

Spezielle Typen

Erste Ergebnisse zur Untersuchung von alpinen Böden im Fimbertal

Im folgenden Beitrag geht es um das Aussagepotenzial von alpinen Böden über anthropogen oder natürlich verursachte Störungen der holozänen Bodengenese und Landschaftsentwicklung. Dies wurde in einer ersten Messkampagne im Sommer 2011 an 14 Standorten zwischen 1850 m ü. M. und 2540 m ü. M. entlang des Fimbertals auf der Silvretta-Nordseite untersucht.

Katja Kothieringer

Boden gutmachen, an Boden verlieren, im Boden versinken: es gibt eine Fülle von alltäglichen Redewendungen, in denen der Begriff «Boden» vorkommt. Doch obwohl uns der Boden scheinbar vertraut ist und wir uns täglich auf ihm bewegen, erschliessen sich seine Eigenschaften und Bedeutung nur dann, wenn man einen Blick unter die Oberfläche wirft. Dabei zeigt sich, dass Böden die natürlichen Voraussetzungen (Ressourcen) und den Lebensraum (Umwelt) für uns und andere Lebewesen darstellen (Stahr et al. 2008). Natürliche Wasserspeicher, Schadstofffilter, Grundlage für die landwirtschaftliche Nutzung – die Bedeutung der Böden für uns und unsere Umwelt kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Aufgrund der komplexen Struktur aus mineralischen und organischen Bestandteilen, Bodenluft und Bodenwasser reagieren Böden hochsensitiv auf Umweltveränderungen, seien sie natürlich oder vom Menschen verursacht.

Hierbei nehmen Böden in Hochgebirgslagen eine Sonderrolle ein. Dies liegt vor allem an der Komplexität und kleinräumigen Heterogenität des alpinen Naturraumes, was sich wiederum in einer hohen räumlichen Variabilität der bodenbildenden Faktoren Relief, Ausgangsgestein, Mikroklima, Vegetation und Tierwelt äussert (Veit 2002). Auch der Faktor Mensch prägt die Hochgebirgsböden seit Jahrtausenden in hohem Masse

durch Rodungen, Land- und Forstwirtschaft, Bau von Strassen und Skipisten etc. Zudem spielt der Zeitfaktor im Gebirge eine grössere Rolle als in ausseralpinen Regionen. Das anstehende Gestein wird oftmals von Ablagerungen wie Moränen, Hangschutt, Schwemmfächern, vom Wind eingetragenen (äolischen) Sedimenten, Rutschungen und Bergstürzen überdeckt, was zu kleinräumig unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Böden auf dem jeweiligen Ausgangsmaterial führen kann. Zu dieser horizontalen Diversität der Böden und der bodenbildenden Einflussgrössen kommt eine vertikale, höhenbedingte Abfolge verschiedener Böden (Veit 2002). Diese lässt sich vor allem durch das enge Zusammenspiel zwischen Bodenentwicklung und Mikroklima erklären: prinzipiell verlangsamen sich mit zunehmender Höhenlage die bodenbildenden Prozesse, da Temperatur, chemische Verwitterung, die Aktivität der Bodentierwelt und der pH-Wert sinken.

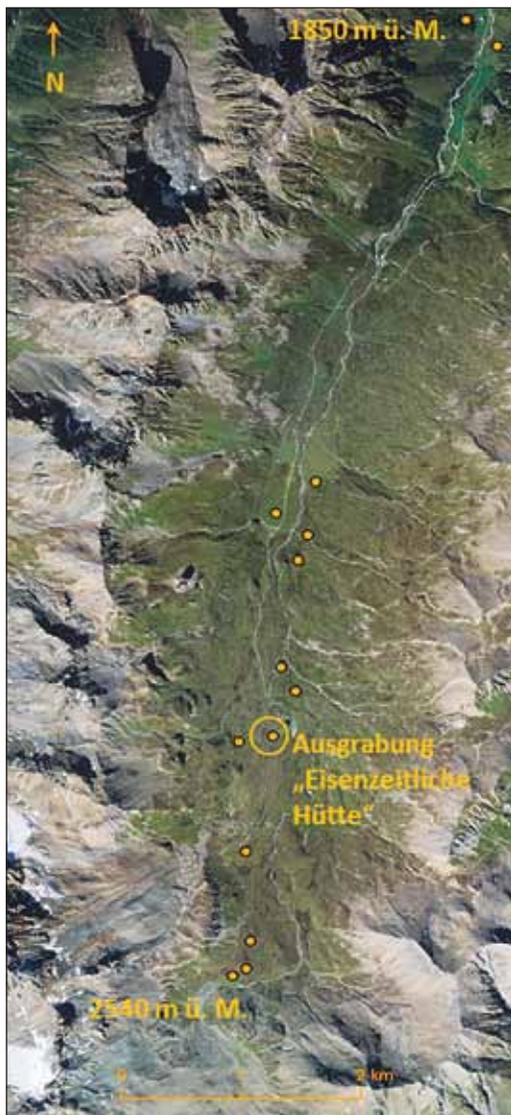
Aufgrund dieser naturräumlich bedingten, kleinräumigen Vielfalt der alpinen Böden gibt es keine länderübergreifende einheitliche Bodensystematik und fast keine Bodenkarten im Massstab 1:25 000. Veit (2002) beschreibt die wichtigsten Bodentypen in Abhängigkeit von der Höhenlage in seinem Buch «Die Alpen – Geoökologie und Landschaftsentwicklung» basierend auf der Gliederung von Pallmann et al. (1938). Demnach findet man in der subalpinen Stufe der Silikatalpen – in die das Silvretta-Massiv einzuordnen ist – vorwiegend Böden des Typs Podsol (Eisen- und Humuspodsole, Braunpodsole) und Braunerde, während in der alpinen Stufe vor allem Rohböden bzw. wenig reife Böden wie Ranker, Regosole, Pararendzinen und Podsole aus silikatischem Flugstaub vorkommen. Diese ideal-

typische Höhenstufung der Böden ist jedoch aufgrund der genannten kleinräumigen Diversität des Naturraumes nicht immer verwirklicht; standortbedingt ergeben sich diverse Misch- und Subtypen und Erosionsgrade der Böden.

Dass Gebirgsböden sich trotz der oftmals sehr variablen Umweltbedingungen als Umweltarchive eignen und einen wertvollen Beitrag zur Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte und zum Verständnis (prä-)historischer Mensch-Umwelt-Beziehungen im subalpinen und alpinen Raum liefern können, haben Forschungsarbeiten in Graubünden und Tirol in den letzten Jahren erwiesen (Röpke et al. 2011, Geitner und Schäfer 2010, Geitner et al. 2011). Hier führten bodenkundliche Arbeiten im Verbund mit dendrochronologischen, paläoökologischen und archäologischen Untersuchungen zu wichtigen Erkenntnissen über die holozäne Landschafts- und Siedlungsgeschichte von alpinen Tälern. Anhand von Schichtgrenzen und Horizontbildungen im Boden können Rückschlüsse auf verschiedene Phasen der Landschaftsentwicklung gezogen werden (Bork et al. 1998). Somit dienen Böden als nützliche Informationsquelle über verschiedene Stadien der Bodenbildung und Geomorphodynamik (d.h. «alle das Georelief bildenden Prozesse, unabhängig vom Alter der Formen und Prozesse», Leser 2001).

Vor diesem Hintergrund sollen bodenkundliche Untersuchungen in der Silvretta durch die Universität Bamberg die bereits laufende paläoökologische Forschung seitens der Universität Innsbruck und die archäologischen Grabungen durch die Universitäten Zürich und Bamberg stützen bzw. ergänzen. Ziel ist es, anhand von Bodenanalysen in verschiedenen Höhenlagen von

Abb. 1: Entnahmestellen der Bodenproben im Fimbertal im Sommer 2011 (Quelle Digitales Orthophoto: Bundesamt für Landestopografie, Schweiz).



der subalpinen bis in die alpine Stufe neue Erkenntnisse über die holozäne Landschaftsentwicklung, die daraus resultierende naturräumliche Nutzung durch den Menschen und dadurch hervorgerufene Störungen der Bodengenese in der Silvretta zu gewinnen. Dazu fand im Sommer 2011 eine erste, fünftägige Messkampagne entlang des Fimbertals auf der Silvretta-Nordseite statt, die in den folgenden Jahren in weitere Untersuchungen münden soll. Mittels Sondierungen mit einem Handbohrgerät wurden geeignete Plätze für die Grabung von Bodenprofilen ermittelt (Abb. 2), vor allem an Standorten, wo die Bodenentwicklung verhältnismässig unbeeinflusst von der ansonsten hohen alpinen Geomorphodynamik ist. Dies war vor allem auf kleinen Geländekuppen auf der Talseite östlich des Fimberbaches zwischen 2000 m ü. M. und 2400 m ü. M. gegeben. Die komplexe Geologie und glaziale Überprägung des Fimbertals erschweren eine Ansprache der Geländeformen; dies wurde bereits im Rahmen einer Dissertation zum Thema «Untersuchungen zur spät-glazialen Gletscher- und Klimageschichte der österreichischen Silvretta-Gruppe» (Hertl 2001) festgestellt. Somit bleibt bis zu weiteren Untersuchungen zunächst einmal offen, ob es sich bei besagten Geländekuppen tatsächlich um Reste von glazial geschaffenen Moränenwällen oder um durch Hangversatz oder Hangkriechen bedingte Rutschungen des anstehenden, wenig widerständigen Gesteins (Bündnerschiefer) handelt.

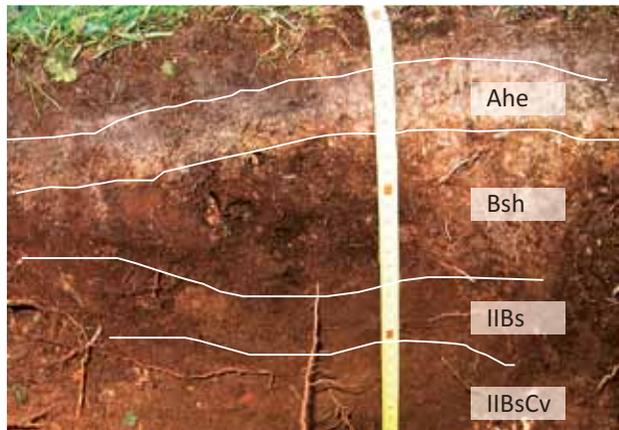
Nach den Sondierungen wurden Bodenprofile an 14 verschiedenen Standorten zwischen 1850 m ü. M. (subalpine Stufe) und 2540 m ü. M. (alpine Stufe) angelegt (Abb. 1). Die Ansprache der Böden wurde mit Hilfe der Bodenkundlichen Kartieranleitung (2005) durchgeführt. Neben der Bestimmung von bodenkund-



Abb. 2: Entnahme einer Bodenprobe im Fimbertal im Sommer 2011 (Foto: K. Lambers/Uni Bamberg).

lichen Parametern wie Bodenfarbe (mittels Munsell Soil Color Charts), grobem Material (Skelett, Durchmesser > 2 mm) und Durchwurzelung wurden weitere wichtige Einflussgrößen auf die Bodenbildung wie Hangneigung, Exposition, Ausgangsgestein und Vegetationsbedeckung aufgenommen. Anschliessend wurden Mischproben aus den jeweils identifizierten Bodenhorizonten zur weiteren Analyse im Labor entnommen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die folgenden Interpretationen der Böden und ihrer möglichen Genese auf der Ansprache im Gelände und wenigen Standard-Laboranalysen wie Korngrößenanalysen (mittels Nasssiebung und Pipettmethode nach Köhn) und pH-Wert (in 0,01 M CaCl₂-Lösung) beruhen. Um genauere Aussagen zu treffen, fehlen weitere wichtige bodenchemische Analysen wie zum Beispiel der Gehalt mobilen Eisens zur Bestimmung des Aktivitätsgrades und der Podsolierung in den einzelnen Bodenhorizonten. Diese werden im Rahmen der laufenden Arbeiten noch folgen.

Abb. 3: Eisenhumuspodsol auf 1850 m ü. M. (Foto: K. Kothieringer).



Die Böden im Fimbertal zeichnen sich durch eine grosse Vielfalt vor allem in Abhängigkeit von Ausgangssubstrat und Vegetationsbedeckung aus. Im Talbereich der Bodenalpe auf ca. 1850 m ü. M. (subalpine Stufe) findet man an Standorten mit Fichten- und Lärchenwaldvegetation den Bodentyp Eisenhumuspodsol, auch Normpodsol genannt (Abb. 3). Dieser saure Boden weist einen gebleichten, grauen Auswaschungshorizont (Ae) auf, unter dem zwei verschiedene Anreicherungs- bzw. Einwaschungshorizonte folgen: zunächst ein dunkel gefärbter Horizont (Bsh), in dem sich Sesquioxide (s) und vor allem Humus (h) durch Verlagerung aus dem Oberboden angereichert haben, gefolgt von einem ockerbraunen Horizont (IIBs), in dem die farbgebenden Sesquioxide dominieren. Sesquioxide entstehen in Böden durch Oxidation von Metallen wie Aluminium und Eisen, welche durch chemische Verwitterung aus silikatischem Material freigesetzt und in den Unterboden verlagert werden.

Der in Abb. 3 gezeigte Eisenhumuspodsol (A- und B-Horizonte, C-Horizont ab 30 cm Profiltiefe ab der Geländeoberfläche nicht mehr im Bild) weist deutlich differenzierbare, stark durchwurzelte Bodenhorizonte auf. Rechts im Bild im Bsh-Horizont erkennt man vermutlich durch Versickerung entlang der Wurzelbahnen und durch hohe Aktivität der Bodenfauna eingewaschenes graues Material aus dem Ae-Horizont. Die Korngrössenzusammensetzung in den vier Horizonten in Abb. 3 ist stark lehmiger Sand (SI4), wobei die dominierende Bodenart Sand aus der physikalischen Verwitterung des kristallinen Ausgangsgesteins (hier Hangschutt) stammt. Der Bsh-Horizont enthält wesentlich mehr Skelett als die darüber- und darunterliegenden Horizonte. Dies könnte dafür sprechen, dass der Horizont IIBs, der kein

Skelett enthält, der Rest eines älteren Podsoles ist, der infolge von geomorphodynamischen Prozessen oder durch Einfluss des Menschen (Rodung) gekappt wurde. Das gröbere Material des Bsh-Horizonts spricht für eine andere Genese als jene des IIBs; vermutlich kam es zur Verlagerung von Material, das hangabwärts transportiert wurde und den IIBs-Horizont «überfahren» hat. Hier stehen weitere Analysen (v.a. die Bestimmung des Eisengehaltes und mikromorphologische Analysen mittels Dünnschliffen) noch aus. Rezente Podsolierung als bodenbildender Prozess äussert sich in der Entwicklung des Ae-Horizonts und der Anreicherung von Humus im Bsh-Horizont.

Über das Alter des Bodens kann hier aufgrund von nicht vorhandenen Datierungen (in Planung) nur spekuliert werden. In der Regel bilden sich Podsole in den Zentralalpen mit sandigem Ausgangsmaterial in meist mehr als 350 Jahren (Röpke 2011). Veit (2002) geht bei Podsole auf Moränen auf silikatischem

Abb. 4: Braunpodsol (2160 m ü. M.) mit Holzkohle (orange markiert/ Foto: K. Kothieringer).



Ausgangsmaterial im Bereich der Waldgrenze von einem Entwicklungsalter von mindestens 600 bis 700 Jahren aus, bei gut entwickelten Podsolen von mindestens 3000 Jahren.

Exemplarisch für die Böden der alpinen Stufe im Talbereich zwischen 2000 m ü. M. und 2400 m ü. M. auf den bereits erwähnten Geländekuppen soll ein Profil näher vorgestellt werden (Abb. 4). Der Standort befindet sich unter der für das hintere Fimbertal typischen Alpweiden-Vegetation (Krummseggenrasen) mit vereinzelt Wacholder- und Eisenhutbewuchs. Visuell auffällig sind die bunten Farben des Profils. Die Entwicklung des Bodenprofils scheint des Öfteren gestört worden zu sein, sodass eine genaue Ansprache und Abgrenzung der einzelnen Horizonte schwierig ist. Der geringmächtige (2 cm) Ahe-Horizont ist vermutlich durch rezente Podsolierungsprozesse geprägt. Die Korngrössenzusammensetzung entspricht im Ahe- und Bs-Horizont mittellehmigem Sand (SI3), im BsCv-Horizont stark lehmigem Sand (SI4). Der Bs-Horizont ist stark skeletthaltig und gut durchwurzelt. Zwischen 16 cm und 23 cm Bodentiefe, integriert in den Bs-Horizont, findet sich eine hellgraue Sandlinse. Eine Ansprache des Bodens als Braunpodsol im Sinne von Veit (2002) scheint hier sinnvoll. Demnach wäre der identifizierte Bs-Horizont ein Relikt eines durch jahrhundertlange Weidenutzung erodierten Podsol, wobei seine Färbung hier nicht so intensiv ist wie in anderen untersuchten Profilen. Der Braunpodsol kann als Produkt menschlicher Nutzung angesehen werden, denn das Vorkommen von Holzkohle in verschiedenen Bodentiefen (11 cm und 21 cm unterhalb der Geländeoberfläche, Abb. 4) könnte ein Indiz für eine frühere Baum- oder Zwergstrauchvegetation sein, die durch Brandrodung zerstört wurde. Holzkohle

findet sich in nahezu allen untersuchten Profilen auf den Geländekuppen bis in eine Höhe von 2370 m ü. M. in der Nähe der Pferche von Las Gondas. Diese Funde decken sich mit dendrochronologisch datiertem Zirbenholz (6700–4700 BC) aus dem Las Gondas-Moor in einer Höhe von 2360 m ü. M. (Nicolussi 2010 und in diesem Band), was ausserhalb des aktuellen Waldverbreitungsgebietes sowie ausserhalb jenes Gebietes liegt, das gemäss den klimatischen Verhältnissen des 20. Jh. als potentielles Verbreitungsgebiet angesehen werden kann. Im Fimbertal wird eine maximale Verbreitungshöhe von 2240 m ü. M. angegeben (Nicolussi 2010).

Neben den beschriebenen Bodentypen finden sich im Fimbertal wie erwartet auch kolluvial geprägte Böden unter Stauwasserfluss (Kolluvisol-Pseudogley) am Fusse steiler Hanglagen. Im hinteren Fimbertal auf 2540 m ü. M. gibt es flache, stark sandige Braunerden, deren Korngrössenverteilung (73% Sand, davon

Abb. 5: Profil der Ausgrabung «Eisenzeitliche Hütte» mit heller Ablagerung (Foto: K. Kothieringer).



30% feiner Sand) auf äolischen Eintrag des Substrats aufgrund der vorherrschenden Windrichtung vermutlich von der Fuorcla da Tasna schliessen lässt. Generell sind die Böden des Fimbertals überwiegend fein und weisen recht wenig Grobmaterial (>2 mm) in den einzelnen Horizonten auf. Die «Verstaubung» der Alpen ist seit langem ein wichtiges Forschungsthema (z. B. Küfmann 2008) und bleibt auch im Fimbartal im Zuge weiterer Messkampagnen näher zu untersuchen.

Im Rahmen der Ausgrabungen des Teams um T. Reitmaier an der eisenzeitlichen Hütte nahe der heutigen Heidelberger Hütte konnte neben der Bestimmung «natürlicher» Bodenprofile entlang des Tales auch eine «on-site»-Untersuchung auf der Grabungsfläche durchgeführt werden. Es ging dabei um die nähere Bestimmung eines hellen Sediments sowohl innerhalb als auch ausserhalb des Mauergrundrisses (Abb. 5). Laboranalysen (Korngrößenverteilung und pH-Werte) wurden an einem Profilblock aus dem in Abb. 5 gezeigten Profil durchgeführt. Zudem wurde mit Hilfe eines Stechrahmens eine Sedimentprobe – allerdings im Profil ausserhalb des Mauergrundrisses – für mikromorphologische Analysen entnommen (Bearbeitung durch A. Röpke, Universität Frankfurt). Das 7 cm mächtige helle Sediment liegt über einer dunklen Kulturschicht und zeichnet sich durch eine stark tonig-schluffige Korngrößenverteilung aus (68% Schluff, 16% Ton). Dies spricht für eine Ablagerung des Sediments durch relativ langsam fliessendes Wasser und nicht durch Wind. Oxidations- und Reduktionsspuren im Profil bezeugen den Einfluss durch Wasser. Laut der Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchung weist das tonig-schluffige Sediment kaum Schichtung auf, und gewisse Bereiche erinnern an

ein fließendes Gefüge, wie es unter spülaquatischen Prozessen entsteht (Röpke 2012, pers. Mitt.). Es ist möglich, dass die Ablagerung nur durch ein einziges Ereignis zustande kam. Was das Ereignis ausgelöst hat (Schneeschnmelze?) und wodurch letzten Endes der Wasserstau an/über der eisenzeitlichen Hütte verursacht wurde, bleibt noch zu klären.

Im Sommer 2012 ist eine weitere Messkampagne zur Untersuchung der Böden in der Silvretta geplant. Die ersten Ergebnisse aus dem Fimbertal, besonders die Funde von Holzkohle in Bodenprofilen auf den beschriebenen Geländekuppen, sollen bestätigt und ergänzt werden, auch anhand von weiteren bodenchemischen und mikromorphologischen Laboranalysen und Altersdatierungen. Insbesondere die beschriebenen Braunpodsole spiegeln als nützliche Umweltarchive den Einfluss des Menschen auf Vegetation und Boden durch Brandrodung und Weidenutzung im Fimbertal wider. Zudem ist die flächige Erstreckung des hellen Sediments der Ausgrabung der eisenzeitlichen Hütte interessant. Auch stellt sich die Frage, wie sich die Böden auf der klimatisch-begünstigten Silvretta-Südseite im Vergleich zur raueren Nordseite entwickelt haben. Dazu sollen bodenkundliche Analysen im Val Tasna und Val Urschai auf der Südseite durchgeführt werden, um entlang eines vollständigen Nord-Süd-Transekts räumlich hochaufgelöste Daten über Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Bodengenese zu gewinnen. In allen Tälern stellt sich die Frage nach der Herkunft und Art des Transports des Bodensubstrats, d. h. überwiegt die Verwitterung des Ausgangsgesteins für die Bereitstellung des Substrats oder wird ein beträchtlicher Teil äolisch eingetragen? Hier werden mineralogische Analysen Aufschluss geben. Mo-

mentan bleiben genügend Fragen offen, um den Böden in der Silvretta weiterhin auf den Grund zu gehen.

Literatur

- H.-R. Bork, H. Bork, C. Dalchow, B. Faust, H.-P. Piorr, T. Schatz – Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa – Wirkungen des Menschen auf Landschaften. Gotha, Stuttgart: Klett-Perthes. 1998.
- C. Geitner, D. Schäfer – Interdisziplinäre Zusammenarbeit an der Schnittstelle von Archäologie und Bodenkunde im Gebirge – Grundsätzliche Überlegungen und Beispiele des Mesolithfundplatzes Ullafelsen (Tirol). In: Mandl, Franz, Stadler Harald (Hg.): Archäologie in den Alpen – Alltag und Kult, 25–42. Haus im Ennstal: Verein ANISA. 2010.
- C. Geitner, S. Bussemer, O. Ehrmann, A. Ikinge, D. Schäfer, R. Traidl, D. Tscherko – Bodenkundlich-stratigraphische Befunde am Ullafelsen im hinteren Fotschertal sowie ihre landschaftsgeschichtliche Interpretation. In: Schäfer, Dieter (Hg.): Mensch und Umwelt im Holozän Tirols. Das Mesolithikum-Projekt Ullafelsen (Teil 1), 109–154. Innsbruck: Philipp von Zabern. 2011.
- A. Hertl – Untersuchungen zur spätglazialen Gletscher- und Klimageschichte der österreichischen Silvretta-Gruppe. Doktorarbeit. Innsbruck: UB Innsbruck. 2001.
- C. Küfmann – Are Cambisols in Alpine Karst autochthonous or Eolian in Origin? Arctic, Antarctic, and Alpine Research 40, 506–518. 2008.
- H. Leser (Hg.) – Diercke-Wörterbuch Allgemeine Geographie. München: Deutscher Taschenbuch Verlag. 12. Aufl. 2001.
- K. Nicolussi – Jahringdaten zur nacheiszeitlichen Waldverbreitung in der Silvretta. In: Reitmaier, Thomas (Hg.): Letzte Jäger, erste Hirten: Hochalpine Archäologie in der Silvretta, 67–76. Zürich: Universität Zürich. 2010.
- H. Pallmann, A. Hasler, A. Schmuziger – Beitrag zur Kenntnis der alpinen Eisen- und Humuspodsole. Bodenkunde u. Pflanzenernährung 9 / 10: 94–122. 1938.
- A. Röpke – Der Wandel von der Natur- zur Kulturlandschaft im Hochtal von St. Antönien (Schweiz). Frankfurter Archäologische Schriften 15. Bonn: Dr. Rudolf Habelt. 2011.
- A. Röpke, A. Stobbe, K. Oeggel, A. J. Kalis, W. Tinner – Late-Holocene land-use history and environmental changes at the high altitudes of St Antönien (Switzerland, Northern Alps): Combined evidence from pollen, soil and tree-ring analyses. The Holocene 21: 485–498. 2011.
- K. Stahr, E. Kandler, L. Herrmann, T. Streck – Bodenkunde und Standortlehre. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. 2008.
- H. Veit – Die Alpen – Geoökologie und Landschaftsentwicklung. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. 2002.

Dank

Herzlichen Dank an PD Dr. Carola Küfmann und Dr. Astrid Röpke für wertvolle Diskussionen über alpine Böden.