

Geologische Karte des Quartärs im Prättigau (Graubünden, Schweiz)

Peter Zwahlen, Sargans

1 Einleitung

Anlässlich der Fachtagung der Schweizerischen Kommission für Quartärforschung SKQ «Mensch – Umwelt – Klima, Perspektiven der Quartärforschung in der Schweiz» vom 27. Oktober 2007 wurde die Geologische Karte des Quartärs im Prättigau (ZWAHLEN 2004b) vorgestellt, welche 1997-2004 im Auftrag der Landesgeologie der swisstopo erstellt wurde. Dieser Beitrag möchte die bei der Landesgeologie als Entwurf vorliegenden Originalkartierungen 1:12'500 einem breiteren Publikum bekannt machen. Anlass ist, dass verschiedene Ämter des Kantons Graubünden und in der Ostschweiz ansässige Geologenbüros die Kartenentwürfe bereits nutzen (Naturgefahren, Wasserbau, Tiefbau, Wasser- und Bodennutzung). Ferner wird die vorgesehene Aufarbeitung zu Blättern des Geologischen Atlas und deren Publikation noch Jahre in Anspruch nehmen. Damit bleiben auch die in den Erläuterungen (ZWAHLEN 2004a) beschriebenen Neuerkenntnisse über die spätglazialen und holozänen Prozesse im Prättigau mittelfristig unzugänglich.

Aus ZWAHLEN (2004a) wurde die Thematik ^{14}C -Alterskorrelationen von fossilen Holzfunden hervorgehoben. Die neuen, nur teilweise publizierten Altersdaten weisen in den Alpentälern Alpenrhein – Prättigau auf eine äusserst dynamische Klimageschichte hin, welche nun mit mehreren spätglazialen Wiedervorstössen in der «Jüngeren Dryas» und anschliessenden grossen Massenbewegungen im «Präboreal» dem Übergang vom späten Pleistozän in das Holozän zugeordnet werden kann.

1.1 Methodik zu den Untersuchungen im Quartär

Im Kapitel 1.1 der Erläuterungen (ZWAHLEN 2004a) ist die angewandte Arbeitsmethodik beschrieben. Die wichtigsten stratigraphischen Kriterien, welche zur Charakterisierung der kartierten Glazialstadien und deren Stratotypen verwendet wurden, sind: Leitgesteine zur lithostratigraphischen Charakterisierung der Schotterkörper, Abzählbarkeit in der vertikalen und lateralen Abfolge der Stadien, Definition der Stadien im Sinne einer stratigraphischen Formation anhand von talquerenden Endmoränen und die Charakterisierung einzelner Stadien durch typische morphologische Ausprägungen und Abfolgen von Staffeln (substadiale Morphologien). Folgende glazigene Sedimenttypen lassen sich sowohl im Aufschluss als auch in den Sondierbohrungen zweifelsfrei unterscheiden:

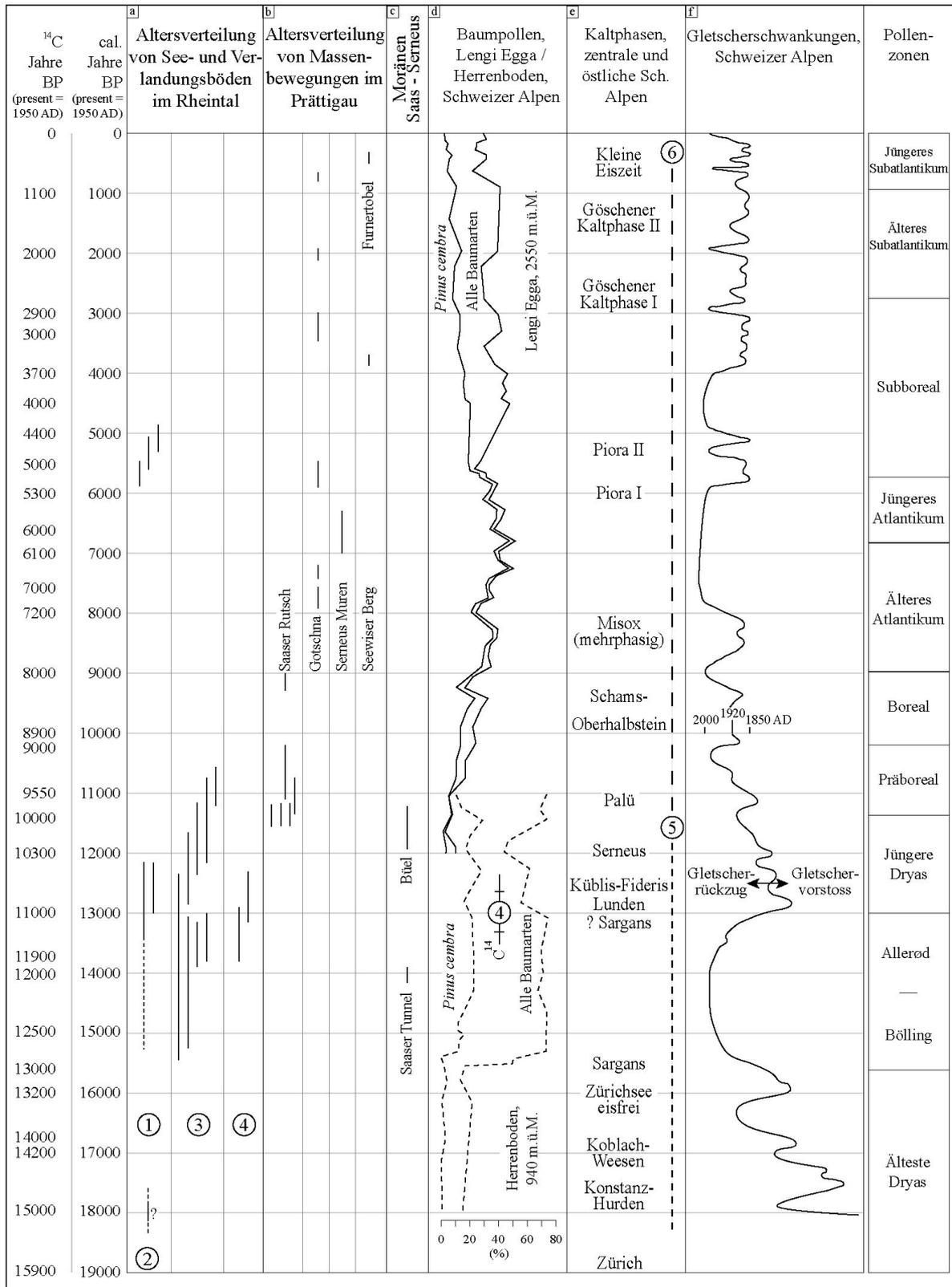
- Grundmoräne: Sehr dicht gelagerter Kies und Sand in einer feinkörnigen z.T. tonig siltigen Matrix; die Grundmoräne lässt sich geotechnisch nach der VEREINIGUNG SCHWEIZER STRASSENFACHLEUTE VSS (1997) als GC-GM-, SC-SM- bis CL-ML-Materialien klassifizieren. Die Grobkomponenten (Kies und Steine nach VSS 1997) sind immer angerundet, oft geritzt und bestehen je nach Einzugsgebiet aus Sandkalk der Flysche, Sulzfluh-Kalk, Serpentin der Arosler-Zone und/oder Gneis und Amphibolit der Silvretta-Decke. In steil anerodierten Bachböschungen erscheint die Grundmoräne wie Molassenangelfluh. Eine Grundmoräne kann nur dann einzelnen Stadien zugeordnet werden, wenn im Aufschluss (Tobelanrisse, Kiesgruben, Sondierbohrungen) die stratigraphischen Abfolgen mit Obermoränen oder Schottern (siehe unten) gegeben sind.
- Obermoräne: Mitteldicht bis dicht gelagerter, leicht bis mässig siltiger Kiessand mit variablem Blockgehalt; Klassifikation nach VSS (1997): GP-GM, GC-GM, untergeordnet SW-SM. Morphologisch liegen Obermoränen in Wällen oder flachen Rücken als Seiten- oder Endmoränen vor. Die Blöcke (Findlinge, Geissberger) können zu Blockfeldern oder -zeilen angereichert sein. Letztere begleiten oder ersetzen oft die stadialen Moränenwälle.
- Randglazialer Schotter: Der fluviatile Sedimenttransport der sauberen bis mässig siltigen Schotter (GW, SW-SM, SM) ist durch Sandlagen und Schrägschichtung innerhalb der Kiesbänke augenfällig. Die Schotter sind morphologisch meist in Talterrassen akkumuliert, welche der Lage eines örtlichen Stadiums entsprechen.

Die jüngeren Quartärbildungen wie Bergsturz- und Rutschmassen, Seeablagerungen und Moorbildungen sowie rezente Murgänge und Hangschuttfelder können in ihrer Superposition gegenseitig und zu den Moränen in stratigraphische Beziehung gebracht werden. Die Quartärformationen werden damit nach lithostratigraphischen Kriterien definiert und in eine relative Altersabfolge gestellt.

1.2 ^{14}C -Datierungen an fossilen Holzfunden

Seit den 1970er Jahren wurden innerhalb des kartierten Gebietes umfangreiche Sondierkampagnen zu grundbaulichen Projekten unternommen. Die Sondierresultate sind meist nicht publiziert, wurden aber dem Autor von den kantonalen Ämtern (Bauherrschaft) und beauftragten Geologenbüros dankenswerterweise zur Verfügung gestellt:

- Erkundung der Grundwasservorkommen in den Flusstälern des Rheins und der Landquart durch



Tab. 1: Korrelation von Altersskalen, Probenalter, Klimadaten, Glazialstadien und Quartärstufen
 Correlation of chronology, specimen dates, climatic data, glacial stages and stratigraphic system of the Quaternary
 Corrélation entre échelles chronologiques, datations d'échantillons, données climatologiques, stades glaciaires et divisions stratigraphiques du Quaternaire

den Kanton Graubünden (Amt für Umwelt, Chur). In den Talböden wurden insbesondere die Tiefbohrungen ausgewertet, die z.T. die Felssohle erreichten (AMT FÜR UMWELT GRAUBÜNDEN 1970-1990; BÜRO FÜR TECHNISCHE GEOLOGIE CHUR, DR. T. LARDELLI 1970-1990; EBERLE 1987; WEBER et al. 1978).

- Projektierung der A28 Prättigauerstrasse durch das Tiefbauamt Graubünden sowie der Bau von Teilabschnitten (Tunnel Umfahrung Saas, Sunnibergbrücke: Baubegleitung Büro Dr. M. Kobel + Partner Sargans bzw. Büro für Technische Geologie Chur, Dr. T. Lardelli). Für verschiedene Teilprojekte wurden die risikoreichen Rutsch- und Rüfengebiete untersucht. Aufgrund der Aufnahmen von Sondierbohrungen, der Vermessung von Bohrlochinklinometern und geodätischen Terrainpunkten sind die Rutschmechanismen innerhalb der Grossrutschgebiete von Saas, Conters und Gotschna bekannt (LARDELLI 1988-1996).

Verschiedene Sondierbohrungen zu den genannten Projekten enthielten fossiles Holz unter Rutsch- bzw. Bergsturzmassen. Weitere Funde wurden bei Kartierarbeiten in Rutsch- und Rüfenschuttmassen gemacht. Die in DAPPLES et al. (2003) publizierten ^{14}C -Datierungen grenzen die Alter der Hanginstabilitäten im Prättigau ein.

Im Sommer 2007 konnte erstmals eine Moräne direkt datiert werden, indem während des Vortriebes des Sicherheitsstollens zum Saaser Tunnel innerhalb der Grundmoräne zwei fossile Stammstücke geborgen wurden. Das grössere Stück, ein Wurzelstock mit ca. 1 m langem Stamm (*Pinus silvestris*, bestimmt durch Archäologischen Dienst Graubünden) von 30 cm Durchmesser wurde vom Bündner Naturmuseum übernommen und wird gegenwärtig dendrochronologisch untersucht sowie nach dem ^{14}C -Alter analysiert (vgl. Kap. 3.2). Die für Altersbestimmungen erforder-

liche Präparation, die Aufbereitung und Datierung des Probenmaterials erfolgten in den Jahren 1986 bis 2007 im Radiocarbonlabor des Physikalischen Institutes der Universität Bern.

1.3 Verwendete Glazialstufen, Quartärzonierung und Altersskala

Im Text und in der Tabelle 1 wird die Quartärzonierung nach HANTKE (1978 und 1991) sowie BURGA & PERRET (1998) verwendet (Spalte rechts). Die gemessenen ^{14}C -Alter des Zeitintervalls 15'000 bis 0 BP wurden konsequent kalibriert.

Dabei bedeuten:

- ^{14}C BP: Gemessenes Alter in Jahren vor 1950 AD aufgrund des Zerfalls des in organischem Material natürlich eingelagerten instabilen Isotops ^{14}C .
- AD: Anno Domini bzw. Jahr nach Christi Geburt; 1950 AD = 0 BP.
- cal. J. BP: ^{14}C -Alter kalibriert an den Altersskalen der Dendrochronologie nach STUIVER et al. (1998). Die Alter cal. J. BP sind in der Auflösung der Tabelle stets höher als die gemessenen Werte ^{14}C , die Korrelation ist nicht linear (Tab. 1, linke Spalten).

Im Text werden bis in die Älteste Dryas (15'000 ^{14}C BP, entsprechen ca. 18'000 cal. J. BP) die kalibrierten Alter verwendet, die Alter aus der Literatur wurden konsequent angepasst. In Tab. 1 (konfiguriert nach DAPPLES et al. 2003) sind die beiden Skalen einander gegenüber gestellt, wobei die kalibrierte Skala linear angenommen wurde. Mit dem Stadal der Ältesten Dryas nimmt die Unsicherheit der Kalibrierung stark zu (Tab. 1, linke Spalten).

2 Geologische Quartärkarte

An der Fachtagung 2007 in Bern wurde das Blatt Saas 1:12'500 (linker unterer Quadrant zum Blatt Serneus

Legende zu Tabelle 1:

[a] Seesedimente und Verlandungsböden im Rheintal :

① : Sarelli - Bad Ragaz, HANTKE 1980

② : Sarelli, WEBER 1978

③ : St. Galler Rheintal, Montlingen-Diepoldsau, EBERLE 1987

④ : Herrenboden (Bad Ragaz), JORDI 1986, BURGA 1986

[b] Verteilung von Massenbewegungen im Prättigau (DAPPLES et al. 2003)

[c] Moränen Saas-Serneus direkt datiert: Büel: Serneuser Stadal (DAPPLES et al. 2003)

Saaser Tunnel: Grundmoräne Stadien Küblis-Fideris oder älter

[d] Baumpollenprofile in Lengi Egga, VS (TINNER & AMMANN 2001), Herrenboden, Bad Ragaz, SG (BURGA 1986)

[e] Kaltphasen in den zentralen und östlichen Schweizer Alpen: ⑤ : Neuinterpretation

⑥ : BURGA & PERRET 1998, MAISCH et al. 2000

[f] Gletscherschwankungen in den Schweizer Alpen (BURGA & PERRET 1998, MAISCH et al. 2000)

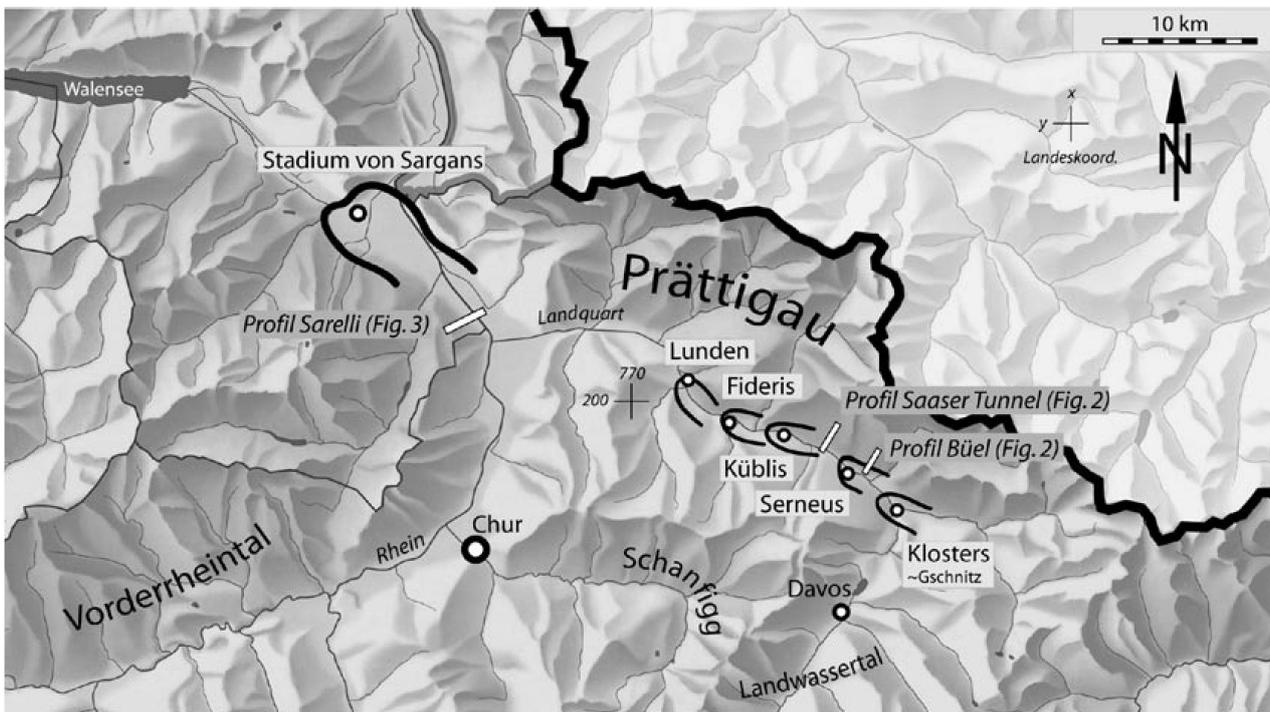


Fig. 1: Übersicht der kartierten Gebiete und der diskutierten Glazialstadien

Overview of presented areas and glacial stages

Vue synoptique de la région cartographiée et des stades glaciaires discutés

Kartengrundlage: ATLAS DER SCHWEIZ 2.0; Kartographie: M. MAISCH

1:25'000) als Beispiel des Originalentwurfs vorgestellt. Die Landesgeologie hat die handgezeichneten Entwürfe übernommen und als Pixelkarten digitalisiert. In dieser Form können die Karten (Landeskarte der Schweiz 1:25'000, Blätter Schesaplana, Sulzfluh, Schiers, Serneus, Arosa, Davos, jeweils die Einzugsgebiete Prättigau bzw. Bündner Herrschaft, vgl. Übersicht Fig. 1) auf Anfrage bei der Landesgeologie eingesehen oder kopiert werden.

Die folgenden glazigenen Formationen (Glazialstadien entsprechen den Stadien im lithostratigraphischen Sinn, vgl. Kapitel 1.1) sind in der Quartärkarte farblich abgegrenzt und in den Erläuterungen (ZWAHLEN 2004a) ausführlicher charakterisiert. Letztere enthalten in Tab. 1 ein Talprofil zwischen Sargans und Klosters-Selfranga, welches den Höhenverlauf der Stadien in den Talflanken und der Felssohle im Talboden darstellt.

2.1 Hinweise auf Eem-Interglazial und Würm-Interstadiale

Hinweise auf das Eem-Interglazial, Frühwürm-Stände und das Gossau-Interstadial (Intra-Würm, vgl. BURGA 2006) liefern die Faunenfunde und Sedimentanalysen

aus den Sulzfluhhöhlen (Blatt Sulzfluh). MÜLLER & STECHER (1996) und RABEDER (1991) ordnen die Schädelknochen von Höhlenbären bzw. das Evolutionsniveau der Prämolaren dem Zeitraum Eem-Interglazial bis Frühwürm zu (120'000-80'000 ¹⁴C BP).

2.2 Hochwürm, ausseralpine Maximalstände und Rückzugsstände

Die höchsten Würmstände werden durch die Obergrenzen von geschliffenem Fels in rund 2'500 m ü.M. markiert, welche besonders deutlich in den Gneisen der Silvretta-Decke verfolgbar sind, die das Talbecken von Klosters umgrenzt (Blätter Serneus und Davos). Vereinzelt können kristalline Erratiker oder kurze Moränenzüge (meist Flachmoränen) wenig unterhalb der regionalen Schliftgrenze beobachtet werden, oft begleitet von einzelnen hinterstauten Seen oder Mooren.

In diesen Hochlagen ist es möglich, dass noch Relikte älterer Kaltzeiten erhalten geblieben sind, so etwa in den Blockfeldern im Karkessel Gruoben innerhalb des Sulzfluh-Kalkes in 2100 m ü.M. (Blatt Sulzfluh). Hier lagern Serpentin- und Kristallinblöcke, deren Einzugsgebiet, die Arosener Zone und die Silvretta-

Decke, heute weit jenseits der aktiven Wasserscheide im Montafon liegen. Ein entsprechendes Phänomen stellen die Bachschotter innerhalb der Sulzfluhhöhlen dar, deren Geröllspektrum ebenfalls auf ein Einzugsgebiet aus den hochpenninischen und ostalpinen Decken weisen (ZWAHLEN 2004a).

Stadium Stein am Rhein – Zürich. Der Stand zeichnet sich aus durch langgezogene, markante aber nicht allzu mächtige (max. 10 bis 15 m) Wälle, die stellenweise Mooregebiete oder Seen hinterstauen. Das Stadium wird als prä Älteste Dryas eingestuft (SCHLÜCHTER & RÖTHLISBERGER 1995: >19'000 ¹⁴C BP).

Stadium Konstanz – Hurden. Der Stand ist durch kurze Wallabschnitte charakterisiert, die lokal begleitet sind von ausgedehnten Blockfeldern und -zeilen. Die Lineamente sind meist in Zweier- bis Dreierstufen übereinander angeordnet und streuen über ca. 100 Höhenmeter.

KELLER (1988) stellt das Stadium mit ca. 15'000 ¹⁴C BP (KELLER & KRAYSS 2008: 18'000 cal. J. BP) an die Basis der Ältesten Dryas. Diese Schätzung ist ca. 1500 Jahre älter als die Datierungen aus den Sedimentanalysen von STRASSER & ANSELMETTI (2008), wonach das Zürichseebecken zwischen 17'000 und 16'000 cal. J. BP eisfrei wurde bzw. das Stadium von Hurden auf ca. 16'200 cal. J. BP geschätzt wird.

2.3 Erster inneralpiner Eiskollaps

Darunter wird nach SCHLÜCHTER & RÖTHLISBERGER (1995) die vollständige Freigabe der Seebecken am Alpenrand bzw. die Rückzüge in die inneralpinen Haupttäler der Linth und des Alpenrheins verstanden. Für die in Tab. 1 vertretene Phasenabfolge (Spalte e) wesentlich ist die Feststellung, dass die ausseralpinen Seebecken erst im Verlauf der Ältesten Dryas eisfrei wurden und dass sich die Eisfronten gegen Ende der Pollenzone auf inneralpine Stadien zwischen Koblach – Weesen und Sargans zurückgezogen hatten.

Stadium Koblach – Weesen (Bühl). Der Stand weist kurze Wallabschnitte typischerweise als Zweierstufen auf, welche von ausgedehnten Blockfeldern und -zeilen begleitet werden. Im Prättigau tritt der Stand zwischen den dominierenden Stadien von Konstanz und Sargans etwas zurück.

KELLER (1988) bzw. KELLER & KRAYSS (2008) schätzen das Alter des Stadiums Koblach (= Weissbad = Bühl) mit ca. 14'500 ¹⁴C BP (17'300 cal. J. BP) ein, womit für die Abschmelzphase des «Konstanz-Koblach-Interstadials» ein Zeitintervall von nur etwa 500 Jahren zur Verfügung steht. Geeicht an STRASSER & ANSELMETTI (2008) ist der «erste inneralpine Eiskollaps» mit den Wiedervorstössen und Rückzugsstufen von Koblach

und Feldkirch (KELLER 1988; KELLER & KRAYSS 2008) gegen Ende der Ältesten Dryas zu einem vorläufigen Stillstand gekommen.

Stadium bzw. Stand von Sargans (Altersdiskussion siehe Kap. 3, Lage siehe Fig. 1). Im Gegensatz zum Koblach-Stadium ist der Sarganser-Stand kein echtes Stadium, da die Vorstossformen fehlen. Der Stand zeichnet sich vielmehr aus durch drei deutlich gestaffelte Moränen- bzw. Schotterterrassen, welche auf langzeitige Stillstände und Abschmelzphasen hindeuten (JORDI 1986). Die stirnnahen Terrassen lassen sich rings um das Sarganser-Becken verfolgen; entsprechende Schotter tauchen bei Mels unter den heutigen Alluvialboden.

Entsprechend markant sind die dreifach gestaffelten, oft über mehrere Kilometer verfolgbaren Schotterterrassen und Seitenmoränen in der Bündner Herrschaft und im Prättigau entwickelt. Sie stellen ein leicht verfolgbares Korrelationsniveau dar. Die Wälle sind besonders bei den Konfluenzen der grossen Seitentalgletscher von Furna, Taschinas (beide bei Grüşch) und Schrau (Schiers, alle Blatt Schiers) hinterstaut mit Schotterterrassen und See- und Moorbildungen (KOBLE 1994; KELLER & KRAYSS 2008). Beim Sarganser-Stand vereinigte sich der Landquart-Gletscher zum letzten Mal auf etwa 750 m ü.M. durch die enge Chlus mit dem Rheingletscher (JORDI 1986; KOBLE 1994).

2.4 Zweiter inneralpiner Eiskollaps (Altersdiskussion siehe Kap. 3)

Darunter werden die Rückzüge in inneralpine Seitentäler bzw. die Abkopplung einzelner Talzubringer von den grossen alpinen Talbecken verstanden. Möglicherweise stellen diese Stadien Wiedervorstösse aus Zungenlagen dar, die der heutigen Situation nahe kommen. In Kap. 3 werden Evidenzen vorgestellt, die belegen, dass im spätglazialen Interstadial Bölling – Allerød (siehe Tab. 1) die Seitentäler bis in Lagen über Klosters hinauf dicht bewaldet waren.

Die Korrelationen der Rückzugsstadien im Prättigau von KOBLE (1994) mit den klassischen Stratotypen am Brenner (PENCK & BRÜCKNER 1909) stimmen lokal nicht mit denjenigen von KELLER & KRAYSS (2008) überein. Für die grobmasstäbliche Altersdiskussion in Kap. 3 sind diese Details jedoch nicht entscheidend.

Stadium Lunden (Lage siehe Fig. 1). Die stirnnahen Endmoränen bei Hinterlunden (SE Schiers, Zunge ca. 700 m ü.M.) wurden durch den Schuttfächer aus dem Buchner Tobel eingeschottert. Die entsprechenden Wälle und Schotterterrassen zeichnen sich erst im steilen Seitenaufschwung auf 1250 m ü.M. deutlich ab (KELLER & KRAYSS 2008; KOBLE 1994) und bilden

dann in den Talflanken des Mittel- und Oberprättigaus ein gut verfolgbares Stadium.

Stadium Fideris (Lage siehe Fig. 1). Das Stadium zeichnet sich v.a. durch seine Blockzeilen und -felder z.B. südlich von Fideris (Strahlegg) aus. Die stirnnahen Moränen (Fideris Au, 750 m ü.M.) bzw. das Zungenbecken im Grossfeld schütteten den epigenetischen Tallauf ein und verdrängten die Landquart nach Norden, wo diese sich nördlich Strahlegg zur heutigen Schlucht in den Prättigauflusch einschnitt. Das Zungenbecken wurde durch den seitlich einmündenden Arieschgletscher und den Schuttfächer des Arieschtobels weitgehend eingeschottert.

Stadien von Küblis und Serneus (Lage siehe Fig. 1). Diese gelten als Rückzugsstände (Küblis 800 m ü.M.) zwischen den Hauptstadien Fideris und Gschnitz-Klosters (vgl. Kapitel 2.5). Dasjenige von Serneus (950 m ü.M.) zeichnet sich durch eine markante Endmoräne aus. Den zugehörigen Seitenmoränen sind hoch und steil angeböschte Stauschotterterrassen angelagert.

Bezüglich Stellung innerhalb der Abfolge der inneralpinen Glazialstadien können die Stadien von Fideris, Küblis und Serneus den Stadien um Steinach (Alvanu, nach MAISCH 1981) zugeordnet werden, Korrelationen, die offenbar noch umstritten sind. KELLER & KRAYSS (2008) dehnen z.B. das Gschnitz-Stadium über Serneus bis nach Küblis aus.

2.5 Jüngste Rückzugsstadien in den Seitentälern höherer Ordnung

Darunter werden die Rückzüge der Eiszungen in Seitentälern des Prättigaus verstanden. Auch hier gibt es Hinweise, dass einzelne Stadien Wiedervorstösse während frühholozänen Kaltphasen (Jüngere Dryas und/oder Präboreal) aus hochalpinen Zungenlagen darstellen.

Stadium von Gschnitz – Selfranga (Lage siehe Fig. 1). Für die jüngsten eiszeitlichen Stadien im Prättigau wird die in der Quartärliteratur etablierte Nomenklatur aus den Lokaltypen Gschnitz, Daun und Egesen am Brenner angewandt (PENCK & BRÜCKNER 1909).

Die Gschnitz-Moränen bilden markante Stirnwälle, die auch in den Seitentälern weit geschwungene, breite Zungenbecken nachzeichnen. Im Haupttal lag die Gletscherstirn bei Klosters-Platz auf ca. 1200 m ü.M. Gut erhalten sind hier die lang gezogenen Seitenmoränen von Selfranga als Dreierstaffel (MAISCH 1981), während eine mögliche Stirnlage vom Schuttfächer des Talbach weitgehend verschüttet wurde.

Stadium Daun. Die Daun-Moränen zeichnen langgezogene, schmale Zungen ab, häufig als Zweierstaffel von niedrigen Wällen. Die Stirnwälle erreichten in den

Seitentälern bzw. Karmulden meist noch Lagen oberhalb von 1600 m ü.M.

Stadium Egesen – Sardasca (Silvretta). Die Egesen-Wälle, meist aus grobem Blockschutt der Karwände aufgebaut, schliessen typischerweise als Dreierstaffel (Egesen I, II, III) in engen Schlingen oder offenen Bögen die Karmulden oberhalb von 1900 m ü.M. ab.

Kleine Eiszeit, Endmoränen von 1850. Die entsprechenden Endmoränen liegen ausserhalb der bearbeiteten Gebiete in den Hochtälern Schlappin, der Veraina und der Silvretta (MAISCH 1992).

3 ¹⁴C-Datierungen an fossilen Holzfunden

3.1 Alter, Messwerte und Korrelationen

Die Altersdaten und deren stratigraphische Einordnung lassen sich am einfachsten anhand der Tab. 1 erläutern:

Spalten a, b und c: Altersbereich ¹⁴C ± Fehler der gemessenen fossilen Hölzer. Fundort und Stratigraphie siehe Kommentare unten. **Spalte d:** Die Pollensequenz Herrenboden, aus einem durch Seitenmoränen des Koblach-Weesen-Stadiums hinterstauten Moorboden auf 930 m ü.M. westlich von Bad Ragaz gebohrt, ist wichtig für die Korrelation der Stadien Koblach – Weesen und Sargans (vgl. Kap. 2.3). Nach JORDI (1986) folgen über dem Fels unmittelbar siltige Tone (keine Moräne), deren Pollenspektren auf Älteste Dryas weisen (BURGA 1986). Das Originalprofil von BURGA (1986) wurde insofern umgestaltet, als die datierten Torfproben altersgemäss dem Übergang Allerød/Jüngere Dryas zugeordnet sind und die älteren Abschnitte derart gestreckt wurden, dass der Profilknick PZ Ia/Ib an die Grenze Älteste Dryas/Bölling (rasche Erwärmung) zu liegen kommt. Die datierten Proben stammen aus der Basis von Gytjtja-Abfolgen Top PZ II bzw. Top Allerød. **Spalte e:** Kaltphasen zentrale und östliche Schweizer Alpen: Älteste Dryas bis Jüngere Dryas gemäss Kapitel 2.2, 2.3 und 3.2 neu interpretiert, ab Boreal nach BURGA & PERRET (1998) und NATIONALES FORSCHUNGSPROGRAMM NFP (1998). **Spalte f:** Gletscherschwankungen nach BURGA & PERRET (1998), NFP (1998) und MAISCH et al. (2000).

3.2 Stratigraphie der Formationen, die fossiles Holz enthalten (vom Ältesten zum Jüngeren)

Spalte a: Verlandung über den Seesedimenten im Alpenrheintal; Proben (1) und (2): Mit Sarelli ist die Zentrale des Kraftwerkes Sarganserland (Bauprojekt um 1970, geologisch betreut durch E. WEBER) gemeint, welche zwischen Bad Ragaz und Mastrils nahe der linken Felsflanke im Talboden des Sarganser Rheintals liegt. WEBER et al. (1978) liessen offenbar den Holz-

fund (2) datieren, der in tonig siltigen, dicht gelagerten Hinterwasserablagerungen in 26 bis 28 m unter OKT (Oberkante Terrain) erbohrt wurde (siehe Fig. 2). Das Alter geben WEBER et al. (1978) mit 15'000 ¹⁴C BP an. Sie werden später mehrmals zitiert (EBERLE 1978; HANTKE 1980). Dieses Alter steht isoliert da. Weil es keine originalen Datierungsberichte mehr in Archiven gibt, bleibt es bei diesem Zitat, was in Tab. 1 mit (?) versehen wurde.

HANTKE (1980) liess zwei Holzfunde (1) aus dem gleichen Bauprojekt datieren: Die mit 10880 ± 2000 ¹⁴C BP älteren «Pinus-Reste» stammen aus den gleichen Stillwassersedimenten wie (2), während ein in Blockschutt eingelagerter Föhrenstamm aus 20 bis 25 m Tiefe mit 10650 ± 100 ¹⁴C BP datiert wurde (siehe Fig. 2).

Aus Sondierbohrungen bzw. genormten Rammsondierungen ist bekannt, dass alle Seesedimente im Alpenrheintrog von Chur bis mindestens zur Illmündung hinunter sehr dicht vorbelastet (überkonsolidiert) sind. In konstant 20 m unter OKT innerhalb der Rheinschotter liegt ein «alter Bodenhorizont», an dem die Lagerungsdichte diskontinuierlich von sehr dicht in die mitteldicht bis locker gelagerten Rheinschotter und Torf führenden Verlandungssedimente abnimmt (siehe Fig. 2 Profil Sarelli).

Interpretation: Die 12'600 bis 15'000 cal. J. BP (das (?) Alter von 18'000 cal. J. BP der Probe (2) ist paläobotanisch nicht plausibel) alten Pinusreste von Sarelli wurden gegen Ende des Interstadials Bölling-Allerød in die Fluss- und Auensedimente eingelagert. Falls deren Vorbelastung vom Sarganser Stand verursacht wurde, dann hätte sich dieser erst in der Kaltzeit Jüngere Dryas aufgebaut.

Spalte a; Probe (3): Der Altersbereich von EBERLE (1987) ist kompatibel mit demjenigen von HANTKE (1980). EBERLE diskutiert Holzfunde aus Verlandungsböden über den Seesedimenten des Bodensees. Dabei nehmen die Alter von N (Nähe Rheinmündung, min. 11'000 cal. J. BP) über das Becken Montlingen-Oberriet (13'500 cal. J. BP) nach S (Sarganserbecken 13'000 bis (?) max. 15'200 cal. J. BP; HANTKE 1980) zu.

Spalte a; Probe (4): Pollenspektren nach BURGA (1986). Diskussion siehe Spalte d in Kap. 3.1.

Interpretation: In der Ältesten Dryas ist im Sarganser Becken das Stadium Koblach-Weesen noch voll entwickelt gewesen (vgl. Kap. 2.3). Auf eisfreie Talbecken Sargans-Balzers-Triesen während der Warmzeit Bölling-Allerød lassen die Altersangaben von HANTKE (1980), EBERLE (1987) und JORDI (1986) übereinstimmend schliessen. Die Schotter des Sarganser Standes (vgl. Kap. 2.3) können sich demnach frühestens in

der späten Ältesten Dryas aufgebaut haben, gemäss obiger Argumentation sind sie sogar erst als spät Allerød einzustufen. Welcher Epoche die unterlagernden, vorbelasteten, bis 500 m mächtigen Seesedimente im Rheintal entstammen ist nach wie vor unklar; prä Würm oder sogar prä-pleistozäne Alter sind denkbar.

Spalte b: Saaser Rutsch: In den Sondierbohrungen für das Auflageprojekt zum Tunnel Umfahrung Saas wurde während der 1980er Jahre an der Basis der Saaser Rutschmasse eine grosse Menge von Ast- und Stammholz gefunden, z.T. in mehreren Horizonten. Die Fundlage ist in Fig. 3 und die Altersverteilung in Tab. 1 und DAPPLES et al. (2003) dargestellt. Die Altersdaten fallen in einen engen Bereich um 11'000 cal. J. BP.

Interpretation: Der Saaser Rutsch begann um 11'500 cal. J. BP eine voll entwickelte Waldvegetation zu überfahren, welche mindestens bis 1100 m ü.M. hinauf reichte. Dieser Wald entfaltete sich am Übergang Jüngere Dryas/Präboreal und der Beginn der Rutschaktivitäten aus der Karmulde des Saaser Calanda (lokale Stadien Egesen bis Gschnitz in der Quartärkarte ausgeschieden) fällt ins frühe Präboreal, eine Periode, die sich durch starke Klimaschwankungen auszeichnet (vgl. Spalte f, BURGA & PERRET 1998). Die Rutschmasse ist heute noch aktiv, allerdings nur noch in eingeschränktem Umfang (siehe Fig. 3).

Spalte c: Büel: Die randglaziale Terrasse liegt auf 1060 m ü.M. östlich Serneus über den rechtsseitigen Erosionsböschungen der Landquart. Die Terrasse wird dem Stadium Serneus zugeordnet, einem mit Steinach vergleichbaren Rückzugsstadium (vgl. Kap. 2.4). Auf Büel zieht sich ein Blockschuttstrom mit z.T. zimmergrossen Blöcken aus rotem brekziösem Sandstein des «Permo-Skyth» aus der Basis der penninischen Sulzfluh-Decke über ca. einen Kilometer entlang der Terrassenkante hin. Die roten Sandsteine wurden einzeln in Bohrkernen aus der Moränendecke der Terrasse wiedergefunden, zusammen mit Sulzfluh-Kalk und Dolomit. Als Abrisszonen für diese Sandsteine kommen nur die Felsbänder südwestlich von Albeina (Madrissa) auf 1600 bis 1700 m ü.M. in Frage. Mögliche Sturzbahnen münden nicht direkt in die Terrasse Büel. Die Verteilung der Blöcke und chaotisch gelagerten, moränenartigen Schuttmassen auf Büel (Dr. T. Lardelli, mündliche Mitteilung) kann nur derart verstanden werden, dass der Sturz randlich auf den Landquartgletscher niederbrach und durch diesen abwärts verschleppt oder rückgestaut wurde (siehe Fig. 3 und ZWAHLEN 2004a).

Beim Aushub zu Aufbereitungsanlagen beim Widerlager Nord der neuen Sunnibergbrücke fand man Ende der 1990er Jahre in zerscherten Lagen aus Ton und Silt

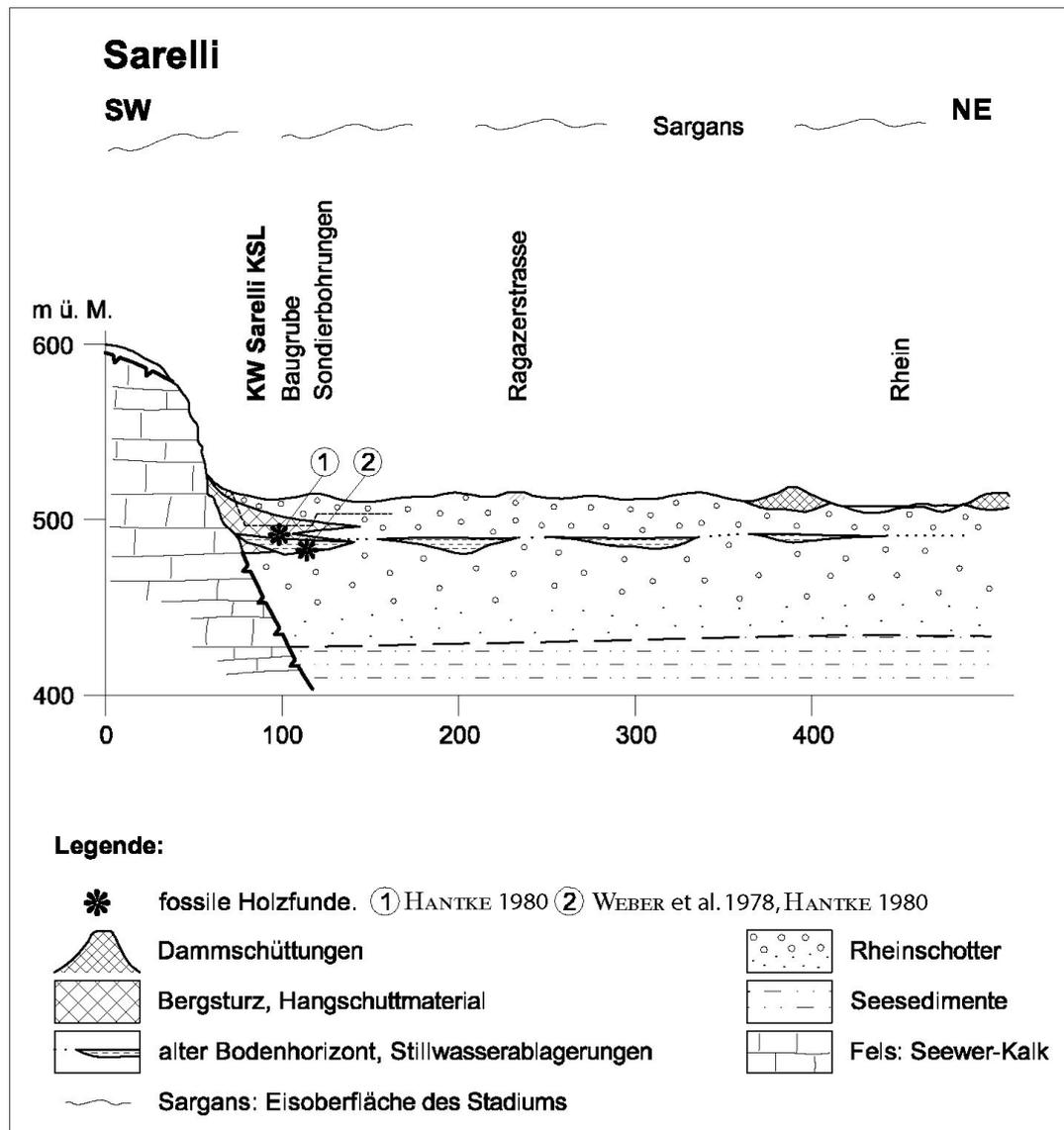


Fig. 2: Geologisches Querprofil: Sarelli (759°800/205°030)

Geological cross-section: Sarelli (759°800/205°030)

Coupe géologique: Sarelli (759°800/205°030)

Graphik: BÜRO DR. MAX KOBEL, Sargans

einen fossilen Baumstamm von 5 m Länge und 0.5 m Durchmesser, der mit $11'430 \pm 130$ cal. J. BP datiert wurde. Stratigraphisch liegt die Fundstelle innerhalb der «chaotischen Moräne» der Terrasse Büel und lateral bergseits zu den Sturzblöcken.

Interpretation: Die Moränterrasse samt Blocksturz und chaotisch umgelagerter Moräne mit dem eingelagerten Holz datiert einen Eisstand zwischen Serneus und Klosters-Gschnitz und stellt diesen an die Wende Jüngere Dryas/Präboreal.

Tunnel Saas: Im Juni 2007 durchbrach der Vortrieb des Sicherheitsstollens in Richtung SE die Felsoberfläche. Bei Tm (Tunnelmeter) 1985 (Koord. 781 700/197 800, 1003 m ü.M.) befand man sich vollständig in einer Grundmoräne (Kap. 1.1), wobei sich nachträglich erwies, dass der 30 m bergseits verlaufende Strassentunnel auf gleicher Höhe noch im Fels (Eggberg-Serie) verlief. Die Grundmoräne liegt dort also eingemuldet randlich zu ausgekolktem Prättigau-Flysch (siehe Fig. 3).

Die Grundmoräne bei Saas wurde in grosser Mäch-

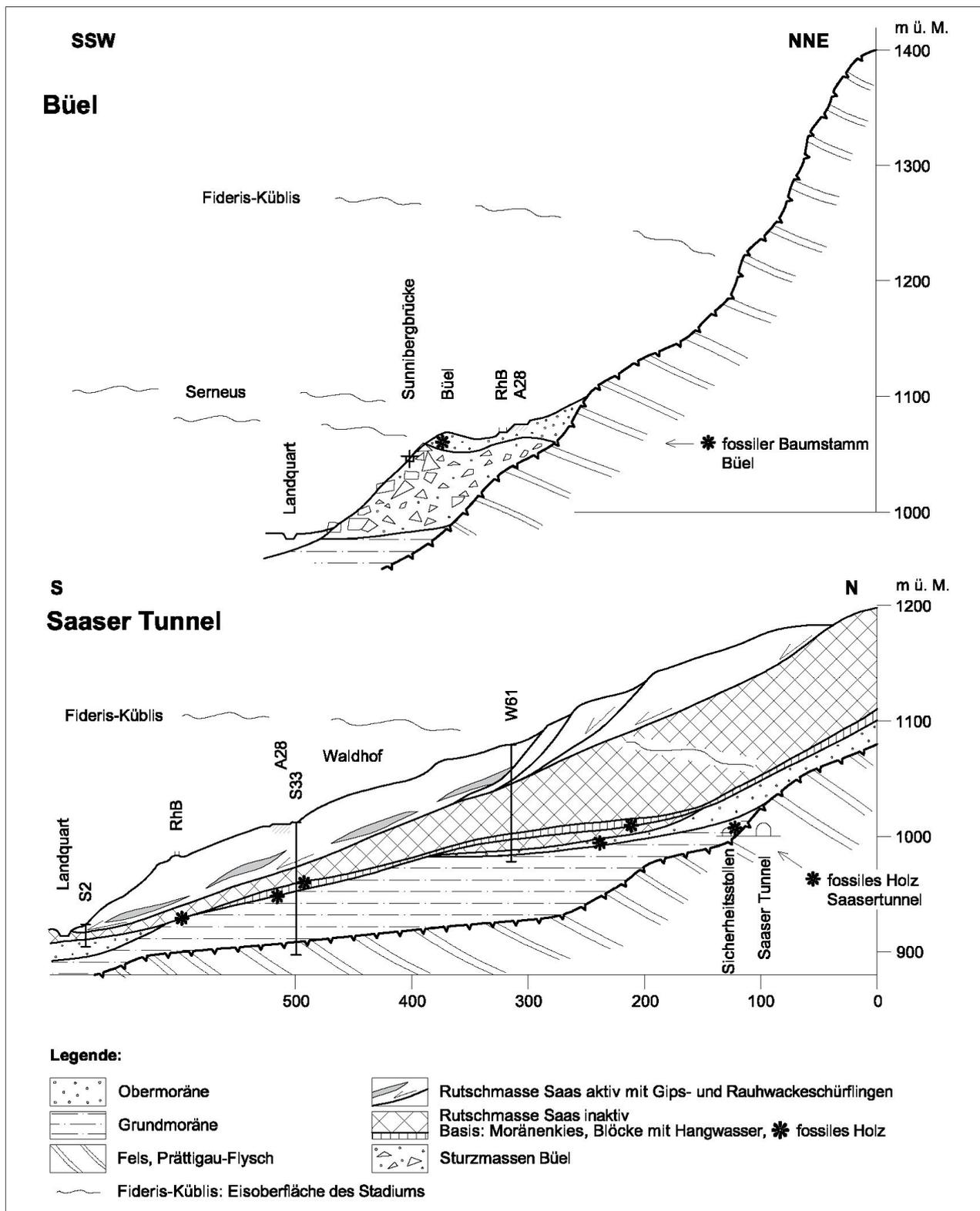


Fig. 3: Geologische Querprofile: Büel (784°150/195°750), Saaser Tunnel (781°700/197°800)

Geological cross-section: Büel (784°150/195°750), Saaser Tunnel (781°700/197°800)

Coupes géologiques: Büel (784°150/195°750), tunnel de Saas (781°700/197°800)

Graphik: BÜRO DR. MAX KOBEL, Sargans

tigkeit in verschiedenen Sondierbohrungen erbohrt. Die stets monoton massig (nicht stratifiziert), sehr dicht gelagerten Massen (durch ein oder mehrere Eisstadien überkonsolidiert) entsprechen dem in Kap. 1.1 beschriebenen Moränentyp mit einem hohen Anteil an poliertem und geschrammtem Geschiebe aus Gneisen der Silvretta-Decke und Serpentin der Arosener Zone, was eindeutig auf den Haupttalgletscher (Landquart) hinweist. Im Tunnel war die Grundmoräne erdfeucht, ohne Sickerwasser, d.h. sehr schlecht durchlässig. Unter den erwähnten Koordinaten liegt die Grundmoräne mindestens 35 m unter der Rutschbasis; eine Störung durch die wesentlich jüngeren Aktivitäten des Saaser Rutsches (frühes Präboreal, vgl. oben) kann ausgeschlossen werden. Aus dieser Grundmoräne konnte ein abgesplittertes Aststück geborgen werden, das ebenso dicht gepackt in der feinkörnigen Matrix lag. Die Holzfasern (*Salix sp.* bestimmt durch Archäologischen Dienst Graubünden) waren fleischfarben rötlich schimmernd und auffallend gut konserviert. Die ¹⁴C-Datierung vom Juli 2007 ergab 13'900-14'150 cal. J. BP. Im Sondierstollen hat die Bauleitung ebenfalls aus der Grundmoräne nahe der Felsoberfläche ein Stammstück mit Wurzelstock einer *Pinus silvestris* geborgen, dessen Datierung noch aussteht (vgl. Kap. 1.2).

Interpretation: Die Grundmoräne bei Saas, welche gemäss Abfolge im Talverlauf den Stadien Fideris-Küblis oder gar Lunden zugeordnet werden kann (sicher älter als Serneus), enthält 14'000 Jahre (cal. J. BP) altes Föhren- und Weidenholz, das während der Warmzeit Allerød gewachsen ist. Die Stadien Küblis-Fideris, vermutlich auch Lunden, d.h. alle inneralpinen Stadien gemäss Kap. 2.4, sind damit post Allerød einzuordnen.

4 Generelle Folgerungen

Eine Interpretation der in Tab. 1 zusammengefassten Daten und der in Kap. 3 diskutierten Quartärstratigraphie steht und fällt unter der Annahme, dass folgende Voraussetzungen richtig seien:

- Die ¹⁴C-Datierungen seien innerhalb der angegebenen Fehlergrenzen zuverlässig.
- Die Korrelation der Gletscherschwankungen (Kurve in Spalte f nach BURGA & PERRET 1998 und NFP 1998) und der Quartärstufen bzw. Pollenzonen (Spalte rechts) mit der ¹⁴C-Alterskala sei einigermaßen gesichert.
- Die stratigraphische Ansprache der Quartärformationen, in denen fossiles Holz gefunden wurde, und deren stadiale Einordnung seien realistisch.

Im Prättigau müssen die Stadien ab Fideris-Küblis (Lunden nicht ausgeschlossen) und jünger post Allerød angesetzt werden. Im Sarganser Becken kann

der Sarganser Stand als späteste Älteste Dryas, post Allerød nicht ausgeschlossen, eingestuft werden. Es ist anzunehmen, dass die Alpentäler in der Warmzeit Allerød bis in die Hochlagen wie heute eisfrei waren. Sicher sind im Allerød, mindestens im Becken von Klosters, Bäume gewachsen. Aus diesen Interpretationen muss eine extreme Klimadynamik (Stadiale Wiedervorstösse nach Sargans (fraglich), Lunden (? Steinach), Fideris, Serneus, Klosters-Gschnitz) im Zeitabschnitt Jüngere Dryas bis Präboreal gefolgert werden. Dies stimmt mit den Kurven der atmosphärischen Methankonzentrationen und der relativen $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte nach SCHWANDER (1995) überein; Klimaindikatoren, die darauf hinweisen, dass besonders die Quartärstufe Jüngere Dryas (12'700-11'550 cal. J. BP) klimatisch in kaltzeitliche Zustände zurückfiel.

Nach den Datierungen ist es demnach plausibel, alle Stadiale innerhalb des Prättigaus ab Lunden bis ins Becken von Klosters (Gschnitz) in die über 1200 Jahre anhaltende Kaltzeit Jüngere Dryas bzw. als post Bölling-Allerød einzustufen (vgl. Tab. 1, Spalte e).

Dies steht im Widerspruch zu den Zuordnungen in die Älteste Dryas, wie sie etwa MAISCH (1995) und NFP (1998) darstellen. Die vorliegende Rückzugsdynamik lässt sich jedoch gut an die Altersabfolgen anschliessen, die gemäss STRASSER & ANSELMETTI (2008) und KELLER (1988) aus den Becken der Voralpenseen ableitbar sind.

Wesentlich an der vorliegenden Interpretation ist die Erkenntnis, dass die Bedeutung der ersten holozänen Warmzeit – dem über 2000 Jahren andauernden Interstadial Bölling-Allerød der Klimageschichte Mitteleuropas – in der Quartär- und Klimaforschung stärker gewichtet werden sollte. Es macht den Anschein, als ob die Alpen zu dieser Zeit weitgehend eisfrei und bis weit in die Hochtäler hinauf bewaldet waren, nach dem Höhenzeit-Diagramm in BURGA & PERRET (1998: 666) mit einer Waldgrenze bei ca. 1600 m ü.M. Damit müssten unter Umständen die Korrelationen der gemessenen Expositionsalter mit bestimmten Glazialstadien (z.B. IVY-OCHS et al. 2006; MAISCH et al. 2005) neu interpretiert werden.

Die Widersprüche werfen folgende Fragen auf, die interdisziplinär zu klären wären:

- Sind die Stadiale in unterschiedlich orientierten Gebirgstälern mit Einzugsgebieten unterschiedlicher Grösse und Höhenlage heterochron?
- Sind die Mineralexpositionen an Felsoberflächen während der Warmzeit Bölling-Allerød in den Klimamodellen gebührend berücksichtigt?
- Entsprechen ¹⁴C-Datierungen älteren Datums (z.B. vor 1980) noch dem heutigen Standard bzw. müssten kritische Fundpunkte neu überprüft werden?

- Zurzeit werden die ¹⁴C-Alter an Datierungen zusätzlicher fossiler Hölzer (Saaser Tunnel, Sarganser Becken) z.T. mittels unterschiedlicher Labormethoden getestet.

Literatur

AMT FÜR UMWELT GRAUBÜNDEN (1970-1990): Unpublizierte interne Berichte. – Chur.

BÜRO FÜR TECHNISCHE GEOLOGIE CHUR, DR. T. LARDELLI (1970-1990): Unpublizierte interne Berichte.

BURGA, C.A. (1986): Pollenanalyse Moorprofil Herrenboden bei Bad Ragaz sowie Pollendiagramm im Anhang. – In: JORDI, U.: Glazialmorphologische und gletscherkundliche Untersuchungen im Taminatal und im Rheintalabschnitt zwischen Flims und Feldkirch (Ostschweiz/Vorarlberg). – = Geographica Bernensia G27: 45-47.

BURGA, C.A. (2006): Zum Mittelwürm des Zürcher Oberlandes am Beispiel des Schieferkohle-Profiles von Gossau (Kanton Zürich). – In: Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 151, 4: 91-100.

BURGA, C.A. & R. PERRET (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. – Thun: Ott Verlag.

DAPPLES, F., OSWALD, D., RAETZO, H., LARDELLI, T. & P. ZWAHLEN (2003): New records of Holocene landslide activity in the Western and Eastern Swiss Alps. – In: *Eclogae geologicae Helvetiae* 96, 1: 1-9.

EBERLE, M. (1987): Zur Lockergesteinsfüllung des St. Galler und Liechtensteiner Rheintales. – In: *Eclogae geologicae Helvetiae* 80, 1: 193-206.

HANTKE, R. (1978): Eiszeitalter, Bd. 1. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Thun: Ott Verlag.

HANTKE, R. (1980): Der spätwürmzeitliche Landquart-Gletscher. – In: HANTKE, R.: Eiszeitalter, Bd. 2. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Thun: Ott Verlag: 222-227.

HANTKE, R. (1991): Landschaftsgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Thun: Ott Verlag.

IVY-OCHS, S., KERSCHNER, H., KUBIK, P.W. & C. SCHLÜCHTER (2006): Glacier response in the European Alps to Heinrich event 1 cooling: the Gschnitz stadial. – In: *Journal of Quaternary Science* 21, 2: 115-130.

JORDI, U. (1986): Glazialmorphologische und gletscherkundliche Untersuchungen im Taminatal und im Rheintalabschnitt zwischen Flims und Feldkirch (Ostschweiz/Vorarlberg). – = Geographica Bernensia G27.

KELLER, O. (1988): Ältere spätwürmzeitliche Gletschervorstöße und Zerfall des Eisstromnetzes in den nördlichen Rhein-Alpen (Weissbad-Stadium/Bühl-Stadium). – = *Physische Geographie* 27, Zürich: Geographisches Institut der Universität Zürich.

KELLER, O. & E. KRAYSS (2008): Zur letzteiszeitlichen Vergletscherung im Prättigau. – In: Berichte der St.

Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft 91: 55-75.

KOBLER, E. (1994): Die späteiszeitlichen Gletscherstände im Prättigau. – In: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 107: 45-128.

LARDELLI, T. (1988-1996): Unpublizierte interne Berichte. – Büro für Technische Geologie Chur.

MAISCH, M. (1981): Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Gebiet zwischen Landwasser- und Albulatal (Graubünden Schweiz). – = *Physische Geographie* 3, Zürich: Geographisches Institut der Universität Zürich.

MAISCH, M. (1992): Die Gletscher Graubündens. – Zürich: Geographisches Institut der Universität Zürich.

MAISCH, M. (1995): Gletscherschwundphasen im Zeitraum des ausgehenden Spätglazials (Egesen-Stadium) und seit dem Hochstand von 1850 sowie Prognosen zum künftigen Eisrückgang in den Alpen. – In: SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN - SANW (Hrsg.): Gletscher im ständigen Wandel. Jubiläums-Symposium der Schweizerischen Gletscherkommission 1993 Verbier (VS) «100 Jahre Gletscherkommission – 100'000 Jahre Gletschergeschichte». – = Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften 6, Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 81-100.

MAISCH, M., BRANDOVA, D., IVY-OCHS, S. & P.W. KUBIK (2005): Exposure dating on moraines of the Morteratsch glacier (Bernina region, Upper Engadine, GR). – In: Proceedings of the 3rd Swiss Geoscience Meeting, Zürich, 18. Nov. 2005: 181-182.

MAISCH, M., WIPF, A., DENNELER, B., BATTAGLIA, J. & C. BENZ (2000): Die Gletscher der Schweizer Alpen. – 2. Auflage, Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

MÜLLER, P. & R. STECHER (1996): Der Höhlenbär in den Alpen. – Chur: Verlag Bündner Monatsblatt/Desertina AG.

NATIONALES FORSCHUNGSPROGRAMM (NFP) 31 «Klimaänderungen und Naturkatastrophen» (1998): Glaziologische Karte Julier-Bernina (Oberengadin). – Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

PENCK, A. & E. BRÜCKNER (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. – Leipzig: Tauchnitz.

RABEDER, G. (1991): Die Höhlenbären der Conturines. – Bozen: Verlagsanstalt Artesia.

SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN - SANW (Hrsg.) (1995): Gletscher im ständigen Wandel. Jubiläums-Symposium der Schweizerischen Gletscherkommission 1993 Verbier (VS) «100 Jahre Gletscherkommission – 100'000 Jahre Gletschergeschichte». – = Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften 6, Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

SCHLÜCHTER, C. & C. RÖTHLISBERGER (1995): 100 000 Jahre Gletschergeschichte. – In: SCHWEIZERISCHE AKA-

DEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN - SANW (Hrsg.): Gletscher im ständigen Wandel. Jubiläums-Symposium der Schweizerischen Gletscherkommission 1993 Verbier (VS) «100 Jahre Gletscherkommission – 100'000 Jahre Gletschergeschichte». – = Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften 6, Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 47-63.

SCHWANDER, J. (1995): Eisbohrkerne: Eis als Archiv für Klima- und Umweltvorgänge. – In: SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN - SANW (Hrsg.): Gletscher im ständigen Wandel. Jubiläums-Symposium der Schweizerischen Gletscherkommission 1993 Verbier (VS) «100 Jahre Gletscherkommission – 100'000 Jahre Gletschergeschichte». – = Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften 6, Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 65-79.

STRASSER, M. & F.S. ANSELMETTI (2008): Mass-movement event stratigraphy in Lake Zürich: a record of varying seismic and environmental impacts. – In: Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie 95: 43-41.

STUIVER, M., REIMER, P.J. & R. REIMER (1998): CALIB radiocarbon calibration. – HTML version 4.2, execute at Queen's University, www.calib.org.

TINNER, W. & B. AMMANN (2001): Timberline paleoecology in the Alps. – In: PAGES News 9: 9-11.

VEREINIGUNG SCHWEIZER STRASSENFACHLEUTE VSS (1997): Identifikation der Lockergesteine, Klassifikation nach USCS. Schweizer Norm SN 670008a. – Zürich: VSS, November 1997.

WEBER, E., KOBEL, M., BERTSCHINGER, H. & R. LARDELLI (1978): Der Grundwasserstrom des Alpenrheins. – In: Wasser, Energie, Luft 70, 5: 104-106.

ZWAHLEN, P. (2004a): Geologische Karte des Quartärs im Prättigau, Blatt Schiers. – Unpublizierter Text zu den Erläuterungen; swisstopo Bundesamt für Landestopographie, Bereich Landesgeologie, Dezember 2004, revidiert Dezember 2005.

ZWAHLEN, P. (2004b): Geologische Karte des Quartärs im Prättigau, Blätter 1:25'000 Schiers, Serneus, Schesaplana, Sulzfluh und Teile der Blätter Davos und Arosa. – Originale Autorenzeichnung, bei der swisstopo archiviert; swisstopo Bundesamt für Landestopographie, Bereich Landesgeologie.

Zusammenfassung: Geologische Karte des Quartärs im Prättigau (Graubünden, Schweiz)

Die Landesgeologie (Bundesamt für Landestopographie swisstopo) besitzt seit Ende 2004 einen Entwurf einer Quartärkarte 1:12'500 samt Erläuterung, welche die Alpentäler Prättigau und Bündner Herrschaft (Kanton Graubünden, Schweiz) umfasst. Neben den jüngsten, holozänen Lockergesteinsbildungen sind die spätpleistozänen Glazialformationen der Stadien vom

Hochwürm über eine Abfolge von Rückzugsständen bis zu den inneralpinen Wiedervorstössen (Egesen als jüngstes Stadium) dargestellt und stratigraphisch beschrieben. Während der letzten 30 Jahre wurden im Zusammenhang mit Projekten für öffentliche Infrastrukturbauten (Strassen, Tunnels, Grundwassernutzung, Kraftwerke) im Rheintal und Prättigau über 30 fossile Hölzer gefunden, stratigraphisch eingestuft und im ¹⁴C-Labor des Physikalischen Institutes der Universität Bern datiert. Damit konnten inneralpine Rückzugsstadien ab der Ältesten Dryas bis in die Jüngere Dryas, Schotterfluren und Auflandungen in den Talböden (Bölling-Allerød bis Präboreal) und postglaziale Massenbewegungen ab Beginn Präboreal nachgewiesen werden. Die resultierende Altersverteilung weist darauf hin, dass die inneralpinen Glazialstadien des Prättigaus ab Fideris-Küblis (Steinach) und jünger Bildungen des Stadials Jüngere Dryas sind. Dieser Befund geht konform mit der Einstufung des Rückzuges des Eises aus den Voralpenseebecken (Zürichsee und Bodensee) während der Ältesten Dryas, steht jedoch im Widerspruch zu etablierten Ansichten in der Literatur über inneralpine Glazialstadien, welche ebenfalls die Älteste Dryas beanspruchen. Zu diesen Widersprüchen werden offene Fragen gestellt und interdisziplinäre Lösungsansätze formuliert.

Schlüsselwörter: Quartärkarte, Glazialstadien, ¹⁴C-Daten, Spätpleistozän, Frühholozän

Résumé: Carte préliminaire du Quaternaire de la vallée du Prättigau (Grisons, Suisse)

Une carte préliminaire du Quaternaire des vallées alpines du Prättigau et de la Bündner Herrschaft (Canton des Grisons, Suisse), à l'échelle 1:12'500 et accompagnée d'une notice explicative, a été déposée au service géologique (Swisstopo) fin 2004. En plus des formations meubles holocènes, les dépôts glaciaires du Pléistocène supérieur ont été représentés et décrits du point de vue stratigraphique. Ces derniers se rapportent aux stades du maximum würmien, à une succession de phases de retrait et, finalement, aux récurrences intra-alpines (le stade d'Egesen en constituant la dernière). Durant les 30 dernières années, plus de 30 bois fossiles ont été mis à jour dans le cadre de travaux d'aménagement public (routes, tunnels, captage d'eau souterraine, centrales électriques) réalisés dans la vallée du Rhin ou du Prättigau. Après en avoir déterminé le contexte stratigraphique, ces bois ont été datés par radiocarbone au laboratoire de l'Institut de Physique de l'Université de Berne. Ainsi, des stades de retrait intra-alpins allant du Dryas ancien au Dryas récent, un alluvionnement et un atterrissement dans les fonds de vallée (Bölling-Allerød à Préboreal), ainsi que des mouvements de terrain post-glaciaires dès le Préboréal ont-ils pu être mis en évidence. La répartition des âges qui en résulte indique que les stades

glaciaires intra-alpins du Prättigau à partir de celui de Fideris-Küblis (Steinach), ainsi que les formations plus récentes qui lui sont liées, sont à attribuer au Dryas récent. Ce résultat est conforme avec la chronologie des dépôts initiaux lacustres du Moyen Pays (Lac de Zurich et Lac de Constance, Dryas ancien), mais est toutefois en contradiction avec l'opinion généralement admise dans la littérature qui attribue également aux stades glaciaires intra-alpins un âge Dryas ancien. Cette contradiction fait l'objet de questions ouvertes et des propositions de solutions interdisciplinaires sont formulées.

Mots-clés: carte du Quaternaire, stades glaciaires, dates ^{14}C , Pleistocène tardif, Holocène précoce

Abstract: Quaternary geological map of the Prättigau valley (Grisons, Switzerland)

A preliminary Quaternary map 1:12'500 of the alpine valley of Prättigau and the Bündner Herrschaft (Canton of the Grisons, Switzerland), including a commentary, was completed by Swiss Geological Survey (Federal Office of Topography swisstopo) end of 2004. It presents and describes from a stratigraphic point of view both early Holocene unconsolidated sediments and late Pleistocene glacial formations from the Upper Würm through the different cycles of glacial retreat and inner alpine advances to the Egesen as recent stadial. During the last 30 years, over 30 fossil woods have been found in the Rhine valley and Prättigau as a result of national infrastructural projects (streets, tunnels, groundwater use, power stations). After determination of the stratigraphic context, the fossils were sent to the Institute of Physics at the University of Berne, Switzerland for carbon dating. The findings would seem to offer evidence of inner alpine glacial retreats from the Oldest Dryas to the Younger

Dryas, outwash plains and aggradation in the valleys (Bölling-Allerød to Preboreal) and postglacial landslides from the onset of the Preboreal. The resulting chronological distribution indicates that inner alpine glacial cycles of the Prättigau from Fideris-Küblis (Steinach) and more recent stadial formations are from the Younger Dryas. Although this would reflect generally accepted dating of the glacial retreat from the Alpine foreland lake basin (Lakes of Zurich and Constance) to the Oldest Dryas, it contradicts established views in literature concerning inner alpine glacial cycles. The latter is likewise considered to have occurred also during the Oldest Dryas. To encourage discussion of these contradictions, open questions are formulated and interdisciplinary solutions proposed.

Key words: Quaternary map, glacial cycle, carbon dating, late Pleistocene, early Holocene

Dr. **Peter Zwahlen**, Dr. M. Kobel + Partner AG, Büro für Technische Geologie, Grossfeldstrasse 74, CH-7320 Sargans, Schweiz.
e-mail: peter.zwahlen@btgeo.ch

Manuskripteingang/received/manuscript entré le 29.5.2008

Annahme zum Druck/accepted for publication/accepté pour l'impression: 10.9.2008