©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Aktive Tektonik und Seismizität im Bereich Wipptal - Inntal. Andauern der lateralen Extrusion?

F. REITER, W.A. LENHARDT, K. DECKER & R. BRANDNER

Einleitung

Das Konzept der Lateralen Extrusion (RATSCHBACHER et al., 1991) versucht, die spätorogene Entwicklung der Ostalpen (O. Oligozän-Miozän) mit einem Modell von keilförmigen Krustenblöcken zu erklären, die nach E ausweichen. Diese Blöcke werden durch NE-streichende sinistrale und ESE-streichende dextrale Seitenverschiebungen sowie durch N-S-streichende Abschiebungen begrenzt (Abb. 1) Als mechanische Antriebe für dieses Modell wirken die andauernde N-S-Konvergenz im Bereich der Ostalpen, ausgelöst durch das Eindringen des "Südalpenkopfs" (*indenter*), das laterale Auswandern von Krustenmaterial nach Osten in den Bereich der Karpaten (*tectonic escape*) sowie die subhorizontale Extension von verdickter kontinentaler Kruste im Bereich eines topographischen Hochs (*orogenic collapse*).

Im Abschnitt der westlichen Ostalpen spielen in diesem Konzept die Inntalstörung als sinistrale NE-streichende Bewegungsschiene und die Brenner-Abschiebung als W-gerichtetes *detachment* eine wesentliche Rolle (Abb. 1).

Ein gehäuftes Auftreten von Erdbeben entlang des Inntals sowie in den östlichen Stubaier Alpen (30% aller Erdbeben Österreichs ereignen sich hier) führt zur Fragestellung, ob diese miozänen Bewegungsschienen auch heute noch aktiv sind.

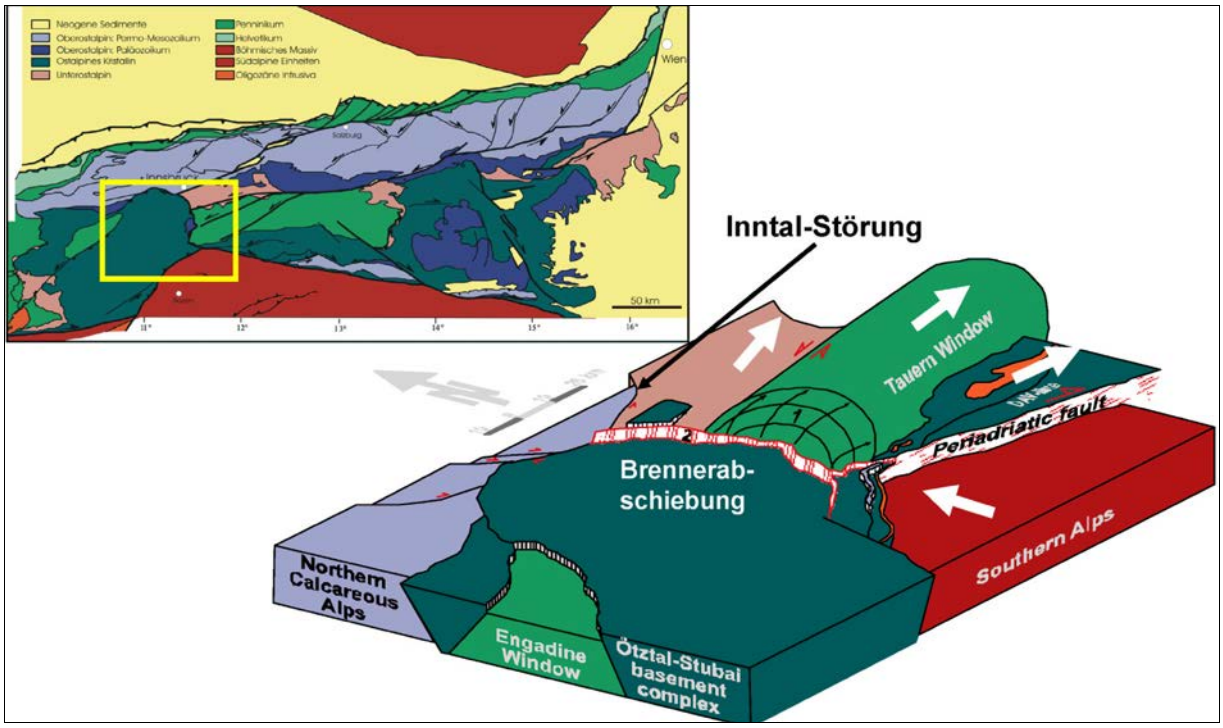

Abb. 1: Inntalstörung, Brennerabschiebung, Periadriatische Störung und Tauernfenster im Kontext der lateralen Extrusion (Schrägansicht nach FÜGENSCHUH et al., 1997, leicht verändert).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Methodik

Neben einer fernerkundungsgestützten, sprödtektonischen Geländeaufnahme wurden für diese Studie vor allem Erdbebendaten (3D-Erfassung der Lage von Hypozentren, Berechnung von Herdflächenlösungen ausgewählter Beben) und Positionsdaten von permanenten GPS-Stationen ausgewertet. Die Interpretation der Daten und das strukturelle Modell des tektonischen Baus südlich des Inntals berücksichtigt außerdem die Ergebnisse der TRANSALP-Tiefenseismik (REITER et al., 2003).

Brenner-Abschiebung, Wipptal- und Inntalstörung

Die **duktile Brenner-Abschiebung** (BEHRMANN, 1988, SELVERSTONE, 1988), ist eine flach nach Westen einfallende Mylonitzone (*low angle normal fault*), die während der Neogenen Konvergenz die Exhumation des westlichen Tauernfensters kompensiert. Der vertikale Versatz an der Brenner-Abschiebung beträgt etwa 20 km, wodurch sich - je nach Einfallswinkel der Störung - ein Horizontalversatz von 50 bis 70 km ergibt (FÜGENSCHUH et al., 1997). Abkühlungsdaten (GRUNDMANN & MORTEANI, 1985, FÜGENSCHUH et al., 1997) belegen, dass durch die Aktivität der Brenner-Abschiebung die Gesteine des Tauernfensters nach Osten unter dem Ötztal-Kristallin herausgezogen wurden, wobei der Vertikalversatz im zentralen Bereich des Fensters am größten ist (Abb. 1).

Der spröde Anteil der Brenner-Abschiebung (auch **Wipptal-Störung)** trennt den Innsbrucker Quarzphyllit (Unterostalpin) und das Penninikum des Tauernfensters (Liegendblock) vom hangenden Altkristallin der Ötztal-Decke (Abb. 1, 3). Sie wird einerseits als spröde Nordfortsetzung der Brenner-Abschiebung betrachtet, die sukzessive in höhere Krustenstockwerke schneidet (BEHRMANN, 1988) und durchschlägt andererseits die Mylonite der Brenner-Abschiebung (FÜGENSCHUH et al., 1997). Die Störung ist entlang des Wipptals an der Stefansbrücke bei Innsbruck aufgeschlossen und wurde auch in mehreren Untertagebauwerken durchörtert (FUCHS, 1966, SCHMIDEGG, 1967, AGOSTINELLI et al., 1995). Störungsgesteine sind Ultrakataklasite aus stark zerlegtem und rekristallisiertem Quarzphyllit oder Bündner Schiefer mit tektonischen Schollen von ehemaligen Quarz-Segregationen und Altkristallins-Gesteinsbruchstücken. Kinematische Indikatoren zeigen W-gerichtete Abschiebung an der mit ca. 30° nach W bis SW einfallenden Störungsfläche.

Am Nordwestrand des Tauernfensters springen Zirkon-Spaltspuralter von etwa 16 Ma im Penninikum auf 35 Ma im Unterostalpin, während Apatit-Spaltspuralter beider Einheiten sehr ähnlich sind (FÜGENSCHUH et al., 1997). D.h. dass Penninikum und Unterostalpin seit 13 Ma eine gemeinsame Exhumationsgeschichte aufweisen und nun beide das Liegende der Wipptal-Störung darstellen, im Gegensatz zur vorangegangenen duktilen Brenner-Abschiebung, als nur das Tauernfenster der Liegendblock war und die Ötztal-Decke und das Unterostalpin der Hangendblock (FÜGENSCHUH et al., 1997).

Bei der **Inntalstörung**, die über weite Bereiche die Nördlichen Kalkalpen von den zentralalpinen Einheiten trennt, handelt es sich im **Tiroler Unterinntal** östlich von Innsbruck um eine steilstehende, NE-streichende, sinistrale Seitenverschiebung mit einem linkslateralen Versatz von etwa 22 km (Rekonstruktion der Oligozänen Beckengeometrie [ORTNER, im Druck]), mit unmittelbarer kinematischer Verbindung zur spröden Brenner-Abschiebung. Wie die TRANSALP-Tiefenseismik zeigt, versetzt die steilstehende Seitenverschiebung im Tiroler Unterinntal die südfallende Überschiebung der Grauwackenzone auf die Nördlichen Kalkalpen (Brixlegg-Überschiebung [ORTNER et al., 2003]). Nur diese Störung setzt sich westlich der Wipptal-Furche fort.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

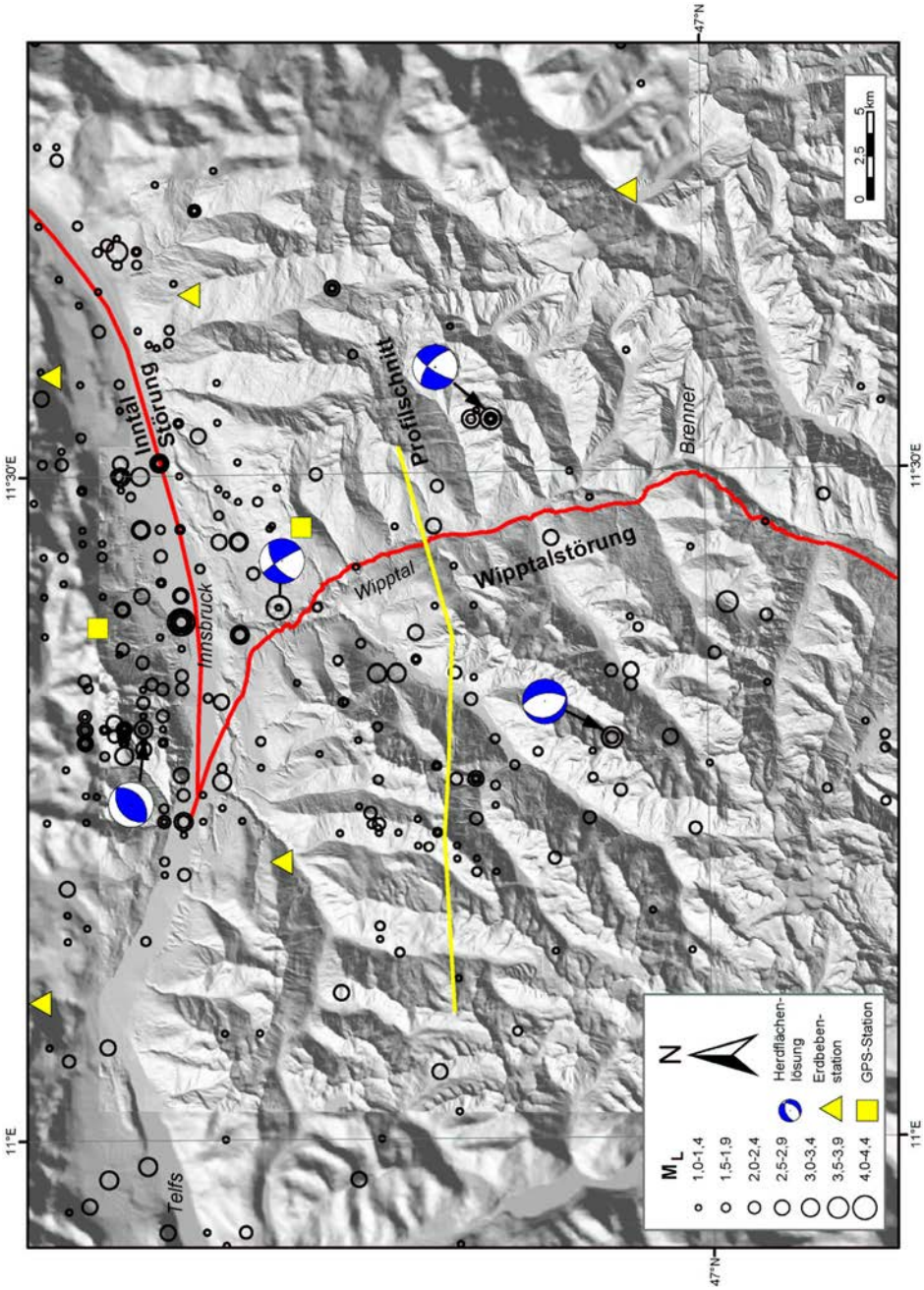

Abb. 2: Digitales Geländemodell und Erdbeben-Epizentren im Raum Innsbruck und Wipptal, skaliert nach Magnitude ($M_L \geq 1$). Quelle: ZAMG, 2003, DUMA et al., 2000.
Für Erläuterungen siehe Text.

Erdbebenverteilung im Raum Innsbruck-Wipptal

Die Verteilung von überwiegend instrumentell ermittelten Epizentren ist in Abb. 2 dargestellt. Der Großteil der abgebildeten Beben stammt aus dem Zeitraum seit der Inbetriebnahme des kurzperiodischen Netzwerks im Jahr 1990 (siehe dazu auch Tagungsbeitrag von W.A. LENHARDT). Bei den Beben handelt es sich meist um mikroseismische Ereignisse. Um eine Übergewichtung von Beben im Umfeld der Erdbebenstationen zu vermeiden, wurden nur Beben mit $M_L \geq 1$ ausgewählt. Bei der Erdbebenhäufung in

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

einem Punkt im Bereich von Innsbruck und Hall handelt es sich um Beben, die nicht instrumentell lokalisiert wurden und um historische Starkbeben. Entlang des Inntals sind die Epizentren in einem über 10 km breiten Streifen angeordnet, westlich der Brenner-Abschiebung sind sie flächig über die östlichen Stubaier Alpen verteilt (Abb. 2). Die größte Bebendichte befindet sich im Bereich von Innsbruck, wie bereits in früheren Studien festgestellt wurde (DUMA et al., 2000).

Abb. 3 zeigt Hypozentren von Erdbeben, die in eine E-W-streichende Profilebene horizontal projiziert wurden. Zu beachten ist, dass nur für einen Teil der in Abb. 2 dargestellten Beben eine Herdtiefenbestimmung vorliegt und deshalb die Zahl der Ereignisse in Abb. 3 wesentlich geringer ist.

Auffällig ist eine aseismische Zone oberhalb von etwa 5 km und unterhalb von ca. 18 km. Eine Häufung der Erdbeben tritt im Bereich von 6-13 km auf. Die Tiefenverteilung ist im E-W-Schnitt nicht gleichmäßig. Die hangende Begrenzung der seismisch aktiven Zone fällt etwa entlang der eingezeichneten Brenner-Abschiebung nach W ein. Die Brenner-Abschiebung wurde leicht listrisch, entsprechend den Geländedaten und dem Verlauf der Beben mit einem mittleren Einfallen von 30°W eingezeichnet.

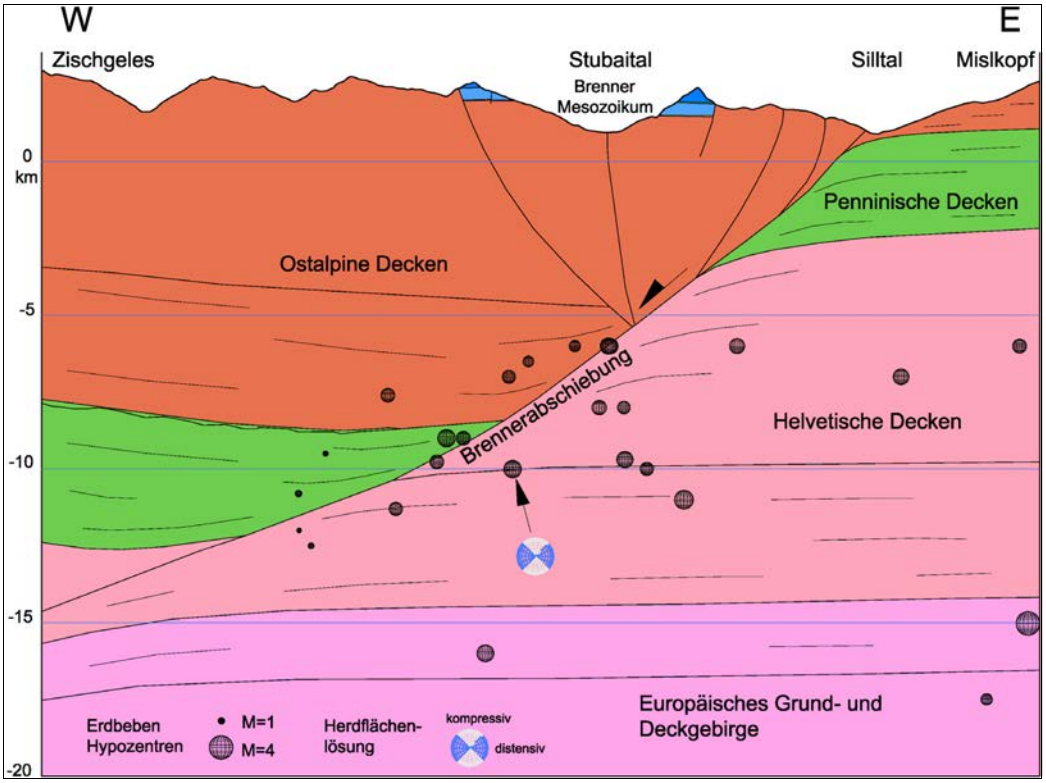

Abb. 3: E-W-Schnitt durch die Stubaier Alpen. Zur Lage siehe Abb. 2. Erdbeben-Hypozentren sind bevorzugt in einer Zone um die Brenner-Abschiebung angeordnet.

Herdflächenlösungen

Trotz der geringen Magnitude der Beben konnten einige Herdflächenlösungen gerechnet werden (Tabelle 1 und Abb. 2 und 3).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

UTC	M_L	Lat	Long	z [km]	Plane A	Plane B	P	T
1984-02-26 01:35:40	4,4	47,22	11,40	11	325/61	058/84	195/26	098/16
1990-08-20 13:33:35	3,6	47,05	11,30	10	080/60	250/30	273/74	076/15
1996-07-17 00:54:13	3,9	47,11	11,54	17	215/80	310/64	170/26	265/11
1998-09-20 02:52:52	3,1	47,29	11,31	11	050/45	230/45	140/01	027/89

Tabelle 1: Numerische Daten zu den Herdflächenlösungen im Untersuchungsgebiet.

Von einem Beben vom 26. 2. 1984 südlich von Innsbruck (Igls) ergibt die Herdflächenlösung eine Seitenverschiebung (Abb. 2). In Kombination mit der Verteilung der Epizentren entlang des Inntals wird eine etwa inntalparallele sinistrale, seismisch aktive Störungszone angenommen.

Aus dem Bereich der östlichen Stubaier Alpen wurde von einem Beben im Pinnistal am 20. 8. 1990 eine Herdflächenlösung gerechnet (Abb. 2, 3). Diese zeigt E-W-Dehnung an und spricht - gemeinsam mit der Verteilung der Hypozentren - für eine aktive Extension an der Brenner-Abschiebung.

Die Herdflächenlösung eines Bebens in 17 km Tiefe unterhalb von Steinach (17. 7. 1997) zeigt, dass im Liegendblock der Brennerabschiebung auch südlich des Inntals aktive Seitenverschiebungen vorhanden sind (NW-streichend dextral oder NE-streichend sinistral).

Eine vierte Herdflächenlösung liegt von einem Beben NW von Innsbruck vor (20. 9. 1998) und zeigt eine NNW-gerichtete Überschiebung oder SSE-gerichtete Rücküberschiebung an (Abb. 2).

GPS-Daten

Im Untersuchungsgebiet stehen 2 Permanent-GPS-Stationen der ÖAW/ZAMG zur Verfügung: Patscherkofel und Hafelekar (Abb. 2). Eine erste Berechnung von Basislinien hat zum Ergebnis geführt, dass die Positionsdaten wahrscheinlich durch Massenbewegungen und den Effekt des Bergwasserhaushalts beeinflusst sind, deren Größenordnung über der einer möglichen tektonischen Bewegung liegt. Weiterführende Berechnungen mit anderen Stationen sollen dieses Bild weiter klären.

Diskussion

Während ein Teil der breit gestreuten Beben im Tiroler Unterinntal Überschiebungen im Ostalpinen Deckenstapel anzeigen, findet rezent auch eine sinistrale Ausweichbewegung statt, die die aktive Extension an der Brenner-Abschiebung gegenüber den Nördlichen Kalkalpen entkoppelt. Dies ist in Übereinstimmung mit einer Studie der Erdbeben im Unterinntal, die im Zusammenhang mit der TRANSALP-Tiefenseismik erstellt wurde (REITER et al., 2003) und mit einer früheren Mikroseismik-Studie, in der auch schräg zum Inntal verlaufende Störungszonen festgestellt wurden (DUMA et al., 2000). Westlich und südwestlich von Innsbruck ist ein Teil der erfassten Beben wahrscheinlich auch einer N-vergenten Aufschiebung der Ötztal-Decke auf die Nördlichen Kalkalpen zuzuordnen.

Schlussfolgerung

Die untersuchten, im System der lateralen Extrusion angelegten bzw. bestätigten Störungen sind seismisch aktiv. Analog zur Miozänen Kinematik sind die westlichen Ostalpen durch gleichzeitige N-S-Verkürzung und E-W-Dehnung sowie durch Ausweichen von Krustenmaterial aus dem zentralen Bereich des Orogens nach Osten charakterisiert. Eine Verdichtung des Erdbeben-Messnetzes im Grenzbereich Nord-/Südtirol mit wissenschaftlich nutzbaren Breitbandstationen könnte in Analogie zum Innsbrucker Bereich helfen, die zu erwartende (mikro)seismische Aktivität im Übergangsbereich der spröden Brenner-Abschiebung zur Periadriatischen Störung (Pustertal-Störung, Passeier-Linie) zu klären und das kinematische Bild der aktiven Orogenbewegungen weiter zu verbessern.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Dank

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur sowie vom Land Tirol finanziell unterstützt (Projekt "Umwelttektonik östliche Stubaier Alpen"). Dank gilt auch dem Institut für Weltraumforschung, Abteilung für Satellitengeodäsie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, für die Bereitstellung von GPS-Daten sowie den Innsbrucker Kommunalbetrieben für die Bereitstellung von Quell-Schüttungsdaten. Herrn Hugo Ortner, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck sei für die anregenden Diskussionen und für die Durchsicht des Manuskripts gedankt.

Literatur

AGOSTINELLI, G., COMIN, C., MAIR, V., PEDEMONTE, S. & VELICOGNA, A., 1995: The "Fleres" tunnel: some geological-technical data. - Gallerie e grandi Opere Sotteranee 46(7), 45-53.

BEHRMANN, J.H., 1988: Crustal-scale extension in a convergent orogen: the Sterzing-Steinach mylonite zone in the Eastern Alps. - Geodinamica Acta (Paris) 2, 63-73.

DUMA, G., MEURERS, R. & VOGELMANN, A., 2000: Seismische Mikrozonierung des Raumes Innsbruck - Kufstein, unteres Inntal. - Zentralanstalt für Meteorologie und Geophysik, Wien, 200 S. (Unveröff. Projektbericht).

FUCHS, A., 1966: Geologie der Europabrücke. - Felsmechanik und Ingenieurgeologie IV(4), 317-331.

FÜGENSCHUH, B., SEWARD, D. & MANCKTELOW, N.S., 1997: Exhumation in a convergent orogen: the western Tauern window. - Terra Nova 9(5-6), 213-217.

GRUNDMANN, G. & MORTEANI, G., 1985: The young uplift and thermal history of the Central Eastern Alps (Austria, Italy), evidence from apatite fission track ages. - Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 128, 197-216.

ORTNER, H., REITER, F. & BRANDNER, R., 2003: Kinematics of the Inntal shear zone and its relation to other major faults crossing the northern TRANSALP seismic section. - Memorie della Societa Geologica Italiana 54, 189-192.

ORTNER, H., im Druck: Local and far field stress analysis of brittle deformation in the western part of the Northern Calcareous Alps. - Geologisch-Paläontologische Mitteilungen Innsbruck 26.

RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.-G. & MERLE, O., 1991: Lateral extrusion in the Eastern Alps, Part 2: Structural Analysis. - Tectonics 10(2), 257-271.

REITER, F., ORTNER, H. & BRANDNER, R., 2003: Transalp deep seismic section as a key for understanding neotectonic activity along the Inntal fault zone. - Geophysical Research Abstracts 5, 12381.

SCHMIDEGG, O., 1967: Zur Geologie der Kraftwerksgruppe Untere Sill. - In: Kraftwerksgruppe Untere Sill, Festschrift (Stadtwerke Innsbruck), 21-32 u. geolog. Karte 1:30.000.

SELVERSTONE, J., 1988: Evidence for east-west crustal extension in the eastern Alps: implications for the unroofing history of the Tauern Window. - Tectonics 7(1), 87-105.

ZAMG, 2003: Österreichischer Erdbebenkatalog. - Zentralanstalt für Meteorologie und Geophysik, Wien, Unveröffentlichte Computerdatei.

Anschrift der Verfasser

Mag. Franz REITER: Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1030 Wien und Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

Prof. Dr. Rainer BRANDNER: Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

Univ.-Doz. Dr. Wolfgang A. LENHARDT: Seismologischer Dienst, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.

Dr. Kurt DECKER: Institut für Geologische Wissenschaften, Universität Wien, Althanstr. 14, A-1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 2003

Autor(en)/Author(s): Reiter Franz, Lenhardt Wolfgang A., Decker Kurt, Brandner Rainer

Artikel/Article: Aktive Tektonik und Seismizität im Bereich Wipptal - Inntal. Andauern der lateralen Extrusion? 179-184