



(zu Nr. 3.2 BNBest-BMBF 98) #DS 2852

## Erfolgskontrollbericht (Part III)

### 1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen

Die Ergebnisse des Projektes liefern einen Beitrag zu biologischen Methoden der Bodensanierung. Das Projekt war dabei auf den Stoffbereich der Rüstungsaltslasten, insbesondere auf den Explosivstoff 2,4,6-Trinitrotoluol und dessen Begleitstoffe fokussiert. Die Methoden und Erkenntnisse sind jedoch auf andere Altlaststoffe erweiterbar.

Es wird das Themenfeld der Phytoremediation, (Einsatz von Pflanzen zur Bodensanierung) in dem wenig erforschten Teilgebiet der Dendroremediation (Einsatz von Gehölzen) um wesentliche Ergebnisse erweitert. Zum Themenkomplex „Natural Attenuation“ von mitteleuropäischen Altlastwäldern werden Quantifizierungsansätze, damit auch Förderungsmöglichkeiten der „Natural Attenuation“ vorgestellt.

### 2 wissenschaftlich-technisches Ergebnis

Die wesentlichen Ergebnisse sind unter Punkt 1.6 des Projektberichtes dargelegt und sollen hier nur in der Kurzfassung Erwähnung finden:

Im Gegensatz zu krautigen Pflanzen ist das Phytoremediationspotential für sprengstofftypische Verbindungen bei Bäumen („Dendroremediation“) wenig untersucht. Vor allem an Bilanzierungen des Explosivstoffschicksals mangelt es bisher. Hauptziel der Untersuchungen war es daher, nach Möglichkeiten der Erfolgskontrolle eines Bodensanierungseffektes durch Nutzung des Dendroremediationspotentials von Laub- und Nadelgehölzen bei sprengstoffverseuchten Böden, die mit 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) und seinen Begleitstoffen kontaminiert sind, zu suchen. Die Untersuchungen wurden an Weiden, Pappeln, Birken, Fichten und Kiefern durchgeführt. Es wurden Freilandbilanzierungen des Bodenschadstoffschicksals mit Laub- und Nadelgehölzen in Kleinlysimitern (Mitscherlichgefäßen), transpirations- und wachstumsquantifizierende Dendrotoxizitäts- und Schadstoff-Verbleibuntersuchungen mit neuartigen Dochtapplikationssystemen, Radiotracerbilanzierungen zu Verbleib und Kompartimentierung von [ $^{14}\text{C}$ ]-TNT in ausgereiften Bäumen sowie Pflanzenanalysen an Altlast-Bäumen durchgeführt und durch vergleichende Parzellenertragsmessungen ergänzt. Als Ergebnis erfolgte der Freiland-Nachweis der Dendroremediation bei allen getesteten Gehölzen durch Bioindikation des Wachstums und durch chemisches Sickerwassermonitoring. Analysen von Bodenstichproben können die Dendroremediation nicht abbilden und sind nicht zur Freiland Erfolgskontrolle geeignet. Eine verlässliche Ermittlung des Dendroremediationspotentials juveniler und älterer Gehölze durch Messung der Dendrotoxizität, des Schadstoffverbleibs und der Kresse-Resttoxizität des Bodens ist nur bei definierbarer Schadstoff-Zufuhr möglich. In Laub- und Nadelgehölzen gelang der erstmalige Nachweis der vollständigen [ $^{14}\text{C}$ ]-TNT-Inkorporation bzw. TNT-Umwandlung zu bisher unbekanntem Metaboliten. Erstmals ist auch eine differenzierte Kompartimentierung des [ $^{14}\text{C}$ ]-TNT-Verbleibes in reifen Gehölzen nachgewiesen. Aus der Ergebnis-Verknüpfung von Dendrotoxizitätsexperimenten, Radiotracer-Untersuchungen und Freilandparzellenertragsmessungen lässt sich das Dendroremediationspotential anzupflanzender Gehölze und der Verlauf der „Natural Attenuation“ bestehender Altlastwälder berechnen. Sanierungsempfehlungen und Förderungsmöglichkeiten der „Natural Attenuation“ lassen sich daraus ableiten.



### 3 Fortschreibung des Verwertungsplans

Es wurden keine Patente, Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen Dritter vom Zuwendungsempfänger in Anspruch genommen.

Die Erkenntnisse und die während des Projektes entwickelten Methoden lassen sich auf weitere Schadstoffe des Rüstungsbereiches ausdehnen und sind darüber hinaus anwendbar auf organische Bodenschadstoffe mit guter bis mäßiger Mobilität.

Die Sicherung der Projektergebnisse in Form von Verfahrenspatenten oder Patentierung der erkenntnisliefernden Gehölze bedarf der Prüfung.

#### 3.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende am Standort Deutschland

Die Ergebnisse sind standortspezifisch nutzbar für Umweltsanierungsfirmen, sowie Sanierungspflichtige Firmen und Behörden.

#### 3.2 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten in anderer Weise

Die wissenschaftlichen Ergebnisse sind zum Teil neuartig, insbesondere, die Erkenntnis der vollständigen Umwandlungsmöglichkeit von Trinitrotoluol, und die Kompartimentierung metabolisierten Trinitrotoluols in reifen Gehölzen besitzt ebenfalls Neuheitswert.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden zur Publikation in einschlägigen Fachzeitschriften vorbereitet (siehe Punkt 1.9 des Kurzberichtes).

#### 3.3 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Um den durch die Projektergebnisse erlangten Forschungsvorsprung am Standort Deutschland halten zu können sind Folge/Nachfolgeforschungsvorhaben nötig, die nach der Publikation der Ergebnisse sonst zwangsläufig von anderen Stellen durchgeführt werden.

Ein Dendroremediations-Forschungsbedarf ergibt sich in mehreren Zielrichtungen, die hier nur kurz aufgezählt werden können:

1. Langzeitdotierungen und Verbleib gehölz-inkorporierter [<sup>14</sup>C]-TNT-Radioaktivität insbesondere der Wurzelradioaktivität
2. Upscaling Versuche zur Errichtung modular aufgebauter ortsveränderlicher Sickerwasserentsorgungsanlagen unter Ausnutzung der Gehölztranspirationspotenz bei gleichzeitigem Einsatz von Passivsammlern (Dr. Rainer HAAS) zur Erfolgskontrolle (Einzelheiten zu Konzepten und Ideen können aus schutzrechtlichen Gründen noch nicht genannt werden).
3. Natural Attenuation–Untersuchungen an Altlastwäldern, einschließlich der z.T. in der Langfassung des Projektberichtes genannten Förderungsmöglichkeiten.

### 4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Stichprobenanalysen der Altlastböden sind nicht für die Einschätzung von pflanzenbewirkten Remediationseffekten geeignet (Näheres, siehe Projektbericht).

Bodenhomogenisierungsversuche haben zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt.

Bodendotierungen mit Trinitrotoluol und mit anderen Nitroaromaten liefern nur bei wässriger Applikation reproduzierbare Ergebnisse.



## **5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer**

Der Kurzbericht wird bei der TIB-Hannover als pdf-Datei im Internet publiziert. Darüberhinaus wird die Kurzfassung des Berichtes, sowie Schwerpunkte der Projektdurchführung und eine differenzierte Bibliographie zur Problematik der Explosivstoffe, zur Phytoremediation allgemein und vor allem zur Dendroremediation unter <http://www.dendroremediation.de/> der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Wesentliche Ergebnisse sollen neben der erwähnten schriftlichen Publikationsmöglichkeiten (s. Punkt 1.9 des Berichtes) in Fachvorträgen zur Diskussion gestellt werden.

## **6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung**

Der Ausgabenplan und der Zeitplan der praktischen Projektdurchführung wurde eingehalten.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse und die Erstellung des Projektberichtes erfolgte nach dessen Abschluss.