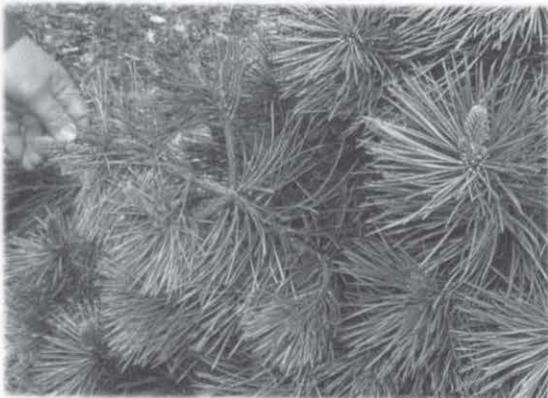


# NEUE GEFAHREN AUS DER LUFT?

## *Atmogenen Eintrag von Trichlor- essigsäure in die Vegetationen verschiedener Klimazonen*

Ludwig Weißflog und Klaus-Dieter Wenzel

Leichtflüchtige Chlororganika finden auf Grund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften in großem Umfang Anwendung als Reinigungs- und Entfettungsmittel in der textil- und metallverarbeitenden Industrie. Während für das Vorkommen von Methylhalogenen in der Umwelt sowohl natürliche als auch anthropogene Quellen in Frage kommen, sind alle anderen Vertreter dieser Substanzklasse Produkte der chemischen Industrie. So werden zum Beispiel derzeit jährlich weltweit 1,1 Millionen Tonnen Tetrachlorethen ( $C_2Cl_4$ ) und 0,6 Millionen Tonnen Trichlorethan ( $CH_3CCl_3$ ) hergestellt. Wegen ihrer hohen Flüchtigkeit, dem Betrieb veralteter Reinigungsanlagen und der Existenz von nicht ausreichend gesicherten industriellen Schadstoffdeponien wird mit einer jährlichen globalen Freisetzung von ca. 0,5 Millionen



*Bild 1: Untersuchungen an der Kiefernadel. Dieses Pinus ponderosa-Exemplar befindet sich an einem Messstandort in der Nähe von Ushuaia/Tierra del Fuego in Argentinien (Foto: Ludwig Weißflog)*



*Bild 2: Bei der Probenwerbung in der Nähe von Concepción in Chile (links der Pazifik, rechts der Rio Bio-Bio) (Foto: Ludwig Weißflog)*

Tonnen Tetrachlorethen und 0,6 Millionen Tonnen Trichlorethan in die Umwelt gerechnet. Diese Schadstoffe gelangen bei ihrer Emission sowohl in die Atmosphäre als auch in die Hydrosphäre. Aufgrund der hohen Industriedichte ist besonders die nördliche Hemisphäre von diesen Einträgen betroffen. Globale Windsysteme und Meeresströmungen sorgen jedoch für die Verteilung auch dieser chlororganischen Substanzen über den gesamten Erdball.



*Bild 3: Messstandort Potrerillos mit Blick auf die Anden (Foto: Ludwig Weißflog)*



Bild 4: Bei der Probengewinnung am Messstandort Puente del Suca (2800 Meter) in den argentinischen Hochanden (Foto: Ludwig Weißflog)

## *Erhöhung des ökotoxischen Potentials durch Stoffwandlung*

Während des Lufttransportes sind leichtflüchtige Chlororganika oxidativen, photolytischen und hydrolytischen Prozessen ausgesetzt. Diese können zu einer Veränderung ihrer ursprünglichen Struktur und damit ihrer chemischen und physikalischen Stoffeigenschaften sowie ihrer potentiellen biologischen Wirksamkeit führen. Es können also Umwandlungsprodukte entstehen, die für bestimmte Pflanzen mehr oder weniger toxisch sind. Die genannten atmosphärenchemischen Prozesse werden von klimatischen Faktoren, wie der Intensität der unterschiedlichen UV-Strahlungstypen, des Wasser- und Staubgehaltes sowie des Ozon- und Hydroxylradikalgehaltes in der Troposphäre, beeinflusst. Darüberhinaus spielen jedoch auch geogra-



Bild 5: Blick von der Forschungsstation Kislovodsk auf den Elbrus (Kaukasus), den höchsten Berg Europas. Die Forschungsstation gehört zum Institut für Atmosphärenphysik der Russischen Akademie der Wissenschaften. (Foto: Ludwig Weißflog)



Bild 6: Beim Einbau von Analysentechnik in das russische Messflugzeug (Foto: Klaus Seyfarth)

fische und meteorologische Gegebenheiten eine entscheidende Rolle für die Verteilung der Schadstoffe in den verschiedenen Ökosystemen der jeweils von entsprechenden Depositionen betroffenen Gebiete. Eine bei diesen atmosphärenchemischen Oxidationsprozessen unter anderem entstehende Substanz ist die Trichloressigsäure (TCE;  $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ). Diese Substanz wurde in den 50er Jahren international in der Landwirtschaft besonders als Herbizid gegen Gräser eingesetzt. Ihr Einsatz ist inzwischen in den OECD-Staaten untersagt.



Bild 7: Mit moderner Technik werden geeignete Analysenmethoden erarbeitet (Foto: Norma Neuheiser)

## Verbreitung atmogen gebildeter Trichloressigsäure

In den letzten zehn Jahren wurde der atmogene Eintrag von Trichloressigsäure in forstwirtschaftlich genutzte Fichten- und Kiefernbestände wissenschaftlich speziell unter dem Aspekt der europäischen Waldschadensforschung untersucht. Globale Betrachtungen der Wirkungen von TCE-Einträgen auf einzelne Wildpflanzenarten bzw. Wildpflanzengemeinschaften spielten hingegen eine untergeordnete Rolle. Vor drei Jahren begannen mit Hilfe internationaler Projekte Untersuchungen zur Deposition von TCE in besonders sensitive aride und semiaride Gebiete Südamerikas und Südost-Europas. Die im weiteren vorgestellten Messergebnisse basieren auf Biomonitoring-Untersuchungen an der Kiefernnadel (*Pinus sylvestris* L.). Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse lassen erkennen, dass sowohl in den von anthropogenen Aktivitäten nicht oder kaum beeinflussten Background-Gebieten Südamerikas als auch des westlichen Kaukasus TCE-Gehalte in Kiefernnadeln der entsprechenden Untersuchungsstandorte erfasst werden konnten.

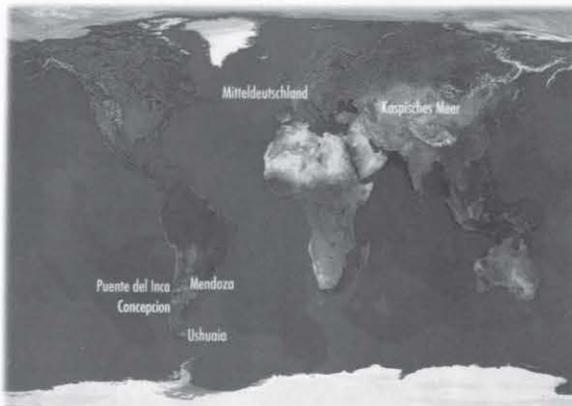


Bild 8: Geografische Lage der Untersuchungsstandorte

Standort	Vegetationszone	TCE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ Frischnadel)
Ushuaia, Tierra del Fuego (Argentinien), in Nähe von Kap Hoorn, 150 m N.N.	Gebirgswald	5,00
Concepcion, Pazifikküste (Chile), 50 m N.N.	Küstenwald	6,10
Patronillas, Ostseite der Anden (Argentinien), 1500 m N.N.	Gebirgswald	8,00
Zweigipfel, 40 km westlich von Morkau (Russland), 150 m N.N.	Osteuropäischer Mischwald	5,28
Khuchorpass, westlicher Kaukasus (Russland), 2200 m N.N.	Gebirgswald	3,54
Athy, östlicher Kaukasus (Russland), 1500 m N.N.	Gebirgswald	4,29
Elbrus-Massiv, mittlerer Kaukasus (Russland), 2000 m N.N.	Gebirgswald	5,28

Tabelle 1: TCE-Konzentrationen in zweijährigen Kiefernnadeln (*Pinus sylvestris* L.) an südamerikanischen sowie ost- und südosteuropäischen Background-Standorten

Tabelle 2 enthält dagegen Konzentrationsangaben in Kiefernnadeln von Messstandorten, welche sich teilweise bis zu 300 Kilometer entfernt im Lee von in Frage kommenden Emittenten befinden. Dabei liegen die besonders betroffenen Standorte in der Hochgebirgssteppe der Anden östlich von Santiago de Chile und in der südrussischen Steppe nordöstlich des Kaspischen Meeres.

Standort	Vegetationszone	TCE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ Frischnadel)
Concepcion, Industriezone (Chile), ca. 150 m N.N.	Halbwüste	14,25
Puente del Inca, Ostseite der Hochanden (Argentinien), 2800 m N.N.	Gebirgs-Steppe	43,10
Astrachan-Macalova (Russland), 50 m N.N.	Halbwüste	27,40
Cernye Jar, 180 km nördlich von Astrachan (Russland), 110 m N.N.	Halbwüste	10,37
Gadschur, ca. 120 km südlich von Wolgograd (Russland), 200 m N.N.	Schwarzmeer-Steppe	68,91
Elsto (Russland), 180 m N.N.	Schwarzmeer-Steppe	10,07

Tabelle 2: TCE-Konzentrationen in zweijährigen Kiefernnadeln (*Pinus sylvestris* L.) an belasteten südamerikanischen sowie ost- und südosteuropäischen Standorten

Vergleichswerte zur regionalen TCE-Belastung des semihumiden Mittel- und Norddeutschlands wurden innerhalb eines weiteren Drittmittelprojektes und eines UFZ-Verbundprojektes erhoben (Tabelle 3).

Standort	Vegetationszone umangegrüner Wald	TCE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ Erdschmelz)
Ringsdorf (Brandenburg)	Nadel-Laubmischwald	36,58
Jessen/Elster (Brandenburg)	Kiefernforst	41,44
Emden (Sachsen-Anhalt)	Kiefernforst	37,13
Dübener Heide (Sachsen-Anhalt)	Kiefernforst	27,26
Gerrode/Horz (Sachsen-Anhalt)	Nadel-Laubmischwald	19,07
Hettstedt (Sachsen-Anhalt)	Kiefern-Laubmischwald	90,83
Serrahn/Nationalpark Müritz (Meckl.-Vorp.)	Kiefern-Laubmischwald	25,35
Kap Arkona/Insel Rügen (Meckl.-Vorp.)	Kiefern-Laubmischwald	30,69

Tabelle 3: TCE-Konzentrationen in zweijährigen Kiefernnadeln (*Pinus sylvestris* L.) an belasteten Standorten in Mittel- und Norddeutschland

Beim globalen Vergleich aller Werte ist ersichtlich, dass auch an nichteuropäischen Standorten, welche nicht unmittelbar von industriellen und urbanen Belastungen betroffen sind, TCE-Einträge festgestellt werden können, die mit denen des belasteten Mitteleuropas vergleichbar sind. Gezielte Einträge dieser phytotoxischen Substanz können an allen Messstandorten ausgeschlossen werden. Es kommen deshalb nur Depositionen der als Sekundärschadstoff atmosphärenchemisch durch Oxidation von leichtflüchtigen C2-Chlorkohlenwasserstoffen gebildeten Trichloressigsäure in Betracht.

## Ausblick

Vor dem globalen Hintergrund ökonomischer Auswirkungen sind folgende ökotoxikologischen Fragestellungen, die mit dem Eintrag atmonen gebildeter TCE in sensitive terrestrische Ökosysteme verbunden sind und eine hohe gesellschaftspolitische Brisanz aufweisen, derzeit Forschungsgegenstand unserer nationalen und internationalen Projektgruppen:

Führt der Eintrag von atmonen gebildeter Trichloressigsäure in semiaride Steppen- und aride Wüstensteppengebiete Südrusslands infolge phytotoxischer Wirkungen:

- zur Schädigung von dominanten Pflanzenarten beziehungsweise Pflanzengemeinschaften?
- zur Verminderung der pflanzlichen Bodenbedeckung und damit zur weiteren Beschleunigung der in dieser Region zu beobachtenden Wüstenausbreitung?



Bild 9: Kalmückische Wüstenlandschaft in der Nähe des Kaspischen Meeres (Foto: Ludwig Weißflog)

- zur Ertragsminderung in der Vieh- und Feldwirtschaft (abnehmende Biomasseproduktion) und damit zu sozio-ökonomischen Folgen, wie z.B. Landflucht?

Sind vergleichbare TCE-Depositionen in die Vegetation der Anrainerstaaten des Mittelmeeres zu beobachten, die bei entsprechendem Vorhandensein gleichfalls Einfluss auf die zunehmende Desertifikation von bisher fruchtbaren Landschaften nehmen könnten?



Bild 10: Wüstenlandschaft in der Nähe von Astrachan (Südrussland) (Foto: Ludwig Weißflog)

Führt der Eintrag atmonen gebildeter Trichloressigsäure in die Vegetation semiarider und arider Gebiete der Anden zur Minderung der pflanzlichen Bodenbedeckung und damit zu einem zunehmenden Erosionsrisiko durch Wind und Wasser?

Wird die Bereitstellung von Trink- und Bewässerungswasser für große urbane Ballungszentren und bedeutende Agrarregionen in Chile und Argentinien durch atmogene TCE-Einträge in Wassereinzugsgebiete, welche in den Gebirgsmatten und -steppen der chilenischen und argentinischen Hochanden liegen, verteuert?

### *English Abstract*

*New hazards from the air?  
Atmospheric input of trichloroacetic acid into the  
vegetation of various climatic zones*

Large quantities of highly volatile chlorohydrocarbons are used as cleaning and decreasing agents in the textile and metal-processing industries. About 1.1 million tons of *tetrachloroethene* ( $C_2Cl_4$ ) and 0.6 million tons of *trichloroethane* ( $CH_3CCl_3$ ) are produced worldwide every year. According to their high volatility together with the use of overaged industrial plants some 0.5 million tons of *tetrachloroethene* and 0.6 million tons of trichloroethane have been estimated to be annually released into the atmosphere during and after the use of these substances. Because of the high industrial density the northern hemisphere is particularly affected. However, these organohydrocarbons are also distributed all over the world by the global wind systems. During their air transport the two mentioned chemical compounds will be oxidized to *trichloroacetic acid*, a highly phytotoxic substance. This is deposited worldwide in the biosphere in different concentrations.

# JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT

1996 - 1997

Gewässerforschung Magdeburg

RS

## *Jahresbericht 1996-1997*

*Herausgeber:*

UFZ-Umweltforschungszentrum  
Leipzig-Halle GmbH  
Mitglied der Hermann von Helmholtz-  
Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren  
(HGF)  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig  
Telefon 0341/235-0

*Konzept und Redaktion:*

Dipl.-Chem. Doris Böhme  
Dipl.-Agr.-Päd. Susanne Hufe  
Telefon 0341/235-2278

*Translation:*

Abbey & Friedrich GbR  
»The english people«, Leipzig

*Fotos:*

Norma Neuheiser u. a.

*Luftbilder S. 118, 128:*

Aerokart Delitzsch

*Titel- und Layoutgestaltung,*

*Foto S. 8/16 und Produktion:*  
Peter Barczewski

*Satz:*

Silvio André  
Karsten Heim  
Bernd Jünger  
Kerstin Kummer

*Belichtung:*

Design To Print GmbH

*Druck und Verarbeitung:*

Messedruck Leipzig GmbH

© August 1998

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige  
Verwendung nur nach vorheriger Absprache  
mit dem UFZ gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlichem,  
chlorfrei gebleichtem Papier

ISSN 0948-6925