



Umweltgutachten anhand von Phytoscreening und dendrochemischer Forensik

Bäume im Dienste der Altlastensanierung

Simon Pinzelli (BG Genève)
simon.pinzelli@bg-21.com
Tel.: +41 (0)22 979 23 21 (direkt)

Jean-Christophe Balouet
JCBalouet@aol.com
Tel.: +33 (0)344 39 73 12 (direkt)



Methoden der Phytoforensik

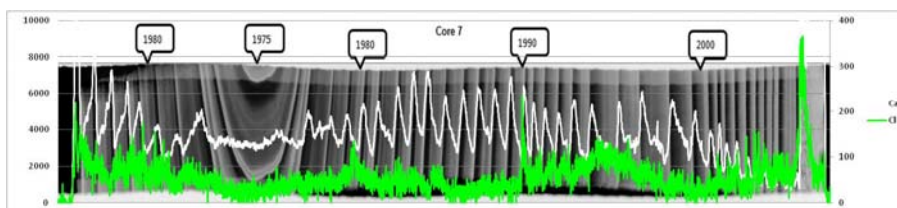


- Die Methoden in Kürze:
 - Phytoscreening
 - Dendrochemische Forensik

- Phytoforensik: Analyse von Pflanzen (Bäumen) als Bioarchiv früherer Verschmutzungen
- **Phytoscreening:** Nachweis aktueller Kontaminationen in Holzproben aus den äusseren Jahrringen, welche über den Pflanzensaft kontaminiert wurden
- Schadstoffe aus Boden und Grundwasser gelangen über das Wurzelsystem mit dem Saft in den Stamm (GW ↓ Soil).
- Entnahme von kleinen Baumkernproben aus den äusseren Holzschichten des Baumes
- 40-mal kostengünstiger als konventionelle Probenahme mittels Bohrung
- Unabhängige Nachweislinie, leicht zu erklärende Methode, für Gerichte geeignet



PIT: Pollution Investigation by Trees: internationales Programm der ADEME, 26 Mitglieder aus 6 Ländern (2011/2013)



- **Dendrochemische Forensik:** Untersuchung der Schadstoffeinlagerungen in den Jahrringen zur zeitlichen Bestimmung eines Schadstoffeintritts – Bäume als «Blackbox»
- Probenahme am Stamm mittels Zuwachsbohrer
- Präziseste bekannte Methode zur Ereignisdatierung (Jahr/Jahreszeit)
- Historisch begründet durch Theophrastos (332 v. Chr.) und Leonardo da Vinci (1560 n. Chr.); Aufschluss über klimatische Wachstumsbedingungen
- Methode in Dutzenden von Fällen erprobt (Vulkanausbrüche, Dammbrüche, massive Schadstoffaustritte), in Publikationen erörtert, in mehreren Ländern angewandt und von Gerichten zugelassen (USA, Deutschland, Frankreich, Belgien), von Behörden genutzt (u. a. Frankreich, USA, Schweiz)

■ Phytoscreening

- Entnahme kleiner Baumkernproben (1 cm lang) aus den **äußeren Holzschnitten** mittels Hohlbohrer
- Analyse der **saftführenden Schichten**
- Rasche Diagnose möglich (z. B. 50 Proben aus einer 1 km langen Ausbreitungszone pro Tag)
- Kartierung der Schadstoffausbreitung im Untergrund (Grundwasser und Boden)
- Rasche Identifizierung von Verschmutzungsherden

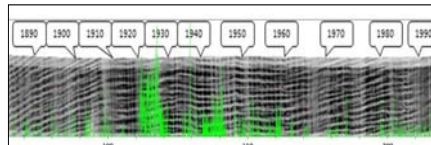


Präsentation ChloroForum, Bern



■ Dendrochemische Forensik

- Entnahme von Baumkernproben (20–30 cm lang) mittels Zuwachsbohrer
- Analyse der **Jahrringe**
- Datierung einer Kontamination und ihrer zeitlichen Entwicklung
- Ermittlung des Verantwortungsgrades (Festlegen von Schlüsseln für die Aufteilung der Sanierungskosten)

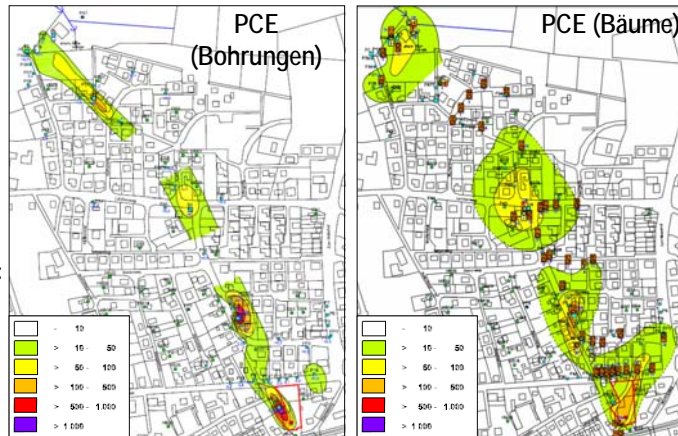


7. März 2012 5

Phytoscreening

Darstellung einer PCE-Fahne mit konventioneller Methode und mit Phytoscreening

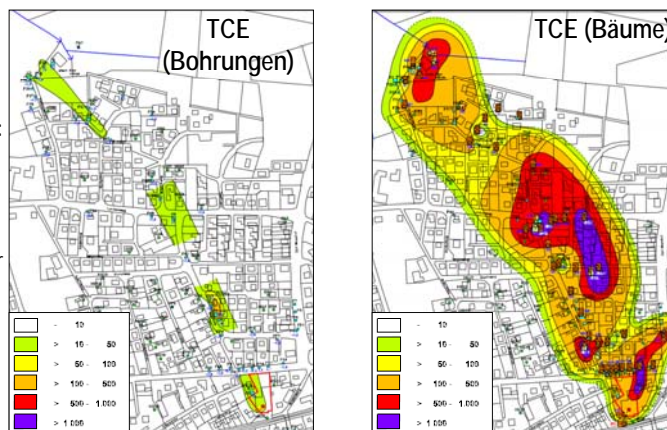
- Gegenüberstellung der mittels traditioneller Methode (Bohrung) bzw. mittels Phytoscreening ermittelten PCE-Ausbreitung
- Bohrung (links):** ppb im Grundwasser (>5)
- Phytoscreening (rechts):** ppt im Pflanzensaft
- Aufgrund unterschiedlicher Einheiten (ppt vs. ppb) wird die Verschmutzungsfahne verschieden breit dargestellt.



Studie durchgeführt von Environnement International und HPC Envirotec

Darstellung einer TCE-Fahne mit konventioneller Methode und mit Phytoscreening

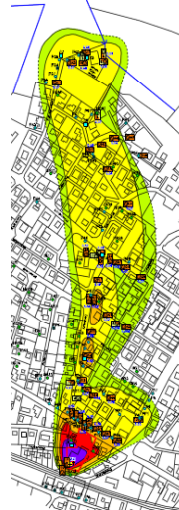
- Bohrung (links):** ppb im Grundwasser (>5)
- Phytoscreening (rechts):** ppt im Pflanzensaft
- Auch hier wird die Verschmutzungsfahne aufgrund unterschiedlicher Einheiten (ppt vs. ppb) verschieden breit dargestellt.
- Dank Phytoscreening konnten indessen verschiedene Hotspots für TCE und PCE identifiziert werden.



Studie durchgeführt von Environnement International und HPC Envirotec

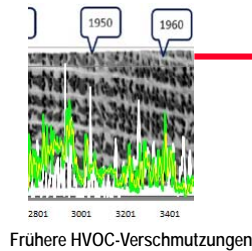
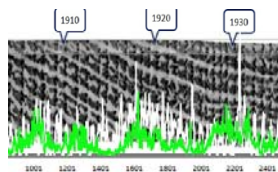
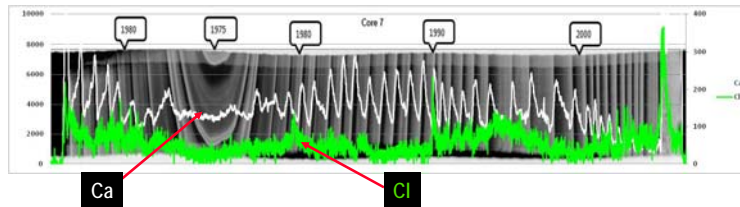
Kartierung des PCE-TCE-Verhältnisses mittels Phytoscreening

- Die Kartierung des PCE-TCE-Verhältnisses bestätigt die Lage des Verschmutzungsherd.
- Leicht und rasch umsetzbare und nichtinvasive Methode
- Kostengünstiger als konventionelle Verfahren
- Phytoscreening als geeignetes Verfahren zur Abgrenzung von Ausbreitungszonen
- Leistungsfähiges semi-quantitatives Kartierungstool, namentlich für die Voruntersuchung



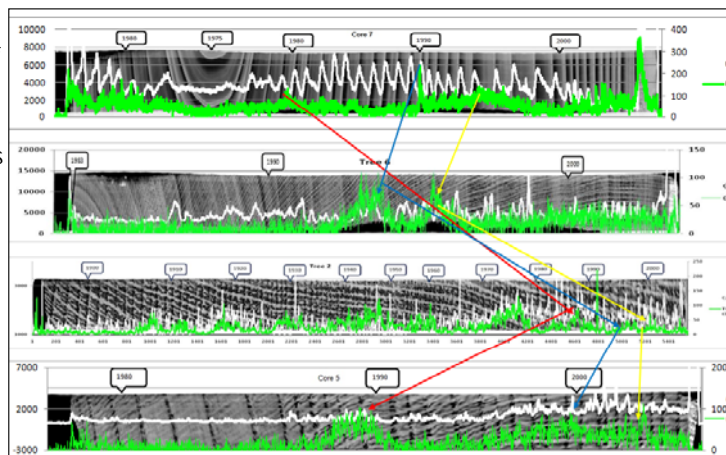
Dendrochemische Forensik

- Multi-Element-Signatur
- Weiss: Calcium
- Grün: Chlor
- 33 weitere untersuchte Elemente von Mg bis Bi lassen Umwelteinflüsse erkennen.



Verschmutzungsursache durch historische Untersuchung bestätigt: Brand vom 22. April 1949, Zerstörung eines anderen Gebäudes durch eine Explosion 1948

- Sparsamkeitsprinzip**
- Die Hypothese muss auf möglichst einfachen und möglichst wenigen Prinzipien beruhen.
- Für jeden Schadstoffpuls findet sich ein Nachweis in den Bäumen.
- Hier: 5 Schadstoffpulse in Baum 2 erkennbar, die Nachweise der jeweiligen Schadstoffpulse sind nahe der Quelle früher und mit zunehmender Entfernung später datiert.
- Migration der Verschmutzungsfahne.



Sparsamkeitsprinzip oder Ockhams Rasiermesser: Die einfachsten Hypothesen sind stets die wahrscheinlichsten.
«Von mehreren möglichen Erklärungen ein und desselben Sachverhalts ist die einfachste Theorie allen anderen vorzuziehen.» (nach Hubert Reeves)

- In der historischen Untersuchung wurden 5 Schadstoffpulse (A, B, C, D und E) ermittelt. Deren Nachweise an 4 verschiedenen Orten lassen sich entsprechend der Migration der Schadstoffe auf unterschiedliche Jahre datieren.
- In jüngeren Bäumen konnten gewisse Schadstoffpulse nicht mehr nachgewiesen werden.

