

ward. South from Hochgscheid once more older beds (Zementmergel Formation) appear in the frontal part. This fold can be internally imbricated if the marly complex exposed in the creek north from the Brand village really represents Campanian Zementmergel Beds.

The "Audorf fold" is overthrust on a more northern unit, represented only by the Greifenstein Formation on the mapped area

Faults

The Greifenstein unit is cut by several cross faults of different sizes. However, some faults or their part can be disputable.

Most prominent is a fault from Hochgschaid extending southward, probably up to Kottlinggrub. It is good documented in the northern part, where it terminates the eastward prolongation of the broad zone of the Zementmergel Beds. It probably continues through a breccia zone, visible

in a creek from Sperrhof hamlet to SE, further to SE terminates relatively broad synclinal zone near Bacher hamlet and eventually it displaces the anticlinal part of "Wöllersdorf fold". It is also visible in the morphology. The next fault dislocates the northern boundary of "Audorf fold". Its length is unknown. Longer fault runs from Waldhäuseln through Windbichl hamlet in direction of "Zur Luft". Probably this fault terminates "Brand scale" or "Malenthof fold" from the West. The other more important fault extends from Buschhof in the direction of Hinterholz. Its existence is clear in the northern part where its longitudinal amplitude is around 500 meters. Probably the western termination of the anticlinal part of the "Audorf fold" is connected with the existence of a couple of cross-faults.

Another fault cuts the SE part of the Graifenstein nappe and the Hauptklippenzone near Glashütte. The size of this displacement is up to 100 metres.

Blatt 88 Achenkirch

Bericht 2005/2006 über geologische Aufnahmen im Quartär und in den Nördlichen Kalkalpen auf Blatt 88 Achenkirch

ALFRED GRUBER

Die Kartiertätigkeit im Jahr 2005 und teilweise 2006 umfasste eine Neuaufnahme der quartären Sedimente im Nordwestteil des Blattes, im Bächental und in den Tälern NE' des Demeljoches (1923 m) und des Juifen (1988 m). Von diesem Gebiet liegt bereits eine moderne Aufnahme der Festgesteine im Maßstab 1 : 10 000 von AXEL SPIELER (1994, 1998) vor. Weiters wurden in Teilbereichen struktur-geologische Untersuchungen durchgeführt. Das Bächental liegt in ca. gleich großen Anteilen auf vier ÖK-Blätter verteilt (ÖK 87 Walchensee, ÖK 88 Achenkirch, ÖK 118 Innsbruck und ÖK 119 Schwaz). Zum besseren Verständnis der geologischen Zusammenhänge wurde auch auf den, die ÖK 88 umgebenden Blättern kartiert.

Einzugsgebiet Bächental

Das Bächental liegt zwischen dem Rifftal im Westen und dem Achenental im Osten und greift weit nach S in das Karwendelgebirge ein. Die Entwässerung erfolgt nach N zur Isar. Dieses stark verzweigte Almtal weist im äußersten Süden in der Mondscheinspitze (2105 m) den höchsten Punkt seiner Gebirgeinrahmung auf. Diese wird mehrmals von breiten und bis 1600 m hohen, sattelartigen Übergängen in die umliegenden Täler unterbrochen (Delpsjoch, Baumgarten Sattel, Grasbergsattel, Schleimssattel, Gröbner Hals und Rotwandsattel). Charakteristisch sind tief eingeschnittene Seitentäler, die teilweise dem E-W-verlaufenden Streichen der Karwendelsynklinale, teilweise ihrem Umbiegen in NE-SW-Richtung folgen.

Festgesteine

Die Festgesteinsabfolge reicht vom obertriassischen Hauptdolomit bis in die unterkretazischen Tiefwasserablagerungen der Schrambach-Formation. Die quartäre Lockergesteinsbedeckung zeigt eine große Vielfalt an glazialen, glazifluviatilen, fluviatilen und gravitativen Sedimenten.

Hauptdolomit

Der Hauptdolomit präsentiert sich als typisch hell- bis dunkelgraues, stets gut gebanktes, feinsparitisches und zucker körniges Gestein mit Stromatolithen, laminaren Fenstergefügen, birds eyes, Feinstlaminiten, slumping-Strukturen, intraformationellen Breccien. Dunklere und laminierete Dolomite sind meist bituminös. An verschiedenen Stellen (Hühnersbachtal, Rauchstubenalm, Pittenbach) treten stark bituminöse (Pyritwachstum) dunkelgrau-schwarze bis türkis-olivgrüne, dünnbankige bis papierdünne Dolomite und Dolomitmergel auf; Feinstlamination wechselt mit helleren, verschieden dick geschütteten Lagen (arenitisch bis siltitisch). Diese Lithotypen werden mit den Seefelder Schichten parallelisiert, einer lokalen, eingeschränkten Intraplattform-Beckenentwicklung an der Basis des Oberen Hauptdolomites.

Der Hauptdolomit tritt v.a. an den Rändern der Karwendelsynklinale auf, findet sich aber auch im Kern von sekundären, eng gefalteten, N-vergenten und teilweise durchgescherten Antiklinalstrukturen innerhalb der Großsynklinale (näheres dazu siehe Abschnitt „Strukturgeologie“).

Plattenkalk

Es handelt sich um hell- bis dunkelgraue, bräunliche bis grünliche, meist dickbankige, sparitische bis mikritische Kalke (Packstones, Wackestones). Muschelschill, Megalodonten, Bioturbationerscheinungen und intraformationelle Breccien sind häufig. Dazwischen kommen dünnbankige, teilweise bituminöse Kalke und Dolomite (Dololaminite) und cm-dicke dunkle Mergellagen vor. Zum Hauptdolomit besteht ein breiter Übergang, bei Überwiegen der Kalke wurde von Plattenkalk gesprochen; die Grenze zur Kössen-Formation wurde mit dem Auftreten der ersten mächtigeren Mergel (dm-m-mächtig) gezogen. Im Bächental werden Mächtigkeiten von 150–200 m erreicht. Der Plattenkalk ist wegen seiner Verwitterungsresistenz für schroffe und derbe Geländeformen verantwortlich und neigt zu stärkerer Verkarstung (z.B. Brettersbergalm, Lochalm Mitterleger).

Kössen-Formation

Dm-gebankte, graue bis bräunliche, bioklastische Kalke mit Muscheln (*Rhaetavicula contorta*, *Rhaetina gregaria*), Brachiopoden und Ammoniten sowie hellgraue dickbankige

(2–3 m) Korallenkalke („Lithodendronkalke“) wechsellagern mit dunkelgrauen mikritischen Kalken und grau-schwarzen Mergeln und Tonschiefern. Letztere können mehrere Meter mächtig sein. Mergel und Kalke bilden ein typisches selektives Verwitterungsprofil. Die Kössener Schichten verwittern sehr tiefgründig mit auffallend rostigen bis ockergelben Farben und führen zur Bildung ausgedehnter Massenbewegungen (siehe Lochalm und Zotental Niederleger). In den bisher kartierten Bereichen des Bächentales ist nur die Beckenfazies ausgebildet, die Plattform mit dem Oberrhätischen Riffkalk ist weiter im E auf der Pasillalm (Schoberberg, 1711 m) und auf der Hochplatte (1813 m) zu finden (s. SPIELER, 1993, 1994). Die Mächtigkeit der Kössen-Formation beträgt am Reth- und Lochalm Niederleger 80 bis 100 m, meistens sind jedoch keine durchgehenden Profile vorhanden.

Am Top der Kössen-Formation treten wenige m grüne schwarze und ziegelrote blättrige Ton- und Siltsteine auf (Schattwalder Schichten). Darüber folgen grau-beige bis bräunliche, siltige Mergel und Kalke, die teilweise ockergelb anwittern und große Muscheln führen („Präplanorbisschichten“); weiters treten hier auch wellig geschichtete, grau-grünliche dm-gebankte Kalke (teilweise Biodetrituskalke) und cm-dicke Mergel mit Kieselknauern auf. Diese Gesteine werden der Kendlbach-Formation zugeordnet.

Allgäu-Formation

Typisch für diese Beckenfazies sind graublau bis grüngraue, plattige, splittrig brechende bioturbate Kalke bis Mergelkalke. Sie führen Pyrit, Pflanzenhäcksel, Bioturbationsflecken, Filamente und lagige dunkelgraue Kieselknauern. Teilweise kommen auch dm-dicke hellere Kalke (Grainstones) und schwarze Mergelzwischenlagen vor. Auf Waldböden und Weiden sind die Allgäuschichten als Leseesteine an den gelbbraunen bis weißlich-braunen Verwitterungslehmen und den eckigen, weißgrauen bis rostbraunen, rauhen Kieselklasten erkennbar, z.B. am Raberskopf oder an den Südhängen des Juifen.

Die Mittleren Allgäuschichten (Bächentaler Ölschiefer) sind durch bituminöse schwarzbraune, dunkelrostbraun verwitternde, weiche schiefrige Mergel gekennzeichnet. Sie sind fazieller Ausdruck des weltweiten „anoxic event“ im Toarc, das im Bächental mit einem lokalen, abgeschnürten Becken („Bächentaler Becken“) vertreten ist. Vergleichbare Sedimente kommen in den Nördlichen Kalkalpen in Form der Mn-Schiefer der Lechtaler und Allgäuer Alpen vor. Im oberen Bereich des Tiefenbaches werden die bis 15 m mächtigen Bächentaler Bitumenschiefer für kosmetische Zwecke („Tiroler Steinöl“) von der Firma Albrecht aus Pertisau abgebaut (Bächentaler Steinölbrennerei).

Rotkalk-Gruppe

Diese bildet im Bächental eine vielfältige Abfolge von roten Knollenkalken (Adnet-Formation), Crinoiden-Spatkalken (Hierlatzkalk) und submarinen Umlagerungsprodukten (Rotkalkdebrite).

Adnet-Formation

Diese charakteristischen Gesteine einer Tiefschwellenfazies treten als hellrosa- bis fleischfarbene, teilweise weißlich-grünliche, wellig geschichtete mikritische Knollenkalke (Filamentmikrite) auf. Sie beinhalten eine reiche Ammonitenfauna. Die geringe Mächtigkeit dieser Gesteine ist Ausdruck für sehr geringe Sedimentationsraten („Hungerfazies“). Die Adnet-Formation verzahnt im Bächental mit plattigen, dickbankigen bis massigen Grain- und Rudstones, die teilweise fast rein aus Crinoidenbruchstücken bis 1 cm Größe bestehen (Hierlatzkalk) und örtlich mit kie-

seligen Mergeln und roten knolligen Filamentmikriten (fossilreiche Biopackstones) vergesellschaftet sind. In mehreren Lagen kommen dazwischen massige bis geschichtete rote, knollige Fein- bis Grobbrekzien (Rotkalkdebrite) aus aufgearbeiteten Knollenkalken mit Klasten von cm (Knollen) bis m-Größe (Rotkalkschollen) vor. Die Mächtigkeit der Debrite schwankt lokal sehr stark und reicht von wenigen Metern bis Zehnermetern.

An den Südhängen des Juifen und am Raberskopf lässt sich eine laterale Verzahnung dieser wechselvollen Abfolge mit dm-gebankten, wellig geschichteten, beige-bräunlichen, kieseligen Filamentmikriten mit cm-dicken Kieselstrahlen beobachten. Mit der Lupe erkennt man zahlreiche Spiculae und Radiolarien. Diese Lithotypen werden als Scheibelbergkalk bezeichnet, der eine Randfazies (Hangfazies) des liassischen Allgäubeckens darstellt.

Ammergau-Formation

Die typische Ausbildung dieser malmischen Beckensedimente zeigt zart beige bis grünlichgraue, dichte, splittrig brechende, dm-gebankte, plattige Radiolarienmikrite mit grauen und bräunlichen Kieselknauern. Vereinzelt finden sich Aptychenreste, bioturbate Strukturen treten häufiger auf. Im höheren Abschnitt kommen auch bunte, grüne und rötliche Kalke und Mergel vor. Im Kamm vom Fohnsloch (1950 m) zum Juifen (1988 m) sind mächtige Einschaltungen von hellbräunlichen bis beige-farbenen allodapischen Kalken auskartierbar. Es handelt sich um Grob- und Feinbreccien bis Arenite distaler Flachwasserschüttungen, die von der Hochzone des Rofengebirges im E stammen (SPIELER, 1994). Verschieden dicke, lateral auslinsende Bänke, Gradierung und erosive Bankunterseiten sind Hauptsedimentmerkmale dieser Gesteine, die auch als Oberalm-Formation bezeichnet werden. Einzelschüttungen können bis 30 m mächtig sein. Die Oberalm-Schichten wittern als Härtlinge rippen- und wandförmig aus den steilen, grasbewachsenen Hängen von Schrecken- und Zunterspitze (2022 m bzw. 1926 m) heraus.

Die Schrambach-Formation entwickelt sich graduell aus der Ammergau-Formation durch Zunahme des Mergelanteiles heraus: Charakteristisch sind dünnblättrige, grüngraue, tonig-siltige, vereinzelt sandige Mergel. Feinlamination, kleine Rinnen mit Gradierung und Slumpings sind gängige Sedimentstrukturen. Die Abschätzung der Mächtigkeit ist schwierig, da die Schrambach-Formation als jüngstes Schichtglied im Kern der Karwendel- und der Thierseesynklinale isoklinal verfaltet und oftmals zerschert ist.

Der hohe Ton- und Siltanteil wirkt als Wasserstauer und bedingt eine intensive lehmige Verwitterung und eine hohe Rutschanfälligkeit der Hänge.

Quartäre Sedimente

Eisrandsedimente

(Terrassenschotter, Deltasedimente, lakustrine Sedimente, Hang- und Murschuttsedimente)

Achental

Die Mündungsbereiche der Seitentäler und -gräben des unteren Achentales sind durch verschieden große Mur- und Schwemmkegelbildungen mit mehreren ausgeprägten Terrassenniveaus (verschiedene Schwemmkegelgenerationen) gekennzeichnet. Die höchsten Niveaus liegen 50 m über dem heutigen Bachniveau. Beispiele für terrassierte Schwemmkegel stellen die Mündungsbereiche von Hühners-, Tasch- und Dollmannsbach sowie von Pitten- und Klammbach dar.

In der Talung der Schweinau liegen mehrere Generationen von Schwemmfächern eines kleinen Baches von der Falkenmoosalm. Auf der linken Seite sind zwei 10 m und

25 m über heutigem Bachniveau liegende Fächerreste erhalten. Auf der rechten Seite zieht sich etwa 25–30 m über dem Bachniveau eine sanft abfallende Geländeschulter bis nach Hohenau hin, an deren Oberfläche (ca. bei 950 m) auch eine größere Vertiefung vorkommt, die als Toteisloch interpretiert wird. Hinweise für das glaziale Ablagerungsmilieu (Eiszerfallslandschaft) geben weiters verstreute Gneisblöcke (bis 0,5 m Kantenlänge) und eine vom Bach frisch anerodierte Moräne (Grundmoräne). Der gleichmäßige Geländeabfall nach Hohenau könnte auch die Oberfläche eines ehemaligen rechtsseitigen Schwemmkegelrestes sein, der an den Eisrand oder auf Toteis geschüttet wurde. SW' und N' von Hohenau kommen vereinzelt fluviatile Schotter vor, die ebenso zu den Eisrandsedimenten zu rechnen sind.

Am Ausgang der Schluchtstrecken von Dollmannsbach und Taschbach sind eine rechtsseitige bzw. linksseitige Schwemmkegelterrasse mit bis 30 m hohen Böschungen entwickelt.

Im Ortsteil Achenwald heben sich drei rechtsseitige Schwemmkegelstufen des Klammabaches ab. An deren Westseitigen Erosionsrändern zeigen sich schlecht sortierte Schotter und Kiese, die teilweise zementiert sind.

Etwa 1 km W' des Hagenwirtes berührt die Achensee-Bundesstraße mehrere zusammengewachsene Schwemmkegel, die aus den Hauptdolomit-Gräben zwischen Ameiskopf (1302 m) und Reitberg (1455 m) hervorkommen. Sie füllten ein altes NW-SE-verlaufendes Tal auf, dem die heutige Straße folgt. Die Einsattelung der Geißalm könnte dessen natürliche Fortsetzung nach W sein, zerschnitten vom Pittenbach. Die Geißalm selbst liegt auf einem Schwemmkegelrest, der auf 890 m Höhe ansetzt und vom Pittenbach abgelagert wurde (40 m über dem heutigen Bachbett). Sämtliche Talverläufe folgen dem vorgezeichneten strukturellen Muster.

Im Zwickel der beiden größten Schwemmkegel südöstlich der ehemaligen Grenzstation Achenkirch ist unterhalb der Bundesstraße eine Abfolge von schräggeschichteten Kiesen, Grob- und Feinsanden mit Gradierung, Rinnen und erosiven Basiskontakten, sowie im oberen Teil schlecht geschichteten und sortierten, matrixreichen Schottern mit gut gerundeten, polymikten Geröllen (auch kristalline) bis 20 cm Durchmesser aufgeschlossen. Die einzelnen Sedimentpakete sind bis 40° nach N geneigt, ein Wert, der für Deltasedimente sehr steil ist. Vermutlich handelt es sich um Ablagerungen, die im Kontakt mit Eis standen und beim Abschmelzen verkippt wurden (Kamesablagerungen).

Der Kegel unterhalb des Reitberges ist bis 15 m tief eingeschnitten. Am Kegelskopf sind dadurch an der Basis der Schwemmfächersedimente überkonsolidierte schluffreiche Diamikte mit zahlreichen gekritzten Geschieben, u.a. Kristallinblöcken, entblößt worden (Grundmoräne). Etwa 25 Höhenmeter darüber kommen noch Reste eines ursprünglich viel höher gelegenen Murkegels vor. Folgt man dem Bachlauf nach S, bieten sich auf 850 m Höhe Einblicke in geschichtete Kiese und Sande mit guter Kornrundung im Wechsel mit Lagen aus schlecht sortierten, kantigen bis angerundeten Hauptdolomitmiklasten. Hier verzahnen offensichtlich lokale Schwemmkegelsedimente mit fluviatilen Sedimenten der Seeache. Zur Auenstufe der Seeache hin ergibt sich nochmals ein Höhengsprung von 15 m.

Zwischen der Rauchstubenalm und dem Sylvensteinspeicher (Lokalität Klamm) kommen weitere Terrassenkörper von der Seeache und den Seitenbächen vor. Sie reichen bis 40 m über der Seeache bzw. über der Höchststauquote des Sees hoch. Beispiele finden sich am Ausgang des Hühnersbachtals, NE' der Lokalität Klamm und am Gerstenriedergraben (beide auf bayerischem Gebiet). Diese Terrassen könnten auch jünger sein, angenommen die Klammstrecken der Bäche wären verklaut worden oder ein Seitengraben hätte die Seeache und ihre tributä-

ren Gerinne zurückgestaut und zur Aufschotterung gezwungen.

Hühnersbachtal

Besonders reichhaltige Zeugen der Eisrandsedimentation finden sich im mittleren und hinteren Hühnersbachtal: W' gegenüber dem Zusammenfluss des Pitz- mit dem Hühnersbach sieht man einen 100 m hohen Aufschluss mit interessantem Lockergesteinsaufbau: Im untersten Teil kommen etwa 10–12 m mächtige, gut geschichtete, sortierte und gerundete Kiese vor. Darüber folgen mit scharfer Grenze fein gebänderte, sehr homogene, beige graue Seeschluffe in einer Mächtigkeit von 1,5 Metern, die zum Hang hin geringer wird. Darauf liegen 12–15 m mächtige, massige Diamikte, schlecht sortiert, mit vielen eckigen Komponenten (v.a. Hauptdolomit) und schluffiger Matrix. Wiederrum mit scharfer Grenze kommen darüber feingebänderte, sehr homogene, 3–4 m mächtige Schluffe vor. Dropstones fehlen in beiden Schlufflagen. Diese werden mit scharfem Kontakt von leicht schräg taleinwärts geschichteten, schluffreichen Schottern überlagert. Sie sind reich an gekritzten und polierten Komponenten von durchschnittlich 5–15 cm Durchmesser, davon großteils Karbonaten der Trias und des Jura, u.a. Hierlatzkalken, und vielen kristallinen Geschieben (Eklogiten, Amphiboliten, Orthogneisen, grünen Chloritschiefern, etc.).

Ähnliche Schotter schneidet der Talweg an der linken Seite eines Seitengrabens S' von Pkt. 895 m an. Auch hier fallen zahlreiche gekritzte Gerölle in einer sandig-kiesigen Matrix auf.

Taleinwärts finden sich an beiden Flanken des Tales bis zu einer Höhe von 1000 m vergleichbare Quartäraufschlüsse mit ähnlicher Sedimentabfolge, z.B. orographisch rechts auf 890 m Höhe geschichtete und gut sortierte Kiese an der Basis, darüber 2–5 m mächtige gelbgraue Bänderschluffe, die von schluffreichen, schlecht sortierten Schottern mit Zwischenlagen aus eckigem Hauptdolomitschutt überlagert werden. Letztere reichen bis mindestens 960 m hoch. W' gegenüber diesem Aufschluss finden sich weitere Schlufflagen inmitten von Kiesen. An der Einmündung der größeren Seitengräben verzahnen die Schotter und Seesedimente mit Murschuttablagerungen, z.B. den Murkegelterrassen am Ausgang des orographisch linksseitigen Grabens, der bei 870 m in den Hühnersbach mündet.

Genetisch sind die basalen Kiese als fluviatile Ablagerungen des Hühners- oder Pitzbaches zu betrachten. Im darüber sich einstellenden lakustrinen Milieu wurden Seesedimente abgesetzt, in die ein mächtiger lokaler Murschuttstrom eingedrungen ist (Diamikte aus Hauptdolomitmiklasten). Die höchsten schräggeschichteten Schotter schließlich werden als Deltaschüttungen gedeutet. Die gekritzten Geschiebe, die kristalline Geröllfracht und der hohe Schluffanteil signalisieren die Nähe von Gletschern, insbesondere der Ferneisströme, die sich vom Inngletscher abspalteten und über das Achenal und das Isartal ins Alpenvorland flossen. Deren Schmelzwässer schütteten ihre Geröllfracht in Deltas in den Eisstausee des Hühnersbachtals und verfüllten ihn zusammen mit lokalen Mur- und Hangschuttablagerungen. Vorher konnten sich jedoch noch längere Zeit Seeschluffe absetzen. Bei dieser Lockergesteinsabfolge handelt es sich vermutlich um eine Vorstoßsequenz.

Ob der Isargletscher oder der Achenaler Gletscher in der Nähe lagen, oder ob der Gletscher noch ins Tal vorgestoßen ist (oszillierte), kann zum jetzigen Aufnahmezustand noch nicht beurteilt werden.

Mittleres Bächtal

Im Bächtal gibt es an den Talflanken und im Mündungsbereich von Seitenbächen viele Aufschlüsse in fluvi-

atilen Schottern und Wildbachablagerungen, aber auch in lakustrinen Sedimenten. Alle Aufschlüsse haben gemeinsam, dass sie horizontale und geneigte Terrassenoberflächen bis 60 m über dem heutigen Bachlauf aufweisen, die sich miteinander verbinden lassen.

Beispiele: SW' des Rethalm-Niederlegers gibt es am linken Ufer der Dürrach prächtige Aufschlüsse von horizontal geschichteten, unreifen Schottern und Grobkiesen und gut ausgewaschenen Feinkiesen. Die Schotter bilden im S ein onlap an Grundmoränenreste und oberflächlich die größere Verebnung der Feuersingeralm. Die Schotter verzahnen lokal mit Mur- und Hangschutt, die von tiefen Gräben der Westseite geschüttet wurden. Im Profil beobachtet man nach oben eine graduelle Zunahme der Korngrößen und eine Abnahme des Rundungsgrades der Klasten und des Matrixanteiles.

In einer Schottergrube am Südufer des Bächentaler Stausees finden sich kompakte Schluffe, wechsellagernd mit Feinsanden und -kiesen in einer Mächtigkeit von 5–6 Metern. Wenige Meter weiter W' stehen Kiese an, die vermutlich mit obigen Feinklastika verzahnen. Sie liegen 15 m über dem See. Auch sandige Diamikte mit 40 cm großen Geröllen am SW-Ende des Sees sind den obigen Vorkommen zuordenbar.

Am NW-Ufer des Sees kommen weit verbreitet matrixreiche, undeutlich geschichtete, sandige Schotter mit vielen gekritzten Geröllen vor. Die Obergrenze ihrer Verbreitung liegt bei ca. 1000 m, wo auch schmale, ebene Flächen eine Terrasse ankünden. Ein kleiner Rest dieser fluviatilen Terrasse befindet sich 300 m weiter N' in ähnlicher Höhenlage.

Auf der E-Seite des Bächentales findet man ein erstes Vorkommen von fluviatilen Schottern an der Brücke über den Bächentaler Stausee. Das Geröllspektrum umfasst sämtliche im Tal vorkommenden Gesteine. Die Matrix ist sandig bis feinkiesig, lokal etwas schluffig. Sortierung und Auswaschung sind schlecht.

Vom E-Ufer des Sees zieht sich über 500 m ein geschlossenes Schottervorkommen nach N, das durch eine schöne Terrassenverebnung (Weide) auf 980 m Höhe auffällt. Weiter nach N sind die Aufschlüsse aufgrund von Hangverschüttung spärlicher. NE' der Grasmühlalm treten unter dem Hangschutt kleinräumig verbreitet fluviatile Schotter hervor, die bis 50 cm große Gerölle in schluffiger Matrix führen. Der hohe Anteil an plattigen Geröllen belegt die fluviatile Fazies (Wildbachschutt). Höher oben (980 m) tritt ein mehrere m mächtiger Sand- und Schluffhorizont auf, in den auch eckige Hangschuttklasten eingelagert sind (lakustrisches oder alluviales Milieu).

An der orographisch rechten Seite des Kesselbachgrabens kurz vor seiner Mündung heben sich vom Hang zwei schöne, flach W-fallende Schwemmkegelreste hervor, deren höherer 80 m über der Dürrach liegt. Ein drittes, tieferes Niveau (mit dem Forsthaus Aquila) ist beidseits des Kesselbaches ausgebildet. Talauwärts sind auf bayerischem Gebiet weitere Terrassensimse vorhanden, z.B. beidseits des Baches, der beim ehemaligen Zollhaus in die Dürrach mündet.

Großartige Quartäraufschlüsse in diesem Zusammenhang bietet auch das Eiskönigtal an der Einmündung ins Baumgartental (auf ÖK 87, Blatt Walchensee). Im Zwickel beider Bäche, orographisch rechts des Eiskastenbaches dehnt sich eine größere Terrasse aus, die zum Baumgartenbach hin an eine Felsbarriere aus Kössener Schichten und jurassischen Rotkalken stößt. Der Kern der Terrasse besteht aus wenigen Metern Grundmoräne, die auch im Bachbett des Eiskönigbaches und an den S-Hängen vorkommt. Südlich der Pletzbodenalm bilden die Schotter ein deutliches onlap an die Moräne. Der eigentliche Terrassenkörper besteht aus geschichteten, sandig-kiesigen Schottern mit Geröllen bis 40 cm Durchmesser und Zwischenlagen von Sanden und Schluffen. An der Oberfläche

der Terrasse, die etwa 40 m über dem Talgrund liegt und die leicht nach NE abfällt, sind alte Bachrinnen und ein größeres Trockental eingetieft. Diese Befunde und Imbrikationsgefüge bekunden eine Ablagerung der Sedimente durch den Eiskönigbach. Die Terrasse findet auch W' des Eiskönigbaches eine Fortsetzung. Die quartären Sedimente füllen hier offensichtlich einen alten Tallauf des Eiskönigbaches und vielleicht auch des Baumgartenbaches auf. Ursprünglich dürften sich diese weiter westlich als heute vereinigt haben. Beide Bäche haben in der Folge ihre alten, zugeschotterten Talläufe nicht mehr gefunden und sich in epigenetischen Durchbrüchen neu geschaffen. Der Baumgartenbach fließt heute weiter N' im Anstehenden, parallel zum Streichen der Schichten, der Eiskönigbach bricht quer dazu durch.

Die Zusammensetzung der beschriebenen Sedimente, die stratigraphische Position zu anderen quartären Ablagerungen (z.B. Moränen), onlap-Geometrien, morphologische Formen und korrelierbare Obergrenzen und nicht zuletzt die (auch isolierte) Höhenlage gegenüber den verwandten rezenten Bildungen, weisen diese Sedimente als Eisrand-sedimente, lokal als Eiskontaktsedimente der Eiszerfallsphase (Hohenau, Grenzstation Achenkirch) des Achantal- und Isargletschers im frühen Spätglazial aus. Eine Überlagerung durch Moräne wurde nirgends beobachtet. Bezugspunkte der Sedimentation können auch Eisstauseen sein. Das sukzessive Abschmelzen des Isargletschers ist v. a. in den mächtigen Terrassen bei Vorderriß und Fall am Ausgang von Riß- und Bächental dokumentiert.

Hinteres Bächental

An den steilen, zerfurchten W-Flanken von Schrecken- und Zunterspitze (2022 m bzw. 1926 m) gibt es großflächig mächtige Mur-, Hang- und Lawinenschutt-ablagerungen, die vom Tiefenbach und seinen Seitenbächen tief zerschnitten sind. Diese Sedimente sind deutlich hangparallel geschichtet und an mehreren Stellen zementiert. Beispielsweise ist am Ausgang des Grabens von der Zunterspitze in einem großen Anriss eine matrixarme Schutt-ablagerung (Murschutt?) mit Klasten bis 15 cm Größe, korngestütztem Gefüge, Einregelung von länglichen Klasten und etwa 15° nach SW fallender Schichtung entblößt. Der Schutt besteht fast nur aus aufgearbeiteten Oberalmer Schichten. Die Oberfläche zeigt sich als Kegelrest. Am Tiefenbach, E' gegenüber der Steinölbrennerei, kommt ein weiterer großer Aufschluss in zementiertem unreifem Murschutt vor, dessen Lagerung chaotisch bis leicht geschichtet ist. Auf diesen Ablagerungen liegt ein sehr matrixreiches diamiktisches Sediment aus überwiegend angerundeten lokalen Klasten, das als Lokalmoräne interpretiert werden könnte. Vergleichbare Sedimente stehen auf 1400 m Höhe, am Weg zum Gröbner Hals an; diese sind ebenso schluffreich, leicht geschichtet und infolge von Zementation gut verfestigt. Eine matrixarme Variante von Breccien findet sich auf 1480 m Höhe. Die Überlagerung der zementierten Anteile durch schluffreiche Diamikte mit gekritzten Geschieben lässt sich vermutlich mit einem spätglazialen Gletschervorstoß aus dem Kar unterhalb des Rether Kopfes (1926 m) in Verbindung bringen.

Auch die Hänge der Stallenalm (ÖK 119 Schwaz) sind von ausgedehnten zementierten Murschutt-ablagerungen bedeckt. Die topographisch höher liegenden Breccien zeigen aufgrund stärkerer Verwitterung rundliche Rücken, die tiefer liegenden Formen innerhalb der Seitengräben markante Kegelterrassen von 30-40 m Höhe aus. Entlang der Straße zum Ölschieferbergbau kann man immer wieder beobachten, wie diese Ablagerungen Moränen, meist Grundmoräne, überlagern. Am Ausgang des Tiefenbachtalles stellen ein hochliegender Schwemmkegelrest, auf dem der Tiefenbach-Niederleger liegt und eine Rinnenfüllung

mit zementiertem, diamiktischem Wildbachschutt (nach der 1. Kehre der Straße zur Steinölbrennerei) weitere Belege für eine Eisrandfazies dar.

Zusammenfassend sind die genannten Murschutt-sedimente bzw. Gehängebreccien wegen ihrer Höhenposition zum heutigen Talboden als Eisrandsedimente anzusprechen. Als Bezugspunkt für die sedimentäre Dynamik ist der stagnierende und zerfallende Bächentaler Gletscher, bzw. dessen SE-Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Tannauerbaches heranzuziehen. Die S- und W-Exposition des Tiefenbachgrabens hat hier sicherlich zu einem frühen Verschwinden der Gletscher geführt und nachfolgend eine hohe sedimentäre Dynamik an den steilen Westhängen ausgelöst.

Grundmoränen des letzten Würm-Hochglazials

Lokalmoränenmaterial des Bächentales

Das Bächental weist in vielen Anrissen und Weganschnitten frisch zutage tretende Moränenvorkommen auf. Zumeist handelt es sich um typische grau-weißliche, überkonsolidierte, scherbilig brechende, schluffreiche Diamikte mit zahlreichen gekritzten und polierten Geschieben. Das Komponentenspektrum umfasst sämtliche Gesteine aus dem Einzugsgebiet des Tales; besonders dominant sind große graue Kalkgeschiebe (bis 1 m Durchmesser), vermutlich Plattenkalke, dunkelgraue Kalke mit Thecosmilien (Kössen-Formation) und hellrote Filamentmikrite der Rotkalk-Gruppe (Adnet-Formation, Klauskalk-Formation, Hierlatzkalk). Kristalline Geschiebe wurden bisher nicht gefunden. Je nach Gesteinsuntergrund ist der schluffige Anteil auch rötlich oder dunkelgrau. Die obersten 1–2 Meter sind meist aufgelockert und zeigen ein schotteriges Aussehen.

Im Bachbett des Eiskönigbaches (ÖK 87 Walchensee) ist eine Grundmoräne aufgeschlossen, die auch 1 m mächtige, geschichtete und gradierte Kies- und Sandlagen beinhaltet. Am Weg zur Stallenaln, S' von Pkt. 1226 m (ÖK 119 Schwaz) ist in einer Schottergrube eine stark verdichtete, wechselnd sand- und schluffreiche Moräne sichtbar. Auf der linken Seite des unteren, schluchtartigen Verlaufs des Tiefenbaches überlagert Grundmoräne auffallend groben Schutt aus m-großen Blöcken (v.a. Rotkalken). Möglicherweise stammen diese von einem vorangegangenen größeren Massenbewegungsereignis.

Von Pkt. 1226 m bis zur Brücke über den Tiefenbach sind die Moränen aufgrund des wenig bearbeiteten Schuttes und des lockeren Gefüges schwer von den diamiktischen Murschuttablagerungen von den Hängen der Schreckenspitze zu unterscheiden.

Grundmoräne bekleidet – zumeist im Lee von Hindernissen oder in Talnischen – große Areale der Stallenaln, des Reth- und Lochalm-Niederlegers, der Larch-, Flach-, der Pöllenschlag- und Katzenschlagalm (alle auf ÖK 118 Innsbruck und ÖK 119 Schwaz). Lokal kann die Mächtigkeit auch mehr als 20 m betragen. Sanfte Morphologie, Findlingsstreu, Vernässungs- und Rutschzonen und tiefe Zerrachelung sind oberflächliche Erscheinungsformen der Grundmoräne. Im Baumgartental ist der glaziale U-förmige Querschnitt und damit das Maß der Tiefenerosion an den Schultern der beiden Talseiten gut sichtbar. Aussagen über Fließrichtungen gewinnt man aus Rundhöckern und Gletscherschliffen, besonders eindrücklich auf dem Lochalm-Mitterleger und in der Talfurche E' des Larchkogels.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist das Bächental durch mehrere tiefe Einsattelungen mit dem Riß- und Achenal verbunden, aus denen vermutlich Eis überfloss. Da kristalline Leitgeschiebe fehlen, sind Klaster aus Steinalkalk, Reiflinger Kalk, Wettersteinkalk oder Raibler Schichten, die nur in den angrenzenden Tälern anstehen, entscheidend. Untersuchungen dazu stehen noch aus. Etwaige Eisüber-

tritte vom Riß- oder Isartal in das Bächental N' am Schafreuter (2102 m) vorbei sind ebenfalls möglich.

Transfluenzen vom Bächental in das Achenal sind am Gröbner Hals (ca. 1650 m) und – unschärfer – am Rotwandsattel (ca. 1510 m) anhand der asymmetrischen Schliefformen erkennbar. Auf der N-Seite des Rotwandsattels hat der überfließende Gletscher im Lee eine mächtige Grundmoräne abgesetzt. Das gesamte Pitzbachtal ist reich an Moränenvorkommen (v.a. Grundmoräne), die in Murenanrissen, Uferanbrüchen und tiefen Gerinnen sowie an Böschungen der Forststraßen frisch anstehen und am Pitzkopf (1670 m) bis 1500 m hoch reichen. Die typische Grundmoräne ist hier auch reich an angerundeten lokalen Klastern und enthält vereinzelt Amphibolithe. Daneben finden sich entlang des Pitzbaches, z.B. auf 1000, 1005, 1010 und 1020 m Höhe (Zusammenfluss zweier großer Bäche) immer wieder dünne Lagen von Kiesen, Sanden und Schluffen, die laminiert, gradiert und teilweise verbogen sind und viele gekritzte Geschiebe führen. Kennzeichnend ist eine starke Kompaktion der Horizonte. Ich interpretiere diese als subglaziale Schmelzwassersedimente, die vom Gletscher in die Moräne aufgenommen und zusammengepresst wurden. Der W-Ast des Pitzbaches ist genauso reichhaltig mit Grundmoräne ausgekleidet. Die trogartige Form und der glaziale Zuschliff des Roßkopfes (1528 m) zum Nunatakker bezeugen ein beidseitiges Abfließen von Eis vom Rotwandsattel nach N ins Pitzbachtal.

Lokal- und Fernmoränenmaterial im Achenal

Das untere Achenal ist über weite Strecken frei von Moränenablagerungen. Größere Verbreitung haben sie am Ausgang von Taschbach- und Dollmannsbachtal und in der Schweinau. In der Schweinau sind große Flächen an der E- und W-Seite dieser Talung mit hellgrau-weißlicher, sehr schluffreicher Grundmoräne bedeckt, die auch Scherflächen aufweist und viele gekritzte bis polierte, v. a. verschiedenste Karbonatgeschiebe führt. Immer wieder sind kristalline Geschiebe, u.a. Eklogite, Amphibolithe, Granatamphibolithe, Granitgneise und Glimmerschiefer zu finden. Die Moränen wurden hauptsächlich im Luv der querstreichenden Plattenkalkrücken abgesetzt, die als Rundhöcker überprägt wurden. Dazwischen kommen Bereiche mit kleinkuppigem Relief und lockerer, ausgewaschener Blockstreu (gerundete Komponenten, auch kristalline) vor (vgl. auch Aufschlüsse N' und W' von Hohenau). Eine Interpretation als verschwemmte Moränen bietet sich an. Kristallinführende Moränen gibt es weiters S' des Hagenwirtes und am Beginn des Weges zur Falkenmoosalm, in Form einzelner Findlingsblöcke auch im weiteren Umkreis der Rauchstubenaln. Über 1000 m Höhe ist nur noch Grundmoräne aus Lokalmaterial anzutreffen. Dies trifft auf die Moränenareale S' der Halsalm, am Ausgang des Dollmannstales W' über Achenwald und S' von Schweinau, sowie auf der Falkenmoosalm zu.

Gletscherablagerungen des Würm-Spätglazials

Im bisher untersuchten Gebiet sind Zeugen von spätglazialen Gletschervorstößen selten. Hauptgrund ist das Fehlen hoch gelegener und ausgedehnter Einzugsgebiete zur Bildung größerer Gletscher. Daneben sind durch hohe Erosions- und Ablagerungsdynamik in den steiflankigen Tälern Moränenwälle abgetragen oder verschüttet worden. Auch dieselbe lokale Zusammensetzung des würmhoch- und würmspätglazialen Moränenschuttes erschwert deren Unterscheidung. Moränenwälle, die die spätglazialen Gletscherhalte am besten dokumentieren, finden sich hauptsächlich im hinteren Talbereich unterhalb der Mondscheinspitze (Mantschen- und Kotzenalm, auf ÖK 119 Schwaz). Dort reichten laut AMPFERER (1950) die Gletscher des Schlernstadiums nahe der Hinterschleimsalm fast bis auf

1000 m Höhe herab, jene des Gschnitzstadiums bis 1600 m (siehe Wallsignaturen in der „Geologischen Karte des östlichen Karwendelgebirges“).

Im äußeren Plumbsbach- und Baumgartental (Ök 118 Innsbruck und ÖK 87 Walchensee) fanden sich bisher keine klaren Hinweise für spätglaziale Gletscherstände. Diese Täler sind bis zum Talschluss tief eingeschnitten und von spät- bis postglazialen Hang- und Murschuttablagerungen mächtig aufgefüllt.

Endmoränen kleiner Kargletscher entdeckt man wieder in den Karen zwischen Demel- und Zotenjoch. Beim Zotenalm Hochleger sind drei kleine, stark verwitterte Endmoränenwälle zu sehen. Eine Wallform am Hang weiter W' ist eher als Sackungstreppe einzustufen. Das tiefe Kar E' unterhalb des Demeljoches (1924 m) weist auf 1650 m Höhe eine schöne Karschwelle mit deutlichem Endmoränenwall auf. Kammformen aus Moränenmaterial im Kessel NW' unter dem Rosskopf sowie im Pitzbachtal auf 1040 m und 1240 m Höhe sind eher als Erosionsformen anzusprechen. Die Moränenreste auf 1640 m Höhe im südexponierten Kar zwischen Rether Joch und Rether Kopf dürften von kleinen spätglazialen Gletschern abgelagert worden sein.

Blockgletscherablagerungen

Der S-Grat des Demeljoches ist durch grat- und hangparallele Bergzerreibungen und durch die Bildung von Nackentälchen und Sackungsstufen gekennzeichnet. Der dadurch hangabwärts sich zusehends in Schollen und Grobblockwerk auflösende Plattenkalk sammelt sich am Hangfuß im Zotenalmkar in schmalen Schuttgirlanden an. Eine wulstartige Oberfläche, steile talseitige Böschungen sowie der intensive Bewuchs durch Flechten und Latschenkiefern weisen diesen Schuttkörper als Blockgletscherablagerung aus.

Massenbewegungen (flachgründige und tiefgründige Rutschmassen, Sackungskörper)

An die Verbreitung der Kössen-Formation sind auch größere Massenbewegungen gebunden. Im Gebiet W' des Rether Horns (1656 m) bietet das mittelsteile hangparallele S-Fallen der Kössen-Formation ideale Voraussetzungen zur Bildung der großen zusammenhängenden Rutschzone, die bis zum Lochalm Niederleger reicht. An strukturell angelegten, E-W-streichenden AC-Klüften der großen Antiklinale des Lochalm-Mitterleger haben sich durch intensive Bergzerreibung große Kalkpakete losgelöst, die an Mergeln und Tonschiefern schichtparallel abgleiten und talwärts Sackungstrecken und schuttstromartige Rutschmassen bilden. Dabei gibt es stabilere Bereiche, erkennbar am geradlinigen Wuchs des Hochwaldes und aktivere Zonen mit starker Vernässung, zerrissenen Grasschollen, gespannten Wurzeln, kleinen Rutschtreppen und flächigem Erlenbewuchs. Auf den Weiden des Zotenalm-Niederleger sind zwei exemplarische, relikte feinkörnige Schuttstromzungen zu sehen.

Mächtige Sackungstrecken und breite flachgründige Rutschzonen beobachtet man auch an den Südabhängen des Raberskopfes (1383 m). Flachgründige Rutschungen, Schuttströme und Sackungen von Rotkalkkripen auf Kössener Schichten sind über den gesamten Westhang des Juifen (1988 m) verbreitet.

Im Tiefenbachtal ist der alte (prähochglazial bis spätglazial?) Talzusub des Mitterlegers hervorzuheben. Er ist aus der großen Nische S' unterhalb des Markkopfes (1776 m) hervorgegangen. Der Talzusub besteht aus einem überkonsolidierten, chaotischen Gemisch von m³-großen Rotkalkblöcken und anderen polymikten, meist eckigen Klastern in einer schwarzbraunen, kiesig-sandig-tonigen Matrix aus Manganschiefern („Bächentaler Ölschiefer“). Die Massenbewegung scheint im unteren Teil von Moräne

bedeckt zu sein, im hinteren Abschnitt besteht eine mächtige Aufschüttung durch Mur- und Schwemmmaterial. Der Talzusub zeigt im Bereich des Tiefenbach Mitterlegers eine starke Vorwölbung und ein Abdrängen des Tiefenbaches nach S. Nachsackende Teile und frische Uferanrisse sowie die beiden flankierenden, tief eingeschnittenen Gräben zeugen von einer anhaltenden Aktivität dieser Massenbewegung. Die weiter bachabwärts am linken Ufer angerissenen, von Grundmoräne bedeckten chaotischen Blockmassen sind einem prä-hochglazial aktiven Talzusub zuzuschreiben, der möglicherweise mit dem oben genannten Talzusub in Verbindung stand.

Im Hauptdolomit und Plattenkalk beobachtet man an verschiedenen Stellen des Demeljoch-Südhangs Bergzerreibungen mit Sackungstrecken und Nackentälchen (Zotenalm Hochleger), Hackenschlagen und schichtparallele Bankzergleitungen (Zotenjoch).

Ablagerungen von Lawinen und durch Schneeschurf

Am Fuße der Zotenjoch-SE-Flanke, NW' der Baieralm, reihen sich seltsame, schmale lobenförmige Körper aus grobblockigem Material aneinander. Zunächst interpretiert man diese als Moränen- oder Blockgletscherwälle, da bergseitig Depressionen einstiges Eis vermuten lassen. Bei näherer Prüfung zeigt sich, dass die Wälle sich am Auslauf von Lawinenrinnen gruppieren und an den Innenseiten Erosions- und Schurfspuren, an den Außenseiten Stauchmerkmale aufweisen. Weiters verteilt sich außerhalb der Wälle eine lockere Grobblockstreu sehr gleichmäßig über eine größere, waldfreie Fläche. Das Material ist durchwegs kantig bis kantengerundet und besteht ausschließlich aus Hauptdolomit mit Blöcken bis 1 m Kantlänge. Diese Ablagerungen sind daher als Schnee- und Lawinenhaldenschutt anzusprechen. Die Depression ist der Negativabdruck des Lawinenkegels, der erst im Sommer abschmilzt. Der klimatische und morphologische Rahmen für Permafrost- und spätglaziale Bildungen ist in dieser Höhenlage (1400–1500 m) und Exposition (S, SE) nicht erfüllt.

Sogenannte Schneehalden- oder Pseudomoränen finden sich an den Westhängen des Juifen, des Rether Joches und v. a. am Südhang des Markkopfes. Diese Gebilde entstehen durch Schutttransport im Schnee und gravitativ an der Oberfläche von Schnee und Lawinenkegeln. Der sich am Fuße ansammelnde Schutt kommt erst beim Wegschmelzen des Schnees als Wall zur Geltung (siehe oben).

An manchen Grashängen und Nischen auf den jurassisch-kretazischen Beckensedimenten kommen Hangschuttablagerungen vor, die durch Schneeschurf transportiert wurden. Diese zeigen eine charakteristische wellige Oberfläche mit Rutschstriemen, Grasschollen und länglichen Buckeln. Teilweise bilden sich daraus in der Folge flachgründige Rutschmassen aus. Beispiele hierfür sind E' unterhalb des Lochalm Hochlegers und des Gröbner Halles sichtbar.

Zu den anthropogenen Ablagerungen zählen die Deponien von Aushubmaterial des TIWAG-Stollens und Seeaushubmaterial in der Umgebung des Bächentaler Stausees, der Abraum des Ölschieferbergbaues sowie die großzügigen Aufschüttungen entlang der Achentaler Bundesstraße und der Deutschen Alpenstraße (z.B. W' von Pkt. 832). Im Zuge von Pisten- und sonstigen Planierungen (Christlum, Golfplatz, Meliorierungen) fanden hier und da größere Materialumlagerungen statt.

Tektonische Strukturen

Charakteristik der Karwendelsynklinale

Die Karwendelsynklinale ist Teil einer Großfaltenstruktur innerhalb der Lechtaldecke der Nördlichen Kalkalpen, die

sich in W–E-Richtung von Mittenwald bis Kufstein erstreckt. Die bisherige Abgrenzung der Inntal- von der Lechtaldecke im Bereich Karwendelgebirge-Wettersteingebirge an der „Karwendel-Schuppenzone“ ist derzeit in Frage gestellt. Die Synklinale besteht aus obertriassischen bis unterkretazischen Becken- und Schwellensedimenten. Jüngstes Schichtglied im Kern ist die isoklinal gefaltete Schrambach-Formation. Morphologische Äußerungen dieser Sedimente sind grasreiche Hänge und Berge. An den Flanken der Synklinale heben sich davon schroffe Formen im steil stehenden Plattenkalk und Hauptdolomit ab, z. B. die Mondscheinspitze (2105 m) am Südflügel und der Schafreuter (2102 m) am Nordflügel. Der Nordschenkel ist zumeist steil S-fallend, der Südschenkel steil N-fallend bis überkippt S-fallend. Im W hebt die Karwendelsynklinale in die Luft aus bzw. deren Fortsetzung im Wettersteingebirge ist noch unklar. Nach E wird die Struktur zusehends breiter (im Bächtental bis 15 km Amplitude). Zwischen Bächen und Achental ist ein abrupter Wechsel von E–W-Streichen auf N–S-Streichen und eine starke Einengung der Synklinale, begleitet von NW–SE-streichenden Transferstörungen, zu beobachten. Diese „Achentaler Querstruktur“ ist durch die NW-gerichtete, eoalpine Überschiebung der so genannten „Achentaler Schubmasse“ bedingt. E' des Achentales findet die Großsynklinale, um 10 km nach N versetzt, ihre Fortsetzung in der wesentlich engeren Thiersee-Synklinale. Nach N schließt das „Bayrische Synklinorium“ an. Der dominante E–W-Faltenbau ist großteils durch tertiäre N–S- bis NNE–SSW-Einengung entstanden, der eine ältere Einengungsphase mit NW-vergenten Falten und Überschiebungen mit Bewegungen der Hangendscholle nach NW überprägt.

Die erste kartographische Darstellung der Karwendel-Synklinale erfolgte durch Rothpletz (1888). In der Folge beschäftigten sich AMPFERER (1903, 1914, 1941, 1950), QUENSTEDT (1933, 1951), SPENGLER (1953, 1956), FUCHS (1944), NAGEL & NAGEL et al. (1975, 1976), SPIELER & BRANDNER (1989) und SAUSGRUBER (1994) mit den strukturellen Zusammenhängen zwischen Karwendel-Synklinale, Achentaler Schubmasse und Thiersee-Synklinale. ORTNER (2003) und EISBACHER & AUER (2005) geben den jüngsten Stand der Forschung wieder.

Falten und Überschiebungen des Nordschenkels der Synklinale im mittleren Bächtental

Der schluchtartige Durchbruch des mittleren Bächtentales zwischen Bächtentaler Stausee und dem Forsthaus Aquila bietet profilartige Einblicke in den internen strukturellen Aufbau des Nordflügels der Karwendel-Synklinale. Etwa 300 m N' des Stausees lässt sich eine steil S-fallende und E–W-streichende Aufschiebung von Hauptdolomit auf Plattenkalk, mit Bewegung der Hangendscholle nach N, auskartieren (S 168/55, L 5/30 auf, Höhe 1000 m; S 206/50, L 188/47 auf, Höhe 1160 m; S 170/80, Höhe 1200 m). Die Hangendscholle ist entlang der Dürrach am stratigraphischen Übergang vom Hauptdolomit in den Plattenkalk durch mehrere syn- und antithethische Überschiebungen und Rücküberschiebungen (z. B. S 360/55) gekennzeichnet, deren Versätze wenige Meter betragen. Am Beginn des Überlaufstollens der TIWAG zum Achensee ist der Hauptdolomit im unmittelbar Liegenden der Störung zu engen, metergroßen, N-vergenten Falten deformiert (Faltenachse L 280/5). Etwas weiter nördlich sind auch Falten mit SE-tauchenden Achsen (Faltenachse L 155/20) sichtbar.

Die Aufschiebung weist einen Versatz von mindestens 200 m auf, der nach oben sukzessive kleiner und in der Kössen-Formation vollständig durch Faltung kompensiert wird, sichtbar zwischen Lochalm Mitterleger und Lochalm Hochleger. Im Plattenkalk der steil stehenden Hangendscholle ist zwischen 1200 m und 1400 m SW' des Lochalm

Mitterleger ein enger Faltenbau (Spitzfalten) mit Kurz- und Langschenkeln im Dekameterbereich und nach N geneigten Achsenebenen ausgebildet. Teilweise sind diese Falten in den Scharnieren an steilen Aufschiebungsflächen nach N durchgeschert („out-of-syncline“- und „out-of-anticline“-Strukturen).

An der Westseite des Bächtentales sind im höheren Überschiebungsbereich korrespondierende Strukturen entwickelt, wobei der Hauptdolomit der Hangendscholle hier mindestens bis 1500 m (bereits außerhalb auf Blatt ÖK 87 Walchensee liegend), E' des Bächtentales nur bis 1250 m Höhe hinaufreicht. Dies hängt mit einer stärkeren Einengung auf der Westseite und dem sukzessiven lateralen Ende der Aufschiebung nach E zusammen, das sich in zunehmender Faltung und dadurch bedingt in einem Achsenabtauchen nach ENE bis ESE äußert: W' der Jagdhütte (Lochalm Mitterleger) wird die Achsendepression durch umlaufendes Streichen in der Kössen-Formation nachgezeichnet.

Der Hauptdolomit in der Hangendscholle dieser Überschiebung zeigt W' der Dürrach auf der Störungsfläche eine Stirnfalte, die nach oben größer wird und nach N überkippt ist (sichtbar am Forstweg auf 1400 m Höhe an der Blattgrenze zu ÖK 87 Walchensee, Lokalität „Rappenköpfl“ nach der Bayer. Karte 1:25.000, Bl. Fall). Die durchwegs 40–50° steile Aufschiebungsfläche ist lokal um mehrere Meter nach N oder S durchgeschert.

Der Plattenkalk in der Liegendscholle ist im engeren Störungsbereich in Schubschürflinge zerlegt. Die generelle Schlepplage der Schichten zur Störung hin geht an beiden Taflanken nach oben sukzessive in steiles N-Fallen bis überkipptes Südfallen über, wodurch aus der Liegendscholle eine asymmetrische Synklinale mit inversem Südschenkel entsteht. Das Scharnier dieser Synklinale ist besonders eindrucksvoll auf ca. 1220 m WSW' des Lochalm Mitterleger zu beobachten. An der Forststraße S' des Lochalm Mitterleger ist der inverse Südschenkel aus Kössen-Formation im unmittelbar Liegenden der Störung intensiv verfaultet und zerschert. Die genannten Geländebeobachtungen legen nahe, dass die Aufschiebung aus der Zerschierung einer N-vergenten Synklinale hervorgegangen ist. Auch eine Genese im Zusammenhang mit fortschreitender Einengung, Faltung und Steilstellung der Aufschiebungsstruktur wäre möglich. Ebenso ist die Inversion einer steil N-fallenden Abschiebung in Betracht zu ziehen (vgl. Geologische Manuskriptkarte von SPIELER, 1993).

N' an diese Aufschiebung schließen weitere N-vergente und überkippte, große Antiklinalen und Synklinalen an. Die Scharniere und Scheitel der Antiklinalen werden vom Plattenkalk gebildet, die Kerne der Synklinalen bestehen aus der Kössen-Formation. Diese asymmetrischen Falten erzeugen im Landschaftsbild eine ausgeprägte „strukturelle Morphologie“: Schroffe Felsrücken und kleine Wandfluchten aus Plattenkalk (die Wandbildung erfolgt bevorzugt an AC-Klüften im Scharnierbereich der Antiklinalen) wechseln mit Verebnungen, die vernässt und zu Almen gerodet sind, die auf der Kössen-Fm gründen. In tieferen Stockwerken sind der Hauptdolomit und der Plattenkalk entlang der Dürrach in Zehnermeter-Amplituden N-vergent syn- und antiformal verfaultet. Die Faltenachsen streichen zumeist WSW–ENE (L 258/10, L 230/10). Erwähnenswert ist auch ein markantes flexurales Abtauchen des Hauptdolomites nach E im Bereich der Forstwege W' über der Grasmühlalm und eine steile Aufschiebung nach N innerhalb des Hauptdolomites SW' des Forsthauses Aquila. Die beschriebenen N-vergenten Falten sind auch E' der Dürrach zu verfolgen und entlang der Forststraße vom Bächtental zur Rotwandalm an wechselnden Schichtfallwerten ablesbar: beispielsweise kommen zwischen Aquila und Hiesenschlagalm eine ausgeprägte E–W-streichende Antiklinale und Synklinale bzw. eine Synklinale beim Zote-

nalm Niederleger vor. Zwischen der 1. und 3. Kehre der Rotwandalmstraße ist in Kössener Mergeln und Kalken das Scharnier einer großen E–W-streichenden Synklinale mit steil stehendem Nordschenkel aufgeschlossen. Darüberhinaus ist im Gebiet Zotenalmen – Raberskopf eine klare Charakterisierung der Faltenstrukturen infolge großer Sackungen und Rutschungen nicht möglich.

Rotwandstörung und Äquivalente

Die genannten Faltenstrukturen werden durch eine markante NE–SW-streichende Störungszone nach W und NW abgeschnitten; diese Störung (informell als „Rotwandstörung“ bezeichnet) ist über mehrere km vom Lärchkogel (Blatt Walchensee) im SW über die Grenzstation Bächental, den Zotenalm Mitterleger und den Rotwandsattel nach NE in das Pitzbachtal verfolgbar und auch morphologisch durch Gräben, Geländeknicke und Reliefunterschiede deutlich akzentuiert. Markerversätze, Faserkristallite auf Störungsharnischen und Riedelflächen weisen diese Störungszone als sinistrales Seitenverschiebungssystem mit lokaler Schrägkomponente aus. Der Block W' der Störung ist gegenüber dem E' davon herausgehoben bzw. relativ nach SW vorgeschoben. Dadurch kommen im W-Block hauptsächlich Hauptdolomit und lokal auch Plattenkalk, im E-Block Plattenkalk, die Kössen-Formation und jüngere Schichtglieder vor. So stehen auf annähernd gleicher Höhe der Hauptdolomit und Plattenkalk am Zotenjoch (1881 m) der Ammergau- und Schrambach-Formation am Juifen (1988 m) gegenüber. Das rigidere rheologische Verhalten von Hauptdolomit und Plattenkalk gegenüber den ton- und mergelreichen, gut gebankten Kössener Schichten und jurassischen Schichtgliedern bedingt Unterschiede in den Deformationsstrukturen: W' der Rotwandstörung sind Aufschiebungen und offene Falten sowie flexurelle Verbiegungen mit großen Amplituden entwickelt, E' davon findet sich ein enger Faltenbau. Dieser tritt dort auch im Hauptdolomit und Plattenkalk entlang der Dürrach N' des Stausees auf (wie oben beschrieben). Daher steckt im E-Block, der näher zur Achentaler Schubmasse liegt, wesentlich mehr Deformation bzw. Verkürzung als im W-Block.

Im Nordteil (Rotwandalm-Hochleger, Roßkopf) ist die Rotwandstörung als scharfe Trennlinie zwischen Hauptdolomit im W (Liegendescholle) und Plattenkalk und Kössen-Fm (Hangendscholle) im E entwickelt. Sie fällt meist steil nach ESE ein bzw. steht lokal senkrecht. Die Lineare auf den Harnischflächen zeigen flache sinistrale und steile Schrägabschiebungsbewegungen der Hangendscholle (bei ESE-Fallen der Störung) nach NNE bzw. S bis SSE an (S 305/85, L 20/50 ab; S115/65 bzw. 95/70, L 15/20 sin; S 100/75, L 170/50 ab). Am Forstweg vom Zotenalm Mitterleger zum Demelalm Niederleger dokumentieren kleinere sinistrale Seitenverschiebungen mit S 115/85, L 208/25 sin. (Riedel), S 125/80, L 205/7 sin. (Riedel) und S 265/80, L 180/15 sin. und Versätzen im Meter- bis Dekameterbereich die genetische Zugehörigkeit zum Hauptstörungssystem. Der W' der Störung vorherrschende Hauptdolomit, der generell E–W bzw. ESE–WNW streicht und mit durchschnittlich 25–35° nach S einfällt, weist an den Südhängen des Zotenjoches zur Störung hin ein auffallendes flexurelles Umbiegen des Schichtstreichens in NE–SW-Richtung, parallel zum Störungsverlauf, auf. Dieses störungsparallele Streichen findet sich auch im Plattenkalk und in der Kössen-Formation E' davon. Zudem weisen die Schichten dies- und jenseits ähnliche Fallwerte auf. Dadurch ist es schwer, den Versatzbetrag an der Störung zu ermitteln. Der Plattenkalk scheint deshalb W' des Zotenalm Mitterlegers ohne Störung primär stratigraphisch auf dem Hauptdolomit zu liegen.

Die Störung ist nach NE bis in den obersten Pitzbach verfolgbar. Auf Höhe 1340 m orographisch links des Baches stößt SE-fallender Plattenkalk ohne erkennbaren

Versatz an steil S-fallenden Hauptdolomit im NW. Wenige Meter bachabwärts (Wasserfall) ist der Plattenkalk um eine flach ESE-fallende Achse N-vergert gefaltet. Am Wasserfall treten auch die ersten Dolomitmäntel auf. D.h. ein Teil der W' und N' angrenzenden Dolomite könnten das an der Störung zerscherte stratigraphisch Liegende des Plattenkalkes darstellen. Ein bachparalleler Graben innerhalb des Dolomites, 30 m weiter westlich, könnte den Hauptstörungsverlauf markieren. Die Antiklinale am Wasserfall wird nach E an einer NNW–SSE-laufenden steilen Störung abgeschnitten. Im nordöstlich anschließenden Graben, der bei 1300 m Höhe in den Pitzbach mündet, kommen isoklinal gefaltete Kössener Schichten mit E–W-streichender Faltenachse und teilweise ausgepresstem Faltenkern vor. Die Kössener Schichten sind an besagter Störung relativ nach N verschoben worden. Etwa 50 m weiter N', am Fußweg zur Rotwandalm, gelangt man in den Plattenkalk des Nordschenkels der Synklinale.

Am SW-Ende des Blattes Achenkirch zieht die Rotwandstörung von der Dürrach parallel zum „Schwarzenbach“ (laut Topographische Karte von Bayern, Blatt Fall) in Richtung Lärchkogel (1688 m) hoch. Im unteren Teil des Grabens wird eine enge und nach N überkippte Synklinale mit Kössen-Formation im Kern sinistral zerschert. Auch hier lässt sich ein „Einschwenken“ des Schicht- und Faltenstreichens parallel zur Störung beobachten. Am E-Ende der Weiden des Lärchkogel Niederlegers ist nur der aufrechte Nordschenkel der oben genannten Synklinale erhalten, der S-Schenkel wurde vermutlich abgeschert und nach N überschoben. Weiter südwestlich ist die Störung ab 1380 m (W' von Grenzpunkt 1465m – „Trognköpfl“ auf Blatt Fall) wieder kartierbar (S 152/70), gekennzeichnet durch starke Quellaustritte: mittelsteil S-fallender Plattenkalk im W grenzt an flach SE-fallenden Plattenkalk im E. Dieser Bereich harret noch einer detaillierten Untersuchung.

Blickt man vom Demeljoch nach E in die Nordabstürze des Zotenjoches, erkennt man im Hauptdolomit eine große N-vergente Synklinale und S' anschließend eine enge aufrechte bis leicht S-vergente Antiklinale. Dem flachen Nordschenkel (SS 205/25) der Synklinale steht ein steiler bis leicht überkippter Südschenkel, der im Scharnier nach N durchgeschert ist, gegenüber. Der Südschenkel der Synklinale und der Nordschenkel der Antiklinale sind nicht ident; sie zeigen unterschiedliches Einfallen und sind durch eine steil N-fallende Störung (Aufschiebung?) getrennt. Das offene Scharnier der Synklinale und das spitzere der Antiklinale sind am NE-Grat des Zotenjoches musterhaft ausgebildet und lassen sich auch an den Osthängen zur Rotwandalm hin bis zur Rotwandstörung in den Schichtmessungen klar verfolgen.

Tektonische Strukturen im unteren Achental (Hühnersbach- und Pitzbachtal und zwischen Seeache und Taschbach)

Das Hühnersbach- und Pitzbachtal sind fast vollständig in den Hauptdolomit eingetieft. Dieser weist mehrmals, an der B 307, SW – der Rauchstubenalm, an der Einmündung des Pitzbaches und 1 km SW' davon dünnbankige, graugrüne bituminöse, Dololaminite vom Typ Seefelder Schichten auf, deren Mächtigkeit sich auf wenige Meter beschränkt. Entlang des Forstweges von der Rauchstubenalm bis ins hintere Hühnersbachtal fällt der Hauptdolomit mit durchschnittlichen Werten von 15–30° nach S bis SW ein. Im Pitzbachtal und entlang des Forstweges Halslalm-Pitzbach streuen die Werte auch gegen SE, N und NNE. Daraus ergibt sich eine lebhaftige Faltung mit leicht E-tauchenden Achsen. Strukturelle Messungen an Harnischflächen ergaben im gesamten Gebiet ein dichtes Muster von 1) steilen konjugierten NE–SW- bis ENE–WSW-streichenden sinistralen Blattverschiebungen,

- 2) sinistralen Schrägaufschiebungen nach NNE an SE-fallenden Störungen,
- 3) sowie NE–SW- bis N-S-verlaufenden dextralen Blattverschiebungen und dextralen Schrägaufschiebungen nach W an SSW fallenden Störungen.

Die Bewegungssinne wurden an Faserkristalliten, Slikkolithen und Riedelflächen ermittelt. Die Versätze sind meist gering (wenige Meter)

Die orographisch rechte Seite des Pitzbachtals berührt in höher gelegenen Abschnitten auch den Plattenkalk. Im Meridian des Pitzkopfes sind Schichtverdoppelungen zwischen Hauptdolomit und Plattenkalk charakteristisch, die durch steile Aufschiebungen von Hauptdolomit nach N bis NNE auf Plattenkalk entstanden. Untergeordnet kommen auch kleinere Zweigüberschiebungen vor. Sowohl die Hangend- als auch die Liegendescholle sind im Dekameter- bis Hektometerbereich verfault, wobei die Falten oftmals in Einengungsrichtung zerschert sind. Beispiele hierfür finden sich entlang der Forststraßen von der Halslalm in das Pitzbachtal und von der Brettersbergalm zur Rotwandalm. An der Westseite des Pitzkopfes sind an der Forststraße im Hauptdolomit mehrere enge, N-vergente Synklinale und Antiklinalen aufgeschlossen, mit einem Achsengefälle nach WNW (L 285/35) und ESE. Am NW-Eck des Pitzkopfes ist der Hauptdolomit stark bituminös und eng gefaltet, von kleinen Rampenüberschiebungen nach NW begleitet (S 135/40, L 145/38, auf; S 132/40, L 132/40, auf). Die verkastete Hochfläche der Brettersbergalm wird vom weitspannig verfaulten Plattenkalk geformt.

Strukturelle Merkmale
zwischen Halslalm, Seeache und Taschbach

In den allgemein steil S-fallenden Hauptdolomit der Nordseite des Tales schalten sich an der Seeache (Brücke 700 m W' des Hagenwirtes) vermehrt dickere Kalkbänke ein (Übergang zum Plattenkalk), die nach S unmerklich wieder in Hauptdolomit übergehen, der bereichsweise stärker gefaltet ist (L 255/5, L 275/5) und kleine Rampenüberschiebungen nach N erkennen lässt. Im S-Teil des Zwickels zwischen Seeache und Taschenbach steht Plattenkalk an, der konstant nach SSW einfällt und entlang des

Weges, der von Pkt. 926 m im Bogen nach SW zur Rotwandalmstraße hochführt, mit meterdicken schwarzen Mergeln bereits den Übergang zur Kössen-Formation zeigt. Auf Höhe 1020 m E' unterhalb der Halslalm (Geländeknick) grenzen Plattenkalk und Kössener Schichten nach W abrupt an ebenso steil S-fallenden Hauptdolomit. Das Kartenbild und Kleinstörungen innerhalb des Hauptdolomites und Plattenkalkes weisen auf eine NNE–SSW-orientierte, sinistrale Seitenverschiebung hin. Einen halben Kilometer S' tritt der Plattenkalk auch W' der Störung wieder auf und bildet den Kern einer engen Synklinale, die auch höher an der Forststraße zur Halslalm aus den Schichtmessungen hervorgeht.

Zwischen Taschbach, Seeache und Schweinau steht Hauptdolomit und weitflächig Plattenkalk an. Er bildet die gestuften Verflachungen W' von Achenwald. Das Schicht-einfallen pendelt hier von mittelsteil SW im W auf mäßig steil SE orographisch links des Dollmannsbaches. Dazwischen sind zweimal bis 10 Meter mächtige Dolomitpakete stratiform eingelagert.

Der Dollmannsbach fließt kurz vor seiner Mündung in die Seeache in einer tiefen Klamm aus dickbankigem, steil SSW-fallendem Plattenkalk. Orographisch rechts, am Weg von der Schweinau ins Dollmannsbachtal, ist im Plattenkalk eine dekametergroße, ESE streichende und nach N überkippte Synklinale entwickelt. Nach S folgt im inversen Schenkel nahtlos grauer Dolomit (Hauptdolomit?). Ein klareres strukturelles Bild gewinnt man in den Aufschlüssen entlang der Bundesstraße B 181 SE' von Pkt. 861: steil S-fallende Kössener Schichten gehen am Beginn einer scharfen Rechtskurve rasch in ebenso inversen Plattenkalk über. Der Straße nach S folgend, stellt sich nach wenigen Zehnermetern wieder aufrechte N-fallende Schichtung ein. In einer leichten Linkskurve sieht man das Scharnier einer NNW-vergenten Antiklinale, deren Kern von grauen bituminösen Dolomiten gebildet wird. Ab da nach SE kommen wechselnd Dolomite und dickbankige Kalke mit konstant flachem SSE-Fallen vor. Die Dolomite werden als Teil der Plattenkalke am Übergang aus dem Hauptdolomit gesehen. NE' und SE' der Schweinau folgen darauf Kössener Schichten.

Blatt 101 Eisenerz

Bericht 2006 über geologische Aufnahmen in den Nördlichen Kalkalpen auf Blatt 101 Eisenerz

GERHARD BRYDA

Im Sommer 2006 wurden die Aufnahmsarbeiten im Hochkar-Gebiet fortgesetzt und die Südflanke zwischen dem Hundskogel im Osten und dem Unsinnigraben im Westen neu aufgenommen.

Zusätzlich wurde der östliche Bereich des Hochkar-Plateaus begangen, um Detailfragen zu der dort aufgeschlossenen Jura Schichtfolge zu klären sowie das Quartär zu überarbeiten.

Als zweites Gebiet wurde die Fläche zwischen Hopfgarten nahe Wildalpen im Osten und dem Jägersattel im Westen sowie dem Salzatal im Süden bis in die oberen Bereiche des Eibengrabens und Schreinbach Tales neu aufgenommen.

Ein Tag wurde für eine gemeinsame Begehung des ehemaligen Bergbaues am Arzberg westlich von Wildalpen mit M. MOSER verwendet.

Abschließend wurden Nachbegehungen im Ausmaß mehrerer Tage entlang des Kalkalpen-Südrandes zwischen Eisenerz und Tragöb durchgeführt, um in diesem Bereich die Kartierung auf Blatt 101 abzuschließen.

Arbeiten im Hochkar Gebiet

Der überwiegende Teil der Hochkar-Südflanke wird durch gut gebankten, lagunären Dachsteinkalk aufgebaut. Dieser zeigt bei erster Betrachtung ein über den gesamten Bereich mehr weniger einheitliches, gegen Südosten gerichtetes Einfallen. In den tief eingeschnittenen Karen sind jedoch zahlreiche, teilweise spektakuläre Falten – besonders im oberen Steinplan Kar – zu erkennen. Die Falten besitzen meist nur einen kurzen Nordwest- und einen ausgeprägten Südost-fallenden Schenkel. Ihre Scheitel sind häufig an Südost-fallenden Überschiebungen durchge-