

Erkundung von Erdfallstrukturen in der Metropolregion Hamburg und Lüneburg mit dem Georadar (Ground Penetrating Radar) *Poster*

Nils Buurman¹ C.-D. Reuther¹

Der oberflächennahe geologische Untergrund Norddeutschlands wird durch das Auftreten zahlreicher Salzvorkommen geprägt. Während der Triaszeit und des unteren Juras herrschte ein E-W gerichtetes, extensives tektonisches Regime vor. Durch zusätzliche Umlagerung klastischer Sedimente wurden darunter liegende Salzmassen permischen Alters (Zechstein) aus Tiefen von bis zu 5000 Metern an die Erdoberfläche empor gepresst. Durch diesen Salzaufstieg wurden darüber liegende mesozoische Schichten durchschlagen, randlich der Salzdiapire deformiert und teilweise mitgeschleppt. Eine letzte Phase salztektonischer Aktivitäten während der oberen Kreide und des unteren Tertiärs zeichnet sich zum einen durch weiteren Salzaufstieg aus und zum anderen durch horizontale Einengung der Salzstöcke. Begleitgesteine der Salze, wie Gips, Anhydrit, und Karst, sowie Tertiäre und Quartäre Ablagerungen überlagern die Salzstöcke mit unterschiedlichen Mächtigkeiten.

Das humide Klima Norddeutschlands begünstigt natürliche Auslaugungsprozesse (Subrosion) der Evaporite durch Grundwasser. Je nach Tiefenlage des Salzspiegels (Salzstock Lüneburg: -20 bis -40 m; Salzstock Othmarschen-Langfenelde (Hamburg): ca 0 bis -250 m) kann es zu intensiver

Hohlraumbildung im tieferen Untergrund kommen. Die fortschreitende Vergrößerung einer solchen Höhle steht in Abhängigkeit zur Intensität der Lösungsprozesse, während die Stabilität des Hohlraumes zusätzlich von der Materialbeschaffenheit abhängt. So können feste Gesteine oder bindige Böden zwar ein stabiles Höhlendach bilden, jedoch ist bei andauernden Lösungsprozessen langfristig ein statisches Versagen des Höhlendaches unvermeidlich. Der damit verbundene Kollaps und die Verfüllung des Hohlraumes mit Sediment spiegelt sich häufig in Form von sub-zirkularen und konischen Einsturzröhren oder weitläufigen morphologischen Trichtern an der Erdoberfläche wieder. Die Terminologie der Erdfälle wird anhand der Subsidenzrate gewählt. Man unterscheidet in der Hauptsache zwei Typen von Erdfällen: zu einen den *dropout-type*, welcher durch schlagartiges Versagen des Höhlendaches und einem abrupten Kollaps der Erdoberfläche charakterisiert ist, und zum anderen der *suffosion-type*, welcher eine langsame Verfüllung der Höhle durch Spalten im Höhlendach und ein allmähliches Nachsackens der Erdoberfläche nach sich zieht. Während der *dropout-type* in der Regel immer mit einem hohen Georisiko eingeschätzt werden muss, hängt die Georisikenabschätzung bei dem *suffosion-type* von der Subsidenzrate, dem Massenverlust und der räumlichen Ausbreitung der Subsidenzstruktur ab. Gewöhnlich werden die morphologischen Depressionen durch Erosionsprozesse mit Sediment oder Wasser wiederverfüllt, während im tieferen Untergrund die Lösungsprozesse der Evaporite weiter voranschreiten. Da die höhlenreichen Deckgesteine den ganzen Salzdom überlagern, treten

¹ Geologisch Paläontologisches Institut, Universität Hamburg, Bundesstraße 55, 20146 Hamburg, Germany

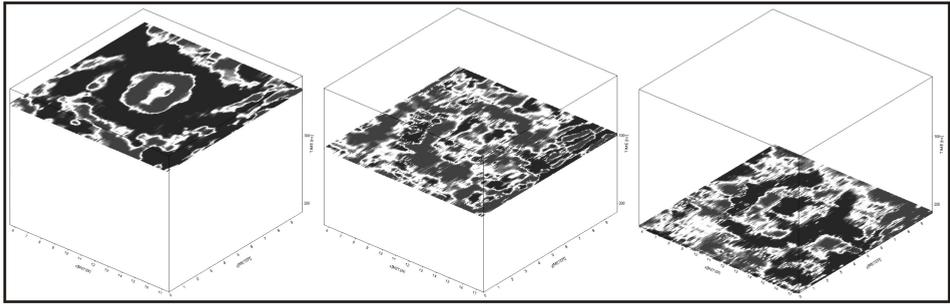


Abbildung 1: GPR-Daten: 3D-Darstellung eines verborgenen Erdfalles (*dropout-type*) in Hamburg; die Zeitfenster entsprechen jeweils Tiefen von 1.1, 5.5 und 11.2 m.

Erdfälle meist räumlich weit verteilt auf und erstrecken sich entlang von lösungsbegünstigten Bereichen wie Verwerfungen oder dem Kontakt zwischen Salzstockrand und Grundgebirge.

Für die Gewährleistung der Standsicherheit von Gebäuden, Industrieanlagen, Verkehrswegen etc. in urbanen Gebieten, ist das Wissen über die Stabilität des Untergrundes von entscheidender Wichtigkeit. Aktive Erdfallregionen wie in der Metropolregion Hamburg und in der Stadt Lüneburg bürgen ein erhöhtes Georisiko für die gesamte Infrastruktur in sich. In den vergangenen zwei Jahrhunderten wurden im Stadtgebiet Hamburgs ca. vierzig potentielle Erdfallerscheinungen dokumentiert. Die meisten von ihnen befinden sich am SW-Rand des Othmarschen-Langenfelde Diapir (OLD). Dabei handelt es sich überwiegend um eine Vielzahl kleinräumiger Strukturen des *suffosion-type*, welche innerhalb einer N-S streichenden Depression, der Bahrenfelder Senke, auftreten. Zur Aufnahme der räumlichen Ausbreitung und der Darstellung des Deformationsstils der im Untergrund verborgenen Kollapsröhren und Einsturztrichter benutzen wir das Georadar (GPR). Obwohl die langsame Kriechbe-

wegung des Untergrundes ein nur moderates Georisiko darstellt, zeigen vor allem Hausfassaden und Straßenbeläge in der betroffenen Umgegend sichtbare Schäden. GPR-Untersuchungen verdeutlichen, dass Kellerbereiche, Fundamente und Straßen direkt oberhalb von verborgenen Abbruchkanten, Gleitflächen und Bereichen starker Bodenunruhe errichtet worden sind. Sedimentäre Strukturen im zentralen Bereich der Erdfälle dokumentieren unterschiedliche Deformationsereignisse, was auf eine Reaktivierung, also eine wiederholte Abfolge von Oberflächeneinbrüchen mit anschließender Wiederverfüllung an ein und der selben Lokalität hinweist. Die Reaktivierung lässt sich durch anhaltende Lösungsprozesse im tieferen Untergrund erklären. Eine zweite weitläufige Depression oberhalb des westlichen Randes des OLD, die Flottbeker Senke, streicht ebenfalls in N-S Richtung. Ihr nordwestlicher Rand zeigt steile morphologische Stufen im Gelände, welche direkt zum Erdfallzentrum eines *dropout-types* hin abfallen. Während des letzten Jahrhunderts wurden hier drei Einsturzbeben dokumentiert (1928, 1963, 2000). GPR-Daten belegen anhand von verborgenen Abbruchkanten

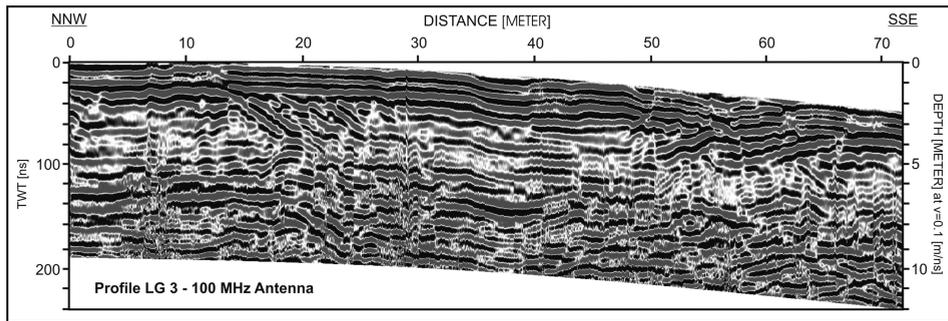


Abbildung 2: GPR-Profil: verborgene Abbruchkanten innerhalb des Einsturztrichters eines Erdfalles (*suffosion-type*) in Lüneburg.

im Untergrund die wahre Ausbreitung der Subsidenzstruktur auch außerhalb des Einsturztrichters. Dort gelegene Gebäude und Fahrbahnen zeigen anhaltende oder wiederkehrende Setzungsschäden und bestätigen eine aktive Bewegung des oberflächennahen Untergrundes auch zwischen den plötzlich auftretenden Einsturzereignissen.

Eine weitere Feldstudie im westlichen Stadtbereich Lüneburgs zeigt eine gravierende Gefährdung eines Wohngebietes und der gesamten Infrastruktur. Geologisch liegt der Bereich des Michaelis Friedhofes und das Wohngebiet ‚Ochtmisser Kirchstieg‘ oberhalb des Kontaktes zwischen triasischem Grundgebirge und dem nördlichen Salzstockrand. Angefangen mit einer ca. 90 cm breitem Einsturzröhre wurden in den Jahren zwischen 2002 und 2004 Subsidenzraten bis zu 20 cm pa. gemessen. Andauernde Oberflächenabsenkungen führten zur Ausbildung einer morphologischen Senke mit einem Durchmesser von 30 bis 50 m. Die weiträumige dreidimensionale Kartierung des betroffenen Bereiches mit dem GPR und einer Erkundungstiefe von ca. 10 m zeigt Abbruchkanten im Untergrund, welche sich noch nicht bis an die Erdoberfläche

durchgepaust haben. Die im Untergrund verborgenen Strukturen lassen einen Durchmesser von mindestens 90 m erkennen. Darüber liegende Gebäude und Kellerwände sind stark beschädigt, Fundamente sanken unter den Grundwasserspiegel ab. Ebenso sind starke Straßenschäden und defekte Versorgungsleitungen für Gas und Wasser die Folge, ein Einfamilienhaus musste bereits evakuiert werden.

In betroffenen Gebieten der aktiven Bodensenkung kann neben permanenten Nivellierungsarbeiten der Einsatz des GPR einen wichtigen Beitrag zur Georisikenabschätzung liefern. Durch hoch auflösende 3D-Kartierungen des Untergrundes kann die aktuelle Geometrie und die Größe der Gesamtstruktur abgebildet werden. Langzeitbeobachtungen in Gebieten mit hohen Subsidenzraten und signifikanten Massenverlusten können durch wiederholte Messungen die fortschreitende räumliche Ausweitung der Strukturen darstellen und Erkenntnisse über den genauen Bewegungsmechanismus im Untergrund liefern. Paläoböden und Sedimentfazien können durch Korrelation zusätzlicher Bohrungen in den GPR-Daten als Radarfazien verifiziert werden. Nur eine

genaue Kenntnis über den strukturellen und sedimentären Aufbau des Untergrundes erlaubt eine seriöse Georisikenschätzung gefährdeter Gebiete und kann bei der Ergreifung von Präventivmaßnahmen zum Schutze von Gebäuden, Infrastruktur und der Bevölkerung helfen.

Dank Diese Studien werden im Zuge des Projektes: HADU — Hamburg-A Dynamic Underground vom BMBF im Programm Geotechnologien gefördert.