



## TerraNova® Ultra

Der neue Weg zur Klärschlammverwertung -  
kostengünstig und zukunftsweisend



- besonders wirtschaftlich
- besonders umweltschonend
- besonders energieeffizient
- mehrfach ausgezeichnet und praxiserprobt

**Zukunft**   
made in **Germany**

**Deutschland**  
**Land der Ideen**  


**INNOVATIONSPREIS**  
DER DEUTSCHEN  
WIRTSCHAFT  
Sieger 2015



Vom Klärschlamm zur Kohle



TerraNova® Ultra für mittlere und große Kläranlagen



## Klärschlammverwertung statt teurer Entsorgung: Energie gewinnen und Nährstoffe nutzen

### 1. Die Situation

#### Klärschlamm in Deutschland: Hohe Kosten ohne Nutzen

Im Rahmen der effizienten Abwasserreinigung fallen in Deutschland jährlich rund 10 Millionen Tonnen Klärschlamm an<sup>1</sup>. Bei Klärschlamm handelt es sich um stark wasserhaltige, energie- und nährstoffreiche Biomasse. Trotzdem setzen die Anlagenbetreiber bis heute mehr auf Entsorgung statt auf Verwertung, und das stellt sie vor enorme wirtschaftliche und ökologische Herausforderungen. Die ökonomisch wie ökologisch sinnvolle - und mittelfristig notwendige - Verwertung von Klärschlamm spielt in der Praxis dagegen noch keine nennenswerte Rolle.

Dabei lässt sich der Handlungsbedarf anhand weniger Fakten erkennen:

- Die Entsorgungskosten für Klärschlämme belaufen sich in Deutschland auf ca. 400 Millionen Euro pro Jahr<sup>2</sup>
- Die heute überwiegend praktizierte Verbrennung von entwässerten Klärschlämmen weist eine negative Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz auf<sup>3</sup> – der Begriff thermische „Verwertung“ ist damit eine Beschönigung
- Die Verbrennung schließt zudem im überwiegenden Fall die Rückgewinnung von Nährstoffen aus und ist mit Abstand die teuerste Lösung
- Mit dem absehbaren Verbot der Düngung landwirtschaftlicher Flächen wird ein Versorgungsweg versperrt, der aktuell für rund ein Drittel des Klärschlammaufkommens gewählt wird und aufgrund der Schadstoffbelastung schon heute zumindest umstritten ist

Das heißt: Gebraucht wird ein Verfahren, das eine wirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen ermöglicht. Dieses Verfahren muss im Vergleich zum Status quo idealerweise

- die Anlagenbetreiber durch Kostenvorteile überzeugen
- die Verteilung von Schadstoffen in der Umwelt sicher verhindern
- die effiziente Rückgewinnung von Nährstoffen erlauben
- die im Klärschlamm enthaltene Energie nutzbar machen, statt zusätzliche Energie für die sichere Entsorgung zu benötigen

- dezentral einsetzbar sein, um die Zahl der kosten-trächtigen und ökologisch problematischen Klärschlamm-Transporte zu minimieren
- unaufwändig in jede Kläranlage integrierbar sein, ohne dass dafür in den Klärprozess eingegriffen werden muss

Mit dem TerraNova® Ultra Verfahren hat TerraNova Energy eine Lösung entwickelt, die all diesen Ansprüchen genügt. Es basiert auf der Technologie der Hydrothermalen Karbonisierung (HTC), durch die Biomasse äußerst effektiv entwässert und in Biokohle „verwandelt“ wird.

TerraNova® Ultra kann heute auf den erfolgreichen Langzeitbetrieb auf mehreren internationalen Kläranlagen verweisen. Zudem wurden Funktionalität und Nutzen des öffentlich geförderten und mehrfach ausgezeichneten TerraNova® Ultra Verfahrens in zahlreichen Studien untersucht und nachgewiesen.

### 2. Das Verfahren

#### Das TerraNova® Ultra -Verfahren: Klärschlamm + HTC = Energie + Nährstoffe – Kosten

Bei der TerraNova® Ultra zugrunde liegenden HTC handelt es sich um eine Technologie, die den Prozess der natürlichen Kohleentstehung nachahmt und ganz erheblich beschleunigt.

Dabei wird Klärschlamm bei einer Temperatur von ca. 200°C und einem Druck von 20 bis 35 bar unter Luftabschluss innerhalb von zwei Stunden „karbonisiert“, also zu einem braunkohleartigen Brennstoff verwandelt.

Dieser Brennstoff enthält im Vergleich zum Klärschlamm kaum noch Wasser. Er kann deshalb aufgrund seines hohen Energiegehalts zur Energieerzeugung in Braunkohlekraftwerken oder zur Verringerung des Energiebedarfs in Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen verfeuert werden.

Als weiteres Produkt liefert die HTC das dem Klärschlamm entzogene Wasser. Dieses HTC-Filtrat ist schadstoffarm, sterilisiert und nährstoffreich, da es einen großen Teil des im Schlamm gespeicherten Phosphors enthält. Der Phosphor wird im Rahmen des Prozesses zurückgewonnen und kann als besonders leistungsfähiger organischer Dünger eingesetzt werden, wie durch Praxisvergleiche mit handelsüblichen Düngern nachgewiesen wurde.

<sup>1</sup> 2 Mio t Trockensubstanz p.a.: Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt 2012, S. 5

<sup>2</sup> Schätzung aus: Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt 2012, S. 50, 51, 57

<sup>3</sup> Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt 2012, S. 22

Auf diese Weise erfüllt das TerraNova® Ultra Verfahren alle Kriterien für eine wirtschaftlich effiziente und ökologisch nachhaltige Klärschlammverwertung.

### 3. Die Vorteile

#### Besonders wirtschaftlich:

**Die Verwertung ist mit 45 Euro/Tonne wirtschaftlicher als Entsorgung durch Verbrennung – und der Kostenvorteil steigt mit der Anlagengröße**

Die Kosten für Entsorgung oder Verwertung von Klärschlämmen hängt von verschiedenen Variablen ab. Dazu gehören unter anderem die Größe und technische Ausstattung der Kläranlagen, die Art der gewählten Entwässerung sowie Anforderungen und Erreichbarkeit der Anlagen zur Verbrennung.

Laut Umweltbundesamt liegen die Kosten für die Entsorgung von Klärschlämmen durch Verbrennung je nach Verbrennungsart zwischen 50 und 120 Euro pro Tonne entwässerten Klärschlamm. Mit Tonnenkosten zwischen 25 und 45 Euro ist die landwirtschaftliche Entsorgung vergleichsweise preiswert<sup>4</sup>. Allerdings ist es erklärtes politisches Ziel, diesen Entsorgungsweg in absehbarer Zeit vollständig und dauerhaft zu schließen.

Vor diesem Hintergrund ist die Klärschlammverwertung mit dem TerraNova® Ultra Verfahren auch wirtschaftlich die beste, weil kostengünstigste Lösung. Schon bei einem jährlichen Klärschlammumfang von 8.000 Tonnen (dies entspricht einer Anlage für ca. 100.000 Einwohner) betragen die Vollkosten (inkl. Finanzierung und Wartung) nur knapp 45 Euro pro Tonne entwässerten Klärschlamm. Bei größeren Anlagen liegen die Kosten noch niedriger, und durch die Verwertung des wiedergewonnenen Phosphors wird die Wirtschaftlichkeit zusätzlich erhöht.

Das heißt: Die nachhaltige Verwertung des „Rohstoffs Klärschlamm“ auf Basis des TerraNova® Ultra Verfahrens ist schon heute in fast allen Fällen kostengünstiger als die Entsorgung durch Verbrennung.

#### CO<sub>2</sub>- neutrale Energie – Einsparung bei Zertifikatekosten:

TerraNova® Ultra läuft weitestgehend ohne Abgabe schädlicher Klimagase ab: Bei der durch die HTC produzierte Biokohle handelt es sich um einen CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträger, da bei der Verbrennung nur die Menge CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, die während der Wachstumsphase der Biomasse dem Klimakreislauf entzogen wurde.

Daher können Verwerter bei der Verbrennung der Biokohle aus dem TerraNova® Ultra Verfahren mit einer CO<sub>2</sub> Gutschrift kalkulieren: Weil ihr Heizwert etwa dem der deutschen Braunkohle entspricht, wird durch die Substitution von Braunkohle durch Biokohle der Ausstoß

des in der Braunkohle gebundenen Kohlendioxids vermieden.

Setzt so beispielsweise eine Stadt mit 100.000 Einwohnern das TerraNova® Ultra Verfahren auf der Kläranlage ein, wird die Emission von 1.220 t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart<sup>5</sup>- das ist mehr, als 1 Quadratkilometer Wald der Atmosphäre entziehen kann!

#### Besonders umweltschonend:

**Schadstoffe werden gecrackt, verbrannt oder ausgefiltert - und Nährstoffe werden zurückgewonnen**

Klärschlämme sind zwangsläufig mit zahlreichen Schadstoffen belastet. Neben Schwermetallen, die vorwiegend über das Regenwasser in die Kläranlage eingeleitet werden, finden sich hochgiftige organische Schadstoffe wie z. B. Dioxine und Halogene, Krankheitserreger wie Bakterien, Viren, Parasiten oder Wurmeier und, in zunehmendem Maß, Arzneimittelrückstände, die sich aufgrund immer besserer Klärverfahren vermehrt in den Schlämmen anreichern.

Die TerraNova® Ultra Technologie der Hydrothermalen Karbonisierung läuft unter Luftabschluss bei ca. 200°C und einem Druck von mehr als 20 bar ab. Dieser Prozess garantiert, dass die im Klärschlamm enthaltenen Schadstoffe vernichtet bzw. sicher entsorgt werden können:

- Anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle werden in der Biokohle gebunden und mit der Verbrennung in geeigneten Anlagen sicher entsorgt
- Organische Schadstoffverbindungen wie bspw. Arzneimittelrückstände werden zum großen Teil chemisch zerstört und verlieren ihre toxische Wirkung
- Durch die hohe Temperatur wird der Schlamm sterilisiert, die Krankheitserreger werden zum 100 Prozent abgetötet
- Die Bildung von Dioxinen ist durch die Verfahrensführung ausgeschlossen

#### Phosphor - Rückgewinnung einer schwindenden, aber lebensnotwendigen Ressource

Bei steigendem Bedarf zur Ernährung der Weltbevölkerung neigen sich die natürlichen Vorkommen des Phosphors dem Ende. Klärschlamm ist eine der wichtigsten, aber bislang weitgehend ungenutzten Quellen für die Rückgewinnung von Phosphor.

Innerhalb des TerraNova® Ultra Verfahrens kann der Phosphor aus dem Klärschlamm gelöst werden und durch Zugabe von natürlichen Mineralstoffen auf einfache Weise zurückgewonnen werden. Das resultierende Produkt ist ein körniger Phosphordünger, der heute schon die zukünftigen gesetzlichen Anforderungen erfüllt.

<sup>4</sup> Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt 2012

<sup>5</sup> Bei Substitution von Braunkohle beispielsweise in Zementwerken, 0,36 t CO<sub>2</sub>/MWh, CO<sub>2</sub> Lastschrift des TerraNova® Ultra Verfahrens bereits berücksichtigt

**Besonders energieeffizient:**

**Schlammverbrennung kostet Energie -  
TerraNova® Ultra macht die Energie des  
Klärschlammes nutzbar**

Zur heute üblichen Verbrennung des Klärschlammes muss etwa die gleiche Energiemenge aufgebracht werden, wie der Klärschlamm bei der Verbrennung selbst freisetzen kann. Dies liegt an dem enormen Energiebedarf, der zunächst zur Verdampfung des im Klärschlamm enthaltenen Wassers benötigt wird. Im Gesamtprozess wird also keine Energie gewonnen, sondern in vielen Fällen sogar noch zusätzliche Energie benötigt.

Bei TerraNova® Ultra handelt es sich dagegen um ein Entwässerungsverfahren, durch das ca. 90 Prozent des Wassers hocheffizient aus dem Schlamm herausgepresst werden. Dadurch ergibt sich mit der anschließenden Verbrennung ein Energiegewinn von 425 kWh pro Tonne Klärschlamm.<sup>6</sup>

Das heißt: Durch den Einsatz einer TerraNova Energy Anlage auf einer Kläranlage für 100.000 Einwohner werden so jährlich ca. 3.400 MWh klimafreundliche Energie zusätzlich erzeugt.

**TerraNova® Ultra - ein großer Schritt in Richtung  
energieautarke Kläranlage**

In Kombination mit einer Schlammfäulung überzeugt das TerraNova® Ultra Verfahren durch drei weitere einzigartige Vorteile:

- Allein mit der Abwärme der Blockheizkraftwerke kann der Wärmebedarf des TerraNova® Ultra Verfahrens vollständig gedeckt werden
- Außerdem erhöht es die Faulmenge und damit den Stromertrag der Blockheizkraftwerke um 10 Prozent und liefert so Energie, die direkt zur Eigenversorgung der Kläranlage genutzt werden kann.
- Die Energieeffizienz der gesamten Klärschlammbehandlung bis zur sicheren thermischen Entsorgung wird gegenüber dem Stand der heute verbreiteten Technik um bis zu 80% verbessert<sup>7</sup>.

**4. Referenzen**

**Anerkannt und ausgezeichnet –  
erforscht und praxisbewährt**

Das Verfahren der Hydrothermalen Karbonisierung (HTC) wurde 1913 von dem deutschen Chemiker Friedrich Bergius beschrieben, der dafür 1931 den Nobelpreis für Chemie erhielt. Auf Grundlage von Bergius Arbeiten haben die Ingenieure der TerraNova Energy die HTC zu einem effektiven und energieeffizienten Verfahren der Klärschlammverwertung weiterentwickelt.

Das auf diesem Weg erreichte Ergebnis überzeugte externe Experten schon während der Konzeptionsphase, weshalb das TerraNova® Ultra Verfahren frühzeitig vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde. Im Jahr 2011 gehörte TerraNova Energy außerdem zu den Gewinnern des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums und wurde im gleichen Jahr im Rahmen der von Bundesregierung und Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) gegründeten Standortinitiative „Deutschland – Land der Ideen“ als „Ausgewählter Ort“ prämiert. Als Beispiel für ein Highlight der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz „made in Germany“ wurde das Verfahren 2012 im GreenTech-Atlas des Bundesumweltministeriums aufgenommen.

Im Jahr 2015 wurde TerraNova Energy mit dem renommierten Innovationspreis der Deutschen Wirtschaft ausgezeichnet, dem ersten Innovationspreis der Welt®.

Das TerraNova® Ultra Verfahren hat sich im jahrelangen Dauerbetrieb auf mehreren Kläranlagen unterschiedlicher Größe bewährt. In 2016 wurde eine kommerzielle Großanlage in Jining/China erfolgreich in Betrieb genommen.

<sup>6</sup> Klärschlamm mit 20% Trockensubstanz, oberer Heizwert des HTC Brennstoffs 16 MJ/kg (2,6 kWh/kg nach Entwässerung), 75% Masseneffizienz und 130 kWh/t Prozessenergiebedarf des TerraNova Ultra Verfahrens. Bei der Verwertung von ausgefautem Klärschlamm reduziert sich der Energieüberschuss auf ca. 220 kWh/t

<sup>7</sup> Ganzheitliche Energie- und Treibhausbilanz von Entsorgungsketten kommunaler Klärschlämme mit hydrothormaler Carbonisierung; Remy, Warneke, Lesjean, 2014

---

**Klärschlammverfahren im Vergleich:**

Stand der Technik

TerraNova® Ultra

Teuer



< 45 EUR/t

Negative Energiebilanz



Positive Energiebilanz

Umweltbelastend



Schadstoffelimination

Nährstoffrückgewinnung