



*Dr. Clemens Geitner befasste sich schon von München aus mit landschaftsgeschichtlichen Aspekten in den Alpen, vorzugsweise im Ötztal. Als Mitglied der Forschungsgruppe Island sind seine Erfahrungen bei Bohrungen und Grabungen nun auch nahe des Polarkreises gefragt.*

## **Fluviale Sedimente der subalpin-alpinen Höhenstufe in den Zentralalpen als Archive für landschaftsgeschichtliche Untersuchungen**

von Clemens Geitner und Michael Becht<sup>1</sup>

### *1 Einleitung*

Zur Klärung landschaftsgeschichtlicher Fragestellungen werden natürliche Archive unterschiedlicher Genese in Wert gesetzt. Seen und Moore gelten dabei zurecht als besonders geeignete Untersuchungslokalitäten, die insbesondere für vegetationsgeschichtliche Analysen oft ideale Ablagerungs- und Erhaltungsbedingungen aufweisen. Fluviale Ablagerungen sind in dieser Hinsicht wesentlich kritischer zu bewerten. Denn die periodisch und episodisch schwankende Abflussdynamik und die kleinräumig wechselnden Ablagerungsbedingungen im fluvialen Milieu verhindern eine kontinuierliche und homogene Sedimentation. Zudem ist die Erhaltung pflanzlicher Mikro- und Makroreste, insbesondere in grobkörnigen Sedimenten, nicht immer ausreichend gewährleistet.

Andererseits bietet gerade die differenzierte Stratigraphie fluvialer Sedimente Ansatzpunkte für landschaftsgeschichtliche Interpretationen. Unter Berücksichtigung bestimmter Rahmenbedingungen lassen sich anhand der Sedimente Aussagen über die Intensität der fluvialen Morphodynamik im Einzugsgebiet treffen. Für den Alpenraum liegen diesbezüglich einige Untersuchungen vor (z.B. an Terrassen: Veit 1988, Surian 1998, an Auen- bzw. Deltaablagerungen: Blättler 1995, Burga et al. 1997, an Schwemmkegeln: Gamper 1985, Patzelt 1987, Jerz et al. 2000). Die erzielten Befunde bieten jedoch häufig nur eine unzureichende zeitliche Auflösung oder repräsentieren vergleichsweise kurze Phasen des Holozäns.

Die vorliegende Untersuchung hat das Ziel, die fluviale Dynamik in den Hochlagen der Zentralalpen über einen weiten Zeitabschnitt des Holozäns zu differenzieren. Dabei werden Sedimente in Wert gesetzt, die bisher kaum Beachtung fanden. Sie ermöglichen es, sedimentologische und vegetationsgeschichtliche Befunde in hoher zeitlicher Auflösung miteinander zu verknüpfen.

<sup>1</sup> Das Forschungsprojekt wurde dankenswerterweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert und von PD Dr. Michael Becht am Institut für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München betreut.

## 2 Untersuchungsgebiet und -lokalitäten

Die Untersuchung fand in zwei Nebentälern des Horlachtals statt (Zwieselbachtal, Larstigtal). Ergänzende Befunde liegen aus dem Fundustal vor (Abb. 1). Die Einzugsgebiete werden petrographisch von Gneisen und Glimmerschiefern dominiert. Ihre Tal-schlüsse sind rezent vergletschert. Über die spät- und postglaziale Gletschergeschichte der Täler geben die Arbeiten von Heuberger (1966) und Senarclens-Graney (1956) Auskunft. Untersuchungen zur aktuellen Morphodynamik im Horlachtal liegen von Becht (1995) vor.

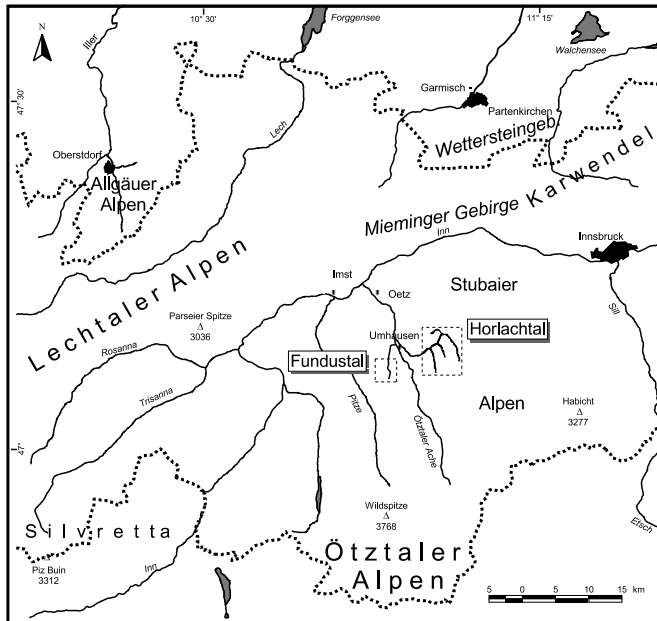


Abb. 1: Lage der Untersuchungsgebiete

diesem Gebiet, wie in anderen Teilen der Ötztaler Alpen (Vorren et al. 1993, Patzelt 2000), wesentlich früher eingesetzt hat.

Die untersuchten Sedimentationsflächen liegen etwa zwischen 2000 und 2300 m ü.d.M. und zeichnen sich durch ähnliche morphologische Rahmenbedingungen aus. Es können nämlich nur dort fluviale Sedimente neben den Bächen auf größerer Fläche akkumuliert werden, wo der Talgrund eine gewisse Weite aufweist und zusätzlich eine Abdämmung des Sedimentationsbereichs, beispielsweise durch Moränen oder Murkegel, gegeben ist. An solchen Stellen tritt der Bach in Zeiten maximaler Wasserführung über die Ufer, und es kommt, mehr oder weniger großflächig, zur Sedimentation feinkörniger Schwebstoffe. Die Intensität der jährlichen, vor allem im Juli stattfindenden Überflutung hängt von der winterlichen Schneerücklage und dem Verlauf der Schneeschmelze ab (Geitner 1999).

Die Einzugsgebiete werden bis heute weidewirtschaftlich genutzt. Dementsprechend ist die aktuelle Waldgrenze, welche im Wesentlichen durch die Zirbe (*Pinus cembra*) gebildet wird, stellenweise über 300 m herabgesetzt (Geitner 1999). Die Besiedlung des Horlachtals mit der Ortschaft Niederthai (1538 m ü.d.M.) lässt sich anhand historischer Urkunden bis ins 12. Jahrhundert zurück verfolgen (Huter 1970). Es ist jedoch davon auszugehen, dass die weidewirtschaftliche Nutzung der Hochlagen auch in



*Abb. 2: Die Sedimentationsfläche im Zwieselbachtal*

(Foto: C. Geitner, Juli 1995)

Stellvertretend für diesen Typ fluvialer Akkumulationen soll die Lokalität im Zwieselbachtal vorgestellt werden (Abb. 2). Die zweigeteilte Sedimentationsfläche liegt auf 2150 m ü.d.M. in einem heute vollständig entwaldeten Talabschnitt, umgeben von einem mächtigen spätglazialen Moränenkranz. Die obere, leicht geneigte und von stark verzweigten, sich noch rezent verlagernden Gerinnen gekennzeichnete Teilfläche ist von mehreren Metern mächtigen Kiesablagerungen aufgebaut. Auf der unteren, ebenen Teilfläche kommt es bei Überflutung ausschließlich zur Sedimentation von Mineralpartikeln der Schluff- und Sandfraktionen. Diese Ablagerungen können somit durch Bohrungen leicht aufgeschlossen werden. Der durch das Relief räumlich fixierte Zufluss und die weitgehend lagestabilen Gerinne dieser Teilfläche stellen zudem günstige Rahmenbedingungen für die Interpretation der sedimentologischen Befunde dar. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher im Wesentlichen auf diese Lokalität.

### *3 Fragestellung und Arbeitsmethoden*

Ausgehend von der Erfassung der aktuellen Morphodynamik im Untersuchungsgebiet (Becht 1995), stellte sich die Frage, ob die beschriebenen Sedimente Hinweise auf wechselnde Morphodynamik im Holozän enthalten. Die sedimentologischen Analysen wurden durch vegetationsgeschichtliche Untersuchungen ergänzt, um weitergehende Anhaltspunkte für die Interpretation der stratigraphischen Befunde zu bekommen. Die darzustellenden Ergebnisse beruhen auf folgenden Gelände- und Laborarbeiten.

Zur stratigraphischen Gliederung und zeitlichen Einbindung:

- 20 Bohrungen (3-13 m) mit offener und geschlossener Rammkernsonde
- Makroskopische Sedimentansprache, Darstellung der Bohrprofile und Ausweisung übergeordneter stratigraphischer Einheiten
- 23 AMS Radiokarbondatierungen der Laboratorien in Zürich und Uppsala (Labornummern: UZ-3869/ETH-14996 bis UZ-3874/ETH-15001, Ua-12420 bis Ua-12432, Ua-12936 bis Ua-12939), alle Zeitangaben sind unkalibriert

Zur Analyse an repräsentativen Leitprofilen:

- Bestimmung des Glühverlusts (430°C) und Korngrößenanalyse (Siebverfahren, kombiniert mit Laser Particle Size Analyser) an jeweils 4 cm mächtigen Profilssegmenten
- Pollenanalytische Auswertung an 1 cm mächtigen Profilssegmenten mit einem Probenabstand von 10 bis 20 cm

#### *4 Ergebnisse und Diskussion*

Die in den drei Einzugsgebieten erzielten Befunde weisen eine Reihe von Übereinstimmungen auf. Sie ermöglichen eine erste generelle Charakterisierung des fluvialen Ablagerungsstyps. Zudem lassen sich die feinstratigraphischen Auswertungen jeder Lokalität hinsichtlich wechselnder Sedimentationsdynamik interpretieren. Letzteres soll aufgrund der günstigen Rahmenbedingungen am Beispiel des Zwieselbachtals dargestellt und unter Berücksichtigung der vegetationsgeschichtlichen Ergebnisse diskutiert werden.

##### *4.1 Allgemeine Befunde zur Charakterisierung der Sedimente*

Die fluvialen Sedimente sind mit maximalen Tiefen von 8 m im Zwieselbachtal, 13 m im Larstigtal und 4 m im Fundustal relativ mächtig. Sie liegen unvermittelt grobkörnigem Substrat, vermutlich Grundmoräne, auf. Die weitaus dominierenden Korngrößenfraktionen sind Schluff und Sand. Insbesondere die wechselnden Sandgehalte belegen, dass bei der Sedimentation unterschiedlich starke Transportvorgänge abliefen. Die mittlere Sedimentationsrate liegt im Zwieselbachtal bei 1,3, im Larstigtal bei 1,6 und im Fundustal bei 1,0 mm/Jahr. Die jeweils basisnächsten Datierungen weisen Alter zwischen 4700 und 6400 BP auf. Unter Berücksichtigung der für jede Lokalität ermittelten Sedimentationsraten ergeben sich annähernd übereinstimmende extrapolierte Basisalter, die ins 6./7. Jahrtausend BP fallen. Warum an keinem der Akkumulationsräume ältere fluviale Sedimente vorliegen, ist bislang ungeklärt.

##### *4.2 Die zeitliche Differenzierung der Sedimentationsdynamik*

Hoch auflösende Analyseergebnisse können in der Regel nur an ausgewählten Bohrprofilen gewonnen werden. Entscheidend ist, dass diese weitgehend repräsentativ für den gesamten Ablagerungsraum sind, was im fluvialen Milieu allerdings nur selten gegeben ist. Aufgrund der günstigen Rahmenbedingungen im Zwieselbachtal ließen

sich jedoch bestimmte stratigraphische Einheiten über mehrere Bohrungen hinweg verfolgen. Dabei erwiesen sich torfreiche Zwischenlagen als sehr hilfreich. Mit dem Profil ZuM1 sind alle stratigraphischen Einheiten erfasst worden. Zudem befindet es sich im Zentrum und an einer der tiefsten Stellen des Beckens. Die an diesem Profil gewonnenen Befunde können somit auf weite Bereiche des Sedimentationsraums übertragen werden.

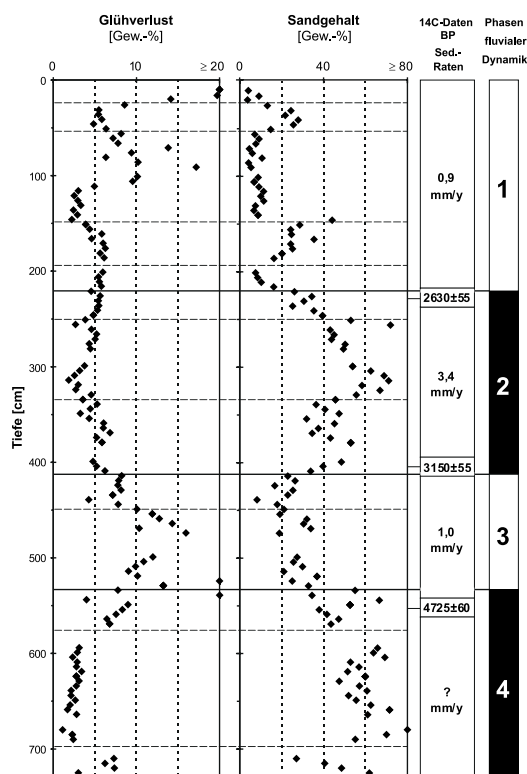


Abb. 3: Glühverlust und Sandgehalt des Bohrprofils ZuM1 im Zwieselbachtal, ergänzt durch <sup>14</sup>C-Daten, Sedimentationsraten und Phasen unterschiedlich starker fluvialer Dynamik

Abbildung 3 zeigt die Werte des Glühverlusts und der Sandgehalte des Profils ZuM1. Die zwei Kurven weisen gegenläufige Tendenzen auf. Hohe Sandgehalte deuten auf größere Fließgeschwindigkeiten während der Sedimentation hin. Sie gehen zudem mit höheren Sedimentationsraten einher. Die damit verbundenen dynamischen Prozesse verhindern offensichtlich die Ansiedlung torfbildender Pflanzen.

Ausgehend von den Sandgehalten, lässt sich das Profil in vier Abschnitte gliedern. Diese kennzeichnen Phasen unterschiedlich starker Sedimentationsdynamik. Die Phasen 1 und 3 sowie 2 und 4 entsprechen sich weitgehend, was als mehrfacher Wechsel der Dynamik gedeutet werden kann. Andererseits lässt sich aus den Werten ein fast durchgehend rückläufiger Trend der Sandgehalte ablesen, der mit der kontinuierlichen Vergrößerung der Sedimentationsfläche zusammenhängen könnte. Als sehr markantes Ereignis tritt in jedem Fall aber die Phase 2 hervor. Ihre hohen Sandgehalte schließen beträchtliche Anteile an Mittel- und Grobsand mit ein. Die rezente Aufteilung in kiesdominierte Bach- und schluff-

dominierte, nahezu sandfreie Überflutungsfazies kann in dieser Weise damals nicht bestanden haben. Auszugehen ist hingegen von einem weniger tief eingeschnittenen und stärker verzweigten Gerinne. Vorausgesetzt, dass sich die Neigung der Sedimentationsfläche nicht verändert hat, liegt der Grund für die Etablierung eines verzweigten Gerinnes wahrscheinlich in der Erhöhung der Abflussspitzen.

### 4.3 Verknüpfung sedimentologischer und vegetationsgeschichtlicher Befunde

Es ist naheliegend, die postulierte Erhöhung der Abflussspitzen vor etwa 3200 Jahren BP auf klimatische Ursachen zurückzuführen. Mit Hilfe vegetationsgeschichtlicher Befunde soll diese Annahme überprüft werden. Zunächst stellt sich jedoch die Frage, ob die Daten beider Methoden überhaupt auf einen Zusammenhang hindeuten.

In Abbildung 4 sind den Sandgehalten der fraglichen Phase stark reduzierte Pollenspektren der entsprechenden Profiltiefen zugeordnet. Es zeigt sich, dass mit dem markanten Anstieg der Sandgehalte eine Zunahme des Nichtbaumpollens (NBP) und der Beweidungszeiger sowie ein Aussetzen der Stomatafragmente von Koniferennadeln einhergeht.

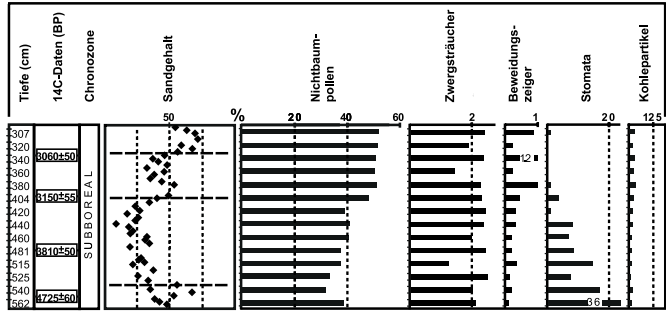


Abb. 4: Stark reduzierte Pollenspektren des Profils ZuM3 und Sandgehalte des Profils ZuM1 während einer Phase zunehmender fluvialer Dynamik

Letzteres kann dahingehend interpretiert werden, dass die Waldgrenze damals unterhalb der Untersuchungslokalität zu liegen kam. Auch die hohen Werte des NBP deuten darauf hin. Für eine Absenkung der Waldgrenze unter 2150 m ü.d.M. reichen jedoch die holozänen Klimaschwankungen nicht aus (z.B. Burga & Perret 1998). Somit weist dieser Befund, wie auch die Zunahme der Beweidungszeiger, auf den Einfluss des Menschen hin. Die anthropozogen bedingte Veränderung der Vegetation war zudem offensichtlich so gravierend, dass sie Auswirkungen auf die Abflussdynamik hatte.

Als Vergleich sei ein ähnlicher sedimentologisch-vegetationsgeschichtlicher Parallelbefund aus dem Larstigtal herangezogen (Abb. 5). Er dokumentiert ebenfalls eine Phase zunehmender fluvialer Dyna-

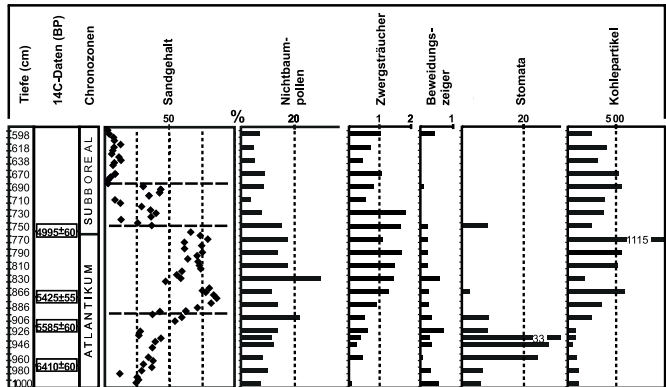


Abb. 5: Stark reduzierte Pollenspektren und Sandgehalte des Profils LuS1, unterhalb 9,5 m ergänzt durch die Profile LuS2 und LuS3, während einer Phase zunehmender fluvialer Dynamik

mik, die jedoch in die Zeit zwischen 5500 und 5000 BP fällt und somit noch vor dem im Zwieselbachtal erfassten Zeitabschnitt liegt. Auch hier zeigt sich ein paralleler Anstieg der Sandgehalte und des NBP's. Anders als im Zwieselbachtal sind die Pollenanteile der Beweidungszeiger indifferent, die der Zwergsträucher nehmen hingegen deutlich zu. Auch hier weist das Aussetzen der Stomatafragmente auf ein Abfallen der Waldgrenze bis unterhalb der Sedimentationsfläche hin. Diese liegt mit 2285 m ü.d.M. jedoch deutlich höher als im Zwieselbachtal. Die Waldgrenzschwankung kann somit allein durch den Einfluss des Klimas erklärt werden, was auch im Einklang mit dem Pollenbefund steht. (Die Zunahme der Kohlepartikel allein reicht für den Nachweis anthropogener Tätigkeit nicht aus.) Bemerkenswert ist, dass auch im Larstigtal eine Absenkung der Waldgrenze (und der darüber liegenden Vegetationsgrenzen!) mit einer erhöhten fluvialen Dynamik einherging.

### *5 Zusammenfassung und Ausblick*

Es konnte an dieser Stelle nur ein Teilaspekt der vorliegenden Befunde dargestellt werden (vgl. Geitner 1999, Geitner & Becht 2001). Die aus ihnen abgeleiteten Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Unter Beachtung bestimmter Rahmenbedingungen lassen sich bachnahe Überflutungssedimente in den Hochlagen der Zentralalpen als landschaftsgeschichtliche Archive nutzen. Die fast durchweg feinkörnigen Ablagerungen bieten in der Regel gute Erhaltungsbedingungen für pflanzliche Mikro- und Makroreste. Aus den stratigraphisch-sedimentologischen Befunden lassen sich Phasen unterschiedlich starker fluvialer Dynamik ableiten. Die vegetationsgeschichtlichen Ergebnisse zeigen deutliche Parallelen mit diesen Phasen. Dies deutet auf den Einfluss hin, den die Vegetation auf die Abflussdynamik in der subalpin-alpinen Höhenstufe hat.

Ein Vergleich der ausgewiesenen Phasen fluvialer Dynamik mit Befunden an anderen fluvialen Sedimenten (s.o.) und mit den, vor allem aus gletscher- und vegetationsgeschichtlichen Daten abgeleiteten holozänen Klimaschwankungen (z.B. Patzelt & Bortenschlager 1973, Burga & Perret 1998) konnte an dieser Stelle nicht vorgenommen werden. Er erweist sich auch in mehrfacher Hinsicht als fragwürdig. Zum einen tragen die üblichen Unschärfen bei der zeitlichen Zuordnung unterschiedlicher Befunde eher zur Bestätigung vorhandener Gliederungssysteme bei. Zum anderen wird die genaue Beschreibung der Systemzusammenhänge, in welche die jeweiligen Archive eingebunden sind, bei der Interpretation der Befunde oft vernachlässigt. Die kritische Analyse dieser Zusammenhänge sollte aber selbstverständliche Voraussetzung jeder Parallelisierungsversuche sein (vgl. z.B. Buch 1988, Burga et al. 1997, Geitner 1999). Ein weiteres Problem liegt darin, dass die Differenzierung lokal bedingter und überregional wirksamer Einflüsse anhand einzelner Untersuchungslokalitäten kaum möglich ist. Insbesondere die oft schwierige Unterscheidung klimatisch bzw. anthropogen bedingter Effekte kann zu Fehlschlüssen führen. Es würde sich daher lohnen, generelle Standards bei der zeitlichen Parallelisierung landschaftsgeschichtlicher Befunde zu diskutieren. Zudem muss die Zahl solcher Untersuchungen weiter erhöht werden, um einen Datenumfang zu erhalten, der es noch besser ermöglicht, zufällige und regelhafte Muster in den verschiedenen Archiven zu unterscheiden.

## 6 Literatur

- Becht, M. (1995): Untersuchungen zur aktuellen Reliefentwicklung in alpinen Einzugsgebieten. - Münchener Geographische Abhandlungen, A 47: 187 S.; München.
- Blättler, R. (1995): Rezente fluviale Morphodynamik im Stubaital/Tirol. - Würzburger Geographische Arbeiten, 90: 300 S.; Würzburg.
- Buch, M.W. (1988): Zur Frage einer kausalen Verknüpfung fluvialer Prozesse und Klimaschwankungen im Spätpleistozän und Holozän. Versuch einer geomorphodynamischen Deutung von Befunden von Donau und Main. - Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.- Bd. 70: 131-162; Berlin.
- Burga, C.A., & Perret, R. & Gehrig, S. & Vogel, H.-H. & Maggetti, B. & Fitze, P. & Maisch, M. & Graf, K. (1997): Geoökologische und klimamorphologische Untersuchungen im Alpenraum (Isola-Delta, Val Fedoz und Val Fex, Oberengadin, Kanton Graubünden). - Schlussbericht NFP 31: 57 S.; Zürich.
- Burga, C.A. & Perret, R. (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. - 805 S.; Thun.
- Camper, M. (1985): Morphochronologische Untersuchungen an Solifluktionsszungen, Moränen und Schwemmkegeln in den Schweizer Alpen. Eine Gliederung mit Hilfe der <sup>14</sup>C-Altersbestimmung fossiler Böden. - Physische Geographie, 17: 115 S.; Zürich.
- Geitner, C. (1999): Sedimentologische und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an fluvialen Sedimenten in den Hochlagen des Horlachtals (Stubai Alpen/Tirol) - Ein Beitrag zur zeitlichen Differenzierung der fluvialen Dynamik im Holozän. - Münchener Geographische Abhandlungen, B 32: 247 S.; München.
- Geitner, C. & Göth, A. & Rieger, D. (1999): Das Horlachtal. Ein Wegbegleiter durch seine Natur- und Kulturlandschaft. - Ötztal-Archiv Schriftenreihe, 2: 114 S.; Innsbruck.
- Geitner, C. & Becht, M. (2001): Dynamics of fluvial sedimentation in high alpine basins during the Holocene - Results from two small catchment areas in the Ötztal (Stubai Alps, Austria) - Earth Surface Processes and Landforms; Chichester. (*im Druck*)
- Heuberger, H. (1966): Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain- und Ötztal. - Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, 20: 125 S.; Innsbruck.
- Huter, F. (1970): Umhausen - eine Berggemeinde im Ötztal - Alpenvereinsjahrbuch 1970 (Alpenvereinszeitschrift, 95): 68-76; Innsbruck.
- Jerz, H. & Schneider, T. & Krause, K.-H. (2000): Zur Entwicklung der Schwemmfächer und Schwemmkegel in Randbereichen des Murnauer Mooses - Mit Ergebnissen der GLA-Forschungsbohrungen bei Grafenaschau und Eschenlohe. - Geologica Bavarica, 105: 251-264; München.
- Patzelt, G. (1987): Untersuchungen zur nacheiszeitlichen Schwemmkegel- und Talentwicklung in Tirol. 1. Teil: Das Inntal zwischen Mötz und Wattens. - Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, 67: 93-123; Innsbruck.
- Patzelt, G. (2000): Natürliche und anthropogene Umweltveränderungen im Holozän der Alpen. - Rundgespräche der Kommission für Ökologie, 18: 119-125; München.
- Patzelt, G. & Bortenschlager, S. (1973): Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). - Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 16: 25-72; Berlin.
- Senarcens-Graney, W. (1956): Zur Glazialgeologie des Oetztals und seiner Umgebung. - Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 49: 257-314; Wien.
- Surian, N. (1998): Fluvial processes in the alpine environment during the last 15000 years: a case study from the Venetian Alps, Italy. - Géomorphologie. Relief, processus, environnement, 1998: 17-25; Paris.
- Veit, H. (1988): Fluviale und solifluidale Morphodynamik des Spät- und Postglazials in einem zentralalpinen Flusseinzugsgebiet (südliche Hohe Tauern, Osttirol). - Bayreuther Geowissenschaftliche Arbeiten, 13: 167 S.; Bayreuth.
- Vorren, K.-D. & Mørkved, B. & Bortenschlager, S. (1993): Human impact on the Holocene forest line in the Central Alps. - Vegetation History and Archaeobotany, 2: 145-156; Berlin.