

Der Schesatobel - größter Murbruch Mitteleuropas; von der Symptombehandlung zur ganzheitlichen Sanierung

H. ANGERER

1 EINLEITUNG

Der Schesatobel bei Bludenz in Vorarlberg/Österreich ist einer der auch international bekanntesten Wildbäche in Österreich mit einem Gesamteinzugsgebiet von 14,5 km². Gekennzeichnet wird das Einzugsgebiet von einem ca. 60 ha großen Bruchkessel in der teilweise mehrere 100 m mächtigen Lockermaterialdecke, die auf dem vor- und hochwürmzeitlichen Untergrund überwiegend in der Abschmelzphase nach dem letzten Hochwürmstand abgelagert wurde. Den Felsuntergrund bildet eine weitgespannte, schüsselförmig zur Schesa abtauchende Mulde der kalkalpinen Fundelkopf-Alpilascholle mit einer Schichtfolge vom Alpenen Muschelkalk (Untertrias) bis Kössener Schichten (Rhät). Über dieser Fundelkopf-Alpilascholle liegt mit einer steilen Abscherungs- und Aufgleitungsbahn die ebenfalls kalkalpine Zimba-Schesaplanascholle mit einem Gleitteppich aus überwiegend dünnschiefrigen und tektonisch stark beanspruchten Gesteinen der Arosa Schuppenzone. In diesem Schollenteppich mit unterschiedlichen Gesteinhärten, tektonischen Fugen und Kluftscharen entstand im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Gletscherständen in Haupttal, Seitentälern sowie Karmulden ein ausgeprägtes Erosionsrelief im Felsuntergrund, das mit lokal mehreren 100 m mächtigen Lockermassen sehr unterschiedlicher Entstehung und somit unterschiedlicher Zusammensetzung überdeckt wurde. In Verknüpfung mit dem Zusammenbrechen eines Gipskarstes im Untergrund kam es in historischer Zeit zur Anlage eines Großbruchkessels.



Abb. 1: Übersichtskarte

Heute ist die Schesa gekennzeichnet durch ein sehr starkes Relief und ein sehr heterogenes, geschiebelieferndes Lockergesteinssubstrat einerseits sowie durch eine komplexe Wechselwirkung verschiedenster Erosionsprozesse, wie rückschreitende Gerinne-Erosion, Uferanbrüche, Großhöschungsbrüche, felsrelief- und hangwasserbedingte Kriechgleitungen und Gipskarst-Zusammenbrüche andererseits. Die Entwicklung der Schesa ist seit ihrer Entstehung gut dokumentiert und eine fast 100-jährige, aufwendige technische Verbauung hat bisher weder eine angestrebte Stabilisierung der Bruchkesselwände noch eine Selbstregulierung des Gewässersystems herbeiführen können. Zudem wird seit rd. 20 Jahren von privater Seite und seitens der Landesplanung mit dem Schesatobel die Möglichkeit einer Deckung des bestehenden Baurohstoffmangels an Kiesen in Vorarlberg angestrebt. Zusätzlich unterliegt das Einzugsgebiet der Schesa intensiven und vielfach widersprüchlichen Nutzungsinteressen von Land- (Alp-) und Forstwirtschaft über den Tourismus (Schipisten) bis zum Verkehrswegebau sowie einem stetig steigenden Siedlungsdruck im Mittellauf und am Schwemmkegel.

2 EINZUGSGEBIET

Der Schesatobel ist ein linksufriger Zubringer der Ill und befindet sich in den Gemeinden Bürserberg (Oberlauf), Bürs (Unterlauf) und Nüziders (Mündung). Von den 14,5 km² des Gesamteinzugsgebietes entfallen auf das Einzugsgebiet des die Landschaft prägenden Bruchkessels (Größe ca. 60 ha) etwa 1,3 km², weitere 0,8 km² auf den Bereich vom Bruchkessel bis zur Einmündung des Mühlebaches als linksufrigen Zubringer zum Schesabach. Der Mühlebach weist mit 6,4 km² ein deutlich größeres Einzugsgebiet auf als der namensgebende Schesabach. Der am Schwemmkegel einmündende Plattenbach hat ein Einzugsgebiet von 3,7 km². Die Höhenlage reicht von 2150 m (Ailpilakopf) bis 550 m (Mündung) Seehöhe.

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 1600 mm, für das obere Tobelgebiet etwa 1750 mm. Tagesextreme wurden in Bürs mit 106,2 mm/d und in Brand mit 147,0 mm/d registriert, von Jänner 1965 bis August 1966 fielen 2800 mm Niederschlag.

Die Gesamtlänge des Schesatobels beträgt von der Mündung in die Ill bis zum oberen Bruchkesselrand 4,8 km, bis zum Ursprung 5,9 km. Das Bachgefälle bewegt sich am Schwemmkegel zwischen 7 % und 12 %, das Verlandungsgefälle im Bruchkessel von 12 - 24 %.

An Verkehrswegen befindet sich die A 14 im Bachbereich. Es handelt sich dabei um die wichtige West-Ost-Verbindung und Transitroute Rheintalautobahn-Arlberg-Inntalautobahn. Außerdem führt durch den Schesabereich die L 81, die Zufahrt zum Fremdenverkehrsort Brand und nach Bürserberg.



Abb.2: Bruchkessel des Schesatobels.

Im Hintergrund links Daleu, in der Mitte Klamperaalpe bzw. Klamperasattel, rechts Loischkopf. Links Gaschierakopf mit beginnendem Schotterabbau. Im Vordergrund Brennerbrücke (Straßenquerung über Schesatobel) als talseitige Begrenzung des Bruchkessels.

3 EROSIONS- UND VERBAUUNGSGESCHICHTE

Obwohl nach neueren Veröffentlichungen auch aus früheren Zeiten über geschiebeführende Hochwässer vor allem aus dem Mühlebach berichtet wird, kann als einschneidendes Datum für die Schesentwicklung das Jahr 1796 genannt werden. Damals soll am unteren Ende des heutigen Bruchkessels ein Wald geschlägert und Holz geliefert worden sein.

Im Jahr 1802 (also 6 Jahre später) machte sich der bis dahin meist harmlose Bach aus dem heutigen Bruchkessel zum ersten Male durch ein Mureignis bemerkbar. 1810 wurde die Parzelle „Außerfeld“ in Bürs zum ersten Male von der Mure aus dem Bruchkessel erreicht. Nach mehreren kleineren Abgängen gab es 1823 einen Murgang, der das ganze 80 ha große Gebiet von Außerfeld einschließlich eines großen Bauernhofes übermurtete. Weitere große Murgänge gab es in den Jahren 1886, 1879, 1880 und das letzte Mal 1885. In diesem Jahr wurde sogar das Bachbett der Ill von den Murmassen der Schesa abgeriegelt, was in der Talandschaft zu großflächigen Überschwemmungen durch die Ill führte.



Abb. 3:
Hölltobel
(li. Schesazubringer)
im Bruchkessel
vor Verbauung

Mit dem Schesa-Bruchkessel ist also in historischer Zeit (vor ca. 200 Jahren) ein Lockermaterialdepot mobilisiert worden, das bis heute 40 - 50 Mio. m³ Material in den Talboden und den Vorfluter geliefert hat. Es war damals jener auf Raibler Schichten gelagerte und durch die Gletschertätigkeit verfestigte Steilhang, der parallel zum Haupttal liegt, durchbrochen worden, der viele Millionen m³ Gletscher-, Fluß- und Wildbachablagerungen zurückgehalten hatte. Der Materialabtransport erfolgte zum Großteil durch Murgänge.

1966 fuhr nach zwei niederschlagsreichen Sommern am orographisch rechten Teil des Bruchkessels die „Rutschung St. Martin“ mit mehr als 500.000 m³ Material ab, wobei diese Rutschmasse aber im Bruchkessel selbst noch zum Liegen kam. Seit mehreren Jahren sind bergwärts des aktuellen Bruchrandes Risse und Absitzungen zu erkennen, die eine neuerliche Massenbewegung von mehreren Millionen m³ befürchten lassen.

Die organisierten Arbeiten der Wildbach- und Lawinenverbauung in der Schesa wurden durch den sogenannten „Rheinvertrag“ 1892 begründet. Damals beschlossen die Anrainerstaaten des Rheins, dem unkontrollierten Mäandrieren des Rheins und der weiteren Hebung des Flußbettes über das umgebende Gelände durch eine Verringerung des Geschiebeeintrages der Zubringer zu begegnen - und die Schesa zählte zu den größten Geschiebelieferanten.

Abb.4:
Alte Verbauung
(heute eingelandet)
oberhalb der Bürser-
bergbrücke am
Bruchkesselausgang



So wurde in der Schesa ab 1897 mit der Sohlenhebung und Sohlstabilisierung durch Querwerke begonnen. Die Holzstaffelungen in der steilen Erosionsfeile der Grabenstrecke wurden nach deren Verlandung und auf liegendebliebenen Murköpfen von Querwerken in Stein und Beton abgelöst. Insgesamt wurde die Sohle der Schesa im Bruchkessel um durchschnittlich 40 m, an der höchsten Stelle um 70 m angehoben. Dies bewirkte eine wesentliche Verbreiterung des eigentlichen Bachbettes, eine Einlandung des Bruchkessels wurde aber nicht erzielt. Während des ersten Weltkrieges wurde durch russische Kriegsgefangene im Unterlauf der Russendamm errichtet, der den orographisch rechten Teil des Schwemmkegels aus dem Vermurungsbereich der Schesa ausgrenzen sollte. Hier fand auch bald eine rege Siedlungstätigkeit statt.

Um 1970 wurde die Schesa durch den Bau des Larsendamms vom Russendamm weiter nach orographisch links gedrängt, um der ständigen Erosion des alten Dammbauwerkes zu begegnen. Der Larsendamm wurde schlußendlich 1984/85 erhöht. Seither wurden, mit Ausnahme von Erhaltungsarbeiten, durch die Wildbach- und Lawinerverbauung keine weiteren Maßnahmen mehr gesetzt.

Wie sich auch am Beispiel der Schesa zeigt, stoßen die bisher überwiegend linearen Maßnahmensetzungen in den Einzugsgebieten von Wildbächen und Lawinen zunehmend an ihre Grenzen. Die Notwendigkeit integraler, vernetzter Projektierungen und Maßnahmen wird sowohl aus ökologischen als insbesondere auch aus wirtschaftlichen Gründen und Gründen der Nachhaltigkeit und Langfristigkeit von Schutzmaßnahmen zunehmend offenkundig. Daher bemüht sich der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung in Form von beispielhaften Pilotprojekten um die Erstellung ganzheitlicher Projektsplanungen. So wurde auch in der Schesa 1991/1992 mit der Erstellung eines Pilotprojektes begonnen. Wenngleich es dabei aufgrund von Finanzierungsproblemen immer wieder zu längeren Unterbrechungen kam, konnten die naturräumlichen Erhebungen weitgehend durchgeführt werden. Der Projektentwurf auf Basis der multidisziplinären Grundlagendaten mit

einigen ergänzenden Untersuchungen, der im Rahmen des Pilotprojektes als sog. Hauptstudie vorgesehen war, harrt der Weiterführung bzw. eines Abschlusses.

4 UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Die geologisch-geomorphologischen Erhebungen wurden im Rahmen des Projektes vom Zivilingenieurbüro DDR. BERTLE durchgeführt. Aufbauend auf bereits vorhandenen Unterlagen des Bearbeiters aus diversen Vorarbeiten wurden geologisch-geotechnische Kartierungen der Einzugsgebiete von Schesatobel und Mühlebach im Maßstab 1:10.000 sowie eine Detailkartierung des Bruchkessels im Maßstab 1:2.000 durchgeführt. Ergänzt wurden die geologischen Aufnahmen durch geophysikalische Meßprofile (Refraktions- und Reflexionsseismik, Geoelektrik) sowie Kernbohrungen mit bohrlochseismischen Tiefenprofilen bis in den Felsuntergrund (Lageplan siehe Abb. 5). Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Geologischen Bundesanstalt und des Institutes für Geophysik der Universität Wien (SEIBERL, W. & PIRKL, H.) wurden 1994 aerogeophysikalische Messungen im Bereich des Schesatobels vorgenommen. Sämtliche geophysikalischen Aufnahmen wurden von BRÜCKL & SCHILLER (1996) am Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik der Technischen Universität Wien kompiliert und ein Schichtenplan des Felsoberflächenverlaufes im Bereich des Bruchkessels gerechnet.

Mittels Aufnahmen der Lockermaterial-Bedeckung des Felsuntergrundes im Einzugsgebiet von Schesa- und Mühlebach sowie einer Detailkartierung der Sedimentstrukturen im Schesabruchkessel, dessen Umgebung, im Schesamittel- und Unterlauf im Maßstab 1:2.000 bis 1:1.000 durch BERTLE ergaben sich deutlich abweichende Ergebnisse vom bisher publizierten Kenntnisstand über Aufbau und Genese und im Konnex mit den geohydrologischen Aufnahmen wichtige Erkenntnisse für die Schesabeurteilung hinsichtlich einer Entwicklungsprognose.

Der Kenntnis des Wasserhaushaltes in den Einzugsgebieten des Schesatobels und dessen komplexe Steuerungsmechanismen kam von vornherein eine Schlüsselstellung zum Verständnis der Vorgänge und der weiteren Entwicklung des Anbruchgebietes der Schesa zu. Hierfür wurde von PIRKL, aufbauend auf eine Diplomarbeit von BARTH (1983), eine hydrogeologische Kartierung der oberen Einzugsgebiete des Schesa- und Mühlebaches mit Messungen von chemisch-physikalischen Basisparametern an Quellen und Kleingerinnen durchgeführt sowie mittels Geländeanalytik wichtiger Anionen die Gruppierungen der Quellen nach Einzugsgebietscharakteristika durchgeführt. Die Zusammenschau der geologischen Aufnahmen von BERTLE und der geohydrologischen Kartierungen und Messungen von PIRKL erlaubte die Entwicklung eines schlüssigen und abgesicherten Raumbildes der Berg- und Hangwassersituation für die Einzugsgebiete des Mühlebaches sowie des Schesabaches mit seinen drei Teileinzugsgebieten Hölltobel, Schesahauptbach und Burtschabach. Auch die Gerinneentwicklung und die damit verknüpfte Verschneidung ober-/unterirdischer Abfluß ließ sich in dieses Bild integrieren.

Über Starkregensimulationen mit einer Großregenanlage, Messungen der Bodenfeuchte nach dem TDR-Prinzip und Bestimmung bodenphysikalischer Parameter in Verbindung mit Vegetationsaufnahmen wurden von MARKART, KOHL und ZANETTI die hydrologische Leistungsfähigkeit der Boden-/Vegetationseinheiten für das Einzugsgebiet der Schesa bzw. deren 3 Teileinzugsgebieten oberhalb des derzeitigen Bruchrandes quantitativ erfaßt. Mit 12 Versuchsflächen, ausgewählt aus den vier typischen Nutzungseinheiten Weide, Waldweide, Wald, Feucht- und Naßflächen auf den verschiedenen Untergrundsstraten konnten alle typischen Flächeneinheiten erfaßt und Abflußbeiwertkarten erstellt werden. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse sowie der geologischen und geohydrologischen Aufnahmen wurde von PIRKL das Einzugsgebiet des Schesa-Bruchkessels in einer Verschneidung der landeskulturellen Nutzung mit dem geologischen Untergrund in 9 typische Teilflächen hinsichtlich der Abflußcharakteristik unterteilt.

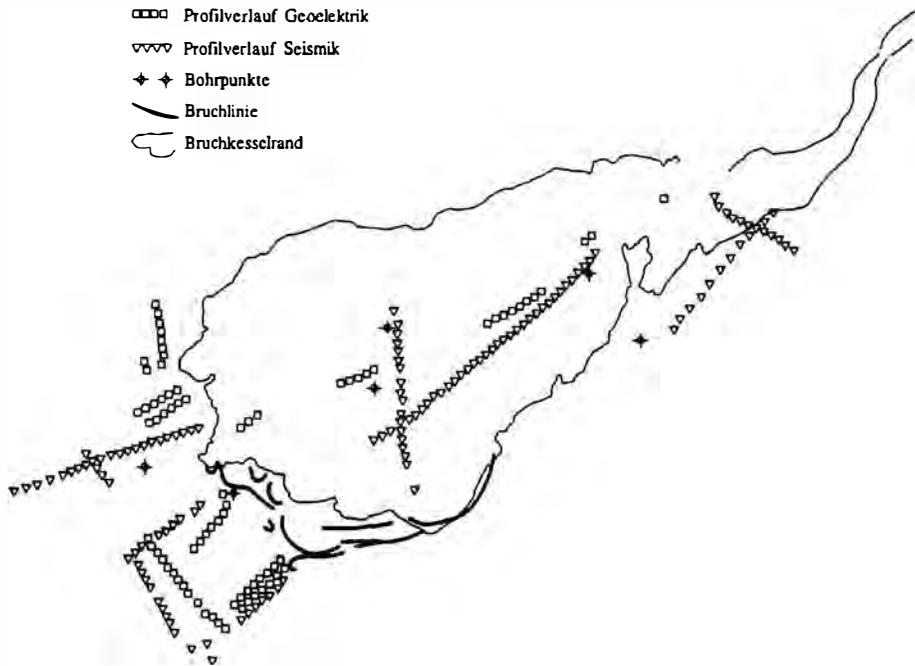


Abb.5: Lageplan der geophysikalischen Meßprofile und Bohrpunkte

5 NEUERKENNTNISSE AUS DER GEOLOGISCH-GEOMORPHOLOGISCHEN SITUATION

Diese können nach BERTLE folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Der Gipskörper der Klamperaalpe-Loischkopf Südseite im obersten Einzugsgebiet der Schesa gehört zur Zimba-Schesaplana-Scholle und ist allseitig, mit Ausnahme einer schmalen Verbindung am Burtschasattel bergseitig des heutigen Bruchrandes zum Hauptdolomit des Daleu (Bergkuppe und orographisch rechte, obere Einzugsgebietsgrenze), in die Arosazone eingemuldet und steht weder über die Burtschaalpe und den obersten Schesakessel noch über

Parpfienz mit den ausgedehnten, der tieferen Fundelkopf-Alpila-Scholle angehörenden Gipskörpern im talwärtigen Abschnitt des Bruchkessels in Verbindung.

Die Schollenüberschiebung der Arosa-Schuppenzone über die kalkalpine Serie der Fundelkopf-Alpinascholle quert von der Einsattelung W des Gaschierakopfes (= orographisch rechte Begrenzung des heutigen Bruchkessels) in den Schesa-Bruchkessel absteigend den Schesabach bei ca. 1140 m und durch den bewaldeten Mittelrücken ansteigend den Hölltobelhauptast (= orographisch linker Seitengraben der Schesabäche in Bruchkessel und Oberhang) und bei ca. 1290 m die Abbruchkante auf den unteren Burtschamähdern bei 1380 m. Sie fällt gegen SW ein. Die Felsoberfläche der bis ca. 400 m Mächtigkeit angeschoppten Arosa Schuppenzone steigt vom Ausstrich der Überschiebungsbahn im Schesakessel aufgrund einer Schurfschlitzfeststellung im Vorfußbereich der Kesselhauptwand sehr steil (40 - 45°) an, verflacht sich im Fußbereich der Wand auf 10 - 15° bis ca. zum unteren Drittel der Wandhöhe und versteilt sich wiederum bis unter die Abbruchkante auf ca. 25°. Im Untergrund der Unteren Burtschamähder wird bis zum freien Ausstreichen der Arosagesteine im Ostabhang des Loischkopfes (= orographisch linke Begrenzung des Einzugsgebietes oberhalb des Bruchkessels) eine Felsoberflächenneigung von 10 - 15° erwartet. Arosazonengesteine nahe der Überschiebungsbahn dürften bereits vor Beginn der Verbauung erosiv freigelegt worden sein.

6 MODELLVORSTELLUNG DER SCHESAENTWICKLUNG

Diese wurde im Rahmen des Projektes von BERTLE, aufbauend auf die geologisch-geomorphologischen Aufnahmen sowie unter Heranziehung der historischen Quellenbearbeitung von FICHTNER, erarbeitet und im Bericht 512-5/93 ausgeführt.

Der Felsuntergrund der Schesa wird durch eine schräg von E gegen W die Schesaeinmündung ansteigend querende, kalkalpine Schichtfolge

der zu einem steilen Gewölbe aufgefalteten Fundelkopf-Alpila-Scholle bestimmt, die gegen SW im Hauptkessel von mächtiger, dünnschichtiger Arosa Schuppenzone diskordant abgeschnitten und überschoben ist. Die Arosa Schuppenzone der obersten Schesa sowie die Raibler Schichten und der Gips des Kesselausgangs in den Mittellauf sind weiche, leicht erodierbare Gesteine. Der Gips ist besonders verkarstungsanfällig. Die zwischen diesen weichen Gesteinen anstehenden kalkalpinen Karbonate haben Härtlings- und Stützfunktion.

Während früherer Eiszeiten bzw. Zwischeneiszeiten und im Hochwürm wurde der Felsuntergrund selektiv im Bereich der weichen Gesteine ober- und unterhalb der Härtlingsrippen ausgeschürft. Gleichzeitig wurde aus nicht tektonisch oder lithologisch vorgegebenen Gründen quer über die tektonischen Strukturen und Gesteinsgrenzen in Fallrichtung eine, dem heutigen Schesalauf entsprechende, unten steilwandig enge, oben zweigeteilte (aus Richtung Mühlebach und aus Richtung Klampera-Alvier) ausgeprägte Talfurche angelegt.

In Ansätzen eventuell während des Hochwürms (Grundmoräne), in der Hauptmasse aber während des Eisabbaues im Spätwürm, wurde die ausgeprägte Hohlform stufenweise, dem jeweiligen Illeisstand entsprechend absinkend, von Schmelzwasserabflüssen des Klamperalappens und des Parpfienz-Mühlebachlappens des Alviereisglaziers sowie von Randmoränenschüttungen des Ill-Alviereises zu einem wesentlichen Teil in Randmoränenseen aufgeschüttet. In den tieferen und talnäheren Verfüllungsstufen wurden die Schmelzwassergeschiebe durch Mur- und Bachschüttungen der „Urschesa“ und des „Urmühlebaches“ aus wiedererodierten und abgeglittenen Schottern und Moränen der höheren Verbauungsstufen ersetzt, wozu noch Alvierschotter des vom Illgletscher abgelösten Alviereisglaziers kamen. Die Schesa-Hohlraumfüllung einschließlich der Lockermassen von Mühlebach und des Schesaunterlaufes bestehen daher aus einer engen Verzahnung von fluviatilen und Murfächerschüttungen aus 2-3

Richtungen mit vom Tal (Gletscher) gegen den Hang geschütteten Moränen sowie hangparallelen, durch Kryoturbation, Solifluktion, Gleitungen und Lokalmurstößen entstandenen Übergusschichten. Diese Lockermassen lagerten großteils talseitig abgestützt hinter bzw. oberhalb einer Karbonat-Härtlichrippe, im unteren Schesakessel und im oberen Schesamittelauf auf Gips.

Die noch nicht oder nur fleckenweise von einer Vegetationsschicht abgedeckten Verbauungsschotterstufen sind, wie die lokal über mehrere Stufen hinweg geschütteten „Übergusschichten“ belegen, noch bis gegen den völligen Rückzug des Illeises aus dem Walgau instabil gewesen und als Schuttlieferanten für tiefere Anschüttungen zur Verfügung gestanden. Dabei wurden sowohl die Schesa als auch der Mühlebach als ausgeprägte Talmulden, allerdings im Mittel knapp 100 m über der heutigen Talsohle im Schesakessel, ausgeräumt.

Unter niederschlagsarmen, wärmeren Bedingungen wurde der gesamte Talhang bis über den Loischkopf bewaldet stabilisiert. Die im Mühlebach auf SH = 1490 m freigelegten, in fein gewarvte, schluffig-tonige Stausedimente eingebetteten, mehrhundertjährigen Nadelholz-Stämme ergaben ein C¹⁴-Alter von 4.810 +/- 70 a BP.

Die Pollenbestimmungen von 4 Proben aus dem kleinen Torfmoor am Abbruchrand des Hölltobels auf den Unteren Burtschamähdern durch Fr. Dr. DRAXLER von der GBA Wien ergeben einen Fichten-Tannenwald der unteren subalpinen Stufe frühestens ab ca. 4000 Jahren vor heute. In den beiden oberen Proben sind bereits Rodungs- und Siedlungsanzeiger (Getreidepollen) enthalten, wobei Walnußpollen in der obersten Lage auf römerzeitliches oder späteres Alter hinweisen. Die Pollendatierung und die Flurnamen sowie der Vergleich mit anderen Alpflächen im südlichen Vorarlberg belegen die flächenhafte Rodung der Waldflächen im Zeitraum Bronzezeit - Römerzeit, also vor mindestens 3000 Jahren. Diese Rodungen der flachen Alpweiden haben offensichtlich keine direkten Auswirkungen auf die Stabilität der Lockermassen gehabt.

Ebenso sind die mittelalterlichen, großen Ausweitungen der Rodung ohne direkte Auswirkungen geblieben. Die steilsten Teile des Nordostabhanges von Gaschiera und Ilmkopf (heute die linke Flankenbegrenzungen des Bruchkessels) sowie der Schesaeinmündung blieben, wie die Waldreste beim Gaschieraköpfe sowie die ältesten Bilder der Wildbach- und Lawinenverbauungen zeigen, bestockt.

Allerdings ist seit der Späteiszeit die Gipsauslaugung im Fußbereich der Lockermassen des Schesakesselausganges kontinuierlich fortgeschritten.

Nach der Gemeindetrennung von Bürserberg und Bürs und der Aufteilung der gemeinsamen Waldungen im Schesabereich können - eventuell auch im Zusammenhang mit Kontributionsverpflichtungen an die Napoleonische und Bayrische Besatzung in Form von Brenn- und Verhüttungsholz - verstärkte Schlägerungen stattgefunden haben, sicher aber keine flächenhaften Großrodungen. Vielleicht hat auch die Holzrückung ohne die sonst vorgeschriebene Mindestschneedecke (Besatzungsdruck!) zu einer verstärkten Bodenverwundung beigetragen. Die Schlägerung und die Bodenverwundung können aber höchstens den geologisch bedingten, unvermeidlichen Systemzusammenbruch etwas beschleunigt haben.

Ursache und eigentlicher Ausbau der Schesa-Murbruchentstehung ist nach allen verfügbaren Unterlagen und Erkenntnissen der Einbruch des Gipskarstes im Fußbereich des Schesakesselausganges und des Steilabfalles von Gaschiera im Bereich der sog. Brennerbrücke. Damit wurde gleichsam der „Stoppel der Schesawanne“ gezogen. Nachsetzungen und Ableitungen der hier mächtigen Lockermassen folgten und die Füllung der Talverengung zwischen Gaschiera und Ilmkopf begann auszurinnen.

Diese Ausräumung steigerte sich sprunghaft in der Folge nach vollständiger Öffnung der Härtlingsverengung und dem Ausgreifen in die breite Schesamulde.

Mit dem Freilegen der Arosazone im Schesahauptbach, der kalkalpinen Karbonate am Nordwestabfall von Gaschiera und im Hölltobel sowie der Rückverlegung der Bruchhauptwand bis auf die Felsoberflächenverflachung der Arosazone wäre geologiebedingt eine Verlangsamung der Mur- und Abgleittätigkeit eingetreten. Tatsächlich haben aber parallel und vorseilend die Sohlhebungen der WLW die vorläufige Stabilisierung erreicht.

7 PROJEKTZIEL UND GRUNDSÄTZLICHE ANSÄTZE

7.1 Projektziel

Bis 1995 wurde bei gleichzeitigem Anlauf vor allem der geowissenschaftlichen Erkundungen seitens der Projektleitung, federführend durch den Projektleiter ÜBLAGGER, bei kritischer Überprüfung durch die Mitglieder des Projektteams eine Vorstudie erstellt, in der u.a. die grundsätzlichen Überlegungen zum „Pilotprojekt Schesasanierung“ dargelegt wurden.

Ziel des Projektes ist es, das Risiko, das aus dem Gefahrenpotential des Schesatobels erwächst, mit ganzheitlichen Ansätzen entscheidend zu verringern. Dazu soll im schwer gestörten Wildbachgebiet ein weitgehend selbstregelndes und selbstorganisierendes Ökosystem initiiert werden.

7.2 Kritikalitätsanalyse

Das Verständnis der Ursachen des Risikos (also die Kritikalität) ist nicht allein dadurch möglich, daß wir die einzelnen Ursachen (also Risikofaktoren, Systemparameter, Systemvariable) möglichst genau erfassen und schlußendlich versuchen, diese einzelnen Faktoren zu einem Ganzen zusammenzufügen. Deshalb wurden in Bezug auf die

Naturraumanalyse, also zur Vorgangsweise bei der Grundlagenerhebung, folgende Grundsätze aufgestellt:

- Umfassende und flächendeckende Erkundungen und Untersuchungen sind für jene Fachbereiche entbehrlich, die - verglichen mit dem Gewicht der Analyse der das System dominierenden Prozesse - nur geringe Beiträge zur Kritikalitätsanalyse oder Maßnahmenplanung leisten können.
- Umfassende und flächendeckende Erkundungen und Untersuchungen sind für jene Fachbereiche erforderlich, die das Verständnis des dominanten Prozesses erheblich fördern oder die Rahmenbedingungen und Optimierungsaufgaben der Problemlösung entscheidend mitdefinieren (Geowissenschaften). Ihre Bedeutung liegt dementsprechend in der Planungsphase.
- Fachbereiche mit Schwerpunkt ihrer Bedeutung in der Beweissicherung, Feinplanung der Maßnahmen oder deren Nachjustierung (Pedologie, Vegetationskunde, Landeskultur, Hydrologie). Ihre Aufgabe ist nicht die Dokumentation des Zustandes oder der bisherigen Entwicklung, sondern ihr Beitrag liegt in der Beweissicherung, Feinplanung und Nachjustierung. Ihre Bedeutung wächst im Rahmen der begleitenden Kontrolle. Dafür sind Beobachtungs- und Kontrolleinrichtungen für einigermaßen diskrete Domänen zu schaffen
- Die Ansprüche an die einzelnen Fachbereiche können nur gemeinsam mit ihnen in einem interaktiven Prozeß definiert werden.

Als Hilfsmittel zum leichteren Verständnis zerlegten wir das Gesamtsystem der Schesa in verschiedene Domänen (siehe Abb. 6). Als Domänen bezeichnen wir Flächen mit vergleichbarem Beitrag zur Kritikalität, mit vergleichbarem Risiko, mit vergleichbarem Verhalten oder mit vergleichbarer Funktion.

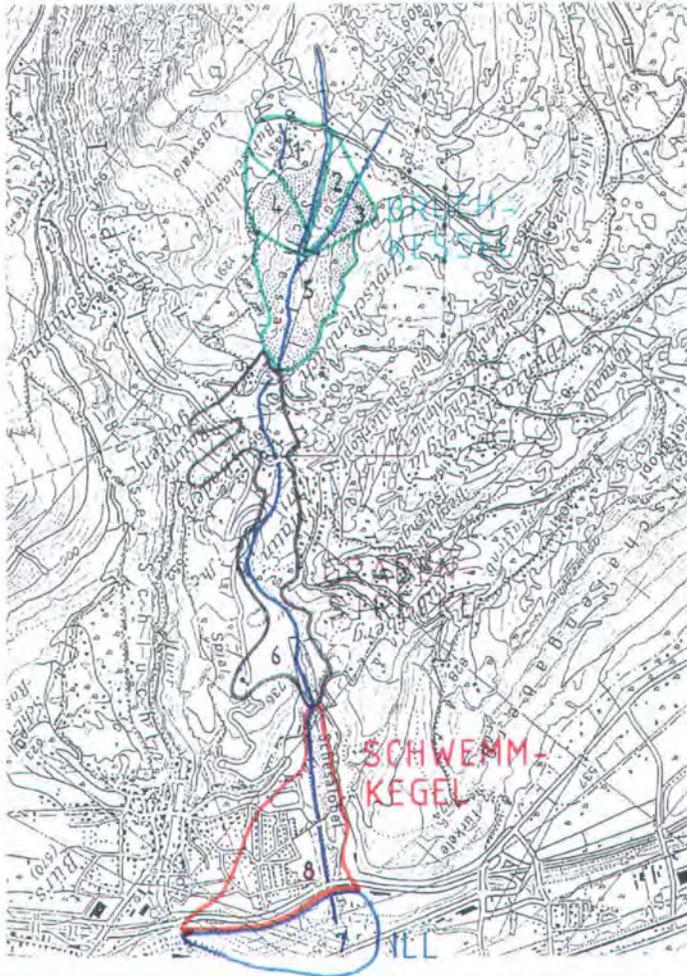


Abb.6: Zerlegung des Gesamtsystems Schesa in Domänen

Bereich der wesentlichen Emissionen (überwiegend die Kritikalität begründend):

Domäne 1 Bruchkesselwand und angenommener Rückböschungsbereich zwischen Burtschaalpsbach und Schesatobel

Domäne 2 Bruchkesselwand und angenommener Rückböschungsbereich zwischen Schesatobel und Hölltobel

Domäne 3 Bruchkesselwand zwischen Hölltobel, nördlichem Bruchkesselrand und angenommenem Rückböschungsbereich

Domäne 4 St. Martina-Gleitung

Domäne 5 übriger Bruchkessel einschließlich Gaschieraköpfel

Bereich der wesentlichen Transmissionen (überwiegend das Risiko begründend):

Domäne 6 Grabenstrecke

Domäne 7 Ill

Domäne 8 Schwimmkegel

Die für einen Wildbach incl. seinem Vorfluter wichtige Frage der Kritikalität seiner Erosionsstrecken wird in der Wildbachkunde allgemein nach dem sog. Modell der Grabenentwicklung verstanden.

Die Hauptrollen spielen dabei:

- Erosionsbasis
- Mächtigkeit der Lockergesteinsüberlagerung
- Hydrologische Parameter

Das Bruchkesselphänomen in der Schesa wird allerdings von zwei sehr unterschiedlichen Erosionsprozessen dominiert:

- Nachböschungsprozeß des Einhanges zum Illtal
- Grabenentwicklung des Schesatobels unter den Bedingungen der Murendynamik

Hierzu kann zur Erklärung das von ÜBLAGGER (1995) am Beispiel der Schesa entwickelte wildbachkundliche Modell der Bruchkesseldynamik dienen:

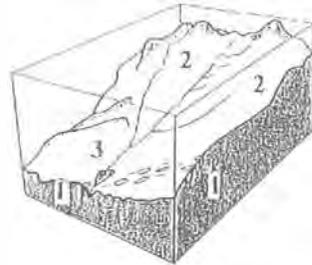
A) Entstehung des Bruchkessels

Gleitung als Nachböschung zum Illtal nach Zertalung durch Bach und Strukturbruch im Untergrund

Langfristige Ursache: Gips unterlagert Hangfuß (1) Bedeutende Hangneigung zum Illtal Mächtigkeit und Breite der Lockermassen Räumliche Überlagerung mit der Dynamik des Gewässers

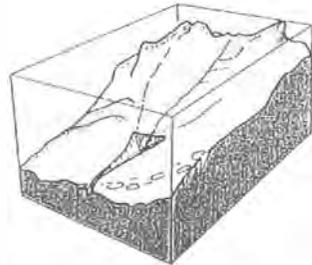
Mittelfristige Ursache: Verschlechterung Waldzustand (2), Schlagerung (3)

Kurzfristige Ursache: Meteorologische Auslösung



B) Entwicklung des Bruchkessels

Gleitung entwickelt sich weiter, weil die Gleitmassen durch Überlagerung mit Wildbach als Muren abgehen, und die Entwicklung des Wildbaches beschleunigen. Mit dem Fortschreiten der hinteren Bruchkesselwand hangaufwärts verstärkt sich vorläufig der Anteil der Gleitung an der Kritikalität (Abb. 7). Umgekehrt schwächt der Anteil der Grabenentwicklung in der Bruchkesselwand wegen der Verkleinerung des Einzugsgebietes nachhaltig ab. Ohne Verbauungsmaßnahmen (Sohlenhebung) würde sich auch die Grabenentwicklung im Bruchkessel verstärken.



C) Zustand des Bruchkessels

Durch Entwicklungscharakteristik und Wildbachverbauungsmaßnahmen verringern sich die Häufigkeit von Großereignissen. Gleichzeitig nähert sich die mögliche Gleitmasse einem Maximum. Die Wand des Bruchkessels nähert sich nämlich einerseits einer weiteren Steilstufe des Geländes und damit einem dramatischen Kritikalitätszuwachs, andererseits nähert sich ihre Breite der seitlichen Begrenzung durch den Felsuntergrund. Ein hydrologischer Grenzwert für die Ausraumung entsteht erst bei Erreichung der Wasserscheide (Abb. 8).

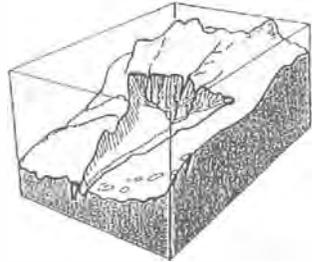


Abb.7: Nach Auslösung der Bruchkesseldynamik (Überlagerung von Nachböschungsprozessen zum Illtal und Übergang von der fluviatilen Erosion zur Erosion durch Muren) wuchs die Kritikalität so lange an, als Mächtigkeit und Breite der Lockergesteinsmassen bzw. der geringe Schleppwiderstand dies zuließen. Ein Teil der Entwicklung wurde durch massive Verbauungsmaßnahmen (Sohlenhebung bis 70 m Höhe) gebremst. Die Kritikalität für Großereignisse blieb trotz der Verbauungsmaßnahmen zumindest erhalten.

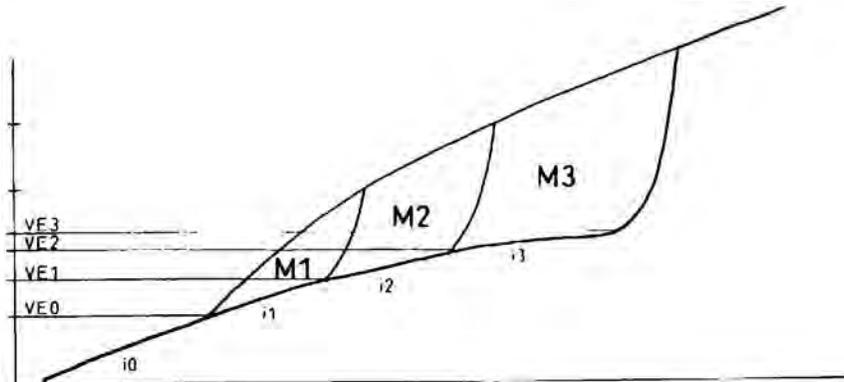


Abb.8: Schema der Entwicklung im Längsschnitt mit Nachböschung zum Illtal.

Die Größenordnung der Veränderung der Schleppspannung $S \sim \rho \cdot g \cdot t \cdot I$ beim Übergang des Systems Schesa von der fluviatilen zur Murendynamik nach Eintritt der ersten Nachböschung zum Illtal: Dichte ρ verdoppelt sich, Tiefe t der Mure mindestens 10 mal größer als die Tiefe des Hochwassers, die Zunahme des Spiegelgefälles I ist weniger gravierend. Erdbeschleunigung g gleichbleibend, S somit etwa verzwanzigfacht. Der Systemparameter i (Sohlengefälle) ist eine Funktion der Systemvariablen S (je größer S_x , desto kleiner i_x). Da außerdem die Muren auch das Grobkorn abtransportieren, entfällt die Abpflasterung der Sohle. Daher wachsen die potentiellen Gleitmassen M progressiv:

$$S_1 < S_2 < S_3 \dots < S_n; \quad i_1 > i_2 > i_3 \dots > i_n; \quad M_1 < M_2 < M_3 \dots < M_n$$

VE sind die Vergleichsebenen willkürlich gewählter Entwicklungsphasen.

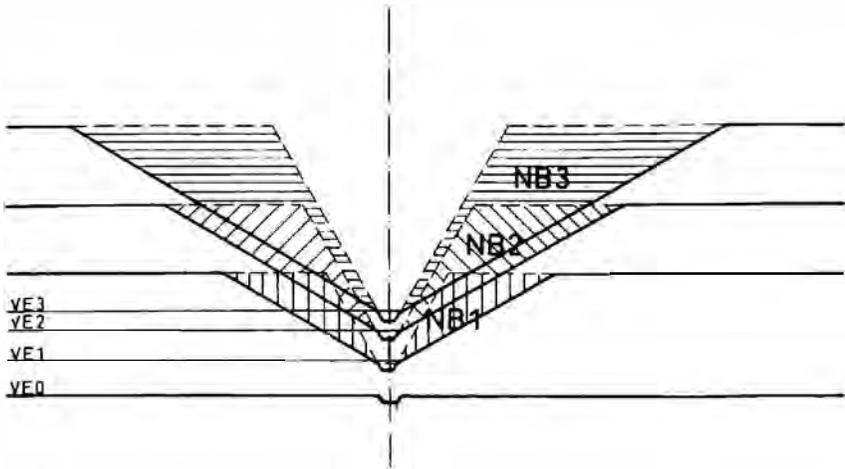


Abb.9: Schema der Entwicklung im Querschnitt mit Nachböschung zum Schesatobel.

Mit der Mächtigkeit der Bruchkesselwand nimmt im Bruchkessel auch das Nachböschungspotential ($NB_1 \dots n$) zum Schesatobel zu. Das nachböschende Material bleibt bis zur nächsten Gleitung in der Bruchkesselwand aufgelockert (festigende sedimentologische Struktur zerstört) und im kritischen Zeitpunkt durchfeuchtet (sedimentologische, ableitende Wasserwege zerstört, rasche Sohlenfluktuation verhindert die Selbstdichtung des Gewässers) als für den Abtransport prädisponierte Grabenfüllung oder Übersteilungsmasse liegen, weil zu seiner fluviatilen Ausräumung die Wassermenge aus dem nur 1 km² großen Einzugsgebietes nicht ausreicht. Wird die Grabenfüllung durch die Gleitung mobilisiert, vermehrt sie die Murmasse und fördert durch den hohen Wassergehalt deren Mobilität wahrscheinlich entscheidend. Der maximale Wassergehalt der Gleitmassen aus der Bruchkesselwand könnte nämlich nach Ansicht der Fachleute knapp unter dem für die Murendynamik erforderlichen Maß liegen.

Zusammenfassend kann für die Bruchkesseldynamik im Schesatobel festgehalten werden:

- Der Nachböschungsprozeß zum Illtal war aller Wahrscheinlichkeit nach durch Auslaugung von den Fuß des Steilhanges unterlagerndem Gips und die verstärkte fluviatile Erosion des Schesatobels durch einen Kahlschlag wesentlich mitbestimmt. Die Erosion des Wildbaches hat durch die Erhöhung der Reliefenergie im Bereich der Rutschungsoberkante, also im Gebiet der späteren Bruchkesselwand, die Nachböschung zum Illtal gefördert. Die Nachböschung verstärkte durch das erstmalige Auftreten von Muren die Erosion im Bruchkessel. Im Gegensatz zur fluviatilen Dynamik, bei der die groben Anteile des erodierten Materials die Sohle aussteifen („natürliche Abpflasterung“) und die Eintiefungstendenz verlangsamen, entfällt bei der Murendynamik diese symmetrische Entwicklung, weil auch das Grobkorn abtransportiert wird.
- Die zwischen den Entladungen des Bruchkessels durch die normale Nachböschung zum Schesatobel entstehenden Talfüllungen erhöhen unter plausiblen hydrologischen Voraussetzungen die Kritikalität. Die Sohlenhebung durch die Wildbachverbauung hat die Aufschaukelung des Prozesses durch die Murenerosion bisher erfolgreich ausgeschaltet, die Kritikalität aus dem Nachböschungsvorgang an der Bruchkesselwand aber selbst kaum verändert.

Es wurde nun versucht, die Erosionsprozesse im Schesatobel zu quantifizieren. Ausgehend von verschiedenen Niederschlagsereignissen (meteorologischen Auslöseereignissen) wurden für verschieden Systemzustände des Bodens die Abflukoeffizienten festgelegt und eine Niederschlags-/Abflußbeziehung aufgestellt. Der Ausgang von einer Niederschlags-/Abflußbeziehung erscheint deshalb erlaubt, weil zur Auslösung von Wildbachkatastrophen nach wie vor ein diskretes meteorologisches Ereignis angenommen wird. Darauf aufbauend, konnten Abfluß-/Schadens- bzw. Wirkungsbeziehungen für den Schesatobel erstellt werden.

NS Meteorologisches Auslöseereignis

- A Exzessiver kurzdauernder Starkregen (nahe Wasserdampfsättigung) nach Landregen
- B Exzessiver kurzdauernder Starkregen
- C Standardstarkregen nach Landregen
- D Standardstarkregen
- E Landregen

SYS Systemzustand

- 1 Gefrorener Boden und Tauflut
- 2 Gefrorener Boden
- 3 Boden extrem ausgetrocknet
- 4 Standardfeuchter Boden

Abflußfaktor Abfluß Ereignis „x“ : Abfluß Standardereignis**Quellen Typologie der Geschiebequellen**

- a Grundbruch von Lockergesteinswänden (Domänen 1, 2 und 3)
- b Vorgeformte große Massenbewegungen (Domäne 1)
- c Massenbewegungen (Domäne 5)
Abtrag abgegangener Rutschungen (Domäne 4)
- d Ausräumung der Füllung von Gräben und Rinnen

Abkürzungen f. Modellerstellung**Murtypen**

- Muren l Ein markanter, das Ereignis dominierender Murschub
- Muren n Mehrfache Murschübe vergleichbarer Masse
- Muren p Pulsierende Mure

Systemzustände

- GO** Gräben und Erosionsrinnen durch aus vorangegangenen Ereignissen bilanzierenden Energieüberschuß offen.
Wasserwege offen.

- GOV** Gräben und Erosionsrinnen offen, Wasserwege am Fuß der Lockergesteinswände und in den Übersteilungsflächen der Gerinne verschlossen.
- GF** Gräben und Erosionsrinnen durch Ereignisse mit Geschiebeüberschuß mit Füllungen ausgestattet. Wasserwege offen.
- GFV** Gräben und Erosionsrinnen mit Füllung, Wasserwege am Wandfuß verschlossen (z.B. durch Eis oder Ausfällung).

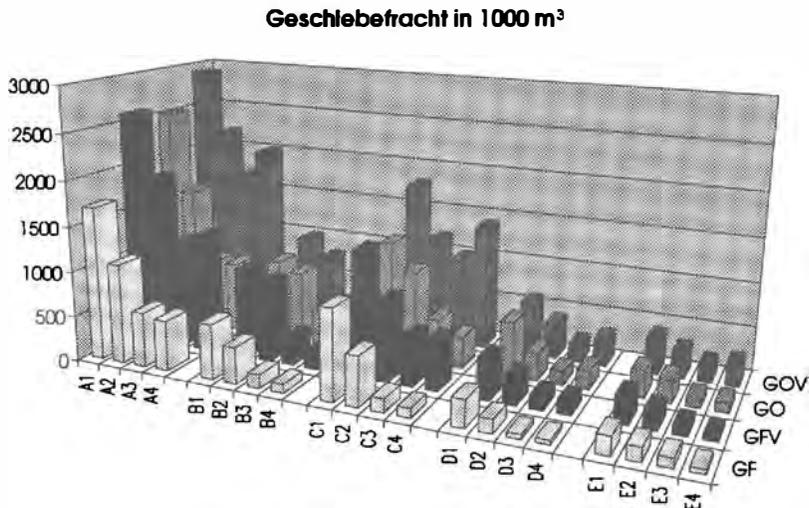


Abb.10: Abfluß- Schadensbezeichnung
Systemzustände A1, A2, C1 und C2 wurden inzwischen falsifiziert

Die Prognose hängt nun ganz entscheidend davon ab, wie eine weitere Nachböschung der Bruchkesselwand, die sich durch eine Serie von Zug- und Scherspannungsrissen im Gelände deutlich ankündigt, abläuft und wirksam wird.

Ob zusätzlich zu den ohne weiteres vorhersehbaren Murkatastrophen durch die dynamischen Wirkungen eines Absturzes der Wand des Bruchkessels und ihr Zusammentreffen mit anderen kritischen Systemzuständen eine Art Grundbruch oder eine Serie derartiger Prozesse im Bereich der Sohlenhebung ausgelöst werden kann, ist noch zu untersuchen.

Am Fuß der Bruchkesselwand unterlagern nämlich z.T. eine Art Warvensande relativ dichte Felsgleitmassen und damit die Lockergesteinsmassen einschließlich der Bauwerke zur Sohlenhebung. Ob diese Sande fallweise Wasser oder gar gespanntes Wasser führen und damit bei einer entsprechenden dynamischen Beanspruchung zu einem Grundbruch beitragen können, ist noch nicht geklärt. Mit dem Ende der technologischen Standzeit der Bauwerke der Sohlenhebung wird deren Schutzwirkung aber auf alle Fälle verloren gehen. Nur die in der Bruchkesselsohle zu Tage liegenden Bauwerke sind einer Erhaltung zugänglich.

Damit kommt die Frage nach der Nachhaltigkeit der Bruchkesseldynamik ins Spiel. Wie bei der Bruchkesseldynamik gezeigt, ist derzeit eine Zunahme der Kritikalität wahrscheinlich. Das mehrfach gebrauchte Argument, die St. Martina-Rutschung mit 500.000 bis 700.000 m³ Masse sei mehr oder weniger schadlos liegengeblieben und indiziere dadurch das Ende der Gefährlichkeit der bisherigen Bruchkesseldynamik, ist nicht haltbar. Diese Rutschung hat weder strukturell noch dynamisch mit dem Nachböschungen der Bruchkesselwand viel gemein. Sie ist Teil der Nachböschungsprozesse im Bruchkessel zum Schesatobel und stellt, im Gegensatz zum erwähnten Argument, den aus der Wand abgehenden Muren sogar erhebliche Mengen mobilisierbaren Materials zur Verfügung.

Mit einer Verringerung der Kritikalität ist ohne Schutzmaßnahmen innerhalb vernünftiger Planungshorizonte mit Sicherheit nicht zu rechnen. Als Folge einer „Maßnahmenplanungs-Nullvariante“ entstünde außerdem auf sehr lange Zeit eine devastierte Landschaft.

7.3 Risikoeinschätzung

Schon eine einfache Gegenüberstellung von Kritikalität und Schutzbedarf zeigt die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen. Der Vertrauensbereich der Kritikalitätsanalyse - den wir übrigens für hoch halten - spielt dabei insofern keine ausschlaggebende Rolle, als einerseits die Kritikalität bereits am unteren Ende der Skala die Notwendigkeit von Maßnahmen zeigt, andererseits der aus der Kritikalität resultierende Schutzbedarf die Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen überzeugend belegt. Dabei ist die evaluierte Maßnahmenkombination (siehe Abb. 10) bei einwandfreier Planung ausgesprochen erfolgversprechend und ökonomisch. Zu berücksichtigen ist dabei zudem, daß die verfügbaren Methoden zur Risikoeinschätzung bei feststoffreichen Großmuren nicht sehr ausgereift sind. Dem Vertrauensbereich der Kritikalitätsanalyse ist dabei eine relativ große Bandbreite bei der Risikoeinschätzung gegenüberzustellen.

7.4 Auswirkungen der kritischen Prozesse

Da die Risikoeinschätzung i. S. der Richtlinien der Hinderungsgründe der österreichischen WLW vorrangig auf den Schutz von Gesundheit und Leben der Menschen ausgerichtet ist, wurde bei der Bewertung des Risikos in den einzelnen Domänen konsequenterweise das Überraschungsmoment besonders stark berücksichtigt. Dabei wurden 2 Kriterien herangezogen:

- Die Einschätzung der metcohydrologischen Auslösung durch die Bevölkerung ist schwierig (z.B. bei wenig intensiver, aber nachhaltiger Vorbereitung)
- Der Ablauf der Katastrophe ist besonders rasch (z.B. bei der Auslösung von stärker wassergesättigten Muren)

Hierzu kann festgehalten werden:

In der Bruchkesselwand (Domänen 1, 2 und 3) steht die Kritikalität durch die Gestalt des Geländes sowie durch die in den letzten Jahrzehnten beobachteten, bedrohlichen Anzeichen bevorstehender Massenbewegungen außer Frage. Das vorgezeichnete Ausmaß der Massenbewegung liegt bei 1,5 - 2 Mio. m³. In der Domäne I sind Ausmaß und Entwicklungsfähigkeit am größten. Diese Aussage bezieht sich auf die Lockergesteinsauflage, nicht jedoch auf den Felsuntergrund. In dieser Hinsicht sind noch Abklärungen notwendig (z.B. Entlastungsphänomene).

Die Murfähigkeit abgehender Massen scheint grundsätzlich historisch belegt, wengleich aufgrund der sedimentologischen Beschaffenheit der Wassergehalt des Abbruchmaterials selbst nur knapp an oder unter die Murfähigkeit zu liegen kommen dürfte. Es besteht allerdings ein sehr hoher Schluffanteil. Inwieweit auch Haftwasser zur Mobilisierung mitwirken kann, wäre noch zu klären. Zu berücksichtigen sind aber auch ein Stau verschlossener Wasserwege am Fuß der Bruchkesselwände, durch Grundbruch und Grabenausräumung gesättigte Lockergesteine, Mitwirkungen des Hochwassers des Mühlebaches etc.

Domäne 4.: Der Bereich der St. Martiner-Gleitung gehört dem Teilphänomen „Nachböschung zum Schesatobel“ an und stellt erhebliche Mengen Geschiebe zur Verfügung. Für die Murendynamik ist dabei von Bedeutung, daß die Gleitung ein Lockergesteinsvolumen von 500.000 bis 700.000 m³ derart durchbewegt hat, daß die im ursprünglichen Sedimentaufbau vorhandenen Wasserwegigkeiten verloren gingen, ebenso Konsolidierungen und Verkittungen.

In der Domäne 5 gibt es zwei, das Risiko unterschiedlich beeinflussende Geschiebequellen:

- Während eines Ereignisses stattfindende Nachböschungen. Für sie gelten hinsichtlich der Mobilität die vorher getroffenen Aussagen. Die mengenmäßig bedeutendste Quelle ist das Gaschieraköpfel, von wo bis zu 250.000 m³ bei einem Ereignis zu erwarten sind (bzw. waren - inzwischen wird dieser Teil in Abstimmung mit einer Risikoreduktion für Kiesgewinnung abgebaut). Hier ist (war) aber neben der Menge auch der Ort und die Art der Mobilisierung wichtig. Der Einstoß findet nämlich am talseitigen Ausgang des Bruchkessels statt und kann das Pendeln eines Murschubes bis zum Ausbruch aus dem Graben verstärken.
- Nachböschungen, die vor dem Ereignis die Grabenfüllung gebildet haben. Für sie gelten die Aussagen betreffend die Mobilität der Lockergesteine. Die Menge ist zwar, je nach Systemzustand, nicht sehr bedeutend, der fallweise hohe Sättigungsgrad fördert aber die Mobilität der Gesamtmasse entscheidend.

7.5 Vorläufige Quantifizierung des Schutzbedarfes

Die Gefährungsgrade, semiquantitativ ausgeschieden in den einzelnen Domänen mit 3 Gefährungsgraden, ergaben sich aus der Zusammenschau der erweiterten Kritikalitätsanalyse:

- Gefährungsgrad 1 - extrem gefährlich
Die Gefährdung tritt entweder in der gesamten Domäne oder in einem erheblichen Teil derselben in einem Ausmaß auf, das eine Zuordnung zur Roten Gefahrenzone (RGZ) bedingt. Ist ein erheblicher Teil der Domäne der RGZ zuzuordnen, gehört der Rest der GGZ an.
- Gefährungsgrad 2 - gefährlich
Die Domänen oder Teile davon werden nicht von den Muren selbst, sondern von deren Folgen zum geringen Teil nach den Kriterien der RGZ, überwiegend aber der Gelben Gefahrenzone (GGZ), getroffen.

- Gefährungsgrad 3 - weniger gefährlich
Teile der Domänen werden von den Ereignisfolgen nach den Kriterien der GGZ getroffen.

Tab.2: Dargestellt ist der Transmissions- und Immissionsanteil für den Systemzustand GFV (= Gräben und Erosionsrinnen mit Füllung, Wasserwege am Wandfuß verschlossen)

GFV	MUREN			A (SKH) (1000m3) ohne a	A (SKH) (1000m3) mit a	GEFÄHRDUNG ohne a				GEFÄHRDUNG mit a			
	NS-A	1	n	p	ILL	SK	GR	BR	ILL	SK	GR	BR	
A	1	x		x	1000	2000	1	1	1	1	1	1	1
	2	x		x	800	1000	1	1	1	1	1	1	1
	3	x		x	760	1200	1	1	1	1	1	1	1
	4	x		x	500	900	1	1	1	1	1	1	1
B	1		x	x	1000	1000	1	1	1	1	1	1	1
	2		x	x	900	900	1	1	1	1	1	1	1
	3		x	x	300	300	2	2	2	1	2	2	1
	4		x	x	200	200	3	2	2	2	3	2	2
C	1	x		x	700	1200	1	1	1	1	1	1	1
	2	x		x	500	900	2	1	1	1	1	1	1
	3		x		350	550	2	2	2	2	2	1	1
	4		x		350	550	2	2	2	2	2	1	2
D	1		x	x	450	450	2	2	2	2	2	2	2
	2		x		300	300	3	2	2	2	3	2	2
	3		x		150	150	3	3	3	3	3	3	3
	4		x		150	150	3	3	3	3	3	3	3
E	1		x		300	300	3	2	2	2	3	2	2
	2		x		200	200	3	3	3	2	3	3	2
	3		x		100	100	3	3	3	3	3	3	3
	4		x		50	50	3	3	3	3	3	3	3

Entsprechend der Kritikalitätsanalyse ist jeder Ereignistyp innerhalb einer 150-jährlichen Wiederkehr zu erwarten. Demgemäß sind folgende Objekte der RGZ zuzuzählen.

100 Wohnobjekte	400 Mio S
20 Gewerbebetriebe	200 Mio S
8 Industrieanlagen	160 Mio S
Rheintalautobahn	900 Mio S
ÖBB-Strecke	600 Mio S

Zusammen mit den übrigen Anlagen samt Folgekosten ergibt sich ein Schutzbedarf von sicher über 2,5 Mrd. S.

Während bei den Wohnobjekten, Gewerbebetrieben und Industrieanlagen nur Anlagenwerte berücksichtigt sind, enthält der Schutzbedarf der Verkehrseinrichtungen auch die volkswirtschaftlichen Einbußen, die die Kosten der Wiederherstellung der Anlagen, der Umleitungen etc. bei weitem übersteigen.

7.6 Sanierungsansätze

Einer Vorbeugung kann im Falle des Schesatobels durch die Gegebenheiten aus Besiedlung und Raumnutzung bereits vor einer Gefahrenzonenplanung durch die Wildbach- und Lawinenerverbauung nur mehr in sehr geringen Bereichen wirksam werden. Aus diesem Grund stellen sich nur mehr zwei Fragen:

- Kann der Schutzbedarf durch Absiedelung o.ä. beseitigt werden?
- Können Schutzmaßnahmen getroffen werden, die aus der unbefriedigenden Raumnutzung eine gesetzeskonforme und fachlich reguläre Raumnutzung zulassen?

Die Kritikalitätsanalyse hat für die zweite Frage ein eindeutig positives Ergebnis gebracht. Für die Lösungsansätze ergaben sich folgende Rahmenbedingungen:

- Der Anteil der Wildbacherosion an der Bruckkesseldynamik (Parameter Meteohydrologie und Lageenergie) ist einer menschlicher Beeinflussung nicht bis wenig zugänglich.
- Der Anteil der Wildbacherosion (Erhöhung des Schleppwiderstandes in Gerinnen und Gräben) ist nur unter starken Einschränkungen zugänglich.
- Der Anteil der Nachböschungsprozesse zum Illtal ist vor allem durch außerhalb des Phänomens liegende Bedingungen (Kiesgewinnung) menschlicher Beeinflussung zugänglich.

An allgemeinen und speziellen Lösungsansätzen konnte formuliert werden:

Eine gegebene Aufschaukelung der Bruchkesseldynamik ist derart zu beenden, daß ein neues Fließgleichgewicht des Erosionssystems vorbereitet wird.

Der Steuerung verhältnismäßig leicht zugänglich ist die Teildynamik der Nachböschung zum Illtal. Sie ist durch die Methode der Rückböschung auf ein den Bedingungen des Hanges angemessenes Maß zurückzuführen. Ihre Reaktivierung ist vorausschauend zu verhindern.

Bei der Planung ist nicht die Masse an Lockergestein, sondern jene Gestaltung in den Vordergrund zu stellen, die ein Wiederaufleben der Bruchkesseldynamik durch Entlastungsvorgänge, Wildbacherosion o.ä. unterbindet und gleichzeitig nach der Sanierung eine ausgeglichene Massen-/Energiebilanz ermöglicht.

Die Gestaltung muß auf den Einsatz der Methode der Erhöhung des Schleppwiderstandes in Gerinnen und Gräben so ausgerichtet werden, daß sich die Gerinne und Gräben nach Ausschaltung der Großmuren weitgehend selbsttätig zur relativen Invarianz hin entwickeln.

7.7 Grundsätze und Rahmenbedingungen

Unter dem Verständnis, daß der Mensch Teil des Ökosystems und deshalb die Mitwirkung der Bevölkerung, hier insbesondere der bäuerlichen Bevölkerung, unbedingt notwendig ist, wurden folgende Grundsätze formuliert:

Auf rechtlichem, sozialem und wirtschaftlichem Gebiet

- Integrierung der Bevölkerung in den Planungsprozeß im Wege der Bürgerbeteiligung
- Aufrechterhaltung der Grundstruktur der Raumnutzung, soweit dies ohne Gefährdung des Schutzzieles möglich ist

- Planung und Schutzmaßnahmen sind ökonomisch zu optimieren - ein Vergleich mit der Wirtschaftlichkeit anderer Ansätze ist durchzuführen

Grundsätze, durch ökologische Maßnahmen bedingt

- Das Prinzip der permanenten Planung ist anzuwenden (Maßnahmen für begleitende Kontrolle und Nachjustierung der Planung sind sicherzustellen)
- Die weitere Vorgangsweise ist den aus der begleitenden Kontrolle gewonnenen Erfahrungen anzupassen (Nachjustierung der Maßnahmen)

7.8 Kombination und Evaluation von Maßnahmen

Die wichtigsten Maßnahmen wurden zu 20 Varianten kombiniert und gruppiert. Eine Beurteilung der Schutzwirkung der Maßnahmenkombination wurde ausführlich diskutiert und in einer Bewertungsmatrix auch mit unterschiedlichen Gewichtungen in den Kennziffern durchkalkuliert, wobei sich aus den unterschiedlichen Gewichtungen keine nennenswerten Verschiebungen ergaben. In der Tabelle 3 finden sich, sehr vereinfacht dargestellt, die Evaluierungen.

Ohne hier auf die einzelnen Details auch dieser Übersichtsdarstellung bzw. den einzelnen Maßnahmenkombinationen bis zum Ranking eingehen zu können, zeigt sich doch sehr deutlich, daß die Variante Rückböschung (mit kombinierten Maßnahmen) der Bruchkesselwand mit Verwertung des Materials die weitaus günstigste darstellt. Die Überlegenheit dieser Variante ist de facto größer, als die ziffernmäßige Bewertung in der Tabelle wiedergibt. Sie bietet alle Vorteile und vermeidet alle Nachteile. Sie ist mit Sicherheit die einzige Variante, die das Risiko optimal mindert und zugleich finanzierbar ist.

Tab.3 Der oberste Teil zeigt die Maßnahmenkombinationen. Im mittleren Teil wird die Schutzwirkung der Varianten analysiert. Im unteren Teil der Tabelle wird die Wertbestimmung (Evaluation) der Varianten vorgenommen und eine Reihenfolge (Ranking) ermittelt.

VARIANTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MASSNAHME																				
Geschiebeenin. SK	#	#	#																	
Dämme ausbauen		#	#	#																
Murbrecher			#	#																
Geschiebedosierung					#	#														
Staffeigung Ausbrüche					#															
Einböschn BK						#	#	#	#											
Rückb. ohne Verwertg.										#	#									
Rückb. mit Verwertg.												#	#	#	#	#	#	#	#	#
Techn. Hangstabilisg.						#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Biol. Hangstabilisierg.						#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Gräben sichern							#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Staffelung fortsetzen																		#	#	#
BK staffeln									#	#	#						#	#		
EG>HW-Schutzwald				#																
Waldfunktion verbess.									#					#	#	#	#	#	#	#
Wald-Weideordnung									#					#	#	#	#	#	#	#
Uferbegleitgehölze									#					#	#	#	#	#	#	#
Verbl. Risiko ILL																				
B>0< 5 Jahre F=2	6	6	4	4	4	6	6	6	6	4	4	6	6	4	4	4	4	4	6	6
5 - 30 Jahre F=4	12	12	8	8	8	12	12	12	12	8	8	12	12	8	8	4	8	4	8	8
>30 Jahre F=8	24	24	16	16	16	16	24	16	8	8	16	16	8	8	0	0	8	0	8	8
Verbleib Risiko SK																				
B>0< 5 Jahre F=3	9	6	6	6	9	9	9	9	9	6	6	9	9	6	6	6	6	6	9	9
5 - 30 Jahre F=6	18	12	12	12	12	18	12	12	12	12	6	18	18	6	6	6	6	6	18	18
>30 Jahre F=12	36	24	24	12	24	36	24	24	12	12	12	12	12	12	12	0	12	0	24	12
Verbl. Risiko GR																				
B>0< 5 Jahre F=2	6	6	6	4	2	6	6	6	6	4	4	6	6	4	4	4	4	4	6	6
5 - 30 Jahre F=3	9	9	9	6	3	9	9	6	6	6	9	9	6	6	6	6	6	6	6	6
>30 Jahre F=4	12	12	12	8	4	8	4	4	4	4	8	8	4	4	0	4	0	8	4	4
Verbl. Risiko BR																				
B>0< 5 Jahre F=1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3
5 - 30 Jahre F=2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	4	4	4	4	4	4	6	6
>30 Jahre F=4	12	12	12	12	12	12	8	8	12	8	4	12	12	8	8	4	8	4	12	8
Kosten																				
B>0< 5 Jahre F=15	0	15	30	30	30	30	30	45	30	30	45	0	15	15	15	15	15	15	45	45
5 - 30 Jahre F=10	0	0	0	10	10	20	20	20	20	20	20	0	10	10	10	10	20	20	20	20
>30 Jahre F=5	0	0	0	0	0	10	10	10	10	15	10	0	5	5	5	5	5	5	10	10
Zusammen	153	147	148	137	143	201	183	187	156	146	143	117	147	102	94	70	112	80	189	169
Diff. vom Min.	83	77	78	67	73	131	113	117	86	76	73	47	77	32	24	0	42	10	119	99
Rang	12	10b	11	7	8a	18	15	16	13	9	8b	6	10a	4	3	1	5	2	17	14

8 LITERATURVERZEICHNIS

BARTH, D.: Geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Bereich des Schesatobels (Vorarlberg). Diplomarbeit Univ. Karlsruhe, 1983

BERTLE, H.: Integrales Pilotprojekt „Schesatobel“. Baugeologische Planungsunterlagen der Einzugsgebiete v. Schesa- und Mühlebach. Unveröffentl. Bericht BMLF GZ 176.000/04-VC6/92 und GZ 177.000/07-VC6/92

BRÜCKL; E. & SCHILLER, A.: Reinterpretation der geophysikalischen Messungen im und um den Schesa Tobel (VLbg.) 1996. Unveröffentl. Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

FIECHTNER, B.: Endbericht über die chronologischen Erhebungen zum Schesatobel. Unveröffentl. Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1995

MARKART, G., KOHL, B. und ZANETTI, P.: Beurteilung des Abflußverhaltens von Wildbachcinzugsgebieten anhand boden- und vegetationskundlicher Grundlagen. Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen des Pilotprojektes Schesastudie 1995/1996. Unveröffentl. Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

PIRKL, H.: Modellvorstellungen zur Abflußentwicklung in den oberen Einzugsgebieten Schesa- und Mühlebach an Hand der hydrogeologischen und geohydrologischen Situation. Unveröffentl. Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft GZ 170.000/10 - VC&/1992

PIRKL, H.: Bericht über hydrogeologisch-geohydrologische und geophysikalische Arbeiten im Bereich Schesa-Abbruchkessel für den Zeitraum 1993 - 1994

ÜBLAGGER, G.: Pilotprojekt Schesasanierung (PPSS). Vorstudie (VS) 1995. Unveröffentl. Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

Autor:
Dr. Hans ANGERER
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinerverbauung, Geologische Stelle
A-6010 Innsbruck, Liebeneggstraße 11