

# Thermische In-situ-Sanierung mit dem THERIS-Verfahrens - Erfahrungen beim Einsatz unter genutzten Gebäuden

*Uwe Hiester, Volker Schrenk*

*reconsite – TTI GmbH, Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart*

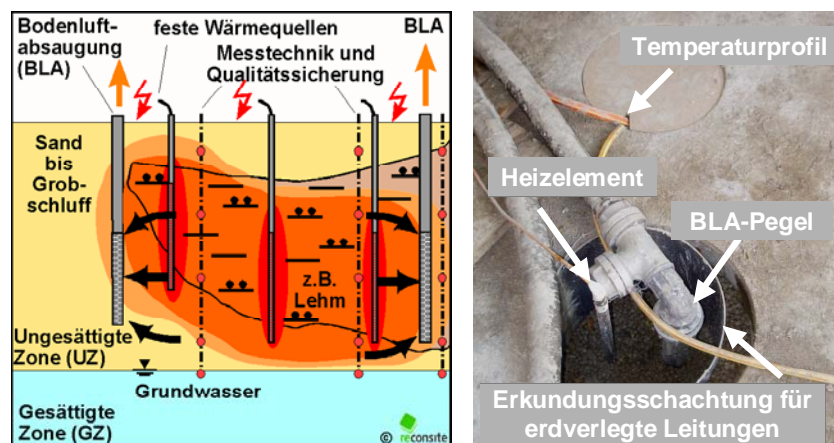
*Frank Pietscher*

*BAUER Umweltgruppe, In der Scherau 1, 86529 Schrobenhausen*

## Kurzfassung

Belastete Grundstücke sind am Immobilienmarkt schwer bis gar nicht zu handeln. In vielen Fällen wird zur Unterbindung eines Verkaufes der Verkehrswert belasteter Grundstücke im Grundbuch mit „null“ eingetragen.

Thermische In-situ-Sanierungen sind in der Lage, auch hochbelastete Schadensbereiche innerhalb weniger Wochen effizient zu reinigen. Hierbei kommen aktuell auch Anwendungen im urbanen Umfeld zum Einsatz. reconsite – TTI GmbH erstellt u.a. Lösungskonzepte zur Bewältigung der besonderen Anforderungen in baulichen Mischgebieten (Wohnen und Arbeiten). Das standortspezifische Sanierungsmanagement eröffnet Kunden, Sanierungspflichtigen und Anwohnern neue Möglichkeiten zur effizienten Altlastenbeseitigung, da die Umsetzung von Ex-situ-Sanierungen (Ausbaggern oder -bohren) i. d. R. aufgrund des Umfeldes unverhältnismäßig oder infolge von Bebauung unmöglich sind.

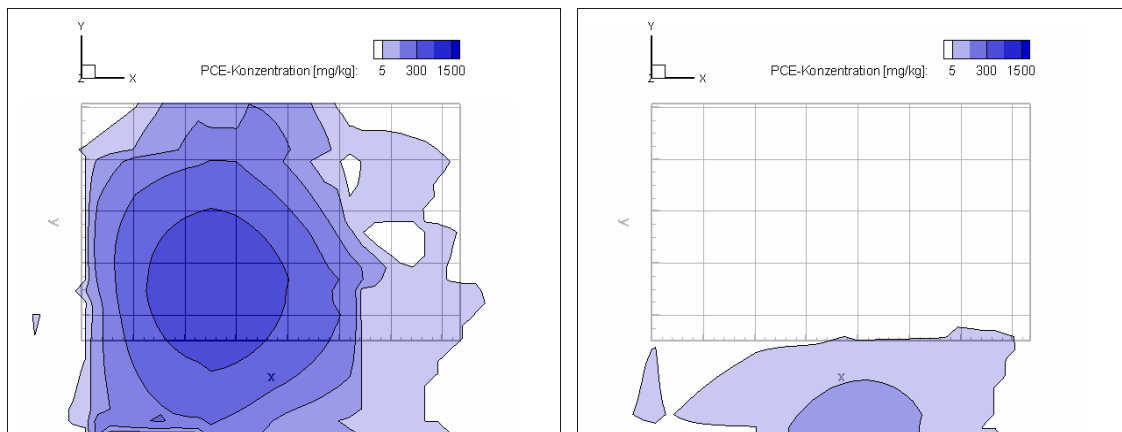


**Abbildung 1: Prinzipskizze des THERIS-Verfahrens (links), Beispiel einer THERIS-Installation zur Reinigung unter einem Gebäude (rechts)**

Die Art des Energieeintrags zur Bodenerwärmung bei thermischen In-situ-Sanierungen ist maßgeblich von der Bodendurchlässigkeit und den Schadstoffen abhängig. Beim

THERIS-Verfahren werden elektrisch betriebene Wärmequellen vornehmlich in bindigen Bodenschichten eingebaut (Abb. 1). Mit fortschreitender Erwärmung steigen exponentiell der Dampfdruck und der Henry-Koeffizient, wodurch flüssige Schadstoffe beschleunigt in die Gasphase überführt werden und dann über eine Bodenluftabsaugung aus dem Untergrund entfernt und konventionell gereinigt werden. Derzeit werden mit dem THERIS-Verfahren an verschiedenen Standorten u.a. CKW-Sanierungen auch unter Gebäuden ausgeführt.

Am Standort THERIS-II wurde über vier Jahre eine „kalte“ Bodenluftabsaugung (kBLA) bei natürlichen Untergrundtemperaturen von ca. 10 °C mit drei BLA-Pegeln betrieben, um die bestehende PCE-Belastung in der ungesättigten Bodenzone zu beseitigen. Trotz mehrjährigem BLA-Betrieb wurden anhand von Bodenanalysen auf einer Grundfläche von ca. 120 m<sup>2</sup> noch etwa 220 ± 50 kg PCE in einem bindigen Bodenpaket (Lehm, Mergel, Schluff) zwischen 4 und 7 m u.GOK erwartet. Die PCE-Verteilung nach über vier Jahren „kalter“ BLA ist in Abb. 2 (links) dargestellt.

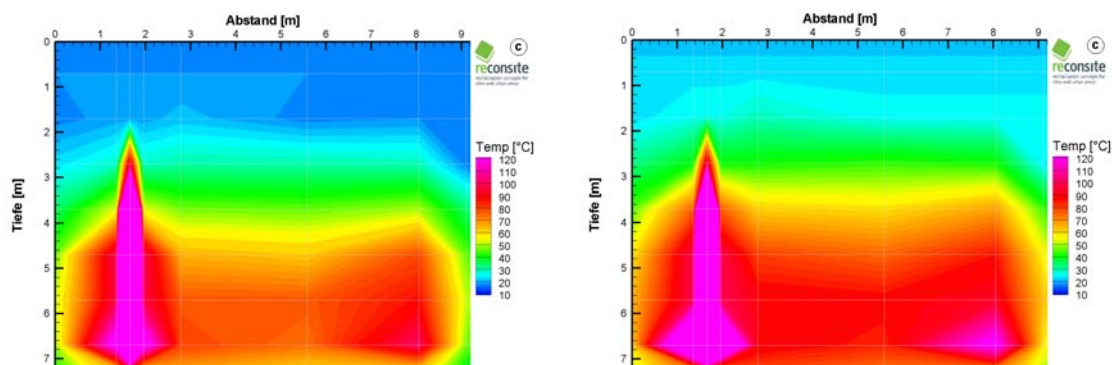


**Abbildung 2: Schadstoffverteilung in 5,5 m u.GOK im Sanierungsbereich (kariert) nach über vier Jahren „kalter“ BLA (links) und nach sechs Monaten THERIS-Betrieb (rechts). Die Belastungen im nicht karierten Bereich werden im nächsten Bauabschnitt saniert.**

Für die THERIS-Sanierung wurde zusätzlich zu den 23 Heizelementen die bestehende BLA um weitere neun Pegel ergänzt. Der Großteil der Installation befand sich unter einem Gebäude. Durch den Einbau eines Zwischenbodens im Gebäude für die Dauer der Sanierung konnten Nutzungseinschränkungen weitestgehend vermieden werden. Eine gute Absprache mit den Anwohnern und deren Kooperation ermöglichten eine zügige Anlageninstallation binnen weniger Tage.

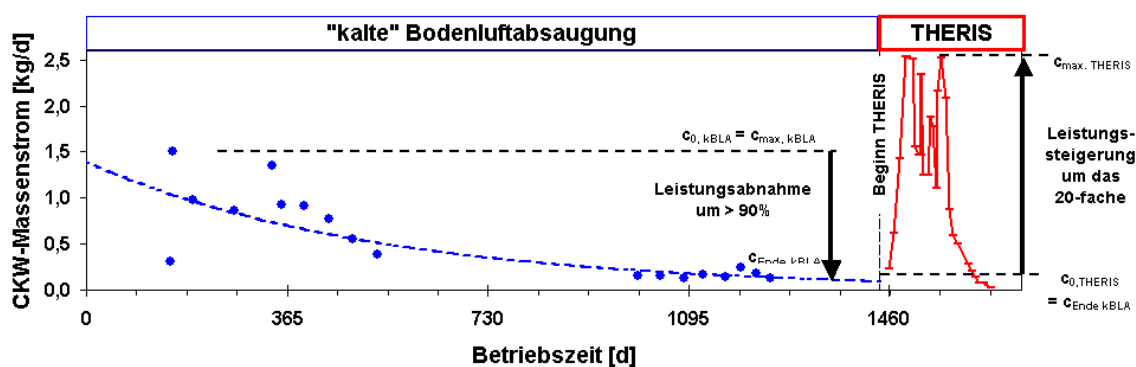
Nach dem Errichten der neuen BLA-Pegel wurden zunächst nur diese in Betrieb genommen und ein Massenausstrag von etwa 1 kg PCE/d gemessen. Danach begann mit dem Einschalten der Heizelemente die THERIS-Sanierung. Bereits nach zwei Wochen wurde eine deutliche Erwärmung des Untergrundes detektiert. Die Erwärmung des

Untergrundes auf etwa 80°C war nach sechs Wochen erreicht und wurde für die Dauer des fortschreitenden Sanierungsverlaufes quasi konstant gehalten (Abb. 3).



**Abbildung 3: Temperaturverteilung im Sanierungsbereich zwischen 3,5 und 7 m u.GOK nach vier (links) bzw. sechs Wochen THERIS-Betrieb (rechts)**

In Abb. 4 sind exemplarisch die Austragsfrachten an einem Sammelstrang dargestellt. Dieser wurde sowohl bei der „kalten“ BLA als auch bei der THERIS-Sanierung unter gleichen Bedingungen (Aggregat, Unterdruck usw.) betrieben. Bei der „kalten“ BLA war der verfahrenstypische, kontinuierliche Rückgang der Austragsfracht aufgrund der diffusionslimitierten Nachlieferung von Schadstoff in die Gasphase zu verzeichnen, wodurch die Austragsleistung innerhalb von vier Jahren um > 90 % zurück ging. Beim THERIS-Verfahren stiegen verfahrenstypisch die Austragsfrachten durch die temperaturbedingte Beschleunigung der Schadstoffverdampfung. Die Leistungssteigerung betrug an diesem Sammelstrang das 20-fache (2,5 kg/d) der Initialfracht (125 g/d).



**Abbildung 4: Exemplarischer Schadstoffaustrag aus einem BLA-Sammelstrang im Randbereich der derzeitigen THERIS-Sanierung**

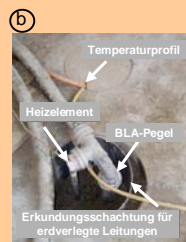
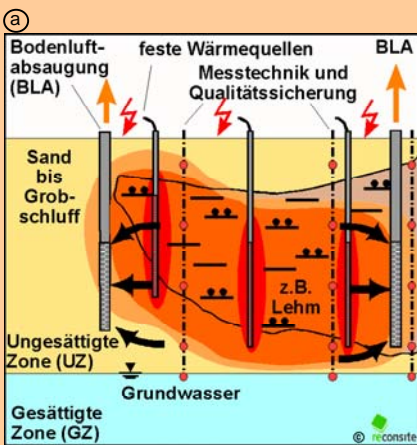
Innerhalb der ersten sechs Monate wurden an dem Standort mit dem THERIS-Verfahren statt der erwarteten  $220 \pm 50$  kg PCE über 1.400 kg CKW entfernt und der Untergrund nachhaltig gereinigt (Abb. 2, rechts). Auch bei einer optimistischen Leistungseinschätzung der „kalten“ BLA wären bei einem Weiterbetrieb derselben für den gleichen Massenaustrag mindestens weitere 15 Jahre zu veranschlagen gewesen.

reconsite – Revitalisierungskonzepte für Brachflächen und städtische Gebiete, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart  
BAUER Umweltgruppe, In der Scherau 1, D-86529 Schrobenhausen

Die thermischen In-situ-Sanierungsverfahren TUBA (Dampf-(Luft-)Injektion) und THERIS (feste Wärmequellen) ermöglichen eine Reinigung des Untergrundes binnen weniger Wochen oder Monate. Die Kosten werden hierbei von der Kubatur des thermisch zu behandelnden Bodenvolumens, der Geologie, der Hydrogeologie und der Schadstoffzusammensetzung dominiert. Der Einsatz in hochbelasteten Bereichen (Schadensherd) ist daher besonders ökonomisch.

Diese In-situ-Sanierungsverfahren können zudem unter Gebäuden eingesetzt werden. Aktuelle Ergebnisse von THERIS-Anwendungen zeigen, dass die bestehende Gebäudenutzung auch während der Sanierungsdurchführung beibehalten werden konnte.

## THERIS-Verfahren (feste Wärmequellen)



### Wärmeeintrag und -ausbreitung:

- elektrisch betriebene Heizelemente
- Ausbreitung vornehmlich konduktiv (Abb. 3a)

### Wesentliches Sanierungsprinzip:

- beschleunigte Überführung der flüssigen Schadstoffe (NAPL) in die Gasphase
- Wasserdampf-Destillation bei leicht- bis mittelflüchtigen Schadstoffen (LCKW, BTEX, MKW) (Abb. 2)
- Erhöhung der Gasdurchlässigkeit
- Absaugung der Schadstoffe über BLA

### Einsatzbereiche:

- derzeit vornehmlich ungesättigte Bodenzone
- Sand, Schluff, Lehm, Ton
- leicht- bis schwerflüchtige organische Schadstoffe (LNAPL und DNAPL)

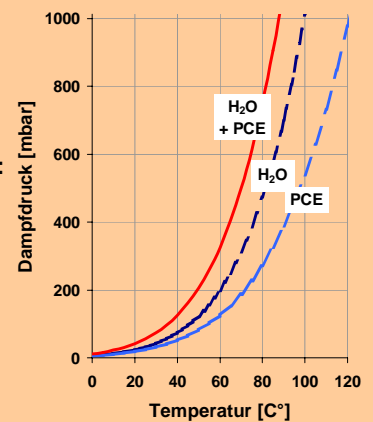


Abb. 2: Prinzip der Wasserdampf-Destillation (Gemischten von Wasser & NAPL)

Abb. 1: a) Verfahrensprinzip THERIS, b) Beispiel einer Installation, c) Gebäudenutzung während einer THERIS-Sanierung

## Beispiel einer Herdsanierung mit dem THERIS-Verfahren unter einem genutzten Gebäude

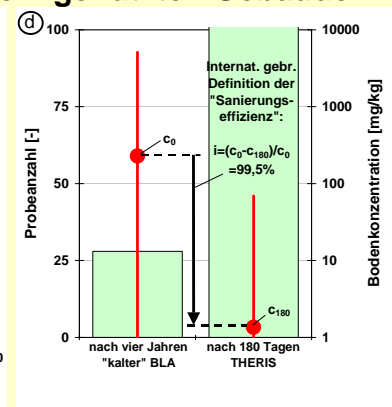
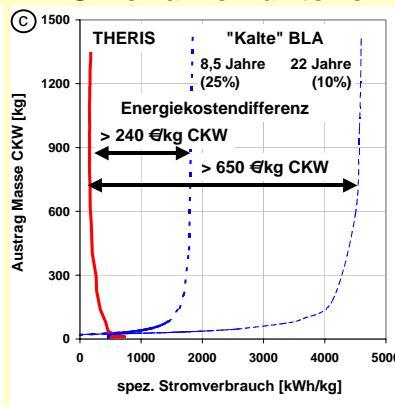
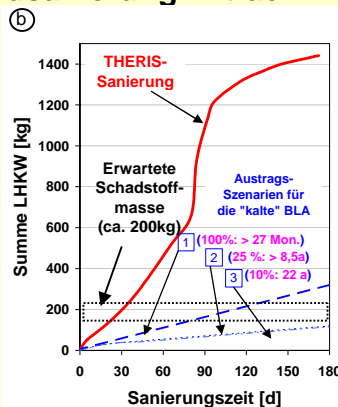
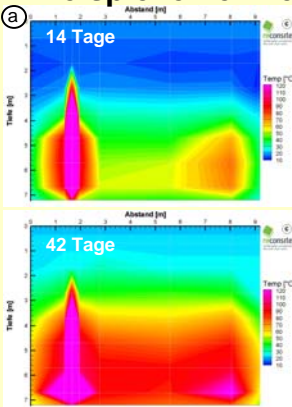


Abb. 3: a) Bodentemperaturen im Sanierungsbereich nach 14 und 42 Tagen, b) Schadstoffausstrag THERIS und prognostizierte Laufzeit einer „kalten“ BLA, basierend auf der Abnahme der gemessenen Initialfracht beim Weiterbetrieb der kBLA, c) spezifischer Energieverbrauch und Differenz der spezifischen Energiekosten zwischen THERIS und der „kalten“ BLA, d) „Sanierungseffizienz“ des THERIS-Verfahrens nach 6 Monaten: 99,5%

Die thermische In-situ-Sanierung THERIS bietet:

- eine **zuverlässige In-situ-Sanierung bindiger Böden** in einigen Wochen bis **wenigen Monaten**
- gegenüber einer „kalten“ Bodenluftabsaugung einen **signifikant geringeren spezifischen Energieverbrauch und -kosten**
- eine **Einschränkung der Gebäudenutzung** nur während der **Installationsphase** und bei **Wartungsarbeiten**
- quasi **keine Einschränkung** der Gebäudenutzung (Werkstätte, Lagerraum u.ä.) durch den **laufenden Betrieb**
- die Aufrechterhaltung einer möglichen **Wohnnutzung** in **benachbarten Gebäudeteilen** oder **Geschossen**
- eine deutliche **Senkung der Sanierungskosten**