



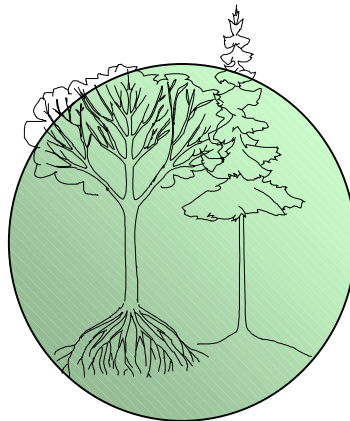
#DS2829

1. Vorhabenbeschreibung

Verbundvorhaben: **„Biologische Sanierung von Rüstungsaltslasten“**

Teilvorhaben: **Freilandversuche zur TNT-Dekontamination und [¹⁴C]-TNT-Aufnahme durch Gehölze.**

beantragte Laufzeit: **01. 01. 1998 bis 31. 12. 2000**



<http://www.dendroremediation.de/> (DendroRem-Home)

Projektleiter: Prof. Dr. Wilfried Pestemer
Projektbetreuer: Frau Dr. Reese-Stähler, Dr. Matthias Frost
Projektbearbeiter: Dr. Bernd Schönemuth <mailto:berndschoenmuth@yahoo.de>

Adresse: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für ökologische Chemie
Königin-Luise-Straße 19
D-14195 BERLIN (Dahlem)

Tel.: 030 / 8304-2300, Fax: 030 / 8304-2303



1. Bezeichnung und Gesamtziel des Vorhabens

Thema:

Freilandversuche zur TNT-Dekontamination und ¹⁴C-TNT-Aufnahme durch Gehölze.

Gesamtziel und Begründung des Vorhabens:

Hauptziel ist die Entwicklung einer Strategie für die biologische Dekontamination großflächig mit Sprengstoffen verseuchter Areale geringen bis mittleren Belastungsgrades, deren flächendeckende Sanierung aus Kostengründen bisher nicht möglich ist.

Inhalt der geplanten Untersuchungen ist es, die Nutzbarkeit der bereits in Gefäßversuchen nachgewiesenen TNT-Dekontaminationspotenz TNT-toleranter Weiden- und Pappelklone unter Freilandbedingungen zu überprüfen und mittels Radiotracer zu quantifizieren. Darüber hinaus soll die Dekontaminationspotenz von Standortgehölzen eingeschätzt werden.

Folgende **Teilaufgaben** sind dabei zu bearbeiten:

1. Erprobung der Dekontaminationsleistung von TNT-toleranten Weiden- und Pappelklonen unter Freilandbedingungen
2. Radiotracer-Untersuchungen mit ¹⁴C-TNT zur Bilanzierung der TNT-Aufnahme in Gefäßversuchen
3. Analytik ausgewählter Standortgehölze auf TNT-kontaminierten Flächen bezüglich der natürlichen Dekontaminationsfähigkeit dieser Gehölze

Teilaufgabe 1: Freilandversuche

Im Rahmen des Teilvorhabens 6 „Dekontamination sprengstoffbelasteter Böden mit Hilfe speziell selektierter Pflanzenarten bzw. -sorten mit hoher metabolischer Entgiftungskapazität“ (Förderkennzeichen: 14 508 58 3) des Verbund-Forschungsvorhabens „Biologische Sanierung von Rüstungsaltslasten“ ist es gelungen, unter 35 Weidenklonen und 11 Pappelklonen einige wenige zu selektieren, die in der Lage sind, mittlere TNT-Konzentrationen (bis 20 ppm) ohne Wachstumshemmung zu tolerieren.

In Gewächshaus-Gefäßversuchen ist der TNT-Gehalt, aber auch der Gehalt mikrobiologischer Abbauprodukte des TNTs durch die Bepflanzung der Gefäße mit diesen Klonen verringert worden.

Es ließ sich zeigen, daß die selektierten Klone weiterhin in der Lage sind, dem Boden TNT und TNT-Abbauprodukte (ADNTs) zu entziehen, indem diese Schadstoffe über die Wurzeln aufgenommen und in den Sproß bis zu den Blättern verlagert werden.

Es sind diese Klone also potentiell geeignet, auf biologischem Wege die Schadstoffbelastung des Bodens zu verringern und somit zu einer Bodensanierung beizutragen.

Aus den oben erwähnten Ergebnissen ergibt sich die Möglichkeit, mit diesen Klonen zu Freilandversuchen überzugehen, um deren „ökologische Eigenschaften“ zu erproben



(Widerstandsfähigkeit gegen Dürrestress, Vitalität, Ernährungsverhalten, Durchwurzelungspotenz, Verhalten gegenüber Nitroaromaten). Außerdem ist zu untersuchen, in welchen Ausmaße und in welchen Zeitabständen TNT und/oder dessen Abkömmlinge, sowie andere Nitroaromaten unter Freilandverhältnissen aus dem am Standort vorliegenden Boden in die Pflanze verlagert werden können.

Um den Bepflanzungseffekt durch die Gehölze auch gesichert kontrollieren zu können, ist für die Teilaufgabe 1 eine abgestufte Vorgehensweise notwendig.

Es sind vorerst homogenisierte Böden einzusetzen, die sowohl in 100-l-Containern als auch in Form von Mieten mit einer Bepflanzung versehen werden (s. Skizze des Arbeitsplanes).

In-situ-Bepflanzungen können bei Vorliegen gut analysierter Freiflächen die Untersuchungen ergänzen.

Eine jährliche Beprobung des bepflanzten Bodens, wie auch des Pflanzenmaterials, dient als Erfolgskontrolle. Da davon auszugehen ist, daß die pflanzenbedingte Nitroaromaten-abreicherung des Bodens unter Freilandbedingungen nur als Langzeiteffekt faßbar ist, muß die Gesamtdauer des Projektes für die Untersuchungen genutzt werden. Es müssen die Freilandversuche folglich noch vor den Radiotracerbilanzierungen begonnen werden.

Es ist auch zu klären, bis zu welchem Umfange und bis zu welcher Tiefe TNT und dessen Begleitsubstanzen aus dem Boden aufgenommen werden können. Dazu müssen in den bepflanzten Mieten Profilgrabungen vorgenommen werden, um das Durchwurzelungsvermögen der Gehölze einschätzen zu können.

Teilziel 1 des Projektes ist es, ein Sanierungsverfahren für TNT-kontaminierte Böden mittels definierter Gehölzen für praktische Zwecke anzubieten.

Teilaufgabe 2: Radiotracer-Untersuchungen

Die im Vorprojekt ermittelten Ergebnisse, die Bodenabreicherung von TNT durch Weiden und Pappeln, sowie Aufnahme und Transport von ADNTs über den Transpirationsstrom in Weidenstecklingen nachweisen, bilden die Voraussetzung für die quantitative Untersuchung metabolischer Aktivitäten der Gehölze. Es muß darauf hingewiesen werden, daß die mit konventioneller Analytik ermittelten Nitroaromatengehalte der Gehölze nur die Augenblickskonzentration extrahierbarer und detektierbarer Verbindungen, somit den geringsten faßbaren Wert darstellen.

Da die eigentliche Detoxifikationsleistung noch nicht quantitativ abgeschätzt werden kann, andererseits aber Umwandlungshinweise an krautigen Pflanzen aus der Literatur vorliegen, sollen **Bilanzierungsversuche** erfolgen, um die Einbau/Metabolisierungsraten in die Gehölze bestimmen zu können. Ein hoher Forschungsbedarf besteht hier vor allem wegen der gegenüber krautigen Pflanzen erheblich höheren Potenz zur Ligninproduktion von Bäumen und den damit gegebenen Einbaumöglichkeiten von Aminonitroaromaten. Insbesondere freie Carboxylgruppen verholzter Gewebe bieten Anlagerungsmöglichkeiten für Aminogruppen der Aminonitroaromaten (Monoaminodinitrotoluole, Diaminonitrotoluole und Triaminotoluol).

Im Institut für ökologische Chemie der BBA in Berlin-Dahlem sind daher Untersuchungen unter



Einsatz von Radiotracern geplant. Es sollen sowohl Experimente in Gefäßversuchen mit Originalboden, bzw. TNT-dotierten Böden als auch Modelluntersuchungen an Hydrokulturen oder In-Vitro-Kulturen durchgeführt werden. Die erste Stufe der Untersuchungen werden autoradiographische Experimente sein.

Um Prinzipversuche unter Ausschluß vom mikrobiellen Abbauwegen auch technisch durchführen zu können, ist die Möglichkeit des Einsatzes von steril kultiviertem Pflanzenmaterial zu prüfen. Dies würde Möglichkeiten eröffnen, das weitere Schicksal der ADNTs in oberirdischen Teilen der Pflanze zu klären, da Applikationen von ¹⁴C-ADNTs zu wurzelfreien, aseptisch kultivierten Sproßkulturen realisierbar wären.

Es könnte mit Radiotracern nachgewiesen werden, ob die Gehölze selbst 4-ADNT und 2-ADNT und auch Nachfolgeprodukte aus TNT bilden, oder ob sie nur mikrobiell erzeugte Metabolite aufnehmen können.

Teilziel 2 des Projektes ist es, Orte, Umfang und Art der Nitroaromatenmetabolisierung in der Gehölzpflanze zu lokalisieren und zu quantifizieren.

Teilaufgabe 3: Untersuchung von Standortgehölzen

Ein Großteil der Sprengstoff-Produktionsstandorte ist aus Tarnungsgründen in waldreichen Gegenden angelegt worden. Die Altlastenflächen sind auch heute zu einem hohen Anteil bewaldet. Krautige Pflanzen spielen eine geringere Rolle. Da keine Untersuchungen zur Möglichkeit einer auf natürlichem Wege erfolgenden Dekontamination durch standorteigene Gehölze bekannt sind, kann der Einfluß des Baumbestandes bisher nicht abgeschätzt werden. Auch ist der Belastungsgrad der Bäume in Hinsicht auf die Art der Holznutzung unbekannt.

Der gute Vitalitätszustand der auf kontaminierten Böden freiwachsenden Gehölze läßt die Frage wichtig erscheinen, auf welche Weise die Bäume sich mit dem reichlich vorhandenen Schadstoffkonsortium auseinandersetzen.

Bei positivem Ergebnis aus der Teilaufgabe 1, d.h. wenn die pflanzenbedingten Schadstoffanreicherungen der Gewächshausversuche im Freiland bestätigt würden, ergäbe sich die Frage, ob es sinnvoll wäre, vorhandenen Baumbestand abzuholzen und durch eine Bepflanzung mit den speziell selektierten Pappeln bzw. Weidenklonen aufzuforsten.

Parallel zu den Bepflanzungsversuchen der Teilaufgabe 1 ergibt sich daher die Notwendigkeit, zu untersuchen, ob auch die auf dem Altlaststandort vorhandene Gehölzflora in der Lage ist, TNT und/oder andere Rüstungsschadstoffe aus dem Boden aufzunehmen und diesen somit zu dekontaminieren. Dies erscheint besonders wichtig, da die vorhandenen Altbäume ein beträchtliches Potential an Biomasse aufweisen.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen muß auf die am Standort dominierenden Hauptbaumarten konzentriert werden. In Betracht kämen wahrscheinlich Fichte, Salweide, Birke und evtl. Grauerle.

Als Querverknüpfung zur Teilaufgabe 3 sind in den Container- bzw. Mietenbepflanzungen der Teilaufgabe 1 die genannten Gehölzarten bereits eingepflanzt



(vgl. Anhang 1: Arbeitsplan Stadtallendorf). Einschränkend ist von vornherein zu berücksichtigen, daß es sich - im Gegensatz zu den bei Teilaufgabe 1 verwendeten geklonten Weiden und Pappeln - bei der standorteigenen Gehölzflora durchweg um genetisch heterogenes Material handelt, da sich diese Gehölze generativ über Samen vermehrt haben und zudem sämtlich Fremdbefruchter sind. Eine große Variationsbreite innerhalb der jeweiligen Art ist also zu erwarten.

Weil bekannt ist, daß gerade Gehölze in ihrer Lebensentwicklung sehr starke physiologische Unterschiede zwischen juvenilen und adulten Stadien aufweisen, sollen verschiedene Altersgruppen von Bäumen untersucht werden. Der bei Gehölzen ausgeprägte Jahresrhythmus erzwingt Untersuchungen zu verschiedenen Jahreszeiten. Es ist daher notwendig, an Bäumen unterschiedlichen Alters, verschiedener Arten und zu wechselnden Jahreszeiten folgende Untersuchungen einzuplanen:

- a.) In Ganzpflanzen-Analysen und Bohrkern-Proben, nach TNT und dessen Begleitprodukten zu suchen,
- b.) Xylemsaft-Analysen durchzuführen,
- c.) Untersuchungen des Feinwurzelsystems / Durchwurzelungsprofils vorzunehmen, die u.a. klären sollen, ob die Schadstoffe für die Wurzeln zugänglich sind, oder ob die Schadstoffe „umwandert“ werden.

Teilziel 3 des Projektes ist es, ein Prognosehilfsmittel für den Einfluß der vorhandenen Bewaldung auf die weitere Entwicklung der Bodenkontamination zu erhalten und einen Vergleich mit den im Teilziel 1 zu ermittelnden Ergebnissen zu ermöglichen.

2. Technisch-wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung des Projektes

Schadstoffe aus dem Bereich der ehemaligen Rüstungsproduktion belasten großflächige Areale. Neben rüstungsunspezifischen Kontaminanten (Mineralöle, Schwermetalle etc.), stellen die rüstungsspezifischen Schadstoffe aus der Produktion von Sprengstoffen durch ihre z.T. cancerogenen Eigenschaften ein besonderes Gefahrenpotential dar.

Probleme ergeben sich aus der Vielzahl von Stoffen, die als Vorstufen bei der chemischen Synthese verwendet wurden, wie auch als mikrobiologische Zersetzungsprodukte im Boden zwischenlagern.

Trotz der mäßigen Mobilität führen Auswaschungen zu einer Belastung des Trinkwassers.

Die quantitativ wichtigste Kontaminante ist oft das 2,4,6-Trinitrotoluol. Über diesen Sprengstoff und seine Begleit- und Abbauprodukte liegt die höchste Datendichte, insbesondere seine mikrobiologische Abbaubarkeit betreffend, vor.

Hervorzuheben ist die Großflächigkeit der Belastungen, die oft im Bereich von mehreren hundert Hektar pro Altlast liegt.

Physikalisch-technische Sanierungsverfahren können aus Kostengründen hier nur an Schwerpunkten eingesetzt werden. Auf dem Gebiet der mikrobiologischen Dekontaminationstechniken sind in den letzten Jahre beachtliche Fortschritte erzielt worden. Jedoch gibt es auch hier das Problem, daß der zu sanierende Boden ausgehoben und bewegt werden muß. Die meist notwendige Vermischung des kontaminierten Bodens mit organischen Zuschlagstoffen ist eine weitere Aufwandskomponente.



Die wirtschaftliche Bedeutung des beabsichtigten Projektes liegt vor allem darin, daß bei Erreichen der Projektziele durch die Bepflanzung mit speziellen Gehölzen große Flächen mit einem erträglichen Aufwand saniert werden könnten.

Die zu entwickelnde Methode ist gegenüber technisch-physikalischen Sanierungsverfahren als umweltverträglich, energie- und ressourcensparend und auch landschaftsästhetisch günstig einzustufen.

Des weiteren ergeben sich aus der angestrebten qualitativen Bewertung des Sanierungspotentials standorteigener Gehölze wirtschaftliche Konsequenzen. Einerseits könnte das Sanierungspotential der Standortortbaumarten mit dem speziell selektierter Gehölze verglichen werden, zum zweiten erscheint eine Einschätzbarkeit der weiteren Schadstoffsituationen-Entwicklung möglich.

3. Erfolgsaussichten

Die bisher an der Biologischen Bundesanstalt zur Aufnahme von TNT durch Gehölzpflanzen in Gefäßversuchen gewonnenen Erkenntnisse stellen eine gute Ausgangsbasis für die weiteren Untersuchungen im Freiland dar. Die Beherrschung der recht aufwendigen Analyseverfahren für holzige Pflanzenteile läßt aussagekräftige Ergebnisse erwarten.

Die personelle und apparative Ausstattung (siehe 5.) und die Kooperation mit anderen Institutionen (siehe 8.) unterstützen die Erreichung der gestellte Ziele (siehe 1.).

Die für die Freilandbepflanzungen vorgesehenen selektierten Weiden und Pappeln erfüllen die Vielzahl von Anforderungen, die wir an Dekontaminationspflanzen stellen: Sie ertragen mittlere TNT-Konzentrationen (bis 20 ppm), sie nehmen im Gefäßversuch TNT und TNT-Metabolite auf. Sie sind durch ihr gutes Regenerationsvermögen langfristig und wiederholt beerntbar, können eine tiefe Bodendurchwurzelung bewirken, sind vegetativ vermehrbar, müssen nur einmal angepflanzt werden und haben eine lange Standzeit.

Bis durch die vorgesehenen Radiotracerexperimente geklärt werden kann, in welchem Maße TNT, bzw. seine Metabolite durch die Gehölze selbst „entgiftet“ werden, eröffnet sich eine mit ökotoxikologischen Methoden kontrollierte Kompostierung des holzigen Erntegutes mit TNT-abbauenden Weißfäulepilzen, über deren Dekontaminationspotenz bei anderen Projektpartnern gearbeitet als Möglichkeit zur Dekontamination.

Die Verbrennung des Erntegutes in Verbrennungsanlagen sollte als weitere praktisch faßbare Möglichkeit zur allmählichen Dekontamination des Bodens nur bei einem unbedenklichen Belastungsgrad des Pflanzenmaterials angesehen werden.

Obwohl das Problem der Standorttoleranz erst in den geplanten Freiland-Versuchen geklärt werden soll und die große ökologische Spielbreite bei Weiden und Pappeln bekannt ist, lassen die auf dem Standort vereinzelt wachsenden Weiden und Pappeln erhoffen, daß sich auch die von uns selektierten Klone als standorttolerant erweisen. Es erscheint eine Dekontamination durch diese Gehölze prinzipiell möglich und praktisch durchführbar.



4. Internationaler Stand der Forschung

Zur Sanierung von Sprengstoffaltlasten werden bisher physikalisch-technische Verfahren angewendet. Das Hauptpotential der Forschungen zu biologischen Sanierungsverfahren ist mikrobiologisch orientiert. Mikrobiologische Zielstellungen werden von anderen Gruppen des Verbundvorhabens erfolgreich bearbeitet, jedoch sind die Probleme der Praxisanwendung mikrobiologischer Verfahren noch auf dem Wege zur Lösung.

Ergebnisse zur Aufnahme/Metabolisierung von Sprengstoffen (bes. Nitroaromaten) durch Pflanzen lagen bisher nur für krautige Pflanzen vor.

Besonders hervorzuheben sind hier die erfolgreichen Arbeiten an der Universität Marburg (Arbeitsgruppe Prof. Werner), die auch im Verbundvorhaben integriert sind.

Aus dem an unserer Institution vorangegangenen Projekt sind die o.g. Nachweise über die Nitroaromatenanreicherung von Böden und die Nitroaromatenaufnahme in Weiden und Pappeln bekannt. Für andere Umweltschadstoffe ist z. B. das Aufnahmevermögen einiger Salix-Sorten für Schwermetalle belegt. Die eigenen Ergebnisse aus dem vorhergehenden Projekt weisen darauf hin, daß eine Vergleichbarkeit der Aufnahme von Nitroaromaten zwischen krautigen Pflanzen und Gehölzen prinzipiell gegeben ist. Insbesondere die großen sortentypische Unterschiede, die bei krautigen Pflanzen gefunden wurden, sind auf Gehölze übertragbar.

Es sind bisher keine Angaben über Gehalte bzw. die Aufnahme von sprengstoffspezifischen Verbindungen im Baumbestand von Altlaststandorten bekannt. Hier liegen nur Ergebnisse von krautigen Pflanzen vor.

5. Apparative Ausrüstung; Qualifizierung des Personals

Das Institut für ökologische Chemie hat eine Grundausstattung mit Geräten, Isotopenlabors und Gewächshäusern, die auch für das Projekt genutzt werden können. Speziell zu nennen sind:

Technik

- Gewächshaus und überdachte Freifläche für Gefäßversuche
- Klimakammern mit Temperatur/Luftfeuchte-Steuerung
- normale biochemische Labors
- Isotopenlabor
- GC-Massenspektrometer
- HPLC
- Verschiedene GC mit Autosampler u. PC-Steuerung
- Dünnschicht-Scanner CD 60 mit DS-Auftragegerät AS 30 , Fa. Desaga
- Ultraschallbad und Ultraschalldesintegrator
- Flüssigkeitsscintillationszähler (LSC)
- Diverse Zerkleinerungsapparaturen (auch für Gehölzeteile)



Personal

In der Arbeitsgruppe des Antragstellers werden verschiedene Themen zur Schadstoffproblematik kontaminierter Böden bearbeitet (z.B. PAK, Schwermetalle). Umfangreiche Erfahrungen liegen auch aus dem Umgang mit Radiochemikalien vor. Als Beispiel werden Arbeiten von Dr. Frost mit 14C-markierten PAKs an Gehölzen genannt.

Die im vorangehenden Projekt gewonnenen praktischen Erfahrungen bei der Gehölkultivierung, Pflanzenbonitur, Probennahme, Probenvorbehandlung, Extraktion und bei der gaschromatographischen, wie dünnenschichtchromatographischen Analytik bilden eine günstige Voraussetzung für die Planung und Durchführung des Projektes.

Der Projektbearbeiter Dr. Bernd Schönmath verfügt über pflanzenphysiologische und biochemische Grundkenntnisse. Seine Kenntnisse aus früherer Tätigkeit im Referat Naturschutz am Landesumweltamt Brandenburg läßt Artenkenntnis und floristisches Einschätzungsvermögen bei den Freilandarbeiten, sowie die Berücksichtigung der Belange des Natur- und Landschaftsschutzes erwarten.

6. Bezug zu förderpolitischen Zielprioritäten

Das konzipierte Projekt dient einer neuen Lösung zur Sanierung von Altlastflächen aus dem Bereich der ehemaligen Rüstungsproduktion. Es ist dem Gesamtkomplex der Rüstungskonversion, der Altlastensanierung, der Biotechnologie und der Bodensanierung zuzuordnen.

7. Wissenschaftlich-technisches Risiko, Nutzungsmöglichkeiten und Angaben zur Patent-Situation

Wissenschaftlich-technisches Risiko

Als Risiko wird die möglicherweise ungenügende Homogenisierung des für die Mietenaufschüttung vorgesehen Bodens eingeschätzt.

Die Zeitdauer der Nitroaromatenabreicherung kontaminierter Böden im Freiland kann bisher nicht kalkuliert werden, da diese erst im Projektverlauf geklärt werden soll.

Das Vorhandensein von Pappeln (*Populus nigra*) und Weiden (*Salix caprea*) am Standort läßt darauf schließen, daß diese Arten eine Wachstumschance haben. Obwohl die Standorttoleranz erst ermittelt werden soll, sind Unwägbarkeiten nur in geringem Ausmaß zu erwarten.

Die Nachweise von Nitroaromaten in oberirdischen Gehölzteilen im Vorprojekt



lassen für die Radiotracerbilanzierungen lediglich quantitative Anfangsprobleme erwarten. [DendroRem-Home](#)

Nicht eingeschätzt werden kann bisher die Nachweismöglichkeit von Nitroaromaten in Standortgehölzen, da weder Literaturangaben, noch eigene Untersuchungen vorliegen.

Nutzungsmöglichkeiten

Die Nutzung der beabsichtigten Verfahrenswicklung wäre möglich für Forstbetriebe und Umweltsanierungsfirmen.

Angaben zur Patent-Situation

Die Sanierung von Rüstungsaltslasten mit Hilfe speziell selektierter Gehölze ist neuartig.

Die im Teilziel 1 festgelegte Verfahrensentwicklung könnte zu einem Verfahrenspatent entwickelt werden.

8. Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern

Es sollte eine Integration des beantragten Projektes in das Vertragswerk des Verbundvorhabens erfolgen.

Die Freilandversuche sollen auf dem Altlaststandort Stadtallendorf durchgeführt werden.

Erfordernisse zur Kooperation ergeben sich somit zur Hessischen Industriemüll AG (HIM-ASG), zum Hessischen Umweltministerium und Dr. Seitz (Stadtallendorf). Das beiliegende Arbeitsprogramm für die Freilandversuche ist den künftigen Kooperationspartnern im Januar 1997 übersandt worden.

Zustimmung und Kommentierung erfolgte bereits durch das Hessische Umweltministerium. Eine Stellungnahme durch die HIM-ASG steht noch aus.

Die vom Hessischen Umweltministerium geforderte Abstimmung mit Herrn Dr. Seitz ist durch langjährige Kontakte gesichert.

Weiterhin ist eine Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Werner, bzw. Frau Scheidemann an der Universität Marburg geplant.

Die Arbeitsgruppe verfügt über langjährige Erfahrungen auf dem Gebiet des Komplexes TNT / Boden / Krautige Pflanze. Es ist die Fortführung des Informations- und Erfahrungsaustausches vorgesehen.

Im Anhang 1 wird detailliert das Arbeitsprogramm für Freilandversuche in Stadtallendorf und im Anhang 2 der ausführliche Finanzplan aufgeführt.

9. Literatur

A. Literaturangaben zur Projektproblematik



BEYER, M. und van AFFERDEN , M., 1991:

"Bioverfügbarkeit " - eine Hürde für die biologische Bodensanierung
Entsorgungspraxis, (9), 464-465

BRUNS, D. 1992: Aufnahme und Metabolisierung von 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) durch VA-
mykorrhizierete und nicht-VA-mykorrhizierete Pflanzen.
Dipl. arbeit, Fachbereich Biologie, Philipps-Universität Marburg

CATALDO, D.A.; HARVEY, S.D.; FELLOWS, R.J.; BEAN, R.M. and McVEETY, B.D. 1989:
An evaluation of the environmental fate and behavior of munitions material (TNT, RDX) in soil and
plant systems.
Pacific Northwest Laboratories, Richland, Report AD-A223 546

**FOLSOM, B.L.; PENNINGTON, J.C.; TEETER, S.L.; BARTON, M.R. und BRIGHT, J.A.
1988:**

Effects of soil pH and treatment level on persistence and plant uptake of 2,4,6-Trinitrotoluene.
Waterways Experiment Station, Corps of Engineers , Vicksburg, MS, Technical Report EL - 88 - 22

GÖRGE, E. 1992:

Aufnahme von Trinitrotoluol durch Pflanzen.
Rüstungsaltslasten aus der Produktion von Sprengstoffen. Expertengespräch, Hess. Min. Umwelt,
Energie und Bundesangelegenheiten, Marburg 1992; Vortrag A5.1

GÖRGE, E. 1993:

Aufnahme von 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) in Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung von
Freilandversuchen auf dem Gelände einer ehemaligen Sprengstofffabrik in Stadtallendorf.
Dissertation am FB Biologie der Philipps-Universität Marburg

GÖRGE, E.; BRANDT, S. und WERNER, D. 1994a:

Uptake of 2,4,6-Trinitrotoluene in higher plants.
ESPR - Environ. Sci. & Pollut. Res 3. im Druck

GÖRGE, E.; BRANDT, S. und WERNER, D. 1994b:

Aufnahme von 2,4,6-Trinitrotoluol in Pflanzen- Freilandversuche auf dem Gelände einer ehemaligen
Sprengstofffabrik in Stadtallendorf.
UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. im Druck

GORSUCH , J.W. ; LOWER , W.R. ; LEWIS , M.A. and WANG , W. 1991:

Plants for Toxicity Assessment : Second Volume
(Pflanzen für die Toxikologische Bewertung)
ASTM Special Technical Publication, 1115, 401 Seiten

HARMS, and KOTTUZ, 1992:

Uptake, Fate and Persistence of Organic Contaminants in Different Plant Systems - Cell suspensions,
Root Cultures and Intact Plants.
(BFA Baunschweig)

HARVEY, S.D., FELLOWS, R.J., CATALDO, D.A. and BEAN, R.M. 1990:

Analysis of 2,4,6-Trinitrotoluene and its transformation products in soil and plant tissues by high-
performance liquid chromatography.
Journal of Chromatography, 518, 361-374

HARMS , H. und LANGEBARTELS, C. 1986:

Pflanzliche Zellsuspensionskulturen als System zum Studium des Abbauverhaltens von Chemikalien
in Pflanzen. (Plant Cell Cultures - A System to Study the Metabolism of Chemicals in Plants)
VDLUFA - Reine Kongressberichte 16, 445-455

HARMS, H. und SAUERRÖCK, D. 1984:



Organische Schadstoffe in Siedlungsabfällen . Herkunft, Gehalt und Umsetzung in Böden und Pflanzen. Angewandte Botanik, 58 (2), 97-108

HARVEY, S.D., FELLOWS, R.J., CATALDO, D.A. and BEAN, R.M. 1991:

Fate of the explosive hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX) in soil and bioaccumulation in bush bean hydroponic plants.
Env. Toxicol. Chem., 10 (7), 845-855

HOCK, B. und ELSTNER, E.F. (Hrsg.) 1988:

Schadwirkungen auf Pflanzen.
2. überarbeitete Auflage / Mannheim, Wien, Zürich

PALAZZO, A.J. and LEGGET, D.C. 1983:

Toxicity, uptake, translocation, and metabolism of TNT by plants.
Ft. Detrick, Maryland

PALAZZO, A.J. and LEGGET, D.C. 1986:

Effect and disposition of TNT in a terrestrial plant.
J. Environ. Qual. 15, 49-52

PENNINGTON, J.C. 1988:

Plant uptake of 2,4,6-trinitrotoluene, 4-Amino-2,6-Dinitrotoluene, and 2-Amino-4,6-Dinitrotoluene using ¹⁴C-labeled and unlabeled compounds.
Technical Report EL-88-20, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss..EL-88-20.

PENNINGTON, J.C. 1989:

Soil sorption and plant uptake of 2,4,6-trinitrotoluene.
Diss. Abst. Int. Pt. B - Sci. and Eng. 49 (12)



SCHÖNMUTH, B., LYR, H. und BURTH, U. 1997:

Sanierung TNT-verseuchter Flächen durch Gehölze. In: Strategien zum Bodenschutz in der pflanzlichen Produktion (Hrsg. G. Krasel, W. Pestemer u. G. Bartels). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem), H. 328, 193-198.

SCHOTT, C.D. and WORTHLEY, E.G. 1974:

The toxicity of TNT and related wastes to an aquatic flowering plant, *Lemna perpusilla*. Edgewood Arsenal, Aberdeen Prov. Ground, MD. Techn. report 74016. AD - 778158

SMOCK, L.A.; STONEBURGER, D.L. and CLARK, J.R. 1976:

The toxic effects of trinitrotolene (TNT) and its primary degradation products on two species of algae and the fathead minnow. *Water Res.*, 10, 537

THOMPSON, C.R., KATS, G. and LENNOX, R.W. 1979:

Phytotoxicity of air pollutants formed by high explosive production. *Environmental Science and Technology* 13 (10), 1263 (6)

TOPP, E.; SCHEUNERT, I. ; ATTAR, A. und KORTE, F. 1986:

Factors affecting the uptake of ¹⁴C-labeled organic chemicals by plants from soil. *Ecotoxicol. Environm. Safety*, 11, 219 - 228

TUCKER, W.L.; BANWART, W.L.; GRANATO, T.C. und HASSETT, J.J. 1989:

Screening for plant tolerance to TNT. Report for USATHAMA by CERL and the University of Illinois

B. Neuere Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe des Antragstellers zur Thematik

- 1 PESTEMER W., GÜNTHER P. (1993) No-Observable-Effect Level (NOEL). In "Herbicide Bioassays" (ed. by J. Streibig & P. Kudsk), CRC Press, 137-152.
- 2 PESTEMER W., NORDMEYER H. (1993) Abschätzung potentieller Grundwassergefährdung durch Pflanzenschutzmittel. *Boden + Wasser*, **44**, 70-76.
- 3 PESTEMER W. (1993) Verhalten von Pflanzenschutzmitteln im Boden und angrenzenden Kompartimenten. Grundwasserkontamination durch diffuse Stoffeinträge. Braunschweiger Grundwasserkolloquium "Grundwasserkontamination durch diffuse Stoffeinträge" (Technische Universität Braunschweig, ZAF - Zentrum für Abfallforschung), 24.-25. Feb. 1993, 133-149.
- 4 PESTEMER W., STEINERT P., WOLFF J. (1993) Abschätzung und Monitoring der Grundwasserkontamination durch Pflanzenschutzmittel an ausgewählten Standorten in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. 8th EWRS-Symposium "Neue Ansätze in der Unkraut- und Herbizidforschung und ihre Anwendung in der Praxis", Braunschweig, Juni 1993, Vol. 2, 543-550.
- 5 LEH H.-O.(1993) Zur Diagnose von Schäden an Straßenbäumen durch abiotische Belastungsfaktoren. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **45**, 201-207.
- 6 LEH H.-O. (1993) Straßenbaumschäden: Ursachen, Auswirkungen, Gegenmaßnahmen. *Das Gartenamt* **11**, 746-748.



- 7 TRAULSEN B.-D. (1993) Beschaffenheit von Böden, Waschsanden und Substraten aus Bodenwaschanlagen. Umwelttechnologieforum UTECH Berlin Februar 1993, Tagungsband Kongreß, ANTEC GmbH, **24**, 114-119.
- 8 TRAULSEN B.-D. (1993) Schwermetalle im Boden - Was ist zu tun? Schriftenreihe des Bundesverbandes Deutscher Gartenfreunde e.V., Bonn, H. 89/1993, 63-71.
- 9 GOTTESBÜREN B., PESTEMER W., BEULKE S. (1994) Untersuchungen zur Charakterisierung und zu Auswirkungen der zeitlichen Veränderungen der Sorption von Herbiziden in Böden. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIV, 661-670.
- 10 PESTEMER P. (1994) Einbindung von phytotoxischen und ökologisch-chemischen Daten zur Wirkung und zum Verhalten von Herbiziden in Expertensysteme für Beratung und Monitoring. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **46**, 115-121.
- 11 GÜNTHER P., PESTEMER W., THIES E.-P. (1994) Bestimmung von Pflanzenverfügbarkeit, Selektivität und Abbau des Herbizidwirkstoffs Metosulam im Boden durch Biotests. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem), H. 301, 493.
- 12 NORDMEYER H., PESTEMER W., DIBBERN H., (1994) In: Spillmann (Hrsg.) Schadstoffe im Grundwasser. Band 2: Langzeitverhalten von Umweltchemikalien und Mikroorganismen aus Abfalldeponien im Grundwasser. 2.4: Analytik der eingesetzten Pflanzenschutzmittel. DFG-Forschungsbericht VCH-Verlag 639-642.
- 13 NORDMEYER H., PESTEMER W., DIBBERN H., (1994) In: Spillmann (Hrsg.) Schadstoffe im Grundwasser. Band 2: Langzeitverhalten von Umweltchemikalien und Mikroorganismen aus Abfalldeponien im Grundwasser. 2.5: Änderungen der Sorptionskapazität. DFG-Forschungsbericht VCH-Verlag 265-271.
- 14 NORDMEYER H., HERKLOTZ, K., PESTEMER W., (1994) In: Spillmann (Hrsg.) Schadstoffe im Grundwasser. Band 2: Langzeitverhalten von Umweltchemikalien und Mikroorganismen aus Abfalldeponien im Grundwasser. 3: Charakterisierung der Sorptionsvorgänge. DFG-Forschungsbericht VCH-Verlag 644-647.
- 15 DIBBERN H., NORDMEYER H., PESTEMER W (1994) In: Spillmann (Hrsg.) Schadstoffe im Grundwasser. Band 2: Langzeitverhalten von Umweltchemikalien und Mikroorganismen aus Abfalldeponien im Grundwasser. 2.5: Modellierung der Ausbreitung von Pflanzenschutzmitteln. DFG-Forschungsbericht VCH-Verlag 642-643.
- 16 HANCE R.J., FÜHR F., PESTEMER W., WELP G., BRÜMMER G.W. (1994) Bioverfügbarkeit von Rückständen. In: Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln: Sachstandsbericht/Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg. von der Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft. - Langfassung. -), 64-81, VCH Verlagsges. mbH, Weinheim.
- 17 BRÜMMER G., PESTEMER W., DIBBERN H., WELP G. (1994) Verlagerungsvorgänge und ihre Modellierung. In: Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln: Sachstandsbericht/Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg. von der Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft. - Langfassung. -), 82-110, VCH Verlagsges. mbH, Weinheim.



- 18** FROST M., ABO-EL-SEOUD M. (1995) Penetration, movement and translocation of ¹⁴C-parathion in plants. Intern. J. Environmental Studies **47**, 37-42. [DendroRem-Home](#)
- 19** PESTEMER W., GÜNTHER P. (1995) Growth inhibition of plants as a bioassay for herbicide analysis. Chemistry of Plant Protection. Vol. **11**: Analysis of pesticides in ground and surface water I. H.-J. Stan (Vol.-Ed.), 219-231.
- 20** TRAULSEN B.-D., SCHÖNHARD G. (1995) Schwermetalle in Böden von Ballungsgebieten. Forschungsreport **11**, 23-25.
- 21** REESE-STÄHLER G., KLEMENTZ D., PESTEMER, W. (1995) Gezielte Herstellung eines mit PCB 52 und BaP dotierten Bodens und rückstandsanalytische Bestimmung von PCB und PAK in Rieselfeldböden. Statusseminar Förderschwerpunkt "Ökotoxikologie" des BMBF 4. - 5.10.1994 in Neuherberg, 138-150.
- 22** WALKER A., CALVET R., DEL RE A.A.M., PESTEMER W., HOLLIS J.M. (1995) Evaluation and improvement of mathematical models of pesticide mobility in soils and assessment of their potential to predict contamination of water systems. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem), H. 307, 111 S., 24 Abb., 6 Tab.
- 23** LÜCKE, A., GÜNTHER, P., DIEKKRÜGER, B., PESTEMER, W., und RICHTER, O. (1995): Implementation of a herbicide simulation model in a geographical information system with an example of a site-specific application. Weed Research, **35**, 333-342.
- 24** LÜDERSDORF, M., FROST, M., und PESTEMER, W. (1995): Einfluß von Schadstoffen aus mehrfach kontaminierten Böden auf Gehölzpflanzen. Statusseminar Förderschwerpunkt "Ökotoxikologie" des BMBF 4. - 5.10.1994 in Neuherberg, 181-195.
- 25** LÜDERSDORF, M., FROST, M., und PESTEMER, W. (1996): Zur Aufnahme von PCB 52 und BaP in Gehölzpflanzen. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung - Schriftenreihe im Fachbereich Umwelt und Gesellschaft - Nr. 101. Tagungsband: Wissenschaftliche Tagung zum Forschungsschwerpunkt "Rieselfelder in Berlin und Brandenburg" (12.-13.10.1995), 125-133.
- 26** TRAULSEN, B.-D., SCHÖNHARD, G., und PESTEMER, W. (1996): Risikobewertung der Anwendung von Bioabfallkomposten auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. 108. VDLUFA-Kongress, 16.-21. Sept. 96, Trier.
- 27** PESTEMER, W., NORDMEYER, H., BUNTE, D., HEIERMANN, M., KRASEL, G., und WALTER; U. (1996): Herbiziddynamik im Boden (1986-1996). SFB 179: Teilprojekt A9. In: Landschaftsökologie und Umweltforschung, Sonderforschungsbereich 179 "Wasser- und Stoffdynamik in Agrarökosystemen", Abschlußbericht Band 2, ISSN 0170-7299, 537-597.
- 28** PESTEMER, W., und GÜNTHER P. (1997): Computer-gestütztes Nachzulassungsmonitoring von Pflanzenschutzmitteln im Boden. In: Strategien zum Bodenschutz in der pflanzlichen Produktion (Hrsg. G. Krasel, W. Pestemer u. G. Bartels). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem), H. 328, 163-176.
- 29** TRAULSEN B., SCHÖNHARD G., und PESTEMER W. (1997): Erfassung, Beurteilung und Sanierung schadstoffbelasteter Böden in Ballungsräumen. In: Strategien zum Bodenschutz in der pflanzlichen Produktion (Hrsg. G. Krasel, W. Pestemer u. G.



Bartels). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem), H. 328, 193-198. [DendroRem-Home](#)