Internationales Symposion
INTERPRAEVENT 1996 – GARMISCH-PARTENKIRCHEN
Tagungspublikation, Band 1, Seite 419 – 433

ERDFÄLLE IN DEN LOCKERSEDIMENTEN DES ÖTZTALES

SINK HOLES IN SOFT ROCKS OF THE ÖTZ VALLEY

von G. POSCHER & G. PATZELT

Zusammenfassung: Im Bereich der Fraktion Tumpen der Ötztaler Gemeinde Umhausen traten wiederholt Erdfälle auf, die auf das Siedlungsgebiet des Weilers Ried übergriffen. Das Siedlungsgebiet von Tumpen/Ried liegt auf ebener Talflur oberstromig von zwei Talstufen, die durch mehrere Bergstürze gebildet werden. Im Stau bzw. in Verzahnung mit diesen Bergsturzkörpern treten feinklastische Stausedimente mit korrelaten Verlandungssequenzen auf. Die Voraussetzungen für die Erdfälle liegen im sedimentologischen Internbau der Talsedimente, in Verbindung mit einem schwebenden Grundwasserhorizont mit teilweise labilem Grundwasserstauer begründet.

Von entscheidender Bedeutung für das Auftreten der Erdfälle ist die vor rund 300 Jahren erfolgte Verlegung des Flußbettes der Ötztaler Ache. Die Ache fließt erst seit den Hochwasserereignissen, die sich als Folge der Ausbrüche des vom Vernagtferner gestauten Eissees in den Jahren 1678 und 1679 ereigneten, westlich von Ried. Die älteste Aufgabe eines Siedlungsplatzes wegen eines Erdfalls im Weiler Ried ist für das Jahr 1755 belegt. Stärkere Infiltrationsraten der Ötztaler Ache bzw. Schwankungen des Grundwasserspiegels können in Verbindung mit dem labilen Stauer im Kontaktbereich zu den Bergsturzmassen eine subrosionsartige Abfuhr der feinklastischen Sedimente in die aufgelockerten und kluftreichen Bergsturzmassen begünstigen und dadurch Erdfälle auslösen.

Abstract: In the Tumpen area which forms part of the community of Umhausen in the Ötz valley sink holes have continuously developed ever since 1980 affecting the margins of the Ried settlement area. Previous sink holes, which induced residents to abandon their

homes have been documented. The Tumpen/Ried settlement area is located on a plain valley bottom upstream of two gradient sections formed as a result of several landslides. The landslides north of the Tumpen valley bottom as well as the lateral landslides which originated in the west flank of the Ötz valley have seismically been detected in the valley filling. This deposition of landslide material and fan sediments in the Ötz valley generated lakes in the Tumpen area which subsequently silted up, finally leading to a fluvial sedimentation of the "Ötztaler Ache", i.e. the Ötz river, in the upper most part of the valley filling.

A significant factor contributing to the sink hole development consisted in the river deflection of the "Ötztaler Ache" from the east side of the valley to its present river bed. It is only since the flood water events, which were the result of catastrophic outflows of the ice-dammed Vernagt glacier lake in 1678 and in 1679, that the water course of the "Ötztaler Ache" runs west of Ried, with its newly developed river bed being stabilized in 1691. The oldest documented abandoning of a farmstead in the Ried area due to a sink hole development dates back to 1755.

These sink hole events may be attributed to the sedimentological structure of the valley filling consisting of a water impounding layer of little stability located above landslide sediments and to the potential of the "Ötztaler Ache" for water losses. Higher infiltration rates and fluctuations of the ground water level in combination with a destabilization of the water impounding layer may provoke subrosion of fine sediments subsequently washed down into the joint systems of the landslide sediments. These processes were studied in detail during the latest sink hole development induced by an exploratory drilling performed in this area in June 1995.

1 Einleitung

Im Bereich der Fraktion Tumpen der Ötztaler Gemeinde Umhausen traten seit 1980 in den Lockersedimenten der Talfüllung rechtsufrig der Ötztaler Ache mehrere Erdfälle auf, die randlich auf das Siedlungsgebiet des Weilers Ried übergriffen. Ältere Erdfälle, die zur Aufgabe von Wohnobjekten führten, sind bekannt. Seitens des Amtes der Tiroler Landesregierung wurde daher 1993 eine geologisch-hydrogeologische Untersuchung des Ötztal-

abschnittes Tumpen / Habichen in Hinblick auf die Erdfallursachen veranlaßt. Die Geländearbeiten wurden durch geoelektrische und seismische Messungen sowie durch Aufschlußbohrungen ergänzt. Zusätzlich wurde eine Auswertung historischer Dokumente vorgenommen.

2 Geologische Verhältnisse

2.1 Geologie der Talflur

Das Siedlungsgebiet von Tumpen / Ried liegt auf ebener Talflur oberstromig von zwei bergsturzbedingten Talstufen, die durch das "Habicher Maurach" und das "Tumpener Gsteig", gebildet werden (Abb. 1). Die Bergstürze sind in der Literatur bekannt (ABELE 1974; HEUBERGER 1975), eine eingehende Bearbeitung fand bisher nicht statt.

Der Bergsturz von Habichen, der mit Masse aus der linksufrigen Armelenwand abgegangen ist, bedingt die erste ca. 60 m hohe Talstufe oberstromig von Ötz mit einem Verebnungsniveau von ca. 835 mSH.
Die nächstfolgende Talstufe führt auf die Verebnungsfläche von Tumpen mit ca. 920 m SH. Diese Talstufe wird von mehreren Bergstürzen, die aus dem talquerenden Granodioritzug abgegangen sind, gebildet. Es sind dies die Bergstürze von der rechtsufrigen Achplatte, die den "Sandbichl" aufbauen, und kleinere Bergstürze aus der linksufrigen Armelenwand, die nördlich der "Grube" oberhalb des Habicher Sees zum "Sandbichl" vermitteln und somit einen talquerenden Riegel bilden.

Weitere Bergstürze schließen südwestlich an diese Bergstürze an. Es handelt sich dabei um den Bergsturz (Massengleitung) von Tumpen mit dem Abbruchgebiet im Glimmerschieferzug im Bereich des Tumpenbachs und den großen Bergsturz des Tumpener Maurachs, zwischen der Brücke/Platzl und dem südlichen Ortsrand von Tumpen, der aus der nächstsüdlichen Granodioriteinheit abgegangen ist.

Die Bergsturzareale sind an der Oberfläche als Trümmerfelder mit wechselndem Zerlegungsgrad der Blockmassen charakterisiert. Der Erosionsanriß im Tumpener Gsteig am

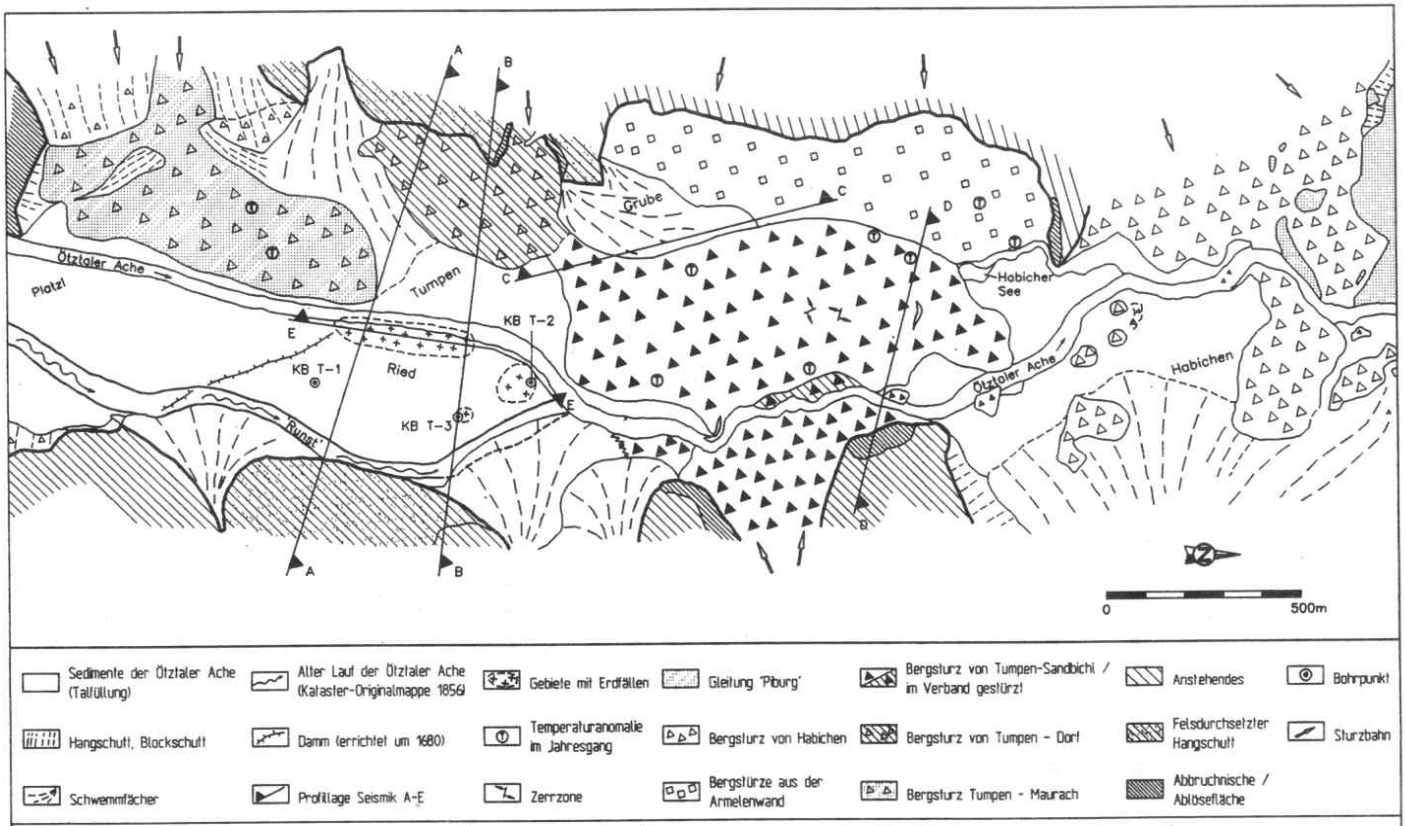

Abb. 1: Geologische Übersichtskarte des Ötztales im Gebiet von Tumpen / Tirol
Fig. 1: Geological sketch map of the Tumpen area, Ötz valley / Tyrol

Bergsturz der Achplatte zeigt, daß im Inneren der Sturzmassen im Verband gestürzte Großkluftkörper vorliegen können.

2.2 Erkundungsergebnisse

Im Bereich des Weilers Ried wurden drei Kernbohrungen mit Bohrteufen von 40 m bis 60 m ausgeführt und zu Pegeln ausgebaut. In allen Bohrungen wurde eine faziell korrelierbare Abfolge von zwei Seephasen mit den zugehörigen Verlandungssequenzen erbohrt. Während in der südlichsten Bohrung KBT-1 (Abb. 2, 3) die Basis der älteren Seephase nicht erreicht wurde, transgredieren die feinklastischen Ablagerungen bei den nördlichen Bohrungen bereits in Teufen von ca. 32 m (KBT-3) bzw. ca. 12 m (KBT-2) auf grobklastischem Blockschutt, der als primäres oder umgelagertes Bergsturzmaterial einzustufen ist. Vereinzelt wurde zwischen diesen basalen Blöcken sandige, tw. auch schluffige Matrix mit organischen Resten des stratigraphisch Hangenden erbohrt.
Die Verlandung der älteren Seephase erfolgt in einer Teufe von ca. 10 m unter Gelände. Die jüngere Seephase läßt aufgrund ihrer Geringmächtigkeit eine kurzfristige und rasch verlandende Stausituation vermuten.

Die bodengeophysikalischen Messungen wurden mittels kombinierter Refraktions-Reflexionsseismik an 3 Talquer- und 2 Tallängsprofilen durchgeführt und durch geoelektrische Sondierungen ergänzt. Die reflexionsseismisch ermittelte Übertiefung des Ötztales im Raum Tumpen beträgt 200 m bis 250 m.
Die Meßergebnisse legen in Verbindung mit der Oberflächengeologie und den Bohrergebnissen folgende Interpretation nahe:

* Der Bergsturz des Tumpener Maurachs ist mit ost- und nordfallener Oberfläche in der Talfüllung seismisch nachzuweisen (Profil A). Es liegt ein seismischer Dreischichtfall vor, wobei die liegende Einheit aufgrund der hohen seismischen Geschwindigkeit von ca. 3000 m/s als weitestgehend in Verband befindliche Felssturzmasse interpretiert wird (Abb. 2).
* Der Bergsturzriegel des "Sandbichls" am nördlichen Ende der Tumpener Talflur setzt sich mit südfallender Oberfläche in der Talfüllung fort (Profil E, KBT-2 lt. Abb. 3). Ein Konnex der Bergsturzablagerungen mit denen des Bergsturzes vom Tumpener Maurach ist nicht auszuschließen.

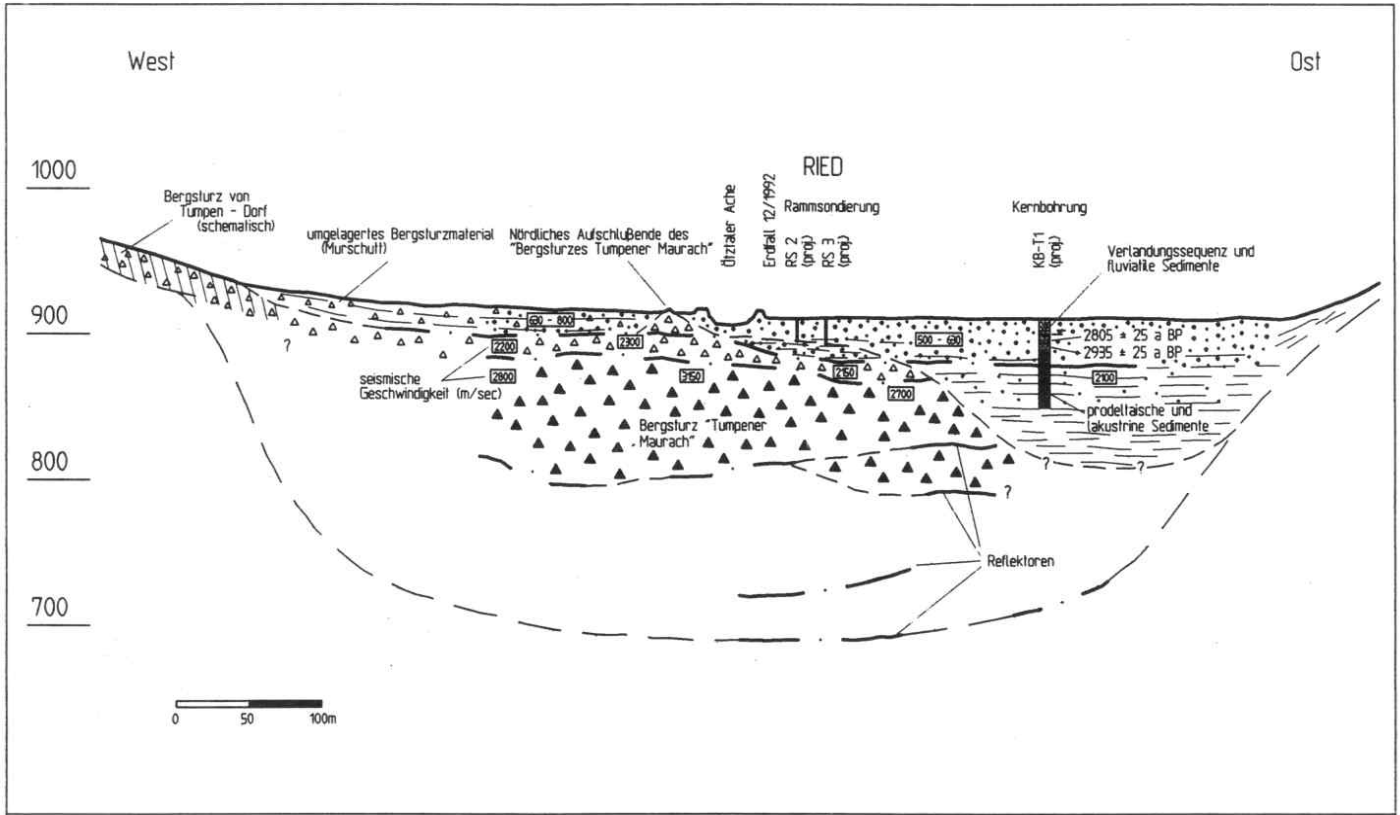

Abb. 2: Prognose der geologischen Verhältnisse im Talquerprofil Ried / Tumpen (Profil A)
Fig. 2: Prognosis of the geological conditions in the Ried / Tumpen area (Profil A)

* Die Geophysik erbrachte Hinweise auf schwebende Grundwasserhorizonte bzw. auf Zonen erhöhter Bodenfeuchte. Im Bereich der Ötztaler Ache dürften weiterhin - wenn auch in geringem Umfang - Infiltrationsverluste in den Untergrund erfolgen.

2.3 Talgeschichtliche Aspekte

Das Alter der Bergsturzereignisse ist nicht bekannt. Die in Profil A (Abb. 2) dargelegte Prognose der Untergrundverhältnisse legt nahe, den Bergsturz des Tumpener Maurachs relativ älter als die Bergstürze von der Achplatte ("Sandbichl") einzustufen, da die feinklastischen Sedimente der älteren Seephase auf Bergsturzablagerungen des Tumpener Maurachs transgredieren.
Aufgrund von 14C-Datierungen aus der Verlandungssequenz der älteren Seephase liegen Anhaltspunkte für ein Mindestalter der stauseebildenen Bergstürze von der Achplatte vor:

Tab.1 Ergebnisse von Radiokohlenstoffen - Altersdatierungen in Jahren vor heute (BP)

Bohrung	**Teufe (m)**	**14C - Alter**	**Labornummer**
KBT-1	16,2 - 16,6	2805 ± 25	GRN - 21547
KBT-1	19,0 - 19,3	2935 ± 25	GRN - 21546

Unter Ansatz einer mittleren Sedimentationsrate von 2 cm/a - abgeleitet aus den beiden Datierungen - ist eine Verlandung des älteren Sees um 500 v. Chr. abschätzbar. Die Verlandung der jüngeren Seephase ist damit bereits in nachchristliche Zeiträume anzusetzen. Die Besiedlung von Tumpen/Ried ist für das 13. Jahrhundert belegt.

Weitere wichtige Eckmarken für die Erdfallursachen liefert die Flußgeschichte der Ötztaler Ache. Erst seit den Hochwasserereignissen, die sich als Folge der Ausbrüche des vom Vernagtferner gestauten Eissees in den Jahren 1678 und 1679 ereigneten (NICOLUSSI 1990), fließt die Ache westlich von Ried und wurde nach 1691 in den heutigen Lauf verarcht (PATZELT Archiverhebungen). Der heutige Lauf der Ötztaler Ache führt damit längs der in geringer Tiefe liegenden Faziesgrenze von Bergsturzmaterial und den erbohrten grundwasserstauenden Sedimenten.

2.4 Hydrogeologische Aspekte

Versickerungen der Ötztaler Ache wurden vor der Sohlabdichtung des Flusses auf der Fließstrecke längs des Weilers Ried bei Hochwasserabflüssen in den ufernahen Pegeln, die nach dem Erdfall von 1980 errichtet wurden, nachgewiesen. Auch aus den Pegelmessungen von Tumpen und Haiming / Brunau ist abzuleiten, daß bei den großen Erdfällen von 1992 Versickerungen der Ötztaler Ache aufgetreten sind.

Ein Grundwasserkörper von nennenswerter Mächtigkeit wurde mittles der geophysikalischen Untersuchungen im Gebiet von Tumpen und Ried in oberflächennahen Teufen nicht dedektiert. In den drei Aufschlußbohrungen wurde Grundwasser angefahren, wobei geringe Primärzutritte aus schwebenden Aquiferen in den sandigen Verlandungssequenzen erfolgten.

Der Vergleich der Temperatur- und Leitfähigkeitsprofile der achennahen Bohrungen KBT-1 und KBT-2 zeigt eine gute Übereinstimmung mit Ausnahme höher mineralisierter und temperierter Grundwässer im Hangendabschnitt von KBT-2, die auf eine Anreicherung über den Murschwemmkegel des Acherkogelbachs schließen lassen (Abb. 3, 4). Die Grundwassersäule von KBT-3 weist ein unabhängiges Temperatur- und Leitfähigkeitsprofil auf.

3 Aufreten der Erdfälle

3.1 Chronologie der Erdfallereignisse

Neben den klassischen durch Salinarkarst bedingten Erdfällen spielen Erdfälle, die ausschließlich auf Materialumlagerungen in Lockergesteinen zurückzuführen sind, eine untergeordnete Rolle. KARRENBERG & QUITZOW (1956) berichten über Hohlraumbildungen und Einstürze in Lößböden als Folge unterirdischer Materialwegführung, WEIDENBACH (1953) beschreibt Erdfälle in eiszeitlichen Beckentonen der Bodenseegegend.
Die Erdfälle von Tumpen sind zuletzt mehrfach seit 1980 aufgetreten, haben Gebäudeschäden verursacht und tw. beachtliche Dimensionen erreicht. Sie sind stets entlang der

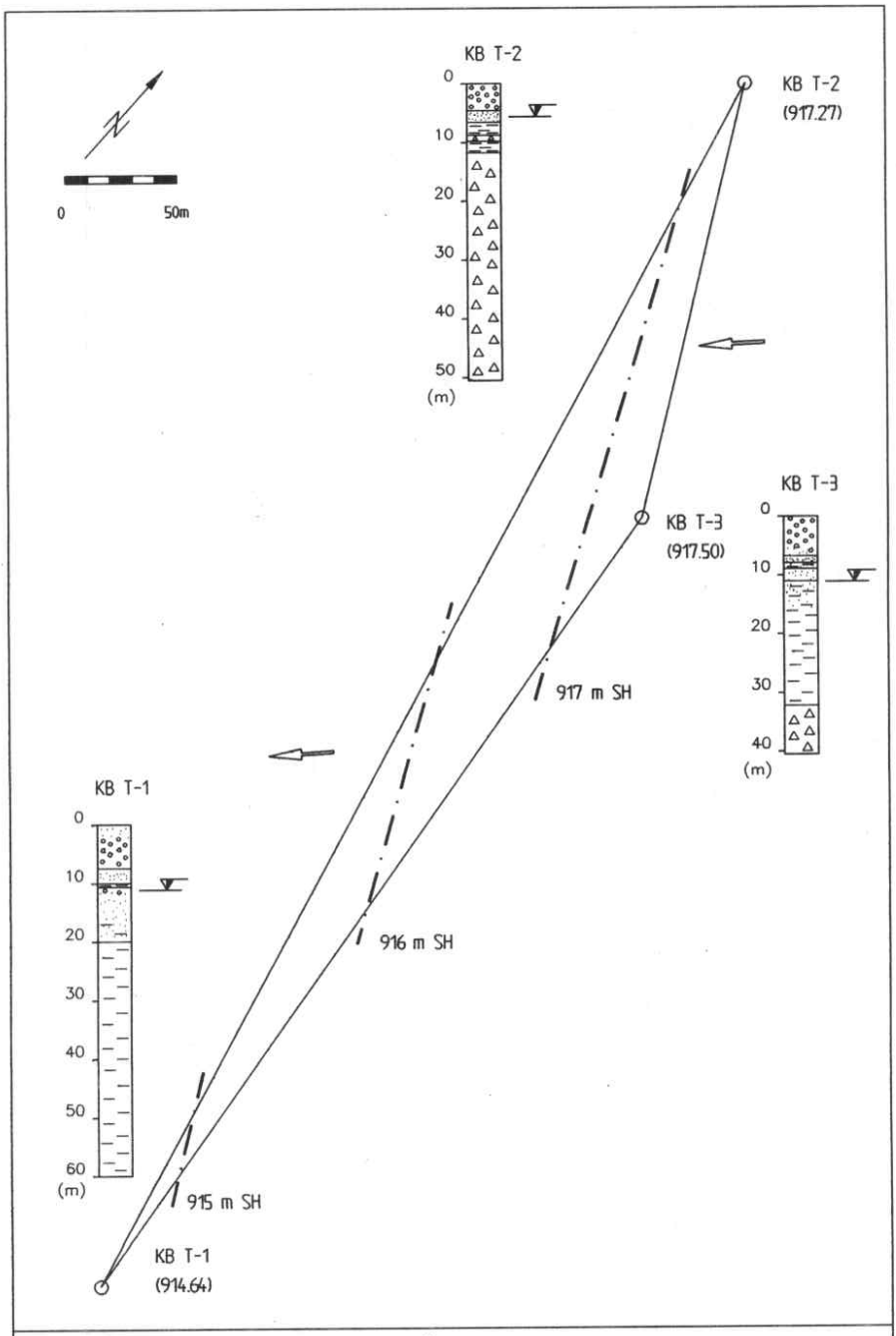

Abb. 3: Grundwassergleichen - 21/06/95 - 18^{00} - vor dem Erdfall in KB T-3
Fig. 3: Subsoil water-level contour - 21/06/95 - 18^{00} - prior to sink hole development in KB T-3

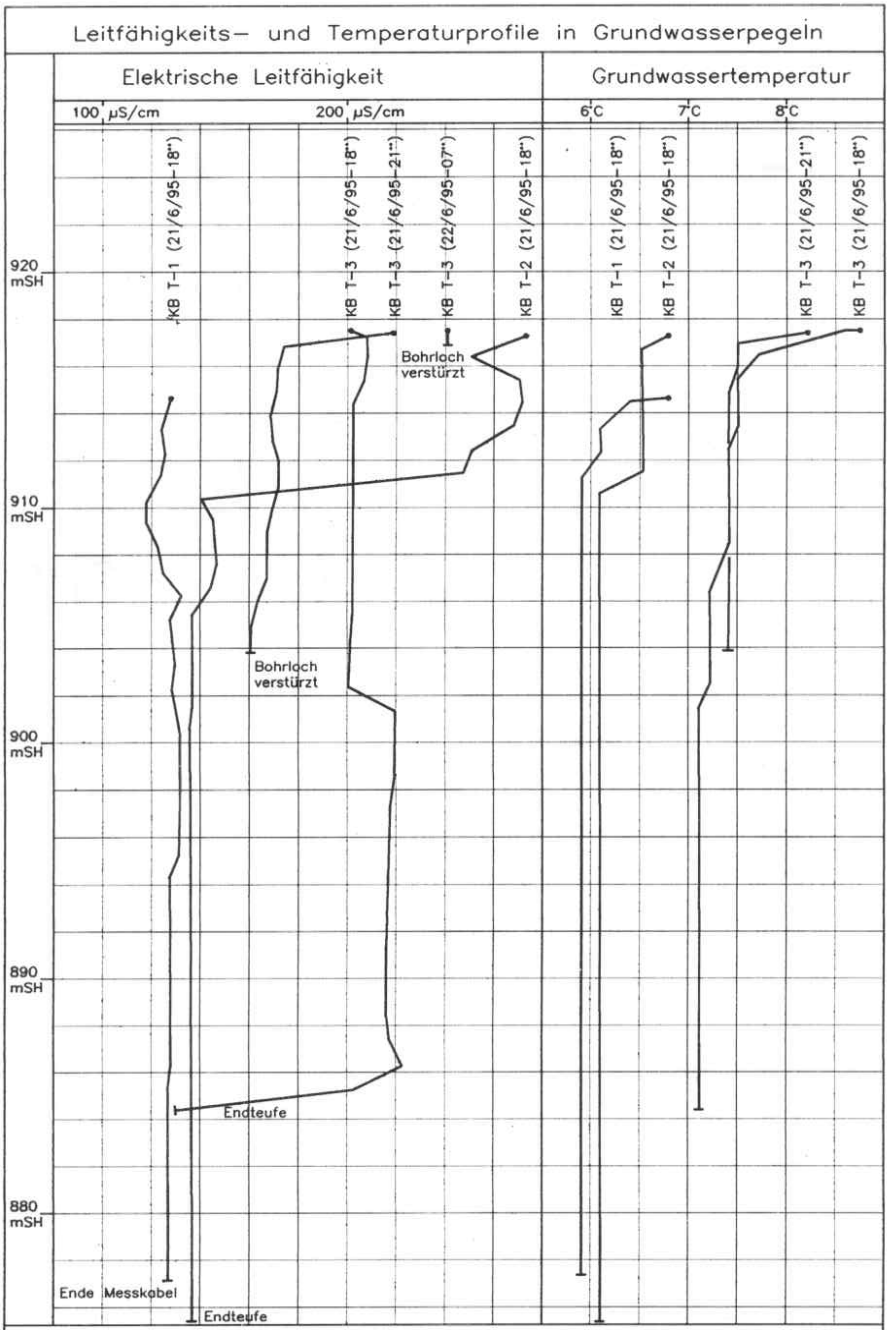

Abb. 4: Grundwassertemperatur- und Leitfähigkeitsprofile vor und während des Erdfalls vom 21. Juni 1995

Fig. 4: Sections of groundwatertemperature and conductivity before and during sink hole development on 21 June 1995

Ötztaler Ache und großteils am östlichen Ufer aufgetreten. Beim letzten Großereignis von 1992, das von Versickerungen der Ötztaler Ache begleitet war, wurden ca. 10.000 m³ Material benötigt, um die progressive Erosion im Untergrund zu stoppen und das Siedlungsgebiet vor einem weiteren Ausgreifen der Einbruchpinge zu schützen. Es kann folgende Ereignischronologie erstellt werden:

Tab. 2 Chronologie der Erdfallereignisse im Weiler Ried (Tumpen)

	Datum	**Lokalität, Schäden**	**Quelle**	**Hohlraumgröße [m³]**
	1755	Verleg. eines Gehöftes v. Ried n. Tumpen	MTK-TLA	n.b.
vor	1848	Aufgabe eines Wohnobjektes in Ried	mdl. Mitt.	Küche verstürzt
vor	1950	Einbruchpingen ndl. Ried	mdl. Mitt.	>100 (ca. 1965 verfüllt)
	1980	Erdfall mit Gebäudeschaden in Ried	ATLR	n.b.
	13.01.1992	Erdfall südlich von Ried	ATLR	> 4000
	16.12.1992	Erdfall beim Haus Göbhard in Ried	ATLR	10.000
	13.01.1993	Erdfall beim Haus Göbhard in Ried	ATLR	50
	11.02.1993	Sohleinbruch in der Ache	ATLR	Erdfall verhindert
	22.04.1993	Pinge südlich von Ried	ATLR	25
	22.08.1994	Pinge nördlich von Ried	ILF	20
	21.06.1995	Erdfall beim Bohrloch KBT-3	ILF	120
		MTK ..... Theresianischer Kataster	ATLR ....Aufzeichungen des Amtes der	
		TLA ..... Tiroler Landesarchiv	Tiroler Landesregierung	

Während die Erdfälle ab 1980 bis 1993 großteils in Zusammenhang mit Flußbaumaßnahmen an der Ötztaler Ache gesehen werden können, ist dies für die älteren Ereignisse unwahrscheinlich und für das Ereignis vom August 1994 auszuschließen. Das Ereignis vom Juni 1995 stand im Zusammenhang mit dem Abteufen einer Aufschlußbohrung.

Abb. 5: Initialphase des Erdfalls vom 21. Juni 1995

Fig. 5: Initial stages of sink hole development on 21 June 1995

BILD 1a
21/06/95 18^{50}

BILD 1b

BILD 2a
21/06/95 19^{10}

BILD 2b

BILD 3a
21/06/95 19^{40}

BILD 3b

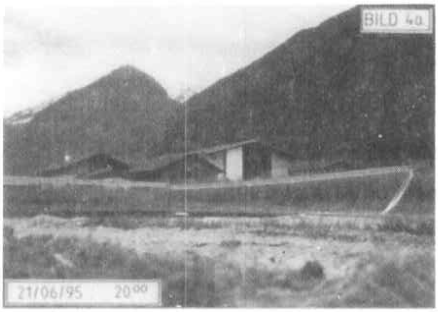
BILD 4a
21/06/95 20^{00}

BILD 4b

3.2 Der Erdfall vom 21. Juni 1995

Unmittelbar nach der Funktionsprüfung der zu einem Grundwasserspegel ausgebauten 40 m tiefen Bohrung KBT-3 entwickelte sich im Bereich der Bohrung ein Erdfall. Folgende Fakten sind festzuhalten (Abb. 5):

* Der Einbruch erfolgt nahezu zylindrisch mit einem Anfangsdurchmesser von ca. 3,5 m bei einer anfänglichen Setzungsgeschwindigleit von 40 - 50 cm/Stunde am Zylinderrand bzw. ca. 80 cm/Stunde im Zentrum des Erdfalles.
* Innerhalb von 10 Stunden wurde ein max. Einbruchstiefe von ca. 4 m erreicht.
* Drei Stunden nach Beginn der Setzungen war der PVC-Pegelausbau noch bis in eine Teufe von ca. 20 m für die Meßsonden durchgängig. Dies legt nahe, von einer blockhaften Setzung eines Lockersedimentkörpers von mindestens dieser Mächtigkeit auszugehen, da andernfalls die Filterrohrstrecke der Deformation nicht standgehalten hätte. Nach 10 Stunden wies das PVC-Rohr eine Durchgängigkeit bis in eine Teufe von 9 m auf.
* Als Instabilitäts- und Erosionsbereich ist die in ca. 32 m Teufe liegende Schichtgrenze zwischen den relativ stauenden Schluff-Sanden und dem klüftigem (Bergsturz-) Blockwerk anzusehen, die durch die Filterrohrstrecke kurzgeschlossen wurde (Abb. 3).
* Während des Erdfalles wurde eine signifikante Reduktion der Leitfähigkeitswerte der Grundwassersäule im Pegel festgestellt. Dies kann auf einen durch die erdfallbedingte Versickerung in KBT-3 verursachten verstärkten Zustrom geringer mineralischer Grundwässer gewertet werden (Abb. 4).

4 Schlußfolgerungen

Die Voraussetzungen für die Erdfälle liegen in dem durch die Bergsturzgeschichte bedingten sedimentologischen Internbau der Talsedimente in Verbindung mit einem schwebenden Grundwasserkörper begründet. In weiten Bereichen liegen die wasserstauenden Sedimente in unterschiedlichen Tiefen und unterschiedlicher Mächtigkeit über hoch permeablen Bergsturzablagerungen.

Die Verlegung des Flußbettes der Ötztaler Ache von der Ostflanke des Tales nach Westen vor 317 Jahren in Verbindung mit der hier geogen bedingten mangelhaften Abdichtung der Flußsohle war für das Auftreten von Erdfällen im siedlungsnahen Bereich von Ried letzlich von entscheidender Bedeutung. Die älteste Aufgabe eines Siedlungsplatzes in Ried und seine Verlegung nach Tumpen zufolge eines Erdfalls ist bereits für 1755 belegt.

Stärkere Infiltration von Oberflächengewässern und dadurch induzierte Grundwasserspiegelschwankungen können in Verbindung mit dem labilen Stauer im Kontaktbereich zur Bergsturzmasse eine subrosionsartige Abfuhr der feinklastischen Sedimente in die aufgelockerten und kluftreichen Bergsturzmassen begünstigen und dadurch Erdfälle auslösen. Dies wurde exemplarisch durch den Erdfall an einer Aufschlußbohrung belegt, in der der Stauhorizont durchteuft wurde. Die mögliche Größenordnung derartiger Prozesse wird durch den bisher größten Erdfall von 1992 deutlich, wo die fortschreitende Erosion erst durch die Zugabe von 10.000 m³ Material gestoppt werden konnte.

Bei den Erdfällen von 1980 bis 1993 waren jeweils Bezüge zu laufenden flußbautechnischen Maßnahmen an der Ötztaler Ache gegeben. Durch die zwischenzeitlich erfolgte Abdichtung der Flußsohle wurde das Gefährdungspotential bereits signifikant reduziert. Die Ausweisung von Arealen mit höherem Erdfallrisiko orientiert sich an den Parametern der Vorflutnähe, an der Mächtigkeit der feinklastischen Stauhorizonte über den Bergsturzablagerungen und der Teufenlage dieser sedimentären Inhomogenität sowie der dokumentierten Erdfallhäufigkeit.

Literaturverzeichnis

Abele, G. (1974): Bergstürze in den Alpen, ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen.- Wiss. Alpenvereinshefte, 25: 1 - 230.

Heuberger, H. (1975): Das Ötztal - Bergstürze und alte Gletscherstände, kulturgeographische Gliederung. - Innsbrucker Geographische Studien, 2, 213 - 249, Innsbruck.

Karrenberg, H. & Quitzow, H.-W. (1956): Über Hohlraumbildungen und Einstürze in Lößböden als Folge unterirdischer Materialwegführung. - Geol. Jb., 71: 631 - 642.

Nicolussi, K. (1990): Bilddokumente zur Geschichte des Vernaglferners im 17. Jahrhundert. - Zschr. Glazialgeologie u. Gletscherkunde, 26(2): 97-119.

Weidenbach, F. (1953): Erdfälle in eiszeitlichen Beckentonen der Bodenseegegend. - Neues Jb. Geol. u. Paläont. Abh., 97: 379 - 390.

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geol. Dr. Gerhard Poscher
ILF - Beratende Ingenieure
Abteilung Geologie
Framsweg 16
A-6020 Innsbruck

Univ.-Prof. Dr. Gernot Patzelt
Institut für Hochgebirgsforschung
Universität Innsbruck
Innrain 52
A-6020 Innsbruck