

Schesa-Bruchkessel, Bürserberg-Vorarlberg: Mehrphasiger Murschuttfächeraufbau, Ausräumungsgeschichte, Sanierung durch Rückböschung

Schesa-Gully, Bürserberg-Vorarlberg: Polyphasal Mud Flow Fan, History of Erosion, Stabilising trough Mining

von

Heiner BERTLE

mit 13 Abbildungen, 7 Tafeln und 2 Karten-Beilagen
with 13 figures, 7 plates and 2 maps

Schlüsselwörter:

Vorarlberg

Rätikon

Nördliche Kalkalpen

Arosazone

Spätwürm-Stratigraphie

Bruchkesselentstehung

Wildbachverbauung

Kiesgewinnung

Keywords:

Vorarlberg

Rätikon

Northern Calcareous Alps

Würm-Stratigraphy

Schesa-Gully

Torrent regulation

Gravel exploitation

Anschrift des Verfassers, address of the author:

DDr. HEINER BERTLE

Ingenieurkonsulent für Technische Geologie

Kronengasse 6

A-6780 Schruns

Austria

Inhalt

Zusammenfassung.....	140
Abstract.....	140
1. Einleitung.....	141
1.1. Aufgabenstellung.....	141
1.2. Beschreibung des Projektsgebietes.....	142
1.3. Untersuchungsablauf.....	142
2. Regionalgeologie u. Ergebnisse der Detailkartierung des Felsuntergrundes.....	146
3. Sedimentologisch-petrologische Untersuchung der Lockermaterialfüllung des Bruchkessels.....	149
4. Genese der Füllung des Schesabruchkessels und der Bruchkesselausräumung.....	150
5. Geologische Profilschnittserie / Ergebnis der Vergitterung im Vergleich zur Geophysik / Prognosesicherheit und Wirtschaftlichkeit geologischer Prognosen.....	162
6. Bewertung der Materialverwertbarkeit im Vergleich zum Gaschieraabbau.....	163
7. Erschließung des Bruchkessels, Materialabtransport, Aufbereitung, Waschschlammabseitung, Rückböschung.....	164
8. Stabilitätsbewertung, Empfehlungen.....	167
Dank.....	170
Literatur.....	171

Contents

Zusammenfassung.....	140
Abstract.....	140
1. Introduction.....	141
1.1. Geological target.....	141
1.2. Project area.....	142
1.3. Strategy of investigation.....	142
2. Regional geology and results of geological mapping of rock bed.....	146
3. Sedimentological-petrological investigation of soft rocks of the Schesa-gully.....	149
4. History of sediment deposition and erosion of the Schesa-gully.....	150
5. Geological cross sections – comparison with geophysics, security of prognosis and economy of geological prognosis....	162
6. Geotechnic quality of sediments in comparison to the sediments of the Gaschiera area.....	163
7. Development of the Schesa-gully, transport of material, preparation, deposition of residual mud, reduction of angle of slope.....	164
8. Stability of the Schesa-gully, recommendations.....	167
Acknowledgements.....	170
References.....	171

Zusammenfassung

Die vieljährigen Geländeerhebungen und Detailstrukturuntersuchungen, unterstützt durch die Ergebnisse der Sondierbohrungen und Schürfe sowie von Altersdatierungen an organischen Proben und durch Pollen- und Sporenbestimmungen, weisen den Schesabruchkessel als Ausräumung eines mehrphasig aufgebauten und wieder ausgeräumten, in der Hauptmasse im frühen Spätglacial am Eisrand, teilweise in einem zwischen Talhang und Illrandmoräne gestauten See vom Mühlebach aufgeschütteten Mur- und Schwemmschuttfächer aus.

Die Ausräumung seit 1796 wurde – wie mindestens zwei frühere Ausräumungen – durch den Einbruch des die Glacialschuttfüllung einer Wanne im Felsuntergrund gegen das Tal abschließenden verkarsteten Gipsriegels ausgelöst. Die Bruchkesselwände sind anhaltend instabil, wobei starke Anzeichen dafür sprechen, daß nach einer zeitweisen Verlangsamung der Bruchkesselausweitung seit einigen Jahren, verursacht hauptsächlich durch die derzeitige Position des

Hauptwandfußes auf der basalen Gleitfläche, eine sich in Zukunft verstärkende Beschleunigung von blockartigen Abgleitungen und Abkippungen in den Bruchkessel eingetreten ist.

Die mit einem Aufwand von öS 100 Mio. seit 1986 errichtete untertägige Förderbandstraße mit 5 Bändern und begleitender Betriebsstraße (auf über 500 m Länge in drei Tunneln geführt) überwindet eine Gesamtlänge von 3,2 km und einen Höhenunterschied von 450 m. Sie hat eine Förderkapazität von 400 bzw. 600 t/Std und gewinnt aus Bremsenergie bis zu 400 kWh.

Der seit 1995 laufende Probeabbau Gaschiera hat die Erwartungen bezüglich der Materialqualität nur teilweise erfüllt. Die Rückböschung kann, wie projektiert, ausgeführt werden, wobei großflächig als Abschlußböschungen standfeste, gegliederte und wiederaufforstungsfähige Felsböschungen bleiben.

Als entscheidende Vorfragen für die Realisierung der Schesabruchkesselsanierung durch Rückböschung mit Materialverwertung müssen eine wasserlose oder wasser-

sparende Voraufbereitung im Abbaubereich, ein Umbau der Förderbandanlage und die Waschschlammdeponierung im Tal gesichert sein.

Für die Bewertung einer Stabilisierung durch Rückböschung ergibt die genetische Auflösung der Gesamtschüttung in zusammengehörige, \pm homogene Teilkörper wichtige Daten für die rechnerische Stabilitätsmittlung und zur Verwendbarkeit des Rückböschungsmaterials.

Abstract

Geological mapping in combination with bore holes, sampling of organic material and pollen analysis exhibit the "Schesa gully" as a mud-flow-fan, which was deposited, eroded and redeposited several times close to the border of the Ill glacier partially in a lake, during the late Würm-glacial period.

Since 1796 erosion - like 2 other earlier events - was caused by destroying a barrier of gypsum in the lower part of the Schesa-hollow, which acted as a dam for the diluvial content of the hollow.

The slopes of the Schesa gully are still not stabilized. The instability will be intensified by blocksliding and blockrotation in the future. The conveyor belt which was being built from 1986 to 1995 (costs at about ATS 100 Mio., length ca. 3,2 km, vertical drop 450m) reaches from the preparation plant in the flats into the Schesa gully. Its capacity is around 600 t/h. As a novelty a connected generator produces about 400 kWh of electric energy.

The quality of diluvial material, which is being mined in the testfield of the Gaschierakopf is not as good as expected. Grading of the slope can be done as projected and will result in a stable structured, and reforestable rock slope. Realisation of the stabilisation of the "Schesa gully" through grading by mining is only possible if sorting in the mining area (using less water), modification of the belt conveyors and depositing sites for washing stuff in the valley are ensured.

1. Einleitung

1.1. Aufgabenstellung

Das Schesatobel ist einerseits einer der auch international bekanntesten Wildbäche, der seit seiner Entstehung gut dokumentiert ist und in dem die bald 100-jährige aufwendige und schwierige technische Verbauung eine morphologisch-technische Grenze erreicht hat, ohne die erstrebte Stabilisierung der Bruchkesselwände und die Selbstregulierung des Gewässersystems zu erzielen. Andererseits wird das Schesatobel seit 20 Jahren von privater Seite und von Seiten der Landesraumplanung im Einvernehmen mit den zuständigen Stellen für Landschaftsschutz, Wasserbau, Forst, Landwirtschaft, Wirtschaft als bevorzugte Baurohstoffquelle (Sand, Kies, Splitt, Steine) zur Deckung des längerfristigen drängenden Baurohstoffbedarfs in Vorarlberg untersucht und angestrebt. Zusätzlich sind auf das Einzugsgebiet der Schesa intensive und sich teilweise widerstreitende Nutzungsinteressen der Alp- und Forstwirtschaft,

des Fremdenverkehrs (Schifflächen), des Verkehrswegebau (Autobahn, Umfahrungsstraße, Landes- und Gemeindestraßen) und des stark steigenden Siedlungsdruckes im Mittellauf und auf dem Schwemmkegel konzentriert.

Die bisherige, überwiegend lineare Maßnahmensetzung zur Gefährdungsverringerung bzw. zur Stabilisierung in den Einzugsgebieten von Wildbächen und Lawinen stößt zunehmend an ihre Grenzen. Die Notwendigkeit integraler, vernetzter Projektierungen und Maßnahmen wird aus ökologischen, aber insbesondere auch aus wirtschaftlichen Gründen und Gründen der Nachhaltigkeit und Langfristigkeit der Schutzmaßnahmen zunehmend offenkundig. Daher bemüht sich der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung in Form von beispielhaften Pilotprojekten um die Erstellung ganzheitlicher Projektplanungen.

Die verbauungsbezogenen Untersuchungen durch und für den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung seit 1991 einerseits und die rohstofforientierten Untersuchungen (Gips, Kiesgewinnung) und Abtragsprojekterstellungen durch und für private Kiesgewinnungsunternehmen während der letzten Jahrzehnte haben bereits umfangreiche Grundlagen für eine vernetzte Projekterstellung erbracht. Aus diesen Gründen wurde das Schesatobel vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, als besonders geeignetes Pilotprojektsgebiet ausgewählt.

Wegen des extremen Reliefs, des komplexen Substrats (Geschiebe), der intensiven Überschneidung von rückschreitender Gerinneerosion, Uferanbrüchen, Großböschungsbrüchen an vorgegebenen Zerrklüften, felsrelief- und hangwasserbedingten Kriechgleitungen und Gipskarstzusammenbrüchen kommt der Kenntnis der regionalen geologischen Strukturen, der Gesteinseinheiten einschließlich von Petrographie und Gefüge und der Genese des Felsreliefs, der Lockermaterialüberdeckung und der Geländeformen sowie der Mächtigkeit, der Zusammensetzung, der Lagerungsdichte, des Gefüges und der Wasserführung des Lockermaterials besondere Bedeutung zu.

Ein wesentliches Ziel der geologischen Bearbeitung im Rahmen des Integralen Pilotprojekts Schesasaniierung sollte auch sein, aufzuzeigen, mit welchem Zeit- und Kostenaufwand welcher Grad an Aussagezuverlässigkeit durch eine detaillierte geologisch-hydrogeologisch-geomorphologische Kartierung und Geländeuntersuchung allein und/oder in Verbindung mit Geophysik, Bohrungen und Schürfungen erzielt werden kann.

Seit 1972 ist es erklärtes Ziel der Vorarlberger Landesregierung, zum Schutze des Grundwassers bzw. zur Erhaltung der Talgrundwasserreserven die damals vorhandenen Kiesabbaubewilligungen (Naßbaggerungen) im Grundwasser auslaufen zu lassen und keine neuen Bewilligungen im Grundwasser mehr zu genehmigen. Daher sollte die künftige Baurohstoffversorgung mit Kies und Sand aus den Vorkommen der Hanglagen außerhalb von Talgrundwasservorkommen und Quelleinzugsgebieten erfolgen. Als eines der dieser Forderung entsprechenden Großvorkommen wurden die Glacialablagerungen von Bürs-Bürserberg einschließlich des Schesabruchkessels von der Landesraum-

planung vorgeschlagen. Wegen der unvergleichlich hohen Erschließungs- und Materialtransportkosten, der geringen Materialqualität und der Problematik eines privatwirtschaftlichen Materialabbaues in einem der bekanntermaßen gefährlichsten Wildbäche in Vorarlberg in Abstimmung mit den staatlichen Planungen und Arbeiten des Schutzwasserbaues durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung sowie wegen der Vielzahl von betroffenen Grundeigentümern haben sowohl die Bundes- sowie Landesbehörden und –dienststellen als auch die Kies- und Bauwirtschaft nur zögernd und mit vielen Rückschlägen diese Empfehlung aufgegriffen. Erst der Glücksfall des Zusammentreffens eines risikobereiten, innovativen Unternehmers, Herrn Kommerzialrats Herbert ZECH, mit einer für innovative Wege offenen Generation von Wildbachverbauern in der örtlichen Gebietsbauleitung (Dipl.-Ing. REITERER und Dipl.-Ing. ASCHAUER) und im Ministerium (Hofrat Dipl.-Ing. ÜBLAGGER, Ministerialrat Dipl.-Ing. RACHOY, Oberrat Dipl.-Ing. SIEGEL und Amtsrat Ing. SCHWEIGHOFER) und mit Behördenleitern (stellvertretend insbesondere Herrn Bezirkshauptmann Dr. WALSER und Bürgermeister FRITSCHKE), die in der Kombination von Privatunternehmung und Staat die Möglichkeit erkannten, den Lebensraum von Bürs, Bürserberg und Nüziders zu sichern und die Rohstoffversorgung für Jahrzehnte abzudecken und bereit waren, dafür ungewohnte, rasche und unbürokratische Entscheidungen zu treffen, machte die Detailplanung und den Beginn der Realisierung möglich.

1.2. Beschreibung des Projektgebietes

Das Projektgebiet liegt in Vorarlberg/Österreich in den Gemeinden Bürserberg, Nenzing, Bürs und Nüziders am gegen NE gerichteten Abfall des Rätikons gegen das Illtal (Walgau - Abb. 1). Die Schesa ist ein linksufriger Zubringer der Ill und mündet westlich gegenüber der Bezirkshauptstadt Bludenz in diese. Das Einzugsgebiet der 5,9 km (Quellbach auf Klampera bis zur Mündung) langen Schesa ist in 3 Hauptäste Schesa, Mühle(Ronna)bach und Plattenbach gegliedert und umfaßt 14,5 km² zwischen m 545 an der Mündung und m 2156 am Alpilakopf. Vom Einzugsgebiet entfallen 4,4 km² auf die Schesa bis zur Vereinigung mit dem Mühlebach selbst, davon 1,3 km² auf den Bereich bis zum unteren Ausgang des Bruchkessels. 6,4 km² entfallen auf den Mühlebach und 3,7 km² bilden den Einzugsbereich des Plattenbaches.

Der mittlere Jahresniederschlag des Einzugsgebietes beträgt 1.600 mm, im oberen Einzugsgebiet höhenabhängig 1.750 mm. Als Tagesextremwerte wurden in Bürs 106,2 mm/d und in Brand 147,0 mm/d gemessen.

Die Schesa selbst umfaßt den während der letzten 200 Jahre mit 5 – 15 % Gefälle aufgeschütteten, im östlichen Teil inzwischen dicht besiedelten, weiten Murschuttfächer in der Talebene, eine lokal bis 60 m tief eingeschnittene großteils bewaldete Schluchtstrecke zwischen dem Schuttfächerhals m 700 und dem Unterrand des Bruchkessels m 980, den ca. 60 ha großen Bruchkessel und die von 3 Gerinnen (Burtschabach, Schesahauptbach und Hölltobel-Wiesenbächlein) entwässerten Alpwiesen und Waldflächen des Oberlaufes (Abb. 2).

Der Mühlebach und der Plattenbach sind ebenfalls in ausgeprägten, felsigen und bewaldeten Schluchten von der Mündung in die Schesa bis in den Oberlauf eingetieft. Die Oberläufe durchfließen jeweils als gering eingetiefte Gerinne teils Alpwiesen, teils Bergwald.

Außer der Schesasiedlung auf dem Schuttfächer im Tal und den Betriebs- und Wohngebäuden auf den Industrie- und Wohngebietsflächen in der Talebene selbst beidseits der Ill in Bürs und Nüziders liegen die A 14 Rheintalautobahn Walgau, die Bundesstraße B 190, randlich die 2-gleisige Bahnlinie Innsbruck-Bregenz der ÖBB, die Landesstraße L 82 Brandnerstraße, verschiedene Gemeindestraßen und Güterwege, 5 Hochspannungsleitungen (380 und 220 kV), der Abwasserverbandssammler Brand – Bürserberg – Bürs – Ludesch, zahlreiche Fernmelde-, Kanal-, Trinkwasser- und Ortsnetzversorgungsleitungen, Teile des Siedlungsgebietes von Bürserberg-Matin, Bürserberg-Boden, Bürserberg-Baumgarten und Bürserberg-Brenner-Zwischenbach sowie die Alpflächen der Burtschaalpe mit Alpgebäude einschließlich der Heumäher und Heuhütten, Maisäzgebäude, Liftanlagen und Schifflächen im Einflußbereich der Schesa.

1.3. Untersuchungsablauf

Im Rahmen eines Rohstoffversorgungsprojektes für die Gipsabbauindustrie mit Abgrenzung, Vorratsermittlung und Erschließungs- sowie Genehmigungsproblembewertung 1973, im Rahmen der für die Ortsplanung Bürserberg ausgeführten Erhebung der Quellen mit Einzugsgebieten, der Baugrund- und Gefährdungsverhältnisse 1973 und für den "Entwurf eines Baurohstoff- und Wasserversorgungsplanes über das Gebiet des Walgaues" 1973 wurde der erweiterte Einzugsbereich von Schesa, Mühle- und Plattenbach geologisch untersucht und erstmals die Rückböschung des Schesabruchkessels als langfristig einzig wirksame Stabilisierungsmaßnahme für den Bruchkessel und als längerfristig potente Baurohstoffversorgungsquelle empfohlen. In den Folgejahren wurden der Bruchkessel und sein weiterer Rahmen in Hinblick auf die Gipsauslaugung, die Bruchkessel- und Grabenentwicklung sowie den Materialaufbau und die Glacialformung oftmals aus wissenschaftlichem Interesse begangen. 1979 begann die konkrete Untersuchung der Materialqualität, der zur Sanierung erforderlichen Rückböschungskubaturen und der gewinnbaren Vorräte sowie der Erschließungs- und Materialtransportmöglichkeiten im Auftrag des regional größten Kies-Sand-Versorgungsunternehmens, der Zech-Kies Ges.m.b.H., Nüziders.

Gezielte Materialentnahmen und –analysen im Bruchkessel und im Mittel- und Unterlauf bis zur Einmündung der Schesa in die Ill zeigten, daß die im Bruchkessel ungenügende Materialqualität (extrem hoher Feinkornanteil einschließlich quellender Schichtsilikate, erhöhter Mürbkornanteil, geringer Rundungsgrad, fehlende Klassierung) sich bis zur Mündung in den Vorfluter rasch und nachhaltig verbessert. Daher wurden zur Überwindung der Horizontalstrecke von über 2,5 km und eines Höhenunterschiedes von über 430 m zwischen dem Unterrand des Bruchkessels und der Aufbereitungsanlage im Tal in Variantenstudien Spüleleitungstrassen und kombinierte Förderband-Schrägschachtlösungen de-

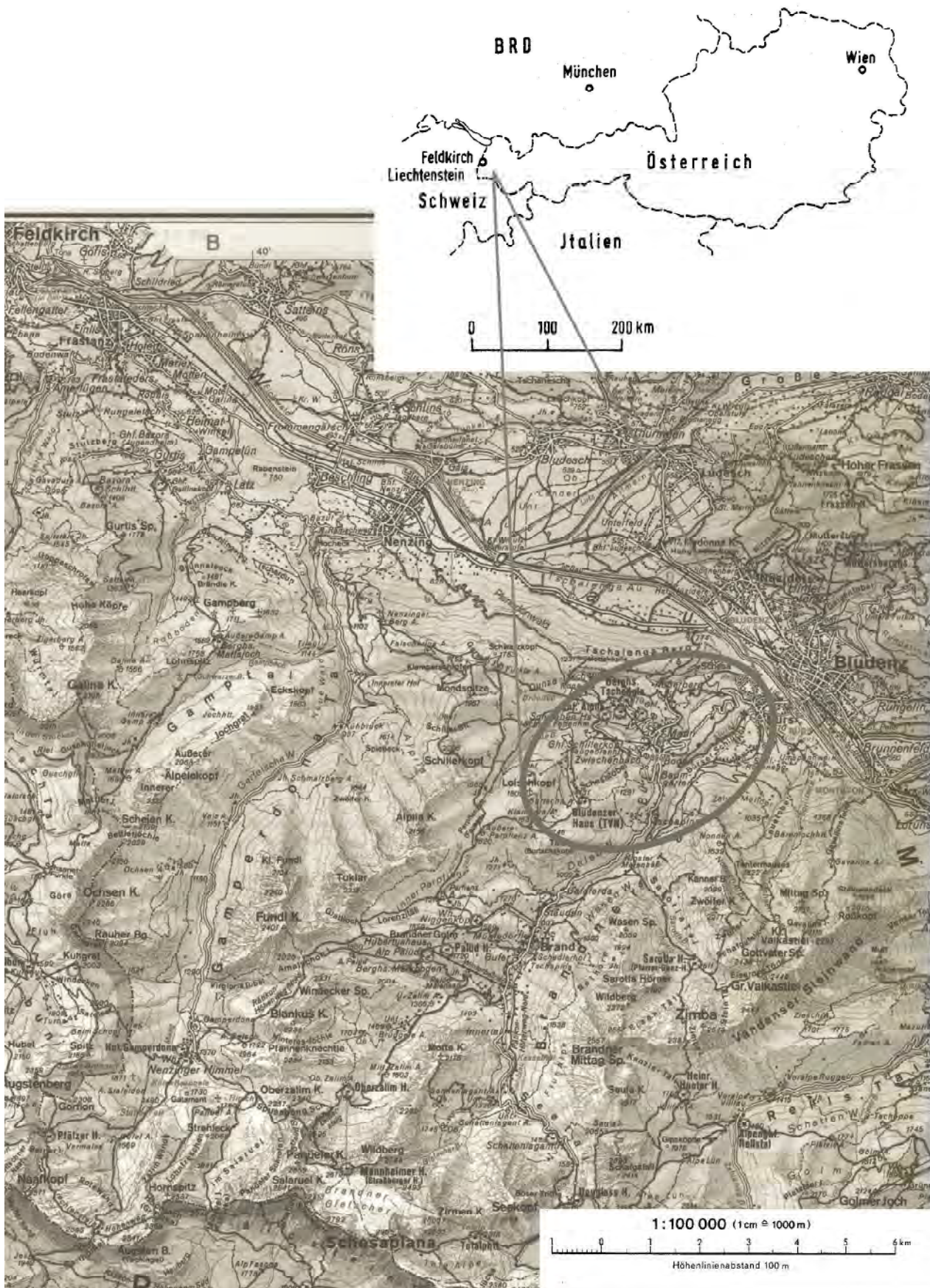


Abb. 1: Lageplan des Projektbereichs 1 : 25.000 / 1 : 500.000.

Fig. 1: Map of working area 1 : 25.000 / 1 : 500.000.

tailliert untersucht. Wegen technologischer Schwierigkeiten (Abrasionsfestigkeit der Spülleitungen), wegen des unwirtschaftlichen Energie- und Wasserbedarfs (2.100 kW Leistung, 1.200 m³/Std Pumpwasser) für das vom Tal bis in den Bruchkessel zu pumpende erforderliche Spülwasser und insbesondere wegen unüberwindlicher Schwierigkeiten mit den Grundeigentümern beim Erwerb von Grundstücken und/oder Unterfahrungsrechten mußten diese Varianten fallengelassen werden. Wie sich zwischenzeitlich im Probeabbau Gaschiera herausgestellt hat, waren die Grundüberlegungen richtig; die Materialqualitätsverbesserung im Zuge des Transports ist für die Verwertbarkeit entscheidend.

1984 – 1989 wurden daher nur mehr Förderbandtrassen mit begleitender Erschließungs- und Erhaltungsstraße untersucht und gleichzeitig für den Bruchkessel sowie die Zwischenabträge Außerberg, Mattabühl und Gaschiera detaillierte Abbau- bzw. Rückböschungprojekte ausgearbeitet, mit der Gebietsbauleitung des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, der Gemeinde Bürserberg, den Landesdienststellen und der Bezirkshauptmannschaft Bludenz als Genehmigungsbehörde abgestimmt. Nach dem Vorliegen der grundsätzlichen Zustimmung der Behörden und der Gemeinden zur Sanierung des Schesa-Bruchkessels durch Rückböschung mit Materialverwertung in Kooperation des Kiesunternehmens und des Forsttechnischen Dienstes – ohne Klärung der Kostentragung, der Projektträgerschaft, der Haftung usw. – wurde trotz fehlender Absicherung über die tatsächliche Realisierbarkeit und damit die Amortisation der Investitionen ab 1986 von der Firma Zech-Kies Ges.m.b.H. die Ausarbeitung von Eingabeprojekten für die Förderbanderschließung in Auftrag gegeben. Die Förderbandtrasse wurde in 3 Etappen bis 1995 projektiert, genehmigt und errichtet, wobei dem Geologen die Trassenfestlegung, die Ausarbeitung der Einreichunterlagen, die Vertretung im Bewilligungsverfahren sowie die Ausschreibung, Baubetreuung und Abrechnung der Tunnelbauten übertragen wurde. Für die Realisierung der 2. und 3. Erschließungsetappe einschließlich der zugehörigen Zwischenabbaue wurde der Geologe von der Behörde als verantwortliche Bauaufsicht in Zusammenarbeit mit der amtlichen Aufsicht, Dipl.-Ing. REITERER / WLW, vorgeschrieben bzw. bestellt.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft beauftragten Pilotprojekts Schesasanieierung wurden 1992 – 1994 die großteils seit 1972 selbst erarbeiteten vorhandenen geologischen Unterlagen ergänzt und diese Ergänzungen in die bereits 1987 – 1989 für die Zech-Kies Ges.m.b.H., Nüziders ausgearbeiteten Abtragsprofil-schnittserien und den geologischen Lageplan zur digitalen Verarbeitung eingearbeitet. Zur Erleichterung der Verstehbarkeit wurden die regionalgeologischen Grundstrukturen profilmäßig und die hydrogeologische Situation übersichtsmäßig dargestellt sowie Sondierbohrungen und geophysikalische Meßprofilagen festgelegt, die Ausschreibungsgrundlagen für diese Untersuchungen bereitgestellt und die 1992 - 1994 durch die Insond Ges.m.b.H., Neudorf, abgeteufte Sondierungen betreut und ausgewertet. Aus den Bohrkernen wurden Referenzproben entnommen, in den Bohrlöchern geophysikalische Messungen ausgeführt und die Bohrergebnisse in die Profilschnittserien eingearbeitet. Als Voraussetzung für die Klärung der Genese der Bruch-

kesselfüllung wurden 1992 – 1993 im Auftrag des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Bludenz, das gesamte Einzugsgebiet der Schesa und des Mühlebachs 1:10.000 geologisch - morphologisch und baugeologisch –geotechnisch – allerdings mangels einer entsprechenden topographischen Unterlage nur auf einer Eigenvergrößerung der vorhandenen Landeskarte – kartiert und u. a. als Ergebnis die spätglacialen Eistrückzugsstadien kartenmäßig dargestellt, die Gesamtgeschiebepotentiale, die kurz- und mittelfristig mobilisierbaren Geschiebemassen der beiden Teileinzugsgebiete und ihre erwartbare Sohlentwicklung ermittelt und beschrieben ("Baugeologische Planungsunterlagen der Einzugsgebiete von Schesa- und Mühlebach").

Die 1991 bis 1994 ausgeführten geophysikalischen Untersuchungen (Bohrlochmessungen und Refraktions- und Reflexionsseismik, Geoelektrik, Elektromagnetik) durch Geo Salzburg GmbH, das Ingenieurbüro Dr. BRÜCKL, die Tauernplan Geophysik GesmbH., das Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik der Technischen Universität Wien, Univ.Prof. Dr. BRÜCKL, das Institut für Geophysik der Universität Wien, Univ.Prof. SEIBERL und Mag. SALZMANN und die Geologische Bundesanstalt, Prof. SEIBERL, wurden im Gelände und in der Auswertung betreut. Die Ergebnisse wurden mit den geologischen Erkenntnissen verglichen und zum Teil Überarbeitungen angeregt. Eine Ergebnisübertragung in die geologischen Profilschnittserien erfolgte erst 1998, da bis 1997 keine geeignete topographische Plangrundlage vorlag.

Außerhalb der beauftragten Projektbearbeitung wurden aus verschiedenen Aufschlüssen im Mai 1987, im Juni 1989, im Juli 1992, im Dezember 1993 und im Mai 1996 organische Proben entnommen. An diesen wurden einerseits im Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien, Herrn Dr. PAK, Radiokarbon-Altersbestimmungen privat in Auftrag gegeben und ausgeführt. Andererseits wurden an ihnen in der Geologischen Bundesanstalt von Frau Dr. DRAXLER Pollenanalysen durchgeführt. Aus diesen Untersuchungen konnten wesentliche Erkenntnisse zur Chronologie der Schesaentwicklung gewonnen werden.

1995 – 1997 wurden, da Hinweise auf zunehmende Instabilitäten die weitere Verzögerung der geologischen Projektgrundlagenerhebung unverantwortlich erscheinen ließen, auf der topographischen Plangrundlage von 1965 Detailaufnahmen der Sedimentstrukturen, der Lithologie einschließlich der in-situ-Kornbestimmung und Probenahme für Siebanalysen sowie der Wasserwegsamkeiten in den Bruchwänden ausgeführt, obwohl die zwischenzeitliche Erosion lokal einen von der Karte völlig abweichenden Geländezustand verursacht hat. Nach der Bereitstellung der überarbeiteten fotogrammetrischen Luftbilddauswertung einschließlich der Profilschnitte im Juni 1997 mußten die Kartierungsdaten übertragen und dazu großflächig die Bruchkesselinhänge nochmals begangen werden. Der dafür erforderliche (vermeidbare !!) Zeitaufwand bestätigt die Erfahrung, daß die Grundlage jeder geologischen Bearbeitung eine detaillierte umfassende Geländekartierung auf einer qualitativ hochwertigen modernen topographischen Unterlage ist und daher diese Plangrundlage am Beginn jeder Projektarbeit verfügbar vorliegen muß. Er-



Abb. 2: Ansicht des Schesa-Einzugsgebietes mit Bruchkesslerschließung.

Fig. 2: View of the Schesa-gully.

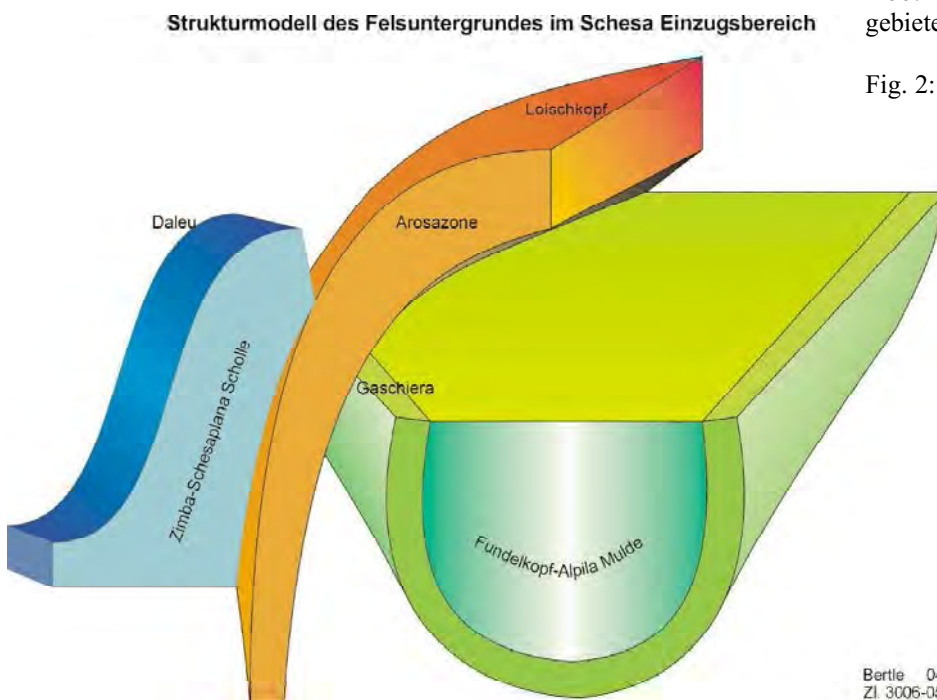


Abb. 3: Strukturmodell des Schollenbaus im Felsuntergrund des Bruchkessels.

Fig. 3: Tectonic model of the rock bed of the Schesa-gully.

Bertle 04-9E
ZI 3006-05/98

gänzend wurden in zahlreichen Begehungen und Besprechungen mit dem gesamten Projektteam und Einzelmitgliedern Teilfragen der Vorstudie und der Hauptstudie mündlich und schriftlich beantwortet. Die baugewissenschaftliche Bearbeitung ist in die abschließende Projektszusammenfassung: ÜBLÄGER, G. (1995): Pilotprojekt Schesasanierung (PPSS), Vorstudie (VS), eingearbeitet.

Die im Frühsommer 1996 durch die Schneeschmelze an der Basis der Bruchkesselwände im Hölltobel und im Schesahauptbach unter Grundmoräne und konglomerierten Grobschottern freigelegten feingebänderten, lokal verfalteten Schluff-Ton-Feinsandlagen, die als Wasserstauer, Schmier-schicht und überlastete Basis der Lockermaterialwände wirksam sind, erforderten die Ausarbeitung eines Sofortprogramms zur Verhinderung einer weiteren Unterschneidung bzw. Maßnahmen zum Aufbau einer neuerlichen Überdeckung dieser empfindlichen Basis. Dazu wurden der Einbau von gestaffelten Vorgrundstein-Schichtungen im Hauptbach und im Hölltobel jeweils im Bereich der Feinsedimente und die Einbringung einer Grobsteinberollung im Hölltobeleinschnitt im Ausmaß von ca. 60.000 m³ von oben her empfohlen. Der dafür notwendige Fahrweg vom Gaschieraabbau zur Burtschaalpe und zum Hölltobelabbruchrand wurde 1996 projektiert, der Dringlichkeit entsprechend in äußerst unbürokratischer Weise behördlich genehmigt und errichtet. Das Sofortprogramm wurde 1996/97 ausgeführt, wobei die Steinberollung im Hölltobel 1998 fortgeführt wird. Die Maßnahmen haben sich bereits in der Schneeschmelze 1997 und seither bewährt.

Im Winter 1997/98 wurden alle vorhandenen geologischen Daten einschließlich der Bohrungen, Schurfschlitzte, Materialanalysen und früherer Felsoberflächenrekonstruktionen in die Profilschnittserien eingearbeitet, diese Serien vergittert und, wo erforderlich, revidiert. Erst nach der digitalen Generierung der Felsoberfläche aus den Profilschnittserien wurden die von Prof. Dr. BRÜCKL (1996) ausgearbeiteten und übermittelten Felslinien bzw. die Felsoberfläche in maßgeblichen Profilen vergleichsweise dargestellt. Ebenso wurden die hydrogeologisch-geohydrologischen Untersuchungen von Dr. PIRKL (1991, 1992 sowie 1994), die Ergebnisse der Beregnungsversuche und boden- sowie vegetationskundlichen Grundlagenuntersuchungen von MARKART, KOHL & ZANETTI (1996) verwertet.

Als Inhalt der mit dem Untersuchungsbericht BERTLE, H. (1998) "Pilotprojekt Schesasanierung, geologischer Abschlußbericht im Rahmen der erweiterten Hauptstudie" abgeschlossenen geologisch-geotechnischen Bearbeitung wurden folgende Zielsetzungen festgelegt:

- Erfassung von Gesteinsbestand, Gefüge und Tektonik des Felsuntergrundes und der Ausbildung der Hohlraumform des Bruchkessels im Felsuntergrund.
- Klärung des Aufbaues und der Ausräumung der Lockermaterialfüllung des Bruchkessels als Ergebnis einer mehrphasigen, eisrandnahen Schwemmfächerschüttung.
- Erkennung der stabilitätsmäßig maßgeblichen Internstrukturen der Lockermaterialfüllung und der Wasserwegsamkeiten.
- Untersuchung der Voraussetzungen und Auslösemechanismen der Bruchkesselerstehung und der weiteren Stabilitätsentwicklung.

- Abklärung der Voraussetzungen, Probleme und Grenzen einer Bruchkesselstabilisierung durch Rückböschung aus geologischer Sicht sowie Aufzeigen des ergänzenden Untersuchungsbedarfes.
- Feststellungen zur Aussagesicherheit geologischer Bearbeitungen in Relation zum Erhebungsaufwand und im Vergleich zum Ergebnis und den Kosten von Bohrungen und geophysikalischen Untersuchungen.

2. Regionalgeologie und Ergebnisse der Detailkartierung des Felsuntergrundes

Der komplexe, in der Grundstruktur aus dachziegelartig gegen NW übereinandergeschobenen Teilschollen des Kalkalpins bestehende Aufbau des Rätikons hat seit den Anfängen der geologischen Erforschung der Alpen sowohl von Seiten der Ostalpengeologen, F. v. RICHTHOFEN (1859 und 1861/62), E. v. MOJSISOVICS (1873), O. AMPFERER (1908), als auch von Seiten der Schweizer (A. ESCHER v. d. Linth. 1853, D. TRÜMPY 1916, J. VERDAM 1928), süddeutscher (A. ROTHPLETZ 1900 und 1902, W. v. SEIDLITZ 1906 und 1912, A. MYLIUS 1912 und 1913) und französischer Geologen (J. GUBLER 1927) besonderes Interesse gefunden. Dank der Markierung der Schollengrenzen durch die auffälligen "fremden" Gesteine der Arosazone aus dem penninischen Untergrund ist die Grundstruktur seit langem geklärt, während die Internstrukturen der Einzelschollen sowie der Detailverlauf der Schollengrenzen und die Geomechanik der Schollenzerlegung noch interessante Aufgaben für künftige Geologen bieten. Wesentliche Erkenntnisse stammen aus der Projektvorbereitung und Detailprojektierung durch R. OBERHAUSER und H. LOACKER 1965 – 1979 sowie aus der Projektausführung des Walgaustollens 1981 bis 1983 durch die Vorarlberger Illwerke AG mit Erstellung eines geologischen Raummodells und dessen Verifizierung durch den Stollenaufschluß.

Die wesentlichen geologischen Strukturelemente des Untergrundes der Schesa und ihrer Umgebung sind:

- Aufbau des Felsuntergrundes aus von SE gegen NW ansteigend übereinandergeschobenen, kalkalpinen Schollen der Lechtaldecke mit jeweils komplex verfalteten Innenstrukturen. Im Bereich der Schesa bilden von der Illtalsohle bis zu Burtschaalpe, Parpfien und Kessikopf Gesteine der Fundelkopf-Alpilascholle den Felsuntergrund. Diese die Schichtfolge Alpiner Muschelkalk (Untertrias) bis Kössener Schichten (Rhät) umfassenden Gesteine bilden eine weit gespannte, schüsselförmig zum Schesaunter- und -mittellauf abtauchende Mulde, die durch eine an eine Großstörung gebundene Aufwölbung im Bereich Hölltobeltunnel I und II – Tschengla zweigeteilt ist. Diese Mulde weist einen flach gewellten, gegen SE einfallenden nördlichen Muldenflügel im Steilabfall zur Tschallenga-Talebene und einen steilstehenden bis überkippten, mittelsteil gegen S einfallenden südlichen Muldenflügel im Steilabfall Gaschierakopf-Tschappina-Bürserschluft auf (Profil 7, Taf. 1, Abb. 3). Die Muldenflügel und der Muldenboden werden von Karbonaten und Mergeln der Unter- und Mitteltrias gebildet, während der Mulden-

kern aus weichen Raiblerschichten mit mächtigen Gipslagern besteht. Das an den Hangendschenkel gegen S anschließende Gewölbe ist im Zuge der Alpenentstehung bzw. des Schollenbaus im Kern durchgeschert. Diese Durchschörung bildet die Basis der nächsthöheren, der Zimba-Schesaplana-Scholle.

- Die Abscherungs- und Aufgleitungsbahn der Zimba-Schesaplana-Scholle auf die Fundelkopf-Alpilascholle steigt steil mit 2:1 aus der Alvierschlucht zum Gaschierakopf an und verflacht sich dann gegen NW zum Parpfienzattel. Gegen N und NNE lappt diese Aufschiebungsbahn sogar – durch die Gipsunterlage und hangtektonisch unterstützt – in söhlige und leicht talfallende Lagerung im Mooswald aus (Profil 21, Taf. 2 und Profil 26, Taf. 7, Abb. 3).

An der die Scholleninnenstrukturen schräg abschneidenden Schollenaufschiebungsbahn wurden aus dem Kalkalpenuntergrund als Gleitteppich überwiegend dünnchiefrige, gequälte und verwalzte Gesteine der Arosa Schuppenzone aufgeschleppt. In diese südpenninischen Tonschiefer, Quarzite, Radiolarite, Kalkmergel, Sandsteine und Ultrabasite des verschluckten Ozeanbodens sind auch tektonisch eingewalzte kalkalpine Schürflinge und isolierte Gipszwiebeln eingebettet. Die teilweise nur wenige Meter mächtige Arosa Schuppenzone als Rest eines ganzen Tiefmeertroges ist lokal tektonisch zu großer Mächtigkeit angeschoppert (z. B. Loischkopf). Die Gesteinslagerung der Arosazone ist ausschließlich tektonisch durch den Schollenbau bestimmt und stellt nur lokal das primäre Sedimentationsgefüge dar.

- Die oberste Rätikonscholle, die Zimba-Schesaplana-Scholle, deren Grundstruktur von einer breiten, von NE im mittleren Klostertal gegen SW bis zur Schesaplana durchverfolgbaren Mulde mit an das Silvrettakristallin des Golmer Lappens sedimentär-stratigraphisch angeschlossenen Südostflügel gebildet wird, ist im Untersuchungsgebiet ausschließlich durch den mittelsteil gegen E und SE sowie flach gegen S einfallend geschichteten Hauptdolomit des Daleukopfes mit gegen N, NW, W und S unterlagernden Raiblerschichten und die mächtigen Gipskörper von Klamperaalpe-Loischkopfsüdseite und im Schließwaldtobel vertreten. Der Daleukopf, der Klamperagips und die Raiblerschichten des Schließwaldtobels als schräg angeschnittener, gegen ENE zunehmend auf Null reduzierter Teil des Muldennordwestflügels sind vom Hauptteil der Scholle durch den Alviertobeineinschnitt erosiv abgetrennt. Über den Schließwaldtobeineinschnitt verbindet sich der Daleuhauptdolomit talein stratigraphisch mit seiner Mittel- und Untertriasunterlage.
- Die Durchschörung, die Auflösung und der Über-einanderschub des kalkalpinen Schichtstapels erfolgte vorwiegend in Antiklinal- und Synklinalstrukturen, zum Teil aber auch – bedingt durch die ausgeprägte, achsiale Faltenverbiegung – quer durch diese Strukturen greifend. Bevorzugte Abscherungs- und Gleithorizonte waren die dünn-schichtigen Tonschiefer, Mergel und Rauhwacken der Punt-la drossa Schichten (Reichenhaller Rauhwacken) und der Raiblerformation, insbesondere deren Gips. Die tektonische Einengung hat

auch nach dem Schollenbau angehalten, wie die Verbiegungen und Schleppungen der Schollengrenzen (z. B. Brandner Golm – Daleu) und die intensive Verstellung und Verkipfung an Störungen belegen.

- Bedingt durch die extreme Verfaltung, Schollenstapelung und Durchschörung schließen lokale Antiklinalformen unmittelbar (nur durch Störungen getrennt) an Muldenstrukturen an und erschweren die geologische Einsicht. Dies trifft im Untersuchungsgebiet insbesondere auf den unteren Schesabruckkessel und das gegenläufige Schichteinfallen im rechtsseitigen Schesa- und linksseitigen Hölltobeineinhang zu, wobei dem Strukturzusammenhang erhebliche hydrogeologische und stabilitätsmäßige Bedeutung zukommt.
- Die zwischen den kalkalpinen Schollen, welche überwiegend aus wasserdurchlässigen und verkarsteten Karbonaten und Gipsen aufgebaut sind, aufgeschleppte, tonig-mergelig-schiefrige Arosazone wirkt auch dort, wo sie dünn ausgewalzt ist, als Wasserstauer und Trennung zwischen den Bergwasserkörpern der einzelnen Schollen. Die Bergwasserführung in der Arosazone selbst beschränkt sich auf tektonisch eingewalzte, meist allseitig isolierte kalkalpine Schürflinge, Gipskörper und eigene Sandstein-Karbonatschollen. Die Detailkartierung des Felsuntergrundes im Projektbereich einschließlich des Schließwaldtobeleinzugsgebietes (Flächenwirtschaftliches Projekt "EGGA", BERTLE 1997) brachte gegenüber der amtlichen geologischen Kartengrundlage, Geologische Karte des Rätikon 1:25.000, Wien 1965, und Geologische Karte des Walgaues 1:25.000, Wien 1967 (HEISSEL et al. 1965, 1967), gegenüber den zwischenzeitlichen Bearbeitungen durch H. PRUCKER (1976) und G. BARTH (1983), aber auch gegenüber den eigenen früheren Projektbearbeitungen folgende wesentliche Neuerkenntnisse:
- ♦ Der Hauptdolomit des Daleu wird mit Ausnahme der Ostseite in der Alvierschlucht von Raiblerschichten, insbesondere mächtigen Rauhwacken und Gipsen unterlagert, wie zusätzlich gefundene Gipsdolenen im obersten Zugswald und Rauhwacken in der Daleu-Ostflanke belegen. Über diese Raiblerschichten wird das Niederschlags- und Oberflächenwasser des Daleu mit Ausnahme von Starkniederschlägen, von Niederschlägen auf gefrorenen Boden und von Schneeabgleitungen vollständig gegen ENE in die Alvierschlucht abgeleitet. Daher scheidet der Daleu-Nordabhang gegen die Oberen Burtschamähder und zur Burtschaalpe als Einzugsgebiet für Berg- und Hangwasser der Bruckkesselquellen aus. Nur der durch Schneeabgleitungen und Oberflächenabflüsse bei Starkniederschlägen und gefrorenem Boden auf die Oberen Burtschamähder abgleitende bzw. abrinnende Niederschlag kann für die Schesa hydrologisch wirksam werden. Dieser Anteil ist auch nach den Untersuchungen von PIRKL (1994) und den Beregnungsversuchen von MARKART, KOHL & ZANETTI (1996) sehr gering.
- ♦ Der großflächige, extrem verkarstete Gipskörper Klamperaalpe – Loischkopf-Südseite gehört zur Zimba-Schesaplana-Scholle des Daleu und ist allseitig in die dichtende Arosazone eingemuldet und ohne

Verbindung zu dem der gleichen Scholle angehörenden Gipskörper des Schließwaldtobels und zu den der Fundelkopf-Alpila-Scholle angehörenden Gipskörpern Außerparpfienz – Mühlebach – Furkla – Brünnen – Dunza und Maisäßwald – Mooswald – Zwischenbach – Brenner. Eine mögliche, allerdings nicht wahrscheinliche Verbindung besteht vom Burtschasattel über die Rauhacken und Gipslinsen entlang der Daleu-Nordseite in den Zugswald und in die Alvierschlucht. Die Hauptentwässerung des Gipskarstes von Klamperalpe – Loischkopf-Südseite bilden die Überlaufquellen bei der Klamperalpe, im Marktobelursprung und südlich der Jagdhütte m 1588 nördlich Fahregg.

Eine Verbindung des Klampera-Gipskarstes in die Schesa ist strukturell-geologisch ausgeschlossen.

- ◆ Der großflächige Gipskörper von Mühlebach-Mittellauf – Brünnen – Furkla – Dunza zieht bereichsweise von Arosazonengesteinen leicht überlagert durch den von Gipsdolenen durchsetzten Maisäßwald bis unter die Talstation der Loischkopfbahn und zum Gipskarst des Mooswaldes und von Zwischenbach. Der im linksseitigen Einhang des Schesabruchkessels zwischen den Sperren 91 und 93 südlich des WLV Lagers in einem Geländerrücken aufgeschlossen anstehende Gips und die in der linksseitigen Einbindung der Sperre 93 anstehenden dünn-schichtigen Rauhacken, Kalke, Gipse und Sandsteine der Raiblerschichten belegen entgegen der Aussage von BARTH (1983) die Unterquerung des Bruchkesselunterrandes durch Gips. Durch die im Auftrag der Zech-Kies Ges.m.b.H., 1989 abgeteuften Kernbohrungen talab der Brennerbrücke im linksufrigen Einbindungsbereich der Sperren 96 und 87 wurde unter jungen Murschottern und Rückzugsschottern mit Holz und Moräne ebenfalls mächtiger verkarsteter Bändergips erbohrt. Auch Baufotos der ersten Jahrzehnte dieses Jahrhunderts zeigen den Schesalaufeinschnitt vor der Verbauung in grobgeschichtetem Fels, wahrscheinlich Gips im Brennerbereich.

Bedingt durch den schrägen Schollenanschnitt durch die Arosazone besteht im obersten nordwestlichen Höllobeltrichter die Möglichkeit eines Anschnitts des Gipskarstes des Maisäßwaldes durch die weitere Höllobelerosion. Die derzeitige Entwässerung dieses Gipskarstes erfolgt einerseits über die Überlaufquellen im Mooswald (mit Wiederversickerung in einer Schwinde und Wiederaustritt in dem zum Mühletobel abrinnenden Quellbach) und andererseits über den Gips unter dem Schesaeinschnitt im Bereich Brennerbrücke durch und – einschließlich des hier versickernden Schesawassers – über die Raibler Rauhacken in die Bürserschlucht. Dieser Entwässerungsweg wird durch hydrochemische Messungen von PIRKL (1992 & 1994) in der Alvierschlucht bestätigt.

- ◆ Die tiefreichende Ausräumung der Jungschuttüberdeckung durch den Schneeschmelzabfluß des Winters 1995/96 hat neben der Freilegung interstadialer Sedimente durch die Freilegung mächtiger schwarzer Tonschiefer und Glimmersandsteine im linksseitigen Höllobelteinhang die eindeutige Zuordnung der dortigen Kalk-, Dolomit- und Rauhacken-Mergel-

abfolge zu den Raiblerschichten ermöglicht. Damit wird die Verbindung zwischen den Felsaufschlüssen des linken und rechten Tobeleinhangs mit ihrem jeweiligen gegenläufigen Schichtfallen in den Hang geometrisch erleichtert und deutlich, daß die Schollenabscherung durch die Arosazone hier noch schräger zur Muldenachse erfolgte als angenommen. Dieser Schollenverlauf wird durch das Ergebnis der Kernbohrung KB 5, die 1993 im Bruchkessel zwischen Schesahauptbach und Burtschabach und der Kernbohrung KB 6, die 1993/94 rechtsufrig des Hölltobels zwischen den Sperren 110 und 111 abgeteuft wurden, bestätigt. Die Kernbohrung KB 5 hat unter der 43 m mächtigen jungen Auflandung (interstadialen) Arosazonen-Verwitterungsschutt über Hangschutt und Arosazonen-Gleitschollen und Sandlagen sowie Grundmoräne und in 68,60 m Tiefe den Übergang von Muschelkalk zu Partnachschichten erbohrt. Durch das häufige Vorkommen von Arosazonenschutt in Spalten der Partnachschichten wird die Nähe der Schollengrenze belegt. Die Kernbohrung KB 6 hat unter 14 m jungem Auflandungsschutt feingeschichtete (interstadiale) Schluffe, Feinsande und Kiese mit Bodenbildungshorizonten über Illgrundmoräne angefahren, die wiederum unterhalb 38 m Lokalschutt, überwiegend aus Arosazonengesteinen mit eingelagertem Holz (älteres Interstadial) überdeckt. Dieser Lokalschutt wird in 57 m Tiefe von schräg geschichtetem Murschutt in Wechsellagerung mit lokalem Hangschutt und Schlufflagen über Grundmoräne und in 107 m Tiefe von verwitterten und zerklüfteten Arlbergsschichten unterlagert.

- ◆ Die flächenhafte Freilegung des Felsuntergrundes im Materialabtragsgelände Gaschiera hat die geologische Prognose bisher voll bestätigt. Die Felsoberfläche ist nach der Gesteins Härte und den Gletscher-Rückzugsständen selektiv mit Steilstufen und Verflachungen bzw. Rinnen ausgeschürft und fällt insgesamt aus dem Schesaeinschnitt in den Haupttalhang streichend steil gegen Brenner-Baumgarten ab. Dies dürfte auch auf die Unterlagerung des Hanges durch den gegen Osten auskeilenden Gipskörper von Zwischenbach zurückzuführen sein, durch dessen Auslaugung die überliegenden Hartgesteine bevorzugt abgeknickt sind und abgetragen wurden. Der Felsuntergrund wird, wie erwartet, von mächtigen Partnachmergeln im obersten Abtragsbereich und von Arlbergsschichten mit eingeschalteten Partnachmergeln im unteren Teil aufgebaut. Diese bisher aufgeschlossene Folge wird im untersten Abtragsteil von Raiblerschichten unterlagert. Durch die 1992 abgeteuften Sondierbohrung KB 1 im rechtsufrigen Einbindungsbereich der Sperre 93, die unter jungen Schesaschottern Rückzugsfächerschutt, Rückzugsmoräne und Grundmoräne sowie in 61 m Tiefe verkarsteten Arlbergkalk und darunter Mergel bis Tonmergel der Raiblerschichten erbohrte sowie durch die ebenfalls 1992 abgeteuft Sondierbohrung KB 2 auf der Gaschiera-Abbauschulter, die unter Übergußschotter und gut geschichtetem Rückzugsfächerschutt in 42 m Tiefe Arlbergsschichten erreichte, ließen zusammen mit der Kartierung diesen Untergrundaufbau erwarten.

- ◆ Durch die Errichtung der Baustraße Gaschiera – Burtschaalpe wurde im Wald zwischen dem Oberrand der St. Martinsgleitung und der Burtschaalpe wie erwartet am Gleitungsoberhang und im felsigen Steilhang des obersten Zugswaldes eine mächtige Folge von Arosazone mit eingelagerten dickbankigen Kalken und quarzitischen Sandsteinen freigelegt, die stark gleitungsanfällig waren und gesichert werden mußten. Überraschenderweise wurde aber auch in der hangseitigen Böschung von zwei südlichen Kehren Tonschiefer und Mergel der Arosazone seicht unter dem Mutterboden anstehend angefahren (Beilage 1, Beilage 2), sodaß die erwartete Mächtigkeit der Schesalockermassen östlich des Burtschabaches nicht vorhanden ist.

3. Sedimentologisch-petrologische Untersuchung der Lockermaterialfüllung des Bruchkessels

Die Korngrößenzusammensetzung, der petrologische Kornbestand und die Lagerungsart der Lockersedimente des Bruchkessels und seiner Umgebung standen im Zusammenhang mit den Verbauungsmaßnahmen und der erwartbaren weiteren Entwicklung des Bruchkessels einerseits und mit den Erklärungsversuchen für die Herkunft der Lockermassen und die Ursache der Bruchkesselentstehung vom Beginn an im Blickpunkt des wissenschaftlich-technischen Interesses (AMPFERER, O. 1908, HENRICH, J. 1929).

Die moderneren Detailbearbeitungen des Schesabruchkessels im Zusammenhang mit Gefährdungseinschätzung und Materialgewinnung durch PRUCKER (1976) und PARTH (1983) stützen sich auf umfangreiche Probeentnahmen und Materialanalysen. Das gleiche gilt für die für die Zech Kies Ges.m.b.H. seit 1973 entnommenen und untersuchten Probenreihen vom Bruchkessel bis zur Einmündung in die Schesa.

Wie die – auch nach 3 Jahren großflächigen Materialabtrags noch nicht bewältigten – Gewinnungs-, Transport-, Aufbereitungs- und Verwertungsprobleme des Schesamaterials aus der Abtrags- und Sanierungsfläche Gaschiera nachdrücklich belegen, sind die bisherigen Ergebnisse der Materialanalysen für die tatsächliche Zusammensetzung und Verwertbarkeitsbeurteilung des Bruchkesselmaterials nicht ausreichend repräsentativ. Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß die extreme Heterogenität der Bruchkesselwände in ihrer Tragweite einerseits nicht erkannt und andererseits nicht in genetisch zusammengehörige Homogenbereiche aufgelöst werden konnte.

In Erkenntnis dieses bisherigen sowohl für die Stabilitätsbeurteilung als auch für die Sanierung durch Rückböschung wirtschaftlich und technisch entscheidenden Wissensdefizites wurde die Analyse der sedimentologisch-petrologischen Zusammensetzung der Bruchkesselwände als wesentliches Projektziel beauftragt. Als Untersuchungsmethode war eine Verdichtung des vorhandenen Probennetzes und die wirklichkeitsnahe Erfassung der Materialzusammensetzung auf statistischem Wege wie bei den Vorbearbeitern vorgesehen, wobei im Unterschied zu diesen die Beprobung nicht nur an den gut zugänglichen

Wandfüßen und am Bruchkesseloberhang, sondern in Probenreihen in Fallrichtung in den Bruchkesselwänden erfolgen sollte.

Die Beprobung wurde einerseits semiquantitativ durch Auszählung der Grobkörnungen nach Korngrößengruppen > 200 mm, 63/200, 2/63 und durch Abschätzung der Korngrößengruppen 0,002/2 und < 0,002 sowie durch Auszählen und Abschätzen nach Gesteinsarten: Kalkalpin allgemein, Rotsedimente (Verrucano, untergeordnet Jura), Mergel (Mürbkorn) und Kristallin innerhalb eines Aluminiumrahmens von 1 m² Innenfläche ausgeführt. Andererseits wurde an Probepunkten, die nach dem geologischen Geländebefund und dem Ergebnis der semiquantitativen Beprobungen für größere Wandbereiche repräsentativ sind, Proben für Sieb- und Sedimentationsanalysen nach ÖNORM B 4412 entnommen und in der Versuchsanstalt für Erdbau- und Bodenmechanik an der HTL Rankweil untersucht.

Bereits nach den ersten zwei, unter extremen Geländebedingungen im April und Mai 1996 ausgeführten Probenreihen mit insgesamt 11 semiquantitativ bearbeiteten Probepunkten in den linksseitigen, nordwestlichen Hölltobelabhängen zeigte sich, daß:

- auf dem statistischen Weg nur ein **künstlicher Materialeintopf**, aber keinesfalls der den Verhältnissen im Bruchkessel entsprechende und für die Stabilitätsermittlung und Verwertbarkeitsbeurteilung maßgebliche Materialaufbau erfaßt werden kann,
- die Materialzusammensetzung, Lagerungsdichte, Konglomerierung, Wasserdurchlässigkeit und Bodenfeuchte wegen der Einlagerung in eine Hohlform des Felsuntergrundes aus wechselnden Richtungen, über unterschiedliche Transportmedien, zu verschiedenen Zeiten, auf unterschiedlichsten Schüttungs- und Vorflutniveaus und mit Lieferung aus wechselnden Herkunftsgebieten in kürzesten Distanzen sowohl vertikal als auch in der Längsachse des Bruchkessels und quer dazu **rasch wechseln** kann,
- durch **junge**, nach der Ausräumung des Bruchkessels innerhalb weniger Jahrzehnte entstandene, **hangparallele Verkittungen** (Konglomerierungen) von Schutthalden die primäre, komplexe Sedimentationsstruktur lokal überprägt wird und andere (seichte) Korngrößen-, Petrologie- und Sedimentationsgefüge und Wasserwegsamkeiten entstehen,
- der **Logik einer Hohlraumfüllung** entsprechend die gleiche, von kristallinen Grüngesteinen dominierte Grundmoräne dem Felsuntergrund linksseitig des Hölltobels in seichter hochliegender Position aufliegt wie im Tobelgrund am Fuße der Hauptwand neben dem Schesahauptbach oder im Gaschieraabbau ebenfalls in tiefliegender, aber weit gegen Nordosten talwärts gerückter Lage,
- eine wirklichkeitsnahe, den Anforderungen gerecht werdende Probenahme und Materialanalyse nur auf Grundlage einer vorausgehenden, **genetisch ausgerichteten Entschlüsselung** der Lockermaterialfüllung erreicht werden kann. Dabei ist einerseits zu berücksichtigen, daß gleichartige Lockergesteine zu verschiedenen Zeiten (z. B. Grünmoräne bei jedem Vorstoß und Rückzug des Illgletschers) abgelagert

werden können und andererseits bei einem Ablagerungsereignis unterschiedlichste Materialien (z. B. bei einem Murstoß im Zentralbereich Grobschotter, im distalen Bereich nur Feinsedimente und im Verzahnungsbereich mit dem Gletscher auch Blockmoräne) zur Ablagerung gelangen.

Da die semiquantitativen Proben 1 – 11 und die Korngrößenanalyseproben 1 – 6 (zusammen mit den Proben der Vorbearbeiter und den früheren eigenen Materialproben) die gesamten quantitativ erheblichen genetischen Einheiten der Bruchkesselhauptwände abdecken und die besser aufgearbeiteten Rückzugsstadien der beidseitigen Bruchkesselwände zwischen Ilmkopf bzw. Gaschierakopf und Brennerbrücke durch die Auswertungserfahrungen des Gaschieraabbaues erfaßt sind, wurde auf weitere Beprobungen verzichtet.

Die bereichsweise, insbesondere in den flächenhaften Aufschlüssen der Grundmoräne undeutliche bis nicht erkennbare, im Großteil der Bruchkesselwände ausgeprägte Schichtung der Lockermassen ist generell gegen ESE einfallend. Entstehungsbedingt treten aber auch entsprechend der Verzahnung von Seitenmoräne des Illgletschers, Gletscherrand-Schmelzwasserschüttung der Ill und der Alvier, von auffingernden Mur- und Schwemmschuttfächern des Mühlebachs und der Klamperaschesa auch gegenläufig gegen WNW (Basis von Schesahauptbach und Hölltobel, Ilmkopf, Gaschiera), gegen NNE (St. Martin – Burtschaalpbach) und gegen ENE (Deckschichte und Übergußschichten) gerichtete Schichtungen auf (Taf. 1 – 3). Zusätzlich bereichern Eisrandstrukturen (Eistunnel- und Eiskeilfüllungen, Söllefüllungen, Abb. 8) ebenso die Lagerungsverhältnisse wie insbesondere die Neben- und Übereinanderlagerung der über viele Jahrhunderte in rascher Folge in der Schesahohlform abgesetzten Mur- und Schwemmschuttvorstoßfinger.

Die Sedimentationsstrukturen sind entstehungsbedingt und abhängig von der jeweiligen Lage in der Hohlform bzw. in Bezug zur Felsoberfläche örtlich extrem rasch wechselnd und im Raumbezug verwirrend. Daher können im Lageplan, Beilage 1, nur die wesentlichsten Schichtlagerungszeichen generalisierend eingetragen werden. Wegen der in einem sich vielfach überdeckenden und ausfingernden Mur- und Schwemmschuttfächer am Randes eines Gletschers bzw. in Verzahnung mit Randmoräneneinschüben in der Hauptschüttungsrichtung unvermeidlichen schrägen Schnitte wurde auf die Darstellung der Internstrukturen in den Längenschnitten J und N verzichtet. Die in den für die Schesahauptschüttung und die wesentlichen Rückzugstaffeln kennzeichnenden Schnitten 7, 21 und 26 (Taf. 1 – 3) dargestellten Sedimentationsstrukturen geben verständlicherweise die über größere Strecken der Bruchkesselwände verfolgbar Hauptstrukturen wieder, sind aber im Detail ebenfalls generalisierend. Sie ermöglichen aber die wirklichkeitsnahe, für die Stabilitäts-, Wasserwegsamkeits- und Verwertbarkeitsbeurteilung wesentliche Auflösung des Gesamtkomplexes in +/- homogene Teilkörper.

4. Genese der Füllung des Schesabruchkessels und der Bruchkesselausräumung

Die historisch gut dokumentierte junge Entstehung des Schesamurbruchkessels wie die Voraussetzungen für die Anhäufung gewaltiger Lockermassen in einer Hohlform des Felsuntergrundes haben seit den Anfängen der naturwissenschaftlichen und (verbauungs-) technischen Bearbeitung besonderes Interesse geweckt. Aus heutiger Sicht ist es gerade wegen der jungen Entstehung innerhalb der letzten 200 Jahre und wegen der eindrucksvollen tiefreichenden Aufschlüsse erstaunlich, wie rasch und vollständig der Bedarf nach wissenschaftlicher Erklärung durch einen **Mythos** einerseits und verschwommene Behauptungen andererseits ersetzt wurde. **Die monokausale Erklärung einer gewaltigen Umweltkatastrophe durch Habsucht, Streit und naturfernes, unvernünftiges menschliches Handeln war nicht nur für die Volksseele beruhigend und verlockend, sondern entthob auch die Naturwissenschaftler und Techniker der Verpflichtung zu mühseliger Nachforschung, eignete sich blendend für Vortrags Schlagworte und blieb bis in unsere Zeit ökologisch "in".**

Andererseits ist das systematische Ignorieren der sich aufdrängenden Frage nach den Ablagerungsvoraussetzungen für eine mehrere 100 m mächtige Lockermasse mit reicher Innenstruktur an einem Talhang bis 1.000 m über der heutigen Talsohle schwer nachvollziehbar, zumal sich von 1900 bis heute die wesentlichsten Fachleute der Alpengeologie und Wildbachkunde fast ausnahmslos auch gelegentlich mit der Schesa beschäftigt haben:

O. AMPFERER, der Alpengeologe schlechthin, 1908 und 1936, hat erstmals den Schesabruchkessel in Profilen beschrieben. Neben auch heute wichtigen, erstaunlichen Detailfeststellungen – generelle hangabwärts gerichtete unregelmäßige Schichtung neben lokal widersinnigem Schichteinfallen in den Hang, Zusammensetzung aus unterschiedlichsten Lieferungen (dunkelgrün-graue Illmoräne, helle gelb-braune Kalkalpenschüttung), Ablagerung als Ausdruck der Verschiebung beim Wachstum der Gletscher im Hangenden des als Reiß-Würm-Interglacialerschüttung verstandenen Bürser Konglomerates – wurde die Gesamtschüttung als Einfüllung von Grundmoräne durch den Illgletscher in einer Hohlform am Ausgang des Alviertales als "natürlichem Schuttfang des Eisstromes" durch Nachlassen der Eisbewegung als Teil einer gewaltigen später ausgeräumten **Gesamtalverfüllung des Walgaues** verstanden. 1936 hat AMPFERER die Internstruktur detaillierter beschrieben, die Grobschotter (Breccien) am Hauptwandfuß dem Bürser Konglomerat gleich gestellt, als interglacial über einer älteren Basisgrundmoräne eingestuft und die Hauptschüttung als obere stark bearbeitete grobe Grundmoräne mit aufliegenden Lokalmoränen beschrieben. Am Tobelausgang, im Mattabüel und in Bürserberg werden Stausedimente des Eisrückzuges dargestellt.

J. HENRICH (1929), der Pionier der Schesaverbauung, beschreibt eindrucksvoll den Ablauf der Murkatastrophe, die Mühsal und Gefährdungen der Verbaubarbeiten und voll berechtigtem Stolz die Erfolge der technischen Verbaubarbeit und die Erwartung der nahen dauerhaften Bändi-

gung der Schesa. Zur Erklärung der Lockermassenan-
häufung gibt er Ampferer wieder und spricht von Illrand-
Moränenablagerungen in einer Alviereinmündungsbucht.
Er verbessert allerdings den Kenntnisstand dadurch, daß er
die **Mehrphasigkeit der Schuttanhäufung** an auffälligen
"Gefällsbrüchen der Tobelränder ober der Martinsbrücke"
erkennt und von "drei gewaltigen Perioden des Vor- und
Zurückgehens des Gletschers" spricht, zwischen denen
glimmerreiche, wasserstauende Trennschichten abgelagert
wurden. Gleichzeitig wird von ihm der Waldstreit und die
Waldvernichtung um 1796 als Katastrophenursache erstmals
in allen Einzelheiten beschrieben. Bei ihm ist der
Waldfrevelmythos bereits in voller Blüte entwickelt.

Der erste in Vorarlberg selbständig tätige Geologe, St.
MÜLLER, 1925, hat sich in für ihn kennzeichnender
sorgfältiger Weise mit den geologischen Grundlagen der
Schesa beschäftigt. Seine Deutung der Mechanik der
ostalpinen Trias des Felsuntergrundes wie der
voreiszeitlichen Talbildung ist zwar sehr anschaulich, aus
heutiger Sicht aber mechanisch überholt. Dagegen fügen
seine Beobachtungen im Schesatobel den Erkenntnissen von
Ampferer neue Details hinzu – schlecht gerollte Schotter
bis Murschutt, gegen unten besser verfestigt, unter den End-
moränen liegend, nicht als Schuttkegel, sondern als
Schutthalde geschüttet – und deuten die Ablagerung als
interglaciale Absetzung aufgearbeiteter Moränen in
sekundärer Lagerstätte in stehendem Wasser, "dessen
Spiegel zunehmend rasch anstieg". Er ergänzt den
"Waldfrevelmythos" durch den Hinweis auf die **Gipslösung
im Untergrund** als Voraussetzung für das Nachbrechen der
entwaldeten Lockermassen.

J. A. MALIN (1939) bearbeitet das Gebiet unter Aufsicht von
Stefan MÜLLER im Zusammenhang mit der Sicherung der
Brandner Straße gegen damals aktuelle Hanggleitungen. Er
ist der einzige Bearbeiter, der bis zu den jetzigen
Untersuchungen eine von der gängigen Lehrmeinung
abweichende Beurteilung des Schesaphänomens in den
wichtigsten Aspekten gibt. Leider wurde seine Arbeit erst
nach den jahrelangen intensiven Untersuchungen des
Projektteams Schesatobel-Sanierung im Archiv der
Gebietsbauleitung Bludenz aufgefunden und im Dezember
1997 dem Autor zur Verfügung gestellt, nachdem mühevoll
der Wissensstand Malins neu erreicht worden war:

- Die Lockermassen der Schesa und der talab gestaffelt
lagernden Terrassen und Fächer bis zur Talebene
einschließlich der Bürser Schluchtkonglomerate
werden als **nacheiszeitliche Schüttungen der
Flußläufe und Schuttkegel** aus umgelagertem
Moränenmaterial erkannt.
- Holzfunde auf der Burtschaalpe belegen frühere
geschlossene Waldbedeckung und die frühzeitig
begonnene, für die Alpnutzung über Jahrhunderte
erweiterte Rodung.
- Die **Bruckkesselentstehung wird auf die durch die
Rodung verstärkte Gipsauslaugung im Untergrund**
und das Nachbrechen der Lockermassenbedeckung in
den Gipskarst, die dadurch verursachte Destabilisierung
der Hänge und die folgende fortschreitende Ausweitung
von Hangausgleitungen zurückgeführt. Der Waldfrevel-
Mythos wird nicht angeführt.
- Eine ähnliche Entwicklung wie im Schesatobel wird

wegen der alpwirtschaftsbedingten Entwaldung auch
für Nachbargebiete mit Gipsuntergrund erwartet.

- Im **Schesabachbett versickerndes Wasser rinnt** seit
der Hebung der Sohle und des Spiegels des in der
Auffüllung abfließenden Grundwassers durch die
Tobelverbauung rechtsufrig unter Brenner – Bühel –
Baumgarten in den postglacialen Schuttkegeln des
Ronna- und Schesabaches und den Raiblerschichten des
Felsuntergrundes **in Richtung Alvierschlucht** durch
und hat 1935 – 1939 Hangausgleitungen verursacht,
"das Gras und Heu vernäbt und verdorben", den Boden
der Wiesen durchweicht und die "Feldmäuse veranlaßt,
die ebenen Grumat-Wiesen zu verlassen und in die
Bergwiesen hinauf zu flüchten".
- Eine Entschärfung der Gefährdungssituation ist nur
durch eine großflächige Wiederbewaldung der Alp- und
Heumahdflächen von Burtschaalpe, Burtschamähder,
Klamperaalpe, Loischkopf und Zugsmähder sowie die
Bannlegung dieser Wälder erzielbar.

L. KRASSER (1949, 1966) erkannte in der Schesa eine rasche
rückschreitende Erosion und ein erhebliches Katastrophen-
potential, verkannte aber die Gefügesituation des Felsunter-
grundes und liefert keinen Fortschritt im Kenntnisstand über
die Lockermaterialfüllung und die Ursachen der Schesa-
entstehung.

In den Geologischen Karten 1:25.000 des Rätikon 1965 und
des Walgaues 1967 sowie in den die Quartärgeologie von
Bürs - Bürserberg und/oder die Schesa beschreibenden bzw.
streifenden geologischen, geographischen und wildbach-
kundlichen Exkursionsführern, Abhandlungen, Projektbe-
schreibungen und Technischen Berichten wird einerseits der
Waldvernichtungsmythos als Entstehungsursache ohne
Hinterfragung zitiert und andererseits mit verschwommenen
Begriffen wie "Moränenschutt i.a.", "Bürser Konglomerat
(Mindel – Riß) Gehängebreccie", "Verbauungsschotter",
"umgelagerte Moräne" über die offene Frage hinweg-
gewischt, wie denn (seit altersher bekannte) deutlich ge-
schichtete Sedimente mit Sand- und Schluff-Tonlagen in
einer Mächtigkeit von weit über 150 m direkt am Rand eines
spaltenreichen, sich ständig bewegenden Gletschers
abgelagert werden können, ohne daß entweder beim
Eisvorstoß Eis den Sedimentationshohlraum von unten nach
oben zunehmend einengt und auffüllt oder beim Eisrück-
gang das Stauniveau (entgegen der von unten nach oben
flacher werdenden Schichtung) sich laufend absenkt.

H. PRUCKER (1976) bearbeitet die Schesa im Rahmen einer
wildbachkundlichen Diplomarbeit als erster umfassend in
Hinblick auf den Materialaufbau und das Gefährdungs-
potential. Zu den Ursachen der Auslösung der Murka-
tastrophen wird der Waldvernichtungsmythos kritiklos
wiederholt und besonders romantisch ausgeschmückt. Zu
den Voraussetzungen und zum Ablauf der Anhäufung der
gewaltigen Lockermassen im späteren Bruckkesselbereich
werden sich teilweise widersprechende und durchwegs nicht
nachvollziehbare, den regionalen Verhältnissen und den
Naturabläufen widersprechende Angaben gemacht:

Die Bruckkesselwände bestehen nach PRUCKER aus "Alt-
schutt", überwiegend aus "Würmmoränenmaterial, in gerin-
gem Ausmaße auch aus aufliegendem Gehängeschutt und
Tertiärsanden", die "der Felsoberfläche folgend talwärts

geneigt “in einer Talweitungsbucht durch Nachlassen der Gletscherschleppkraft” abgelagert wurden. Während im Tal Grundmoräne abgesetzt wurde, die in der Schesa nirgends aufgeschlossen sei, habe der Gletscher im Bereich des heutigen Bürserbergs Seitenmoräne hinterlassen, die sich mit Verwitterungsschutt des Daleu- und Loischkopfhanges direkt und mit durch Wildbächen verfrachtetem “Witterschutt und zwischeneiszeitlichen Seeablagerungen verkeilt”. Die Wechselschichtung sei “durch den dammartigen Aufstau weiter draußen im Illtal durch einen Seitengletscher zu erklären”, wodurch “sich im Illtal **ein** großer zwischeneiszeitlicher (!) Gletscherflußstausee (!) von über 1.000 m Stauhöhe (!) gebildet (!)” habe. Durch das fließende und später stehende Gletscherschmelzwasser sei das Moränenmaterial sortiert und “relativ standfest deponiert” und später “in der letzten Eiszeit” wieder mit Seitenmoräne überdeckt und von Wildbach-Deltaschottern vom Daleu- und Loischkopf her überrollt worden.

Dieser Megastausee wird auch in einem Profilschnitt dargestellt, wobei von einem mehrfachen Wechsel von Flußstau- und Seeablagerungen, Vorstoß der Gletscher mit Moränenablage und Pulsieren des Wildbaches gesprochen wird. Das Überwiegen jeweils einer der drei Ablagerungen in unterschiedlicher Höhe bzw. unterschiedlichen Bereichen des Bruchkessels wird als Mitursache für die Tobelbildung und –ausweitung sowie als bestimmender Faktor der Lagerungsverhältnisse und der hydrogeologischen Situation dargestellt. Dabei wird die Meinung vertreten, daß die Verwitterungsschuttschwarte am Fuße von Loisch und Daleu nicht vom Gletscher erfaßt wurde und daher eckig-kantig, locker gelagert und durchlässig sei. Diese Beobachtung wie mehrere andere Detailstrukturfeststellungen ist ein Fortschritt im Erkenntnisstand, wird aber unrichtig gedeutet. Die Felsuntergrund- und Bergwasserverhältnisse werden insbesondere bezüglich der Gipskörper und der Karstwasserverbindung Klampera – Schesa aufschlußwidrig verkannt; daraus wird eine gefährliche Fehleinschätzung abgeleitet und profilmäßig dargestellt.

H. AULITZKY (1978) wiederholt die Darstellung und den Profilschnitt seines Diplomanden PRUCKER und spricht von der Schesabruchkesselfüllung als einer “fluvioglazialen, sehr feinkörnigen und dicht gelagerten, zwischeneiszeitlichen Talverfüllung, die in horizontalen Schichten abgelagert und 1796 durch einen Großkahlschlag im Zuge der Gemeindetrennung” mobilisiert wurde.

R. HANTKE (1980, 1983) meldet in seinem dreibändigen Standardwerk “Eiszeitalter” Zweifel am Mindel – Riß-Alter des Bürser Konglomerats an, schlägt eine Einstufung in ein frühes würmzeitliches Intervall vor und sieht das weitflächige Konglomerat von einer Sanderschüttung der Alvier in einer spätglazialen Rückzugsphase überrollt. Die Bruchkesselfüllung bezeichnet er als “mächtigen Vorstoßschutt mit Moräne”, obwohl er im benachbarten Gamperdona gleichartige Ablagerungen als Rückzugsstafelverbauungen interpretiert.

G. BARTH (1983) bearbeitet als Gegenstück zu PRUCKER im Rahmen einer Diplomarbeit geologisch-lagerstättenkundlich das Schesatobel in Hinblick auf die Materialverwertbarkeit. Seine Beschreibungen des Felsuntergrundes und der Lockermaterialüberdeckung wiederholen im wesentlichen den Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse der Vorbear-

beiter, insbesondere die Aussagen von PRUCKER. Einzelheiten, wie die Strukturdeutung des Daleu-Hauptdolomits, die Zuordnung des Klamperagipskörpers, die tektonische Begrenzung der Arosazone im Bereich St. Martin – Burtschaalpe und die Raibler Schichtenaufschlüsse im Bruchkessel entsprechen nicht der Geländesituation und bedeuten einen Kenntnistrübschritt.

Die Nagelfluhbänke am Fuße der Bruchkesselwand im Bereich des Schesahauptbaches sowie in der überliegenden Bachschlucht werden dem Bürser Konglomerat gleichgesetzt. Die vernebelnden Begriffe “Seitenmoräne, Verbauungsschotter, Stauwassersedimente, Wildbachschutt, Gehängeschutt” werden nicht hinterfragt, für einen vorstellbaren Sedimentationsablauf wird keine Erklärung gegeben. Die Untersuchung der Bruchkessellentstehung beschränkt sich auf die stereotype Wiederholung des Waldvernichtungsmythos. Dagegen werden wesentliche Beiträge zur Kenntnis der Wasserwegsamkeiten und zum Kornaufbau der Bruchkesselfüllung geliefert.

Der Wert der Materialanalysen wird allerdings dadurch eingeschränkt, daß die Proben nur an gut zugänglichen Stellen gewonnen und nicht genetisch oder materialmäßig identifizierbaren Einheiten zugeordnet werden.

A. JEHL (1988) der Nachfolger HENRICHs als Leiter der Schesaverbauung, wandelt den **Waldfrevelmythos** insoweit etwas ab, als er weniger den Kahlschlag auf der begrenzten Fläche von 20 ha, als vielmehr die **unsachgemäße Holzrückung** des geschlägerten Holzes für die Katastrophe verantwortlich macht. Er bereichert die Ursachenschilderung mit zusätzlichen anschaulichen Details über den Ablauf der Murstöße und Materialabstürze im Bruchkessel und berichtet über die Übertragung des Gerinnenamens Schesa bzw. Zerschesen vom heutigen Mühle- oder Ronnabach auf den früheren Balbierbach, die heutige Schesa. Zum Lockermaterialaufbau und zur Genese liefert er keine zusätzlichen Informationen.

O. KELLER (1988) beschreibt in Kartenskizzen, Profilen, Fotografien und textlich die komplexen Glacialformen von Bürserberg. Seine Darstellung des weiteren Untersuchungsbereiches deckt sich weitgehend mit den eigenen Geländeerhebungen (Beilage 2) mit Ausnahme der überproportionalen Zuordnung von Geländeformen zur Lokalvergletscherung. Dagegen bleiben seine Aussagen zur Schesabruchkesselfüllung – “Stauschuttmassen, stark verdichtet, präwürmmaximal, Schichtung meist hangparallel, gerundet bis kantig, eisrandnah, bereichsweise verkittet und von hochwürmzeitlicher Grundmoräne überlagert, auf der späteiszeitliche Block- und Eisrandmoränen abgesetzt wurden,” wie bei den Vorbearbeitern unbestimmt. Die Schesahauptschüttung wird der Würmaufbauzeit zugeordnet, das Bürser Konglomerat der vorletzten Eiszeit.

G. ÜBLAGGER (1988, 1992, 1995), der Projektleiter des Schesasanierungsprojekts hat vor der intensiven Befassung mit dem Schesaphänomen aus dem gut dokumentierten Katastrophenablauf und dem Waldverwüstungsmythos eine Kausalkette zwischen Entwaldung als Störung des natürlichen Gleichgewichts, Initialphase, Phasenübergang mit Aufschaukelung und Finalphase mit voll entwickelter Bruchkesseldynamik und den Ablauf der Bruchkessellentstehung in Form einer Katastrophenspirale abgeleitet. Als Gegenstrategie sollte auf Grundlage einer systemar unter-

stützten Naturraumerkundung wieder ein sich längerfristig selbst regulierender Naturraumzustand (Gerinnesystem, Hangbereich) hergestellt werden. Im Laufe der Arbeit des Pilotprojektteams Schesasanierung nahm der Projektleiter bemerkens- und aner kennenswerterweise aufgrund der neuen Grundlagen und Einsichten zunehmend Abstand vom generalisierenden monokausalen Schesaentstehungsablauf. L. de GRAAF et al. (1993) stufen die Burtschaalp-Schesa-Lockermassen ins ausgehende Konstanz-Stadium bzw. Koblach-Stadium (14.600 – 14.000 a.B.P.) ein, die fluviatil durch Alvier, Schesa und Ill aufgeschütteten Eisränderterrassen und Toteislöcher von Bürserberg – Tschengla ins Koblach-Feldkirch-Stadium (13.400 – 14.000 a.B.P.) und das Bürser Konglomerat in eine Wiedervorstößphase vor der letzten Hocheiszeit ein. Bezüglich der Schesa wird außer der Begriffskreation “moränenartige Diamikte und zum Teil geschichtete, sortierte Sedimente”, “hauptsächlich beim letzten großen Gletschervorstoß am Rande des Illgletschers angehäuft” und “beim weiteren Aufbau vom Gletscher überfahren” kein Beitrag zur Kenntniserweiterung geliefert. M. MÖLK (1996) stellt Vergleiche zwischen Mühltobel und Schesabruchkessel an, konzentriert sich aber auf das Mühltobel und liefert weder bezüglich des Felsuntergrundes noch bezüglich der Lockermaterialbedeckung und die Schesaentstehung wesentliche neue Beiträge. Die Schesabruchkesselfüllung wird als “fast ausschließlich von Moränenmaterial (lodgement till)” aufgebaut und “mit allgegenwärtigem gekritztem Geschiebe” und “ohne stabilisierende Überkonsolidierung als Hinweis geringer Eismächtigkeiten zum Zeitpunkt der Ablagerung” (!) beschrieben.

Das Ergebnis der im Laufe von mehr als 25 Jahren in zahllosen Geländebegehungen, Aufschlußaufnahmen, flächenhaften Kartierungen, Profilaufnahmen und Untergeländeaufwertungen gewonnenen Einsichten des Autors in die Entstehung der Lockermaterialfüllung und ihre Ausräumung ist in den Lageplänen, Beilagen 1 und 2, in den Modellen, Taf. 7 und Abb. 7, und in den Profilschnitten, Taf. 1 – 5, dargestellt und wird durch folgende zusammenfassende Ablaufferläuterung ergänzt:

Der Felsuntergrund des Hanges zwischen Zwischenbach – Brenner und Burtschaalpe – Untere Burtschamähder wurde durch den Schurf früherer Eiszeiten und die Gerinneerosion der Zwischeneiszeiten dem unterschiedlichen Erosionswiderstand der Gesteinsserien und dem tektonischen Zuschnitt sowie unterschiedlichen Lagen der Gletscher und des Vorflutniveaus folgend ausgeprägt strukturiert (Taf. 7 – Fig.1):

In der Achse des Schesabaches wurde eine in Teilwannen übertiefte, schluchtartige Rinne im Fels eingegraben. Diese dominierende, \pm E – W-verlaufende Struktur geht hangaufwärts von Profil 16/17, gebunden an die Schollengrenze des Kalkalpins zur weicheeren Arosazone in Querrinnen gegen Süden und NW und gebunden an den die Rinne am engen Ausgang in den Haupttalhang unterquerenden Gipskörper hangabwärts von Profil 6/7 in eine \pm N – S-streichende Querrinne bzw. Hangverflachung über. Im Bereich Burtschaalpe – Untere Burtschamähder ist im Felsuntergrund eine weitere, gegen SSW und NNW ansteigende Einmündung, wahrscheinlich durch Schmelzwassergerinne, eingetieft. Weitere durch Steilstufen

voneinander getrennte Verflachungen der Felsoberfläche in den beidseitigen Schultern der Zentralrinne dürften glaciale Schurfniveaus widerspiegeln.

In die intern gegliederte, talwärts durch einen verkarsteten Gipsrücken abgeschlossene Felswanne zwischen Ilmkopf, Gaschierakopf und Loischkopfabhang wurde beim Aufbau eines der früheren Würmhochstände Grundmoräne überwiegend aus kalkalpinem (Alviergletscher) und Lokalschutt (Arosazone) abgesetzt. Beim Eisrückzug in einer interstadialen Warmzeit wurden auf der Grundmoräne lokaler Hangschutt und in Schrägschichtung Eisrandablagerungen (wie in der viel jüngeren Schesahauptschüttung) mit hohem Ill-Kristallinanteil in die Hohlform eingeschüttet. Nach dem Geländebefund und dem Ergebnis der Sondierbohrung KB 6 spricht viel dafür, daß die gesamte Hohlform ähnlich der Füllung vor 1796 bis weit hinauf verfüllt und zunehmend von einer krautig-grasigen Vegetationsdecke, später von Wald abgedeckt wurde. Gleichzeitig begann die Wiederausräumung der Hohlraumfüllung – völlig ohne “neidisch-habsüchtige, unvernünftige und waldverwüstende” Bürserberger. Diese Ausräumung reichte viel weiter als heute, bis zur vollständigen Ausräumung mit Ausnahme weniger Reste. Wahrscheinlich war – wie später – der Fortschritt der Gipsauslaugung und der Niederbruch des Gipskarstes am Hohlformausgang für diese Ausräumung die auslösende Ursache. Im Zuge dieser Ausräumung mit örtlicher Zwischenlagerung wurden einerseits Pollen und andererseits Holz eingebettet, die nach den Bestimmungen PAK (1994) und DRAXLER (1997) Zeugen eines borealen, bis mindestens zur heutigen Waldgrenze reichenden Fichtenwaldes mit Kiefern, Tannen, Ulmen, Erlen und Birken mit einem Alter von mehr als 35.200 bzw. 39.500 a.B.P. (VRI-1566) sind. Als Ergebnis dieser Ausräumung war der hangaufwärts des Profils 15 liegende Teil der Zentralrinne bzw. der Felswannen deutlich strukturiert aufgefüllt, während im übrigen Schesabruchkessel die Felsoberfläche wieder weitgehend freigelegt wurde (Taf. 7 – Fig. 2).

Als Folge einer neuerlichen Klimaverschlechterung lagerte der vorstoßende Gletscher zuerst überwiegend Alvierschutt, anschließend überwiegend Kristallinschutt der Ill als bindige Grundmoräne in der Hohlform auf dem Felsuntergrund und den älteren Interstadialschottern ab. Dies ist durch mehrere Aufschlüsse im SchesaHauptbach, Burtschabach und Hölltobel und durch die Bohrungen KB 5 und 6 belegt. Beim folgenden Eisrückzug wurde wiederum die Hohlform zuerst mit eisrandnahen Schüttungen vom Hang und aus Schmelzabflüssen entlang dem Gletscherrand sowie von Moräne gestaffelt aufgefüllt und anschließend wiederum – ebenfalls ohne menschliche Torheit und Gewissenlosigkeit, wahrscheinlich durch ein neuerliches karstbedingtes Tieferlegen der Gipsbarriere am Kesselausgang – in großem Ausmaß ausgeräumt. Dies belegen die geschichteten bis feinst gebänderten, kalkalpinen und kristallinen Kiese, Sande, Grobschotter und Schluffe der Bohrungen und Aufschlüsse mit teilweise gegen den Hang gerichteter Schüttung der gut sortierten und gerundeten Sand-Kiese (Abb. 5). Die Ausräumung hat wiederum einen durch eine Vegetationsdecke geschützten und von Wald bestockten Hang betroffen, da im Zuge der Ausräumung wiederum im Aufschluß Hölltobel und in den Bohrungen KB 4, KB 5 und KB 6 Holz und Pollen eingebettet wurden. Diese



Abb. 4: Ansicht der Bruchkesselhauptwand mit Schüttungsstrukturen.

Fig. 4: View of the main part of the Schesa-gully with sedimentary structures.

organischen Reste sind Zeugen einer vor 21.100 ± 1.300 a.B.P. (VRI-1719, wegen der geringen Probemenge ist auch eine doppelt so große Streuung möglich) gewachsenen Rasengesellschaft und eines aufgelösten Kiefer (oder Latschen)-Fichten-Birken-Waldes sowie eines wesentlich kühleren, zeitweise sehr lebensfeindlichen Klimas als bei den älteren organischen Resten. Aus diesen, eventuell auch aus den älteren Interstadialresten, die im Tobel aufgeschlossen waren, stammen auch die im Schesatobel in sekundärer oder tertiärer Lagerstätte immer wieder gefundenen Mammutstoßzähne. Die Ausräumung muß soweit gegangen sein,

wie nach der vorangegangenen Ausräumung, hangaufwärts von Profil 16 und im Bereich des heutigen Bruchkesselrandes deutlich aufgefüllt und anders strukturiert (Taf. 7 - Fig. 3).

Beim neuerlichen Vorrücken der Lokal- und des Illgletschers zum Aufbau der letzten Hochvereisung wurden die freigelegte Felsoberfläche, freigelegte Interstadialablagerungen und ältere und letzte Grundmoräne von Grundmoräne des Alvier- und insbesondere des Illgletschers (Grünmoräne) in lokal großer Mächtigkeit überdeckt. Der vorrückende Illgletscher hat dabei die tonig-schluffig-feinsandigen



Abb. 5: Ausräumungsrest der jüngeren Würm-Interstadial-Füllung des Bruchkessels im linksseitigen Hölltobeleinhang.

Fig. 5: Relict of the younger Würm-interstadial-filling of the Schesa-gully at the left side of Hölltobel.

daß im Loischkopfabhang die Arosazone flächenhaft freigelegt wurde, von der unterschrittene Felsschollen, Verwitterungsschwartenteile und Hangschutt in die Hohlform abgeglichen und durch Murschübe eingeschüttet wurden (KB 5).

Nach diesem Interstadial mit Rückzug der Lokal- und des Haupttalgletschers aus dem Walgau war die Schesahohlform in der Zentralrinne talab von Profil 16 nahezu unverändert

Staulagen des vorangegangenen Interstadials in Kleinfalten gestaucht und stark überlastet (Abb. 6).

Zwischen dem Talhang und dem Eis (in der Randkluft) wurden lokal feinteilmarme bis rösche, sandig-kiesige Kristallinschotter eingespült und abgesetzt. Zum Zeitpunkt des Höchststandes bestand eine geschlossene Eisfläche, unter der auch der Daleu und der Loischkopfgipfel begraben waren. Die höchstgelegenen im Einzugsgebiet der Schesa

gefundenen Moränenwälle, Schurfrinnen und Terrassenreste auf und unter dem Gipfel des Daleu m 1620 – 1720, an der Nordwest- und Ostseite des Loischkopfes m 1530 – 1720 und am Ostabhang des Alpilakopfes m 1680 – 1840 sind Belege für die bereits eingesetzte Absenkung der Eisoberfläche von den Maximalständen und das mehrfache Vor- und Zurückpendeln der Flächengletscher während längerer Zeit.

Nach den Bohrergebnissen, der Sedimentationsabfolge und dem geomorphologischen Geländebefund erfolgte nach dem nach 21.100 a.B.P. begonnenen und bis zum Maximum der letzten Hochvereisung vor 20.000 – 17.000 a.B.P. reichenden Eisaufbau keine Freilegung des Schesabruckkesselbereiches von der Eisbedeckung mehr bis zum stufenweisen endgültigen Gletscherrückzug.

Dieser letzte Gletscherrückzug wurde durch eine deutliche Klimaerwärmung eingeleitet und erreichte rasch den ersten längerdauernden Halt auf m 1510 – 1460 (Beilage 2). Er

wird durch die mächtige Randmoräne zwischen Burtsch-alpe und Oberen Burtschamähdern und zwischen Frescha und Maisäbwaldlegi, durch die weitflächige Sanderschüttung des Klamperalappens im Bereich der Oberen Burtschamähder und des Parpfienzlappens beidseits des Mühletobel- oberlaufes (Alte Statt und Frescha) und die Terrassenreste im Bereich Brünnen markiert. Zu diesem Zeitpunkt waren Loischkopf und Daleu bereits eisfrei. Der Alvieregletscher vereinigte sich mit dem Illeis nicht nur am Ausgang des Brandnertales, sondern anfangs auch noch über den über den Burtschasattel fließenden Klamperaeislappen und über den über Fahregg herüberstoßenden (mächtigen) Parpfienzlappen. Der Schmelzwasserabfluß des Klamperalappens füllte die talwärts durch die Illrandmoräne abge- riegelte Hangmulde zwischen Loischkopf und Daleu rasch mit seinem Schmelzwasserschutt weitflächig auf. Der Parpfienzlappen löste sich erst langsam vom Illgletscher und zog sich in den Oberlauf des Mühlbaches zurück, hielt sich

Stauchung der Interstadialfeinsedimente durch den letzten Würmvorstoß



Abb. 6: Mittlere Würm-Grundmoräne, Schluff-Ton-Feinsandlagen und konglomerierte Grobschüttung des jüngeren Würm-Interstadials mit Stauchfaltung der Feinsedimente durch den letzten Würmvorstoß im linksseitigen Einhang des Schesa-Hauptbaches.

Fig. 6: Ground till of the middle Würm, silt-clay-fine sand layers and conglomerated coarse grained flow of the younger Würm-interstadial with folding of fine grained sediments due to latest glacial advance of the Würm from the left side of the Schesa-Hauptbach.



aber noch länger, zuletzt als abgeschnittener bzw. nur aus dem nördlichen Alpilakopf-Ostkar ernährter stagnierender Eiskörper. Er lieferte direkt bzw. über seine Gletscher-randschmelzwässer den größeren Teil des Abtragsschutts der Brandnertalwestseite (Zalim – Palüd – Lorenzatäli) zuerst in den Oberlaufbereich des Mühlebachs. Später spülten die Schmelzwässer aus den beiden Alpilakopf-ostkaren das im Mühlebachoberlauf angeschoppte Moränenmaterial wieder aus.

Als Folge der weiteren Klimaverbesserung sank der Illgletscher wahrscheinlich in mehreren Teilrückzugsstufen auf den Stand m 1290 – 1270 ab, der durch die Schurfrinne zwischen St. Martin und Gaschierakopf, Moränen-Verbauungsschotter-Verzahnungsreste in der Bruchkesselhauptwand und am Ilmkopf, Wallmoränen und Terrassenreste im Bereich Schutzwald – Schneeflucht und Obere Ronna – Brünna sowie unterhalb des Schwammwaldes markiert wird. Der als Stand Ilmkopf I bezeichnete, wahrscheinlich dem Konstanzer Stadial, ca. 15.000 a.B.P. entsprechende Stand dürfte ein Vorstoßhalt nach einem vorausgegangenen weitergehenden Rückzug gewesen sein. Durch diesen Halt wurde die Hohlform im Fließschatten des Illgletschers zwischen Gaschierakopf und Ilmkopf-Mooswald talseitig durch eine ca. 80 m hohe, in die Hohlform eingebogene Eis- bzw. Randmoränenbarriere abgeriegelt. In diese Hohlform schob der Gletscher besonders anfangs Moränen- und Schmelzwasserschutt von der Talseite her. Die Hauptfüllung des anfangs mit steilen, mit zunehmender Auffüllung mit flacheren Neigungen abgesetzten Materials erfolgte nach dem Geländebefund über die Gesamtzeit der Schesabruchkessel-Hauptschüttung von WNW gegen E, SE und ENE, also quer zur und gegen die Illgletscher-Fließrichtung. Da der Alviargletscher in der Talausgangsschlucht am steilen, felsigen Süd- und Ostabfall des Daleu keine Gletscherrand-Schmelzwasserrinne ausbilden konnte, ist von dieser Seite eine stärkere Geschiebezufuhr ausgeschlossen. Das Hauptgeschiebe der Schmelzwasserabflüsse entlang der Westflanke des Brandnertales einschließlich der bereits eisfreien Seitentäler Zalim, Palüd und Lorenzatäli sowie Alpilakopf-Ostkar wurde zu dieser Zeit bereits als mächtige Hohlraumfüllung im Schließwaldtobel hinter der Alvier-Randmoräne eingelagert.

Der Abfluß der Klamperaalp-Obere Burtschamäher-Mulde war geschiebearm, durch die Absetzung im Stau der Illrandmoräne der Burtschaalpe ausgesiebt bzw. nur mit Gletschertrübe belastet und konnte daher keinen nennenswerten Geschiebebeitrag für die Schesa liefern. Eisrand-Schmelzwasserabflüsse des Illgletschers konnten ebenfalls nur in bescheidendstem Ausmaß Geschiebe in die Hohlform liefern, da diese quer über den einmündenden, durch die Gefällstufe und den Stau am Illgletscher spaltenreichen Alviargletscher hätten fließen müssen.

Als Lieferant für den überwiegenden Teil der Bruchkesselfüllung bleibt daher nur der Schmelzwasserabfluß des verschwindenden Parpfienzlappens des Alviargletschers und der Lokalgletscher der beiden Alpilakopf-Ostseitenkare bzw. des Mühlebach-Oberlaufes. Deren Schmelzwässer schotterten zuerst die freigewordene Talmulde des Mühltobel-Oberlaufes gegen den das Tal abriegelnden Illgletscher bzw. dessen Randmoräne mit einem mächtigen

Sander auf. Offensichtlich wurde ihr Abfluß beim weiteren Rückzug des Eises aber durch die Stirnwallmoräne des Parpfienzlappens und den eigenen Sanderfächer so verlegt, daß sie gegen die Talrichtung zwischen der mächtigen Illrandmoräne des Burtschaalpstandes und dem Nordabfall des Loischkopfes nach E gedrängt wurden. Dabei tiefen sie sich in die eigene rechtsufrige Sanderschüttung von Frescha ein und räumten diese teilweise aus. Aus der Ausräumung des Mühlebachoberlaufes zwischen Alter Statt und Jagdhaus-Fahregg und aus der durch Felsstürze geförderten, massiven Hauptdolomit-Schuttlieferung aus den beiden Karen der Alpilakopf-Ostseite stammt der Hauptteil der Schesabruchkesselfüllung. Dies stimmt auch mit der petrologischen Zusammensetzung der Füllung überein, wobei die lagenweise stärkeren Anteile von Arosazonengesteinen und Raiblergesteinen zeigt, daß die Eintiefung der Schmelzwasserrinne entlang dem Loischkopffuß bis in den anstehenden Felsuntergrund (Arosazone, Gips) griff. Der Durchbruch des Mühlebachablaufes zur Schesa durch die Illrandmoräne des Burtschaalpstandes erfolgte im Bereich zwischen Schesahauptbach und Wiesenbächle bzw. (zeitweise) etwas westlich von diesem. Dieser Durchbruch wurde wahrscheinlich auch vom Abfluß von den Oberen Burtschamähdern her, also von der Klampera-Schesa benutzt. Der Geschiebetransport war je nach Jahreszeit, Gletschersituation und Ausräumungs- bzw. Auflandungsstand murenartig oder fluviatil. Der Mur- und Bachschutt wurde in der Hohlform nach dem (raschen) Einbau einer mächtigen Randmoräne anstelle des Eisstromes als Barriere über größere Perioden hinweg in einen Gletscherrandsee abgelagert, wie die ständige Wiederkehr von feingeschichteten, feinkörnigen Staulagen von Beginn der Schüttung an belegt. Die anhaltende Nähe des Talgletschers, der immer wieder gegen die Hohlform vorrückte und sich von dieser zurückzog, wird durch Toteis- und Eistunnelfüllungsstrukturen, Spaltenfüllungskeile und Moräneneinstöße (Hauptbach und Ilmkopf) in verschiedenen Höhenlagen und Bereichen des Bruchkessels dokumentiert (Beilagen 1 und 2, Abb. 7, Abb. 8).

Im jüngsten (obersten) Drittel der Schesahauptschüttung lieferten, nachdem der Alviargletscher auf ein Niveau von unter 1300 m am Talausgang abgesunken war und damit an der Daleuostflanke im Zugswald erstmals die Möglichkeit zur Anlage von Randmoränen und Eisrandabflußrinnen entstand, der Alviargletscher bzw. seine Schmelzwasserabflüsse Schutt hinter die Illrandmoräne in die Schesahohlform. Diese gegen N und NNE gerichtete Schüttung ist in der Bruchkesselwand zwischen St. Martin und nördlich des Burtschabach-Einschnitts gut erkennbar (Abb. 4).

Während der wahrscheinlich wenige Jahrhunderte andauernden Auffüllung der Schesahohlform bis 5 – 30 m unter die heutige Bruchkesseloberkante hauptsächlich durch den Mühlebach herrschte, wie die von DRAXLER (1997) aus den Bohrungen

KB 3 und KB 4 bestimmten Pollen zeigen, ein sehr kühles, rauhes Klima. Die Vegetation war die einer Kältesteppe mit bereits zu diesem Zeitpunkt beginnender Wiederbewaldung durch Kiefer, Fichte, Birke und Erle.

Im Gefolge eines Klimarückschlags (Weißbad-Koblach-Stadial ca. 14.500 – 14.000 a.B.P.) stießen sowohl der Illgletscher als auch der Alviargletscher und die kleineren

Seitental- und Kargletscher rasch wieder vor, wobei die Talgletscher ihre Oberfläche bis zu 100 m anhoben und sich mit den Kar- und kleinen Talgletschern vereinigten. Bei diesem Vorstoß wurden sowohl im Schließwaldtobel als auch im Schesabruchkessel die Ill- bzw. Alvierrandmoräne und die hinterliegenden Mur- und Schwemmschuttfächer sowie Seesedimente überfahren, wie in den Anbruchwänden beider Tobel gut erkennbar ist. In der Schesa schob sich der Gletscherrand aus der Lage Gaschierakopf – Ilmkopf m 1270 – 1290 hangaufwärts bis in den Bereich des Querprofils 24 (Unterste Burtschamähder, Unterer Burtschawald) m 1370 – 1400 vor. Beim Vorstoß wurden, wie westlich des Ilmkopfes zu sehen ist, gegen den Hang einfallende, stark kristallin betonte Grobsschotter und Grundmoräne sowie eine Randmoräne auf dem Schwemm- und Murschuttfächer abgelagert. Das vorrückende Eis und seine Randmoräne haben einen Gletscherrandsee aufgestaut, in dem diskordant zum unterlagernden Fächer gering geneigte bis horizontale Feinsedimente mit einzelnen eingelagerten Blöcken und seltenen Grobsschüttungen in einer heute noch erhaltenen Mächtigkeit von bis zu 30 m abgesetzt wurden. Der hohe Ton-Schluff-Feinsandanteil dieser als Schesadeckschicht (Beilage 1, Taf. 2 – 5, Abb. 4) bezeichneten Schüttung ist einerseits auf die Absetzung im stehenden Wasser eines Sees zurückzuführen, andererseits aber auf die Unterbrechung der Geschiebezufuhr aus dem Oberlauf des Mühlebaches. Diese wurde durch das Erlahmen der Schleppkraft in der wenig geneigten Abflußrinne entlang dem Loischkopf-Nordfuß als Folge der Abflußverminderung (Niederschlagsbindung in Eis und Schnee) verursacht, die zum Aufsichtern der Abflußrinne im Bereich der Frescha-Terrasse führte. Zugleich wurde der durch ältere Moränenwälle gelenkte Abfluß des Mühlebaches zur Schesa durch den in den Oberlauf des Mühlebaches bis unter Alte Statt bzw. bis zum Kontakt mit dem Illeis vorstoßenden Gletscher aus dem nördlichen, zeitweise auch aus dem südlichen Alpilakopf-Ostkar abgeriegelt. Die Auflandung des durch den Illgletschervorstoß gestauten Sees im Bereich des Schesabruchkessels erfolgte wie vor dem Vorstoß vom Durchbruch durch die Burtschaalpmoräne aus durch den Klampera-Obere Burtschamähder-Abfluß (Schesa) und durch den verbliebenen Rest der Mühlebachzuleitungsrinne entlang dem Loischkopffuß. Gleichzeitig setzten sich vom Illgletscher und von dessen Randmoräne abgerollte und auf Eisschollen verdriftete Großblöcke, besonders häufig Oberrhätkalke, und Grobsschuttlinen im See ab.

Die folgende Klimaverbesserung hat einen raschen Rückzug der Gletscher bis zum Niveau vor dem Vorstoß und in der Folge in einer raschen Abfolge kürzerer Halte bis zur völligen Enteisung verursacht. Durch diese Erwärmung sind die Kar- und Seitentalgletscher rasch und auf Dauer verschwunden. Beim Rückzug haben die Kargletscher der Alpilakopf-Ostseite im Obersten Mühlebachtobel und in Vorderparpfienz landschaftsprägende Wallmoränen und Sanderflächen hinterlassen. Im Schließwaldtobel markieren enggestaffelte Folgen von Wallmoränen, Schuttfächern und Terrassenresten auf der Schließwaldtobelhauptschüttung die rasch absinkende Oberfläche des Alviereises. Im Schesabruchkessel zog sich der Illgletscher bis auf den Stand Ilmkopf II m 1250 – 1230 zurück, der durch Schurfkehlen am Gaschierakopf, landschaftsprägende Wallmoränen und

Rückzugsfächerterrassen sowie Schmelzwasserabflußrinnen in den Wiesen von Appenzell und Maisäß, in Saga – Ronna und im Obersten Valschena markiert wird. Hangseitig der \pm durchlaufend angelegten, aber im Schesabruchkessel mit Ausnahme von Resten am Gaschierakopf und am Ilmkopf abgetragenen Randmoräne wurde ein schmaler Rückzugsfächer von der Schesa, den Alvier- und Illgletscherschmelzwässern und von der Moräne des Illgletschers aufgeschüttet. Dabei kam weitgehend bereits früher hangaufwärts abgelagertes und wieder aufgearbeitetes Material zur Absetzung. Gleichzeitig begannen zu dieser Zeit durch Oberflächenwasserabflüsse, Frostkriechen und Oberflächenabgleitungen sowie durch die Mur- und Bachgeschiebetransporte von Burtschabach, Schesa und Wiesenbächle der Abtrag der übersteilt geböschten, älteren Lockermassen, insbesondere der Randmoräne im Oberhang der Schesa und die Zerkürung und Überschüttung der feinkörnigen Deckschicht durch eine gemischtkörnige Übergusschicht mit Einbettung von abgeglittenen und abgerollten Großblöcken auf einem durch Abflußrinnen zerkürten Relief in der Deckschicht. Übergusschichten aus überwiegend grobblockigem, gemischtkörnigem Material aus den übersteilten, neu frei gewordenen und unbewachsenen und daher instabilen Böschungen der jeweils überliegenden Randmoräne haben aber auch nach jedem weiteren Gletscherrückzug den unterliegenden Hang und die unterliegende Rückzugsterrasse bzw. den Rückzugsfächer überrollt, überglitten und überronnen. Diese hangparallel geschichteten, über die Rückzugsstände greifenden bzw. aneinander anschließenden Grobsschüttungen haben stark zur Verwirrung der geologischen Einsicht (z. B. AMPFERER 1909 & 1936, HENRICH 1929, PRUCKER 1976) beigetragen.

Der nächste markante Rückzugshalt des Illgletschers ist als Stand Gaschiera I, m 1180 – 1190 in den Lageplänen und Profilschnitten eingetragen. Er wird durch die auffälligen Randmoränenwälle östlich unter dem Gaschierakopf, als talseitiger Abschluß der Wiesen von Appenzell sowie aufgliedert in mehrere Wälle in Dunza – Ronna – Valschena und Mottakopf sowie durch die zugehörigen Schuttfächer, Terrassenschotter und ausgeprägten Abflußrinnen markiert. Auf dem Hochplateau von Tschengla – Dunza – Ronna ist der glaciale Formenschatz besonders reichhaltig, weil hier vom Mühlebach her viel Schutt gegen den Eisrand geliefert wurde und der Gletscher selbst beim Abschmelzen auf dem Plateau rasch Dynamik verloren hat und verhungerte. Der Schmelzwasserabfluß vom Plateau einschließlich des Mühlebaches und mindestens zeitweise der Schesa erfolgte durch das Valschena unter das Illeis im Steilabfall zur Tschalenga. Im Bruchkessel selbst sind die Illrandmoräne und der hangseitig davon angelagerte Rückzugsfächer dieses Standes im Bereich der Auffahrt zum Abbau Gaschiera und in den obersten, bereits abgeschlossenen Teilen des Abbaugbietes sowie im (kriechenden) linksseitigen Tobeleinhang unterhalb des WLV-Lagers und im hinterliegenden Wald aufgeschlossen. Die Schuttlieferung für den Rückzugsfächer hangseitig der Moräne besorgte überwiegend die Schesa durch Aufarbeitung der überliegenden Rückzugssedimente, untergeordnet auch der linksseitige Schmelzwasserabfluß der Alvier.

Der nächste Rückzugshalt, Gaschiera II, m 1120 – 1080

Modell des Aufbaues der Schesabruchkesselfüllung im Rahmen des spätglazialen Eistrückzuges

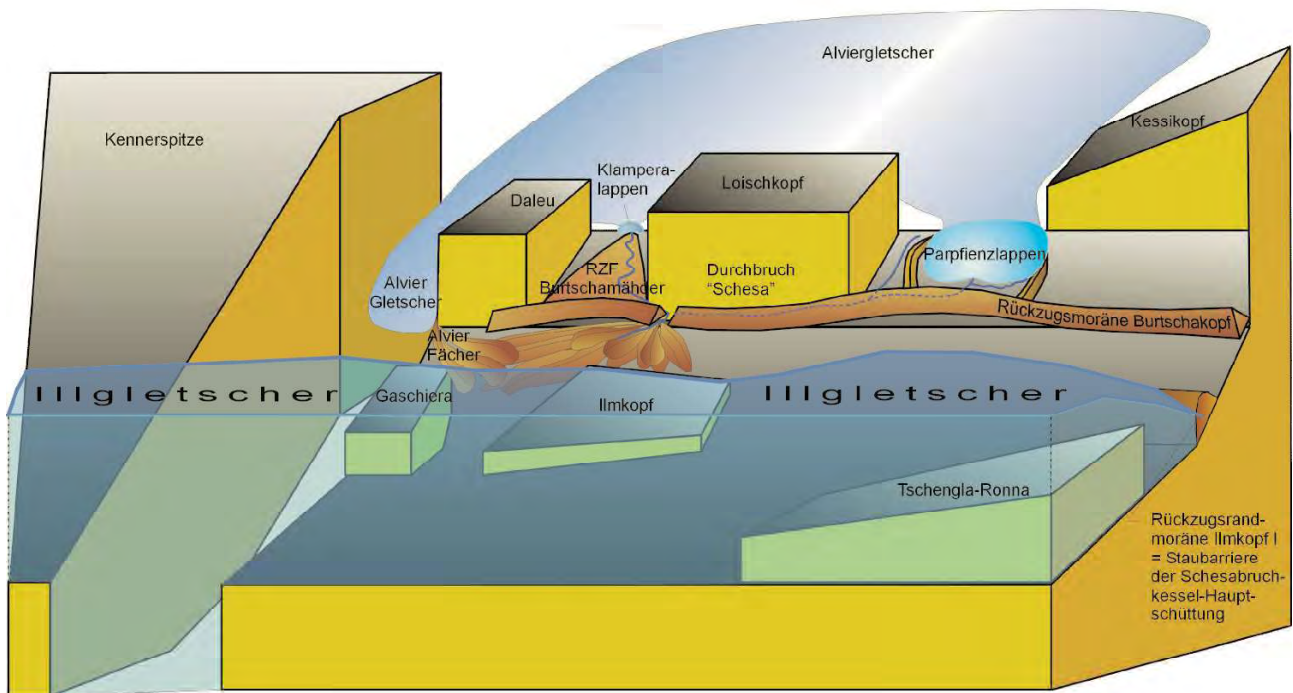


Abb. 7: Modell der Vergletscherung, der Abflußsituation und der Schesaschüttung zur Zeit des Eistrückzugstandes Ilmkopf I (Schesaschüttung).

Bertle 04-98
Zl. 3006-05/98

Fig. 7: Glacial situation at glacial stadium Ilmkopf I.

Schesa Eisrandsediment - Brenner



Bertle 1998

Zl. 3003-05/98

Abb. 8: Eisrand-Sedimentationsstrukturen (Sölle) im rechten Schesaeinhang ober "Brenner".

Fig. 8: Sedimentary structures (morainic lake) at the right side of the Schesa above "Brenner".

scheint einerseits länger gedauert zu haben und dürfte ein kurzzeitiges Vorrücken des Illgletschers als Folge einer kurzfristigen Klimaverschlechterung beinhalten. Jedenfalls hat sich bei diesem Stand die Schuttanlieferung wesentlich erhöht, wozu auch ein Großfelssturz von der Flanke des Gaschierakopfes (Alpiner Muschelkalk) auf den Rand des Alvier-Illgletschers beigetragen hat. Diese Felssturzmasse hat den Rückzugsfächer Gaschiera II während dessen Aufbau auf der Gaschieraschulter überrollt. Dabei wurden zwischen den Felssturztrümmern fein geschichtete Kiese und Sande, örtlich auch Einkornlagen und Schluff-Feinsande eingebettet. Die Schuttlieferung für den Rückzugsfächer erfolgte teils durch die Schesa, überwiegend aber durch den linksseitigen Schmelzwasserabfluß des Alviergletschers und die Ill-Alviormoräne. Zu diesem Rückzugsstand gehören die Randmoränen, Rückzugsschuttfächer, Terrassenleisten und Schmelzwasserrinnen von Zugs, Gaschiera, Zwischenbach, Dunza, Tschengla und Mottakopf-Ostseite. Die Überlagerung des Rückzugsfächers dieses Standes auf die ältere Randmoräne des Standes Gaschiera I sowie der Kontakt zwischen Eisrand bzw. Moräne und

Rückzugsfächer sind hangaufwärts der Aufgabestation des Förderbandes bei den Erdpyramiden gut aufgeschlossen (Beilage 1).

Im nächsten Rückzugshalt, Zwischenbach, m 1050 – 1030, wurden der gegen NE geschüttete Rückzugsfächer von Zwischenbach (auffällige Wiesenfläche mit Kapelle und talseitigem undeutlichem Wallrest) und die Terrassenleisten sowie Fächer von Biel, Tschengla, Stuetzler geschüttet. Der Eisrand wird rechtsseitig der Schesa nordwestlich ober der Brennerbrücke durch einen eindrucksvollen Aufschluß markiert (Abb. 8). Das feinteilmige bis rösche, sandige Geschiebe lieferten überwiegend die Schesa aus der Aufarbeitung höherliegender Rückzugssedimente, untergeordnet Schmelzwässer von Ill- und Alvier-Gletscher. Der Alviereletscher begann sich allerdings am Ende dieses Standes bereits vom Illgletscher zu lösen und in die Talaußgangsenge zurückzuziehen. Auf der Tschengla schütteten der Mühlebach, in Außerberg der Plattenbach gegen den Illgletscherand.

Der tiefste in den Schesabruchkessel einbezogene Rückzugsstand ist der Stand Brenner, m 1000 – 980. Bei diesem Stand des in die Brandnertal-Mündung auslappenden Illgletschers – der Alviereletscher hatte sich bereits bis in den Bereich der Sarotlalmündung zurückgezogen – wurde der von Abflußrinnen durchsetzte Murschuttfächer beidseits des Schesaeinschnitts in Brenner und Zwischenbach-Dünser aufgeschüttet. Er belegt einen ersten späteiszeitlichen Schesaausbruch – ohne vorangegangenen menschlichen Eingriff! – und die Schüttung gegen den Eisrand bzw. die Randmoräne des Illgletschers. Das Material stammt aus der Wiederaufarbeitung höherliegender Rückzugsfächer und Moränen durch die Schesa. Dem gleichen Stand gehören auch die Rückzugsfächer, Terrassenleisten, Wallmoränen und Abflußrinnen von Zugs, Gapiascha, Monteschiel und Hummel an.

Der weitere Eisabbau scheint rasch mit mehreren Halten und kurzen Erholungsphasen erfolgt zu sein. Die markantesten, durch Wallmoränen, Rückzugsfächer, Terrassenschüttungen, Toteislöcher und Schurfrinnen sowie durch zahlreiche Eisrandstrukturen, die im Zuge der großflächigen Materialabträge in Mattabühel, Außerberg und Bargs aufgeschlossen wurden, markierten Rückzugsstände sind in der beiliegenden Karte, Beilage 2, eingetragen. In den Rückzugsfächern und Terrassen sind teils Schesa-, Mühletobel- sowie Bachgeschiebe, gegen die Talebene zunehmend aber Alvier- und Illschmelzwassergeschiebe abgesetzt, wobei der Aufarbeitungs- und Sortierungsgrad talwärts verständlicherweise (wiederholte Aufarbeitung, längere Wassertransporte) zunimmt. Durch die lange vor der Ansiedlung der "kurzsichtigen, habgierigen und neidischen" Bürserberger und Bürser erfolgte Ausräumung des späteren Bruchkesselbereiches durch die Schesa und die Wiederablagerung des abgetragenen Materials in die Mur- und Schwemmfächer von Zwischenbach, Brenner, Baumgarten-Matin und Boden ist im Oberlauf der Schesa bereits eine deutliche Hangeinmuldung als Ansatz des späteren Bruchkessels entstanden.

10.000 – 12.000 a.B.P. dürfte der Illgletscher aus dem Walgau verschwunden sein. Die Wiederbewaldung hat bereits um 14.500 a.B.P. (Pollen der Bohrung KB 3) begonnen und dürfte ab 10.000 a.B.P. bereits flächen-

deckend gewesen sein. Im Erosionsschutz der Vegetationsdecke und durch die Niederschlagsbindung durch den Wald haben sich die glacial gestuften Hänge im Einzugsgebiet von Schesa und Mühlebach stabilisiert, während im Untergrund die Auslaugung des Gipskarstes insbesondere in Zeiten erhöhter versickernder Niederschläge und gefördert durch die Huminsäurebelastung des versickernden Wassers durch die Vegetation unaufhörlich fortgeschritten ist. Einer der im Oberlauf des Mühlebaches in Stauschluffen eingebetteten Fichtenstämme hat ein von PAK (1993) (VRI-1367) bestimmtes Alter von 4.810 ± 70 a.B.P. geliefert. Die mit dem Stamm eingebetteten, von DRAXLER (1992) (Lab. Nr. 4401) bestimmten Pollen und Sporen belegen einen subalpinen (Grünerle) bis collinen Mischwald aus Fichte, Tanne, Kiefer, Rotbuche, Ulme, Linde, Eiche, Hasel, Erle und Birke für diese Zeit und eine \pm vollständige reife Bewaldung. Nach dem Geländebefund dürfte sich an dieser flächenhaften Bestockung durch eine je nach Klimaschwankung unterschiedlich zusammengesetzte Baumgesellschaft während fast 10.000 Jahren nichts Wesentliches geändert haben.

Nach archäologischen Funden und altersdatierten Rodungsbrandhorizonten auf mehreren großflächigen Alpen Vorarlbergs begann die Flächenrodung zur Gewinnung von Alpflächen in der obersten Waldzone und über der Waldgrenze bereits sehr frühzeitig, spätestens in der Bronzezeit. Aus dem seichten Niedermoor am Bruchkesselrand über dem Hölltobel 1987 entnommene Torf- und Schluff- sowie Holzproben (Fichte) bestätigen diese Erkenntnisse. DRAXLER konnte feststellen, daß die Torfbildung erst frühestens im Subboreal 4.000 a.B.P. in einem Fichten-Tannenwald der unteren subalpinen Stufe mit untergeordneten Anteilen von Rotbuche und Hasel sowie Erle eingesetzt hat und bereits 1,60 m über der Basis bzw. 1,10 m unter heutigem Gelände Rodungs- und Siedlungsanzeiger (Getreidepollen) auftreten. Durch die Feststellung von Walnußpollen in den obersten Schluffschichten unter der Vegetationsdecke ist deren Ablagerung frühestens mit der Römerzeit fixiert. Aus diesen Bestimmungen leitet sich ab, daß die Alpflächengewinnung im Einzugsgebiet der Schesa jedenfalls lange vor unserer Zeitrechnung, wahrscheinlich vor mehr als 3.000 Jahren in der Bronzezeit begann. Als Folge der Waldrodung verstärkte sich der Oberflächenabfluß und die Torfbildung im Flachbereich auf dichtem Untergrund (Obere und Untere Burt-schamähder) setzte ein, wobei das Wiesenbächle mit seinem feinteilmigen Geschiebe einen kleinen Fächer über das Niedermoor vorschob. Zum Zeitpunkt des lokalen Abschlusses der Torfbildung war die Walnuß bereits durch die Römer eingeführt. Trotz der flächenhaften Rodung der Alpfläche und trotz der im Mittelalter fortschreitenden Gewinnung von Mahdflächen im Wald im Steilabfall unterhalb der Alpfläche ins Tal sind keine Hanggleitungen und/oder Murausbrüche erkennbar. Die zahlreichen alten Bauparzellennummern der Heuhütten und die an das Dauersiedlungsgebiet direkt anschließenden Parzellenfolgen der Mahdflächen belegen ebenso wie Urkunden über jahrhundertealte Rechtsstreitigkeiten um Weidenutzung die frühzeitige Rodung auch im Steilhang des späteren Bruchkessels. Die zur Sicherung der kärglichen Bergbauernexistenz unverzichtbaren Rodungen haben durch Jahrtausende keine Schadensfolgen gehabt.

Die Gipsauslaugung im Untergrund ist allerdings durch die Jahrtausende fortgeschritten und hat den talseitigen Abschluß der Schesahohlform zunehmend geschwächt. Als im Bereich der heutigen Brennerbrücke die Lockermaterialüberdeckung über dem seichten Gipskarst in einer Doline einbrach, sind in den Einbruchstrichter die hangaufwärts angeschnittenen röschen Sande und Kiese einschließlich der bindigen Deckschichten des Zwischenbach- und Brennerfächers nachgeronnen, wobei sich die Dolinen zu Ausmaßen wie im Moos- und Maisäßwald bzw. auf Klampera ausweiteten. Dieser Einbruch, **das Ziehen des Auslaufstoppels der mit Lockermassen gefüllten "Schesawanne" war bedingt durch den Gipsuntergrund unausweichlich** (Abb. 9) und unabhängig davon, ob zu dieser Zeit flächenmäßig begrenzte Schlägerungen – von Lärchen-, Fichten- und Tannenstämmen als Kontribution an Napoleon zum Bau der französischen Flotte, die später bei Trafalgar gegen Nelson unterging; diese Ausschmückung des Waldvernichtungsmythos potenziert die Katastrophen, weil die Schesa allein nicht als Horror genügt – stattfanden und/oder die Holzrückung durch besonders wüste Holzknechte zur Unzeit bei Hagel und Starkregen im Sommer besondere Bodenverwundungen verursachte.

Nach den Aufzeichnungen und Berichten ergibt sich folgende Chronologie der Ereignisse, die zur Ausräumung des Bruchkessels auf den heutigen Zustand im Ausmaß von ca. 40 Mio m³ und zur Aufschüttung des Murschuttfächers in der Talebene mit einem Inhalt von 20 Mio m³ führte:

- 1796 angebliche Schlägerung des Schutzwaldes im Bruchkesselbereich als Folge der Gemeindeteilung zwischen Bürs und Bürserberg und der damit verbundenen Eigentumsstreitigkeiten.
 - 1802 Erster Bruchkesselanriß im Bereich Brenner und Murstoß mit leichten Überschwemmungen im Tal.
 - 1806 Erster Murausbruch aus dem Schesabachbett in Bürserberg – Baumgarten durch die "Schlucht" in die Alvierschlucht, wobei ein Stall mit 7 Stück Vieh mitgerissen wurde.
 - 1810 Erster Murvorstoß durch den Schesamittellauf bis ins Außerfeld in Bürs und Übersüttung der dortigen Wiesen und Felder; weitere Vorstöße 1811, 1819 und 1820.
 - 10.8.1823 Als Folge eines Hagelwetters Vermürung des 80 ha großen Bürser Außerfeldes und Vernichtung des Hofes Reinegg, aus dem sich der Eigentümer mit Frau und 10 Kindern nur mit Not retten konnte. Dieser Vorstoß hat "mit dem ehemals so schönen Reinegg-Hof ganz Feierabend gemacht", in welchem früher 4 Familien wohnten.
- Beim Kiesabbau rechtsufrig des heutigen Schesalaufes stieß die Zech-Kies Ges.m.b.H. im Oktober 1994 in einer Tiefe von 30 m u.O.G. auf einen begraben Bodenhorizont mit teils eingebetteten, teils noch in-situ-wurzelnden aufrechten Obstbäumen (u. a. Walnuß) sowie auf zwei unterschiedliche Niveaus erster Wildbachverbauungsanlagen: Einen durch Flechtzäune (Steher, die durch Weidengeflecht verbunden sind) eingefassten Dammbau mit einer Ergänzung durch einen gezapften Holzbalken im tieferen Niveau; ein durch teils 2-lagige Querhölzer über Längshölzern mit Zapfungen zur Verankerung

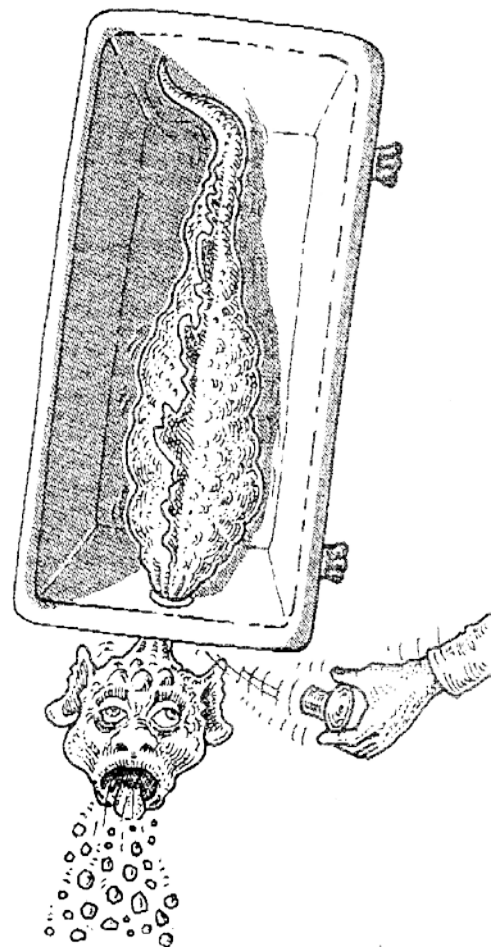


Abb. 9: Modell der Schesabruchkessel-Entstehung mit Gipsstoppel.

Fig. 9: Model of development of the Schesa-gully.

im Untergrund verstärkter Dammbau im oberen, ca. 4,5 m höheren Niveau. Diese Funde (Abb. 10) wurden von KRIEG (1996, unveröffentlichter Bericht) beschrieben, eine – nicht näher identifizierbare – Altersbestimmung an einer Baumscheibe eines geborgenen Balkens (Lärchenstamm) ergab ein Fälldatum um 1762. Dieser Vorstoß hat bereits zur Verlegung der Ill bis gegen den Hangenden Stein geführt, wie die Karte von NEGRELLI (1831) belegt.

- 4.8.1864 verlegte ein weiterer großer Murstoß die Ill und drängte diese in die Wiesen und Felder von Nüziders auf 2 km Länge.
- 12.5.1868 rissen Murgänge zweimal den Hohen Steg (Matinbrücke) von Boden zur Bürserberger Kirche in Matin weg und durchbrachen in Bürs die Wuhren gegen das Kirchdorf und vermuten große Wirtschaftsflächen. Ähnliches geschah 1879 bei trockenem Wetter.
- 16.5.1880 und am
- 30.5.1885 füllten Großmurgänge im Gefolge von Gewittern die Ill so hoch auf, daß diese mit dem Murgeschiebe großflächig Nüziders verwüstete und die Reichsstraße

und die Bahnlinie Bludenz – Feldkirch verlegte. Daneben gingen jährlich mehrfach kleinere Murstöße bis in die Ill.

Ab 1885 schritten die Ausräumung des Bruchkessels und die Aufschotterung des Schuttfächers im Tal laufend fort, die zeitweise mehrfachen Murstöße pro Tag erreichten aber nicht mehr die Größe der Ereignisse von 1880 und 1885.

Ab 1889 setzte die gezielte Verbauungstätigkeit des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawenverbauung mit der Sohlenhebung und



Abb. 10: Flechtzaun-Wuhrdamm errichtet zum Schutz von Bürs um 1800, 1850 vermurt durch die Schesa, gefunden 1994 ca. 30 m unter GOK rechtsufrig der Schesa in Bürs.

Fig. 10: Fence (built at 1800) spilled by the Schesa. found in 1994 ca. 30 m below ground level.

Sohlstabilisierung durch Querwerke ein. Diese Arbeiten wurden anfangs unter ständiger Lebensgefahr durch die laufend abgehenden Murstöße mit Einzelblöcken bis 75 m³ und Murstoßhöhen bis 20 m unter Aufsicht von Warnposten und mit Anlage von Fluchtwegen zuerst in kleinen Holz- und Steinquerwerken ausgeführt. Nach Auflandung der Sperren wurden auf diesen wieder neue Werke, später in Bruchsteinmauerwerk und Beton aufgesetzt. Durch diese Verbauungen wurde ausgehend von der Matinbrücke mit beidseitiger Felseinbindung (Sperre 1) eine Verbauungsstaffel bis hinauf in das mittlere Hölltobel und im Schesahauptbach bis oberhalb des Bruchkessels und gleichzeitig die Abstaffelung des Mühlebachs von der Einmündung in die Schesa bis in den Oberlauf errichtet. Dadurch wurde die Bruchkesselsohle bis zu 80 m gehoben und auf bis zu 150 m Breite ausgeweitet.

Die in richtiger Erkenntnis der Bedeutung der untertägigen und der Oberflächenwasserführung für die Bruchkesselentwicklung errichteten Bachumleitungsgerinne vom Schesahauptbach zum Hölltobelgraben und um den Bruchrand herum gegen den Ilmkopf und zurück in den Bruchkessel in Holzfludern und Steinmauerwerkkanälen waren leider kein Erfolg. Die Bruchkesselausweitung ging rascher voran als die Gerinneerrichtung, sodaß das Umleitungsgerinne fortlaufend durch die Erosion

unterbrochen wurde und schließlich aufgegeben werden mußte. Zudem wurde im linksseitigen Einhang des Hölltobels durch die Wasserzuleitung eine großflächige Hanggleitung ausgelöst bzw. beschleunigt, durch die das Steingerinne in Teile aufgelöst mit den Hangbewegungsschollen hangabwärts glitt.

1907 kippte eine Wandscheibe des Bruchkessels mit einer Masse von 200.000 m³ "wie ein Brett" rechtsufrig des Schesahauptbaches ins Tobel ab, wobei der entstehende Luftdruck 2 Arbeiter "wie Gummibälle 20 m weit im Bogen ins Gebüsch geworfen" (HENRICH 1929) hat.

3.8.1966 ist nach jahrelang vorausgehenden zunehmenden Absetzungen rechtsseitig des Burtshabaches im Bereich St. Martin die ca. 500.000 m³ umfassende südliche Bruchkesselwand fast bis auf den Fels zurück abgeglitten und auf die durch die Sohlhebung geschaffene Auflandung vorgefahren. Diese nach wie vor kriechende, in Schollen aufgelöste Gleitmasse ist allerdings – wahrscheinlich wegen der anhaltenden Basisentwässerung in die Bruchkesselfüllung und wegen des Fehlens von Hangwasserzuflüssen – auf der Gleitbahn hängengeblieben und nur im Stirnteil bis in den Schesahauptbach vorgedrungen.

1986 sind rechtsufrig des Schesahauptbaches in den Alpweiden bis 70 m von der Abbruchkante zurück Absetzungen entstanden, die sich mit Zerrfugen in den Wänden der Schesahauptbachschlucht verbinden und eine Scholle von ca. 400.000 m³ vom Hinterland abgrenzen. Diese Absetzfugen haben sich in den Folgejahren verstärkt.

1995 wurden im Gefolge der Schneeschmelze am Fuß der Bruchkesselhauptwand sowohl im Schesahauptbach als auch im Hölltobel an mehreren Stellen schluffig-tonige, wasserstauende Lagen an der Basis der Grobschüttungen freigelegt und Ausdrückungs- und Zerrerscheinungen in den überlagernden (konglomerierten) Grobschüttungen festgestellt. Seit dem Herbst 1995 ist im Bereich des Hölltobels der Bruchkesseloberrand um bis zu 20 m hangaufwärts vorgerückt. Dadurch sind Sofortmaßnahmen zur Stabilisierung der Hauptwandbasis und zur Verminderung der Gerinneerosion notwendig geworden. Diese Maßnahmen – Einbau von Vorgrundsteinschichtungen in den Schluchtausgängen von Schesahauptbach und Hölltobel zur Hebung der Erosionsbasis und zur Wiedereinschotterung der empfindlichen Basisschichten und Einbringung einer Blockwerkssteinberollung im Hölltobel von oben her – wurden einschließlich der erforderlichen Baustraße Gaschiera – Burtshaalpe – Hölltobeloberrand 1996 – 1997/98 ausgeführt und haben sich bereits gut bewährt.

Der gut dokumentierte stoßartige Fortschritt der Tobelausräumung mit sich in immer kürzeren Abständen wiederholenden Großurstößen und Bruchkesselwandabbrüchen hat seine Ursachen einerseits in der Bruchkessel- und Wildbachdynamik selbst (verstärkter Tiefenschurf durch Wasserkonzentration, Unterschneidung der Einhänge, Vergrößerung des Einzugsgebietes und der Entwaldungsflächen sowie der Übersteilung) und andererseits im

hangaufwärts abgestuften Wechsel von besser verkitteten, stabileren Moränen und unverfestigten, ausräumbereiten Rückzugsfächersedimenten. Eine Verlangsamung der Bruchkesselentwicklung ist durch die aufwendige, den Verhältnissen angepaßte und durchdachte Verbauungstätigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung eingetreten, aber auch durch das Erreichen der festen, karbonatischen Erosionsbasis im mittleren Teil des Bruchkessels, durch die erreichte Lage des Hauptwandfußes auf einer Verflachung des Felsuntergrundes und durch die dichte Abdeckung der Schesahauptschüttung durch eine mächtige Deckschicht. Der entscheidende Stabilisierungsbeitrag wurde durch die Hebung der Schesasohle im Bereich der Brennerbrücke weit über den Gipskarst erzielt, der nunmehr wieder abgedeckt, allerdings nicht zur Oberfläche abgedichtet ist. **Der Stoppel in der Badewanne ist bis zum nächsten Einbruch des Gipskarstes wiederum geschlossen, die in der Wanne hängengebliebene übersteilte Lockermaterialfüllung bleibt aber instabil und kann beim Abgleiten über den Wannenablauf schwappen.**

5. Geologische Profilschnittserie / Ergebnis der Vergitterung im Vergleich zur Geophysik / Prognosesicherheit und Wirtschaftlichkeit geologischer Prognosen

Das Ergebnis der detaillierten Geländekartierung und der Sedimentationsstrukturauflösung ist in der genetischen Entwicklung des Bruchkessels, Pkt. 4, beschrieben und im Lageplan, Beilage 1, sowie in den beispielhaften Längs- und Querprofilschnitten 7, 21 und 26 sowie J und N, Taf. 1 – 5 dargestellt. Die zuerst aus der Karte unter Einarbeitung der Schurfschlitzz- und Kernbohrungsaufschlüsse rekonstruierten Querprofilschnitte 1 – 30 wurden anschließend in die Längsprofilschnitte übertragen; diese wurden dann aus der Karte und den Vergitterungspunkten rekonstruiert. Nach der Abgleichung der Schnittserien nach dem Plausibilitätsprinzip unter Einarbeitung der Gefügebildungen und Detailgeländeskizzen wurden die im Gelände außerhalb der Bruchkesselwände nicht oder nur bereichsweise aufgeschlossenen Begrenzungen der Rückzugsstände in den geologischen Lageplan rückübertragen.

Die abschließende Kontrolle und Abgleichung der Profilschnittserien wurde auf Grundlage der aus den Profilschnitten abgeleiteten Karten der Felsoberfläche und der Oberflächen der zwei Würminterstadial-Ablagerungen (Taf. 7) ausgeführt.

Die vorliegenden Karten und Schnitte ergeben ein in sich widerspruchsfreies und mit allen Geländefeststellungen und Sondierungen in Einklang stehendes Bild des Lockermaterialaufbaues, der Felsoberfläche und der Struktur des Felsuntergrundes. Dieses Ergebnis weicht im besser aufgeschlossenen unteren Bruchkesselbereich, Profil 1 – 17, mit Überlagerungsmächtigkeiten bis 70 m nur im Ausmaß von einigen Metern von den bereits vor den ersten Bohrungen und Schürfen 1986 – 1989 konstruierten Felsoberflächenlagen und den nach dem Ergebnis der Sondierbohrungen und den ersten Materialabtragsaufschlüssen revidierten

Lagen der Felsoberfläche ab. Der komplexe Aufbau der Lockermaterialfüllung aus unterschiedlichen Rückzugsständen wurde früher allerdings noch nicht erfaßt.

Dagegen unterscheiden sich die neuen Profilschnitte und die Felsoberflächenkarte im oberen Bruchkesselbereich mit großflächig fehlenden Aufschlüssen und einer Mächtigkeit der Lockermaterialüberdeckung von bis zu 150 m (Profil 17 – 30) von den 1986 – 1989 konstruierten Profilschnittserien und von den auf Grundlage der Schurfschlitzz- und Bohrsondierungen 1993 und 1994 revidierten Profilschnitten und Felsoberflächenkarten zwar im Nordteil geringfügig, im Südteil aber um bis zu 40 m. Diese Differenzen entstanden, abgesehen von der Aufschlußarmut, wesentlich durch die bereichsweise um bis zu 50 m Horizontalabstand vom heutigen Stand der Bruchkesselausräumung abweichende Planunterlage und durch die beim Bau der Baustraße Gaschiera – Burtshaalpe 1996 und durch die von den Schneeschmelzwasserabflüssen 1995/96 freigelegten neuen Untergrundaufschlüsse.

Daraus folgt, daß in der Schesa die Prognosesicherheit einer durch detaillierte geologische Geländeaufnahmen auf einer den aktuellen Geländezustand wiedergebenden topographischen Detailkarte mit Felsuntergrund- und Lockermaterialstrukturierung allein im unteren Bruchkesselteil durch zusätzliche Schürf- und Bohrsondierungen nur um wenige Prozente, im oberen Bruchkessel und oberhalb desselben um weniger als 20 % gesteigert werden kann. Für diese Steigerung ist jedoch ein Aufwand für die Sondierungen erforderlich, der das Mehrfache des geologischen Bearbeitungsaufwandes ausmacht.

Die in die Profilschnitte übertragene Felsoberflächenlage der geophysikalischen Auswertung BRÜCKL (1996) und der Vergleich der geologischen Felsoberflächenkarte mit der von BRÜCKL ergeben folgende Feststellungen:

- Die Aussagegenauigkeit und –sicherheit der geophysikalischen Untersuchungen ist systembedingt am höchsten unmittelbar in den Meßlinien und im Nahbereich der Sondierbohrungen, während sie von diesen Linien weg rasch abnimmt. Demnach sind die besten Ergebnisse in den Alpweiden oberhalb des Bruchkesselrandes mit einem dichten Netz von Refraktionsseismik-, Reflexionsseismik- und Geoelektrikprofilen zu erwarten. Tatsächlich stimmen in diesem Bereich die Felsoberflächenkarten und die Profilschnitte gut überein. Die Geophysik hat allerdings die stark vorgepreßten Interstadial- und Grundmoränenablagerungen nicht vom Felsuntergrund unterschieden.
- Die aus den Meßdaten der Seismikprofile 6 oberhalb der Burtshaalpe und E sowie "Reflex" und der Geoelektriksondierungen im Bereich des Wiesentöbels abgeleiteten Talmulden im Felsuntergrund (mit Gips im Untergrund des Wiesentöbels) dürften tatsächlich nicht vorhanden sein, sondern durch Strukturänderungen der Lockermaterialüberlagerung (Burtshaalpmoräne, Vorstoßmoräne Ilmkopf, Deckschüttung und alter Randmoränendurchbruch mit Schüttfächerwurzel) vorgetäuscht werden.
- Im nördlichen Bruchkesselbereich (Hölltobel) und im unteren Bruchkesselabschnitt weichen die Ergebnisse der geophysikalischen Messungen deutlich von den

geologischen Profilschnitten und der geologischen Felsoberflächenkarte ab, weil hier entweder keine Meßlinien vorhanden sind und/oder die Seitenreflexionen bzw. –refraktionen an den steil abtauchenden Bruchkesselwänden die Tiefensignale überdecken. Da die geophysikalisch vermuteten Felslinien in diesem Bereich teils im nachgewiesenen, durch die Verbauung angehobenen Grabenverfüllungsschutt teils tief unter anstehendem Fels liegen, kommt dem Ergebnis der Geländekartierung jedenfalls größere Zuverlässigkeit zu.

- Die Reinterpretation der geophysikalischen Daten durch die Geophysikspezialisten anhand der nun vorliegenden gesicherten Sedimentstrukturen würde wahrscheinlich zusätzliche Ergebnisse zeitigen.

6. Bewertung der Materialverwertbarkeit im Vergleich zum Gaschieraabbau

Die wesentlichen bisherigen Erfahrungen der Abbaubarkeit und Verwertbarkeit des Schesabruchkesselmaterials im Abtragsbereich Gaschiera sind:

- Der abrupte häufige Wechsel der Materialzusammensetzung in kurzer Distanz erfordert bereits im Abtrag eine überlegte Entnahme und Widmung für den sofortigen Wiedereinbau in geeignete, bereits abgebaute Flächen, für eine Trockengatterung und/oder Vorbrechung im Abbaugbiet, für die Dotierung der Schesa mit Geschiebe oder für den Abtransport zum und mit dem Förderband zur Aufbereitung ins Tal.
- Ohne eine noch wesentlich verbesserte Voraufbereitung im Abbaugbiet trocken oder mit Einsatz von zugepumptem Waschwasser ist die Verwertung des Schesamaterials technisch und wirtschaftlich nicht zu bewältigen.
- Ohne großvolumige und kostengünstige Deponiermöglichkeiten für Waschschlamm, wie sie die Füllung der Baggerseen in der Talebene bietet, ist die Schesasanierung durch Rückböschung nicht ausführbar.
- Ohne Einbringung von stark bindigem (Moränen-) Kies in die Schesa zur Abdriftung bis in die Auffangbecken bei der Aufgabestation des Förderbandes bzw. bei den Aufbereitungsanlagen im Tal sind der Materialabtrag Gaschiera, besonders aber die Schesarückböschung nicht ausführbar, da insbesondere bei Schlechtwetter auch die aufbereitbaren Materialien nicht transportfähig und im Abbaugbiet Zwischendepot- und Wiedereinbaufächen äußerst beschränkt sind.
- Die Förderung des Abtragsmaterials mit Abkippen zu einer Verladestelle über Halden ist mit dem Schesamaterial nicht praktikabel, da der Feinkornanteil bei Niederschlägen die Förderhalde rasch zum Fließen bringt und das Material in kurzer Zeit ungeeignet für den Bandtransport und die Aufbereitung macht.
- Ohne Materialaufbesserung durch qualitativ hochwertige Rundsande und Rundkörnung aus Entnahmen im Tal ist das Gaschieramaterial am Markt nicht absetzbar.
- Die Grün-Grundmoräne des Eisvorstoßes zum letzten

Würmhochstand ist zwar teilweise gering bindig bis rösch, kiesig-steinig-sandig und gut zu Frostkoffermaterial, Split und Bruchsand aufbereitbar. Wegen des geringen Gehalts an Schwarzhornserpentin und Montmorillonit und anderen quellenden Tonmineralien ist dieses Material ohne aufwendige mehrfache Wäsche aber nicht verkaufbar.

- Die Grundmoräne und die Randmoräne der Rückzugsstände sind wegen des hohen bindigen Anteils und der raschen Klumpenbildung, die Grundmoräne zusätzlich wegen der hohen Überkonsolidierung kaum transportierbar und mit Ausnahme eingeschlossener Kies-Sandlinsen nicht aufbereitbar. Der Inhalt an Steinen und Blöcken kann höchstens abgattert, der Kies-Sand-Schluffanteil der Aufarbeitung durch die Schesa überlassen werden.
- Die Rückzugsfächer der einzelnen Stände im Gaschieraabbau haben zwar wenig gerundetes, aber kornfrisches, sandiges, häufig auch wenig schluffiges, steiniges Kies mit eingelagerten Großblöcken und einzelne, getrennt abtragbare Stausedimentlagen (Ton-Schluff-Feinsand) geliefert. Dieses zwischen Talhang und Randmoräne eingeschüttete Material bildet den eigentlichen verwertbaren Vorrat des Schesabruchkessels. Seine Rundung und Sortierung nimmt gegen das Tal mit jeder Rückzugsstufe zu.
- Die Übergußschichten und das auf die Rückzugsfächer bzw. den Gletscherrand abgestürzte Felssturzmaterial liefern feste Vorgrundsteine und zum Brechen zu Frostkoffermaterial geeigneten kantigen Grobschutt.
- Das dem Felsuntergrund unmittelbar auflagernde Lockermaterial wird bei geringen Mächtigkeiten und Abtragsböschungen mit Neigungen steiler als maximal 3:4 dauerhaft instabil, weil die Lagen entweder ausgewaschen wasserführend oder überkonsolidiert sind und durch die Entlastung rasch aufwittern und abgleiten.

Die durch die Detailuntersuchungen gelungene Auflösung der Bruchkesselfüllung in genetisch und materialmäßig zusammengehörige Lagen bzw. Teilkörper und die Materialanalysen lassen für die Rückböschung der Bruchkesselwände folgende Verwertbarkeit erwarten:

- ♦ Im wesentlichen gelten die Erfahrungen des Gaschieraabbaues, wobei festzuhalten ist, daß zwar kaum Illrandmoräne, dafür aber deutlich schlechter aufgearbeiteter, murenartig transportierter Glacialschutt die Hauptmasse der Bruchkesselwände aufbaut.
- ♦ Die Rückböschung sollte die liegende, gut verfestigte Grundmoräne, die in hangaufwärts rasch zunehmender Mächtigkeit den Felsuntergrund überdeckt, nur im unbedingt erforderlichen Ausmaß einbeziehen, da das Material kaum bzw. nur schwer verwertbar ist.
- ♦ Die röschen, sandig-kiesigen Lagen sind auf das untere und mittlere Drittel der Wandhöhe sowie begrenzte Einschübe begrenzt. Dagegen sind die im Abtragsgebiet wieder einzubauenden, getrennt abzutragenden Ton-Schluff-Feinsand-Staulagen häufiger als auf Gaschiera.
- ♦ Die bis 30 m mächtige Schesadeckschicht ist wegen des extrem hohen bindigen Anteils nicht verwertbar und muß in erosionssicherer Position im unaufgeweichten Zustand ohne Zwischendepot direkt wieder

eingebaut werden. Dagegen sind die Schesaübergußfächer wenigstens bereichsweise kiesig-sandig und verwertbar.

- ◆ Der Anteil an Blöcken und Steinen bis 300 mm Ø im Abtragsmaterial wird für die Aussteifung und Berollung der Gerinne in der Abtragsböschung ausreichen.
- ◆ Der Feinkornanteil nimmt, bedingt durch die distale Lage im Mur- und Schwemmschuttfächer der Schesahauptschüttung, vom Schesahauptbach gegen den Burtschabach und St. Martin deutlich zu. Dementsprechend nimmt die Verwertbarkeit ab bzw. der Aufbereitungsaufwand für dieses Material zu. Die Gleitmasse von St. Martin ist ohne Wasser für Spülen und Aufbereiten wirtschaftlich nicht verwertbar.
- ◆ Ohne Mitgewinnung von zwischen den Sperren aufgelandetem, bereits voraufbereitetem bzw. vorgewaschenem Material und von Material aus dem Schesaschuttfächer im Tal oder ohne Mitverarbeitung hochwertiger Materialien aus anderen Lagerstätten im Tal ist die Sanierung des Schesabruchkessels durch Rückböschung nicht wirtschaftlich zu bewältigen. Sie ist nur wegen der großen Vorräte und durch die bereits errichtete Transportinfrastruktur (Förderband, Bau- und Transportstraßen) und wegen des Sicherheitsbedarfes überhaupt ausführbar.

7. Erschließung des Bruchkessels, Materialabtransport, Aufbereitung, Waschschlambeseitigung, Rückböschung

Wie bereits ausgeführt, bildeten die Horizontalabstände zwischen den Aufbereitungsanlagen im Tal und dem Bruchkesselunterrand von 2,5 km bzw. dem Bruchkesseloberrand von 3,5 km und der Höhenunterschied von 430 m bzw. 820 m sowie die ungünstige Topographie des schluchtartigen Schesamittellaufs über ein Jahrzehnt unüberwindlich erscheinende Erschließungshindernisse für die Nutzung des Schesabruchkessels als Baurohstoffversorgungsquelle. Nur dank der an Besessenheit grenzenden Überzeugung des regionalen Kiesunternehmers Kommerzrat H. ZECH und seinem Verhandlungsgeschick wurde in Schritten seit 1985 möglich, was der Öffentlichen Hand systembedingt – wahrscheinlich auf immer – verschlossen geblieben wäre:

Mit einem Gesamtinvestitionsaufwand von öS 100 Mio (ohne gesicherte Amortisation und mit ausdrücklich gegenüber der Behörde erklärtem Verzicht auf Genehmigungsrechte für die Projektsfortsetzung !) mußten 60 Kauf-, Dienstbarkeits- und Abbaurechtsverträge mit 100 verschiedenen – häufig sehr schwierigen – Grundbesitzern geschlossen, zahlreiche Grundtäusche vermittelt und Familien- sowie Erbstreitigkeiten geschlichtet werden. Für den baueologischen Projektanten bedeutete die Erschließung die Detailausarbeitung von bisher 23 Erschließungsstrassenvarianten und ihre Vertretung in den Verhandlungen mit den Grundbesitzern und Behörden. Dabei waren die entscheidenden Projektkriterien:

- Erwerbbarkeit der Grundstücke bzw. von Dienst-

barkeitsrechten zu vertretbaren Bedingungen.

- Starre Bindung der Förderbandtrasse in der Flucht zwischen den Übergabepunkten und durch die zulässige Maximalsteigung begrenzte Bindung in der Längsneigung.
- Aus Erschließungs-, Wartungs- und Betriebsgründen möglichst geringe Anzahl von Übergabestellen.
- Durchgehende Anlage der Band- und Werkstraße außerhalb des Hochwassergefährdungsbereiches (mindestens außerhalb von Ereignissen von unter 100-jähriger Wiederkehr) und außerhalb der Felssturz- und Steinschlaggefährdung.
- Erfordernis einer mit schweren Kran- und Transportfahrzeugen befahrbaren Bau- und Wartungsstraße neben dem Förderband, die auch für den Transport von Geräten, Material und Treibstoff vom Tal in den Bruchkessel und zurück außerhalb des öffentlichen Wegenetzes geeignet ist.
- Schaffung eines für die Betriebsrohstoffversorgung im Winterhalbjahr ausreichenden Zwischendepots im Förderband-Straßenverlauf, da im Winter im Bruchkessel kein Material gewonnen werden kann.

1986/87 wurde vom Rohmaterialdepot bei den Aufbereitungsanlagen linksufrig der Schesa in Nüziders, von dem der Abzug ins Werk über ein Steigband erfolgt, ausgehend überwiegend auf Öffentlichem Wassergut, teilweise auf Grundbesitz eines einzigen Landwirts, haarscharf jeweils entlang der Grundgrenze eines besonders kritischen großen Grundbesitzers das Förderband I bis in eine Felskaverne im Hölltobelstunnel I gebaut. Dieses Förderband hat folgende Kenndaten: 1.239 m Länge, 129 m Höhendifferenz, 800 mm Bandbreite, 400 t/h Förderleistung und 2,09 m/s Bandgeschwindigkeit. Das Band wurde durchgehend in einem begehbaren, gewellten Stahlrohr, Ø 2,60 m (5 m²), mit Begleitsteg und Notausstiegen in einem Grabeneinschnitt verlegt, überschüttet und begrünt bzw. bepflanzt. Der Betriebsweg verläuft teils auf, teils seitlich vom Förderbandstunnel. Der 77 m lange Hölltobelstunnel I mit 22 m² Ausbruchsfläche (ca. 5,50 x 4,50 m) wurde im anstehenden Arlbergkalk ausgebrochen und ist im Tunnel um 32,5° abgewinkelt. Der Abwinkelungsbereich wurde für die Installation der Antriebs- bzw. Bremsstation mit Spanneinrichtung, Aufgabetrichter (zum Anschluß an das Förderband II) und Bandumkehrstation ausgeweitet. Als Teilfinanzierungsbeitrag und für die Rohstoffbedarfsdeckung während der Bauzeit wurden in Außerberg ca. 400.000 m³ Rohkies im Anschluß an einen früheren Abbau genehmigt und abgetragen sowie über das Förderband abtransportiert. 1988 – 1991 wurde von der Übergabekaverne im Hölltobelstunnel I in der Schlucht des Schesamittellaufes mit Durchörterung eines Felsrückens bis zum geplanten Zwischendepot Mattabüel (Abzugstrichter) auf den Grundstücken von 3 Grundbesitzern das Förderband II errichtet. Dieses Band hat die Kenndaten: 394 m Länge, 43 m Höhendifferenz, 800 mm Bandbreite, 400 t/h Förderleistung und 2,09 m/s Bandgeschwindigkeit. Die Antriebs- bzw. Bremsstation mit Spanneinrichtung, Übergabetrichter und Umkehrstation ist in der Kaverne des Hölltobelstunnels I untergebracht und kann hier gemeinsam mit dem Band I gesteuert und über Kamera überwacht

werden. Zwischen den Tunneln wurde das Band ebenfalls in einem begehbaren gewellten Stahlrohr, Ø 2,60 m (5 m²), mit Begleitsteg in einem als Schutz gegen die Schesabachseitig mit Vorgrundsteinen berollten Damm verlegt. Die hangseitig des Bandes verlaufende Betriebsstraße mußte gegen den Hang durch Trockensteinschichtungen gegen Steinschlag und Muren geschützt werden. Im Zwischen-depotbereich wurde das Förderbandrohr in der Moräne dem Zwischenabbau vorseilend in einem Einschnitt verlegt und überschüttet. Der 118 m lange Hölltobelstunnel II mit 25 m² Ausbruchsfläche (ca. 6,0 x 4,5 m) wurde in Kalken, Mergeln und Dolomiten des Alpenin Muschelkalks aufgeföhren. Als Teilfinanzierungsbeitrag, für die Rohstoffbedarfsdeckung und zur Schaffung des Zwischendepot- raumes wurden ca. 480.000 m³ Material am Mattabühel abgebaut und in die Abtragsflächen des landschaftsprägenden glacialen Hügels wieder ca. 200.000 m³ Aushubmaterial und Betonabbruchteile (zur Stabilisierung) sowie eine imposante Riesenvorgrundsteinschichtung als Begrenzung des Zwischendepot-Schuttkegels eingebaut. Inzwischen ist der gesamte Abtragsbereich mit Ausnahme des Depots begrünt und aufgeforstet.

Auf Grundlage von aufwendigen, 1989 abgeteuften Sondierbohrungen im Trassenbereich zwischen Mattabühel und Bruchkessel, durch die der Gipskarst und interstadiale Ablagerungen mit Holz zwischen den Sperren 87 und 89 entdeckt wurden, wurden 1993 bis 1995 – nach zeitweise wegen Grundeigentümereinsprüchen auf den Nullpunkt gelangten Trassierungen – die Förderbänder III bis V fast ausschließlich in privaten bzw. vom Betreiber erworbenen Grundstücken errichtet. Diese Erschließungsetappe brachte zahlreiche Überraschungen und erforderte rasche Umplanungen, kühne Entscheidungen und die Bewältigung schwierigster Arbeits- und Gefährdungsbedingungen. Sie konnten nur durch den außergewöhnlichen Einsatz der beteiligten Firmen und Beschäftigten sowie der Behörden und mit Gottes Segen bewältigt werden.

Alle 3 Förderbänder dieses Abschnitts haben eine Breite von 1.000 mm, eine Förderleistung von 600 t/h und eine Bandgeschwindigkeit von 2,09 m/s. Die Bänder III und V sind wie die Bänder I und II in gewellten Stahlrohren, Ø 2,60 m (5 m²), verlegt.

Das Förderband III, das von der auffälligen, 40 m aus dem Hang ragenden Abwurfbrücke am Mattabühel (Abwurfhöhe 40 m, Abb. 11) begleitet von der Betriebsstraße linksufrig der Schesabach mit Unterquerung des Mühlebaches bis in den Untergrund des Parkplatzes der Einhornbahn im Ortskern von Bürserberg führt, hat folgende Kennzahlen: Länge 641 m, Höhendifferenz 64 m. Die Antriebs- bzw. Bremsstation mit Spanneinrichtung, Aufgabetrichter und Bandumkehrstation ist in der Abwinkelungskaverne des befahrbaren Zwischenbächstunnels angeordnet. Dieser Tunnel im Ortskern mußte zur Vermeidung von unverhältnismäßigen Störungen des Siedlungsgebietes, des Ortsverkehrs und des Fremdenverkehrs (Wintersaison !) auf über 70 m Länge in Deckelbauweise auf Ortbetonbohrpfählen, Ø 900 mm, l = 8 – 12 m, errichtet und bergmännisch ausgehöhlt werden. Dieser Tunnel ist im talseitigen Abschnitt, in dem die Übergabestation mit Antrieben angeordnet ist, ausgerundet aufgeweitet und um 41° abgewinkelt, wodurch die Spannweite auf 8,7 – 12 m zunimmt. Nachdem die ersten

Pfähle nur Grobblockwerk antrafen, durchörterte der Großteil der über 100 Pfähle ausschließlich weichplastischen tonigen Schluff und Feinsand mit Holzeinlagerungen. Diese Feinsedimente sind offensichtlich im Zwickel zwischen Mühle- und Schesabach durch seitlich übergeschwappte Murschlämme in unerwarteter Mächtigkeit abgesetzt worden. Sie erforderten zur Vermeidung von progressiven Grundbrüchen in der Gemeindestraße und von Tunnleinbrüchen den Einbau von Baustahlgitter-Spritzbetonschalen zwischen den Pfählen mit dem Vortrieb fortschreitend und die zusätzliche Aussteifung der Deckelplatte sowie verlängerte Pfahleinbindungen im Untergrund. Die im lotrecht geböschten, bis 15 m tiefen Einschnitt im Grobblocklockermaterial und zwischen alten Wildbachverbauungen ausgeführte Unterquerung des Mühlebaches – weil eine Abböschung vom Landschaftsschutz in Hinblick auf Einzelbäume und Baumgruppe verboten wurde – war eine besondere Herausforderung. Über der Übergabestelle bzw. dem talseitigen Portalbereich des Zwischenbächstunnels



Abb. 11: Förderbandbrücke des Zwischendepots "Mattabühel".

Fig. 11: Bridge of the band conveyor of the deposit "Mattabühel".

wurde für die Gemeinde eine luxuriöse Abfallsammelstation, eine Schesageologie-Ausstellung und ein Schaufenster in den Tunnel eingerichtet.

Das Förderband IV, das von der die Bänder III – IV zentral steuernden und überwachenden Übergabestation (Abb. 12) durch den befahrbaren Pfahlwand- und Betonkastentunnel bis zur Übergabe in der Felsschluchtstrecke bei der Sperre

99 führt, überbrückt eine Länge von 346 m und einen Höhenunterschied von 61 m und ist durchgehend entlang der bachseitigen Tunnelwand frei zugänglich eingebaut. Die Antriebs- bzw. Bremsstation mit Spanneinrichtung, Übergabetrichter und Bandumkehrstation ist bei der Übergabe auf das Band III eingerichtet. Der Zwischenbächttunnel wurde im Anschluß an die Pfahlstrecke in einem Hang- und Felsabtrag bzw. Einschnitt teilweise in der linksseitigen, felsigen, aber stark nachbrüchigen Schluchtböschung (Raibler Sandkalke, Tonschiefer und Dolomite) und in einem Abschnitt in einem bis zu 25 m tiefen steilen Anschnitt unterhalb eines Stallgebäudes in Lockermaterial in Ort beton errichtet und anschließend wieder überschüttet und begrünt. Die Sohle wurde teils mit Betonquerrippen, teils mit einer geschlossenen Betonplatte ausgesteift.

Das Förderband V überbrückt die Schluchstrecke und den untersten Teil des Bruchkessels zwischen den Sperren 99 (Übergabe auf das Band IV beim bergseitigen Portal des Zwischenbächttunnels) und der Aufgabekopfstation im Bruchkessel oberhalb der Sperre 91 mit Antriebs- bzw. Bremsstation, Spanneinrichtung, Aufgabetrichter und Grobrechen sowie Bandumkehrstation und Trafoanlage mit einer Länge von 581 m und einem Höhenunterschied von 113 m. Dieses Förderband ist zur Gänze teilweise unter, teilweise neben der Betriebsstraße in einem begehbaren gewellten Stahlrohr, Ø 2,60 m (5 m²), mit Begleitsteg verlegt und überschüttet. Für die Rohrverlegung mußten mehrere Sperren in bis zu 15 m tiefen Einschnitten durchstoßen (Abb. 13), in der Schluchstrecke die labile Felsböschung angeschnitten und anschließend wiederum abgestützt, die Gemeindestraße unterfahren und streckenweise die Bandröhre mit Blockberollungen gegen die Schesa abgedeckt werden. In diesem Abschnitt weist die Betriebsstraße ein Längsgefälle von über 25 % auf und ist zwischen Steilabfall in die Schesa und Schluchtwand eingeklemmt. Die Aufgabestation wurde hangseitig durch eine Trockensteinschichtung mit überliegendem Auffangraum gegen Steinschlag, Felsstürze und Kleinmuren und gegen die Schesa durch Blockberollungen geschützt.

Die gesamte Förderbandanlage mit 5 Bändern wurde von



Abb. 12: Übergabestation zwischen den Förderbändern III und IV in der Pfahlwandstrecke des Zwischenbäch-Tunnels.

Fig. 12: Change from band conveyor IV to III.

Kommerzialrat ZECH und seinen Mitarbeitern so konzipiert, daß die nach dem Anfahren entstehende Energie durch das Abbremsen des beladenen Bandes auf die Betriebsgeschwindigkeit für die Aufbereitungsanlagen genutzt werden kann. Bei Vollbetrieb erzeugt die gesamte Bandanlage 400 kWh bzw. 1 Mio kWh/Jahr. Für diese Pionierleistung wurde der Firma der eta-award 1994 vom Verband der Elektrizitätswerke Österreichs für wertvolle Unterstützung der Energiesparbemühungen verliehen.

Für die Weiterführung der Förderbandstraße in den Bruchkessel und/oder zum Oberrand des Bruchkessels wurden bereits mehrere Varianten ausgearbeitet. Die Baustraßenerschließung ist durch die Bauwege des Forsttechnischen Dienstes und den Forst- und Verbauungsweg Gaschiera – Burtschaalpe – Hölltobel bereits vorhanden.

Der Abtransport des gewonnenen Materials mit der Förderbandstraße hat sich bewährt und hat bereits Interessierte aus aller Welt zu Besuchen veranlaßt. Allerdings erfordert die schwierige und rasch wechselnde Materialqualität des Schesabruchkesselmaterials den Umbau



Abb. 13: Durchstoßung des Sperrenbauwerkes Nr. 91 für den Förderbandtunnel.

Fig. 13: Cut of barrage dam No. 91 for the band conveyor tunnel.

des Zwischenlagers und des Rohmaterialdepots bei den Aufbereitungsanlagen im Tal und der zugehörigen Abwurfbrücken in schwenkbare Konstruktionen. Damit muß die portionierte Beschickung der Bandstraße mit unterschiedlichen Materialien und deren Abwurf in getrennte Depots ermöglicht werden. Nur so können die unterschiedlichen Materialqualitäten getrennt abgebaut, an Ort und Stelle voraufbereitet und unvermischt nach Bedarf

in die Aufbereitungsanlagen im Tal transportiert werden. Die Hauptaufgabe der künftigen Materialverwertung wird die Abtrennung der verklumpenden, stark schluffigen Moränen- und Stausedimentlagen bereits beim Abtrag sowie anschließend in einer Voraufbereitung an Ort und Stelle sowie insbesondere die Abtrennung der gesamthaft vernachlässigbar geringen, örtlich aber konzentrierten Gehalte an quellenden Schichtsilikaten ohne große, aus dem Tal heraufgepumpte Wassermengen sein.

Wie bereits in den ersten Projektsunterlagen richtig festgestellt wurde, bildet die Verfügbarkeit großer Einlagerungsvolumina für den anfallenden Kieswaschschlamm im Tal eine entscheidende Voraussetzung für die Realisierung der Schesabruckkesselsanierung durch Rückböschung mit Materialverwertung. Alle Beteiligten rechneten daher von Anfang an mit den großen Kiesbaggerseen in der Talebene, die auch im Interesse des Grundwasserschutzes dringend verfüllt werden sollten. Zwischenzeitlich haben jedoch Grundbesitzer und Gemeinden diese Seen als lukrative Geldquellen und die Fischer und Umweltbewegten diese Seen als unverzichtbare Biotope und Freizeitoasen entdeckt. Einlagerungszinse von öS 10,-/m³ Kieswaschschlamm sind bereits nicht unterschreitbarer Standard. Es kann aber nicht sinnvoll sein, mit größten Schwierigkeiten und Kosten Feinkornanteile bis 25 Gewichtsprozent mit dem sowieso nur zu Grenzkosten zu gewinnenden Schesamaterial ins Tal zu transportieren, hier aufwendigst abzutrennen und dann teuer zu deponieren. Auch daher muß eine Vorabtrennung eines größeren Teils des Abschlammbaren bereits im Abtragsgebiet erreicht werden.

Der **Versuchsabbau Gaschiera** mit einer Fläche von 11,6 ha und einer genehmigten Gesamtabbaukubatur von 2,5 Mio m³ ist in Abtragsetappen gegliedert seit 1995 im Abbau. Die Ersterschließung erfolgte über eine bis 60 % steile Fahrrampe, die zwischenzeitlich mit fortschreitendem Abbau auf unter 30 % abgeflacht wurde. Der Materialabtransport erfolgt – nach der durch das Materialverhalten erzwungenen Aufgabe der Haldenförderung in einen Auffangraum rechtsufrig der Schesa – mit Dreiachs-Muldenknicklenkern zur Aufgabestation. Die Rückböschung der Bruckkesselwand wurde projektsgemäß großflächig bis auf den anstehenden Fels (Arlbergsschichten und Partnachmergel), kleinflächig auch im Lockermaterial ausgeführt. Da der Felsuntergrund durch die Einlagerung von Mergeln ein starkes Relief aufweist und die Mergellagen mit Bagger aufgerissen werden konnten, ist mit einer raschen Durchwurzelung und Wiederbewaldung wie in den gegen SW anschließenden Felsbereichen zu rechnen. Ein Belassen geringmächtiger Lockermaterialschwarten auf dem Fels hätte, wie die Beobachtungen zeigen, wiederum zu permanenten Instabilitäten geführt. Das projektsgemäß vorgesehene Gerinnenetz mußte wegen des Abtrags bis in den Fels nicht angelegt werden. Die Entwässerung erfolgt über die Felsflanken durch die Naturgerinne zur Schesa. Die Gesamtfläche wurde umgehend flächendeckend begrünt. Nach den bisherigen Felsfreilegungen wird der Abtrag im oberen Teil des Abbaubereiches mit steileren, dem Fels folgenden Abbauböschungen ausgeführt und dafür gegen das Dauersiedlungsgebiet eine wenig geneigte Hangverebnung angelegt werden, die eventuell als

Ersatzweidefläche für die auf der Burtshaalpe durch eine Kesselrückböschung verlorengehenden Alpflächen angeboten werden kann. In dieser können auch die großen unverwertbaren Feinablagerungsmassen in nicht mobilisierbarer Position zur Schesa leichter eingebaut werden. Der Versuchsabbau Gaschiera wird voraussichtlich noch ca. 5 Jahre den Rohstoffbedarf abdecken können. Die Wirtschaftlichkeit des Abbaus liegt nach den bisherigen Erfahrungen jedoch jedenfalls im Grenzkostenbereich.

8. Stabilitätsbewertung, Empfehlungen

Nach der weitgehenden Entschlüsselung des Werdens des heutigen Bruckkessels stellt sich naturgemäß die Frage nach der weiteren Entwicklung und dem Ausmaß des noch vorhandenen Gefährdungspotentials. Die Beurteilung stützt sich auf folgende Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen:

- ♦ In der Felswanne der Schesahohlform ist noch mindestens ein gleich großer Teil der Lockermaterialfüllung zurückgeblieben wie das bereits ausgeräumte Bruckkesselvolumen. Dieser zurückgebliebene Teil ist gegen den Bruckkessel durchwegs stark übersteilt in offenstehenden, bis 200 m hohen Steilwänden und Steilhängen angeschnitten, von drei schluchtartigen Bachgerinnen durchtrennt und in zahlreiche Rinnen und Zwischengrate zerteilt.
- ♦ Diese Lockermasse lagert in der bergseitigen Bruckkesselhauptwand auf einer talwärts einfallend geneigten Felsoberfläche bzw. größerflächig auf der gleich geneigten Oberfläche stark bindiger, schmierender Grundmoräne und von Seeton-Feinsand-Ablagerungen als Wasserstau- und bevorzugtem Gleithorizont. Die bereits durch den letzten Gletschervorstoß überlasteten und gestauchten basalen Feinsedimente (Abb. 6) werden durch die Auflast bei Wasserzutritt und insbesondere bei Freilegung ausgequetscht. Als Folge setzt sich die überlagernde Lockermasse und teilt sich an Zerrissen in Blöcke auf (Prinzip der harten Platte auf weicher Unterlage), die gegen den Bruckkessel abgleiten bzw. abkippen.
- ♦ Die Felsoberfläche (wie auch die sie bedeckende Grundmoräne und interstadialen feinkörnigen Ablagerungen) steigt aus dem Bruckkesselgrund, in dem sie vor Beginn der Verbauung bereits größerflächig und durch die Schneeschmelze 1995/96 wiederum lokal freigelegt worden war, nicht gleichmäßig, sondern deutlich quer zum Hang durch Einmündungen und in Fallrichtung des Hanges durch Verflachungen und Steilstufen gegliedert gegen den Loischkopf und Daleu an. Während Ausräumungszuständen, in denen die Bruckkesselhauptwand über Verteilungsstufen der Basisfläche stand bzw. steht, beschleunigten bzw. beschleunigen sich das Abgleiten von Wandscheiben und die rückschreitende Erosion. Während Ausräumungszuständen, in denen der Fuß der Bruckkesselhauptwand auf Basisverflachungen lag bzw. liegt, verlangsamte bzw. verlangsamt sich die Ausräumung. Ein Blick auf die Profilschnittserie C – R (beispielhaft Profil J und

N, Taf. 4 und 5) zeigt, daß die Hauptwand im Bereich der Profile C – G derzeit noch im Übergang einer Steilstufe zur hangwärts anschließenden, schmalen Felsoberflächenverflachung liegt, oberhalb der die Oberflächen des Felsuntergrundes und der Grundmoräne sich wieder deutlich und anhaltend versteilen. Dies erklärt unter anderem die hier an den Setzungsstufen und Zugrissen des Burtschawaldes nachdrücklich ablesbare anhaltende Absetz- bzw. Abgleitbewegung.

Im Bereich der Profile H – J ist die Hauptwand, allerdings angeschnitten von der Schesahauptbachschlucht, in den letzten Jahrzehnten bis über eine ausgeprägte Verflachung der basalen Grundmoräne und des Felsuntergrundes zurückgerückt, oberhalb der allerdings eine anhaltende Versteilung der Basisflächen ansetzt. Die nach Fotos während der letzten 50 Jahre anhaltende relative Stabilität dieses Bereiches ist auf diese Untergrundsituation zurückzuführen. In den letzten Jahren ist – wie neue Setzungsrisse belegen – allerdings bereits der Einfluß der an die Verflachung anschließenden starken Versteilung der Basisfläche bemerkbar geworden. Im Bereich der Profile K – M linksseitig des Schesahauptbaches ist die Hauptwand in den vergangenen Jahren aus einer stabileren Position – mit der Folge der Ausbildung der bewaldeten Mittelrippe zwischen Schesahauptbach und Hölltobel – in eine Position über einer Basisflächenversteilung zurückgerückt. Dies läßt für die nächsten Jahrzehnte beschleunigt Blockablösungen und Abgleitungen wie zwischen den Profilen C – G erwarten.

Die Bruchkesselhauptwand im Bereich der Profile N – R ist durch die vom Hölltobel ausgehende, besonders starke Bruchkesselausweitung in eine Position mit günstiger, stabilisierender Ausbildung der Basisfläche gerückt.

- ◆ Die besonders erosions- und abgleitgefährdete Hauptmasse der Bruchkesselhauptwand wurde in einem zusammenhängenden, gleichzeitigen und gleichartigen Sedimentationsablauf, der Schesahauptschüttung einschließlich Deckschicht und Übergußschicht (Stand Ilmkopf I) abgelagert. Sie bildet daher einen geschlossenen, intern allerdings äußerst vielfältig strukturierten geologischen Körper, der von einer Hauptschüttungswurzel aus vor- und aufgeschüttet wurde. Dieser Körper ist zwar Lockermaterial, reagiert aber rheologisch bis zum Strukturzusammenbruch blockartig. Beobachtungen der letzten Jahre sprechen dafür, daß Spannungsumlagerungen, die Blockauflösung und Gleit- sowie Kippbewegungen in den den Bruchkesselwänden nahen Bereichen der Lockermaterialfüllung zugenommen haben. Die Aktualität des Gefährdungspotentials hat sich daher insgesamt, in verschiedenen Bereichen der Hauptwand allerdings unterschiedlich, (siehe oben) verstärkt.
- ◆ Die bisherigen Beobachtungen sprechen dafür, daß die Blockablösungen nur bis auf die Oberfläche der jüngsten Vorstoß-Grundmoräne bzw. auf die Oberfläche der Interglacialablagerungen und die freigelegte Felsoberfläche greifen, nicht aber die Grundmoräne selbst mit in die Bewegungen einbeziehen. Daraus ergibt sich, daß

mindestens für die bereits erkennbaren Ausweitungen des Bruchkessels die Gesamtkubatur auf die Rückzugsfächerschüttung Ilmkopf I einschl. der Deck- und Übergußschicht stark eingeschränkt werden kann. Das Bruchkesselausweitungs- und Geschiebepotential vermindert sich daher besonders gegen den Burtschawald und in den Bereich der Unteren Burtschamähder erheblich.

- ◆ Die Verringerung der gut ausräumbaren Lockermassenkubatur ergibt sich auch daraus, daß die Rückzugsfächerschüttung Ilmkopf I (Schesahauptschüttung) hangaufwärts durch die auf der stabilen Grundmoräne aufsitzende Burtschaalprandmoräne begrenzt wird. Erst im hangseitigen Stau dieser Wallmoräne lagert wiederum leicht erodierbares Material eines älteren Glacialrückzugsfächers. Solange diese Randmoräne nicht angeschnitten wird, bleibt die Mulde zwischen Daleu und Loischkopf von der Einbeziehung in den Bruchkessel ausgespart. **Eine eventuelle Bruchkesselrückböschung muß daher jedenfalls vor dem Fuß dieser Moräne auslaufen.**
- ◆ Der Burtschaalp-Rückzugsmoräne kommt aber auch eine erhebliche hydrogeologische Bedeutung zu. Die im Bereich der Oberen Burtschamähder und in deren Oberhängen gegen Daleu und Loischkopf in den Untergrund versickernden Niederschlags- und Oberflächengerinnwasser einschließlich der Schesa können mit größter Wahrscheinlichkeit nicht – jedenfalls nicht in beachtenswertem Ausmaß – durch die gut abgedichtete Wallmoräne in Richtung Burtschaalpe – Untere Burtschamähder – Schesabruchkessel durchsickern, sondern fließen dem tief unter der heutigen Geländeoberfläche begrabenen Moränendurchbruch zwischen dem Schesahauptbach und dem Wiesentöbele zu, von dem aus die Schesahauptschüttung (Rückzugsfächer Ilmkopf I) gegen E und NE gerichtet erfolgte. In den kiesig-sandigen und grobschottrigen Lagen und Rinnenfüllungen dieses Schüttungsfächers werden die Wässer zu den Austritten im Bruchkessel, insbesondere in der Nähe des Wandfußes über der stauenden Grundmoräne, aber auch in der Wand selbst über schluffig-tonigen Staulagen zugeleitet. Diese durch die Genese bzw. die Sedimentationsstruktur gesteuerte Hangwasserführung liefert die Erklärung für die überraschende Feststellung der Gipsgehalte und HCO_3/SO_4 -Verteilung der Quellwässer im Bruchkessel nach PIRKL (1992):
- ◆ Die durch ihre erhöhte Mineralisierung und den erhöhten Sulfatgehalt als vom Klamperagips beeinflusst ausgewiesenen starken Quellwässer rechtsseitig der Schesahauptbachschlucht fließen vom Bereich der Oberen Burtschamähder unter dem Schesabachgerinne durch gegen Norden und in einem Bogen im Untergrund der Unteren Burtschamähder zurück und unter dem Schesaeinschnitt durch zu den Austritten. Dagegen stammen die in den Bruchwänden um den Burtschabach austretenden karbonatbetonten Wässer aus Niederschlags- und Oberflächenwasserversickerungen der Burtschaalpfäche und die Wasseraustritte linksseitig des Schesahauptbaches und im Hölltobel aus den vom Loischkopfabhang abrinnenden und am Hangfuß und auf den Unteren Burtschamähdern einsickernden

Wässern. Die Zunahme der (Sulfat-) Mineralisierung in den Quellen der Äste linksseits des Hölltobels und im linksseitigen mittleren und unteren Bruchkesselinhang zeigen, daß Durchsickerungen aus dem Gipskarst von Maisäßwald-Mooswald-Zwischenbach stattfinden.

- ◆ Bedingt durch den Verlauf von Wasserwegsamkeiten von NW gegen ESE werden durch das Fortschreiten der Erosion, aber auch durch eine Rückböschung der Bruchkesselhauptwand die Zuläufe zunehmend weiter nördlich in Richtung Hölltobel und höher in der Wand angeschnitten. Dadurch wird der Fußbereich des Bruchkessels südlich bzw. südöstlich des Schesahauptbaches zunehmend trockengestellt und der Hangwasserabfluß in Richtung Hölltobel konzentriert. Dies wird die Stabilisierung der Bruchkesselwände südlich des Schesahauptbaches begünstigen und die Erosion im Hölltobel und die Destabilisierung der Basis dieses Wandbereiches verstärken.
- ◆ Die Burttschaalpmoräne und die Schüttungsstruktur sind nicht nur für die Begrenzung des Einzugsbereiches der Bruchkesselquellen und –sickerwässer sowie für den Verlauf der Wasserwegsamkeiten bestimmend, sondern haben auch wesentliche Auswirkungen auf den Einfluß der Vegetationsdecke und Bodenbildung im Einzugsgebiet. Die von MARKART, KOHL & ZANETTI (1996) durchgeführte Vegetations- und Bodenkartierung und die Beregnungsversuche haben hochinteressante, für die Schesasanierung wesentliche Erkenntnisse gebracht. Die flächenmäßige Abgrenzung der Abflußbeiwertbereiche und die vorgeschlagenen Maßnahmen bedürfen allerdings der Abstimmung auf den Lockermaterialaufbau des Untergrundes. Die Alp- und Mahdflächen sowie Waldbereiche oberhalb der Burttschaalpmoräne sind für die Stabilität des Bruchkessels und/oder eine Rückböschung in Bezug auf den Oberflächen- und Unterbodenabfluß nur in Hinblick auf die Wasserführung und Schleppkraft von Schesahauptbach und Burttschabach und in Bezug auf die Tiefenversickerung von – eingeschränkter – Bedeutung. Dagegen wirken sich die Versickerung und der Oberflächenabfluß in den Alp- und Waldflächen von Burttschaalpe und Unteren Burttschamähdern direkt und gravierend auf den Bruchkessel aus. Auf diese Bereiche sollten sich weitere Untersuchungen und die Maßnahmen, insbesondere die Reduzierung der festgestellten Bodenverdichtung und der Vegetationsschäden durch Überbeweidung sowie die Aufforstung unter Berücksichtigung der Schesadeckschicht-Verbreitung konzentrieren.
- ◆ Die Gleitmasse von St. Martin kriecht anhaltend auf dem Felsuntergrund und/oder der stauenden Moräne bzw. stauenden Interstadialablagerungen, aufgelöst in Schollen unterschiedlicher Geschwindigkeit, zur Bruchkesselachse ab und überfährt die durch die Sperrenstaffeln aufgelandeten jungen Schesaschotter. Durch die Kriechbewegung, deren Geschwindigkeit von den Niederschlägen und der Zufuhr von Hang- und Burttschabachwasser in die Gleitbasisbahn abhängt, wird die Sedimentstruktur zunehmend aufgelöst und das Material zu einem homogenen Brei durchmischt.

Nach den Beobachtungen und den Erfahrungen in Gaschiera kann eine Selbststabilisierung dieser Gleitung nicht eintreten, da der für das Gleitungsmaterial maßgebliche Innere Reibungswinkel von unter 15° immer unter der Gleitbahnneigung liegt. Diese Masse muß daher als bleibender Geschiebelieferant für die Schesa akzeptiert oder trotz der Durchnässung abgetragen und verwertet werden.

- ◆ Die nordseitigen Bruchkesselwände zwischen Burttschamähder und Ilmkopf sind im östlichen, unteren Teil durch die anstehenden karbonatischen Raiblerschichten fixiert, oberhalb denen – allerdings durch die Hölltobelerosion nicht beeinflussbare – Gleit- und Kriechbewegungen die Lockermassen anhaltend aktiviert haben. Im westlichen, oberen Teil zwischen Profil 23 und 29, in dem PIRKL (1992) Gipswasserzuflüsse festgestellt hat, ist nach der Untergrundstruktur, der Felsoberflächenformung und den Höhenverhältnissen nicht auszuschließen bzw. eher wahrscheinlich, daß die rasch fortschreitende Bruchkesselausweitung bis in den Gipskörper des Mooswaldes zurückgreifen wird. Mit abnehmendem Abstand zwischen Bruchkessel und dem Gipskarst steigt die Gefahr eines Durchbruches des Gipskarstes in den Bruchkessel. Die Höhenverhältnisse lassen zwar einen Großeinbruch vom Gipsmaterial und/oder Karstwasser in das Hölltobel ausschließen, doch wird auch eine seichte Verbindung des Einzugsgebietes des Hölltobels schlagartig ausweiten und insbesondere den Lockermassen im Bereich des Loischkopflifts den Fuß rauben. Dieser Bereich ist in der Stabilitätsbetrachtung und Gefährdungsabschätzung daher eine Schlüsselstelle.
- ◆ Ähnlich ist die Situation im linksseitigen Bruchkesselinhang zwischen Ilmkopf und Brennerbrücke, wo mächtiger verkarsteter Gips die Bruchkesselwände seicht hinterlagert. Allerdings ist hier der Gips frei durchfließbar unter der Schesa durch in die Bürserschluht tiefenentwässert. Im Gegensatz zum letzten Jahrhundert und zur ersten Hälfte dieses Jahrhunderts ist dieser Teil des Bruchkesselinhangs nur von seichten großflächigen Hanggleitungen erfaßt, aber während der letzten Jahrzehnte relativ wenig verändert worden. Längerfristig muß jedoch mit erheblichen Nachböschungen bis in den Gips gerechnet werden.
- ◆ Der den Schesaeinschnitt im Bereich zwischen der Förderbandaufgabestation und den Sperren 87 und 93 querende verkarstete Gipskörper hat in der Vergangenheit mehrfach durch Karsteinbrüche die Ausräumung der Schesahohlform verursacht und auch die Entstehung des jetzigen Bruchkessels in den letzten 200 Jahren verschuldet. Nach Beobachtungen von MALIN (1939) und den Geohydrologischen Untersuchungen PIRKL (1992, 1994) sowie nach den Bohrergebnissen 1989 und den jahrelangen Abflußbeobachtungen entwässert nicht nur der Gipskarst des Maisäß- und Mooswaldes sowie von Zwischenbach zu einem erheblichen Teil unter der Schesa durch in die Bürserschluht, sondern verliert auch die Schesa selbst bei Nieder- und Mittelwasser einen erheblichen Teil der Wasserfracht in diese Wasserwegsamkeit. Dadurch

wird die Verkarstung, die, wie aus dem Vergleich mit Messungen im Klostertal zu schließen, ein Volumen von jährlich über 50 m³ in den Vorfluter auslaugt, verstärkt. Bei einem dadurch früher oder später unvermeidbar erfolgenden neuerlichen Einbruch der Überlagerung in den Karst werden die Sperren im Gipsbereich zerstört werden und die Verbaustaffel im Bruchkessel von unten her aufgerollt. Die Kontrolle und Erhaltung der Sperren in diesem Bereich ist zur Verhinderung der Remobilisierung der mühevoll erreichten Auflandung und für den gesamten Bruchkessel von entscheidender Bedeutung. Die Vorausplanung einer langfristigen Absenkung der Auflandung und der Staffeln nach der Rückböschung der Einhänge im Rahmen eines Gesamtprojektes erscheint zweckmäßig.

Aufgrund dieser Feststellungen ergibt sich folgende beschreibende Stabilitätsbewertung, die nach Einbringen der hydrologischen, hydrogeologischen, gerinnestabilitäts- und boden- sowie vegetationskundlichen Bewertungen und Berechnungen durch Stabilitätsmodellierungen sowie – berechnungen ergänzt werden muß:

- Im Bereich St. Martin – Burtschawald bis zur Burtschaalpe wird keine Stabilisierung der durch die Setzungsrisse markierten blockartigen Abgleitung der spätglazialen Lockermasse auf dem Fels bzw. der Grundmoräne eintreten, bis die Gesamtmasse bis hangseitig der obersten Absetzrisse bzw. bis zum Ausstrich der hier seicht anstehenden Arosazone ähnlich der Gleitung St. Martin abgefahren ist. Eine Rückböschung müßte trotz der herabgesetzten Verwertbarkeit des Materials jedenfalls bis hangseitig der Setzungsfugen reichen.
- Im Bereich zwischen Burtschabach und Schesahauptbach werden die blockartigen Absetzungen und das Abkippen von Wandscheiben im Ausmaß bis zu einigen 100.000 m³ (wie von HENRICH 1929 für die Vergangenheit berichtet) bis in den Bereich des Alpfahrweges zurückgreifen. Ob sie sich noch weiter hangaufwärts ausdehnen können, hängt vom derzeit nicht genau bekannten Verlauf und Aufbau des Fußes der Burtschaalpmoräne auf der Grundmoräne ab. Für die Stabilitätsberechnung und Planung der Rückböschung wird die Abteufung einer zusätzlichen Sondierbohrung ca. im Verschnitt der Profile H und 29/30 mit einer Tiefe von ca. 70 m dringend empfohlen.
- Im Bereich der Unteren Burtschamähder zwischen Schesahauptbach und linkem Rand des Hölltobeloberrandes wird die rasche Bruchkesselausweitung teils in kleinen Böschungsabgleitungen, linksseitig des Schesahauptbaches aber auch in Großschollen bis weit oberhalb des Alpfahrweges fortschreiten. Eine kombinierte Stabilisierung durch Rückböschung, Gerinne- und Wandfußstabilisierung mit Grobberollungen und Trockensteinschichtungen muß zum Ziel haben, die rückgeböschte Bruchkesseloberkante talseits des Fahrweges zu fixieren. Die Grenzen und die Tiefenlage des Gipskarstes müssen hier nördlich des Profils R zwischen den Profilen 24 und 28 mit einer ca. 40 m tiefen Bohrung erkundet werden.
- Die für den gesamten Bruchkessel bestimmende

Stabilität bzw. Auslaugung des Gipskarstes am Bruchkesselausgang ist durch Maßnahmen nicht oder kaum beeinflussbar. Die dortigen, für die Gesamtverbauung und Auflandung im Bruchkessel entscheidenden Sperrbauwerke müssen laufend kontrolliert und beim Feststellen von Setzungsschäden umgehend saniert bzw. durch zusätzliche Sperren ergänzt werden.

Dank

Für die über 25 Jahre reichende Befassung mit dem Projekt Schesasanierung einschließlich der entscheidenden ersten Projektrealisierungsschritte danke ich in erster Linie Herrn Kommerzialrat Herbert ZECH. Ohne seinen Optimismus und unternehmerischen Mut wäre der Schesabruchkessel bis zu den nächsten Katastropheneignissen sich selbst überlassen geblieben.

Den für ungewöhnliche Lösungen offenen und für neue Formen der Zusammenarbeit zwischen staatlichen Stellen und Wirtschaftsunternehmen bereiten Herren Sektionsleiter Dipl.-Ing. REITERER, Sektion Bregenz, und Gebietsbauleiter Dipl.-Ing. ASCHAUER, Bludenz, vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung und ihren Mitarbeitern danke ich vor allem für die formlose enge Zusammenarbeit und freundschaftliche Diskussion der anstehenden Probleme. Ebensolcher Dank gilt für die Rückendeckung und die Bereitstellung der erforderlichen Projektmittel den zuständigen Herren des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Herrn Ministerialrat Dipl.-Ing. RACHOY, Herrn Oberrat Dipl.-Ing. SIEGEL und Herrn Ing. SCHWEIGHOFER.

Besonders bedanken möchte ich mich bei allen Mitgliedern des Projektteams Pilotprojekt Schesasanierung für die freundschaftlichen weiterführenden Diskussionen und interessanten Beiträge zum Kenntnisstand. Dies gilt speziell für den Projektleiter, Herrn Ministerialrat a.D. Hofrat Dipl.-Ing. ÜBLAGGER, ohne dessen Initiative die umfassende Bearbeitung des Projektes nie möglich geworden wäre, und meinem Studienfreund Dr. PIRKL für viele gemeinsame Begehungen. Wegen des Vorbildcharakters der Projektplanung bedaure ich besonders, daß dieses Vorhaben zunehmend "aus dem Ruder gelaufen" ist und deshalb vom Ministerium abgebrochen werden mußte.

Ohne das Verständnis und die Förderung der Untersuchungen, Projektierungen und Projektsrealisierung sowie das Eingehen auf kurzfristig notwendige Projektanpassungen und Bescheidabweichungen durch den zuständigen Behördenleiter, Herrn Bezirkshauptmann Dr. WALSER und seine Sachbearbeiter einschließlich der Amtsgutachter, im Speziellen Herrn Hofrat Dr. STARCK, und ohne das Verständnis und die Mithilfe des Bürgermeisters von Bürserberg, Herrn Karl FRITSCHKE, wären die Untersuchungen im Schesabruchkessel und die bisherigen Projektsrealisierungen nicht ausführbar gewesen.

Ohne die fachkundige, intensive Mitarbeit von Herrn Dr. mag. MÄHR bei den Geländeaufnahmen, Probenahmen, Baubetreuungen und Ausarbeitungen und die kompetente Übernahme der Digitalisierung und der Profil- und Modellüberarbeitungen durch Dipl.-Ing. DÖNZ und Dr.

MÄHR wäre weder das erreichte Untersuchungsergebnis noch die vorliegende Publikation möglich gewesen. Schließlich danke ich Frau Dr. DRAXLER für die bevorzugte Bestimmung der Pollen und Sporen und Herrn Dr. PAK für die jeweils umgehende Ausführung der Altersdatierungen, sowie der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich für die Ermöglichung dieser Publikation.

Literatur

- AMPFERER, O. (1908): Glazialgeologische Beobachtungen in der Umgebung von Bludenz. - Jb. der geol. Reichsanstalt, **58**: 627-636, Wien.
- AMPFERER, O. (1936): Rätikon und Montafon in der Schlußvereinigung. - Jb. Geol. B.-A., **86**: 151-175, Wien
- AULITZKY, H. (1978): Wildbachtechnisches Gutachten über die Schesa unter besonderer Berücksichtigung der Schotterentnahme und des beabsichtigten Baues einer Ortsumfahrung in Bürs. - 1-53, Wien.
- AULITZKY, H. (1994): The schesa-Gully near Bludenz, Vorarlberg. - Mountain research and Development, Vol. **14**: 272-305.
- BARTH, D. (1983): Geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Bereich des Schesatobels (Vorarlberg). - Unveröff. Diplomarbeit d. Technische Universität Karlsruhe, 1-329, Karlsruhe.
- BERTLE, H. (1973): Entwurf eines Baurohstoff- und Wasserversorgungsplanes über das Gebiet des Walgaues – Unveröff. - Bericht mit 1 Planbeilage an A. d. Vlb. L.Reg., 1-55, Schruns
- BERTLE, H. (1989): Materialabtrag Sanierung Schesakessel. - Gesamtprojekt im Auftrag der Zech-Kies Ges.m.b.H., 1-28, Nüziders Schruns.
- BERTLE, H. (1993): Integrales Pilotprojekt Schesatobel – Baugelologische Planungsunterlagen der Einzugsgebiete von Schesa- u. Mühlebach. - Bericht i.A. d. BMLF, 1-44, Schruns.
- BERTLE, H. (1997): Mühltobel – Stauden – Schließwäldtobel FWP "Egga" – Bau- u. hydrogeologische Untersuchung i. A. d. Forsttechn. D. f. Wilbach- u. Lawinenverbauung, 1-34, Gebietsbauleitung Bludenz, Schruns.
- BRÜCKL, E. & SCHILLER, A. (1996): Reinterpretation der geophysikalischen Messungen im und um den Schesatobel (Vlb.). - Unveröff. Bericht i. A. des BMLF, 1-64, Wien.
- DE GRAAF, L.W.S & SEIJMONSBERGEN, A.C. (1993): Die eiszeitliche Prozeßfolge und Aspekte der jungquartären Talbildung und Hangentwicklung im Walgau (Exkursion D am 15. April 1993). - Jber. Mitt. Oberrhein Geol. Ver., N.F. **75**: 99-125, Stuttgart.
- DRAXLER, I. (1987): Bericht über pollenanalytische Untersuchung von 4 Proben des Moores auf der Burtschaalpe, Gemeinde Bürs, Schesa-Oberkante, Seehöhe: 1395m. Unveröffentl. - Bericht i. A. von DDr. Bertle, 1-3, Wien.
- DRAXLER, I. (1990): Bericht über pollenanalytische Untersuchung einer Torflage in der Bohrung KB 4 / Zech 1998. - Bericht i. A. von DDr. Bertle, 1-000, Wien.
- DRAXLER, I. (1992): Bericht über pollenanalytische Untersuchung (humoser Ton mit Holzresten) aus dem Mühltobel, Höhe 1500 m. - Bericht i. A. von DDr. Bertle, 1, Wien.
- DRAXLER, I. (1997): Pollenanalytische Untersuchungen von 38 Proben aus 4 Kernbohrungen KB3, KB4, KB5, KB6 aus der Schesa (Schesa-Oberlauf, KG Bürserberg) 1994 und einer Einzelprobe von einem Aufschluß (Höhltobeleinschnitt, linke Flanke, 1275m). - Bericht i. A. von DDr. Bertle, 1-6, Schruns Wien.
- ESCHER v. d. L., A. (1853): Geologische Bemerkungen über das nördl. Vorarlberg. - Neue Denkschr. d. schw. natf. Ges. 1853, **13**: 1-135, Bern.
- GUBLER, J. (1927): E'tudes Geologiques dans le Vorarlberg Central. - Diss. Univ. Paris, 1-155, Paris.
- HANTKE, R. (1980): Eiszeitalter 2 – Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. - 1-703, (Ott Verlag Thun) Thun.
- HANTKE, R. (1983): Eiszeitalter 3 – Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. - 1-730, (Ott Verlag Thun) Thun.
- HEISSEL, W. et al. (1965): Geologische Karte des Rätikon, 1:25.000. - Geol. B.-A., Wien.
- HEISSEL, W. et al. (1967): Geologische Karte des Walgaus, 1:25.000. - Geol. B.-A., Wien.
- HENRICH, J. (1924, 1929): Die Verbauung des Schesatobels in Vorarlberg. - Schweiz. Z. f. Forstwesen, **75** (2 + 3): 1-14, Bern.
- JEHL, A. (1988): Die Entstehung des Schesatobels. - Bludenzer Geschichtsblätter Heft 2, **1988**: 1-8 Bludenz.
- KELLER, O. (1988): Ältere spätwürmzeitliche Gletschervorstöße und Zerfall des Eisstromnetzes in den Nördlichen Rhein-Alpen (Weissbad-Stadium/Bühl-Stadium). - Geogr. Inst. D. Univ. Zürich **27**: A 1-241, B 1-291, Zürich.
- KRASSER, L. (1949): Geologisches Gutachten über die Gefährdung des Siedlungsgebietes Bürs – Außerfeld durch den Schesatobel. - Erstellt f. d. Amt d. Stadtem. Bludenz, 1-7, Bregenz.
- KRASSER, L. (1966): Bundesstraße Nr. 1, Umfahrung Bludenz. Brücke über den Schesabach, km 586,86; geologisches Gutachten über die Gefährdung durch Murbrüche. - Erstellt für d. L-St. Bauamt Feldkirch, 1-000, Bregenz.
- KRIEG, W. (1996): Ein im Schesa-Murschuttkegel ergrabenes Zeitdokument. - Unveröff. Bericht mit 1 Plan und 7 Fotos, Bericht an Zech-Kies Ges.m.b.H., 1-11, Bregenz.
- LOACKER, H. (1989): Geologische Vorarbeiten für den Bau des 21 km langen Walgaustollens der Vorarlberger Illwerke AG. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **10**: 200-203, Innsbruck.
- LOACKER, H. (1980): Geologische Beschreibung des Walgaustollens (Vorarlberg, Österreich). - Mitt. Österr. Geol. Ges., **78**: 211-230, Wien.
- MALIN, J.A. (1939): Gutachten über die derzeitigen geologischen Verhältnisse zwecks Sicherung der Brandnerstraße in der Strecke: Parzelle "Boden" bis zum "Taleu" hinter "Tschappina" im Bürserberg. - Gutachten i.A. der Vorarlberger Landesregierung, 1-30, Straßenbauamt Feldkirch, Feldkirch.
- MARKART, G., KOHL, B., & ZANETTI, P. (1996): Beurteilung des Abflußverhaltens von Wildbacheinzugsgebieten anhand boden- und vegetationskundlicher Grundlagen. - Forst. BA für Lawinen- und Wildbachforsch., 1-85, Innsbruck.
- MOJISOVICS, E. (1873): Beiträge zur topischen Geologie der Alpen 3. Der Rätikon (Vorarlberg). - Jb. Geol. R.-A. **23**: 163-174, Wien.
- MÖLK, M. (1996): Bericht zu geologisch-geomorphologischen Aufnahmen im Einzugsgebiet des Mühlebachs und des oberen Einzugsgebietes des Schesabaches zur Erarbeitung von Modellgrundlagen für die Rückböschungsformen im Schesatobel (Bürserberg, Vlb.). - Bericht i.A. d. BMLF, 1-25, Innsbruck.
- MÜLLER, St. (1925): Die geologischen Grundlagen der Schesa. - Unveröff. Bericht, 20 Seiten. - Bericht i. A. d. Forsttechn. Dienstes f. Wildbach- u. Lawinenverbauung, 1-20, Feldkirch.
- MÜLLER, St. (1939): Nachtrag zu dem Gutachten von J.A. Malin über die Verhältnisse am Bürserberg. - Bericht i.A. der Vorarlberger Landesregierung, Straßenbauamt Feldkirch, 1-3, Feldkirch.
- MYLIUS, H. (1912, 1913): Geologische Forschungen an der Grenze zwischen Ost- und Westalpen, II, 1-186, München.
- OBERHAUSER, R. (1966): Geologische Profile 1:10.000. - Vorarlberger Illwerke AG; Schruns.
- PAK, E. (1993, 1994, 1997): Altersdatierungen über Proben aus dem Schesa- u. Mühltobel i. A. von DDr. Bertle, Schruns, 1-3, Wien.
- PIRKL, H. (1991): Geohydrologische Situation der oberen Einzugsgebiete Schesa- und Mühlebach (Bürserberg/Vorarlberg). - Unveröff. Bericht im Auftrag d. BMLF, 1-12, Wien.
- PIRKL, H. (1992): Modellvorstellungen zur Abflußentwicklung in den oberen Einzugsgebieten Schesa- und Mühlebach anhand der

- hydrologischen und geohydrologischen Situation. - Bericht i. A. des BMLF, 1-16, Wien.
- PIRKL, H. (1994): Bericht über hydrogeologisch-geohydrologische und geophysikalische Arbeiten im Bereich Schesa-Abbruchkessel für den Zeitraum 1993 – 1994. - Unveröff. Gutachten zum Pilotprojekt Schesasaniierung des BMLF, 1-18, Wien.
- PRUCKER, H. (1976): Unterlagen für die Beurteilung der Gefährdung des Ortes Bürs durch die Schesa. - Unveröff. Diplomarbeit Universität F. Bodenkultur Wien, 1-169, Wien.
- RICHTHOFEN, F. Freiherr. v. (1859, 1861/62): Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. - Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, **10**: 72-137, Wien.
- ROTHPLETZ, A. (1900): Geologische Alpenforschungen I, Das Grenzgebiet zwischen den Ost- und West-Alpen und die Rhaetische Überschiebung. - V, 1-176, München.
- ROTHPLETZ, A. (1902): Das Gebiet der zwei großen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und Engadin. - Sammlung Geologischer Führer, **10**: 1-256, Berlin.
- SALZMANN, H. (1993): Geophysikalische Untersuchung des Festgesteinsuntergrundes im Schesatobel, Vorarlberg. - Unveröff. Diplomarbeit Univ. Wien, 1-89, Wien.
- SEIDLITZ, W. v. (1906): Geologische Untersuchungen im östlichen Rätikon. - Ber. Nf. Ges. Freiburg i. Br., **16**: 232-366, Freiburg.
- SEIDLITZ, W. v. (1912): Rätikon, 1 Kartenskizze, 2 Prof. - (In: STEINMANN, G., SEIDLITZ, W. v. & MEYER, H. (Hrsg.): Führer zu geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern), Geol. Rdsch., **3**: 423-432, Leipzig.
- TRÜMPY, D. (1916): Geolog. Untersuchungen im westl. Rätikon. - Beiträge zur geol. Karte der Schweiz N.F., **46/II**: 1-163, Bern.
- ÜBLAGGER, G. (1988): Das Systemare Verständnis der Gebirgswässer. - INTERPRAEVENT 1988, Bd. **1**: 345-383, Klagenfurt.
- ÜBLAGGER, G. (1992): Die Systemare Unterstützte Naturraumanalyse. - INTERPRAEVENT 1992, Bd. **3**: 9-34, Bern.
- ÜBLAGGER, G. (1992): Gefahrenpotentiale in Systemarer Betrachtung. - INTERPRAEVENT 1992, Bd. **6**: 293-318, Bern.
- ÜBLAGGER, G. (1995): Pilotprojekt Schesasaniierung (PPSS), Vorstudie (VS). - BM f. Land- und Forstwirtschaft, 1-141, Seekirchen.
- VERDAM, J. (1928): Geologische Forschungen im nördlichen Rätikon. - Diss. Univ. Zürich, 1-86, Zürich.

BEILAGE 1

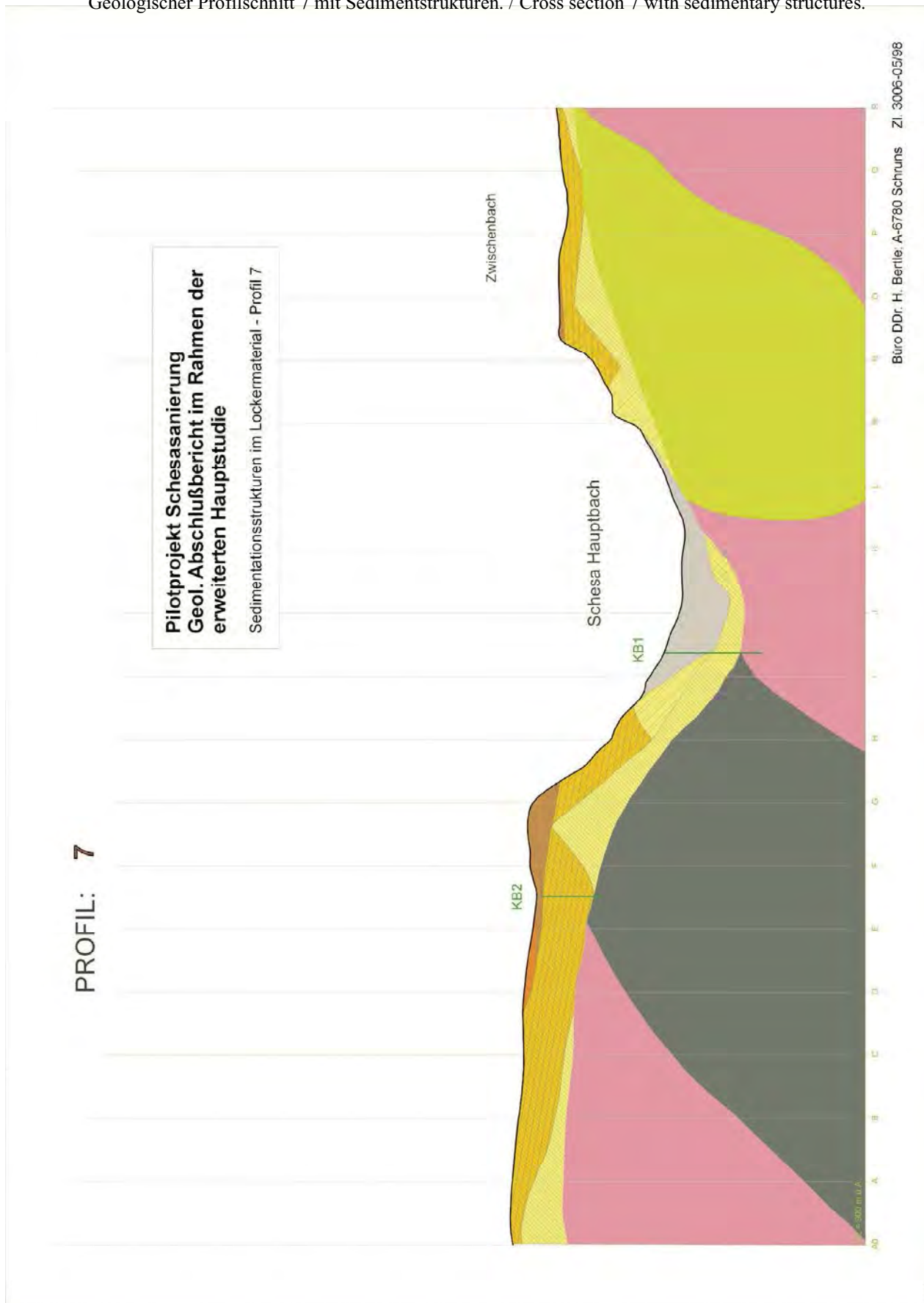
Geologischer Lageplan des Schesabruchkessels und seiner Umrahmung. / Geological Map of the Schesa-gully and surrounding area.

BEILAGE 2

Karte der spätglacialen Landschaftsbildung im Schesa-Mühlebach-Einzugsbereich. / Map of the late glacial development of landforms of the Schesa-Mühlebach-area.

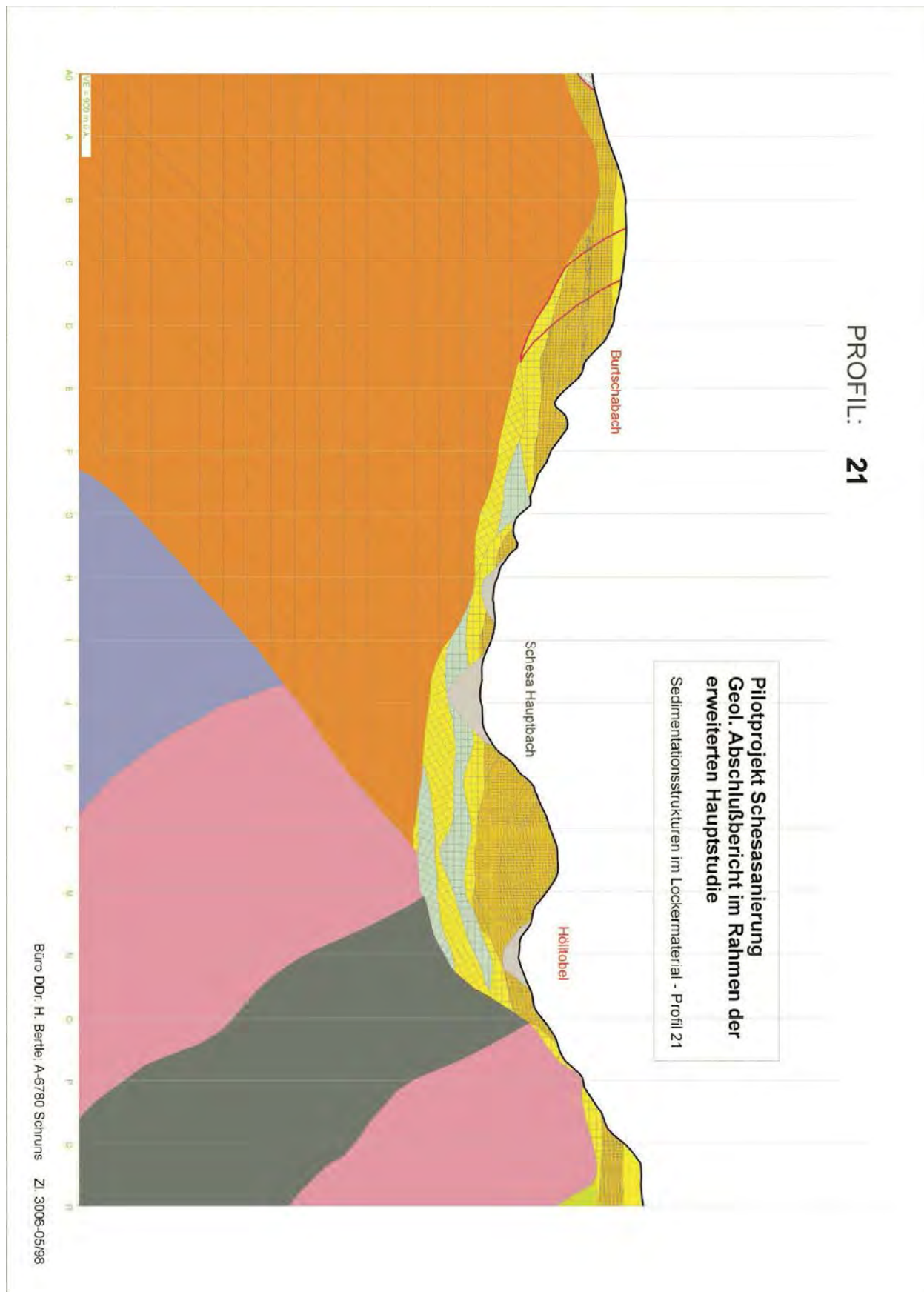
TAFEL 1

Geologischer Profilschnitt 7 mit Sedimentstrukturen. / Cross section 7 with sedimentary structures.



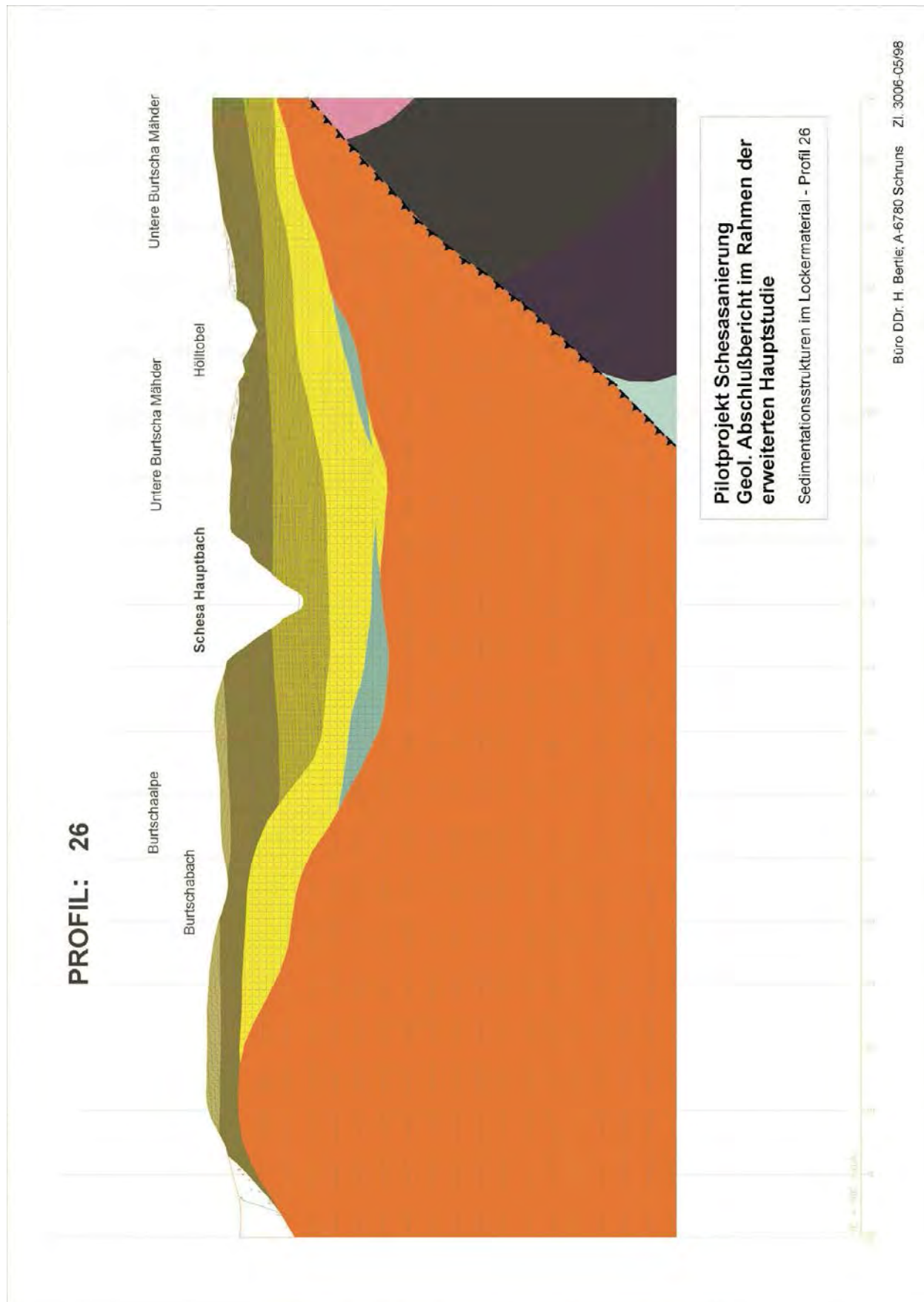
TAFEL 2

Geologischer Profilschnitt 21 mit Sedimentstrukturen. / Cross section 21 with sedimentary structures.



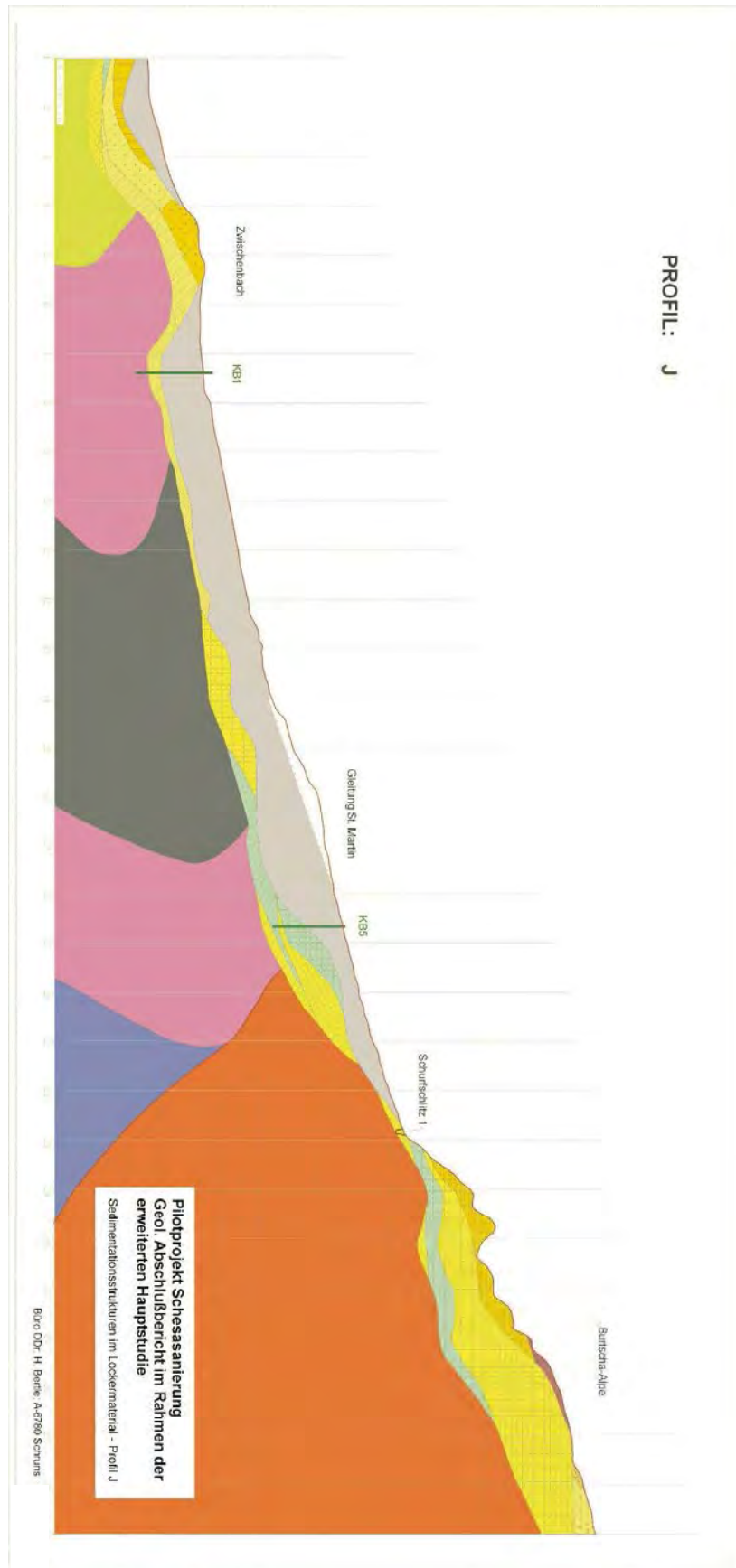
TAFEL 3

Geologischer Profilschnitt 26 mit Sedimentstrukturen. / Cross section 26 with sedimentary structures.



TAFEL 4

Geologischer Profilschnitt J mit Sedimentstrukturen. / Cross section J with sedimentary structures.



TAFEL 5


















































Geologischer Profilschnitt N mit Sedimentstrukturen. / Cross section N with sedimentary structures.



TAFEL 6

Legende zu den Profilschnitten Taf. 1-5. / Legend of cross sections Plates 1-5.

LEGENDE:

	Schesa-Jungschutt		Arosazone nicht differenziert
	Hangschutt		Raibler Gips
	Gleitungsmasse		Raibler Formation
	Felssturzmasse		Arlberg Formation
	Rückzug- Übergußschichten		Partnach Formation
	Rückzugsfächer Brenner		Alpiner Muschelkalk Formation
	Rückzugsmoräne Brenner		Quellen
	Rückzugsfächer Zwischenbach		Gerinne
	Rückzugsmoräne Zwischenbach		Vernässungsbereich
	Rückzugsfächer Gaschiera II		Schichtung d. Lockermassen undiff.
	Rückzugsmoräne Gaschiera II		Torf u.a. organogene Ablagerungen
	Rückzugsfächer Gaschiera I		schluffig-tonig-feinsandige Stausedimente
	Rückzugsmoräne Gaschiera I		sandig-kiesige Ablagerungen
	Rückzugsfächer Ilmkopf II		Grabschotter unverfestigt und Konglomerate und Breccien
	Rückzugsmoräne Ilmkopf II		Deckengrenze
	Übergußschichten Schesa		Abriß- u. Hauptbewegungsfugen von Hangbewegungen
	Deckschichte Schesa (Vorstoß)		Felsoberfläche
	Vorstoßmoräne Ilmkopf		Bohrpunkte
	Rückzugsfächer Ilmkopf I (Schesahauptschüttung)		Schurfschlitz
	Rückzugsmoräne Ilmkopf I		Seismik-Profile
	Rückzugsmoräne Burtshaalpe		Altersdatierung und/oder Pollennachweis
	Grundmoräne Würm jung		Glaciale und Eisrandbildungen
	Interstadial Würm jung		Lage der Profilschnitte 1-31; A-R
	Grundmoräne Würm mittel		
	Interstadial Würm alt		
	Grundmoräne Würm alt		

TAFEL 7

3-D-Modelle der Felsoberfläche (Fig.1), der Oberfläche der älteren, ausgeräumten Würm-Interstadialfüllung (Fig. 2) und der Oberfläche der jüngeren Würm-Interstadial-Füllung des Bruchkessels (Fig. 3). / 3-D-model of the bed rock (fig. 1), the surface of the older, eroded Würm-interstadial-filling (fig. 2) and the surface of the younger Würm-interstadial-filling of the Schesa-gully (fig. 3.).

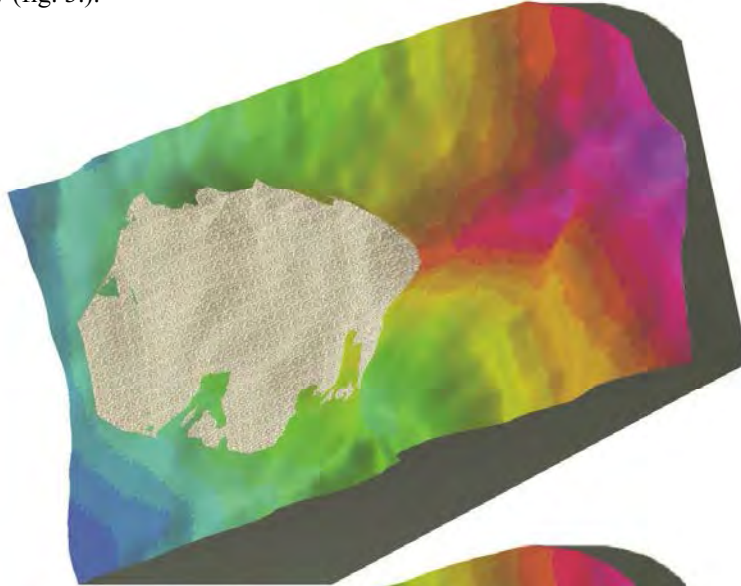


Fig. 3) 3-D Modell der Oberfläche der jüngeren Würm-Interstadial-Füllung des Bruchkessels

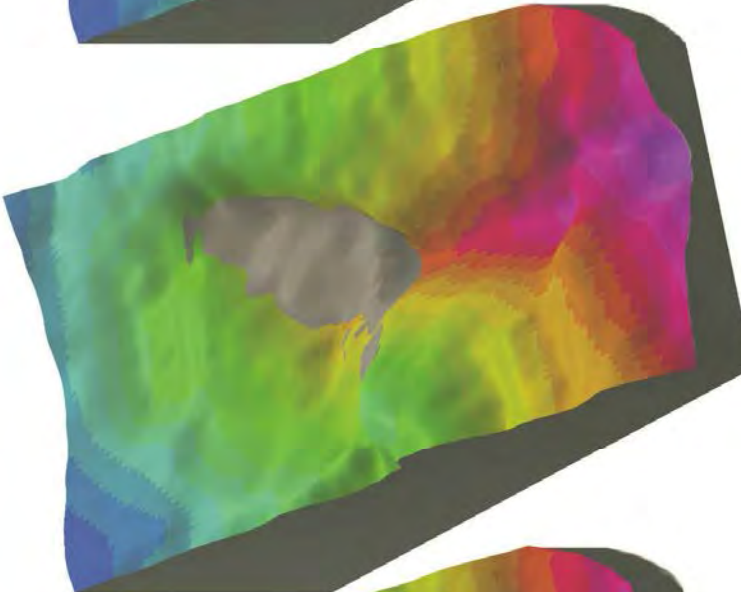


Fig. 2) 3-D Modell der Oberfläche der älteren, ausgeräumten Würm-Interstadial-Füllung des Bruchkessels

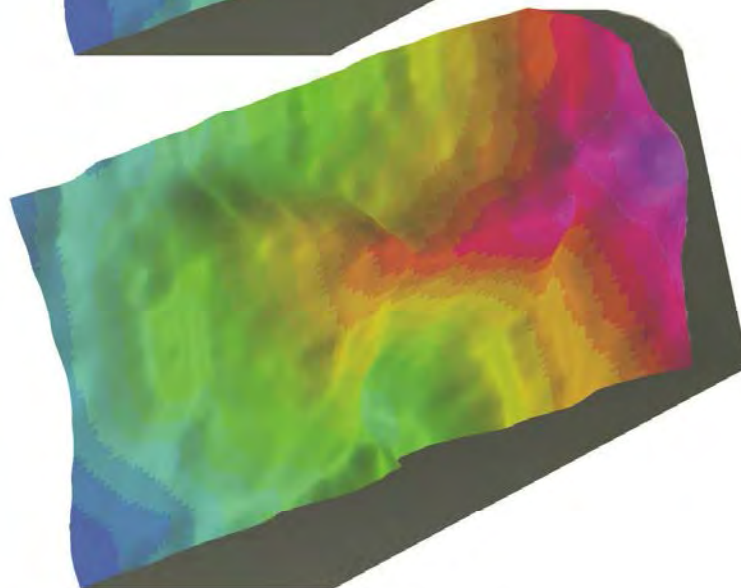
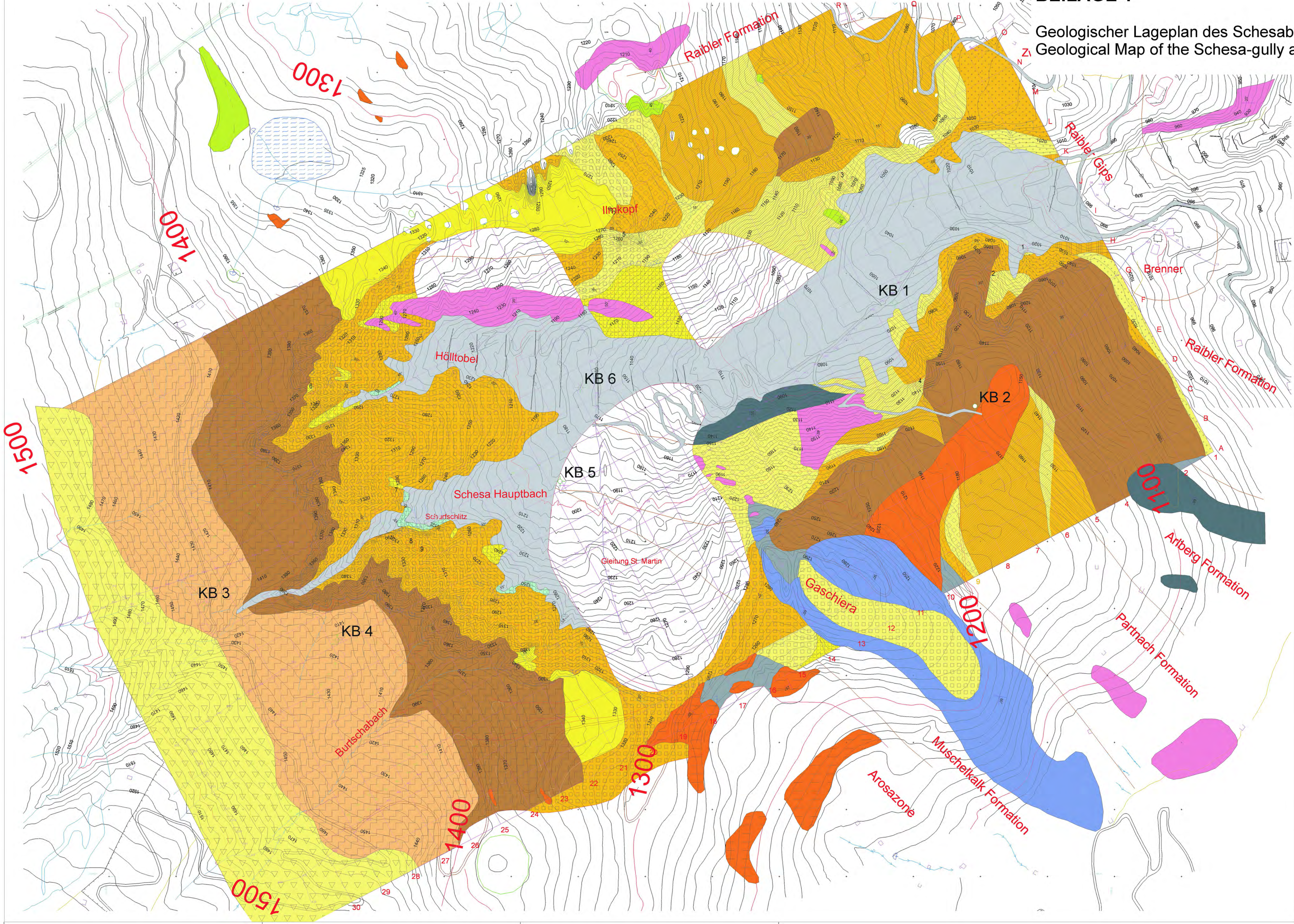


Fig. 1) 3-D Modell der Felsoberfläche

BEILAGE 1

Geologischer Lageplan des Schesabruckkessels und seiner Umrahmung.
Geological Map of the Schesa-gully and surrounding area.



LEGENDE

- Schesa-Jungschutt

Hangschutt

Gleitungsmasse

Felsturzmasse

Rückzug- Übergüschichten

Rückzugsfächer Brenner

Rückzugsmoräne Brenner

Rückzugsfächer Zwischenbach

Rückzugsmoräne Zwischenbach

Rückzugsfächer Gaschiera II

Rückzugsmoräne Gaschiera II

Rückzugsfächer Gaschiera I

Rückzugsmoräne Gaschiera I

Rückzugsfächer Ilmkopf II

Rückzugsmoräne Ilmkopf II

Übergüschichten Schesa

Deckschichte Schesa (Vorstoß)

Vorstoßmoräne Ilmkopf

Rückzugsfächer Ilmkopf I (Schesahauptschüttung)

Rückzugsmoräne Ilmkopf I

Rückzugsmoräne Burtschaalpe

Grundmoräne Würm jung

Interstadial Würm jung

Grundmoräne Würm mittel

Interstadial Würm alt

Grundmoräne Würm alt

Arosazone nicht differenziert

Raibler Gips

Raibler Formation

Arlberg Formation

Partnach Formation

Alpiner Muschelkalk Formation
- Quellen

Gerinne

Vernässungsbereich / Niedermoor

Schichtlagerung Festgestein

Schichtlagerung Lockergestein

Dolinen

Deckengrenze

Abriß- u. Hauptbewegungsfugen von Hangbewegungen

Felsoberfläche

Bohrpunkte

Schurfschlitze

Seismik-Profilie

Altersdatierung und/oder Pollennachweis

Glaciale und Eisrandbildungen

Lage der Profilschnitte 1–31; A–R
- 0

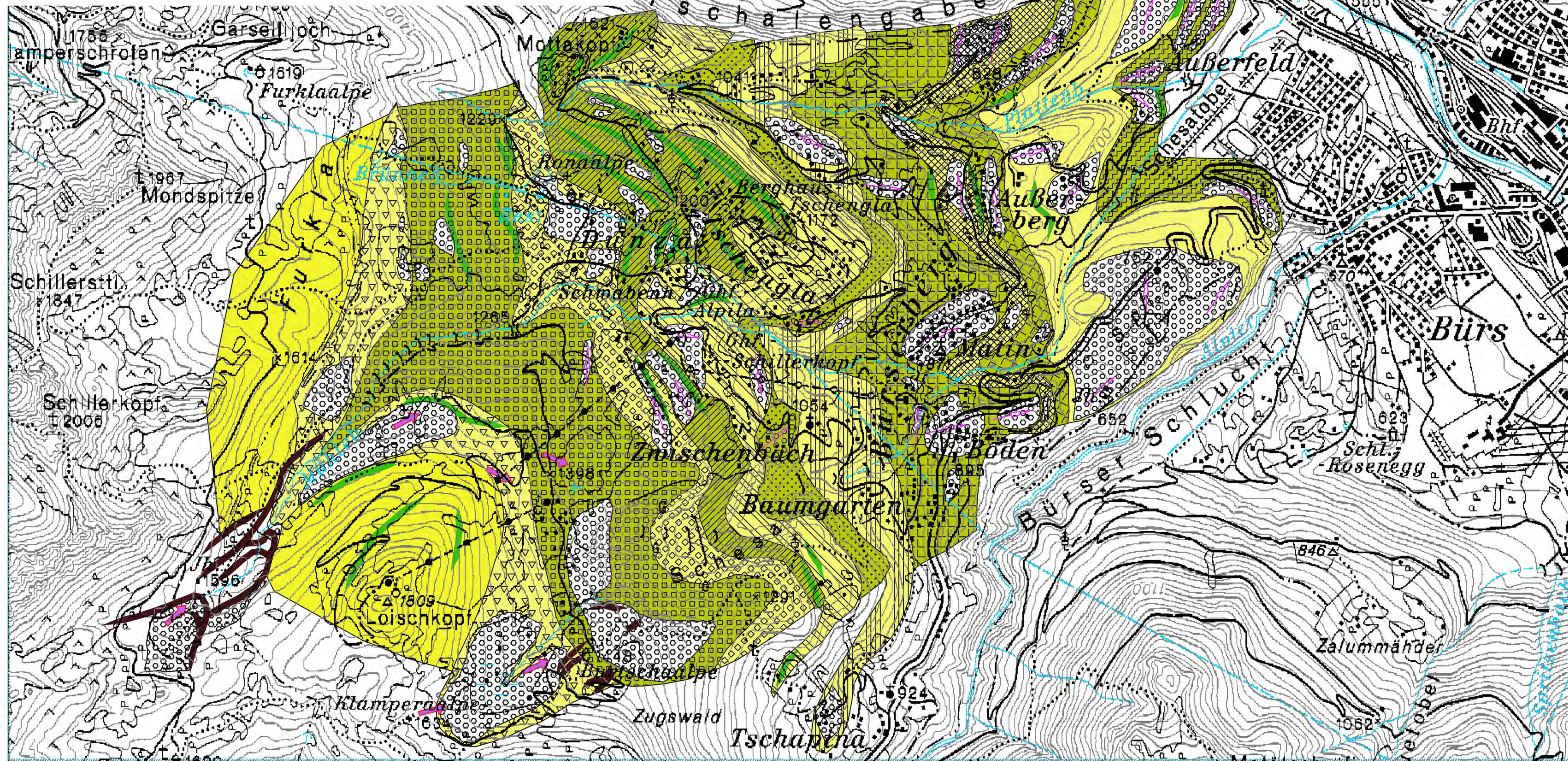
100 m

200 m

Plangrundlage:		Fläche: 0,81 m2	
Maßstab 1 : 2.000	Schruns, am 07–04–1998	DDr. Heiner Bertle Ingenieurkonsulent f. Techn. Geologie A – 6760 Schruns	
	Gezeichnet Dönz/Mähr		
	Geprüft Dönz/Mähr		
	Gesehen		
Walgau / Bürserberg Forsttechn. Dienst f. Wildbach- u. Lawinenverbauung Gebietsbauleitung Bludenz			Zl. 3006–05/98
Pilotprojekt Schesasaniierung Geol. Abschlußbericht im Rahmen der erweiterten Hauptstudie Geologischer Lageplan			Beilage 2
File: p:\vermess\grund\geologie.dwg			Plotdatum: 29-05-98

BEILAGE 2

Karte der spätglazialen Landschaftsbildung im Schesa-Mühlebach-Einzugsbereich.
Map of the late glacial development of landforms of the Schesa-Mühlebach-area.



LEGENDE

Die zu den Eis (Randmoränen)ständen gehörigen Terrassen-, Rückzugsfächer- und Murschüttfächer können bis 150m höher reichen.

- Stand 2000m-1500m; **Hochwürm**
- Stand 1500m-1460m; **Burtschaalp** - ob. Burtschamäher - Brünnen
- Stand 1290m-1270m; St. Martin - **Ilmkopf I** - Brünnen (Schesa Hauptschüttung u. Vorstoß)
- Stand 1250m-1230m; **Ilmkopf II** - Gschiera - Ronna - Valschenna
- Stand 1190m-1180m; **Gaschiera I** - WLV Lager - Dunza - Valschenna
- Stand 1120m-1080m; Zugs - **Gaschiera II** - Zwischenbach - Dunza - Tschengla - Mottakopf
- Stand 1050m-1030m; Gaschiera - **Zwischenbach** - Tschengla - Stuetter
- Stand 1000m-980m; Zugs - **Brenner** - Dünser - Gapijscha - Monteschiel - Hummel
- Stand 900m-860m; Tschappina - **Bomgart** - **Boden** - Matin - Außertobel oben
- Stand 850m-840m; Boden tief - **Mattabüel** - Außenberg - Außertobel
- Stand 840m-820; Alte Landstraße - Peterstein - Mattabüel tief - **Außenberg** - Außertobel
- Stand 680m-670m; Spial - **Bargs** - Katlis
- Stand 640m-620m; Stutzkapelle - Ragelzenz - **Gstenna** - Rafreu
- Moränenwälle der Rückzugsstadien
- Moränenwälle der Lokalvergletscherung
- Terrassen- und Sanderflächen / Schüttungsrichtungen
- Lieferrichtung

Plangrundlage		Fläche: 0,33 m2	
Maßstab 1 : 10.000	Schrums, am 05-05-98	DDr. Heiner Bertle Ingenieurkonsultant f. Techn. Geologie A - 6780 Schruns	
	Gezeichnet Mähr/Dönz		
	Geprüft Mähr/Dönz		
	Gesehen		
Walgau / Bürserberg Forsttechn. Dienst f. Wildbach- u. Lawinenverbauung Gebietsbauleitung Bludenz			Zl. 3006-05/98
Pilotprojekt Schesasanieung Geol. Abschlußbericht im Rahmen der erweiterten Hauptstudie			Beilage 63
Karte d. spätglazialen Landschaftsbildung i. B. Schesa			Tafel 9
File: p:\projekte\projekte\Karten\Karte.dwg		Rev:	Platzkarte: 29-05-98