



BMBF-gefördertes Netzwerk „Erneuerbare Energien durch Biomasse aus der Phytoextraktion kontaminierter Böden“

Der innovative Ansatz des interdisziplinären Netzwerkes „Energie aus der PhytoRemediation“ liegt in der Verknüpfung der thematischen Fragestellungen *Erzeugung regenerativer Energie* und *Dekontamination von Böden*. Er hat Alleinstellungscharakter und wurde in diesem Netzwerk, das sich durch eine BMBF-Förderinitiative gründete, erstmalig zusammengeführt. Das **Ziel** des Netzwerkes war und ist es, festzustellen, inwieweit eine Dekontamination von Flächen mittels Pflanzen mit anschließender energetischer Nutzung der dabei anfallenden Biomasse möglich ist, welche kontaminierten Standorte, Pflanzen und energetischen Prozesse dafür in Frage kommen bzw. kombinierbar sind und welche limitierenden Faktoren zu beachten sind.

Ca. 40 **Netzwerkmitglieder** haben den Stand von Wissenschaft und Technik im Bereich der *energetischen Nutzung von Biomasse* und der *Phytosanierung* ausgewertet. Die Experten aus den Bereichen Gentechnik, Verfahrenstechnik, Forstwirtschaft, Ökonomie, Biologie, Bodenkunde, Altlastensanierung, Ökologie, Chemie und Landwirtschaft bündeln im Rahmen des Netzwerkes in einzigartiger Weise ihre Fachkompetenzen und Erfahrungen.

In sechs Meetings und mehreren vertiefenden Fachexkursionen wurden die Ergebnisse erarbeitet und im Rahmen eines Abschluss-Symposiums einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 2 und Kapitel 3 dieses Bandes nachzulesen; Kapitel 1 beschreibt einleitend die Ausgangssituation.

Die Diskussion der Schnittstellen beider Themenschwerpunkte Energiegewinnung und Bodensanierung zeigt, dass eine isolierte Betrachtung nur unzureichende Teilergebnisse nach sich zieht: Um nachhaltige Lösungskonzepte erarbeiten zu können, sind systemübergreifende Betrachtungen des Netzwerkansatzes erforderlich, wie sie in Kapitel 4 vorgestellt werden. Kapitel 5 zeigt in einem Ausblick

den im Netzwerk erarbeiteten methodischen Verfahrensansatz. Abschließend wird in Kapitel 6 der im Netzwerk definierte Forschungsbedarf anhand von Beispielen dargestellt.

Die Laufzeit des Projekts, das vom BMBF gefördert wurde (Projektträger DLR), betrug 2,5 Jahre. Herr Dr. Helmut Lessing, CUTEC-Institut GmbH, leitete das Projekt. Im Dezember 2005 wurden die Arbeiten abgeschlossen. Derzeit werden Möglichkeiten zu einer Anschlussfinanzierung der Netzwerkaktivitäten gesucht.

Die Ergebnisse sind in der jetzt erschienenen Dokumentation (Nr. 66 in der CUTEC-Schriftenreihe) nachzulesen und zeigen deutlich, dass systemübergreifende Betrachtungen des Netzwerkansatzes erforderlich sind, um nachhaltige Lösungskonzepte erarbeiten zu können. Der Band wurde von einer **Autorengemeinschaft** erstellt; das **Inhaltsverzeichnis** steht den interessierten Lesern hier als download zur Verfügung.

Der Band (ISBN 3-89720-823-7) kostet 49 Euro und kann bezogen werden über: Papierflieger Verlag, Telemannstraße 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. 05323 96773, Fax 05323 982831, E-Mail Rudolf@Papierflieger-Verlag.de

Darüber hinaus sind eine **Kurzdarstellung des Projekts** sowie **interessante Links zum Thema** beigefügt.

Auch an dieser Stelle möchten wir unseren Netzwerkpartnern für Ihre engagierte Mitarbeit im Laufe der vergangenen Jahre danken. Wir haben in diesem Zeitraum einen Verbund von fachlichen und persönlichen Beziehungen geschaffen, der jedem Einzelnen in seiner künftigen Arbeit bei interdisziplinären Fragestellungen verlässliche und kompetente Partner bietet. Auch dem BMBF, Projektträger DLR, sei für die stets gute Zusammenarbeit herzlichst gedankt.

Wir würden uns sehr freuen, wenn wir bei der weiteren Suche nach Fördergebern Erfolg hätten und gemeinsam mit interessierten Partnern an den genannten Themen weiterarbeiten könnten.

Weitere Informationen gern über:

Dr.-Ing. Britta Kragert
CUTEC-Institut GmbH
Leibnizstraße 21+23
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. 05323 933-208
Fax 05323 933-100
E-mail: britta.kragert@cutec.de
www.cutec.de

Bei der erstmaligen Verknüpfung der thematischen Fragestellungen *Erzeugung regenerativer Energie* und *Dekontamination von Böden* wurden folgende Zielstellungen verfolgt:

Auf- bzw. Ausbau eines Expertennetzwerks *zum Stand von Wissenschaft und*

Technik für die Nutzung von Biomasse aus der Phytoextraktion kontaminierter Böden
Evaluierung der Möglichkeiten und Grenzeinzelner Konzeptionen und
Verfahrensschritte
Definition des Forschungsbedarfs durch Entwicklung beispielhafter Vorhaben
Veröffentlichung einer Netzwerk-Dokumentation

Netzwerkmitglieder

Folgende Personen aus den unterschiedlichsten Akteursgruppen:

- Wissenschaft,
- Wirtschaft,
- Politik,
- Gesellschaft und
- Verwaltung

haben im Netzwerk mitgearbeitet:

Dr. rer. nat. habil. Helmut Bäumlein (IPK, Gatersleben)

Prof. Dr.-Ing. Otto Carlowitz (CUTEC, Clausthal)

Dipl.-Ing. Klaus Cording (Prokon Bioenergie GmbH, Uetze)

Dipl.-Ing. André Dahn

(MUC Management und Umwelt Consulting GmbH, Hoppegarten)

Peter Faeseler (Landkreis Goslar)

Dr.-Ing. Hans-Joachim Gehrman (FZK, Jülich)

Dipl.-Geoökol. Manuela Güldner (TU Bergakademie Freiberg)

Dipl.-Ing. Thorsten Harnaut (TU Clausthal)

Dipl.-Ing. Anja Hebner (BioPlanta GmbH, Leipzig)

PD Dr. rer. nat. habil. Hermann Heilmeyer (TU Bergakademie Freiberg)

Dr. Stefan Heitefuß (Niedersächsisches Umweltministerium, Hannover)

Ute Krämer, D. Phil. (MPI, Golm)

Dr.-Ing. Britta Kragert (CUTEC, Clausthal)

PD Dr. rer. nat. habil. Helmut Lessing (CUTEC, Clausthal)

Dr. rer. nat. Holger Lilienthal (FAL, Braunschweig)

Dr. rer. nat. Dietrich Meier (BFH, Hamburg)

Dipl.-Chem. Eva Merkel (Landesamt für Umweltschutz, Halle)

Dipl.-Ing. Daniela Perbandt (Universität Kassel)

Dr. Andreas D. Peuke (Universität Freiburg)

Dr. sc. agr. Andreas Pölking (agroplan, Wolfenbüttel)

Prof. Dr. rer. nat. Thomas Schmülling (FU Berlin)

Dr. rer. nat. Jürgen Schneider (NLfB, Hannover)
Prof. Dr. sc. agr. habil., Dr. rer. nat. habil. Ewald Schnug (FAL, Braunschweig)
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Scholz (TU Clausthal)
KOAR Bernhard Schomaker (Kreislandvolkverband e.V. Vechta)
Dipl.-Ing. Peter Schrum
(Alensys AG und Bundesverband Biogene Kraftstoffe e.V., Erkner)
Dr. Karl Severin (Landwirtschaftskammer Hannover)
Prof. Dr. sc. nat. Ursula Stephan (Gefahrstoffbüro, Halle)
Dr. rer. nat. Kirsten Stöven (FAL, Braunschweig)
Dr. rer. nat. Ute Strobel (Gefahrstoffbüro, Halle)
Dr. sc. agr. Carsten Thies (Universität Göttingen)
Dipl.-Ing. Reinhard Unterbrunner (Universität für Bodenkultur, Wien)
Prof. Dr. Walter W. Wenzel (Universität für Bodenkultur, Wien)
M.Sc. agr. Jan Wiertzema (FAL, Braunschweig)
Dr. rer. nat. Torsten Zeller (CUTEC, Clausthal)

Autorengemeinschaft

An der Erstellung der Abschlussdokumentation haben folgende Personen mitgearbeitet:

Dr. rer. nat. habil. Helmut Bäumlein (IPK, Gatersleben)
Prof. Dr.-Ing. Otto Carlowitz (CUTEC, Clausthal)
Dipl.-Ing. Klaus Cording (Prokon Bioenergie GmbH, Uetze)
Dipl.-Ing. André Dahn
(MUC Management und Umwelt Consulting GmbH, Hoppegarten)
Prof. Dr. rer. pol. Mathias Erlei (TU Clausthal)
Dr.-Ing. Hans-Joachim Gehrman (FZK, Jülich)
Dipl.-Ing. Thorsten Harnaut (TU Clausthal)
Dipl.-Ing. Anja Hebner (BioPlanta GmbH, Leipzig)
PD Dr. rer. nat. habil. Hermann Heilmeyer (TU Bergakademie Freiberg)
Prof. Dr. rer. pol. Bernd Heins (Universität Oldenburg)
Ute Krämer, D. Phil. (MPI, Golm)
PD Dr. rer. nat. habil. Helmut Lessing (CUTEC, Clausthal)
Dr. rer. nat. Holger Lilienthal (FAL, Braunschweig)
Dr. rer. nat. Dietrich Meier (BFH, Hamburg)
Dipl.-Ing. Daniela Perbandt (Universität Kassel)

Dr. sc. agr. Andreas Pölking (agroplan, Wolfenbüttel)
Dipl.-Kfm. Andreas Sauter (CUTEC, Clausthal)
Prof. Dr. rer. nat. Thomas Schmülling (FU Berlin)
Dr. rer. nat. Jürgen Schneider (NLfB, Hannover)
Prof. Dr. sc. agr. habil., Dr. rer. nat. habil. Ewald Schnug (FAL, Braunschweig)
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Scholz (TU Clausthal)
Dipl.-Ing. Peter Schrum
(Alensys AG und Bundesverband Biogene Kraftstoffe e.V., Erkner)
Dr.-Ing. Michael Sievers (CUTEC, Clausthal)
Dr. rer. pol. Jens-Peter Springmann (TU Clausthal)
Prof. Dr. sc. nat. Ursula Stephan (Gefahrstoffbüro, Halle)
Dr. rer. nat. Kirsten Stöven (FAL, Braunschweig)
Dr. rer. nat. Ute Strobel (Gefahrstoffbüro, Halle)
Dr. sc. agr. Carsten Thies (Universität Göttingen)
David Tsao Ph.D. (Atlantic Richfield, BP Business Center, Warrentville, USA)
Prof. Dr.-Ing. Peter Weiland (FAL, Braunschweig)
M.Sc. agr. Jan Wiertzema (FAL, Braunschweig)
Dr. rer. nat. Torsten Zeller (CUTEC, Clausthal)

Inhaltsverzeichnis

1 Introduction/Einleitung

2 Verfahren und Methoden der Phytoremediation in Land- und Forstwirtschaft

- 2.1 Phytoremediation – State of the art
- 2.2 Die räumliche Verteilung von kontaminierten Flächen in Deutschland
- 2.3 Fate and Transport of Organic Chemicals
in the Soil-Plant-Atmosphere Continuum
- 2.4 Die Sanierung von Standorten mit anorganischen Schadstoffen
durch spezifische Akkumulation in Pflanzen
- 2.5 Gentechnik und Phytoremediation
- 2.6 Boden-Pflanzen-Interaktionen
- 2.7 Phytoextraktion toxischer Metalle mit ökologisch orientierten Anbauverfahren
- 2.8 Landschaftsökologische und naturschutzfachliche Aspekte

3 Verfahren und Methoden zur energetischen Nutzung der Biomasse

- 3.1 Energetische Nutzung von Biomasse
- 3.2 Prozesstechnische Möglichkeiten der thermischen Behandlung
von Biomasse und deren systematische Darstellung
- 3.3 Flash-Pyrolyse: Strom, Kraftstoffe und Chemikalien aus Biomasse
- 3.4 Anaerobe mikrobiologische Verfahren: Methanbildung

- 3.5 Anaerobe mikrobiologische Verfahren:
Alkoholische Gärung (Ethanol, Bioethanol)

4 Systemübergreifende Betrachtungen

- 4.1 Ökotoxikologische Relevanz von Schadstoffen
4.2 Humantoxikologische Relevanz
4.3 Grenzwerte und Empfehlungen
4.4 Phytosanierung zur Gewinnung von Biomasse als regenerativem Energieträger –
Eine ökonomische Betrachtung
4.5 Gesellschaftliche Relevanz
4.6 Risikobetrachtung des Themengebietes: Erneuerbare Energien
durch Biomasse aus der Phytoextraktion kontaminierter Böden

5 Ausblick – Ein prozessorientierter Ansatz

6 Anhang – Problemfälle und Lösungskonzeptionen

- 6.1 Erneuerbare Energien durch Biomasse aus der Phytoextraktion
schwermetallbelasteter landwirtschaftlicher Flächen
6.2 Sanierung von Standorten mit organischen Schadstoffen
durch die Kombination von Phytoremediation und Energyfarming
6.3 Erzeugung von Biomethan aus schwermetallbelasteten Pflanzen
– Verfahrensentwicklung
6.4 Verbesserung des pflanzlichen Genpools für die Phytoremediation
6.5 Frühwarnsysteme:
Bestandteil einer vorsorgenden Chemikalien-Bewertung
6.6 Kontaminierte Böden im öffentlichen Diskurs
– Vorschläge für ein Agrar-Management
6.7 Wertschöpfungsketten: Ökonomische und fachliche Instrumente
zur Revitalisierung schwermetallbelasteter Brachflächen

Kurzdarstellung des Projekts

BMF-gefördertes Netzwerk „Erneuerbare Energien durch Biomasse aus der Phytoextraktion kontaminierter Böden“

Die Bereitstellung von Energie aus erneuerbaren Rohstoffen wird eine der Herausforderungen des 21. Jahrhunderts sein. Biomasse zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen stellt dabei u. a. eine der alternativen Energiequellen dar. Der große Flächenbedarf zur Produktion entsprechender Biomassen ist Teil der gegenwärtigen, durchaus kontrovers geführten Diskussion um diese regenerativen Energieträger. Insofern ist es folgerichtig, auch Flächen hierfür in den Fokus zu nehmen, die landwirtschaftlich für die Nahrungsmittelproduktion nicht bzw. nur eingeschränkt nutzbar sind.

So fällt auf kontaminierten Standorten häufig Biomasse in einer Qualität an, die durch eine Akkumulation von Schadstoffen in der Pflanze für die Nahrungsmittelproduktion ungeeignet ist. Dagegen eröffnet die mögliche energetische Nutzung dieser Biomassen die zusätzliche Chance, enthaltene Kontaminationen zu zerstören bzw. dem Naturkreislauf zu entziehen und damit den Boden dauerhaft zu entfrachten. Dieses ist eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Option für zahlreiche flächig kontaminierte Flächen in Europa, für die nicht unmittelbar Maßnahmen zur

Gefahrenabwehr getroffen werden müssen. Hierfür sind konventionelle Sanierungsverfahren in der Regel zu kostenintensiv und stören häufig die originären Bodenstrukturen und -funktionen.

Die Dekontamination belasteter Böden mittels geeigneter Pflanzenkulturen (Phytosanierung), häufig unter Mitwirkung bodenbürtiger Mikroorganismen, ist im Gegensatz dazu ein schonendes, nachhaltiges Verfahren mit geringem Kostenaufwand.

Im Rahmen des Experten-Netzwerkes „Netzwerk Energie aus PhytoRemediation“ wurden deshalb Biomassen auf ihre Eignung zur energetischen Nutzung hin geprüft, die auf kontaminierten Flächen wachsen bzw. angebaut werden und aufgrund ihrer artspezifischen Eigenschaften zur Aufnahme bzw. zum Abbau von Schadstoffen zu einer Verbesserung der Bodenqualitäten beitragen. Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Phytoextraktion.

Die Dekontamination ubiquitärer Bodenbelastungen mittels der Phytosanierung und die anschließende energetische Nutzung von anfallender Biomasse ist ein methodischer Ansatz, der im Rahmen dieses Netzwerkes erstmals interdisziplinär unter technischen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten wissenschaftlich diskutiert und erarbeitet wurde. Darauf aufbauend wurden nachhaltige Lösungsstrategien anhand von Fallstudien ausgewählter Flächen und Pflanzen aufgezeigt, die eine wirtschaftliche Nutzung der Flächen zur Energiegewinnung mit einer Sanierung des Bodens verknüpfen.

Die Ergebnisse der Netzwerkarbeit wurden von etwa 40 Wissenschaftlern aus Österreich, Deutschland und den Niederlanden in einer umfassenden Dokumentation des „state of the art“ in Wissenschaft und Technik zum Thema „Erneuerbare Energien durch Biomasse aus der Phytoextraktion kontaminierter Böden“ zusammengestellt.

Die Erarbeitung von Anforderungen an Flächen und Pflanzen, die zur energetischen Nutzung und für Verfahren der Phytosanierung gleichermaßen geeignet sind, sowie erste Ansätze zu Sanierungsgesamtkonzepten in Form von Fallstudien sind dort enthalten ebenso wie Technik-, Wirtschaftlichkeits- und Umweltbilanzen, die diese Untersuchungen ergänzen - und so eine ganzheitliche Bewertung des Verfahrensansatzes ermöglichen. Daraus wird ein weiterführender Forschungsbedarf abzuleiten sein. Die ausdrückliche Transfermöglichkeit auf vergleichbare Regionen war ein Leitgedanke der Arbeiten.

Interessante Links zum Thema

<http://www.dsa.unipr.it/phytonet/meetings/conf.htm>

http://www.mobot.org/jwcross/phytoremediation/phytorem_conferences.htm

<http://www.phytosanierung.de/index1.htm>

<http://lbewww.epfl.ch/cost837>

<http://www.wes.army.mil/el/phyto>

<http://www.ensaia.inpl-nancy.fr>

http://www.cee.vt.edu/program_areas/environmental/teach/gwprimer/phyto/phyto.htm

|