

in den Hang einfallende Kalke der Kössener Schichten an, die durch Kippprozesse herausgeklappt sind: Sie bilden in etwa den „gestauchten Hangfuß“. Im Westen ist der Böschungsfuß sehr steil vorgewölbt ausgebildet, im Osten hingegen flacher.

Interpretation: Die weicheren Kössener Schichten im Unterhang und die kompetenteren Allgäu-Schichten im Oberhang führten vermutlich zu einem initialen Kriechprozess mit plastischer Deformation in den Kössener Schichten und einer sukzessiven Steilstellung bis Überkipfung beider Formationen (Toppling mit antithetischen Zerrgräben). Es entwickelte sich folglich zwar ein deutlicher Abriss mit Massendefizit im Oberhang, infolge der fehlenden lateralen Entkoppelung ist die Massenbewegung jedoch in einem initialen Zerreißungs- und Topplingprozess verblieben. Daher ist die Akkumulationszone als zwar deformierte, aber im Wesentlichen im Verband verbliebene, zusammenhängende Gesteinsmasse zu betrachten.

#### **Rotationsrutschung im obersten Modertal**

Der Kessel zwischen der Jöchelspitze und der Rothornspitze ist durch eine Felsstufe in einen höher und einen tiefer gelegenen Bereich unterteilt. In diese Felsstufe hat sich der Modertalbach aus dem höher gelegenen Teil in Form einer kleinen Klamm eingegraben. Das tiefer gelegene Gebiet ist mit einem Murschuttfächer bedeckt. An der Felsstufe im Zwickel von Bach und Murschuttfächer hat sich eine große Rotationsrutschung aus der Lech-Formation gebildet, wobei auch das vorgelagerte Murschuttmaterial mitbewegt wurde. Die stauende Wirkung der Ammergau-Formation im Untergrund und der zeitweise hohe Wassereintrag von zwei Seiten führten in den Tonsteinen der Lech-Formation zu erhöhtem Porenwasserdruck, welcher die Rutschung auslöste.

## **Bericht 2010–2011 über die Aufnahme ausgewählter gravitativer Massenbewegungen und deren geologischen Rahmen auf Blatt 114 Holzgau**

ALFRED GRUBER & MICHAEL LOTTER

Nach ersten Überblicksbegehungen im Herbst 2009 wurde in den Jahren 2010 und 2011 eine systematische Aufnahme (Prozessanalyse und Kartierung) signifikanter, landschaftsprägender gravitativer Massenbewegungen, verteilt über das gesamte Kartenblatt ÖK 114 Holzgau, durchgeführt. Die Arbeiten werden im Jahr 2012 fortgesetzt.

Nur in den wenigsten Fällen sind die betreffenden Massenbewegungen als solche bekannt oder bereits beschrieben worden. Es handelt sich also überwiegend um Neu- bzw. Erstaufnahmen.

#### **Massenbewegung Brünstwald/Bernhardstal (Elbigenalp)**

Im äußeren Bernhardstal ist am SE-Hang zwischen Balschtebach im Osten, Bernhardsbach im Süden und Wolfebnerbach im Westen eine großflächige Massenbewegung (ca. 0,5 km<sup>2</sup>) entwickelt, die durch den erosiven Einschnitt an der Front (Bernhardsbach) wie auch im seitlichen Profil (Balschtebach) einen außergewöhnlich guten Einblick in den Bewegungsmechanismus ermöglicht. Dabei erschließt sich ein exemplarisches Beispiel einer durch die lithofaziellen, strukturellen und morphologischen Ver-

hältnisse induzierten Bergzerreißung mit anschließender „sackend-kippender“ Kriechmasse, die durch einen markanten, bis zu mehrere Zehnermeter mächtigen Hakenwurf („flexural toppling“) und sekundäre Steinschlag- und Felssturzerscheinungen charakterisiert ist.

#### **Geologisch-tektonischer Rahmen**

Die Massenbewegung Brünstwald/Bernhardstal liegt in der Lechtal-Decke, im NNW-Flügel der WSW-ENE streichenden Holzgau-Lermoos-Synklinale. Der NNW-Flügel der Synklinale besteht aus aufrechten, fast durchgehend steil SSE fallenden bis vertikal stehenden Schichtfolgen. Der SSE-Schenkel ist überwiegend überkippt. Den Kern der Synklinale bilden als jüngstes Schichtglied zwischen Holzgau und Elbigenalp die Lechtaler Kreideschiefer (Lech-Formation). Weiter nach ENE besteht der Kern zumeist aus Ammergau-Formation (z.B. Pfeilspitze). Zwischen Holzgau und Elbigenalp ist der Kern der Synklinale infolge von Überschiebungen von Teilen des Südflügels über weite Strecken verkürzt und durchreibend nach N bis NW überschoben.

Bei Elbigenalp wird die Nordflanke des Lechtales ausschließlich vom NNW-Flügel der Synklinale aufgebaut. Durch das nach Osten spitzwinkelig zum Lechtal zulauende Schichtstreichen und durch zahlreiche NW-SE streichende dextrale Blattverschiebungen rücken Tal-auswärts immer ältere Schichtglieder des NNW-Flügels der Synklinale ins Lechtal vor.

Im Norden baut eine sehr mächtige, gleichförmige Hauptdolomit-Plattenkalk-Schichtfolge den Großteil der Hornbachkette auf. Erste Mergel-Tonstein-Einschaltungen zum Lechtal hin zeugen vom Übergang zur Kössen-Formation. Diese besteht aus einem Wechsel von mächtigen Mergeln und Tonsteinen und sehr fossilreichen, cm- bis dm-dicken Kalken, die im oberen Abschnitt ein An- und Abschwelen und damit eine laterale Verzahnung mit dem dickbankigen bis massigen Oberrhätalk zeigen. Morphologisch äußert sich dieser fazielle Wechsel durch eine selektive Verwitterungscharakteristik mit (sub-)parallel zum Schichtstreichen verlaufenden Tälchen und Einschaltungen in der Kössen-Formation und scharf herausstehenden Felskämmen und -rücken im Oberrhätalk. Das Haglertal, der Luxnacher Sattel (2.093 m), der Balschtesattel und die südlich anschließenden Gipfel des Pfeiler (2.206 m) und der Rotwand (2.262 m) sind daraus resultierende morphologische Elemente. Dem Oberrhätalk lagern wenige Meter mächtige rote Unterjura-Kalke vom Typ Adneter Kalke und schließlich die möglicherweise über 1.000 m mächtige Kalk-Mergel-Wechselfolge der Allgäu-Formation auf. Die Allgäu-Formation zeigt aufgrund der vorherrschenden, dm-dicken, vielfach verkieselten Kalke in Verbindung mit der Steilstellung der Schichten relativ schroffe Landschaftsformen. Die Mittleren Allgäu-Schichten sind v.a. durch Mergel und lokal schiefrige Mn-führende Mergel (Manganschiefer) repräsentiert. Der Bernhardsbach hat sich teilweise in diese eingegraben, sie stehen aber auch am Eingang des Bernhardstales am Südhang gegenüber der Einmündung des Balschtebaches und am Nordhang westlich der Jausenstation Kasermundl an.

Die glaziale Überprägung ist insbesondere im Querschnitt des mittleren Bernhardstales und in den Hochkaren der Hornbachkette gut dokumentiert. Auf der Nordseite des Bernhardstales reicht die Grundmoränenbedeckung noch bis 200 Höhenmeter über dem Talboden hinauf. Die Sei-

tentäler des Balschte- und Wolfenbaches zeigen v.a. im unteren Bereich trotz der nachfolgenden fluviatilen Eintiefung noch Seiten- und Endmoränenreste.

### **Strukturelle und morphologische Disposition**

Der gesamte WSW–ENE streichende Schichtstapel des NNW-Flügels der Holzgau-Lermoos-Synklinale ist durch ein straffes Bündel von steilen bis vertikalen, NW–SE streichenden dextralen Seitenverschiebungen segmentiert. Diese Störungen mit Versätzen von wenigen Metern bis einigen Dekametern sind besonders eindrucksvoll im Bereich Birgertal/Brunnenkar westlich und am Westgrat der Rotwand östlich der Massenbewegung Brünstwald ausgebildet. Die prägnanten Störungen greifen weit durch und bedeuten für die Entwicklung der Massenbewegung einen hohen Durchtrennungsgrad des Gebirges in Form der lateralen „Entkopplung“ der Schichtfolge in Streichrichtung durch fehlende Materialbrücken. Die tiefen Einschnitte des Balschte- und Wolfenbaches sind die Folge der spät- bis postglazialen fluviatilen Erosion vorzugsweise entlang dieser Störungsrichtungen. Zusammen mit der glazialen Überformung ist damit ein in das Bernhardstal vorspringender, an drei Seiten (Richtung NE, SE und SW) steil abfallender Rücken mit einer Abfolge aus Oberrhätalk plus Rotkalk (wenige Meter mächtig) und Allgäu-Formation heraus präpariert worden. Mit den glazial und erosiv übersteilten Hangflanken stellt dieser das Areal der Massenbewegung dar.

### **Charakteristik und Prozessanalyse**

Der rückwärtige, nördliche Prozessbereich im stratigrafisch Liegenden der Massenbewegung Brünstwald/Bernhardstal wird durch das Auftreten der ersten Mergel und Tonsteine im oberen Plattenkalk unmittelbar am Fußweg zur Hermann-von-Barth-Hütte markiert. Ca. 200 Meter westlich der Querung des Balschtebaches setzen erste Hanginstabilitäten, wie Steinschlag und kleine Felsstürze, ein. Anzeichen für (potenzielle) Ablösebereiche sind das Stauchen (Ausbauchen/„buckling“) und Zerschneiden von Schichtbänken mit mehr oder weniger ausgeprägtem Auswärtkippen und schichtparallelem Abgleiten von steil mit dem Hang fallenden Gesteinsplatten sowie ein aufgelockertes Gesteinsverband mit Herausbrechen von Steinen und Blöcken direkt an markanten Störungsflächen. Der hangend nach SSE anschließende Wechsel von Mergeln/Tonsteinen und Kalken in der Kössen-Formation und die vertikal und lateral relativ kleinräumige Faziesverzahnung mit dem Oberrhätalk (dickbankige bis massige Kalke) ergeben einen engräumigen Wechsel von mechanisch stark unterschiedlich kompetenten Lithologien. Daraus folgt ein selektives, an Zerrgräben und Nackentälchen erinnerndes Relief aus (sub-)parallel zum Streichen verlaufenden Rinnen und Tälchen versus Käme und Rücken, das hier jedoch durch differentielle Verwitterung der Gesteine im Bereich von mehreren Metern und Zehnermetern bedingt ist.

Mit dem Fazieswechsel der „weichen“ Kössen-Formation zum hangenden, spröde-kompetenten Oberrhätalk prägen sich die bereits genannten, NW–SE streichenden dextralen Störungen durch, die in Winkeln von 60°–70° zum Streichen die Schichtung durchschlagen. Die Erweiterung dieser Störungen zu Zerrspalten und Zerrgräben ist ein klarer Indikator initialer Bergrerreiße. Die großräumige Aufweitung des Gebirgsverbandes erfolgt hier somit seitlich ca. in Streichrichtung und wird ermöglicht durch das fehlende Widerlager der Einschnitte des Balschte- und

Wolfenbaches. Bergseitig zu den liegenden, duktil-feinklastischen Sedimenten der Kössen-Formation wird die Aufweitung vermutlich über Schicht-parallele Bewegungen kompensiert.

Zum Hangenden ist der Oberrhätalk zunächst durch zwei morphologisch deutlich heraus präparierte, im Schichtstreichen zueinander etwas versetzt verlaufende Höhenrücken charakterisiert. Deren Gebirgsverband ist aufgrund der beschriebenen Zerreißeungsprozesse, die hier zunehmend allseitig auch entlang anderer Trennflächen einschließlich der Bankung ausgebildet sind, stark aufgelockert bis hin zu oberflächlichen Blockschuttbildungen.

An der talseitigen Front dieser Oberrhätalk-Rücken hin zum Bernhardstal werden die Felsschrofen vorwiegend aus steil mit dem Hang nach SSE fallenden Schichtbänken aufgebaut. In ihnen ist das obenstehend für die hangenden Partien des Plattenkalks bereits beschriebene gravitative Stauchen mit Ausbauchen, Zerschneiden und Auswärtkippen der Bankung im Fußbereich sowie Nachrutschen der über dem Bruch liegenden Schichtplatten zu beobachten. Ausgehend von dem steilen SSE-Fallen (ca. 70°–80°) ist partiell auch eine sukzessive Senkrechtstellung bis Überkipfung der Bankung hangauswärts erkennbar. An diese Felswände, die noch durch die steil normal stehende Bankung charakterisiert sind, schließt sich im scharfen strukturellen und morphologischen Übergang, praktisch nur über wenige Schichtbänke hinweg, ein durch tiefgreifenden Hakenwurf komplett „umgeklappter“ und flach invers hangeinwärts nach NNW fallender Oberrhätalk an. Dieser durch die gravitative Umlagerung bedingte strukturelle und morphologische Wechsel äußert sich in einer Geländestufe bzw. Hangverebnung, die durch den stark aufgelockerten bis hin zu Blockschutt zerlegten, invers liegenden Oberrhätalk gekennzeichnet ist.

Die Entwicklung des Hakenwurfs in der vorliegenden Dimension dürfte durch ein gravitatives Felskriechen mit sukzessivem Überkippen der ursprünglich steil normal fallenden Schichtbänke im Sinne eines "flexural toppling" begründet sein. Die relativ weniger kompetenten Gesteine der hangenden Allgäu-Formation, die die Hauptmasse des betroffenen Bereiches ausmachen, stellen den eigentlich relevanten lithologischen Faktor der gravitativ induzierten Überkipfung dar.

Seitlich zum Balschtebach wird der Hakenwurf durch eine NW–SE streichende Störung, die auf der Karte unter der Trasse der Materialeilbahn zur Barth-Hütte ca. parallel dazu verläuft, abrupt nach NE begrenzt.

Durch die Eintiefung des Balschtebaches ist es möglich, den Aufbau und Tiefgang der Massenbewegung seitlich einzusehen. Die gesamte, bergseitig sowie im seitlichen Profil unter dem Hakenwurf steil SSE fallende bis senkrecht stehende Abfolge Oberrhätalk, Rotkalk und Allgäu-Formation wird auf halber Hanghöhe durch das Kippscharnier scharf abgeknickt. Dadurch lässt sich ein Tiefgang des Hakenwurfs in der Größenordnung von 30 bis 50 Meter ableiten. Das Scharnier ist völlig gebrochen, jedoch ist maximal nur eine initiale Scherung entlang der flach hangauswärts fallenden Bruchfläche erkennbar. Das Schichtpaket über der Bruchfläche ist als Ganzes soweit hangauswärts/-abwärts gekippt, dass die Schichtung flach invers gegen den Hang einfällt. Der Rotationswinkel beträgt somit ca. 70°–90°. Der Rotkalk-Horizont ist dabei für

die Analyse des Bewegungsmechanismus ein wichtiger, farblich hervortretender Marker: er ist quasi „in situ“ an einer einzigen Bruchfläche mit der entsprechenden Rotationsbewegung „umgeklappt“, ohne dass ein Abscheren der über der Bruchfläche liegenden Partie auch nur um wenige Dezimeter erkennbar wäre.

Möglicherweise erleichtern beziehungsweise ermöglichen die durchschlagenden NW–SE-Störungen a priori erst diesen Bewegungsmechanismus durch "Entkopplung" der Schichtbänke vom seitlichen Widerlager. Zudem segmentieren die Störungen den Kipp-Prozess in unterschiedlich steil invers einfallende bzw. unterschiedlich stark rotierte Anteile quasi in der Art von nebeneinander liegenden Reihen von Dominosteinen. Durch die im wesentlichen reine Kippung sind Rotkalk und Allgäu-Formation zusammenhängend im Schichtverband erhalten, intern aber stark zerlegt. Der hangaufwärts invers aufliegende Oberrhätalk liegt demgegenüber größtenteils nur noch als Schollenmosaik im reliktschen Verband bis hin zu Blockschutt zerlegt vor.

Der Hakenwurf wird durch einen weiteren Bewegungsmechanismus überprägt: Die starke Auflockerung und kleinstückige Zerlegung des Gebirges ermöglicht die Ausbildung von Scherflächen, die mit dem Hang, aber steiler als die Hangneigung zum Bernhardtal hin einfallen. Diese durchschlagen die gesamte Konstellation des Hakenwurfs glatt durch dessen basales Scharnier hindurch und bewirken eine sackungsähnliche Treppung mit kleinen Versatzbeträgen bei anteilig hoher vertikaler Bewegungskomponente der abgesetzten Felsschollen.

An der Front der gekippten Felsmasse zum Bernhardsbach kommt die Allgäu-Formation über der Grundmoränenauskleidung des Hanges zum liegen: Moräne taucht unter den flach invers in den Hang einfallenden Schichten ein. Auch dies spricht für einen mehr oder weniger reinen Toppling-Prozess, ohne Erweiterung der Bruchfläche des Scharniers zu einer Gleitfläche.

An den steilen Flanken des Massenbewegungsareals hin zu den beschriebenen Bacheinschnitten haben sich aufgrund der starken Auflockerung des Gebirgsverbandes, wie auch aufgrund der vorliegenden Konstellation Festgestein (Allgäu-Formation, Oberrhätalk) auf Lockergestein (Moräne) sekundäre Anbrüche mit vorgelagerten Sturzmassen ausgebildet. Der große frische Sturzkegel im Brünstwald und die ebenso frischen Blockhalden von Ausbrüchen hin zum Balschbach zeigen die anhaltende Aktivität dieser sekundären Prozesse an. Partiiell bewirkt auch die erosive Ausräumung der Grundmoräne am Hangfuß durch den Bernhardsbach ein Unterschneiden und Nachbrechen des umgekippten Allgäu-Schichten-Verbandes. Die hohe Schuttanlieferung aus den Randbereichen der Massenbewegung Brünstwald/Bernhardtal bewirkt ein hohes Geschiebepotenzial für den unteren Bernhardsbach.

### **Massenbewegung Petersbergalpe/Hornbachtal**

Diese etwa 0,3 km<sup>2</sup> große, sowohl hinsichtlich der markanten Ausbruchsnische wie auch des Ablagerungsbereichs klar umgrenzte Massenbewegung, befindet sich im hinteren Hornbachtal. Sie liegt an dessen Südseite zwischen der Einmündung des Salbbaches von NW und des Tränkbaches von S unmittelbar östlich der Petersbergalpe.

### **Geologisch-tektonischer Rahmen**

Die Massenbewegung Petersbergalpe liegt in der Allgäu-Decke, die im Taleinschnitt des Hornbachtals vorwiegend in dessen unteren Einhängen zutage tritt. Meist wenige hundert Höhenmeter über dem Talboden verläuft die Deckenüberschiebung der aufliegenden Lechtal-Decke. Die Lechtal-Decke baut – mit Ausnahme der Berge am Allgäuer Hauptkamm im Westen zwischen dem Hornbachtal und dem Talschluss – sämtliche höhere Gipfel in der Talumrahmung auf. Der Hangbereich der Massenbewegung wird von einer flach nach S bis SW einfallenden Schichtfolge aus Kössen-Formation, Oberrhätalk, Unterjura-Rotkalk und Allgäu-Formation aufgebaut. Steile N bis NW-gerichtete, der nahen Deckengrenze zuzuordnende Aufschiebungen verdoppeln die Abfolge Kössen-Formation – Oberrhätalk am nordöstlichen Abbruchrand, der in der Karte treffenderweise als „Faule Wand“ bezeichnet wird. Wenige hundert Meter oberhalb der Ausbruchsnische wird die Allgäu-Formation durch den Hauptdolomit der hangenden Lechtal-Decke abgeschnitten.

### **Strukturelle und morphologische Disposition des Abrissbereichs**

Die involvierte Schichtfolge stellt geomechanisch einmal mehr eine typische „Hart-Weich“-Wechselfolge unterschiedlich kompetenter Gesteine dar. Zusammen mit der tektonischen Situation (Nähe Deckengrenze, Schichtverdoppelung, primär-tektonisch bedingte Auflockerung) sowie der glazialen Talformung hat dies zu einer getrepten Hangmorphologie mit steilen Wandstufen und weniger steilen Zwischenbändern geführt.

Die nach NW gerichtete Ausbruchsnische ist schon von weitem als konkav-halbrunde, teils über 200 Meter hohe Felswand in der Allgäu-Formation erkennbar. Unmittelbar unterhalb schließt eine kompakte Ausbruchsmasse an. Die Form und Ausbildung der Ausbruchsnische wird durch verschiedene Störungsflächen und deren Verschneidungslinien, teilweise auch im Verschnitt mit den Schichtflächen bestimmt. Auffällig sind mehrere N–S bis NNW–SSE streichende Störungsflächen, die vertikal stehen bzw. steil W-fallend sind. Sie laufen nach unten teilweise listrisch aus und streichen teils spitzwinkelig in die Wand hinein. Weiters treten NW–SE streichende, vertikale Störungsflächen hervor, deren Verschneidung mit den zuvor genannten Störungen säulenförmige Felskörper bzw. entsprechende Hohlformen ausbildet. Zudem sind die Kalk-Mergel-Folgen der Allgäu-Formation im Meter-Bereich (um NE–SW streichende Achsen) verfaltet und durch kleine Aufschiebungen mit Bewegung der Hangendscholle nach NW gekennzeichnet.

Die unterste SW-Begrenzung der Ausbruchsnische liegt bereits im Oberrhätalk und wird durch eine einzige markante Störungsfläche gebildet (S 210/80, dextral), die auch den Ausgang des Tränktals kappt. Die Wandstufe des sehr kompetenten, dickbankigen Oberrhätalks (mit Wasserfall des Tränkbaches) wird dadurch schräg abgeschnitten.

Insgesamt ist somit eine komplexe strukturelle Situation mit unmittelbarem Einfluss der nahen Deckengrenze erkennbar, wobei die Ausbruchsnische eindeutig tektonisch vorgezeichnet ist.

### **Charakteristik der Massenbewegung gemäß der Ausbildung des Ablagerungsbereichs**

Die steilwandige, nischenartige Ausbildung des Abrissbereichs in der Allgäu-Formation sowie das grobe Block-

werk aus Oberrhätalk und Rotkalk im distalen Ablagerungsgebiet ergeben zunächst den Eindruck einer zumindest teilweise stürzenden Bewegung. Der Talboden ist hier zwischen 1.220 m und 1.280 m Seehöhe über den gesamten Talquerschnitt verschüttet und blockiert worden, wobei die abgefahrene Masse am nordwestlichen Gegenhang bis fast 1.300 m Höhe hinauf reicht. Durch die Abriegelung des hintersten Hornbachtals ist es in der Folge zur Aufschotterung des dahinter liegenden Talbodens gekommen, dessen Verebnung heute den Almboden der Petersbergalpe darstellt. Der Hornbach hat sich im weiteren Verlauf mehrere Zehnermeter tief in die Ablagerungen der Massenbewegung eingeschnitten und ist heutzutage in diesem Abschnitt weitgehend trocken gefallen. Beim Gang durch das trockene Bachbett ist die Zusammensetzung der Masse aus großen, mehr oder weniger regellos abgelagerten, teils vertikal aufgestellten Blöcken und Felschollen mit Kantenlängen bis 30 m und Kubaturen bis weit über 1.000 m<sup>3</sup> zu sehen. Dies lässt auf eine gewisse Dynamik der abgelaufenen Bewegung schließen. Im distalen Anteil des Ablagerungsgebietes lässt sich dabei eine Materialsortierung in der Form erkennen, dass der ursprüngliche stratigrafische Aufbau des Herkunftsgebietes sich in der räumlichen Verteilung der Blöcke und Felschollen wieder findet. So treten im Randbereich an der Stirn und den unteren Flanken der Ablagerung häufig Blöcke aus Oberrhätalk und Rotkalk auf. Der Großteil der beschriebenen Block- und Schollenmasse besteht aber aus Allgäu-Formation, wobei der zentrale und proximale Anteil ausschließlich aus dieser gebildet wird. Deren Felschollen lassen dabei zum Zentrum der Ablagerung und zum Herkunftsbereich hin zunehmend Zusammenhänge erkennen. Folglich lässt sich die proximale, bis in die Ausbruchsnische hinaufreichende Hauptmasse zwar als stark aufgelockert, aber weitgehend im Gesteinsverband erhalten, bezeichnen.

Für die Prozessanalyse von Kinematik und Dynamik der Massenbewegung bedeutet dies, dass nur sehr untergeordnet, und zwar im Wesentlichen für die randlichen Oberrhätalk-/Rotkalk-Blöcke, Anzeichen für eine stürzende Bewegung vorhanden sind. Die weitestgehend zusammenhängende Hauptmasse aus Allgäu-Formation muss hingegen als Felsgleitung mit einer hohen Vertikalkomponente umgelagert worden sein.

Aus dem Geländebefund ist somit ein mehrphasiges Entstehungsszenario denkbar: Das initiale Versagen des durch die glaziale Talformung übersteilten und durch die „Hart-Weich“-Wechselfolge getreppten Hangprofils dürfte von einem Wegbrechen der unteren Oberrhätalk-/Rotkalk-Wandstufe ausgegangen sein. Diese wird von steil stehenden Störungen durchtrennt und zudem von der mechanisch schwachen Kössen-Formation unterlagert, teilweise durch deren erosive Ausräumung sogar unterschritten. Die initiale Prozessphase hat damit eine wahrscheinlich stürzende Dynamik erreicht. Dadurch konnten die in der Ausbruchsnische erkennbaren, oben beschriebenen Störungsflächen als Ablöse- bzw. Bewegungsflächen gravitativ aktiviert werden: Das mächtige Schichtenpaket der auflagernden Allgäu-Formation ist als Ganzes (en bloc) entlang der steilen listrischen Flächen „nachgesackt“. Der oberste Teil der akkumulierten Masse aus Allgäu-Formation ist dabei im Verband im untersten Teil der Ausbruchsnische auf Höhe des hier ursprünglich durchziehenden Oberrhätalks und Rotkalks verblieben.

Mit dem Begriff der „Hangsackung“ lassen sich zwar Teile der Bewegungscharakteristik (hohe Vertikalkomponente) und der Geländemorphologie (Verflachung und Grabenstrukturen am Top der Gleitmasse) beschreiben, insgesamt liegt jedoch für die Hauptbewegungsmasse kein „sackend-kriechender“, sondern eben ein gleitender Bewegungsablauf vor, für den ebenfalls eine gewisse Dynamik, nämlich eine vollständige Abriegelung des Talbodens innerhalb relativ kurzer Zeit anzunehmen ist.

Die Massenbewegung Petersbergalpe/Hornbachtal ist daher vermutlich eine mehrphasige komplexe Massenbewegung. Hierbei ist zwar nicht der initial-ursächliche, aber der hauptsächliche Prozess, bezogen auf die Kubatur der Massenumlagerung, als Felsgleitung zu bezeichnen. Über das Alter der Massenbewegung ist nichts bekannt. Der gesamte Prozess ist in relativ kurzer Zeit abgelaufen und zeigt heute keinerlei Aktivität mehr. Allerdings hat die abgeglittene Masse aus Allgäu-Schichten den unteren Lauf des Tränkbaches stark nach NW abgedrängt, so dass rezent anhaltend durch das Wiedereinschneiden des Baches unterhalb des Wasserfalls eine randliche Ausräumung der Gleitmasse mit Uferabbrüchen erfolgt. Die Verflachung am Top der Gleitmasse ist z.T. durch sandig-kiesig-kleinblockige Schutthalden aus Steinschlag und kleineren Blockstürzen der Abbruchwand wieder aufgefüllt. Größere Nachstürze, die eine signifikante Rückböschung der Ausbruchsnische zur Folge gehabt hätten, fehlen jedoch völlig.

#### **Massenbewegung Brandkopf/Bschlabs**

Die ca. 0,25 km<sup>2</sup> große Massenbewegung liegt an der SW-exponierten Seite des Bschlaber Tales am Hang zwischen Kanzertal und Geretal, unmittelbar nördlich bis westlich der Ortschaft Bschlabs. Der ca. N-S verlaufende Rücken des Brandkopf (1.715 m) stellt die östliche Abrisskante dar und liegt bereits auf ÖK 115 Reutte, so dass der Blattschnitt zu ÖK 114 mitten durch den Abrissbereich verläuft. Der Ablagerungsbereich der von NNE nach SSW auffällig langgestreckten Rutschmasse liegt zum Großteil auf ÖK 114. Die Bschlaber Landesstraße quert den unteren Akkumulationsbereich oberhalb der Streimbach-Schlucht. Mittels Fernerkundung (Tiris: Laser- und Luftbildatlas Tirol) ist die Umgrenzung des Herkunfts- und Akkumulationsbereichs klar vollziehbar.

#### **Geologisch-tektonischer Rahmen**

Die Holzgau-Lermoos-Synklinale nimmt in SW-NE-Queerung das gesamte vordere Bschlaber Tal ein. Der Kern der Synklinale (Ammergau-Formation) ist im scharfen Kamm der Pfeilspitze (2.469 m) sichtbar, umrahmt von den dunkelroten Bändern des Radiolarites. Während der NW-Schenkel der Synklinale eine vollständige, aufrechte Schichtfolge aufweist, ist der SE-Schenkel tektonisch reduziert und liegt überkippt vor.

Die Massenbewegung Brandkopf ist in den Schichten der Allgäu-Formation, der Kendlbach-Formation (Schattwalder Schichten) und der Kössen-Formation des überkippten SE-Schenkels der Holzgau-Lermoos-Synklinale bzw. einer nach SE anschließenden Antiklinale entwickelt. Die große Mächtigkeit der Allgäu-Formation ist in diesem Abschnitt teils primär sedimentär durch Brekzienbildungen und anhaltende arenitische Schüttungen, teils tektonisch durch intensive Verfaltung und Überschiebungen bedingt. Sedimentäre Brekzien sind beispielsweise am Grat Hochpleise-Pfeilspitze südlich des Stablsees schön entwickelt. Am Forstweg zum Brandkopf im seitlichen Abrissgebiet der

Massenbewegung auf ca. 1.560 m Höhe ist die Kössen-Formation mit enger Verfaltung im Meter- bis Dekameter-Bereich (Chevron-Falten mit durchgescherten Scharnieren, Achsen NE-SW streichend) in Form typischer, dunkler Kalk-Mergel-Folgen bestens aufgeschlossen. Im Großen und Ganzen fällt die Schichtung hier steil invers nach S bis SSE ein. Der morphologische Einschnitt unmittelbar nördlich des Brandkopfes (bereits auf ÖK 115 Reutte gelegen) hat lithologische Ursachen: hier ist ein etwa 15 m mächtiges Band aus roten und bräunlichen bis grünlichen, feinblättrigen Mergelaufgeschlossen, das spitzwinklig nahezu mit dem Hang, aber etwas steiler fallend, in den Abrissbereich hineinstreicht. Diese auffällig roten Mergel stellen die obertriassischen Schattwalder Schichten, als Teil der Kendlbach-Formation dar. Sie liegen hier in steil inverser Lagerung vor und gehen nach N und NW stratiform in ebenso invers liegende Allgäuschichten über. Die Schattwalder Schichten ziehen nach NE zur Bortigscharte (2.089 m) im Grat zwischen Bsclaber Kreuzspitze (2.462 m) und Egger Muttekopf (2.311 m) hoch, wo sie weithin sichtbar im steilen bis überkippten NW-Schenkel und im aufrechten SE-Schenkel einer südöstlich an die Holzgau-Lermoos-Synklinale anschließenden Antiklinale mit der Kössen-Formation im Kern auftreten. Diese Antiklinale setzt sich nach SW in den Bereich des Brandkopfes fort.

### **Disposition und Prozessanalyse**

Bei der Massenbewegung Brandkopf/Bsclabs handelt es sich um eine „alte“, rezent vermutlich weitestgehend inaktive, tiefergreifende Felsgleitung in den Schattwalder Schichten und in der Allgäu-Formation. Wie im S-exponierten oberen Herkunftsbereich (bei den Lawinerverbauungen) erkennbar ist, dürfte sich der wesentliche Bewegungsanteil als Gleiten entlang der S bis SE einfallenden Schichtflächen entwickelt haben. Diese streichen etwas steiler als die Hangneigung schleifend-spitzwinklig zur Hangoberfläche aus. Genau dort streicht auch das erwähnte Band aus roten Mergeln in den Abrissbereich hinein, das eine markante Schwächezone für den Gebirgsverband im geomechanischen Sinne darstellt. Das Auftreten der feinblättrigen Mergel an dieser Stelle dürfte für das Hangversagen maßgeblich mitverantwortlich sein.

Die nach oben schmal konusförmig zulaufende Hohlform des Abrissbereichs greift etwas oberhalb vom Niveau der Landesstraße bei ca. 1320 m bis etwa 1940 m weit in die Allgäuschichten hinauf. Der östliche Abrissrand an der Westseite des Brandkopfes ist als relativ scharfe, steile Geländekante zumeist in den Kössenener Schichten erhalten, während der westliche Randbereich (gegen das Kanzertal hin) abgerundeter bzw. stärker verwittert vorliegt.

Die Rutschmasse lässt sich von der Verflachung im Niveau der Forstwegegabelung Kanzertal – Brandkopf, bei ca. 1.530 m im unteren Drittel der Abriss-Hohlform einsetzend, bis zum felsigen Steilabbruch in die Streimbach-Schlucht als kupiertes, unruhiges Gelände abgrenzen. Nach oben wird die Rutschmasse von jüngerem Hangschutt aus dem Abrissbereich eingesedimentiert. Unterhalb der Landesstraße wird die Masse an ihrem Westrand von einem Hauptdolomit-Rücken mit auflagerndem Hang-/Lawinenschutt begrenzt. Die östliche Begrenzung auf diesem Niveau bilden ca. randparallele Moränenrücken, die spätglaziale Wallformen eines Lokalgletschers aus dem Gere-Tal (südlich der Bsclaber Kreuzspitze) oder Erosionsformen von Grund-

moräne darstellen könnten. Der Akkumulationsbereich endet distal am Steilabfall der Streimbach-Schlucht, die sich in steil invers SE fallende, anstehende Allgäu-Formation ca. 25 bis 50 Höhenmeter eingetieft hat. Ca. 20 bis 30 m über dem heutigen Bachniveau sind in zwei Nischen Bachschotter des Streimbaches erhalten, die ein vormaliges Bachniveau darstellen. Der Geländebefund lässt darauf schließen, dass die ca. 15 bis 20 m mächtige Front der Rutschmasse diesen Bachschottern aufliegt und somit ca. 30 m über dem heutigen Bachniveau endet. Jüngere Anbrüche an der Stirn lagern das Rutschmaterial kanalisiert zum heutigen Bachverlauf um.

### **Massenbewegungen Gappenfeldbach und Lochgehrenkopf (Vilsalptal)**

Das Vilsalptal und dessen umgebende Höhenzüge südlich des Tannheimer Tales lassen ein schwerpunktmäßiges Auftreten großflächiger gravitativer Massenbewegungen auf ÖK 114 erkennen. Die postglaziale Talentwicklung des Vilsalptales selbst, einschließlich des Vilsalpsees, ist im Zusammenspiel mit den geologischen Verhältnissen wesentlich durch direkten oder indirekten Einfluss von Massenbewegungen mitgestaltet worden.

### **Geologisch-tektonischer Rahmen**

Der mächtige Murschuttkegel, den der Gappenfeldbach ins Vilsalptal vorgeschüttet hat, zeigt das hohe Geschiebepotenzial dieses steilen Seitentales auf. Bachaufwärts schneidet sich der Bach in Allgäu-Formation (Nordseite) und in Plattenkalk/Oberrhätkalk (Südseite) der Allgäu-Decke ein. Letztgenannte Gesteine liegen stark aufgelockert als Schollen und große Blöcke in einem noch erkennbaren Verband vor und sind offensichtlich durch eine „alte“, rezent bereits stark durch Erosion überprägte Felsgleitung in diese Position gekommen. Weiter aufwärts ab der Bachgabelung steht im südlichen Quellbach überwiegend Tannheim-Formation, im Nördlichen Tannheim- und Losenstein-Formation und höher oben wieder Radiolarit und Allgäu-Formation an. Dieser engräumige Wechsel in der Schichtfolge resultiert aus einer engen isoklinalen Verfaltung und aus intensiver Verschuppung.

### **Disposition und Prozessanalyse**

Die Massenbewegungen, die vorzugsweise nordseitig entlang des Gappenfeldbaches bzw. des nördlichen Quellbaches entwickelt sind, stellen signifikante Geschiebeherde dar. So wird der nördliche Quellbach orografisch rechts durch mehrere aktive kleinere, sowie im kesselartigen Talabschluss auch durch eine großflächige und tiefergreifende Rutschung „zugeschoben“.

Die Folge ist eine permanente Unterschneidung und Ausräumung des Materials entlang des Bachlaufs durch Uferanbrüche wie beispielsweise auf ca. 1.520 m Höhe, wo im Bachbett selbst und am Hangfuß des Gegenhangs eng verfalteter, generell steil SSE fallender Radiolarit ansteht. Die betreffende Rutschung findet sich in stark aufgelockerten bis kleinklüftig völlig zerlegten Schichten der Allgäu-Formation und im Radiolarit, wobei größere Felspartien/-blöcke in der feinen Matrix „mitschwimmen“. Der Abrissbereich (gestaffelte Abrisskanten) dieser Rutschung liegt auf ca. 1.600 bis 1.660 m Höhe, wobei die hohe Teilbeweglichkeit des kleinklüftig zerlegten Gebirges und eine offensichtlich hohe Vertikalkomponente der Bewegung dem steilen Hangbereich einen Sackungs-ähnlichen Charakter verleihen.

Die große Rutschmasse im Talschluss des nördlichen Quellbaches (Quellbereich westlich unterhalb des Grates Lochgehrenkopf – Sulzspitze) ist in der Tannheim-Formation entwickelt (schwarze Mergel, Silt- und Tonsteine). Im Verschnitt des Hanges mit dem Bachverlauf läuft diese nach unten spitz zu und läuft auf 1.580 m Höhe aus, da der Stirnbereich vom Bach laufend unterschritten und ausgeräumt wird. Tektonisch intensiv beansprucht liegt hier der Übergang von invers liegender Allgäu-Formation zu darin eingeschuppter Tannheim-Formation vor. Sowohl Schichtung als auch Störungen fallen steil nach SE ein. Neben der teilweise markanten Hauptabbrisskante ist die Rutschmasse intern mehrfach durch nachrangige bzw. sekundäre Anbrüche gegliedert. Der Hauptabbriss greift teilweise bis auf den Kammverlauf hoch. Die tektonisch beanspruchten und zudem verwitterungsanfälligen dünnbankigen, feinklastischen Allgäu- und Tannheimer Schichten liegen bereits ab der Hauptabbrisskante kleinstückig blockig-steinig-kiesig zerlegt mit einem hohen Feinanteil vor. Daher weist die aus typischen Sackungsstrukturen sich entwickelnde Rutschmasse praktisch einen „Locker-material-Charakter“ auf und ist durch mehrere gestaffelte bzw. „aufgesetzte“ Rotationsrutschungen gekennzeichnet. Es handelt sich insgesamt also um eine tektonisch und lithologisch grunddisponierte, tiefgreifende Rutschmasse in veränderlich festen Gesteinen mit einem Tiefgang von vermutlich mehreren 10er Metern.

Eine weitere Massenbewegung fällt ca. 600 bis 700 m westlich des Lochgehrenkopf bereits auf der topografischen Karte auf: An der Hangkante zu den unterhalb folgenden Felsschrofen Richtung Vilsalptal wird eine Felsnische als Hohlform durch ein dünnes Felsband nachgezeichnet, während sich im NW-exponierten Hang unmittelbar unterhalb eine „ausgebauchte“ Felswand anschließt. Es handelt sich hier um eine große initiale Felsgleitung mit stark vertikalem Bewegungsanteil, die die mittelsteil S bis SE fallende Abfolge aus Plattenkalk, Kössen-Formation und Oberrhätalk entlang talparalleler Störungen um nahezu 50 m tiefer gesetzt hat. Auf halber Wandhöhe ist diese „abgesackte“ Felspartie „stecken geblieben“: der unterlagernde Hauptdolomit zieht nur wenig gestört durch die Wand. Die abgesetzte Masse ist allerdings stark segmentiert in Felsschollen und Wandauswärts kippende Felstürme. Auch streichen an deren Basis im Übergang zum Hauptdolomit Hangauswärts fallende Störungsflächen aus. Die vermutlich rezent aktive Bewegung wird offensichtlich durch den mehr oder weniger kontinuierlichen Abbau von Teilmassen in Form von Steinschlag, Blockschlag und kleineren Felsstürzen an der talseitigen Front der „abgesackten“ Gesamtmasse kompensiert. So hat sich unterhalb eine ansehnliche, aber relativ kleinstückige Sturzhalde entwickelt, da während dem Sturzvorgang ein Zerbersten überwiegend in kleinere Blöcke erfolgt. Die Gefahr eines Absturzes größerer Teilmassen oder gar der Gesamtmasse ist schwer einzuschätzen, da die entsprechenden Bereiche praktisch nicht zugänglich sind. Allerdings muss allein aufgrund des starken Auflockerungsgrades und der extremen Steilheit des Geländes von einer permanenten Felssturz-Gefahr auch größerer Anteile ausgegangen werden.

## **Bericht 2011 über geologische und strukturgeologische Aufnahmen auf Blatt 114 Holzgau**

JOHANN GRUBER  
(Auswärtiger Mitarbeiter)

In den Sommermonaten 2011 wurde auf dem Blatt ÖK 114 Holzgau ein ca. 10,7 km<sup>2</sup> großes Gebiet in den Allgäuer Alpen im Einzugsgebiet des Höhenbachtals, zwischen dem Lechtal bei Holzgau im S, der Öfnerspitze (2.575 m) im Norden und der Jöchlspitze (2.226 m) im Osten im Maßstab 1:10.000 kartiert. Die Schichtfolge reicht vom Hauptdolomit (Norium) bis zur Lech-Formation der höheren Unterkreide (Aptium – Albium) und umfasst, mit Ausnahme eines Kleinvorkommens von Allgäu Schichten in einem Fenster der Allgäu-Decke (siehe unten), nur Schichtglieder der Lechtal-Decke.

### **Stratigrafie**

#### **Hauptdolomit und Seefelder Schichten**

Die sub- bis supratidalen Plattformkarbonate des Hauptdolomits sind im kartierten Gebiet in typischer Ausbildung in Form von dm-gebankten, mittelgrauen Dolospariten, Dolomikriten und Algenlaminitbänken entwickelt. Selten treten in der Abfolge auch geringmächtige Einschaltungen aus feinst laminierten, bituminösen Dolomiten und bituminösen intraformationellen Brekzien auf, die der Fazies der Seefelder Schichten entsprechen, jedoch nicht kartierbar sind. Da die stratigrafische Liegendgrenze im Arbeitsgebiet fehlt, kann lediglich eine Mindestmächtigkeit von ca. 600 m angegeben werden.

#### **Plattenkalk**

Es handelt sich um durchwegs gut gebankte, hell- bis mittelgraue, sparitische bis mikritische Kalke, die mit dünnen Mergellagen alternieren. In den meist verkarsteten, zwischen 10 und 50 cm dicken Bänken, sind Spuren von Bioturbation und Tempestitlagen ein häufig auftretendes Charakteristikum. Die Mächtigkeit dürfte maximal 70 bis 90 m betragen.

#### **Kössen-Formation**

Dieses Schichtglied ist nordöstlich der Unteren Rossgumpenalpe gut aufgeschlossen und besteht dort aus einer Wechselfolge von mehrere Meter mächtigen, dunkelgrauen, graubraun anwitternden Mergeln und Abfolgen aus dm-dicken bioklastischen Kalkbänken, die mit cm- bis dm-dicken schwarzen Tonschieferlagen alternieren. Wiederholt sind ockerfarben anwitternde, im frischen Bruch dunkelgraue mergelige Kalke eingeschaltet, welche für die Kössen-Formation charakteristisch sind. Im oberen Drittel des Profils tritt außerdem eine bis zu 4 m mächtige, dickgebankte Kalkrippe auf, bei der es sich um eine Verzahnung mit dem stratigrafisch hangenden Oberrhätalk handeln dürfte. Am Top des Profils leitet eine ca. 2 m mächtige Einheit aus dm-dicken, welligen bis knolligen Kalkbänken zum Oberrhätalk über. Die Gesamtmächtigkeit der Kössen-Formation wird im beschriebenen Profil auf 60 bis 70 m geschätzt. Bereichsweise sind die Mächtigkeiten auf maximal 20 m reduziert (z.B. nordwestlich von Platz und von Wartegg), wofür tektonische Ursachen ausschlaggebend sein dürften (siehe Tektonik).

#### **Oberrhätalk**

Der Oberrhätalk ist im gesamten Arbeitsgebiet als markante Wandstufe erkennbar. Er besteht in der Regel aus