

Die Doline als Rechengrösse

Autor(en): **Noher, Hans Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 18

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78958>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hans Peter Noher, Basel

Die Doline als Rechengrösse

Im Gebiet der Tagbaustrecke Nord des Adlertunnels ist mit Dolinenbildung und grossflächigen Einsenkungen zu rechnen. Diese Phänomene entstehen durch Auslaugungsercheinungen und Karste in karbonatischem Gestein. Ähnliche Effekte können auch bei nicht-karbonatischen Gesteinen erfolgen. Die beschriebenen Gefährdungsbilder haben die Konzeption des Tagbautunnels Nord im wesentlichen bestimmt.

Die Bahn 2000 durchquert die Lachmatt zwischen Muttentz und Pratteln in einem Tagbautunnel, der sich vollständig im Niederterrassenschotter befindet. Der darunter liegende Fels besteht in diesem Gebiet aus Lettenkohle und Trigonodusdolomit. Es ist bekannt, dass diese karbonatischen Felsarten zu Verkarstungen neigen (Hohlraumbildung durch Auslaugung von Karbonat). Einstürzende Fels Hohlräume führen dann im überlagernden kohäsionslosen Schotter zu Dolinen, d.h. zu Nachbrüchen, die sich bis an die Terrainoberfläche durchschlagen. Auswertungen von Archivunterlagen des geologisch-paläontologischen Institutes der Universität Basel und eigene Nachforschungen haben ergeben, dass im Raume Birsfelden - Muttentz - Pratteln in den vergangenen 40 Jahren über 20 Dolinen entstanden sind.

Von Beginn an wurde bei der Planung des Adlertunnels dem Phänomen «Doline» besonders Rechnung getragen. Sondierbohrungen im Rahmen der geologisch-geotechnischen Hauptuntersuchung zeigten eine tiefgründige Verkarstungszone. Erst der in 50-70 m Tiefe gelegene Haupt-

muschelkalk erwies sich als massiv ausgebildet und als allfälliger Pfählungshorizont ausreichend tragfähig. In jeder der siebzehn Sondierbohrungen konnten Karsterscheinungen festgestellt werden. Diese präsentierten sich teils als porös-zellige Strukturen und teils als markante Hohlräume mit bis zu 8 m vertikaler Ausdehnung. In der Folge wurden zehn Hauptvarianten für den Tagbautunnel und dessen Foundation untersucht. Für die Varianten ohne Tieffoundation musste das Phänomen «Doline» quantifiziert, d.h. als Rechengrösse definiert werden.

Die Doline als zeitliche und geometrische Grösse

Die zentralen Fragen stellten sich nach dem zeitlichen Verlauf einer Dolinenentstehung, dem Ort und der Grösse der Dolinen. Um diese Fragen beantworten zu können, muss man sich zuerst den Entstehungsmechanismus einer Doline vor Augen führen:

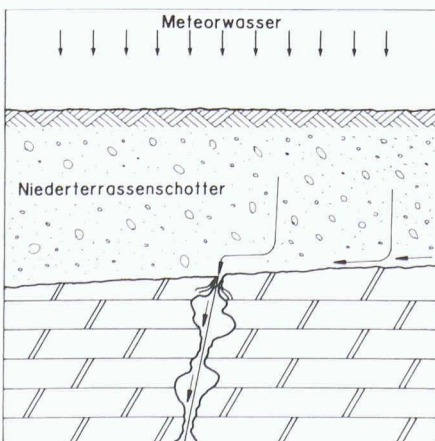
In den vorliegenden Gesteinsformationen entsteht Karst durch Auslaugung von Karbonat, wozu eine Zirkulation von ungesättigtem Wasser erforderlich ist. Diese kann im Fels nur entlang von Trennflächen stattfinden, also in offenen Klüften, entlang von Brüchen und Verwerfungen oder in Schichtlagen. In (1a) wird eine konzentrierte Wasserzirkulation entlang einer Trennfläche dargestellt. Die Folge davon ist ein Auslaugen von Karbonat entlang dieser Trennfläche unter Bildung eines grösseren Hohlrums als erweiterte Kluft, einer Kaverne oder im Extremfall eines ganzen Höhlensystems. Wird dieser Hohlraum zu gross bzw. wird das über-

brückende Gestein zu schwach, kommt es zu einem Einsturz. Der darüberliegende kohäsionslose Schotter rieselt dann - wie bei einer Sanduhr - in den Hohlraum und bildet nach oben bis zur Terrainoberfläche hin einen Schlot (Doline). Der Vorgang des Ausrieseln des Schotters erfolgt in der Regel sehr rasch innerhalb von wenigen Minuten. Anzeichen einer Dolinenentstehung sind somit kaum zu erkennen.

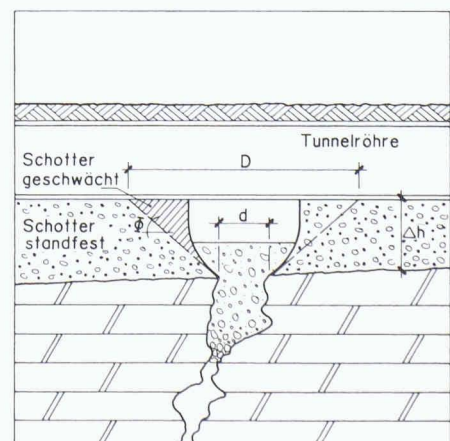
Zur Beantwortung der Frage des Erscheinungsorts ist zu erwähnen, dass das Gebiet Birsfelden - Muttentz - Pratteln während der Rheintalgrabenbildung stark tektonisch beansprucht wurde. Es sind somit ausgeprägte Klüftungs- und Verwerfungssysteme vorhanden. Es erstaunt daher nicht, dass die bisher festgestellten Dolinen sich entlang solcher Achsen häufen (2). Da die Kluft- und Bruchsysteme nur unvollständig bekannt sind und zudem angenommen werden muss, dass feingliedrige Nebensysteme vorhanden sind, ist davon auszugehen, dass Dolinenbildungen grundsätzlich im gesamten Gebiet der Tagbaustrecke Nord möglich sind. Die Grösse einer möglichen Einzeldoline kann anhand von theoretischen Überlegungen und aus Erfahrung abgeleitet werden (1b):

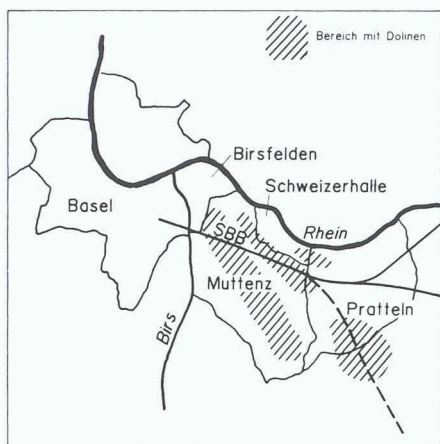
Wird angenommen, dass die Grösse einer Öffnung in der Kalottendecke eines Karsthohlraumes einen ideellen Durchmesser d von maximal 5 m aufweist, kann sich der darüberliegende Schotter trichterartig entleeren. Im ungünstigsten Fall, d.h. ohne räumliche Wirkung, entspricht die Neigung des Trichters dem Winkel der inneren Reibung des Schotters (ϕ'). Bei einer Schottermächtigkeit zwischen UK Tunnel und OK Fels von $\Delta h \sim 7$ m ergibt sich nach der Formel $D = d + 2 \times \Delta h / \tan \phi'$ mit $\phi' = 37.5-40^\circ$ ein theoretischer maximaler Dolinendurchmesser von 20-25 m.

Beobachtungen im Felde zeigen, dass die frischen Dolinen meist die Form eines vertikalen Zylinders von maximal 10 m Durchmesser und einigen Metern Tiefe besitzen. Erst mit der Zeit flachen sich die



1
Entstehung einer Doline: Wasserzirkulationen schwächen die Kalotte eines Karsts durch Karbonatauslösung und Verwitterung (1a) und führen zum Einsturz. 1b zeigt eine Teilverfüllung eines Karsthohlraumes sowie die mögliche Geometrie einer Doline





2

Situationsausschnitt Basel-Pratteln: Innerhalb der schraffierten Bereiche wurden in den vergangenen rund 40 Jahren über zwanzig Dolinen registriert.

Böschungen ab, was aus erdstatischer Sicht nicht erstaunt. Interessant ist die Feststellung, dass Karsthohlräume und -systeme durch das Nachfallen des Schotters unter Schwerkraft kaum gänzlich verfüllt werden. Blöcke und Steine verkeilen sich in Verengungen und behindern so oft den natürlichen Verfüllvorgang. Dies bedeutet jedoch, dass spätere Nachbrüche als Folge des Wegfalls der Verkeilungen möglich sind. Alte Dolinen können also reaktiviert werden. Daneben gilt es zu beachten, dass die lockeren Verfüllmassen stets Eigensetzungen unterworfen sind.

Bezüglich der zeitlichen Entwicklung kann gesagt werden, dass das Zusammenwirken von Verwitterung, Schwerkraft und eindringendem Meteorwasser generell Auslaugungen und Schwächungen an der Karstkalotte begünstigen, so dass die Karsthohlräume tendenziell von unten nach oben «wandern» oder «wachsen». Vorhandener, vorerst standfester Karst kann so mit der Zeit instabil werden und Dolinen erzeugen.

Für die Dimensionierung des Bauwerkes ist zu beachten, dass Dolinenbildungen in der ganzen Tagbaustrecke jederzeit möglich sind und dass Dolinen rasch und ohne Vorankündigung entstehen. Die maximale Grösse einer Doline ist aber theoretisch abschätzbar.

Grossflächige Einsenkungen

Im Gegensatz zur zuvor beschriebenen lokalen bzw. konzentrierten Wasserzirkulation mit Hohlraumbildung und Dolinengefahr existiert unterhalb des Felsgrundwasserspiegels eine grossräumige diffuse Wasserzirkulation. Die Karbonatauslaugung erzeugt dabei poröse und zellige Felsstrukturen, was zu grossflächigen Senkungsmulden, wie sie aufgrund von geodätischen Vermessungen der Oberfläche in der Lachmatt zu beobachten sind, führt.

Abschätzungen anhand von Sättigungs- und Wassermengenbetrachtungen lassen erkennen, dass im Trigonodusdolomit und in der Lettenkohle pro Jahr 0,1-0,4% Karbonatauslösung möglich sind, was bezogen auf das 20 m mächtige Felspaket einem vertikalen Materialverlust von wenigen Millimetern entspräche. Das verbleibende zellige Gesteinsgerüst zerbröckelt lediglich langsam, so dass sich das

ausgelaugte Volumen nur sachte und kaum vollständig als Einsenkung ausbildet. Auch ist anzunehmen, dass solche Einsenkungen über grosse Flächen gleichzeitig erfolgen und so langfristig sanfte Mulden erzeugen. Entlang der Tramstrecke Pratteln-MuttENZ kann dieses Phänomen anhand von geodätischen Messungen beobachtet werden. Der Einflussbereich erstreckt sich dort horizontal über etwa 100 m. Über die vertikalen Deformationen dieser Einsenkung herrschen jedoch Unklarheiten, da das periodische Aufschottern der Geleise über Jahre und die Konsolidationssetzungen der weichen oberflächennahen Böden unter dem Trasse zu verlässliche Aussagen verunmöglichen.

Für das Bauprojekt bedeutet dies, dass grossflächige Einsenkungen möglich sind, dass sie aber langsam erfolgen und mithin Zeit zum Ergreifen von Baumassnahmen bleibt. Abrupte Ränder bzw. Übergänge sind nicht zu erwarten.

Adresse des Verfassers:

Hans Peter Nöber, dipl. Ing. ETH/SIA, Geotechnisches Institut AG, Hochstrasse 48, 4002 Base I

3

Foto der Doline, die Ende März 1995 in der Lachmatt entstanden ist (Bild: B. Vöggtli, Basel)

