

Donnerstag 20. Oktober 2016

14:30-15:00

Bauen im Erdfallgebiet im Raum Reutte **geotechnische Anforderungen an die Gründung von Hochbauten und an** **Entwässerungsmaßnahmen**

Jörg Henzinger

Geotechnik Henzinger, Plattach 5, 6095 Grinzens www.geotechnik-henzinger.at

1) Allgemeines

Im Siedlungsgebiet von Reutte und Breitenwang nordwestlich des Sindebichls und des Stegerberges treten gehäuft Sulfatkarsterscheinungen in Form von Setzungsmulden und Erdfällen auf. In den letzten 50 Jahren sind im Siedlungsgebiet etwa 10 Erdfälle dokumentiert. Auch außerhalb dieses Gebietes treten örtlich Erdfälle auf. Personenschäden sind nicht bekannt, auch große, nicht mit einfachen Mitteln sanierbare Gebäudeschäden sind nicht aufgetreten. Auszuschließen sind weitere Gebäudeschäden nicht, sie sind durchaus wahrscheinlich.

2) Geologie und Untergrund

(Grundlage Bericht Mag. W. Mostler und Landesgeologie)

Festgestein:

Die Talweitung, auf der sich die Marktgemeinde Reutte erstreckt, ist geprägt durch mehrere über die Geländeoberkante aufragende Felsrücken, die mit Lockergesteinen unterschiedlichster Ausbildung und Mächtigkeit bedeckt sind.

Östlich von Reutte wird die Festgesteinsgeologie in Form von mächtigen Hauptdolomitabfolgen geprägt, südlich von Reutte dominieren Muschelkalk, Wettersteinkalk und Partnachsichten. Im Osten und weiter südlich der Reuttener Talweitung erreichen Raibler Schichten größere Mächtigkeiten. Diese lassen sich über die Felsrücken des Sindebichls-Stegerberges, den Einschnitt des Archenbaches querend, bis ins Kirchelestal SW/NE streichend verfolgen bzw. werden im Südwesten vom Felsrücken des Sintwag, der sich aus gipsfreien Gesteinen in Form des Muschelkalks aufbaut, begrenzt.

Der Sindebichl beherbergt das mächtigste Gipsvorkommen. Hier setzt sich der gesamte Hügel von ca. 850 m bis 900 m MH nahezu ausschließlich aus Gips zusammen. An den gebänderten Gipsen im Vorkommen am Sindebichl ist auch seine Lagerung nachvollziehbar. Obwohl dort interne Verfaltungen und Verstellungen auftreten, so lässt sich doch generell eine flache bis mittelsteile nach S bis SSE gerichtete Lagerung erkennen. Störungen im Bereich des Abbaues sind in erster Linie steil stehend und streichen meist in NW/SE Richtung.

Weitere Gipsvorkommen zeigen sich nordöstlich und südwestlich des Sindebichls, wobei davon auszugehen ist, dass diese Vorkommen im Untergrund, bedeckt von den Lockergesteinen der Talfüllung von Reutte, miteinander verbunden sind.

Der Gips - seinem Alter nach der Raibler Formation (Karn) zuzurechnen - wird von Dolomiten, sowohl im Liegenden als auch im Hangenden, begrenzt.

Bei Betrachtung der geologischen Karte der Geologischen Bundesanstalt (Geologische Bundesanstalt 2009) sind Dolinenstrukturen nur im Süden der Reuttener Talaufweitung sowie im Bereich um das Gebiet Kreckelmoos dargestellt.

Die Verbreitung von Gips, angezeigt durch das Auftreten von Dolinen und durch Aufschlüsse wie Bohrungen, Sondierungen und Schürfe ist im Raum von Reutte/Breitenwang und Umgebung mehrfach nachgewiesen. Diese sind mehr oder weniger immer direkt an die Raibler Schichten gebunden, oder, wo diese durch Lockermaterial verhüllt sind, im Nahbereich dieser Formation zu finden.

Lockergestein:

Die Untergrunderkundungen im Talboden zeigen, dass die Lockergesteinsbedeckung sowohl in ihrer Zusammensetzung als auch in ihrer Mächtigkeit sehr unterschiedlich ist.

Es wechseln Schlufflagen mit gut ausgewaschenen Kiesen als Flussablagerungen und gletschertransportiertes Moränenmaterial mit Schwemmfächersedimenten auf engstem Raum. Auch Residuallehme (Residualtone) als unlösliches Restprodukt der Gipslösung sind in den Sedimenten der Talfüllung zu finden. Diese sind durch eine Grundmasse an Schluff und Ton gekennzeichnet, in der noch unzersetzte Gipsbruchstücke und scharfkantige Dolomitmörner schwimmen.

Die Schwankungen der Mächtigkeit der Lockergesteine basiert auf ein im Gebiet von Reutte ausgeprägtes Felsrelief, welches nicht zuletzt auch auf einen Wechsel zwischen weichen gipshaltigen und mergeligen Gesteinen zu den härteren Dolomiten und Kalken zurückzuführen ist.

Durch die Heterogenität der Lockergesteinsauflage sind auch die Durchlässigkeiten (kf- Werte) sehr unterschiedlich. Außerdem können die Durchlässigkeiten auch aufgrund der durch Gipslösung hervorgerufenen Versturzstrukturen und somit der Bildung neuer Wasserwegigkeiten im Lockermaterial räumlich und zeitlich stark variieren.

Grundwasser:

Anhand der Unterlagen lässt sich eine generelle Fließrichtung von SE nach NW ermitteln mit einem mittleren Flurabstand von 10 m. Im Bereich zwischen Sindebichl, Sintwang und im Gebiet um die Innsbrucker Straße liegt der Grundwasserspiegel höher und kann dort zwischen 2 und 5 m unter GOK auftreten.

Über das gesamte Gebiet der Talweitung von Reutte schwanken die elektrischen Leitfähigkeiten sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung.

Die höchsten Leitfähigkeiten in den Grundwässern können gerade im Bereich Erlebnisbad Ehrenberg und Kreckelmoos durchaus zwischen 1600-2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ erreichen und sind dort ausnahmslos auf das im Wasser gelöste Sulfat zurückzuführen. Markierungsversuche haben gezeigt, dass ein rascher Eintrag von Tracern über die Dolinen im Bereich Sindebichl in den Grundwasserkörper erfolgt.

3) Ursache der Hohlraumbildung im Raum Reutte

Ursache der Hohlrumbildung im Untergrund mit der Folge von Erdfällen und Senkungen ist die lösende Wirkung des Wassers im Zusammenhang mit löslichen, gesteinsbildenden Mineralen. Den Verkarstungsprozess bestimmen folgende Faktoren:

- durch Wasser lösbare Gesteine
- Trennflächengefüge
- Menge der Niederschläge
- hydrogeologische Verhältnisse
- die Vegetation bzw. die Intensität der Versickerung von Niederschlagswässern
- Veränderungen durch menschliche Eingriffe

Verkarstung findet verstärkt an wasserwegigen Trennflächen, Störungs- und Zerrüttungszonen entlang dolomitischer Lagen, bestehender Hohlräume und durchlässiger Lockergesteinsschichten statt. Wie in Reutte erkundet, finden Verkarstung und Hohlrumbildung im Festgestein, aber auch unmittelbar oberhalb der stark und kleinräumig reliefierten Festgesteinsoberfläche in Lagen mit toniger-schluffiger Matrix und kantigen Dolomit- und Gipsresten - verwitterten Raiblerschichten - statt. Über diesen Schichten liegen fluviatile Sedimente mit hohem Grundwasserspiegel und hoher Durchlässigkeit. Der massive Abfluss von Grundwasser ins Festgestein ist durch die Aufschlussbohrungen belegt, wie die durchwegs massiven Spülverluste in den Bohrungen ins Festgestein gezeigt haben.

Die Verkarstung führt im Festgestein zu aufgeweiteten Karstgängen und Hohlräumen mit hoher Wasserwegigkeit und möglichem Abtransport von Feinteilen. In den das Festgestein überlagernden Ton-Schlufflagen (verwitterte Raibler) entstehen entlang von Wasserwegen örtlich auch horizontal ausgebildete mächtige Hohlräume.

Zur Entstehung der Hohlräume ist festzustellen, dass natürlich tektonische und sedimentäre Vorgänge mit der Änderung der Grundwasserströmung im Laufe der jüngeren Erdgeschichte eine wesentliche Rolle bei der Verkarstung des Festgesteins und der Hohlrumbildung im Lockergestein gespielt haben. Anthropogene Einflüsse mit der zunehmend extensiven Versickerung von Oberflächenwässern in den Untergrund beeinflussen in den letzten Jahrzehnten die Grundwasserdynamik in Siedlungsgebieten und beschleunigen damit die Verkarstungsentwicklung und Hohlrumbildung im Fest- und Lockergestein. Die dokumentierte Entstehung neuer Einbrüche bzw. Erweiterung bestehender Einbrüche im Siedlungsgebiet von Reutte, aber auch in der Umgebung weisen auf diesen Umstand hin.

Im Zusammenhang mit der Untergrunderkundung zum Bau des Erlebnisbades Ehrenberg konnten in den Jahren 2008 bis 2010 auf einer Fläche von ca. 2000 m² umfangreiche Erkundungen durchgeführt werden. Aufgrund der festgestellten großen Hohlräume konnten Einbrüche mit einem Durchmesser über 5 m und fortlaufende Setzungen nicht ausgeschlossen werden.

Die Hohlräume und aufgelockerten Zonen im Lockergestein befanden sich in Tiefen von 8 bis 30 m und wiesen eine Erstreckung von mehreren Zehnermetern auf.

4) Jüngste Erdfallereignisse im Raum Reutte

Probleme mit Erdfällen und Erdsenkungen sind im Siedlungsgebiet südöstlich und südlich von Reutte und Breitenwang seit langem bekannt. Primär konzentrieren sich die jüngsten dokumentierten Erdfälle und die erbohrten Hohlräume entlang der Innsbruckerstraße und westlich des Felsrückens Sindebichl-Stegerberg. Die Geländeoberfläche beidseitig der Innsbruckerstraße zeigt in einem engen Raster Muldenstrukturen, die auf lang anhaltende Setzungen hinweisen.

Folgende Erdfallereignisse aus jüngster Zeit können angegeben werden:

Tennishalle Reutte

Das erste durch Überlieferung bekannte bautechnische Problem ist bei der Tennisanlage am Fuß des Sindebichls aufgetreten. Ein Teil des Gebäudes sackte ab und musste nach der Verfüllung des Hohlraumes mit verstärkten Fundamenten auf verfülltem Hohlraum aufgebaut werden.

Innsbruckerstraße (1986 und vorher)

Erdfälle in der Innsbruckerstraße sind mehrfach aufgetreten. Nachdem das wiederholte Verfüllen des immer wieder neu entstandenen Erdfalltrichters nicht zum erhofften Erfolg geführt hat (z.B.: April 1986: 18 m³ Schotter, November 1986: 20 m³ Beton und Schotter), wurde der Einbruchschlot mit einer Stahlbetonplatte überbrückt.

Lebensmitteldiskonter an der Innsbruckerstraße (1993)

Ein weiterer Einbruch befand sich weiter westlich ebenfalls im Nahbereich der Innsbruckerstraße und betraf ein Lebensmittelgeschäft. Dieser Einbruch hat sich schrittweise bis an die Oberfläche durchgestanzt.

Dokumentiert ist dieser Vorgang durch das mehrmalige, zum Auslösezeitpunkt nicht erklärbare Ansprechen der auf Erschütterung reagierenden Alarmlage. 1993 erreichte der Schlot die Geländeoberfläche, große Schäden am Objekt sind nicht entstanden. Die Sanierung erfolgte mit Beton und Kies. Zum nachträglichen Verfüllen einer auch in Zukunft auftretenden, nicht auszuschließenden Hohlraumbildung wurde ein Verfüllrohr bis zur Sohle des sichtbaren Erdfalltrichters geführt.

Areal Schwimmbad Ehrenberg:

Auch auf dem Areal des neuen Schwimmbades, in der Tiefenlinie der im Gelände sichtbaren Mulde, ist eine Doline mit einem Durchmesser von ca. 4 m ausgebildet. Dieser Erdfall wurde in den letzten Jahren immer wieder mit Schüttmaterial verfüllt. In einem Zeitraum von 4 Jahren ist mit der Neubildung der Bodeneinsenkung bei diesem Erdfall zu rechnen. Das alte, inzwischen abgerissene Freischwimmbad unmittelbar nordöstlich dieses Trichters wies vor dem Abbruch in der Mitte der längeren Schwimmbadseite einen großen klaffenden Riss auf. Die Ursache dieses Risses konnte nicht genau geklärt werden. Neben einer unzureichenden Bewehrung des Schwimmbades sind Setzungen infolge Karstbildung im Untergrund mögliche Ursache.

Restaurant McDonald's (2014):

Mitte März 2015 ist nordwestlich des Restaurants McDonald's ein Erdfall aufgetreten. Der Erdfall befindet sich unmittelbar neben einem Versickerungsschacht.

Bohrpfahlgründung Gemeindeamt Breitenwang:

Zur Sicherung des Gemeindezentrums Breitenwang im Osten des Reuttener Beckens wurden 64 Pfähle gerammt. Im Zuge der Pfahlrammung ist es zum Verlust von Pfählen gekommen.

Erdfall im Mühlerfeld (2013):

Anfang August 2013 entstand im Mühlerfeld eine Doline mit einem Durchmesser von 8 m und einer Tiefe von 7 m. Anfangs war die Doline mit Wasser teilgefüllt, welches anschließend versickerte.

Abschließende Anmerkung zu den dokumentierten Erdfällen:

Abschließend kann zu den dokumentierten Erdfallereignissen im Siedlungsgebiet von Reutte und Breitenwang festgestellt werden, dass in einem Zeitraum von 50 Jahren bei Berücksichtigung von Mehrfacheinbrüchen ca. 10 Erdfälle dokumentiert sind. Schäden an Personen sind nicht bekannt. Auch die Schäden an Bauwerken halten sich, obwohl zahlreiche Gebäude im Bereich der Zone mit hohem Erdfallrisiko liegen, in Grenzen.

5) Physikalisch-chemische Zusammenhänge der Löslichkeit von Gips

Niederschlag Raum Reutte:

Im Raum Reutte ist mit einem jährlichen Niederschlag von ca. 1400 mm im Jahr zu rechnen.

Durchlässigkeit der fluviatil abgelagerten Bodenschichten:

$k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ bis $1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Durchlässigkeit in den Raiblerschichten:

Örtlich ist im Festgestein mit hohen Abflüssen aufgrund von Karstbildung und von Kluftsystemen zu rechnen. Die Residualböden mit tonig-schluffiger Matrix und scharfkantigen Dolomit- und Gipskomponenten weisen eher eine geringe Durchlässigkeit auf. Örtlich bei Hohraumbildung können auch große Abflüsse entstehen. Bei offenen Wasserwegen zum Fels ist auch mit Feinteilerosion zu rechnen.

Löslichkeit von Gips in Wasser:

2,5 g in 1 l Wasser

Dichte Gips 2 t/m³

Versickerung von 100% des Niederschlagswassers würde zum Beispiel bedeuten, dass theoretisch auf einer Fläche von 1 ha (10.000 m²) bei einem Jahresniederschlag von 1400 mm (Jahresniederschlag Reutte) folgender größter Gipsabtrag möglich ist:

Betrachtungszeitraum

1 Jahr	35 t	15 m ³
10 Jahre	350 t	150 m ³
20 Jahre	700 t	300 m ³
50 Jahre	1.750 t	750 m ²

Primär weist natürlich das Regenwasser die größte Lösungskapazität auf, auch teilmineralisierte Wässer lösen abhängig vom Sättigungsgrad den Gips.

Versiegelte Flächen im bebauten Siedlungsgebiet:

Durch die zunehmende Verbauung entstehen große versiegelte Flächen mit hohen Abflussraten in das Grundwasser.

6) Erkundung des Untergrundes – Ingenieurgeologische Untersuchungsmethoden

Eine konkrete Voraussage von Erdfallereignissen oder Bodensenkungen ist auch durch eine umfangreiche Erkundung nicht möglich. Wie die Erfahrungen zeigen, ist das Entstehen von Karstsystemen nicht willkürlich, sondern hängt von geologischen und besonders von hydrogeologischen Faktoren mit dem Wasser als Motor der Karstentwicklung ab. Die Erkundung des Untergrundes, der geologischen Grundlagen wie Schichtung, Störungen, Kluftsysteme und vor allem der hydrogeologischen Verhältnisse ist zwingend erforderlich. In Erdfall- und Senkungsgebieten ist grundsätzlich von einem erhöhten Untersuchungsaufwand auszugehen (geotechnische Kategorie GK 3 nach ÖN EN 1997-2). In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass ältere Senkungen und Erdfalllöcher häufig durch locker gelagerte nachträgliche Verfüllung und Sedimente aufgefüllt sind, die durchaus auch von bautechnischer Bedeutung sind.

Die umfangreichen Untersuchungen zur Erkundung des Untergrundes vor der Errichtung des Erlebnisbades Ehrenberg haben gezeigt, dass die Kombination von direkten Aufschlüssen in Form von Bohrungen und geophysikalischen Untersuchungen das zutreffendste Ergebnis zum Bodenaufbau liefert. Nachträglich durchgeführte Bohrungen in durch die Geophysik detektierten Anomalien im Untergrund haben eine hohe Trefferquote bei Karsthohlräumen ermöglicht. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Geophysik immer nur indirekte Hinweise auf gestörte Bodenbereiche gibt. Bei den im Karst zahlreich durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen ist es nicht gelungen, Hohlräume bis in eine Tiefe von 50 m (mögliche Anwendungstiefe) direkt zu erkunden. Als primär anzuwendende und zielführende Methoden zur Erkundung von Anomalien im Untergrund im Zusammenhang mit Karstphänomenen sind anzuführen:

- direkte Aufschlüsse mittels Kernbohrungen und Bohrlochgeophysik
- Hochauflösende kombinierte Methoden der Reflexions- und Refraktionsseismik
- Radarmessungen
- geoelektrische Widerstandsmessung

Weiters ist festzuhalten, dass Aufschlussbohrungen bei entsprechender Betreuung und Auswertung genau angeben können, welches erosionsgefährdete Gestein im Untergrund ansteht bzw. ob Hohlräume vorliegen. Auch die Grundwassersituation (z.B. Mineralisierung des Grundwassers) kann mit Bohrungen zutreffend aufgeschlossen werden. Bohrungen sind Punktaufschlüsse, es ist nicht auszuschließen, dass eine Bohrerkundung keinen Hohlraum erkundet und dennoch Hohlformen im Nahbereich vorliegen. Im Festgestein ist mittels Kamerabefahrung oder echometrisch eine Vermessung des Hohlraumes möglich.

7) Einstufung des Erdfallrisikos

Grundsätzlich gilt, dass zur Abschätzung des Erdfallrisikos (Baugrundrisiko)

- die geologischen Strukturen (Störungen, Klüfte),
- Bestandsaufnahmen von Erdfällen und Senkungen, abhängig von Zeit und Ort,
- die Grundwasserabflussverhältnisse
- sowie die Auswertung von Laserscandaten, die ein sehr gutes Bild oberflächennaher fossiler Karsterscheinungen vermitteln, auszuwerten sind.

Risikobewertung in deutschen Bundesländern

In deutschen Bundesländern mit Karstproblemen (Thüringen, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen usw.) liegen Erdfallkarten vor.

In der Literatur (Ingenieurgeologie, Prinz H., Strauss R. 2011) wird angegeben, dass sich als allgemeingültige Risikobewertung folgende Definitionen bewährt haben:

- a) Akute Gefährdung liegt vor, wenn in absehbarer Zeit mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ein Ereignis zu erwarten ist, das eine ernsthafte Bedrohung von Schutzgütern bedeutet. Eine solche Situation erfordert in der Regel einen zeitnahen Handlungsbedarf bzw. die Einleitung von Sofortmaßnahmen.
- b) Potentielle Gefährdung ist gegeben, wenn ein Schadensereignis mittelfristig (einige Monate bis wenige Jahre) mit einiger Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Es besteht ein planmäßiger Handlungsbedarf für umfassende Erkundungen und Bewertungen der Situation und für massives intensives Monitoring.
- c) Latente Gefahr ist anzunehmen bei geringer Eintrittswahrscheinlichkeit für ein Ereignis, das weder nach Zeit, Ort und Ausmaß näher zu bemessen ist. Eine allgemeine Erkundung und Bewertung der Situation müsste ausreichend sein.

Handlungsempfehlungen der Straßenbauverwaltungen in den Ländern Sachsen-Anhalt und Thüringen

Die genaueste und grundlegendste Darstellung von Gefährdungsklassen mit Angabe von bautechnischen Sicherungsmaßnahmen für Straßen steht in den Handlungsempfehlungen der Straßenbauverwaltungen in den Ländern Sachsen-Anhalt und Thüringen zur Verfügung.

LBEG Niedersachsen, Kategorie der Erdfallgefährdung im Gips- und Karbonatkarst

Auch für das Land Niedersachsen gibt es vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie für Bauten im Gips- und Karbonatkarst eine Gefährdungseinstufung (Kategorie 0 bis 7) und eine Bauanweisung für Wohnbauten. Der Umfang möglicher Sicherungsmaßnahmen für Bauwerke in erdfallgefährdeten Gebieten der Kategorie 3 bis 6 ist auch hier vom Grad der Gefährdung abhängig. Um das Restrisiko für Personen in diesen Gebieten zu verringern, empfiehlt das LBEG für Niedersachsen, Gebäude durch statisch – konstruktive Sicherungen so zu verstärken, dass zwar Schäden an Bauwerken nicht verhindert werden, dass aber das Leben und die Gesundheit von Menschen möglichst nicht gefährdet ist. Das bedeutet, dass die Tragsicherheit der Gebäude für den Eintretensfall eines Erdfalls unter dem Gebäude soweit erhalten bleibt, dass der Mensch nicht zu Schaden kommt, die Gebrauchstauglichkeit des Objektes muss aber nicht

mehr gegeben sein. Aufgrund der Häufigkeit der dokumentierten Erdfälle entlang der Innsbruckerstraße in Reutte würde dieser Bereich laut Gefährdungseinstufung LBEG Niedersachsen in die Kategorien 5 bis 7 fallen. Laut den konstruktiven Anforderungen für Wohnhäuser in der Gefährdungskategorie 5 und 6 gilt laut Sicherungsanleitung für Wohnobjekte die Ausbildung des untersten Geschoßes als steifer Stahlbetonkasten bzw. ausgesteiftes Kellergeschoß.

Einschätzung der Gefährdung westlich entlang des Sindebichls und Stegerberges in Reutte auf der Grundlage der deutschen Bewertungen

Wie die dokumentierten Erdfälle im Bereich um die Innsbruckerstraße, die Erkundungsbohrungen beim Erlebnisbad Ehrenberg und bei anderen Bauvorhaben im Nahbereich des Erlebnisbades Ehrenberg mit erkundeten Hohlräumen in Tiefen von 10 bis 40 m zeigen, besteht im Gelände um die Innsbruckerstraße und das Erlebnisbad Ehrenberg eine potentielle bis akute Gefährdung von Objekten. Mit Erdfällen ist kurz- und mittelfristig zu rechnen. Laut Risikobewertung in den Handlungsanleitungen ist ein zeitnaher und planmäßiger Handlungsbedarf gefordert, welcher die Erkundung und Bewertung des Untergrundes und bautechnische Maßnahmen zum Erhalt der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Gebäuden erfordert. Auch Maßnahmen, welche die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Erdfalles vermindern, wie zum Beispiel keine konzentrierte Ableitung von Oberflächenwässern in das Grundwasser über lösbaren Gesteinen, sind erforderlich.

Charakteristik des Untergrundes im Siedlungsgebiet südwestlich des Sindebichls und Stegerberges:

- Sulfateinschlusungen im Untergrund, überlagert von 10 bis 40 m mächtigen Lockergesteinen, örtlich hohe Wasserwegigkeit im Untergrund
- mehrere junge Erdfälle entlang der Innsbruckerstraße und nordwestlich des Sindebichls
- fossile Erdfallerscheinungen (z.B. See Kreckelmoos)
- mittlere bis hohe Eintrittswahrscheinlichkeit von Erdfällen
- Subrosionsauswirkung - Erdfälle, Hohlformen im Untergrund und Einsenkungen im Gelände, setzungempfindliche Lockergesteinsauffüllungen über fossilen Hohlformen, dokumentierter Durchmesser der Erdfälle 2 bis 5 m
- mögliche Beanspruchung der Bauwerke durch Subrosionsauswirkung – geringe bis bestandsgefährdende Einwirkungen

Ausweisung von Siedlungsflächen mit akutem, potentielltem und latentem Baugrundrisiko

Wesentlicher Punkt für die Vorgabe von Handlungsanweisungen im Gipskarst (Erkundung und Baumaßnahmen) ist die Ausweisung von Gefahrenzonen durch die Geologie. Die Eingrenzung von Gefährdungsflächen ist ein dynamischer Prozess, mit weiteren Erkundungen kann die Eingrenzung jeweils verfeinert werden.

8) Bautechnische Maßnahmen bei Gefahr von Erdfällen und Bodensenkungen

Grundsätzliches zur Minimierung des Baugrundrisikos bei Gipskarst

Zur Einschätzung des Risikos für Bauten in Erdsenkungsgebieten, entwickelt für Bauten über Altbergbauanlagen, dient das Diagramm von G. Meier. Das Baugrundrisiko ist definiert als das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und möglichem Schadensausmaß. Die Festlegung der Risikoklasse kann nach der Tabelle 1 mit Hilfe der Linie des Grenzrisikos erfolgen. Die Felder unterhalb der Linie des Grenzrisikos bedeuten Risikoklasse IV, ein Handlungsbedarf besteht nicht. Für die Felder oberhalb dieser Linie mit den Risikoklassen III bis I besteht Handlungsbedarf.

Eintrittswahrscheinlichkeit	sehr wahrscheinlich	IV	III	II	I	R_G
	wahrscheinlich	IV	IV	III	II	
	wenig wahrscheinlich	IV	IV	IV	III	
	praktisch unmöglich	IV	IV	IV	IV	
		unbedeutend	klein	hoch	sehr hoch	
	Schadensausmaß					

R_G = Grenzrisiko

Tab. 1: Matrix für die Festlegung des Risikos (nach G. Meier 2004).

Die Aufgabe der Bautechnik ist, Maßnahmen zu treffen, welche die Eintrittswahrscheinlichkeit oder das Schadensausmaß so weit absenkt, dass die Klasse IV erreicht werden kann. Bezüglich des Schadensausmaßes ist festzustellen, dass eine Schiefstellung eines Wohnhauses größer 1:300 als hoher bis sehr hoher Schaden anzusprechen ist.

Als **Eintrittswahrscheinlichkeit** kann im konkreten Fall das Eintreten einer Erdsenkung oder eines Erdalles in einem bestimmten Zeitraum in der Zukunft angesehen werden. Die Verminderung des konzentrierten Wassereintrages in den subsionsgefährdeten Untergrund bedeutet die Herabsetzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und damit des Risikos.

Das **Schadensausmaß** kann durch bautechnische Maßnahmen am zu errichtenden Objekt selbst verringert werden. Bei bestehenden Objekten ist eine Verringerung des Schadensausmaßes praktisch nicht möglich. Bei Neubauten kann durch bautechnische Maßnahmen einerseits die Tragfähigkeit durch die Anordnung von Stahlbetonschachteln als steifes Kellergeschoß und andererseits die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit durch Gründung auf erosionsstabilem Untergrund bei einer geforderten Dauerhaftigkeit von 50 bis 100 Jahren erreicht werden.

9) Gesetzliche Vorgaben und Ausweisung von Gefahrenzonen

Grundsätzlich gilt nach Tiroler Bauordnung (TBO 2011):

§ 3

Bauplatzeignung

(1) Bauliche Anlagen dürfen nur auf Grundstücken errichtet werden, die sich nach ihrer Widmung, Lage, Form, Größe und Bodenbeschaffenheit für die vorgesehene Bebauung eignen und die eine dem vorgesehenen Verwendungszweck entsprechende, rechtlich gesicherte Verbindung mit einer öffentlichen Verkehrsfläche haben.

(2) Auf Grundstücken, die einer Gefährdung durch Lawinen, Hochwasser, Wildbäche, Steinschlag, Erdbeben oder andere gravitative Naturgefahren ausgesetzt sind, sind der Neu-, Zu- und Umbau und die sonstige Änderung von Gebäuden sowie die Errichtung und die Änderung von sonstigen baulichen Anlagen nur unter der Voraussetzung zulässig, dass durch die Anordnung oder die bauliche Beschaffenheit des Gebäudes bzw. der sonstigen baulichen Anlage, durch sonstige bauliche Vorkehrungen in deren Bereich oder durch bestimmte organisatorische Vorkehrungen, wie insbesondere durch ein Sicherheitskonzept, ein im Hinblick auf den vorgesehenen Verwendungszweck ausreichender Schutz vor Naturgefahren gewährleistet ist. Soweit aktuelle Gefahrenzonenpläne vorhanden sind, ist bei der Beurteilung der Gefahrensituation darauf Bedacht zu nehmen.

Der 1. Absatz weist darauf hin, dass Anlagen nur auf Grundstücken errichtet werden dürfen, die sich nach ihrer Bodenbeschaffenheit für die vorgesehene Bebauung eignen. Eine Eignung ist aus bautechnischer Sicht gegeben, wenn die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit für die übliche Lebenserwartung eines Gebäudes (50 bis 100 Jahre) gewährleistet ist.

Der 2. Absatz bedeutet, dass Bauwerke nur unter der Voraussetzung zulässig sind, dass durch die Anordnung oder die bauliche Beschaffenheit des bewilligungspflichtigen Bauwerkes, durch sonstige bauliche Vorkehrungen in deren Bereich oder durch bestimmte organisatorische Vorkehrungen, wie insbesondere durch ein Sicherheitskonzept, ein im Hinblick auf den vorgesehenen Verwendungszweck ausreichender Schutz vor Naturgefahren gewährleistet ist.

Die Begriffe „bauliche Beschaffenheit“ des Bauwerkes bzw. „baulichen Vorkehrungen“ weisen auf eine auf die Bodenverhältnisse abgestimmte Gründung bzw. Ausbildung des Bauwerkes hin.

Die Erstellung eines Sicherheitskonzeptes für Bauwerke und deren Evakuierung ist im Fall der Gefährdung durch Erdfallerscheinungen nicht zielführend, da sich ein Zusammenhang zwischen klimatischen Vorgängen wie extremer Schneefall oder Niederschlag und dem Gefährdungspotential nicht herstellen lässt.

In den Technischen Bauvorschriften ist festgehalten (TBV 2008):

„2. Abschnitt

Mechanische Festigkeit, Standsicherheit

§ 2 Anforderungen

(1) Bauliche Anlagen und alle ihre Teile müssen so geplant und ausgeführt sein, dass sie während der Errichtung und der gesamten Dauer ihrer Verwendung tragfähig sind. Dabei sind ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkungen zu berücksichtigen. Die Gebrauchstauglichkeit darf unter Berücksichtigung der ständigen und veränderlichen Einwirkungen nicht durch Verformungen oder Schwingungen beeinträchtigt werden.

(2) Insbesondere sind zu vermeiden:

a) der Einsturz der baulichen Anlage oder von Teilen davon,

- b) Verformungen, durch die die Gebrauchstauglichkeit oder die Erfüllung der bautechnischen Erfordernisse beeinträchtigt wird,
- c) Beschädigungen von Bauteilen, Einrichtungen oder Ausstattungen infolge zu großer Verformungen der tragenden Baukonstruktion,
- d) Beschädigungen, die im Hinblick auf das verursachende Ereignis unverhältnismäßig sind.“

Eindeutig wird in den Gesetzesgrundlagen festgestellt, dass sowohl die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit über eine Dauer von 50 bis 100 Jahren gegeben sein muss. Eine Trennung der Gebrauchstauglichkeit von der Tragsicherheit ist in den gesetzlichen Vorgaben nicht vorgesehen.

Die Gesetzestexte, konsequent angewendet, bedeuten, dass im Fall eines erhöhten Erdfallrisikos, eines erhöhten Risikos bei Vermurung, Überschwemmung, Lawine oder Steinschlag nicht gebaut werden darf. Sollten bauliche Maßnahmen möglich sein, die das Baugrundrisiko mit diesen Maßnahmen auf das übliche Risiko vermindern, sind diese baulichen Maßnahmen zu setzen.

Bei den Risiken Vermurung, Überschwemmung, Lawine oder Steinschlag wird aus wirtschaftlichen Gründen ein Bemessungsereignis der Erstellung einer baulichen Schutzmaßnahme zugrundegelegt (z.B. HQ 100 bei wasserbaulichen Schutzmaßnahmen). Ein Schutz eines Bauwerkes oberhalb dieses Bemessungsereignisses ist nicht gegeben.

Bei einem Erdfallrisiko durch Karst ist der Weg der Vorgabe eines Bemessungsereignisses nicht beschreibbar. Es bleibt nur die Abwägung des Baugrundrisikos durch Eingrenzung von Geländebereichen mit geringer bis hoher Eintrittswahrscheinlichkeit und die Abschätzung des möglichen Schadensausmaßes abhängig vom Gebäudetyp.

In Anlehnung an die Risikobewertung bezüglich Eintrittswahrscheinlichkeit in deutschen Bundesländern sollte von folgender Bewertung des Untergrundes ausgegangen werden (Betrachtungszeitraum 50 bis 100 Jahre):

- akute Gefährdung (Eintritt des Erdfalles sehr wahrscheinlich)
- potentielle Gefährdung (Eintritt des Erdfalles wahrscheinlich)
- latente Gefährdung (Eintritt des Erdfalles wenig wahrscheinlich)

Die Ausweisung einer Zone ist ein dynamischer Prozess. Das heißt, ein enger Raster an Bodenaufschlüssen ermöglicht eine bessere Eingrenzung des Erdfallrisikos bzw. der Eintrittswahrscheinlichkeit.

Schadensausmaß:

Das Schadensausmaß bei einem Gebäude hängt wesentlich von der Funktion und Bedeutung des Bauwerkes ab. Auch die Setzungsempfindlichkeit eines Bauwerkes ist von großer Bedeutung.

Laut dem Diagramm von Meier G. (Tab. 1) kann das mögliche Schadensausmaß in vier Stufen eingeteilt werden.

Für den Siedlungsraum Reutte kann folgende Zuordnung getroffen werden:

sehr hoch öffentliches Schwimmbad, Schulen

hoch	Wohngebäude, Beherbergungsbetriebe, Ausschankbetriebe, Kaufhäuser
klein	Gewerbebetriebe
unbedeutend	z.B. anzeigepflichtige Bauwerke

Derzeitige Praxis bei der Erkundung von Bauland und der Vorgabe von Baumaßnahmen im Raum Reutte und Breitenwang

Die Landesgeologie Tirol erfasste für das Siedlungsgebiet bzw. Bauerwartungsland im Siedlungsgebiet Reutte und Breitenwang die bekannten und durch geologische Karten und Erdfallereignisse dokumentierten Gebiete mit Erdfallgefahr. Ergebnis dieser Kartierung ist für Reutte und Breitenwang eine ausgewiesene Gefahrenzonenkarte auf der Grundlage des digitalen Katasters mit erhöhter Erdfallgefahr. Die Gefahrenzonen bzw. Gebiete mit erhöhtem Baugrundrisiko werden in drei Bereiche eingeteilt. Für den Bereich 1 – höchstes Baugrundrisiko bezüglich Erdfall - und für den Bereich 2 – geringes Baugrundrisiko bezüglich Erdfall - gibt es Handlungsanweisungen zur Erkundung des Untergrundes und zu Baumaßnahmen.

Bereich 1:

Im Zuge des Bauverfahrens sind bei Gebäuden in dieser Gefahrenzone direkte Bodenaufschlüsse (Kernbohrungen) bis ins Festgestein bzw. zumindest bis in eine Tiefe von ca. 40 m erforderlich. Bei Bohrungen, die nicht den Fels erreichen, ist bezüglich der Abklärung der weiteren Vorgangsweise ein Geologe und/oder Geotechniker beizuziehen.

Bei einem erkundeten Hohlraum oder erkundeten Gips- bzw. Anhydritvorkommen ist vom Geotechniker zusammen mit dem Statiker eine Gründung (z.B. Tiefgründung) bzw. eine Gebäudeausbildung (steifer Keller) vorzuschlagen, welche auch bei einem Erdfall unter dem Gebäude zu keinen Schäden am Objekt führt.

Eine Versickerung von Niederschlagswässern aus befestigten Flächen ist nicht zulässig.

Bereich 2:

Der Bauwerber hat einen Bauverantwortlichen auf dem Fachgebiet Geotechnik und/oder Geotechnik zu bestellen, welcher den Bodenaushub kontrolliert und dokumentiert und auftretende Wässer untersucht. Besondere Baumaßnahmen werden für das Objekt nicht gefordert.

Grundsätzliche Aufgabe der geforderten Bodenerkundung ist die Darstellung und Bewertung des Risikos bei einer Bebauung sowie die Auswahl eines geeigneten bautechnischen Konzeptes zur Gründung des Objektes. Das Baugrundrisiko sollte im geotechnischen Bericht angegeben werden.

Der Bereich 1 entspricht etwa einer Zone mit akuter bis potentieller, der Bereich 2 mit latenter Gefährdung durch Erdfall und Bodensenkung.

10) Empfehlung für erkundungs- und bautechnische Maßnahmen im konkreten Fall Siedlungsraum Reutte und Breitenwang

Akutes Gefährdungspotential (hohe Eintrittswahrscheinlichkeit):

Sehr hohes und hohes Schadensausmaß:

Bodenerkundung: Bohrungen, Geophysik geotechnisches Gutachten mit Angabe der Baugrundrisikos,

Baumaßnahmen: Bauverbot, Pfahlgründung

Kleines Schadensausmaß:

Bodenerkundung: Bohrungen, Geophysik, geotechnisches Gutachten mit Angabe des Baugrundrisikos

Baumaßnahmen: Ausbildung einer steifen Kellerschachtel aus Stahlbeton, Stahlbetongründungsplatte mit Überbrückungsfunktion

Potentiell Gefährdungspotential (Eintritt Erdfall wahrscheinlich):

Sehr hohes und hohes Schadensausmaß:

Bodenerkundung: Bohrungen, Geophysik, geotechnisches Gutachten mit Angabe des Baugrundrisikos

Baumaßnahmen: Pfahlgründung, wenn wirtschaftlich möglich, Ausbildung des Kellers als Stahlbetonschachtel mit Überbrückungsfunktion

Kleines Schadensausmaß:

Bodenerkundung: Bohrungen, Abschätzung aus vorhandenen Bodenaufschlüssen, geotechnisches Gutachten mit Angabe des Baugrundrisikos

Baumaßnahmen: Ausbildung des Kellers als Stahlbetonschachtel, Stahlbetongründungsplatte mit Überbrückungsfunktion

Latente Gefährdung (Eintritt Erdfall wenig wahrscheinlich):

Sehr hohes und hohes Schadensausmaß:

Bodenerkundung: Bohrungen, Geophysik, geotechnisches Gutachten mit Angabe des Baugrundrisikos

Baumaßnahmen: Ausbildung des Kellers als Stahlbetonschachtel, Stahlbetongründungsplatte mit Überbrückungsfunktion

Kleines Schadensausmaß:

Bodenerkundung: Abschätzung aus vorhandenen Bodenaufschlüssen, geotechnisches Gutachten mit Angabe des Baugrundrisikos

Baumaßnahmen: Ausbildung des Kellers als Stahlbetonschachtel, Stahlbetongründungsplatte mit Überbrückungsfunktion

Verminderung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Erdfällen durch Versickerungsverbot:

Die Verminderung des Eintrages von Oberflächenwasser in den lösungsgefährdeten Untergrund besteht in der Errichtung eines Oberflächenwasserkanals, in den alle neuen Gebäude in der Zone mit akuter, potentieller und latenter Gefahr ihre Oberflächenwässer einleiten müssen. Natürlich sollte angestrebt werden, auch bei bestehenden Gebäuden eine Einleitung in den Oberflächenwasserkanal zu erreichen. Durch diese naheliegende Maßnahme kann nachvollziehbar in subrosionsgefährdetem Untergrund die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Erdfalles und damit das Risikos auch für bestehende Objekte verringert werden.

Gebrauchstauglichkeit:

Im Zusammenhang mit der vorgeschlagenen Zuordnung zu Gefährdungsklassen und der Anweisung erforderlicher Baumaßnahmen ist darauf hinzuweisen, dass die Gebrauchstauglichkeit auch bei Anordnung eines steifen Kellers oder einer Gründungsplatte aus Stahlbeton, mit der Funktion, einen Erdfall mit einem Durchmesser von 5 m zu überbrücken oder unterschiedliche Setzungen auszugleichen, nicht mit Sicherheit auf eine Dauer von 50 bis 100 Jahren gewährleistet werden kann. Die Tragsicherheit ist aber gegeben, die unterschiedlichen Setzungen werden bei entsprechender Bemessung des Kellers einige Zentimeter bis wenige Dezimeter betragen.

Schadenersatz bei Schäden an Bauwerken durch Erdfälle:

Die Problematik des Verlustes der Gebrauchstauglichkeit wird nicht behandelt. Eine mögliche Sanierung eines Gebäudes ist immer von der entstandenen Situation abhängig. Grundsätzlich wäre wie bei anderen Schadensereignissen infolge von Naturereignissen die Abgeltung eines Schadens durch eine Versicherung und/oder durch den Katastrophenfonds möglich.