

Tagesbruch oder Erdfall?*

Günter Meier

ZUSAMMENFASSUNG

Die häufigsten Verbrucherscheinungen an der Tagesoberfläche sind über Grubenbauen des Altbergbaues die Tagesbrüche und über natürlich entstandenen Hohlräumen die Erdfälle. Die beiden Schadensbilder lassen sich in vielen Fällen anhand des phänomenologischen Erscheinungsbildes nicht immer eindeutig trennen. Nur eine ingenieurgeologische Erkundung und Bewertung auf der Grundlage ihrer Genese führt zu einer fachspezifischen Klassifizierung. Grundsätzlich laufen die Verbruchmechanismen von Tagesbruch und Erdfall nahezu identisch ab. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die primär anthropogene oder natürliche Entstehung der beteiligten Hohlräume, die Massen aufnehmen oder als Transportweg dienen. Eine Risikobewertung und Prognose der Schadensbilder basiert ebenfalls auf einer Analyse ihrer Genese.

ABSTRACT

The most frequent signs of downfalls of day surface were caused by cave-ins above abandoned mines and by naturally arisen sinkholes above cavities. In many cases the two types of damages cannot always be separated by means of phenomenological appearance. Only an engineer-geological exploration and evaluation on the basis of their genesis lead to a technical classification. Most times, the downfall mechanism of a cave-in and sinkhole are almost identically. Predominantly they can be differentiated by the involved cavities, that arise primarily anthropogenic or naturally, and embedding of ground material or serve as a transport path. A risk evaluation and prediction of the damage is also based on an analysis of their genesis.

1 Problemstellung

Tagesbrüche sind über Altbergbau in sehr unterschiedlicher Form und Größe die dominanten und sicherheitsrelevanten Schadensbilder. In vielen Altbergbaugebieten sind jedoch auch Auslaugungs- und Umlagerungsprozesse im anstehenden Locker- und Festgestein der unterschiedlichsten Art aktiv, die sich ebenfalls in einem tagesbruchähnlichen Erscheinungsbild zeigen. Es sind somit Mechanismen im Gebirge wirksam, die ein ähnliches oder auch gleiches Schadensbild an der Tagesoberfläche ergeben können. Im Rahmen von geotechnisch-markscheiderischen Untersuchungen und Bewertungen ist deshalb nicht selten die Frage zu klären, welche Mechanismen und Hohlräume primär zu dem vorhandenen Schadensbild geführt

* Veröffentlicht in: Tagungsband 10. Altbergbau-Kolloquium, Freiberg, 04. - 06.11.2010, S. 309 - 319, VGE Verlag GmbH, Essen 2010

haben. Diese fachspezifische ingenieurgeologische und hydrogeologische Bewertung ist einerseits die maßgebliche Grundlage für eine effiziente bergtechnische Sanierung des Verbruchereignisses, andererseits ergibt sich daraus die Zuordnung zu einem natürlichen oder zu einem anthropogen bedingten Hohlraum, woraus sich beispielsweise auch die versicherungsrechtlichen und behördlichen Zuständigkeiten ergeben.

Bei einer ersten fachlichen Bewertung von verschiedenen Verbrüchen in einem Bergbaurevier zeigt sich bereits: *Tagesbruch ist nicht gleich Tagesbruch*. Die gleiche Einschätzung trifft für Erdfälle zu. Nur eine Detailanalyse der verschiedenen Verbruchmechanismen über den unterschiedlichen Grubenbauen und der differenzierten Deckgebirgseigenschaften im Locker- und Festgestein lassen eine wirklichkeitsnahe Klassifizierung dieser Schadensereignisse zu. Ähnliche Gegebenheiten liegen beispielsweise in verkarstungsfähigen oder suffosions- und rutschungsgefährdeten Gebieten mit Altbergbau vor, wo eine gegenseitige Beeinflussung und Verzahnung der Deformationsprozesse von Karst, Suffosion, gravitativen Massenbewegungen und Altbergbau nicht selten auftreten. Die geodynamischen Prozesse insgesamt, aber vor allem die hydraulischen Verhältnisse, sind die Haupteinflussfaktoren auf die Schadensentwicklung. Der Faktor Zeit und die sich damit veränderlichen Materialeigenschaften bei den ablaufenden Prozessen sind ebenfalls grundlegende Bewertungskriterien. Für einen Verbruch hebt sich im Allgemeinen ein Hauptfaktor ab, der durch mehrere abgestufte Nebenfaktoren verstärkt bzw. überlagert sein kann. Im Detail lassen sich für Tagesbrüche oder Erdfälle noch weitere Initial- und Einflussfaktoren ausgrenzen:

- Größe, Form und räumliche Lage des natürlichen oder anthropogenen Hohlraumes
- Fels- und bodenmechanische Eigenschaften sowie Mächtigkeit und Art des hangenden Gebirges
- Größe und Verteilung von Gebirgsspannungen
- Gravitative Massenbewegungen (z. B. Driften, Bergzerreißen, Kriechen)
- Auslaugungs-, Ausspülungs- und Umlagerungsprozesse
- Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sicherheitsausbaues (z. B. Holzein- und -ausbauten), insbesondere bei anthropogen angelegten Hohlräumen
- Statische und dynamische Einwirkungen durch die jeweilige Nutzung der Tagesoberfläche

Grundvoraussetzung für eine differenzierte ingenieurgeologische Ursachenanalyse sind deshalb genetisch bezogene Definitionen der Erscheinungsbilder von Tagesbruch und Erdfall.

2 Definitionen

2.1 Tagesbruch

Bereits im 16. Jahrhundert sind die Begriffe „Bruch“ und „Pinge“ beispielsweise für die großen Deformationsereignisse in Altenberg und Geyer (Erzgebirge) belegt (VEITH 1871). Der Begriff „Tagesbruch“ (auch Tagbruch oder Tagebruch) wird im umgangssprachlichen Gebrauch etwa seit dem 19. Jahrhundert für alle mehr oder weniger plötzlich auftretenden Einbrüche über Bergbau und im Tunnelbau aus phänomenologischer Sicht verwendet. Eine Definition nach der Genese fehlt oder ist nur ansatzweise zu erkennen. Nicht selten wird dabei auch eine Gleichsetzung zwischen Tagesbruch und Erdfall vorgenommen. Der in diesem Zusammenhang benutzte Begriff „Pinge“ wird vorrangig den verbrochenen Bergbauschächten zugeordnet.

In der einschlägigen Fachliteratur gibt es keine klare Definition zu dem Begriff „Tagesbruch“, obwohl er bereits seit etwa 200 Jahren benutzt wird. RZIHA (1872) definiert im Tunnelbau den Tagesbruch wie folgt: „Hat ein Einsturz so bedeutende Dimensionen angenommen, dass sich die

Lockerung des Gebirges bis zur Oberfläche des Terrains also so weit ausdehnt, dass daselbst Einsenkungen („Pingen“), ja sogar förmlich Sturztrichter entstehen, durch welche das Tageslicht manchmal bis in die verbrochenen Räume zu dringen vermag, so nennt man einen solchen Bruch einen Tagesbruch.“ Die Definition von KEIL (1954) lautet: „Ein Tagesbruch ist ein Firstbruch mit einer Auswirkung bis an die Oberfläche der Erde. Es entstehen Pingen, Erdfalltrichter, Einsenkungen.“ MEIER (1991) fasst die Ergebnisse von HOLLMANN (1968), ECKART (1973), MEIER (1978 a, b) und FENK (1979) wie folgt zusammen: „Als Tagesbrüche werden plötzliche, eng lokalisierte Einbrüche unterschiedlicher Tiefe und Größe im Lockergestein oder Fels über tagesnahen Hohlräumen bezeichnet. Verbrüche von Schächten oder abgeübten Durchhieben können ebenfalls zu tagesbruchähnlichen Schäden führen. Eine exakte Trennung dieser beiden Formen ist im Gelände oft schwierig. ...Pingen sind genetisch Tagesbrüche oder Schachtverbrüche.“ In der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 (2004) wurde der Tagesbruch im eigentlichen Sinn als „Verbruch des natürlichen Deckgebirges über bergmännisch hergestelltem Hohlraum“ definiert.

Der Begriff Tagesbruch wird in der Abbildung 1 einerseits als Überbegriff und andererseits „im eigentlichen Sinne“ verwendet. Eine große Bedeutung haben die Nachbrüche aller Verbruchtypen, die häufig zu beobachten sind, und die Verbruchentwicklungen und -phasen durch den unterschiedlichen Einfluss der geodynamischen Prozesse widerspiegeln.

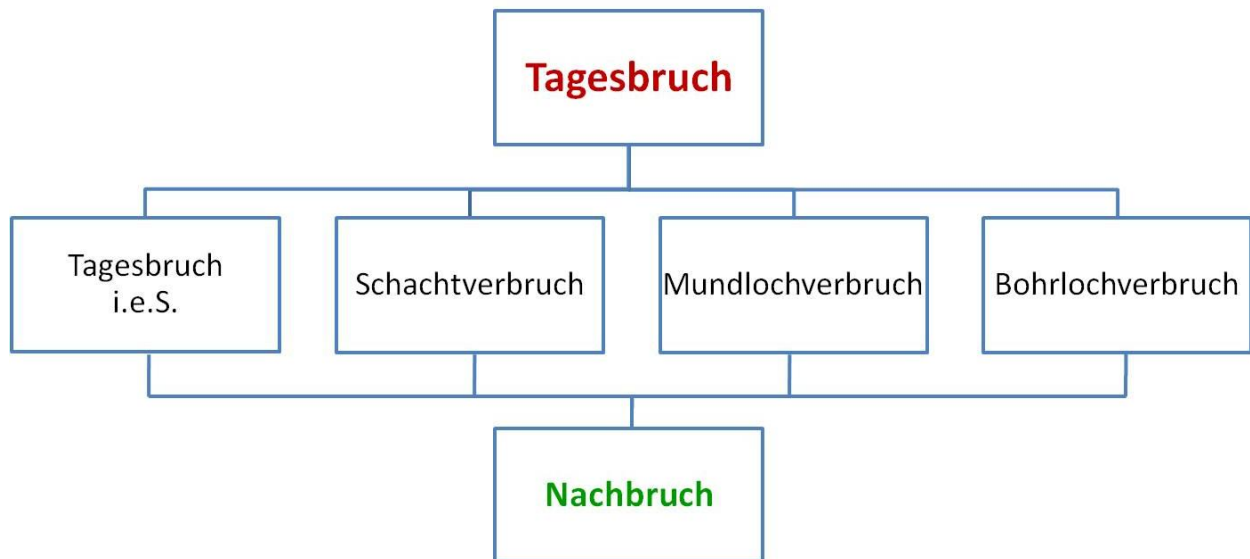


Abb.1 : Einteilung von Tagesbrüchen aus genetischer Sicht

Eine numerische Tagesbruchabschätzung nach FENK (1979) oder MEIER (2007) lässt sich demnach nur beim Tagesbruch i. e. S. vornehmen. Nahezu intakte natürliche oder auch konsolidierte künstliche Deckschichten über einem anthropogen geschaffenen Hohlraum sind hierfür die Voraussetzung. Der Verbruch im Deckgebirge entwickelt sich unter Einwirkung der Schwerkraft zu einer senkrecht stehenden Verbruchröhre mit einem vertikal stehenden, halbierten Rotationsellipsoid am Verbruchkopf. Strukturgeologische Elemente, z. B. Störungen oder Schichtstrukturen, z. B. harte Sedimentpakete, können die Lage, die Form und den Verlauf des Verbruches modifizieren. Numerische Bewertungen der anderen Verbruchtypen sind durch Einzelfallbetrachtung nur nach genauer Kenntnis der jeweiligen ingenieur- und hydrogeologischen Objektsituation, der Wirkungsweise von geodynamischen Prozessen und der dadurch geprägten differenzierten Verbruchmechanismen zu empfehlen.

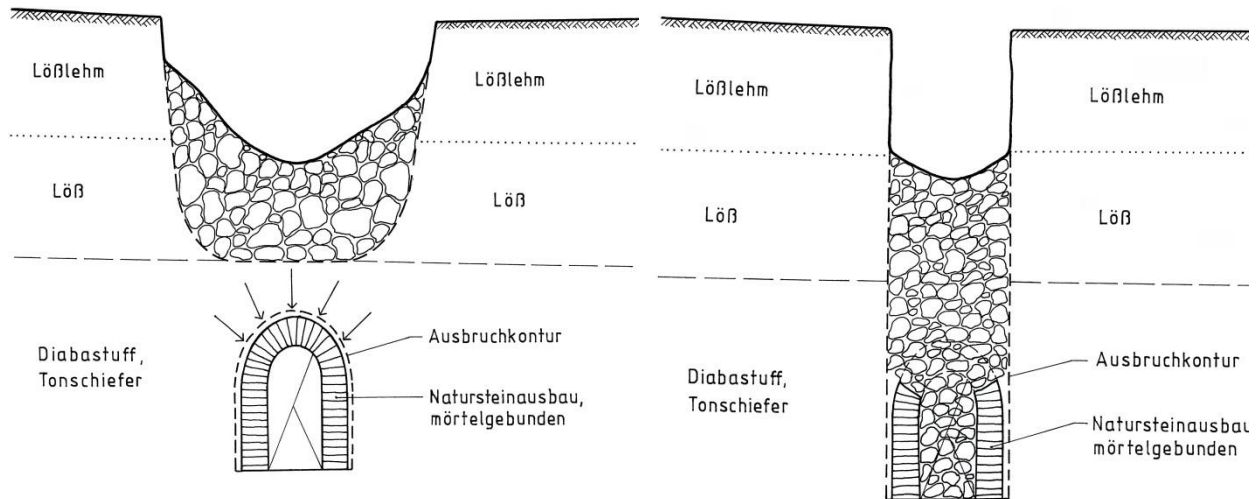


Abb.2 : Tagesbruch durch Suffosion im Löss (links) im Vergleich zum Tagesbruch beim Verbruch bei defektem Ausbau (rechts). Die verschiedenen Verbruchmechanismen führen zu unterschiedlich großen Durchmessern bei gleichen bergmännischen Hohlräumen (z. B. Rosenthaler Rösche bei Nossen)

Bei einigen Tagesbrüchen wurde festgestellt, dass das unmittelbar angrenzende Deckgebirge über anthropogen geschaffenen Hohlraum nicht verbrochen war und trotzdem besonders große und tiefe Hohlformen an der Tagesoberfläche auftraten. Die Detailanalyse ergab folgende Verbruchmechanismen:

- Der bergmännische Hohlraum ist durch massiven Ausbau, z. B. Mauerwerk, gesichert. Das überlagernde Lockergestein wird durch Wasserzuläufe oder aufgehendes Wasser fließfähig und dringt über offene Spalten und größere Klüfte des geringmächtigen, überdeckenden Festgesteins oder/und über Fehlstellen im Ausbau in den anthropogen hergestellten Hohlraum ein. Suffosionsprozesse im überdeckenden Lockergestein, z. B. im Löss und Lößlehm oder auch in anthropogen hergestellten Aufschüttungen wie Kippen und Deponien, führen zur Hohlraumbildung und in der Endphase zum Tagesbruch (Abbildung 2). Größere horizontale Transportwege, z. B. hinter dem Ausbau, sind möglich, wodurch Eindringstellen des verflüssigten Materials in den Grubenbau und die Hohlraumbildung mit dem Tagesbruch nicht unmittelbar übereinander liegen müssen.
- Der bergmännische Hohlraum in einem verkarsteten Festgestein wird durch eine tiefgründig ausgelaugte, jedoch noch standfeste Schwebelagerung überlagert. Durch Wasserzuläufe oder aufgehendes Wasser kann aus den höher liegenden Deckschichten fließfähiges Lockergestein in den anthropogen geschaffenen Hohlraum verlagert werden. In Abhängigkeit von der Größe der Karsthohlräume und deren Verbindungen kann dabei auch grobstückiges Bodenmaterial, z. B. Bauschutt, bewegt werden und einen Tagesbruch verursachen (Abbildung 3). Auch hier sind vertikale Versetzungsbeträge zwischen dem Verflüssigungsbereich mit dem darüber liegenden Tagesbruch und dem materialaufnehmenden bergmännischen Hohlraum möglich.

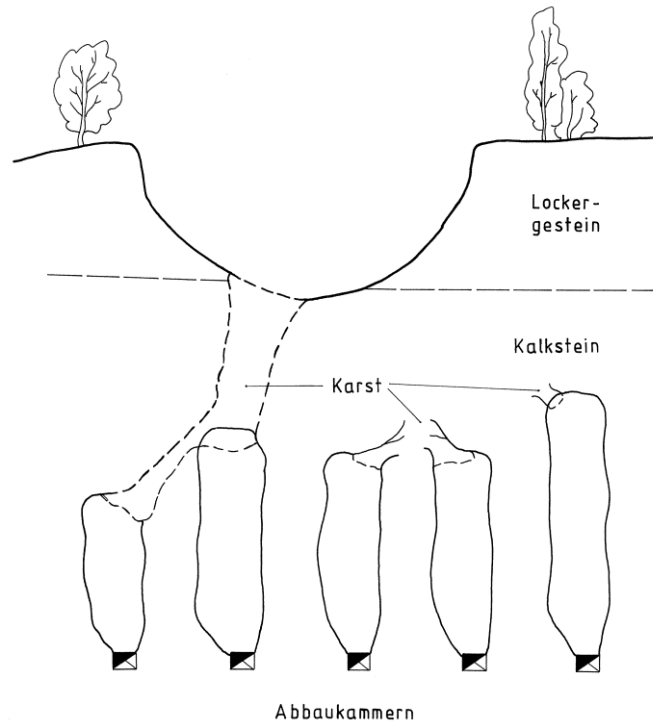


Abb.3 : Karsthohlräume im Kalk ermöglichen das Eindringen von fließfähigen Lockergesteinen als Folge der Flutung der Grubenbaue – Tagesbruchdurchmesser ca. 50 m (ehemaliges Kalkbergwerk Ludwigsdorf)

Durch einen gestörten Wasserabfluss aus einem Stollen oder aus einer Kippenböschungen, z. B. durch böschungsnaher Abdichtung, „versteckte“ Dämme, bindige Vorschüttungen u. ä., kann es zu einem Wasserrückstau und zur Verflüssigung des wassergesättigten Verbruch- oder Versturzmateriale in tagesnahen Gebirgsbereichen kommen. In Abhängigkeit vom vorhandenen Druckgradienten fließt das verflüssigte Material, dem geringsten Widerstand folgend, in horizontaler Richtung aus. Es dringt in freie Grubenbaue ein bzw. bricht an der schwächsten Stelle einer Böschung oder am verschütteten Stollenmundloch horizontal aus, wie z. B. die Nassereither Bergwasserexplosion zeigte (ECKHART & RIEPLER 2004, WEBER 2004). Im Vorfeld dieser größeren Schadensereignisse treten zumeist partielle Deformationen an der Tagesoberfläche auf. Der dabei entstandene Hohlraum in den tagesnahen Gebirgsschichten verbricht zeitnah und es entsteht ein großer Tagesbruch, der die ausgeflossene Gebirgszone in seinen Ausmaßen widerspiegelt (Abbildungen 2 und 4).

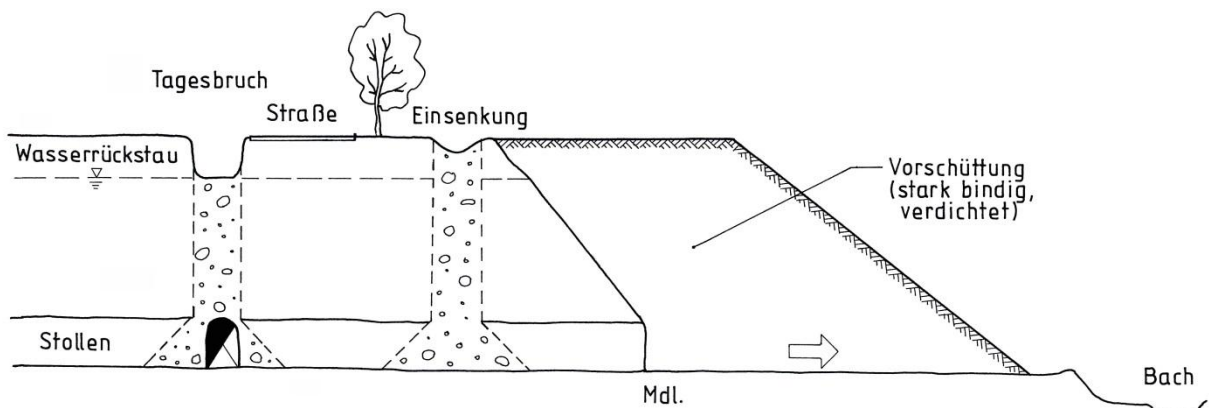


Abb.4 : Verbrüche im Ergebnis von Standwasserbildungen durch eine stark bindige und verdichtete Vorschüttung vor einem Stollenmundloch. Bei Baggerarbeiten in der Vorschüttung kam es zu einem plötzlichen Wasserausbruch.

In Abhängigkeit von den anstehenden Lockergesteinseigenschaften sind auch partiell sekundäre Rutschungen an der sehr steilen Verbruchkontur des Tagesbruches zu erwarten. Zu primären Rutschungen kommt es insbesondere dann, wenn Wasser aus dem Gebirge der Böschung zuströmt (z. B. Eigenaufgang bei Flutungen). Eine Sedimentation erfolgt nach der oft explosionsartigen Entlastung des Druckgradienten unterhalb des Böschungsfußes oder der freigespülten Stollenöffnungen sowie auch in Grubenbauen oder Restlöchern. Typische Beispiele sind hierfür die Nassereither Bergwasserexplosion durch einen Stollenverschluss (ECKHART & RIEPLER 2004, WEBER 2004), die Folgen der Hochwässer von 1897 und 2002 im Einwirkungsbereich des Rothschönberger Stollens (MEIER 2006) oder die Fließsandeinbrüche im historischen Braunkohlentiefbau Böhmens, z. B. in Most (1895 und 1896) (TREPTOW, WÜST & BORCHERS 1900). Horizontale Transportwege bei Umlagerungen aus der Verbruchzone sind deshalb stets zu beachten.

Ein *Tagesbruch* stellt somit die Durchschlagsphase eines Hochbruch- oder Umlagerungsprozesses zur Tagesoberfläche über einem anthropogen entstandenen Hohlraum im Locker- oder Festgestein dar. Das Deckgebirge kann dabei natürlich oder künstlichen Ursprungs sein.

2.2 Erdfall

Mehr als 10 % der Landoberfläche bauen sich aus verkarstungsfähigen Gesteinen auf. Im Über- und Untertagebereich des Altbergbaues gibt es deshalb auch zahlreiche Berührungspunkte und Verzahnungen mit Verkarstungsprozessen, insbesondere bei Deformationen und Verbrüchen der unterschiedlichsten Form und Art. Als eine Hauptgröße der Schadensereignisse bei Verbrüchen in Karstgebieten treten Erdfälle auf. Unter Berücksichtigung der Genese lassen sich die Erdfälle in schlotartige Einbrüche (Erdfälle im eigentlichen Sinn) und spalten- und grabenbruchartige Einbrüche (Spaltenerdfälle) einteilen. Diese Spaltenerdfälle sind vor allem an die Zerrungsbereiche von größeren Auslaugungsstrukturen und gravitativen Massenbewegungen in morphologisch großstrukturierten Gebirgsregionen gebunden. Mit Nachbrüchen dieser Erdfallformen ist stets im aktiven oder inaktiven Karst zu rechnen. Zusätzlich sind noch die verflüssigungsfähigen Lockergesteine zu berücksichtigen, in denen natürliche Hohlrumbauprodukte durch Lösungen und Umlagerung zu Verbrüchen an der Tagesoberfläche führen.

Die Definition des Erdfalles ist in der ingenieurgeologischen Fachliteratur sehr allgemein gehalten und nicht immer widerspruchsfrei. Bereits MEYN (1850) versteht unter einem Erdfall einen plötzlichen, trichterartigen oder kesselförmigen, scharf begrenzten, kreisförmigen Einsturz an der Erdoberfläche durch unterirdische Auslaugung von Salz, Gips oder Kalkstein. Das Ingenieurgeologische Wörterbuch (1964) definiert den Begriff Erdfall wie folgt: „Erdfall (auch: Einsturztrichter), katastrophentypischer Einbruch der Erdoberfläche über einer durch Auslaugung (Verkarstung) entstandenen Höhle; meist über schwerer löslichen Gesteinen, wie Gips, Kalkstein usw.; vorkommend, aber auch über Steinsalz, hier abhängig vom Beanspruchungsgrad des Deckgebirges; s. a. Einsturz, Doline.“ REUTER & KOCKERT (1971) verweisen auf die unterschiedlich definierten Terminologien zu verschiedenen Formen der Verkarstung und insbesondere zum Erdfall. Eine Erklärung ist dazu die jeweilige phänomenologische oder genetische Betrachtungsweise. ADERHOLD (2005) und PRINZ & STRAUSS (2006) bezeichnen als Erdfall eine Einsturzdoline, die als Folge von Hohlrumbauprodukten im verkarstungsfähigen Untergrund zu Einbrüchen an der Erdoberfläche führt.

Nicht nur für die Verständigung in der Fachwelt, sondern insbesondere für eine ingenieurgeologische Analyse eines Erdfalles ist eine konsequent genetisch bezogene Definition notwendig. Die verschiedenen Entwicklungsphasen eines Erdfalles sind dabei zu berücksichtigen, vergleichbar mit den verschiedenen Verbruchphasen bei einem Tagesbruch.

Das Erdfallgeschehen innerhalb des Karstes ist eingebettet in die exogen-geodynamischen Abtragungs- und Lösungsprozesse (Verwitterung) im oberen Bereich der Erdkruste (Abbildung 5).

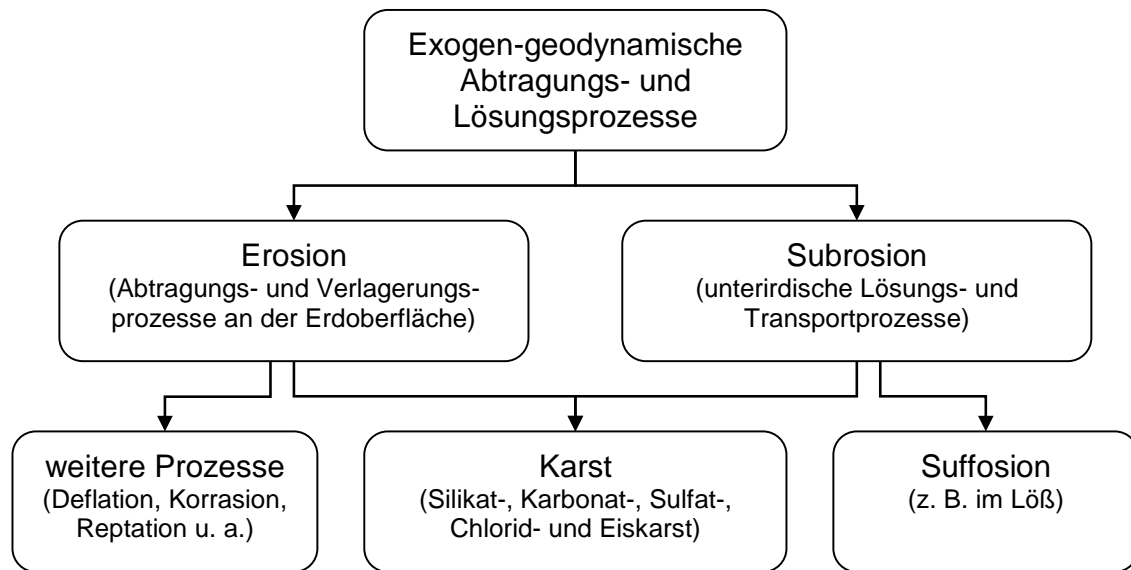


Abb.5 : Schema zu den exogen-geodynamischen Abtragungs- und Lösungsprozessen (Verwitterung)

Grundvoraussetzungen für den Karst sind lösliche Minerale und Wasser mit seinen chemischen und physikalischen Randbedingungen in einem bestimmten klimatischen und biologischen Milieu. Nackter und bedeckter Karst haben einen wichtigen Einfluss auf die Erscheinungsbilder der Auslaugung an der Tagesoberfläche und damit auch auf die Genese des Erdfalles. Das Erscheinungsbild „Erdfall i. e. S.“ dominiert im bedeckten Karst. Bei gravitativen Massenbewegungen im Festgestein (z. B. beim Driften, Kippen) entstehen Spalten, die zu perlschnurartig aufgereihten, oft hangparallelen Spaltenerdfällen führen. Ebenfalls sind aktive, inaktive und abgeschlossene Karstprozesse zu unterscheiden (REUTER et al. 1986).

Unter den dargelegten ingenieurgeologischen Randbedingungen und unter dem Aspekt einer Vergleichbarkeit mit Tagesbrüchen sollte auch der Erdfall unter konsequent genetischen Aspekten definiert werden. Ein *Erdfall* (i. e. S.) ist an der Tagesoberfläche eine meist schlotartige, nahezu runde Hohlform im Locker- oder Festgestein durch das Verbrechen von natürlich entstandenem Hohlraum. Zur Hohlrumbaueitung führen die komplex verlaufenden Lösungs- und Umlagerungsprozesse in löslichen und suffosionsanfälligen Locker- oder Festgesteinen sowie in Zerrspalten einschließlich in deren Lockergesteinsüberdeckungen. Am Verbruchkopf der meist senkrecht stehenden Verbruchröhre bildet sich ein vertikal stehender, halbiertes Rotationsellipsoid aus (Abbildung 6). Insbesondere struktureologische Elemente und harte Sedimentpakete können die Lage und die Form des Erdfalles modifizieren.

Für die räumliche Anordnung und Verteilung der morphologischen Verbruchstrukturen nimmt das Trennflächeninventar im Festgestein einen wichtigen Platz ein. An diese Rupturen unterschiedlicher Größenordnungen sind wiederum die Wasserwegigkeit und damit die Abtragungs-, Umlagerungs- und Lösungsprozesse gebunden. Die Rupturen im Gebirge folgen einerseits gebirgsmechanischen Gesetzen, die bei der Entstehung der anstehenden Gebirgsschichten gewirkt haben, andererseits nimmt auch das Chaosprinzip Einfluss auf die Verteilung und Anordnung des Trennflächeninventars. Gesetzmäßigkeit und Zufälligkeit prägen somit grundsätzlich die ingenieurgeologischen Eigenschaften jedes Gebirges. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass stets eine objektspezifische ingenieurgeologische Untersuchung und Bewertung notwendig ist, um die real existierenden Gebirgsbedingungen zu erfassen und aufgabenbezogene Schlussfolgerungen ableiten zu können.

3 Schlussfolgerungen

Bei der Zuordnung von Tagesbruch und Erdfall ist eine ganzheitliche genetische Betrachtung die Grundlage. Die geodynamischen Prozesse und insbesondere die hydraulischen Verhältnisse nehmen auf die Entwicklung und Ausbildung der unterschiedlichen Geneseformen von Tagesbrüchen und Erdfällen maßgeblichen Einfluss. In Gebieten, wo sich Altbergbau und Karstprozesse verzahnen, bedarf es zur eindeutigen Zuordnung der Verbrüche detaillierter ingenieurgeologisch-markscheiderischer Untersuchungen und Bewertung zu ihrer Genese. Die Ergebnisse bilden dann auch die Basis für eine treffende Risikoabschätzung für die öffentliche Sicherheit und für die Ausgrenzung schadensrelevanter Einwirkungsbereiche (MEIER 2009). In der Tabelle 1 werden die Eigenschaften von Erdfall (i. e. S.) und Tagesbruch (i. e. S.) aus genetischer Betrachtungsweise gegenübergestellt.

Tab.1 : Vergleich von Erdfall (i. e. S.) und Tagesbruch (i. e. S.)

Erdfall	Tagesbruch
<ul style="list-style-type: none"> • Verbruch des Deckgebirges über einem natürlicher Hohlraum (z. B. Höhle, Schlotte, Karstspalte) • Verbruch auf Zerrspalten, die sich durch gravitative, auslaugungsbedingte und atektonische Prozesse bilden. Sie verlaufen perlschnurartig und hangparallel. • Bildung von vertikalen Verbrüchröhren, die sich durch Auflösung oder/und horizontalen Materialtransport an Schwächezonen des Gebirges vom Niveau des Bergwasserspiegels aus bis zur Tagesoberfläche hocharbeiten. Das Material verlässt auf horizontalen, röhrenartigen Fließbahnen vor allem an Schicht- und Wassergrenzen am Fuß von Steilhängen das Gebirge (z. B. an Steilküsten, Uferlinien, Lößwänden → Lößbrunnen). 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbruch des Deckgebirges über einem bergmännischen Hohlraum (z. B. Abbau, Strecke, Tiefkeller) • Verbruch auf Zerrspalten, die durch Bergbaueinfluss entstehen. Sie verlaufen perlschnurartig an den Trogrändern. • Hohlraumverbruch im suffosions- und umlagerungsempfindlichen Deckgebirge über einem nicht verbrochenen, hydraulisch in Verbindung stehenden Grubenbau. Der Verbruchhohlraum bildet sich durch vertikale und horizontale Umlagerung von fließfähigen Materialien (z. B. Schluff, Fließsand, stark bindiger Boden) in naheliegende anthropogene Hohlräume oder durch horizontales Ausbrechen aus Böschungen an Schicht- und Wassergrenzen.

Tagesbrüche und Erdfälle sind aus genetischer Sicht im Verbruchmechanismus grundsätzlich vergleichbar. *Das dominante Unterscheidungsmerkmal stellt die anthropogene oder natürliche Entstehung der unterirdischen Hohlräume dar, in der die Verbruch- oder/und Umlagerungsmassen abgelagert oder weggeführt werden.* Bei diesen Vorgängen haben nicht nur vertikale, sondern auch horizontale Transportwege eine große Bedeutung. Bei beiden Erscheinungsbildern spielen nicht nur die Gesteinseigenschaften, sondern auch der sich einstellende hydraulische Gradient eine große Rolle.

In vielen Altbergbaurevieren ist der Einfluss von Auslaugungs- und Umlagerungsprozessen auf die Standsicherheit von Grubenbauen und übertägigen Relikten, wie Halden und Kippen, zu beobachten. Nur eine ganzheitliche Bewertung der einwirkenden geodynamischen Prozesse auf Hohlraum und Gebirge, insbesondere die hydraulischen Gegebenheiten, schafft die Grundlage für eine effiziente ingenieur- und bergtechnische Bearbeitung von Tagesbrüchen und Erdfällen. Die Kenntnis der Hohlraumeigenschaften nimmt Einfluss auf das Bewertungsergebnis. Eine differenzierte, genetisch bezogene Klassifizierung der Verbruchereignisse ermöglicht auch eine angepasste numerische Bewertung von Einwirkungsbereichen an der Tagesoberfläche. Sie ist damit auch Grundlage für die Schadensprognosen zu den verschiedenen Deformations- und Verbruchprozessen.

Literatur

ADERHOLD, G. (2005): Klassifikation von Erdfällen und Senkungsmulden in karstgefährdeten Gebieten Hessens – Empfehlungen zur Abschätzung des geotechnischen Risikos bei Baumaßnahmen. - Geologische Abhandlungen Hessen, Bd. 115, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden

AUTORENKOLLEKTIV (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V. – Tagungsband, 4. Altbergbau-Kolloquium, 4.bis 6.11.2004, Leoben, Anhang S. 1 - 23, Verlag Glückauf, Essen

ECKART, D. (1972): Arten und Ursachen von Schäden an stillgelegten Bergwerksanlagen. - Neue Bergbautechnik 2. Jg., H. 8, S. 619 - 625

ECKART, D. (1973): Ergebnisse von Untersuchungen über Schäden an stillgelegten Bergwerksanlagen. - Freiburger Forschungsheft A 526, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig

ECKHART, E.; RIEPLER, F.(2004): Sicherungsmaßnahmen in den Altbergbauen Nassereith (Tirol) und Schlaining (Burgenland) unter besonderer Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse. - Tagungsband 4. Altbergbau-Kolloquium, 4. bis 6.11.2004, Leoben, S. 154 - 170, Verlag Glückauf, Essen

FENK, J. (1979): Eine Theorie zur Entstehung von Tagesbrüchen über Hohlräumen im Lockergestein. - Bergakademie Freiberg, Wissenschaftsbereich Markscheidewesen, Dissertation, veröff. (1981). - Freiburger Forschungsheft A 639, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig

FENK, J. (1984): Berechnung von Tagesbrüchen. - Neue Bergbautechnik, 14. Jg., H. 11, S. 414 - 416 und 425

HEROLD, U.; STROBEL, G.; SUDERLAU, G. (2004): Zu den Großerdfällen von Neckendorf, südlich Lutherstadt Eisleben (Ldkrs. Mansfelder Land / Sachsen-Anhalt). - Tagungsband Subrosion und Baugrund in Thüringen. - Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Nr. 69, Jena, S. 67 - 78

- HOLLMANN, F. (1968): Tagesnaher Bergbau und Bebauungsplanung im Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebiet. - Bergfreiheit, Bochum Jg. 33, S.109 – 117
- KEIL, K. (1954): Ingenieurgeologie und Geotechnik. - (2. Aufl.) VEB Wilhelm Knapp Verlag Halle (Saale)
- LERCHE, I.; LEMPP, C. (2002): Methods for Estimating Associated Risks of Sinkhole Occurrences: A Demonstration Using Available Data from the Ruhr Valley Region of Germany. - Environmental Geosciences, Volume 9, Number 4, S. 173 - 183
- LISZKOWSKI, J. (1973): Bemerkungen über die Geomechanik von Erdfällen. - Proc. Congr. Ing.-Geol., Erdfälle und Bodensenkungen, Ing.-geol. Probleme löslicher Gesteine, IAEG, Hannover, T2 – F, 1 bis 5
- MEIER, G. (1978a): Zum Problem von Tagesbruchanalysen in Altbergbaugebieten aus der Sicht praktischer Bergsicherungsarbeiten. - Neue Bergbautechnik, 8. Jg.; H. 11, S. 639 - 643
- MEIER, G. (1978b): Zum Problem der hydrodynamisch wirksamen Trennflächen. - Freiburger Forsch.-Heft, R. A. 597, Leipzig, 57 S.
- MEIER, G. (2001): Numerische Abschätzung von Tagesbruchgefährdungen in Altbergbaugebieten. - 13. Nationale Tagung für Ingenieurgeologie in Karlsruhe, Sonderband Geotechnik, S. 11 - 22,
- MEIER, J. (2002): Statistische Analyse von Tagesbrüchen über Abbaufeldern des Braunkohlen-Tiefbaus und ein Versuch ihrer numerischen Simulation mit dem Programm FLAC“ – Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg (unveröff.)
- MEIER, G. (2006): Der Verbruch des Rothschnöberger Stollens durch das Hochwasser 2002 und dessen Sanierung. - Festvorträge zum Andreas-Möller-Geschichtspreis 2004 und 2005, S. 55 – 68, Stiftung für Kunst und Kultur der Kreissparkasse Freiberg in Zusammenarbeit mit dem Freiburger Altertumsverein e. V., Freiberg 2006
- MEIER, G. (2009): Zur Bestimmung von altbergbaulich bedingten Einwirkungsbereichen. - Tagungsband, 9. Altbergbau-Kolloquium, 5. bis 7.11.2009, Leoben, S. 118 - 131, Verlag Glückauf, Essen
- MEIER, J.; MEIER, G. (2006): Modifikation von Tagesbruchprognosen nach G. Meier. - Geotechnik Jg. 28, H. 2, S. 119 – 125
- MEIER, G.; MEIER, J. (2007): Erdfälle und Tagesbrüche – Möglichkeiten einer numerischen Modellierung. - Bull. angew. Geol. 12/1, Juli 2007, S. 91 – 103
- MEYN, L. (1850): Die Erdfälle. Ein Beitrag zu der Agenda geognostica für die norddeutsche Ebene. - ZDGG II. Bd., S. 311 - 338
- PENZEL, M. (1980): Bemerkungen zur Erdfallgenese in Auslaugungsgebieten aus geomechanischer Sicht. – Neue Bergbautechnik, 10. Jg., H. 1, S. 15 - 1
- PRINZ, H.; STRAUSS, R.(2006): Abriss der Ingenieurgeologie. - 4. Auflage, Elsevier GmbH, München
- REUTER, F.; KOCKERT, W. (1971): Zu einigen Fragen des Karstproblems. - Zeitschr. F. angew. Geologie, Bd. 17, H. 8, S. 343 - 346
- REUTER, F.; MOLEK, H.; STOYAN, D.(1986): Die zeitliche Einstufung geologischer Prozesse für ingenieurgeologische Aufgaben im Bergbau und Bauwesen unter besonderer Berücksichtigung des Karstes. - Z. geol. Wiss. Jg. 14, H. 2, S. 175 - 181
- THOMAS, A.; REUTER, F.; BACHMANN, G. (1964): Ingenieurgeologisches Wörterbuch. - Zentrales Geologisches Institut Berlin, Selbstverlag

TREPTOW, E.; WÜST, F.; BORCHERS, W. (1900): Bergbau und Hüttenwesen. - Verlag und Druck von Otto Spamer, Leipzig

WEBER, L. (2004): Die Nassereither Bergwasserexplosion als Folge einer unzureichenden Schließung eines Altbergbaus. - Tagungsband, 4. Altbergbau-Kolloquium, 4. bis 6.11.2004, Leoben, S. 270 – 280