1: Strom- und Wärmeerzeugung mittels HTC-Technologie

Durch die HTC-Technologie ist es nun möglich, jede Art (nasse oder trockene Materialien) von organischen Biomasse-Abfällen in Kohle umzuwandeln, die zur Erzeugung von Wärme und Strom mittels Blockkraftwerke (BHKW) genutzt werden kann (siehe Abb. 4).

Sicherlich kann trockenes Holz in Form von z.B. Holzpellets oder ähnlichen Materialien auf direktem Wege verbrannt werden. Hierbei entsteht jedoch zusätzliches Kohlendioxid (CO₂) und andere schädliche Abgase, welche in die Atmosphäre gelangen und dort mit für den globalen Klimawandel verantwortlich sind. Zusätzlich muss das verwendete Holz vor der Verbrennung aufwendig getrocknet werden.

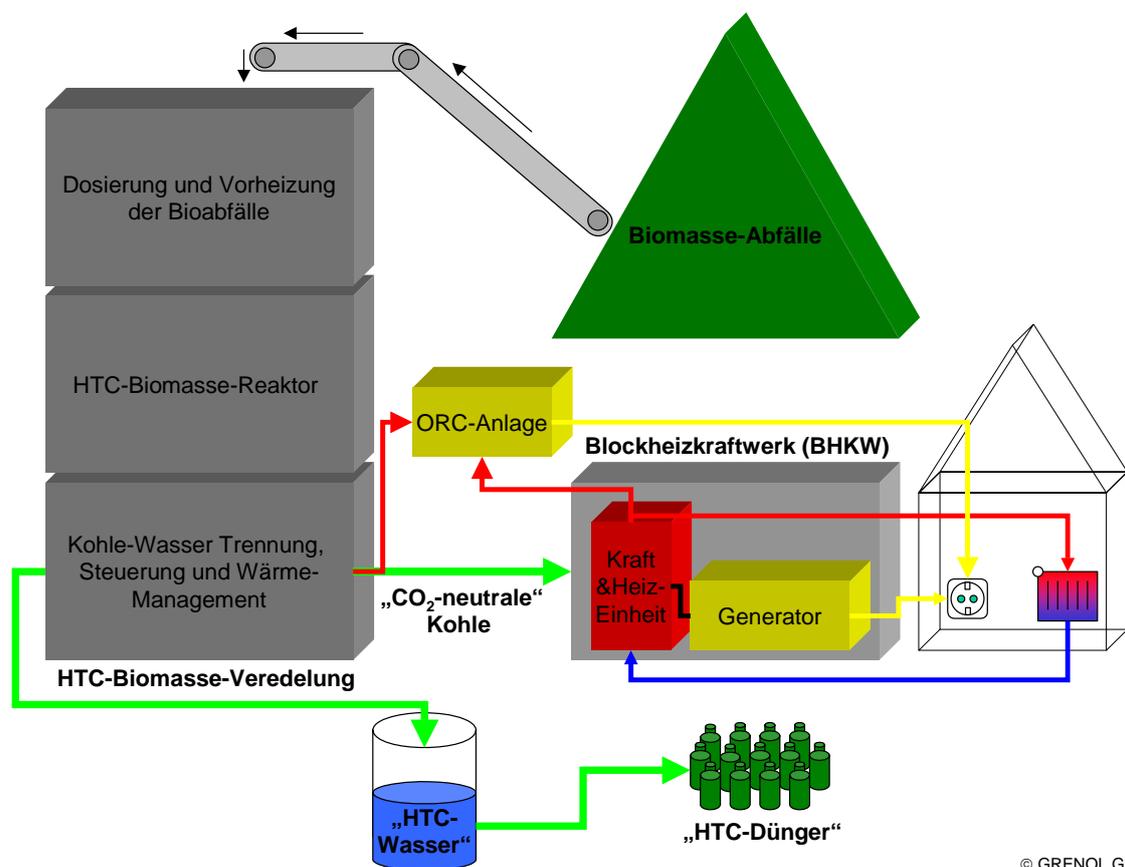
Da der Wald nur ca. 10 % seiner Photosyntheseleistung in Form von Stammholz langfristig speichert (und dafür viele Jahre braucht), ist diese CO₂-Senke eher von untergeordneter Klimaschutzrelevanz.

Da bei der HTC-Technologie nur sehr geringe Mengen an CO₂-Emissionen (ca. 3 % des Kohlenstoffanteiles der Biomasse) anfallen und der restliche Teil des Kohlenstoffes (~ 97 %) als Kohle karbonisiert wird, ist die Belastung für die Umwelt sehr gering. Weiterhin werden unter den Prozessbedingungen schädliche Verbindungen (z.B. Dioxine o.ä.) zerstört und gelangen nicht - wie bei der Verbrennung mit Sauerstoff - in die Atmosphäre. Durch die Veredelung ungenutzter Biomasse-Abfälle, die normalerweise kompostieren und somit Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) freisetzen würden oder unter enormen energetischen Prozessen in Verbrennungsanlagen entsorgt werden müssten (Müllverbrennung), entsteht eine in der Verbrennung „CO₂-neutrale“ Kohle.

Diese Kohle wird in näherer Zukunft (ca. 2013) von dem „CO₂-Zertifikatshandel“ profitieren. Das RWE geht jetzt schon von CO₂-Zertifikatskosten von 70 – 80 €/t CO₂ aus. Das würde Zusatzeinnahmen für jede produzierte Tonne „Biokohle“ in Höhe von

ca. 250,- €/t bedeuten. Derzeit wird weltweit mit einem Preis von ca. 30 €/t CO₂ kalkuliert, was aus heutiger Sicht einen Zusatzeinnahme von ca. 80 €/t produzierte Kohle zur Folge hätte.

Das beim Prozess entstehende „HTC-Wasser“ verfügt größtenteils über die Nährstoffanteile der verarbeiteten Biomasse. Durch eine Aufkonzentrierung kann das „HTC-Wasser“ zu handelsüblichen Pflanzendüngern aufbereitet werden. Durch den Verkauf dieses Düngers kommt es zu einer Erhöhung der Wertschöpfungskette der HTC-Anlagen.



© GRENOL GmbH

Abb. 4: Nutzung „CO₂-neutraler“ Kohle zur Erzeugung von Wärme und Strom und eine zusätzliche Steigerung der Wertschöpfungskette durch den Verkauf von „HTC-Dünger“

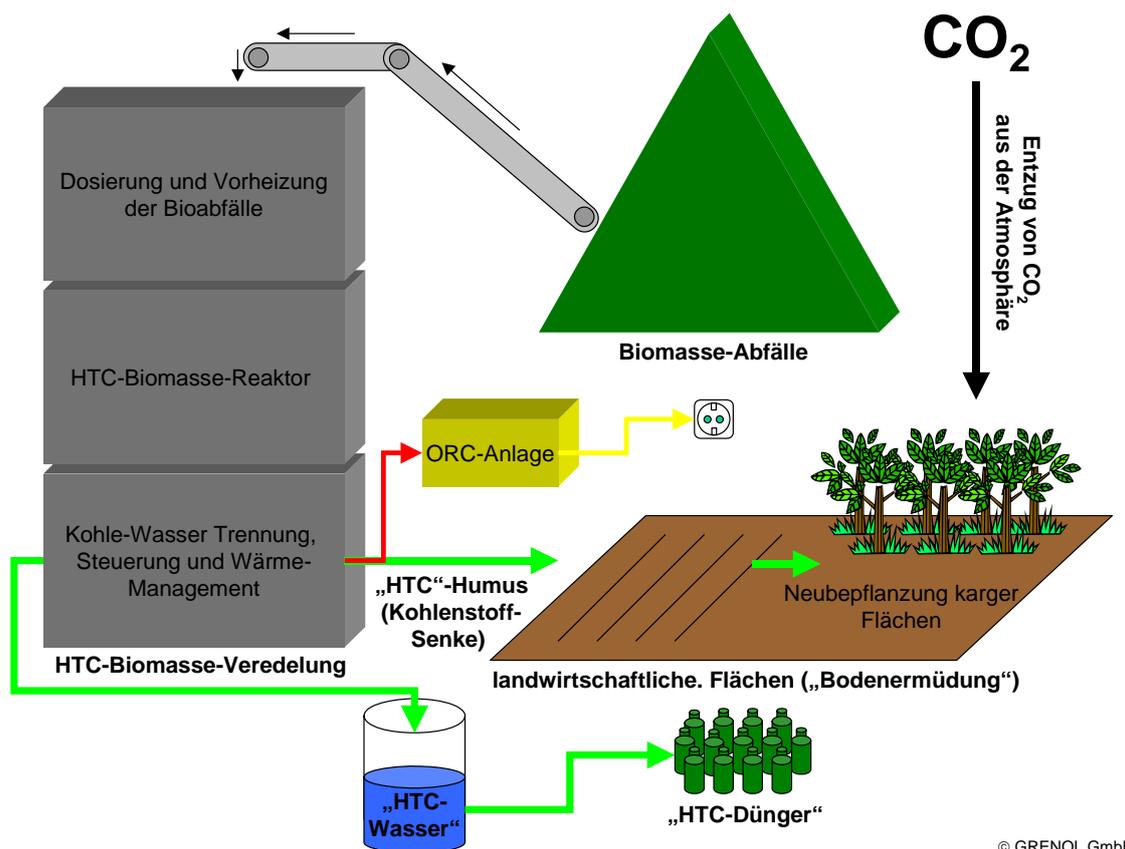
Nutzungsform 2: Bodenoptimierung durch „HTC-Humus“ in der Landwirtschaft

Der als Vorprodukt entstehende sogenannte „HTC-Humus“ wird im Prozess nach wenigen Stunden (2-3 Std.) produziert. Da neben entsteht wie bei der Kohle-Produktion ebenfalls das „HTC-Wasser“. Der Humus, wie auch das entstandene Wasser kann auf Böden aufgebracht werden, welche eine schlechte Bodenqualität

besitzen. Durch die Ausbringung kommt es zu einer Verbesserung der Bodenqualität, was höhere Erträge für den Anbau bedeutet (siehe Abb. 5).

Durch eine Bepflanzung von derart optimierten Flächen, die zuvor noch unbrauchbar für eine Bewirtschaftung aufgrund ihrer schlechten Bodenqualität waren, kommt es neben höheren Erträgen ebenso zu einer Reduzierung des klimaschädlichen Kohlendioxides (CO_2) aus der Atmosphäre. Das CO_2 wird durch die Photosyntheseleistung und der Energie der Sonne in den angebauten Pflanzen gebunden und somit aus den Kohlenstoffkreislauf entzogen.

Bei dieser Nutzungsform kommen die Erlöse aus dem Verkauf des „HTC-Humus“ und aus dem „HTC-Dünger“. Durch die kürzere Reaktionszeit der „HTC-Humus“-Produktion und dem daraus resultierenden höheren Durchsatzraten (etwa 2-3 mal mehr) kommt es zu größeren Mengen an Produkten. Diese Nutzung der HTC-Technologie stellt eine andere ebenfalls lukrative Form dar, die zusätzlich dem globalen Klima zugute kommt.



© GRENOL GmbH

Abb. 5: Nutzung des Humus-Produktes als Bodenoptimierer und die nach dem Anbau von Pflanzen resultierende Reduktion von Kohlendioxid aus der Atmosphäre

Anmerkung:

Eine Verwendung dieses Berichtes oder darin aufgeführter Analysenergebnisse, Bilder etc. für Publikationen, Vorträge, Berichte und zu Werbezwecken irgendwelcher Art bedarf der Genehmigung der Firma GRENOL GmbH & Co. KG.