

Gravitative Massenbewegungen in der Karwendel- und in der Thiersee-Synklinale auf ÖK 88 Achenkirch mit Schwerpunkt Einzugsgebiet des Kesselbaches (Bächental)

M. LOTTER & A. GRUBER

I. Einleitung

Auf Blatt ÖK 88 Achenkirch wurden im Zuge der Erstellung der Geologischen Karte (GK 50) in den Jahren 2009 bis 2011 ausgewählte Gebiete mit großflächigen und überwiegend tiefer greifenden gravitativen Massenbewegungen in der Karwendel- und Thiersee-Synklinale bearbeitet (Abb. 1). Ziel ist die systematische Erfassung und ingenieurgeologische Klassifizierung der auf dem Kartenblatt typischen Massenbewegungen sowie eine geotechnische Beurteilung der darin involvierten Gesteine auch in Hinsicht auf den zugehörigen Erläuterungsband (vgl. LOTTER & ROHN, in Vorbereitung). Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere, meist kleinere, aber dennoch landschaftsprägende Massenbewegungen kartiert und eine geologisch-geotechnische Kurzbeschreibung erstellt. Der Untersuchungsschwerpunkt der erhobenen Massenbewegungen liegt im Verständnis der lithologischen und tektonischen Disposition für die Prozessentwicklung (GRUBER et al., 2010).

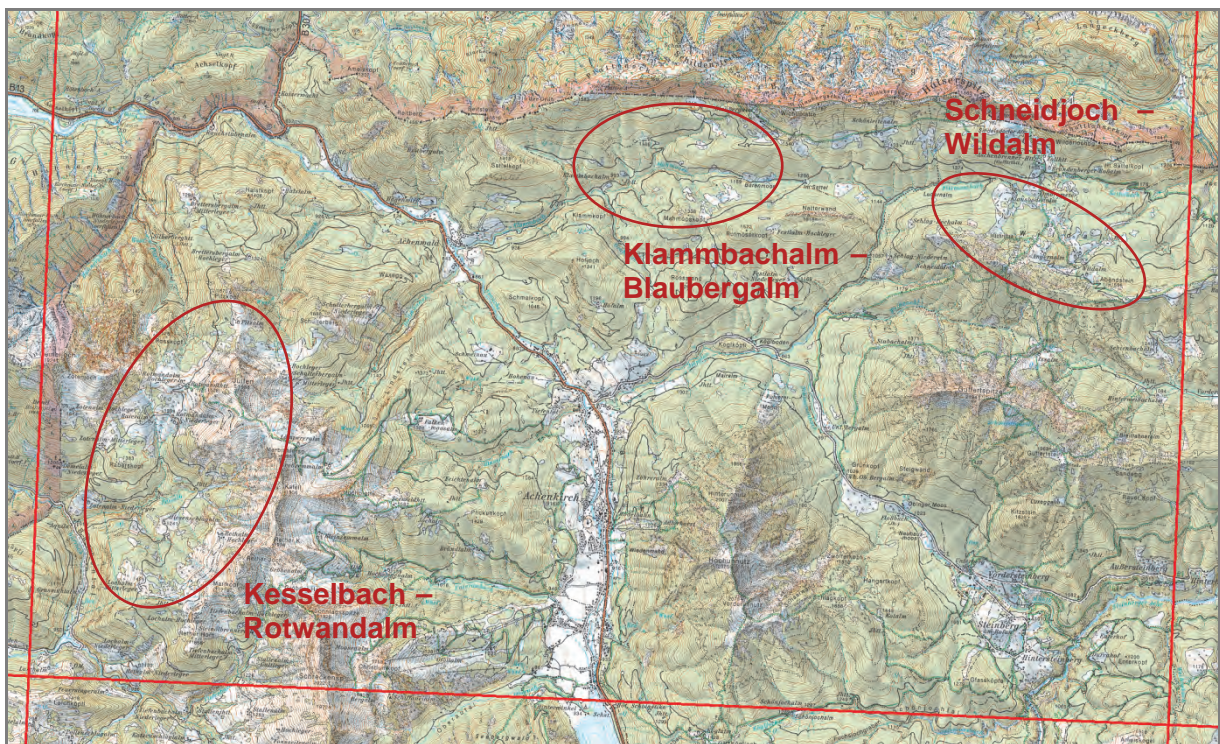


Abb. 1: Ausschnitt aus Blatt ÖK 88 Achenkirch mit Lage der Schwerpunktgebiete zur Erhebung großflächiger und tiefer greifender gravitativer Massenbewegungen.

2. Geologisch-geotechnische Kurzcharakteristik

Die meisten dieser großflächigen, vom Prozesstyp her meist komplexen Massenbewegungen, sind an das Vorkommen bestimmter Lithologien und tektonischer Strukturen gebunden (vgl. Geologische Karte 1:25.000 Blatt 88 Achenkirch, GRUBER & BRANDNER, 2011; Beilage I in diesem Tagungsband). Die obertriassischen bis unterkretazischen Gesteine der Lechtal-Decke sind durch Wechselfolgen tonig-mergeliger und kalkiger, meist gut gebankter Schichten charakterisiert (zur Geologie siehe GRUBER & BRANDNER, 2011; Beitrag in diesem Tagungsband).

Geomechanisch bedeutet dies eine ausgeprägte Wechsellagerung kompetenter und inkompetenter Gesteine, die die Entwicklung von gravitativen Massenbewegungen in Form schichtgebundener Gleitprozesse, meist in Kombination mit einer plastischen Deformation der weichen Abfolgen, begünstigen. Konkret betrifft dies vorwiegend die Kössen-Fm. (zusammen mit den hangenden Schattwalder Schichten bzw. Kendlbach-Fm.) in Verzahnung mit dem Oberrhätalkalk, die Allgäu-Fm. mit lateralen Übergängen in die Rotkalk-Gruppe und die Schrambach-Fm.

Im Zuge der Alpidischen Gebirgsbildung erfolgte eine mehrphasige Faltung, wobei die ältere, eoalpine Deformation (Oberkreide) NE-SW-streichende, meist NW-vergente Faltenstrukturen bildete. Die tertiäre Überprägung mit N-S-Einengung führte zur Entstehung großer E-W-streichender Syn- und Antiklinalen. Die hinsichtlich komplexer Massenbewegungen relevanten Gesteine sind im Wesentlichen in den großräumigen Faltenstrukturen der Thiersee- und Karwendel-Synklinale verbreitet.

Lithologisch-geotechnisch sind diese Gesteine durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

- Plattenkalk (Mächtigkeit ca. 150 m): überwiegend dickbankige, teils mergelige Kalke; wechsellagernd mit Dolomiten im unteren Abschnitt und mit cm- bis dm-dicken Tonstein-Zwischenlagen im oberen Abschnitt; der Plattenkalk wirkt als Unterlager der hangenden Abfolgen hinsichtlich der Massenbewegungen generell hangstabilisierend; lediglich im Südhang zwischen Demeljoch (1924 müA) und Zotenjoch (Bächental) und bei der Klammbachalm (östlich von Achenwald) zeigt er Bergzerreibungen und schichtparalleles Abgleiten entlang mergeliger Horizonte.
- Kössen-Fm. (Mächtigkeit ca. 120 m): Wechsellagerung von dm-dicken, welligen Kalken mit mehrere Meter mächtigen Ton- und Mergelsteinen; Einschaltung einer mehrere Meter dicken Kalksteinlage (Lithodendronkalk); die Kössen-Fm. ist mit ihren geotechnischen Eigenschaften als verwitterungsanfälliges, charakteristisch veränderlich festes Gestein (klastische Anteile) hauptverantwortlich für die Ausbildung der Massenbewegungen.
- Kendlbach-Fm. mit Schattwalder Schichten (Mächtigkeit wenige Meter): bunte Ton- und Siltsteine, sandige und dünnbankig-wellige Kalke; sie haben ähnliche geotechnische Eigenschaften wie die Kössen-Fm. und werden für die Entwicklung der Massenbewegungen mit diesen zusammenfassend betrachtet; sie charakterisieren durch ihr Auftreten den Übergang zur hangenden Rotkalk-Gruppe.
- Scheibelberg-Fm. (Mächtigkeit ca. 10–25 m): dm-dicke kieselige Kalke mit dünnen Mergelzwischenlagen.
- Rotkalk-Gruppe (Mächtigkeit ca. 70–80 m): rote und graue, wellig-knollige Kalke und Mergel; Crinoidenschutt-Kalke und Brekzien (Debrite); zusammen mit der Scheibelberg-Fm. stellen sie eine relativ kompetente Schichtfolge dar und werden mit dieser hinsichtlich ihrer geotechnischen Eigenschaften zusammengefasst; treten somit Rotkalk-Gruppe/Scheibelberg-Fm. in flacher Lagerung über Kössen-Fm./Kendlbach-Fm. auf, ergibt sich eine typische „Hart auf Weich“-Konstellation.
- Allgäu-Fm. (ca. 40 m Mächtigkeit aufgeschlossen): dm-dicke Kalke mit kieseligen Lagen und Mergelzwischenlagen (auch Bitumenmergel); diese Abfolge stellt ähnlich der Kössen-Fm. eine typische Wechselfolge kompetenter und inkompetenter Lagen dar, wobei die mechanisch schwächsten Lagen ebenfalls durch veränderlich feste Gesteine charakterisiert sind; jedoch sind die Mergel der Allgäu-Fm. geringmächtiger und insgesamt kompetenter als die feinklastischen Gesteine der Kössen-Fm. und daher weniger rutschungsanfällig; sie tendieren auf dem Kartenblatt eher zu kleinräumigen und flachgründigen Rutschungen.

- Schrambach-Fm. (Mächtigkeit mind. 200 m): dünnbankige, kleinstückig-splittrig brechende, hellgraue bis grünlich-/blaugraue, sandig-siltige, teils stark Glimmer führende Mergel und Tonsteine; Kalke entwickeln sich im allmählichen Übergang aus der Ammergau-Fm.; sie neigen zu kleinräumigen und flachgründigen Rutschungen bzw. Schuttströmen; auffällig sind geringmächtige bis fehlende Verwitterungsdecken, da diese offenbar leicht abgespült/denudiert werden (vermutlich niedrige Fließgrenze und damit relativ geringe Plastizität?); das Lockermaterial sammelt sich in Rinnen und Kerben an und wandert dort schuttstromartig weiter; im überkippten Südflügel der Thiersee-Synklinale (inverse Lagerung) ist die Schrambach-Fm. als relativ inkompetente Schichtfolge mitverantwortlich für „Hart auf Weich“-Konstellationen.

3. Verbreitung und Ausbildung signifikanter Massenbewegungen

3.1. Massenbewegungen im Bereich Juifen – Rotwandalm-Hochleger

In den flachen Einhängen nördlich und südlich des Rotwandsattels südwestlich bis nordwestlich unterhalb des Juifen (1988 müA; Karwendel-Synklinale) streichen großflächig überwiegend S- bis E-fallende, weitspannig verfaltete Gesteine der Kössen-Fm. aus (Abb. 2). Unmittelbar nördlich des Rotwandsattels liegt teils mächtige Grundmoräne mit Moorbildungen (Rotwandmoor) auf. Aus dem oberhalb anschließenden, steilen Felsschrofen Gelände der Juifen-Westflanke erfolgt eine Überschüttung (Sturz- bzw. Lawinenkegel) mit Material der hangenden jurassischen Kalk- und Kieselgesteine (Allgäu-Fm., Ruhpolding-Fm./Radiolarit, Ammergau-Fm. mit Barmsteinkalken). Diese mit Ausnahme der massigen Barmsteinkalke durchwegs gut gebankten Gesteine tendieren zu einer kleinstückig-plattigen Zerlegung.

Nördlich des Rotwandsattels zwischen Abzweig Forstweg Pitzalm und Rotwandalm-Hochleger ist ein großes Massenbewegungsareal erkennbar, das in aktive und inaktive bis reliktsche Rutschungen unterteilt werden kann (siehe auch Abb. 7 und 8 im Exkursionsbeitrag E3):

- Unmittelbar südlich des Abzweigs zur Pitzalm entlang des Forstweges zur Rotwandalm ist eine großflächig aktive, bereichsweise tiefer greifende Rutschung in der Kössen-Fm. vorhanden (Abb. 3). Die obersten Abrissbereiche reichen bis auf den flach zur Pitzalm auslaufenden Nordgrat des Juifen hinauf. Direkt am Forstweg ist die Kössen-Fm. in typisch mergelig-toniger Ausbildung an einem schmalen, relativ stabilen Rücken aufgeschlossen. Die Schichten fallen quer zum Hangeschnitt mittelsteil nach Süden ein. Der Aufschluss stellt zugleich den markanten Abriss einer augenscheinlich sehr aktiven Teilrutschung dar. Der Abriss entwickelt sich im Wesentlichen entlang NNW-SSE- bzw. NNE-SSW-streichenden, steil stehenden Störungsflächen. Der schmale Rutschkörper ist seitlich scharf begrenzt und reicht über 100 Höhenmeter unterhalb des Forstweges in Richtung Pitzbach herab (Abb. 3, rechtes Bild). Er endet an einer Hangversteilung noch über der Grenze zum unterlagernden Plattenkalk, wo das Rutschmaterial murartig in einer Rinne abgeführt wird.
- Im südlich anschließenden Almgelände sind die Massenbewegungsphänomene (Abrisskanten, Zerrgräben, Vorwölbungen in Akkumulationszonen) noch klar erkennbar (Abb. 4), jedoch unschärfer ausgebildet (relativ älter bzw. vermutlich inaktiv). Abgrenzungsprobleme ergeben sich hangaufwärts durch die aktive Überschüttung der Abrissbereiche (Sturz-/Lawinenschutt) aus der steilen Westflanke des Juifen. Aber auch am und unterhalb des Forstweges werden durch die hier auflagernde Moräne die Massenbewegungsstrukturen „verschleiert“. Das Massenbewegungsareal wird zur Rotwandalm hin durch einen ca. NNW-SSE-verlaufenden, schmalen Wall (spätglazialer Moränenwall?) begrenzt.

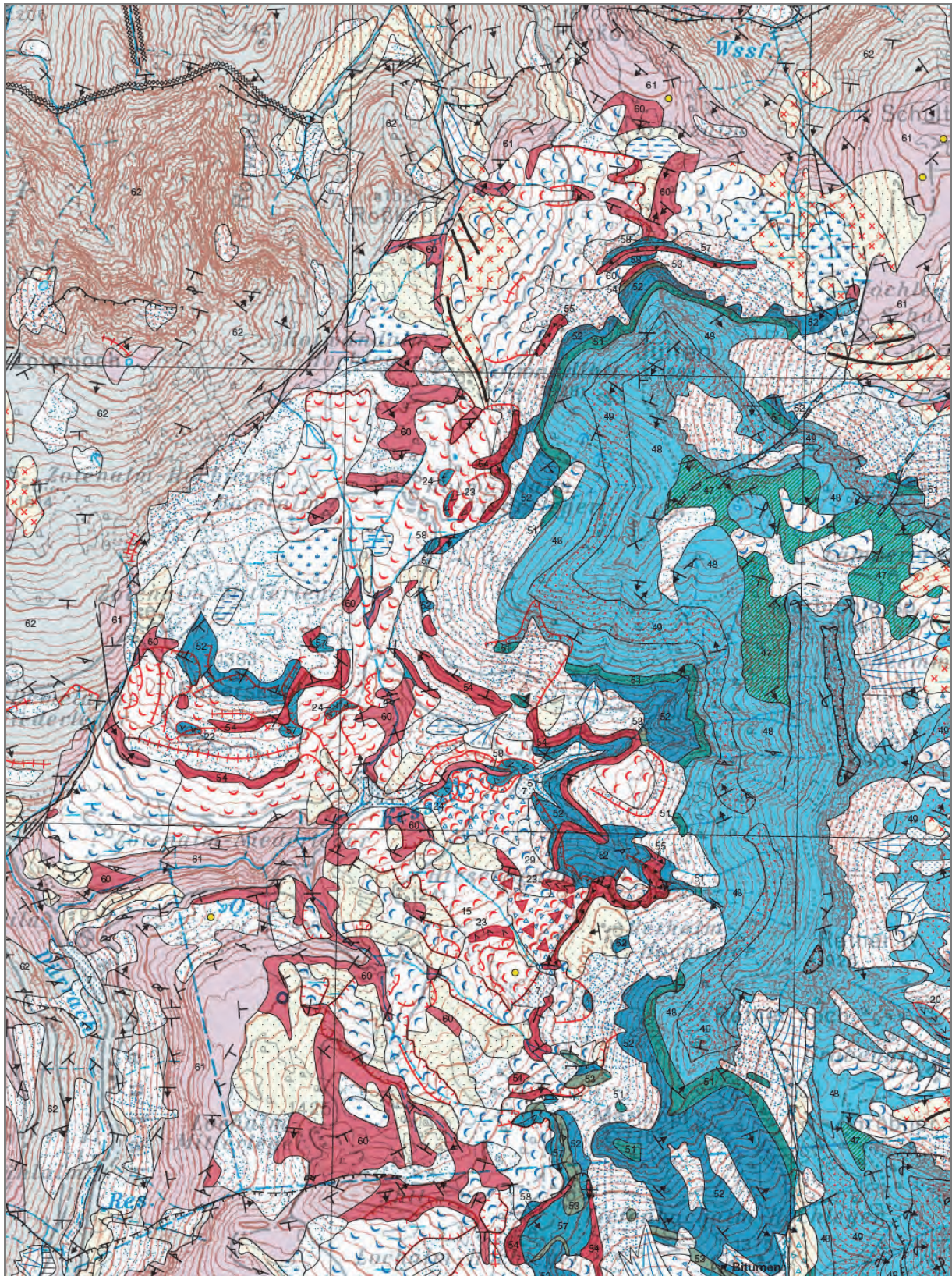


Abb. 2: Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:25.000 Blatt 88 Achenkirch (GRUBER & BRANDNER, 2011; Beilage I zu diesem Tagungsband) mit den großflächigen Massenbewegungen im Gebiet der Rotwandalm und östlich des Bächentals; Legende siehe Beilage I.



Abb. 3: Rutschareal in Kössen-Fm. nördlich des Rotwandalm-Hochlegers; man beachte den unruhigen Verlauf des Forstweges (linkes Bild) durch die rezenten Bewegungen sowie die unruhige Hohlform (rechtes Bild) im abgeholzten Bereich mit Resten von „betrunkenem“ Wald.



Abb. 4: Relativ alte bzw. vermutlich inaktive Rutschmasse in Kössen-Fm. nördlich des Rotwandalm-Hochlegers.

Südlich des Rotwandsattels hangabwärts zum Rotwandalm-Niederleger sind in den Einhängen des Rotwandalmbaches folgende Massenbewegungsprozesse zu beobachten (siehe auch Abb. 2 im Exkursionsbeitrag E3:

- Im Juifen-Südwestgrat sind bis auf eine Höhe von 1650 m zwei markante Ausbruchsnischen von auf Kössen-Fm. (bzw. auf Schattwalder Schichten) abgeglittenen Rotkalk-Schollen vorhanden (Abb. 5). Diese lösen sich zum Rotwandalmbach hin sukzessive in schuttstromartige Rutschmassen auf.
- In den Senken zwischen Rotwandalm-Niederleger im Osten und Baieralm im Westen entwickeln sich Rutschungen im Verwitterungsmaterial der mit dem Hang ca. nach Süden einfallenden Kössen-Fm.

Hangabwärts kanalisieren sich diese Massenbewegungen in den tiefer werdenden Einschnitt des Rotwandalmbaches und laufen auf einer Höhe von ca. 1230 m am Forstweg aus.

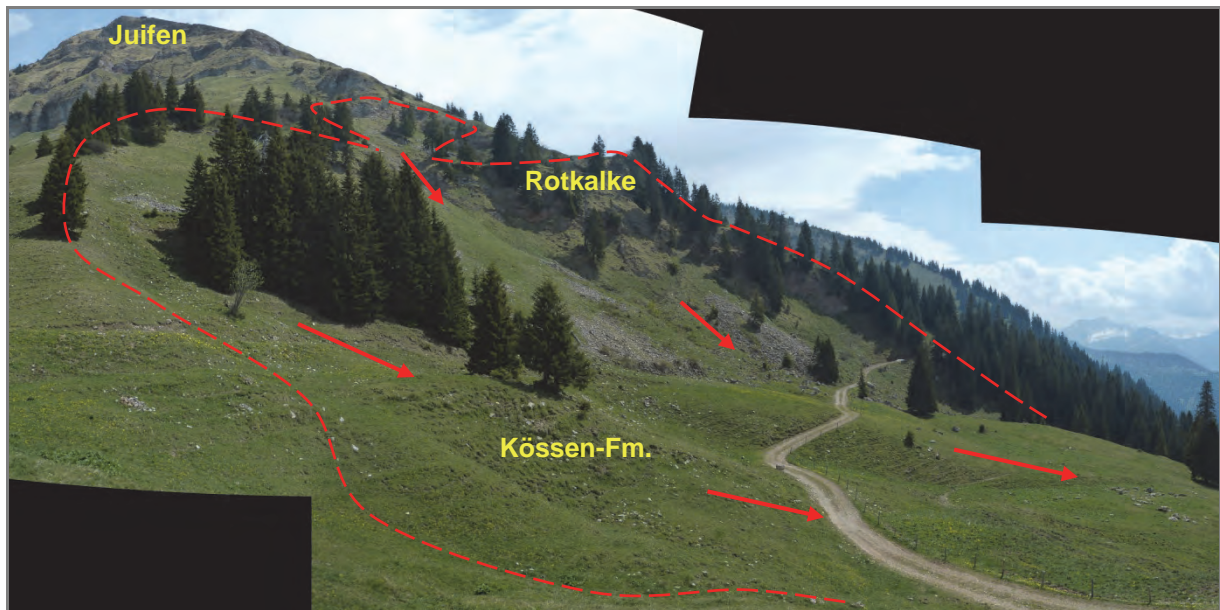


Abb. 5: Ausbruchsnische südöstlich des Rotwandalm-Hochlegers, teils aufgrund Felsgleitung Rotkalk über Kössen-Fm./Schattwalder Schichten (Hintergrund), teils als Rotationsrutschung in Kössen-Fm. (Vordergrund) ausgebildet mit hangabwärts nach SW anschließender Rutschmasse.

3.2. Massenbewegungen nördlich des Kesselbaches (Bächtental)

Im Einzugsgebiet des Kesselbaches, einem rechtsseitigen Zufluss der Dürrach, sind in den Schichtfolgen der Karwendel-Synklinale großflächige, meist komplexe Massenbewegungen entwickelt (Abb. 6, Abb. 8).

Das Gebiet um den Raberskopf (1383 müA) zwischen Zotenalmbach im Westen, Kesselbach im Süden und Rotwandalmbach im Osten ist von Süd nach Nord hangaufwärts durch eine normale obertriassische bis unterjurassische Schichtabfolge gekennzeichnet (Abb. 2). Der schluchtartige Einschnitt des Kesselbaches besteht in diesem Abschnitt aus liegendem Plattenkalk. Der Bereich Zotenalmbach-Niederleger, -Mitterleger und Rotwandalmbach wird aus der für die Rutschprozesse hauptverantwortlichen Kössen-Fm. aufgebaut. Hangend schließen sich im Süd- und Osthang des Raberskopfes die Kendlbach-Fm. (Schattwalder Schichten), Scheibelberg-Fm. und Rotkalk-Gruppe an. Diese Lagerung stellt eine bereits in Kapitel 2 genannte „Hart auf Weich“-Konstellation dar. Im flachen Gipfelbereich des Raberskopfes ist abschließend die Allgäu-Fm. aufgeschlossen.

Tektonisch ist der Raberskopf durch große E-W-streichende Faltenstrukturen mit Amplituden von 100 und mehr Metern gekennzeichnet (Abb. 7). Diese Falten zeigen eine ausgeprägte N-Vergenz mit teils inversen Schenkelabschnitten (Südschenkel von Synklinalen bzw. Nordschenkel von Antiklinalen). So fließt der Unterlauf des Kesselbaches teils in einer engen Synklinale mit der Kössen-Fm. im Kern, umrahmt von Plattenkalk. Ebenso paust sich im gesamten Südhang wie auch in den West- und Ostflanken des Raberskopfes dieser Faltenbau durch die Verbreitung („Einfaltung“) der Kössen-Fm. bis hoch zur Rotwandalm durch. Auch die Morphologie zeichnet diesen Faltenbau durch E-W-streichende Versteilungen und Verflachungen nach. Vorzugsweise im Bereich der Faltscharniere entwickeln sich tief greifende Massenbewegungen in Form von abgerissenen und abgeglittenen großen Rotkalk-Schollen über Kössen-Fm. bzw. Schattwalder Schichten am Südhang des Raberskopfes wie auch des Juifen.

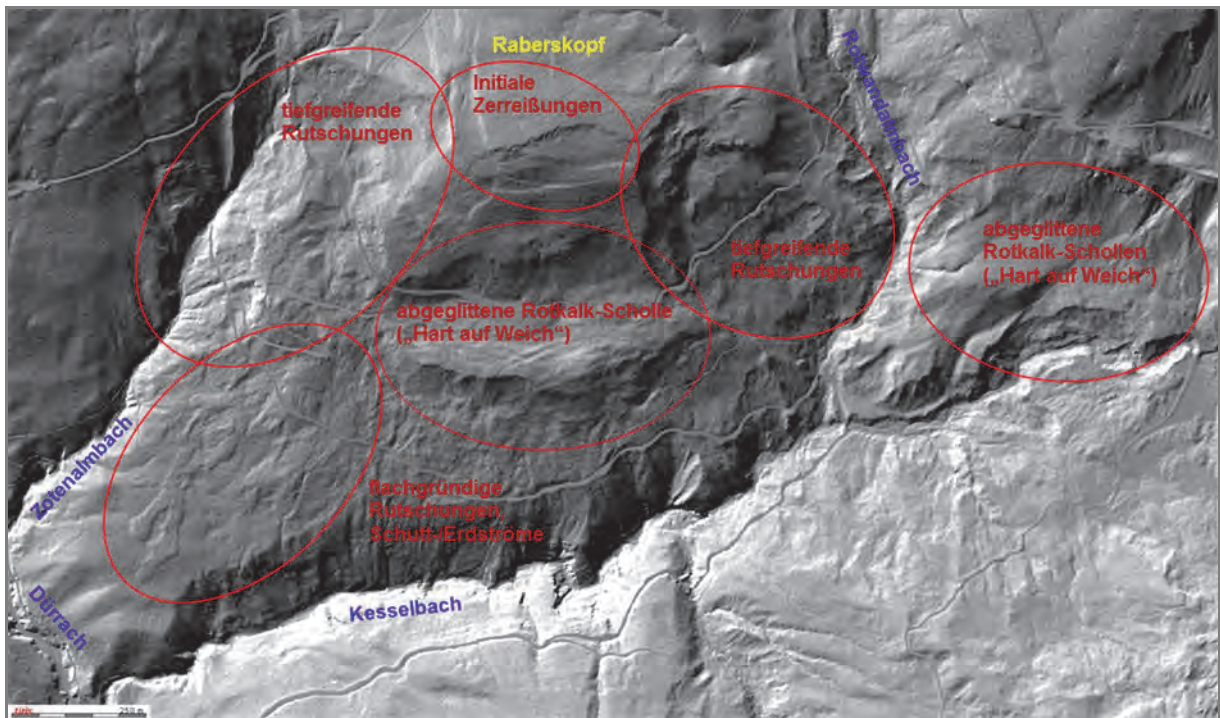


Abb. 6: Verbreitung gravitativer Massenbewegungen (schematisch umgrenzt) in den SW- bis SE-exponierten Hängen nördlich des Kesselbachs (Bächental, Karwendel-Synklinale); Laser-scanning Tirol © Land Tirol.

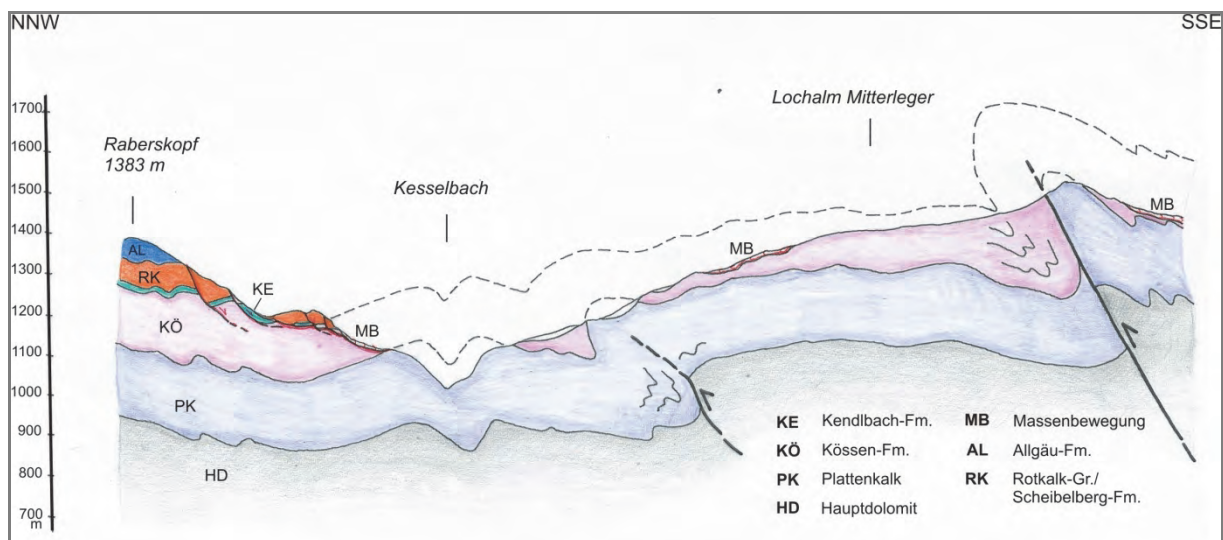


Abb. 7: Geologischer Profilschnitt zwischen Raberskopf im Norden und Lochalm-Mitterleger im Süden; Erläuterung im Text.

Der Gipfelbereich des Raberskopfes ist durch initiale, vorzugsweise ca. E-W-verlaufende und damit parallel zu den Faltenscharnieren angelegte Zerrstrukturen gekennzeichnet (Abb. 6). Etwas unterhalb am Südrhang, auf Höhe 1280 m, zeichnet sich eine deutliche Abrisskante in Rotkalken ab. 50 Höhenmeter tiefer ist eine markante Hangverebnung ausgebildet, die als große Nackentalstruktur einer „abgesackten“ Rotkalk-Scholle interpretiert wird. An der talseitigen Stirn dieser intern stark aufgelockerten, aber noch im Verband befindlichen Scholle entwickeln sich weitere Abrisse mit Rotkalk-

Blockschutt auf Kössen-Fm. Der Faltenbau wird also durch eine Massenbewegung überprägt, indem die kompetenten Rotkalken über der inkompetenten Kössen-Fm. (inklusive Schattwalder Schichten an deren Top) hier etwas südlich des Antiklinalcharniers abreißen und in die Synklinalstruktur „eingleiten“ (Abb. 7). Mechanisch lässt sich dieser Prozess als Kombination aus plastischer Deformation des weichen Unterlagers (im Wesentlichen Kössen-Fm.) und schichtparallelem Ableiten im Bereich der Grenzfläche „Hart auf Weich“ (Rotkalken über Schattwalder Schichten bzw. Kössen-Fm.) beschreiben.

Westlich der Rotkalk-Scholle hin zum Einschnitt des Zotenalmbaches ist die Kössen-Fm. v. a. in Form stark verfalteter Kalke aufgeschlossen. Nach Süden zum Zotenalm-Niederleger herrschen tendenziell flachgründige Rutschprozesse mit markanten Schutt-/Erdströmen im distalen Auslauf vor. In der Westflanke des Raberskopfes zum Zotenalmbach hin sind tief greifende Massenbewegungen in der Kössen-Fm. im tieferen und in der Rotkalk-Gruppe bzw. Allgäu-Fm. im höheren Hangabschnitt bis nahe des Gipfels entwickelt. Hier fällt ein großer muschelförmiger Ausbruch mit bergseitig ca. N-S-streichenden Zerreißungsstrukturen auf. Dazu gehört eine ca. 100 Höhenmeter darunter liegende, durch ein markantes Nackental (Verlauf der Rotwandalm-Straße) charakterisierte Rutschmasse. Die Stirn dieser Rutschmasse zeigt mehrere aktive Rotationsanbrüche in den bachnahen Uferabhängen.

Analog dazu fällt in der Ostflanke des Raberskopfes nach Südosten zum Rotwandalmbach hin eine tief greifende, sackungsähnlich gestaffelte Abrisszone in den Rotkalken auf, die die älteren, nach Süden zum Kesselbach hin gerichteten Abrisse abschneidet. Die Rotkalken werden hangabwärts sukzessive in kleinere Schollen und in Blockwerk zerlegt und vermischen sich mit den liegenden Mergeln und Tonsteinen der Kössen-Fm. zu Rutschmassen mit Schuttstromcharakter. Diese reichen zwar bis unmittelbar an den Bach heran, dieser hat sich jedoch bereits vollständig in anstehende Kössen-Fm. eingetieft.

Im „Zwickel“ zwischen Rotwandalmbach und Kesselbach, am südwestlichen Hangfuß des Juifen, befinden sich neben der dort anstehenden Kössen-Fm. auch Rutschmassen in Form von aus der Juifen-Südflanke abgeglittenen Rotkalk-Schollen. Deren rechtsufrige Stirn am Kesselbach ist durch ältere und jüngere Uferanbrüche im Wechselspiel mit den linksufrigen Anbrüchen an der Stirn der Felsgleitung Hiesenschlagalm (siehe Kapitel 3.3.) morphologisch zergliedert.

3.3. Massenbewegungen südlich des Kesselbaches (Bächental)

In den NW-exponierten Hängen im Bereich Hiesenschlagalm bis Lochalm-Hochleger streichen die generell N-fallenden Schichten der Kössen-Fm. (inkl. Kendlbach-Fm. mit Schattwalder Schichten) und der darüber liegenden Rotkalk-Gruppe bzw. Allgäu-Fm. auf breiter Fläche aus (Abb. 2, Abb. 9) Wie auch nördlich des Kesselbaches prägen mehrere N-vergente Faltenzüge mit Amplituden von einigen hundert Metern die Hangmorphologie mit Steilstufen (steile Faltenschenkel) und Verflachungen (flache Faltenschenkel). Eine charakteristische Ausbildung der Massenbewegungen manifestiert sich ebenfalls vorzugsweise in Abrissen im Bereich der Antiklinalcharniere (Bereich der Steilstufen), bei gegebener „Hart auf Weich“-Konstellation (Rotkalken auf Kössener Ton- und Mergelsteinen bzw. Schattwalder Schichten). In Verbindung mit den morphologischen Gegebenheiten der glazialen und postglazialen Reliefentwicklung gleiten bis zu mehreren Zehnermetern mächtige, kompetente, karbonatische Schichtpakete als Schollen auf den mechanisch schwachen Feinklastika vorwiegend schichtparallel ab (Abb. 8, 9, 10, 11).

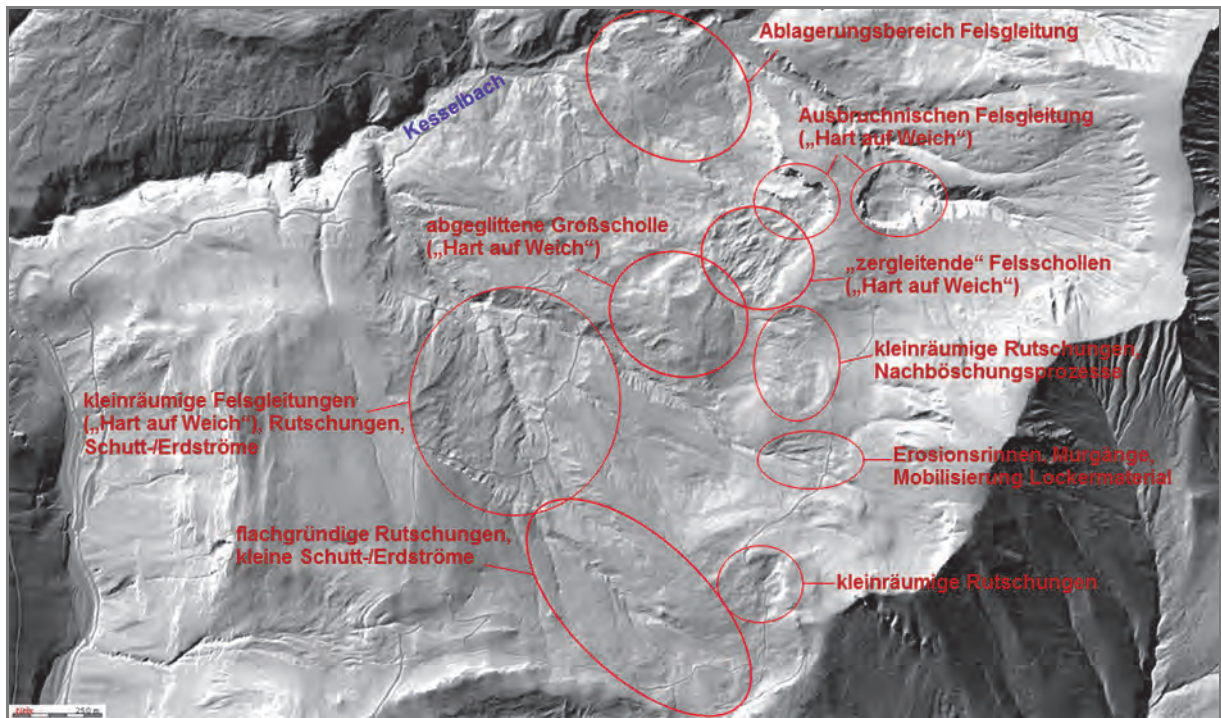


Abb. 8: Verbreitung gravitativer Massenbewegungen (schematisch umgrenzt) in den NW-exponierten Hängen südlich des Kesselbachs (Bächental, Karwendel-Synklinale); Laserscanning Tirol © Land Tirol.

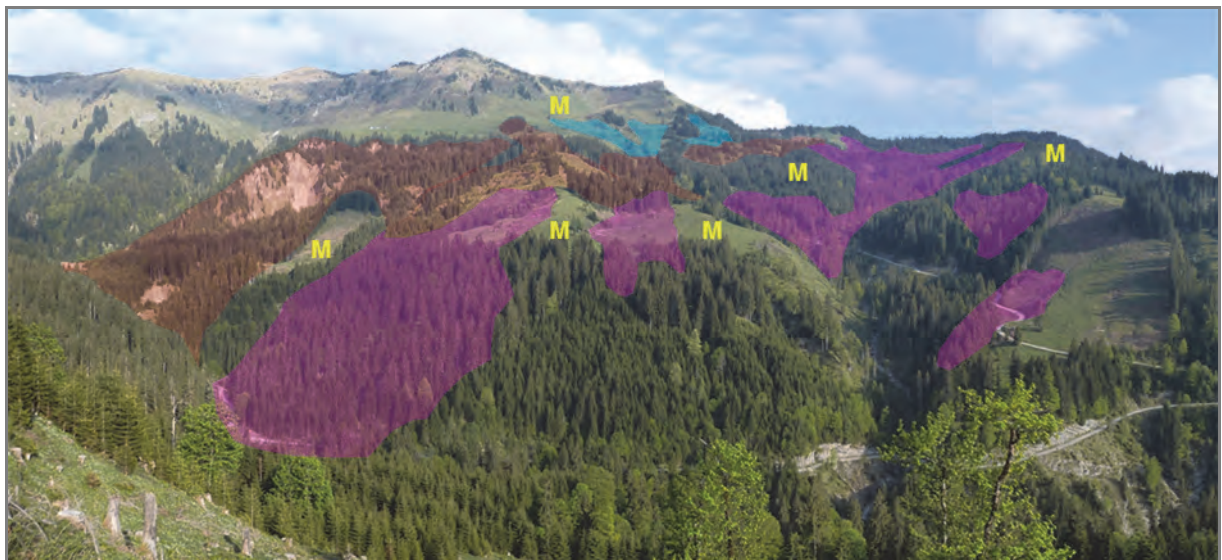


Abb. 9: Blick vom Raberskopf nach SE auf die NW-exponierten Hänge südlich des Kesselbachs mit den von Massenbewegungen betroffenen Flächen.
Rote Flächen: Rotkalk-Gruppe (mit Übergängen zur Allgäu-Fm.) über Kössen-Fm. bzw. Schattwalder Schichten; vorherrschende Prozesstypen: Bergzerreißung in Kombination mit Felsgleitung („Hart auf Weich“).
Violette Flächen: Kössen-Fm.; vorherrschende Prozesstypen: Rutschungen, Schutt- und Erdströme, kleinere Zerreißen (Hart/Weich-Wechsellagerung).
Blaue Flächen: Allgäu-Fm.; vorherrschende Prozesstypen: kleine Rutschungen, Erosion (Rinnen), Murgänge.
Gelbe Signatur (M): Moräne, teilweise umgelagert durch die Massenbewegungsprozesse.

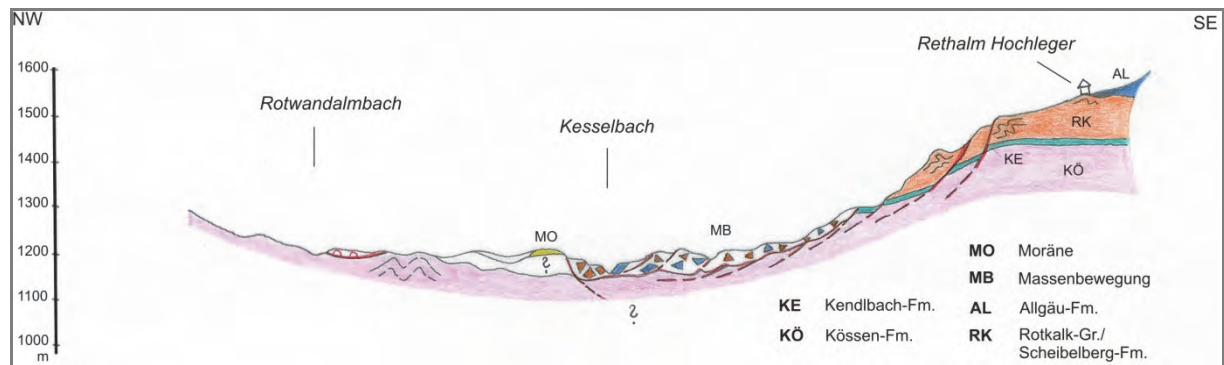


Abb. 10: Geologischer Profilschnitt zwischen Rotwandalmbach im Norden und Rethalm-Hochleger im Süden; Erläuterung im Text.

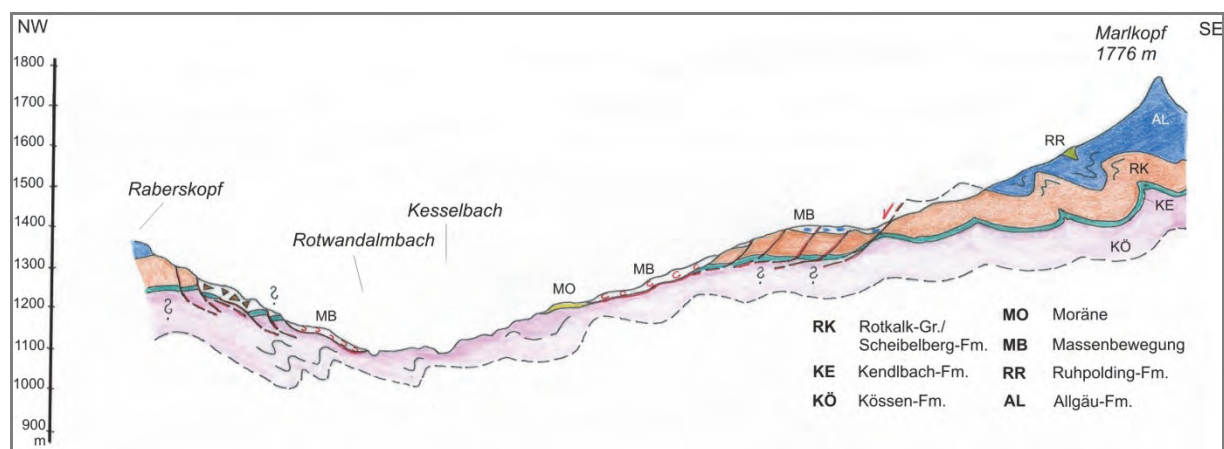


Abb. 11: Geologischer Profilschnitt zwischen Raberskopf im Norden und Markkopf im Süden; Erläuterung im Text.

Im nordöstlichsten Abschnitt ist eine größere, zusammenhängende Masse aus einer deutlichen Abrissnische bis in den Kesselbach abgeglitten (Abb. 8, 10, 12). Im heutigen Erosionsanschnitt des Kesselbaches ist dies belegt durch die Front der relictisch noch im Verband befindlichen Gleitmasse (Rotkalk) über einer geringmächtigen Gleitzone, bestehend aus intensiv deformierten schwarzen und roten Mergeln (Kössener bzw. Schattwalder Schichten; Abb. 12d). An deren Basis ist eine Lage aus überfahrenen Baumstämmen eingebettet. Unterhalb der Gleitzone liegen lokal Reste von überfahrenem Bach-/Murschutt. Der Bach selbst ist nunmehr wieder bis auf die anstehende Kössen-Fm. eingeschnitten. Altersdatierungen dieser Hölzer wie auch an Hölzern in aufgefundenen Rückstausedimenten bachaufwärts der Gleitmasse werden durchgeführt und weisen auf ein wenige hundert Jahre altes Ereignis hin.

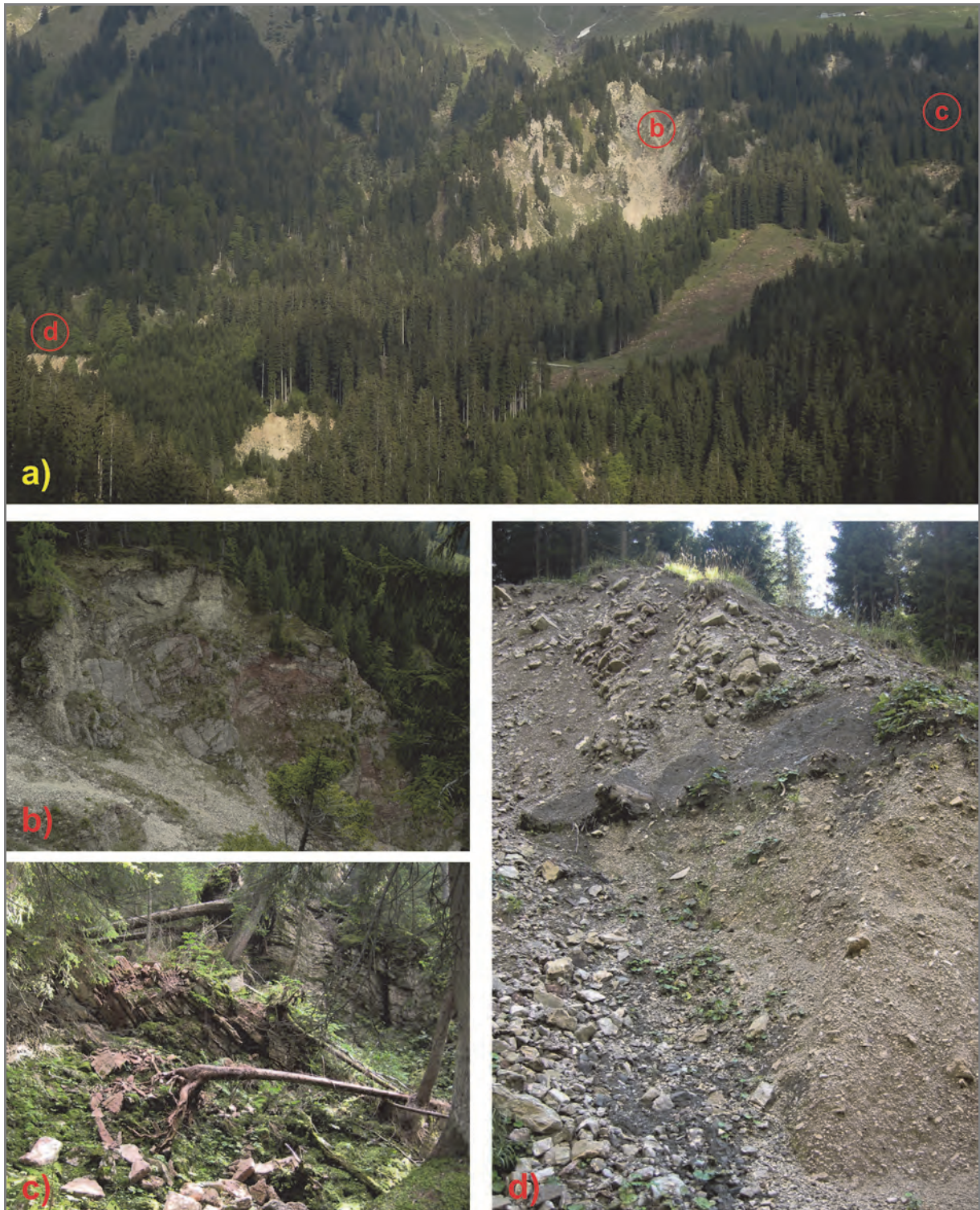


Abb. 12: Felsgleitung (Rotkalk-Gruppe/Allgäu-Fm. über Kössen-Fm./Schattwalder Schichten) im nord-östlichen Abschnitt des Massenbewegungsareals südlich des Kesselbachs.

- a) Blick nach SE auf den Abrissbereich unterhalb des Rethalm-Hochlegers (b, c) und den Ablagerungsbereich (d).
- b) Blick in die Abrissnische mit großer, im Verband erhaltener Felsscholle.
- c) „zergleitende“ Felsschollen aus Rotkalk, rezent aktiv.
- d) Erosierte Stirn der Felsgleitung im Kesselbach: die Gleitmasse aus Rotkalk (reliktisch im Verband) über intensiv deformierten roten und schwarzen Kössener/Schattwalder Mergeln und Tonsteinen (Gleithorizont mit überfahrenen Baumstämmen an der Basis) überlagert Bach-/Murschutt.

Im südwestlichen Abschnitt tritt einzig die Kössen-Fm., teilweise mit mächtigerer Moränenbedeckung auf. Die Verwitterungsanfälligkeit und wasserstauende Wirkung der überwiegend feinklastischen Sedimente führt zu großflächigen, aber tendenziell seichten, in Teilbereichen schutt-/erdstromartigen Rutschungen mit Lockermaterialcharakter (Abb. 13a). Dabei wird auch auflagerndes Moränenmaterial involviert. In den Feinklastika tritt zudem eine mehrere Meter mächtige Kalkrippe (Lithodendronkalk) hervor. Sie bildet eine kleinräumige „Hart (Lithodendronkalk) auf Weich (Feinklastika)“-Konstellation mit Zerlegung der Kalke und anschließenden schutt-/erdstromähnlichen Rutschkörpern (Abb. 13b). Kleinere, aber zahlreiche Rotationsanbrüche hin zu eingeschnittenen Gerinnen sind in der mächtigeren Grundmoräne zu beobachten. Die Grundmoräne selbst ist aber in meist relativ stabilen Bereichen erhalten. Die Massenbewegungen „verlieren“ sich typischerweise hangabwärts am Übergang zum unterlagernden Plattenkalk, erreichen hier also nicht direkt den Kesselbach (siehe auch Abb. 9: violette Flächen in rechter Bildhälfte).

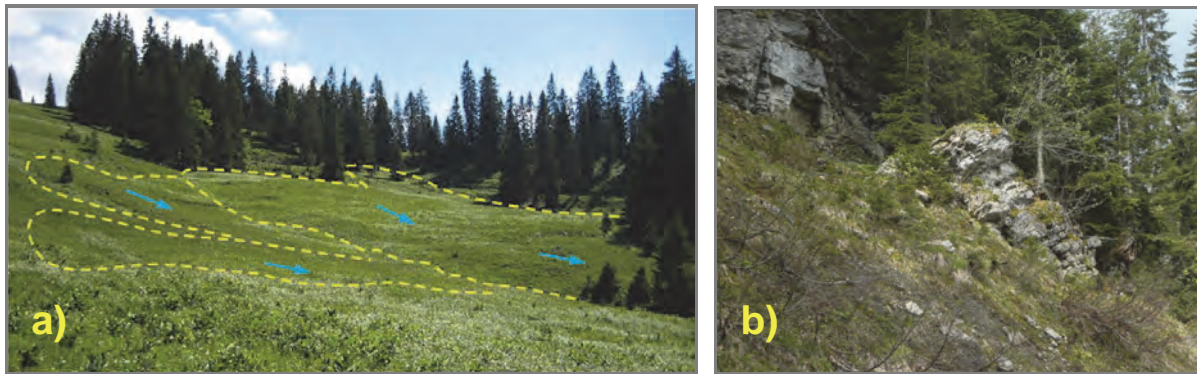


Abb. 13: a) Großflächige, aber seichte Rutschprozesse in Kössen-Fm. (teilweise mit auflagerndem Moränenmaterial) bei geringer Hangneigung und starker Durchfeuchtung (Kössener Mergel und Tonsteine als Wasserstauer).
b) Verkippung/Kollaps von Felspartien des Lithodendronkalks, weitere Zerlegung und Abgleiten in Rutschungen und Schuttströmen auf verwitterten Feinklastika.

3.4. Massenbewegungen im Gebiet der Klammbachalm östlich von Achenwald

Der Plattenkalk fällt im südexponierten Hang zwischen Reitstein (1516 müA) im Westen und Schildenstein (1613 müA) im Osten Richtung Klammbach und Mahmoosbach mittelsteil ca. 30° bis 45° nach Süd bis Südost mit dem Hang bzw. in kleinem Winkel aus dem Hang streichend ein. Weit durchschlagende, WNW-ESE-streichende Störungen mit dextralen Versätzen segmentieren die Schichtfolge hier im Nordschenkel der Thiersee-Synklinale und führen zum stufenförmigen „Vorspringen“ des Plattenkalkes nach Südosten (Abb. 14).

In einem Zwickel zwischen NE-SW-verlaufendem Schichtstreichen des Plattenkalkes und einer dieser dextralen Störungen sind nördlich oberhalb der Klammbachalm auf einer Höhe von ca. 1220 bis 1260 m markante Abrisse ausgebildet (Abb. 15). Die insgesamt komplexe Massenbewegung entwickelt sich durch schichtparalleles Zergleiten der obersten Plattenkalkbänke entlang der zur hangenden Kössen-Fm. zunehmend eingeschalteten Mergel- und Tonsteinfugen. Im Hangprofil wird eine große konvexe flexurelle Verbiegung des Plattenkalkes durch einen steileren Unterhang und einen flacheren Oberhang nachgezeichnet (Abb. 16). Bedingt durch die Hangmorphologie fällt die Schichtung überwiegend geringfügig steiler ein als die Hangneigung (relativ stabile Konstellation). Im Scharnierbereich der Flexur (konvexer Übergang flacherer Oberhang – steilerer Unterhang) sind Schicht- und Hangeinfällen praktisch gleich (instabile Konstellation; Abb. 17 linkes Bild). Morphologisch äußert sich dies in einem Ausstreichen der Schichtköpfe im flacheren Oberhang, einem Zergleiten der Schichtpakete im Be-

reich des Scharniers und einem „Herauskippen“ der Schichtpakete im Unterhang infolge „Nachschiebens“ und Stauchung durch die abgleitenden Gesteinsplatten oberhalb.

Vom stabilen Gebirge durch die markanten dextralen Störungen abgetrennt, zerlegen sich die abgleitenden bzw. „gestauchte“ herauskippenden Plattenkalkbänke sukzessive auf kurzer Distanz (einige Zehnermeter Transportweite) in ein plattiges Grobblockwerk. Diese Blockschutthalde fährt auf die hangabwärts einsetzenden, ebenfalls ca. mit dem Hang streichenden und steiler als die Hangneigung einfallenden Schichten der Kössen-Fm. auf. Deren überwiegend feinklastisches Verwitterungsmaterial transportiert als Rutschmasse das Blockwerk weiter talwärts. Unterhalb des hier in einer Geländeverflachung auf ca. 1160 m querenden Forstweges zeigt der östliche Transportbereich einen rezent inaktiven Blockstrom, der bis auf eine Höhe von 1070 m herunterreicht.

Der rezent aktive westliche Bereich wird durch stark vernässte Rutschungen aus Rotationsanbrüchen in Kössener Mergeln und Tonsteinen am Westrand der Massenbewegung zusätzlich genährt (Abb. 17 rechtes Bild). Räumlich und zeitlich multiple Generationen von Schuttstromzungen transportieren ab hier die gesamte Materialzufuhr (einschließlich Plattenkalkschutt) Richtung Klammbach, wo eine Vereinigung mit weiteren, von Nordosten herantransportierten Rutschmassen erfolgt. Ab hier biegt die Rutschmasse mit Schuttstrom-Charakter nach Südwesten ins Klammbachtal ein und reicht trotz geringer Hangneigung sehr weit bis zu einer Talverengung am Zusammenfluss von Grabnerbach und Klammbach. Die Stirn der Rutschmasse ist im Bachbett bis auf anstehende jurassische, teils kieselige Kalksteine und Mergel erosiv angeschnitten. Dadurch lässt sich eine Mächtigkeit der Rutschmasse von mindestens ca. 15 m im distalen Bereich abschätzen.

Die weiter von Nordosten herantransportierten Rutschmassen stammen aus einem östlich an das beschriebene Massenbewegungsareal anschließenden Herkunftsbereich. Dieser ist zwar ebenso großflächig, aber insgesamt weniger deutlich entwickelt. Beide Bereiche trennt ein N-S-verlaufender, relativ stabiler Rücken aus Gesteinen der Kössen-Fm., der unterhalb des oben erwähnten Forstweges ab einer Höhe von 1140 m talwärts Zerrgräben und „Absetzungen“ zeigt. Auf einer Höhe von 1100 m tritt eine mehrere Meter mächtige, steil in den Hang fallende Kalkrippe mit aufgelockertem Gesteinsverband morphologisch hervor.

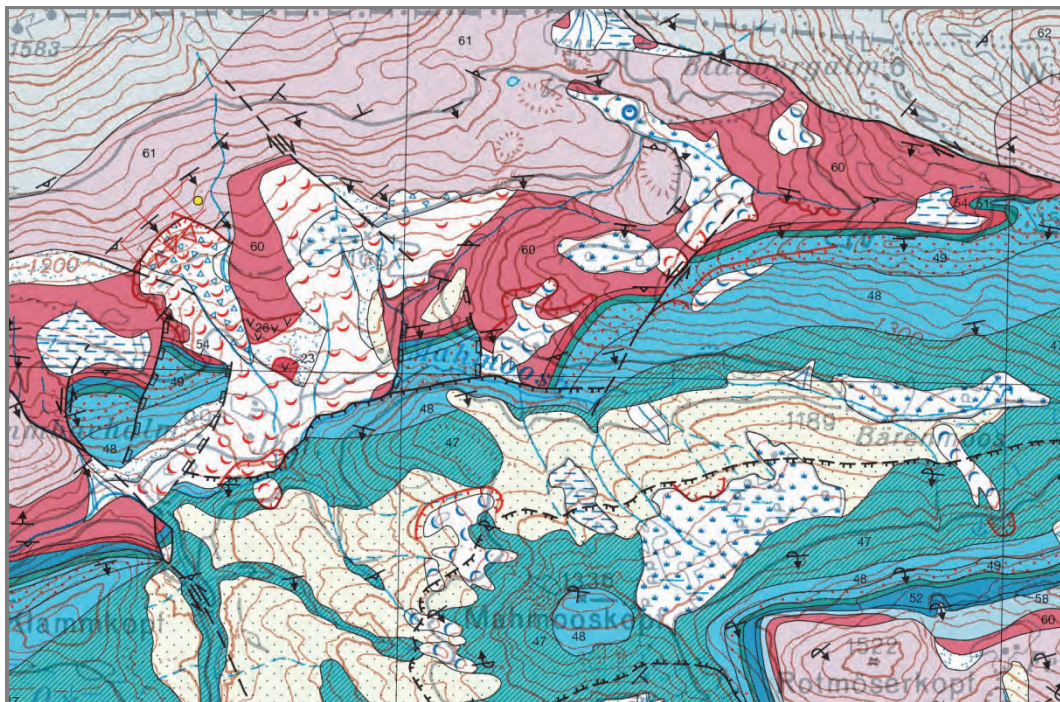


Abb. 14: Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:25.000 Blatt 88 Achenkirch (GRUBER & BRANDNER, 2011; Beilage I zu diesem Tagungsband) mit den Massenbewegungen im Gebiet Klammbachalm – Blaubergalm – Mahmooskopf; Legende siehe Beilage I.

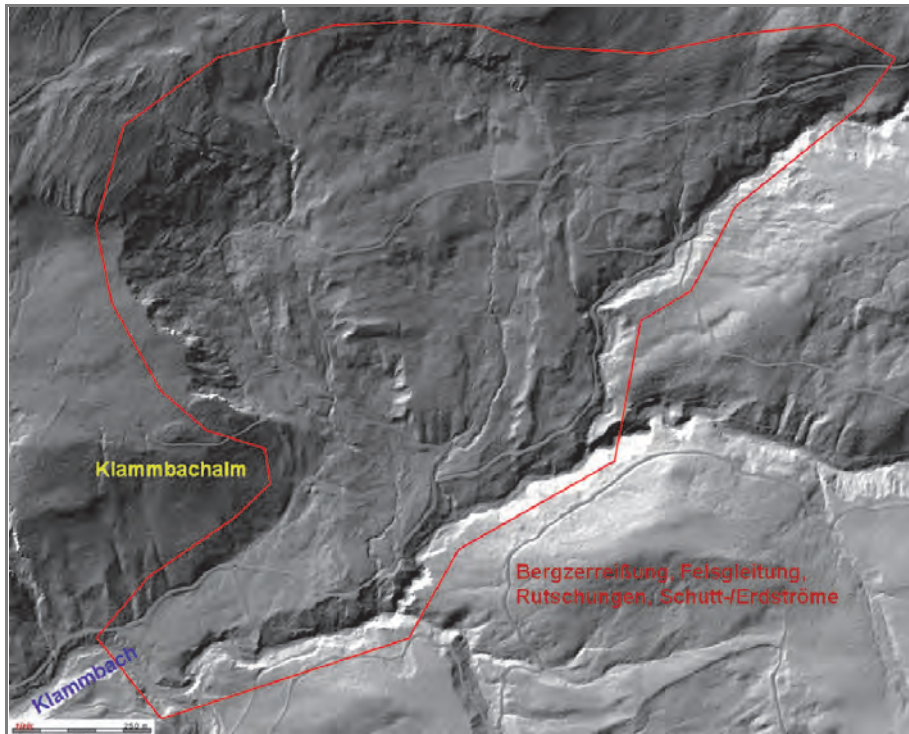


Abb. 15: Komplexe Massenbewegung Klammbachalm (schematisch umgrenzt) im Nordschenkel der Thiersee-Synklinale; Laserscanning Tirol © Land Tirol.

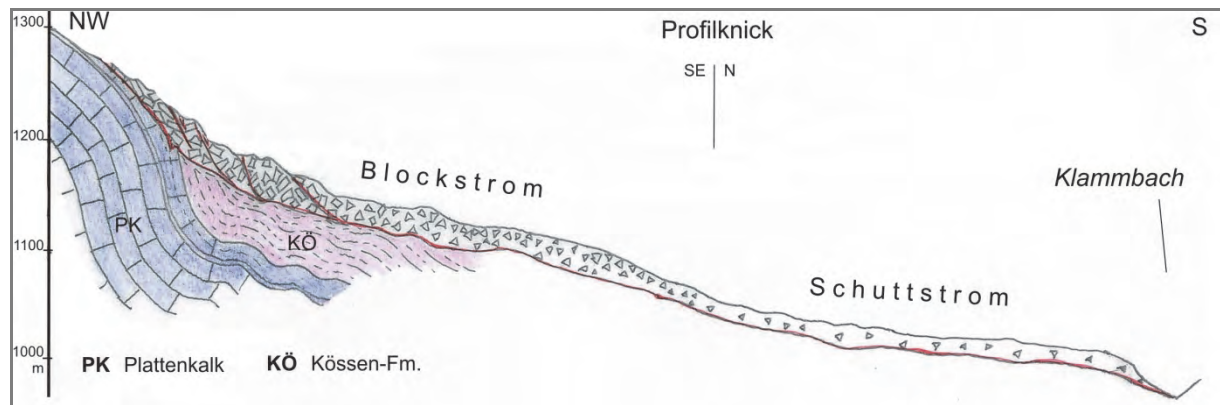


Abb. 16: Geologischer Profilschnitt im Bereich Klammbachalm nördlich des Klammbaches; Erläuterung im Text.



Abb. 17: Komplexe Massenbewegung Klammbachalm; Abrissbereich im mit dem Hang fallenden Plattenkalk (linkes Bild); stark vernässter Anbruch in Kössen-Fm. mit anschließender schuttstromartiger Rutschmasse und Krummwuchs der Bäume (rechtes Bild).

Im weiteren Umfeld der Klammbachalm nach Südosten und Osten treten in der Thiersee-Synklinale weitere Massenbewegungen auf (Abb. 14). Sie erreichen, bezogen auf Fläche und Tiefgang, zwar bei Weitem nicht die voranstehend beschriebenen Dimensionen, sind aber teilweise kinematisch sehr aktiv und möglicherweise als Geschiebeherde von Relevanz.

Erwähnenswert sind diesbezüglich mehrere kleinere Rutschkörper und Schutt-/Erdströme in Grundmoräne und im Verwitterungsmaterial der Schrambach-Fm. in der westlichen bis nordwestlichen Flanke des Mahmooskopfes (1336 müA), im Niveau und etwas unterhalb des dortigen Forstweges auf ca. 1100 bis 1180 müA. Ein auffälliger, ca. 300 m langer, 20–50 m breiter und wenige Meter mächtiger Erdstrom findet sich auf Höhe des Bärenmooses unmittelbar südlich des Mahmoosbaches und des dortigen Forstweges. Er bezieht sein Material über eine tiefe, steile Rinne aus einem markanten Anbruch in verwitterter Schrambach-Fm. am oberen Forstweg bei ca. 1300 bis 1360 müA nordöstlich unterhalb des Rotmöserkopfes (1522 müA).

In der vom Mahmoosbach (bei ca. 1100 müA) zur Blaubergalm hinaufziehenden Kössen-Fm. sind, teils im tektonisch überprägten Grenzbereich zu den hangenden Schichtfolgen, wiederum mehrere Rutschungen entwickelt, die lokal auch etwas tiefer greifend sein können. Am Kamm zwischen Blaubergalm und Bärenmoos verläuft auf einer Höhe von ca. 1300 bis 1420 müA (bis zur dortigen Kehre der Blaubergalmstraße hinaufreichend) eine Bergzerreißung mit initialen Sackungsstrukturen in den gemäß der Hangexposition S-fallenden Schichten der Ammergau-Fm.

3.5. Massenbewegungen im Gebiet Schneidjoch – Wildalm

Im N-exponierten Hang des langgezogenen Kammes des Schneidjochs (1811 müA), hin zum weitläufigen Verebnungsbereich der Wildalm (mit dem bedeutsamen Moorkomplex des Wildalmfilzes), sind drei signifikante Massenbewegungsareale ausgebildet (Abb. 18). Gemeinsam ist ihnen die gleiche geologisch-geotechnische Grundsituation (Abb. 19): das Schneidjoch stellt den überkippten und zusätzlich nach Norden an einer flachen Scherbahn durchgerissenen Südschenkel der Thiersee-Synklinale dar. Somit lagern, mehr oder weniger steil invers S-fallend, sehr kompetenter Hauptdolomit und Plattenkalk im Bereich des Schneidjoch-Kammes einer insgesamt inkompetenten inversen Schichtfolge (Kössen-Fm., Allgäu-Fm., Ammergau-Fm., Schrambach-Fm.) auf. Eine Ausnahme ist der sehr kompetente im Hangenden der Kössen-Fm. eingeschaltete Oberrhätkalk.

Am Westende des Schneidjoch-Kammes ist im Übergang Hauptdolomit – Plattenkalk eine Bergzerreißung mit Sackungsstrukturen, Abrissen und starker Auflockerung des Gebirgsverbandes Richtung Filzmoosbach ausgebildet (in Abb. 18 links im Bild). Im Niveau der invers unterhalb ausstreichenden Kössen-Fm. geht die Massenbewegung in zwei teils sehr aktive Rutschkörper über, die über Schrambach-Fm. bis zum Forstweg auf ca. 1300 bis 1320 mA herabreichen. Eigentliche Ursache der Hanginstabilität dürfte das Versagen des mechanisch schwächeren Unterlagers sein.

Nordöstlich unterhalb des zentralen Abschnitts des Schneidjochs, unmittelbar östlich der Angernalm, liegt ein bewaldeter Kopf aus Oberrhätkalk (in Abb. 18 in Bildmitte). Die durchreichende Überschiebung im inversen Südschenkel der Thiersee-Synklinale bringt diesen über der überkippten, tektonisch lückenhaften Schichtfolge Allgäu-Fm. bis Schrambach-Fm. zum liegen (tektonisch bedingte „Hart auf Weich“-Konstellation (Abb. 20). Mitten am Kopf verläuft eine N-S-streichende, nach E exponierte, markante Abbruchkante. Sie setzt im Norden als Zerrgraben ein und entwickelt sich nach Süden zu einer bis über 20 m hohen Felskante. Die Abbruchkante markiert den Übergang vom aufgelockerten, aber noch im Verband befindlichen Gebirge zur Richtung Osten in Groschollen (zwei hohe, freistehende Felstrme) bis Blockwerk zerlegten, „abgesackten“ und zerglittenen Felsmasse aus Oberrhätkalk (Bergzerreißung Angernalm). Zudem ergibt sich der Eindruck eines „Einsinkens“ (plastische Deformation) in das weiche Unterlager. Das Blockwerk endet mit steilen Böschungen über den sumpfigen Wiesen der Wildalm.

Der Abendstein (1596 mA) ist ein im inversen Oberrhtkalkzug am Ostende des Schneidjoches markant herausragender Felskopf (in Abb. 18 rechts im Bild; Abb. 21). Mitverantwortlich dafür ist eine hier auftretende Schar von steilstehenden, dextralen NW-SE- und sinistralen NE-SW-Seitenverschiebungen. Sie „verschneiden“ und „zerhacken“ den Oberrhätkalk regelrecht und bewirken das seitliche Herauskippen großer Kalkschollen auf die lateral anstehende Kössen-Fm. (Bergzerreißung Abendstein). Mit deren generell auch dort zu seichterem Rutschprozessen tendierendem Verwitterungsmaterial „wandern“ die Felsblöcke hangabwärts nach N.

Südlich des Abendsteins folgt hangaufwärts nach einer E-W-streichenden Senke, die den Verlauf der ebenfalls tektonisch „zerhackten“ Kössen-Fm. nachzeichnet, invers S- bis steil aufrecht N-fallender Plattenkalk (Abb. 22). Hier, im Übergang zum Ragstatt-Rücken, der östlichen, morphologisch abgerundeten Fortsetzung des Schneidjoch-Kammes, sind tief greifende, E-W-streichende Bergzerreiungen mit deutlichen Zerrgräben ausgebildet (Bergzerreißung Ragstatt-Rücken). Sie entwickeln sich durch den heraus kippenden, dabei aufgehenden, steil in den Hang fallenden Schichtverband nach Art des Schichthakenwurfs. Die invers darunter einfallende Kössen-Fm. dürfte aus geomechanischer Sicht einmal mehr der wesentliche Schwachpunkt sein.

Die Bergzerreiungen Abendstein und Ragstatt-Rücken können als zusammenhängender, tektonisch und lithologisch induzierter Prozess der gravitativen Gebirgsauflockerung interpretiert werden.

3.6. Weitere Massenbewegungen auf dem Kartenblatt

Auf dem Kartenblatt Achenkirch (GRUBER & BRANDNER, 2011; Beilage I in diesem Tagungsband) befinden sich zahlreiche weitere, hier nicht beschriebene, tiefer greifende wie auch eher flachgründige Massenbewegungen (Bergzerreiungen, Rutschungen/Gleitungen, meist kleinere Schutt- und Erdströme), die vorzugsweise im Verlauf der Karwendel- und Thiersee-Synklinale zu finden sind. Namentlich noch kurz erwähnt werden Massenbewegungen im Gebiet Hofjoch (1341 mA) – Schmalkopf (1048 mA), südlich des Blaubergkopfs (1787 mA) und der Halserspitze (1863 mA) im Bereich Schnleitenalm, westlich und nordöstlich des Lindsteins (1373 mA), zwischen Lochalm-Hochleger und -Niederleger (Bächental) und am Plickenkopf (1429 mA).

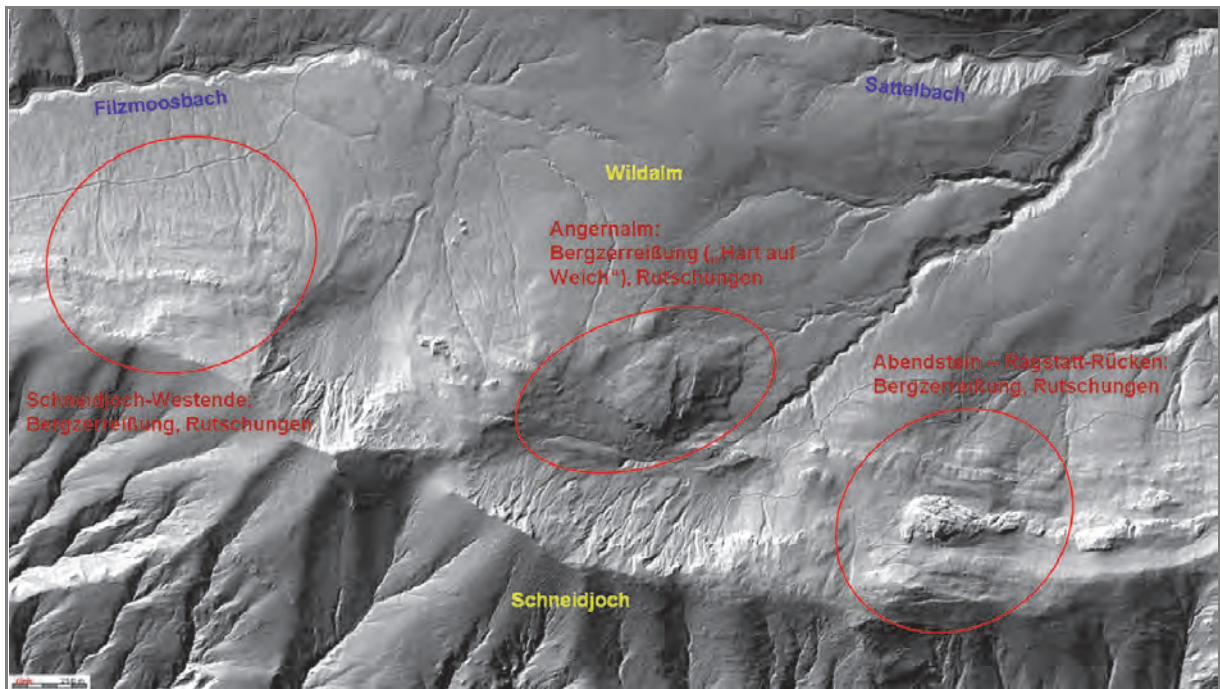


Abb. 18: Verbreitung gravitativer Massenbewegungen (schematisch umgrenzt) in den N-exponierten Hängen des Schneidjochs (Südschenkel der Thiersee-Synklinale); Laserscanning Tirol © Land Tirol.

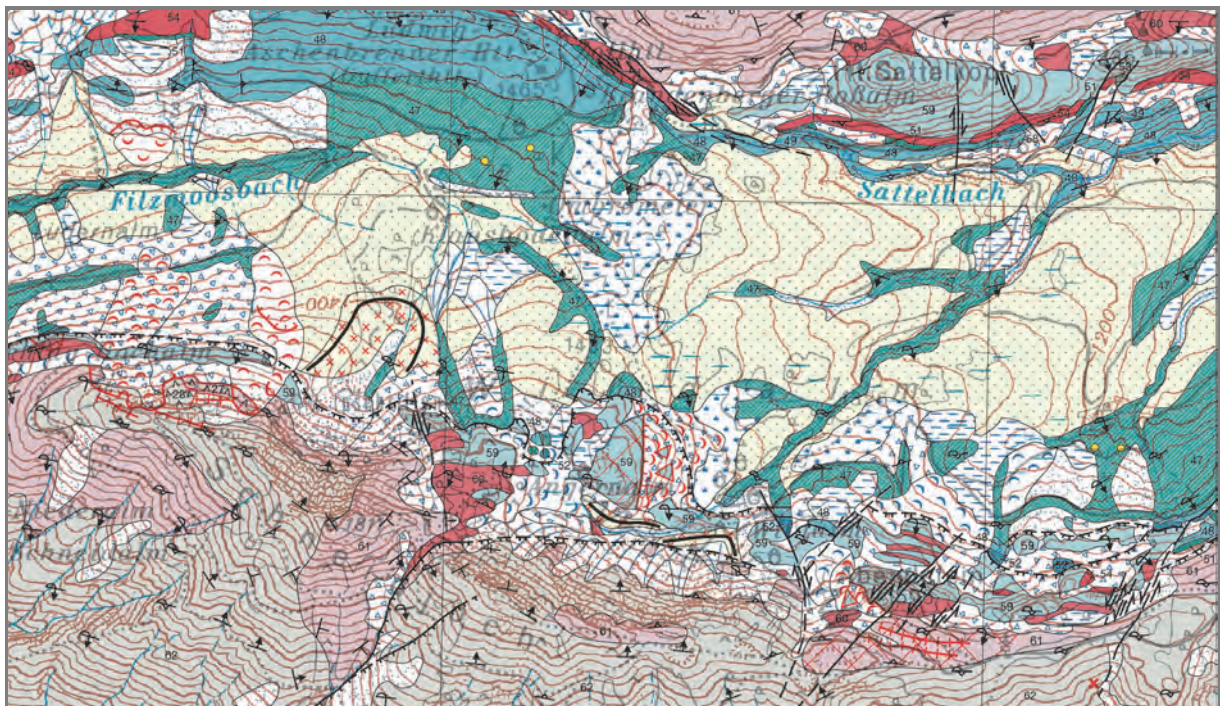


Abb. 19: Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:25.000 Blatt 88 Achenkirch (GRUBER & BRANDNER, 2011; Beilage I zu diesem Tagungsband) mit den Massenbewegungen im Gebiet Schneidjoch – Wildalm; Legende siehe Beilage I.

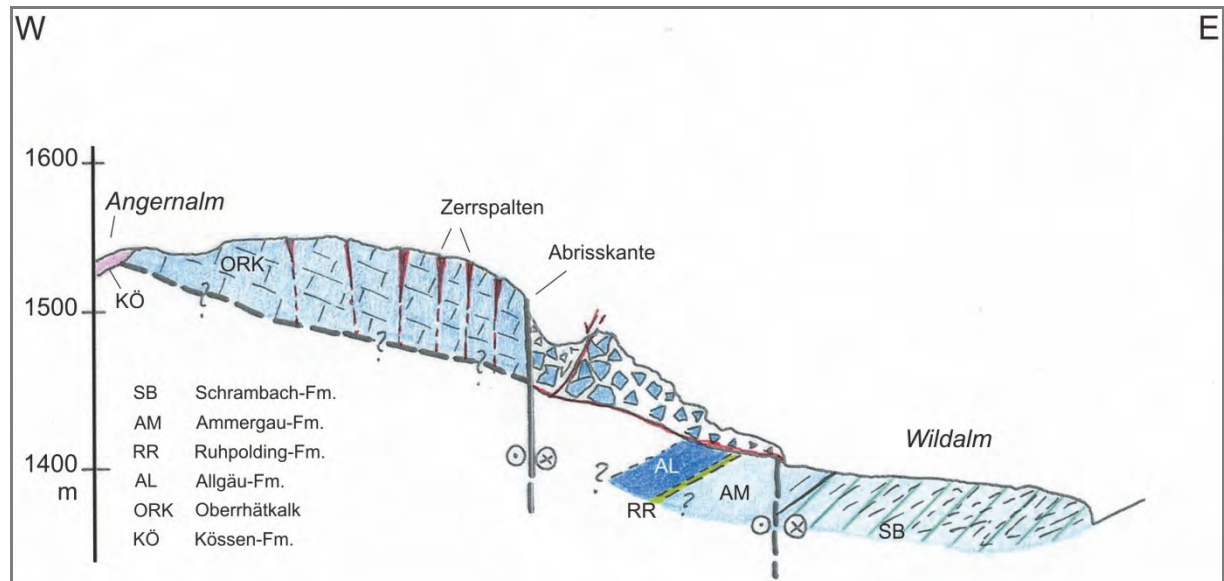


Abb. 20: Geologischer Profilschnitt durch die Bergzerreißung östlich der Angernalm; Erläuterung im Text.

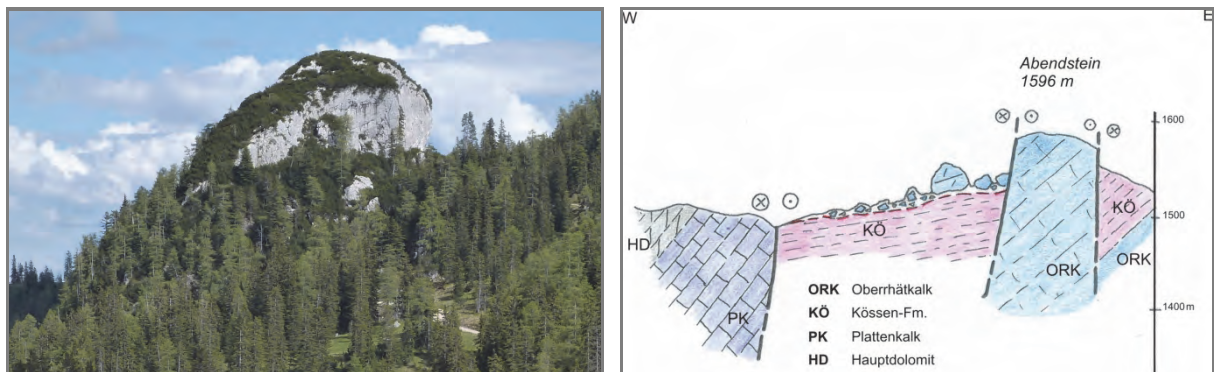


Abb. 21: Blick nach E auf den Abendstein (linkes Bild) in Richtung Profilverlauf W-E des rechten Bildes.
 Geologischer Profilschnitt (rechtes Bild) durch die Bergzerreißung des Abendsteins; Erläuterung im Text.

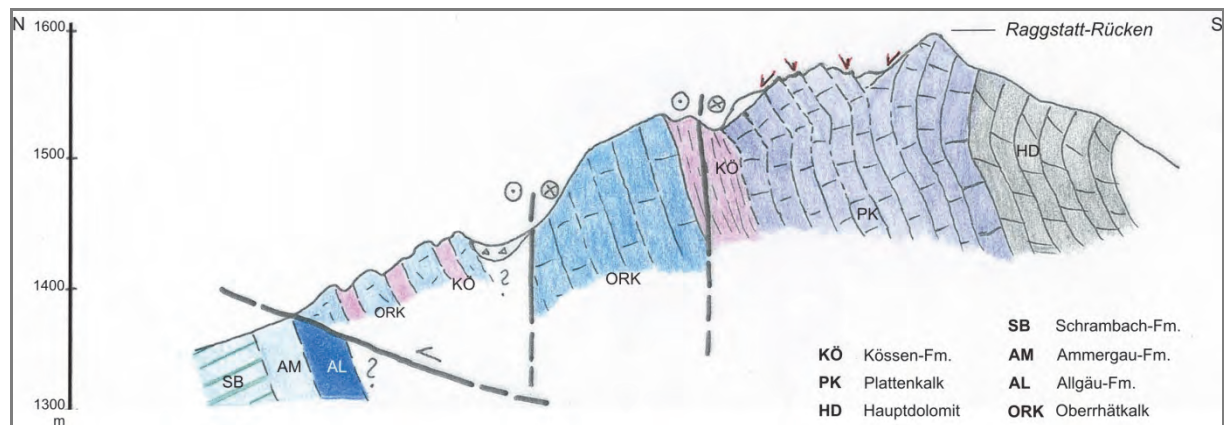


Abb. 22: Geologischer Profilschnitt von der Wildalm im Norden über den Abendstein (Bildmitte) bis zu der Bergzerreißung des Ragstatt-Rückens im Süden; Erläuterung im Text.

4. Zusammenfassende Charakteristika der Massenbewegungen

Zusammenfassend werden hinsichtlich der Typisierung und Charakterisierung der gravitativen Massenbewegungen auf Blatt 88 Achenkirch folgende Punkte hervorgehoben:

- Morphologisch prägende Massenbewegungen sind Bergzerreißen, große Felsgleitungen bzw. großflächige Rutschungen in Kombination mit Phänomenen und Prozessen der plastischen Deformation sowie Schutt-/Erdströme; häufig miteinander kombiniert bilden sie komplexe Massenbewegungen.
- Die Ursachen der Massenbewegungen sind überwiegend an die geotechnischen Eigenschaften der Gesteine der Kössen-Fm. (inklusive Schattwalder Schichten bzw. Kendlbach-Fm.), der Rotkalk-Gruppe, der Allgäu-Fm. und der Schattwald-Fm. gebunden; diese sind in der Karwendel-Synklinale im Westen und der Thiersee-Synklinale im Osten des Kartenblatts weit verbreitet.
- Die Wechsellagerung kompetenter und inkompetenter Gesteine (z. B. Rotkalk-Gruppe und Kössen-Fm.) begünstigt die Entwicklung von Massenbewegungen vor allem in Form schichtgebundener Gleitprozesse, aber auch in Form plastischer Deformation der inkompetenten Abfolgen, verbunden mit einer Zerreißen des kompetenten Auflagers.
- Der Tiefgang der Massenbewegungen ist unterschiedlich: typisch sind wenige Meter bis mehrere Zehner-Meter; dabei stellen auch relativ seichte, aber großflächige Massenbewegungen landschaftsprägende Strukturen dar.
- Einige Massenbewegungen auf dem Kartenblatt könnten eine prä-LGM-Aktivität aufweisen; der Großteil der kartierten Massenbewegungen zeigt auch rezent eine teils erhebliche Bewegungsaktivität; Auswirkungen auf das Geschiebepotential der Wildbäche sind evident.

5. Literatur

- BRANDNER, R., LOTTER, M., GRUBER, A. & ORTNER, H. (2011): Vom Bächentaler Becken zur Achantaler Schubmasse. – Exkursionsführer Achantal-Bächental E3, Tagungsband Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2011 Achenkirch, Wien.
- GRUBER, A. & BRANDNER, R., mit Beiträgen von SAUSGRUBER, T., SPIELER, A., GRUBER, J., LOTTER, M. & ORTNER, H. (2011): Geologie des nördlichen Achenseeraumes – ÖK 88 Achenkirch. – Geologische Karte 1:25.000, Tagungsband Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2011 Achenkirch, Beilage 1, Wien.
- GRUBER, A., LOTTER, M. & GRUBER, J. (2010): Lithologisch-struktureller Bezug komplexer Massenbewegungen im Bächental (östliches Karwendelgebirge, ÖK 88 Achenkirch). – Vortrag und Kurzfassung Beitrag 12. Geoforum Umhausen, Umhausen – Niederthai.
- LOTTER, M. & ROHN, J. (in Vorb.): Geogene Naturgefahren – Ingenieurgeologie. – In: MANDL, G.W., VAN HUSEN, D. & LOBITZER, H.: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000 – Erläuterungen zu Blatt 96 Bad Ischl. – Geol. B.-A., Wien.