

*Earth System Knowledge Platform* - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, [www.eskp.de](http://www.eskp.de)

Naturgefahren · Bodenabsenkung

## ERDFÄLLE: AUF EINMAL IST DA EIN LOCH

Charlotte M. Krawczyk<sup>1</sup>, Oliver Jorzik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum | GFZ

<sup>2</sup> Earth System Knowledge Platform | ESKP

Zuerst publiziert: 13. September 2018, 5. Jahrgang

Digitaler Objektbezeichner (DOI): <https://doi.org/10.48440/eskp.069>

### Teaser

Plötzliche Einbrüche der Erdkruste treten in vielen Regionen der Welt auf. Auch in Deutschland kommt es zu mehreren hundert Erdfall-Ereignissen pro Jahr, die auch hier sensible Infrastrukturen und Wohngebiete treffen könnten. Und häufig genug hat der Mensch seine Finger im Spiel, wenn die Erde plötzlich einsackt. Forschende der Helmholtz-Gemeinschaft sind den Ursachen dieses Georisikos auf der Spur.

### Keywords

Erdfall, Erdloch, Senken, Lösungsdolinen, Einsturzdolinen, Höhle, Bergstollen, Salz, Gips, Karst, Muschelkalk, Schadensdimensionen, Deutschland, USA, China, DESERVE, SIMULTAN, Geo:N

Es ist ein etwas sperriges Wort, Erdfall - im Englischen „Sinkhole“ genannt. Anders als Vulkane oder Erdbeben tauchen Erdfälle oder Sinkholes in den Medien eher selten auf. Und wenn, dann als skurriles Einzelereignis, wenn sich mitten in Feldern, unter Straßen oder Häusern plötzlich große Löcher auftun. Häufig ohne Vorwarnung senkt sich dann auf einer eingegrenzten Fläche das Land ab und die Erdoberfläche bricht ein. Das klingt zunächst wirklich nach einem spektakulären Einzelereignis.

Schaut man sich jedoch die Zahlen an, zeigt sich ein anderes Bild. Nach Aussagen von Prof. Charlotte Krawczyk, Leiterin des Departments Geophysik am Deutschen GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ), kommt es allein in Deutschland zu mehreren hundert Erdfall-Ereignissen pro Jahr, in einzelnen Bundesländern sind jährlich 20-30 dieser spontanen Ereignisse dokumentiert. Meist handelt es sich dabei um kleinere

Landabsenkungen mit nur wenigen Metern Durchmesser. Auch erfolgt der Einbruch oft nicht besonders tief und die Schadensintensität ist zumeist nicht sehr hoch. Wie stark Erdfälle die Landschaft geprägt haben, erkennt man vielerorts in Deutschland an sichtbaren Kuhlen, Senken oder Gruben, die längst wieder bewachsen sind, da die Erdfall-Ereignisse schon lange zurückliegen.

Spektakulär werden Erdfälle dann, wenn es sich um Großereignisse handelt. So gab es in Deutschland auch in jüngerer Vergangenheit größere Erdfälle mit einem Durchmesser von 10-20 Metern und einer Tiefe von 20-30 Metern. Im Jahr 2010 stürzten bei einem dieser großen Erdfall-Ereignisse im thüringischen Schmalkalden 20.000 Kubikmeter Erde in die Tiefe. Zum Glück entstand dabei nur Sachschaden, und ein Auto sowie ein Stück Garage verschwanden in dem Erdloch. Im Februar 2016 kam es in Nordhausen ebenfalls zu einem sehr großen Erdfall, als auf einem unbewohnten Grundstück ein Loch entstand, das eine enorme Tiefe von 50 Metern aufwies. Großräumige Absenkungen sind also für Deutschland nicht ausgeschlossen. Sie stellen eine ernsthafte Gefahr dar, wenn sie dicht besiedelte Gebiete und sensible Infrastrukturen treffen oder größere Schadensdimensionen annehmen.

## **Wie entstehen Erdfälle?**

Es kann verschiedene Gründe dafür geben, dass die Erdoberfläche plötzlich einbricht. Der Erdboden unter unseren Füßen ist kein monolithischer statisch fester Block, der aus ein und demselben festen Material besteht. In vielen Regionen Deutschlands befinden sich in den Böden Gesteinsschichten aus Salz, Gips, Karst oder Muschelkalk. Diese Gesteinsformationen sind wasserlöslich. Sie können - etwa durch das Fließen von Grundwasser durch die Gesteinsformation hindurch oder durch Sickerwasser aus Regen oder Schnee - ausgeschwemmt bzw. ausgelaugt werden. In der Folge entstehen Hohlräume oder poröse Formationen, die mit der Zeit immer instabiler werden können, sodass sich Schwächezonen und unterirdische Höhlen bilden.

Wenn nun von oben Wasser in diese Hohlräume einfließt, bilden sich an der Oberfläche Trichter im Boden und zwar dort, wo das Wasser über vorhandene Risse und Klüfte besonders schnell in die darunterliegenden Hohlräume abläuft. Es entstehen allmählich an der Erdoberfläche Senken. Diese sind in der Regel häufiger von Feuchtigkeit betroffen. Bei Frost führt der hohe Feuchtigkeitsanteil zu schnelleren Verwitterungsprozessen. Vorhandene Risse im Boden entlang der sich herausbildenden Trichterstrukturen vergrößern sich mit der Zeit und schwemmen Partikel aus, die auch von diesen Verwitterungsprozessen herrühren. Mit der Zeit füllen sich die unterirdischen Hohlräume mit den zersetzten und durch Regen abgeschwemmten Partikeln. Der Boden sackt an der Oberfläche schleichend ein. In der Fachsprache nennt man diese trichterförmigen Bodeneinsenkungen Lösungsdolinen.

Etwas anders funktioniert das bei den Einsturzdolinen. Hier stürzt die Höhlendecke plötzlich in die Höhle ein, die oft Wasser - beispielsweise in Form von Grundwasserströmen - führt. Die Höhle wird Schritt für Schritt immer weiter ausgeschwemmt und bricht dann ein. Wie bei der Lösungsdoline findet der Einbruch relativ nahe an der Oberfläche statt. Erdfälle wiederum rühren daher, dass tiefer liegende Höhlensysteme einstürzen. In der Folge kommt es zu trichterförmigen Einsenkungen an der Oberfläche, da das Deckgestein in die Höhle einbricht. Sackt ein Boden sehr schnell ein, kann eine Ursache dafür auch eine Erderschütterung bzw. ein Erdbeben sein.

## Erdfälle in Deutschland

Erdfälle können grundsätzlich in ganz Deutschland überall dort auftreten, wo die Gesteinsformationen vor Ort dies begünstigen. Besonders gefährdet sind Regionen, in denen der Kalkanteil im Boden besonders hoch ist - beispielsweise im Thüringer Wald oder der Fränkischen Alb. Aber auch Regionen in Norddeutschland sind besonders betroffen, in denen im Untergrund Salzstöcke liegen, die bei ungünstiger Lage auswaschen können. Neben natürlichen Auslösern für Erdfälle gibt es auch Bodenabsenkungen, bei denen der Mensch seine Hand im Spiel hat, etwa bei alten Bergstollen.

Es gibt überall hierzulande Zeugnisse früherer Erdfall-Ereignisse wie das „Träbeser Loch“ auf der thüringischen Seite der Rhön - ebenfalls in der Nähe von Schmalkalden. Dabei handelt es sich um eine Absenkung mit 80 Metern Breite und 27 Metern Tiefe, die durch den Einbruch eines großen Hohlraums im unteren Muschelkalk entstanden ist. Erstmals erwähnt wurde das Träbeser Loch im Jahr 1700.

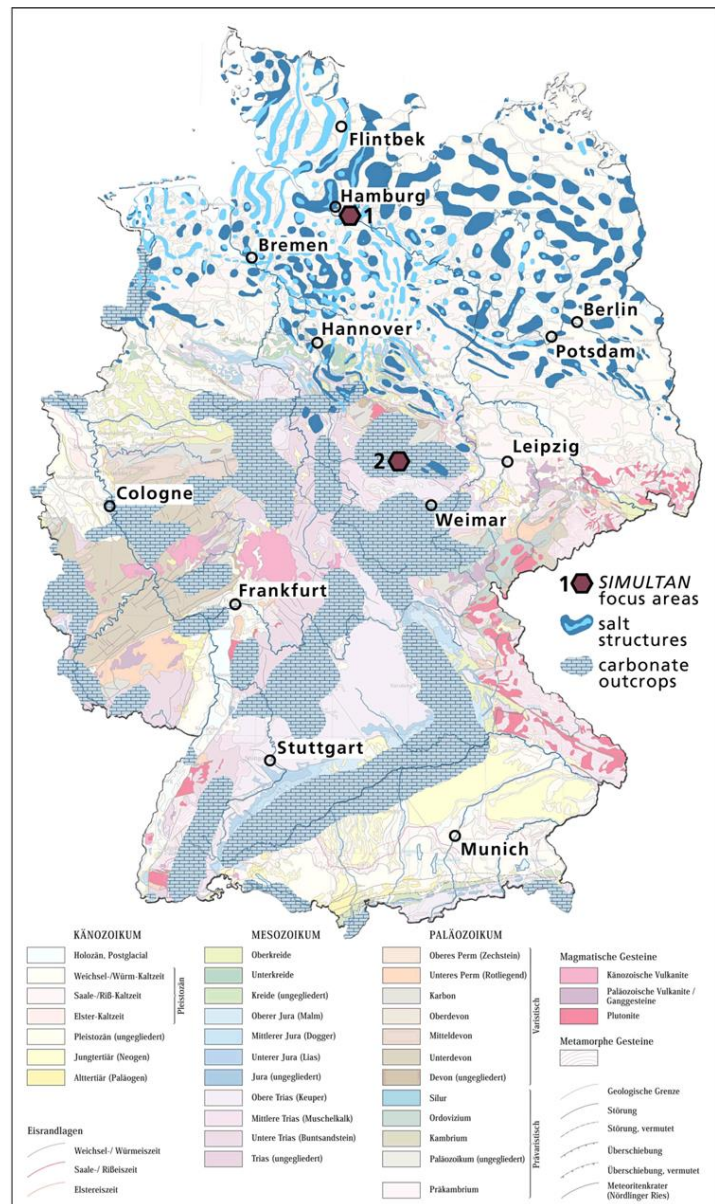


Abb. 1: Verteilung löslicher Gesteine in Deutschland (Karte: Krawczyk et al., 2015)

Auch der größte natürliche Binnensee in Nordrhein-Westfalen, das „Große Heilige Meer“ nordwestlich von Ibbenbüren ist Folge eines Erdfalls, der nach Angaben des [Museums für Naturkunde](#) in Nordrhein-Westfalen mindestens 1.000 Jahre zurückliegt. Der See befindet sich entlang einer mehrere Kilometer langen Senkungszone. Der Durchmesser des ursprünglichen Erdfalls wird auf 200-230 Meter geschätzt. Der unmittelbar benachbarte See, der tatsächlich den Namen „Erdfallsee“ trägt, entstand im April 1913, als die Erdoberfläche in einem Durchmesser von circa 100 Metern kreisförmig zehn Meter tief einbrach. Berichten von Anwohnern zufolge trat der Einbruch binnen weniger Stunden ohne besondere Erschütterungen oder Geräusche auf. Lediglich kurz vor dem Ereignis trat an mehreren Stellen des bevorstehenden Erdfalls Wasser an der Oberfläche auf. Allein im Umkreis des „Großen Heiligen Meers“ sowie des Erdfallsees sind 60 weitere Senkungsformen dokumentiert, die in ihren Dimensionen aber nicht an diese großen Ereignisse von Erdfallsee und Großem Heiligem Meer heranreichen.

Ganz aktuell senken sich in Deutschland einige Gebiete langsam ab, die sich künftig zu Erdfällen entwickeln könnten, beispielsweise in Bad Frankenhausen. Dort hat sich der 56 Meter hohe Oberkirchturm bereits stärker geneigt als der berühmte Schiefe Turm von Pisa. In Flottbek, einem Stadtteil von Hamburg, sinkt der Boden jedes Jahr um mehrere Millimeter. Aber auch Lüneburg, das auf einem 1,2 Quadratkilometer großen Salzstock liegt, wird an mehr als 200 Messpunkten genau beobachtet. Zwar wurde die dortige Saline 1980 geschlossen, aber der Untergrund lebt weiter. Bereits in den 1970er Jahren kam es in der Stadt zu so starken Absackungen, dass einige Häuser unrettbar verloren waren. Und ein Teil der Altstadt senkt sich noch heute um bis zu 13 cm pro Jahr ab.

## **Sinkholes in den USA**

Sehr gut untersucht und dokumentiert ist die Situation in den USA, wo Erdfälle besonders häufig in den Bundesstaaten Florida, Texas, Alabama, Missouri oder Kentucky auftreten. Die kritische Fläche, in denen Erdfall-Phänomene auftreten können, beträgt in den USA zwischen 35 und 40 Prozent des ganzen Staatsgebietes. In dicht besiedelten Gebieten in Florida werden regelmäßig ganze Häuser, Straßenabschnitte oder Swimming-Pools von der Erde verschluckt. Die Schäden können dabei schnell in die Millionen gehen. Im Erdfall-Hotspot Florida mussten im Jahr 2009 von den Versicherungen [93 Millionen Dollar](#) für entstandene Infrastruktur-Schäden durch Erdfälle aufgebracht werden.

Der United States Geological Survey (USGS) weist darauf hin, dass die Absenkungen auch von Menschen verursacht werden können, etwa wenn an der Erdoberfläche schwere Abflussbecken entstehen und das hohe Gewicht einen Erdfall auslöst. Ein weiterer Auslöser kann das massive Abpumpen von Grundwasser in Erdfall-gefährdeten Gebieten sein (USGS, 2007). Der Grundwasserspiegel sinkt, die Tragfähigkeit der Sedimente ändert sich genauso

wie natürliche Entwässerungsmuster. Dies könnte einer der wichtigsten Gründe dafür sein, warum nicht nur in Florida die Sinkholes immer häufiger auftreten.

Ein Auslöser für Erdfälle können nach Ansicht des USGS auch Regenfälle sein. Das anfallende Wasser trifft auf Felsgestein im Karstgelände und beginnt das Grundgestein durch die Wanderung des Wassers durch Risse und Spalten hindurch allmählich aufzulösen. Die Risse vergrößern sich und immer größere Bodenpartikel können hindurch wandern. Es bilden sich kleine Mulden, in denen sich zunehmend mehr Wasser sammelt. Immer mehr Teilchen werden in diesem Trichter ausgewaschen. Werden die Leitungen jedoch durch Tonpartikel verstopft, können sich in den Mulden auch natürliche Seen bilden.

## **Weitere Regionen, die von Erdfällen betroffen sind**

Ein absoluter Erdfall-Hotspot ist die Gegend um das Tote Meer mit mehreren tausend Dolinen. Dort führen Auswaschungen im Untergrund und an der Oberfläche regelmäßig zu Einsturztrichtern. Wie in Florida auch wurde hier das rapide Absinken des Wasserspiegels um mehr als einen Meter pro Jahr als wichtige Ursache identifiziert. Das nachfließende Süßwasser wäscht das Salzgestein, das vorher noch von Sole umspült war, nun immer weiter aus und das mit hoher Geschwindigkeit. Es bilden sich unterirdische Höhlen. Wenn diese nun zu groß werden und Tragfähigkeit der Deckschicht nicht mehr ausreicht, stürzen die Höhlen ein. Mittlerweile gibt es mehrere Tausend dieser Einstürze rund um das Tote Meer. Besonders gefährlich sind die Vorgänge dort, weil der Boden in der Regel völlig ohne Vorwarnung von jetzt auf gleich einbricht. Das [Projekt DESERVE](#) (KIT, 2017) innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft hat diese Vorgänge über viele Jahre wissenschaftlich begleitet.

Was die Region um das Tote Meer an Menge von Erdfällen kennzeichnet, macht China an Größe dieser Naturereignisse wett. Dort wurden in den letzten 10-15 Jahren systematisch zahlreiche „Monster-Sinkholes“ identifiziert, die über hundert Meter tief sind. Das Sinkhole „Xiaozhai-Tiankeng“ nahe Chongqing ist mit 600 Metern Tiefe ein echter Gigant und der größte Erdfall der Welt. Aber er ist nicht der einzige Erdfall in China: Im Jahr 2016 entdeckten chinesische Geologen im Nordwesten des Landes ein 600 Quadratkilometer großes Gebiet mit der größten Dichte an natürlichen Erdfällen weltweit. Der mächtigste in dem Gebiet Erdfall hatte eine Breite von 520 Metern und eine Tiefe von 320 Metern (Lie, 2016).

## **Erdfall-Erkundung zeigt hohen menschlichen Anteil bei Ursachen**

In seiner wissenschaftlichen Arbeit geht der englische Geologe Tony Waltham davon aus, dass viele der neu auftretenden Erdfälle mit menschlichen Aktivitäten verbunden sind. Neben Grundwasserabsenkungen nennt er auch schlecht geplante Abwassersysteme, fehlende Drainagen oder kaputte Trinkwasserleitungen, die das Karstgestein ausspülen. Waltham weist beispielsweise für das englische Portsmouth nach, dass bei vielen

Gebäuden, die durch Erdlöcher beschädigt oder zerstört wurden, die Drainagen vor Ort unzureichend waren (Waltham, 2009).

Aber auch Bauaktivitäten können Erdfälle auslösen. Anfang April 2004 war in Tampa/Florida frühmorgens ein riesiger Donner zu hören. Ein Betonpfeiler des gerade im Bau befindlichen „Lee Roy Selmon Crosstown Expressways“ sank plötzlich sechs Meter in die Erde ein. Teile des neuen Straßendecks fielen herunter sowie große Betonplatten. Die Analyse des Unglücks zeigte: Es lag kein Konstruktionsfehler zugrunde, vielmehr war ein Erdfall das Problem. Die Erkundungsbohrungen, die zur Errichtung der Pfeiler stattfanden, reichten nicht tief genug, um die Höhle im Untergrund zu entdecken. Diese brach unter der hohen Last ein, was dann zum Einsturz der Brücke führte (Sinkhole Swallows Section of Tampa Elevated Roadway, 2004).

Im September 2016 tat sich - ebenfalls in Florida - auf dem Gelände einer Düngemittelfabrik plötzlich unter einer Gefahrenabfalldeponie ein großes Senkloch mit 14 Metern Durchmesser auf. Durch dieses Loch flossen mehrere hundert Millionen Liter schwachradioaktives Abwasser in den Untergrund, das als Rückstand aus dem Produktionsprozess angefallen und in einem speziellen Rückhaltebecken gelagert war. Nach Angaben des [Unternehmens](#) waren 350.000 Arbeitsstunden Baustellenarbeit nötig, um das Loch mit tausenden Kubikmetern Mörtel wieder zu verschließen. Das Center for Biological Diversity sah zum damaligen Zeitpunkt eine akute Gefahr, dass sich das verseuchte Wasser über Hunderte von Kilometern im Grundwasser ausbreitet (Nickel, 2016).

Das dramatische Beispiel aus Florida zeigt: Die Wirkungen der Erdfälle können sehr groß sein und viele Menschen betreffen, wenn das Schadensereignis an einem gefahrensensiblen Ort auftritt. Bis heute weiß man nicht ganz genau, was in Florida mit dem ausfließenden Wasser genau passiert ist und durch wie viele Brunnen es eventuell wieder an die Oberfläche in Gärten und auf Ackerflächen gelangt ist. Man kann an dem Fall gut erkennen, dass gerade bei kritischen Anlagen neben einer ausführlichen Erkundung auch eine kontinuierliche Überwachung des Untergrunds notwendig ist.

Zentral für das Abschätzen von Erdfall-Risiken ist, den Untergrund in Karst-Regionen genau zu erfassen, um die dort stattfindenden Prozesse richtig einschätzen zu können. Dabei geht es, darum, die Gesteinsschichten kennenzulernen, Höhlen und Verwerfungen zu identifizieren, aber auch unterirdische Strömungsverläufe des Wassers zu erfassen. Und es ist wichtig, die Zusammensetzung z.B. der Kalkschicht zu analysieren, um bewerten zu können, wie schnell sich der Kalk dort durch einfließendes Wasser auflösen könnte.

## Erdfall-Forschung in Deutschland

Erdfälle sind deshalb so gefährlich, weil sie häufig unvermittelt auftreten, je nachdem, wie weit sich das Wasser in den Untergrund vorgearbeitet hat und dort wirkt. Die flächendeckende Beobachtung des Untergrunds, durch die man langsame Bodenabsenkungen entdecken könnte, ist beispielsweise mittels Abweichungsmessung per Satellit technisch möglich, jedoch aufgrund der anfallenden riesigen Datenmengen und Informationen nur schwer umsetzbar. Was man aber tun kann, ist kritische Regionen, in denen in der Vergangenheit bereits Erdfall-Ereignisse stattgefunden haben, zu identifizieren und wissenschaftlich genauer unter die Lupe zu nehmen. So lässt sich besser einschätzen, welche Folgen eine Grundwasserentnahme eventuell hat, ob Baugebiete auf einem kritischen Untergrund liegen oder eventuell Infrastrukturen verändert werden müssen, weil sie sich über einem gefährlichen Hohlraum befinden.

Im Anschluss an die Ereignisse in Schmalkalden und Nordhausen wurde das [Forschungsprojekt SIMULTAN](#) ins Leben gerufen. Durch das Projekt, an dem neben vielen anderen Partnern koordinierend das GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) sowie das Umweltforschungszentrum Leipzig (UFZ) beteiligt sind, entsteht ein Früherkennungssystem für Erdfälle in Hamburg, Schleswig-Holstein und Thüringen, um Gefahrenpotenziale zu erkunden und die Bevölkerung rechtzeitig warnen zu können.

Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeit bildet die Erkundung von Höhlenausbreitungen in Kombination mit Landabsenkungen an der Erdoberfläche. Dazu wird ein völlig neuartiges Messnetzwerk aufgebaut. Durch Überführung der Messergebnisse in dreidimensionale Simulationsergebnisse können verschiedene Erdfall-Szenarien gegenübergestellt und verglichen werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Projekt im Forschungsprogramm „[Geo:N - Geoforschung](#)“.

## Referenzen

- Al-Halbouni, D. (2015, 9. Juni). Erdfälle sind eine massive Gefährdung am Toten Meer. *Earth System Knowledge Platform* [[eskp.de](#)], 2. Aufgerufen am 11.09.2018.
- Al-Halbouni, D., Holohan, E. P., Saberi, L., Alrshdan, H., Sawarieh, A., Closson, D., Walter, T. R. & Dahm, T. (2017). Sinkholes, subsidence and subsrosion on the eastern shore of the Dead Sea as revealed by a close-range photogrammetric survey. *Geomorphology*, 285, 305-324. doi:10.1016/j.geomorph.2017.02.006
- Karlsruher Institut für Technologie - KIT. (2017, 4. September). Das Tote Meer: Umweltforschung am Rand der Extreme (Presseinformation 120/2017) [[www.kit.edu](#)]. Aufgerufen am 11.09.2018.
- Kottmeier, C., Agnon, A., Al-Halbouni, D., Alpert, P., Corsmeier, U., Dahm, T., ... Weber, M. (2016). New perspectives on interdisciplinary earth science at the Dead Sea: The DESERVE project. *Science of The Total Environment*, 544, 1045-1058. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.003
- Krawczyk, C. M. (2013). Auslaugungen im Untergrund und Erdfallstrukturen. In Stiftung Umwelt und Schadenvorsorge SV Sparkassenversicherung Gebäudeversicherung Stuttgart (Hrsg.), *Heimliche Prozesse im Untergrund* (S. 8-9) [[www.oekom.de](#)]. München: oekom.

- Krawczyk, C. M. & Dahm, T. (2017). Natural hazards. In GFZ Potsdam (Hrsg.), *Fokus: Erde - Focus: Earth* (S. 234-253). Berlin: Deutscher Kunstverlag.
- Krawczyk, C. M., Polom, U. & Bunes, H. (2015). Geophysikalische Schlüsselparameter zur Überwachung von Erdfällen - Stand und Ziele der aktiven Seismik. In Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. (Hrsg.), *DGG-Kolloquium Georisiken - Erdfälle. 75. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft e.V.*, Hannover, 25. März 2015 (Sonderband I/2015, S. 19-30). Potsdam: Deutsche Geophysikalische Gesellschaft - DGG.
- Krawczyk, C. M., Polom, U., Trabs, S. & Dahm, T. (2012). Sinkholes in the city of Hamburg - New urban shear-wave reflection seismic system enables high-resolution imaging of subsurface structures. *Journal of Applied Geophysics*, 78, 133-143.  
doi:10.1016/j.jappgeo.2011.02.003
- Lie, M. (2016, 25. November). World's biggest cluster of sinkholes wows geologists. *China Daily* [[chinadaily.com.cn](http://chinadaily.com.cn)]. Aufgerufen am 11.09.2018.
- Nickel, R. (2016, 16. September). Florida sinkhole at Mosaic fertilizer site leaks radioactive water. *Reuters* [[www.reuters.com](http://www.reuters.com)]. Aufgerufen am 11.09.2018.
- Projekträger Jülich. (2018, 8. Mai). Früherkennung von Naturgefahren [[www.fona.de](http://www.fona.de)]. Aufgerufen am 11.09.2018.
- Sinkhole Swallows Section of Tampa Elevated Roadway. (2004, 27. April). *Construction Equipment Guide* [[www.constructionequipmentguide.com](http://www.constructionequipmentguide.com)]. Aufgerufen am 11.09.2018.
- U.S. Geological Survey - USGS. (2007). *Sinkholes* (Fact Sheet 2007-3060) [[pubs.usgs.gov](http://pubs.usgs.gov)]. Aufgerufen am 11.09.2018.
- Wadas, S., Polom, U. & Krawczyk, C. M. (2016). High-resolution shear wave reflection seismics as tool to image near-surface subsurface structures - a case study in Bad Frankenhausen, Germany. *Solid Earth*, 7(5), 1491-1508. doi:10.5194/se-7-1491-2016
- Waltham, T. (2009). Sinkhole geohazards. *Geology Today*, 25(3), 112-116.  
doi:10.1111/j.1365-2451.2009.00718.x

## Zitiervorschlag

Krawczyk, C. M. & Jorzik, O. (2018, 13. September). Erdfälle: Auf einmal ist da ein Loch. *Earth System Knowledge Platform* [[eskp.de](http://eskp.de)], 5. doi:10.48440/eskp.069



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: [eskp.de](http://eskp.de) | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[eskp.de](http://eskp.de) | Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft