

# **BAUGEOLOGISCHE EINDRÜCKE AUS DEM BAULOS WALD - KALWANG (A-9, Pyhrnautobahn)**

**Dr. F.J. Brosch**

## **1. EINLEITUNG**

Das Baulos erstreckt sich von Autobahnkilometer 136,7 bis km 143,5 und beseitigt mit der Umgehung von Wald a. Schoberpaß das letzte Nadelöhr im steirischen Anteil der Pyhrnautobahn (Abb.1). Dabei wurden von einer ARGE renommierter Firmen zwei doppelröhrige Tunnels in bergmännischer und tw. offener Bauweise, sowie die anschließenden Freilandstrecken mit tw. hohen Anschnittsböschungen errichtet. Vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Bodenprüfstelle, waren die Vorerkundungen geleitet und die grundsätzlichen geotechnischen Verhältnisse des Bauvorhabens ausgearbeitet worden.

Das Projektsgebiet liegt geologisch zum überwiegenden Teil in einem nach N über das Liesingtal hinausgreifenden Lappen der Rannachserie (Mittelostalpin), welche unmittelbar nördlich tektonisch vom Karbon der Veitscher Decke (Nördliche Grauwackenzone, Oberostalpin) überlagert wird. Die permotriadische Rannachserie besteht hier i.w. aus schieferigen bis plattigen Quarziten und quarzitischen Phylliten, denen mildere Phyllite sowie Karbonatlagen zwischengeschaltet sind. Die Schieferung ist generell flach bis mittelsteil gegen NE, NNE einfallend orientiert; die tektonische Durcharbeitung der Serien reicht von weitspanniger Verbiegung mit regelmäßiger Küftung über engscharige transversale Zerschering, Hamischbildung, bis zur Bildung toniger Mylonite in bis zehnermeterbreiten Störungstreifen. Dem Grundgebirge aufgelagert finden sich verbreitet Reste fluvioglazialer Sedimente (gerundete Blockstreu, Leisten verkitteter Gehängebrekzien und Konglomerate, mächtige Sanderschüttungen), da das Gebiet unmittelbar südlich des Maximalstandes des würmzeitlichen Ennsgletschers liegt.



Schwierigkeiten hat Herr Prok. Ing. Schwab bereits in Salzburg (Geomechanikkolloquium 1991) ausführlich berichtet, sodaß ich mich auf die streiflichtartige Vorstellung einiger baugeologisch interessanter Phänomene vom Tunnelvortrieb und von den Böschungsanschnitten beschränken kann.

Vorangestellt sei, daß die präsentierten Analysen und Ergebnisse zum überwiegenden Teil von den Herren Prof. Dr. Riedmüller, D.I. Chavelas, Mag. Harer, Dr. Klima, E. Kreuzer, R. Plank und Dr. Pölsler stammen, welche abwechselnd und tw. auch gleichzeitig den vielfältigen Fragestellungen im Bereich der Baustelle nachgingen. Dieser ungewöhnlich hohe Personaleinsatz rührt daher, daß neben der kontinuierlichen geologischen Tunneldokumentation eine baugeologische Beratung zu Außenarbeiten durchgeführt wurde, und auch zwei Diplomarbeiten sowie eine Dissertation mit dem Projekt verbunden waren.

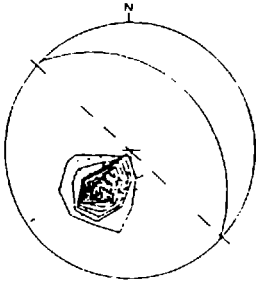
Das gute persönliche Einvernehmen mit den Herren der Bauaufsicht und der Bauleitung (ARGE) war dem erfolgreichen Ablauf der Agenden besonders förderlich.

## **2. ZUM THEMA**

### **2.1. Die Tunnels**

Die eng benachbarten Tunnels Wald (bergmännische Länge ca. 2000 m) und Pretallerkogel (ca. 400 m) sind beide in tw. extremer Lehnenlage geführt und hatten im wesentlichen das gleiche Gebirge (Gesteine und Trennflächengefüge) zu durchörtern. Auch die Achsrichtungen (in beiden Fällen ungünstig zur Gefügeorientierung, vgl. Abb. 2) differieren nicht allzusehr. Allgemein bestätigte sich in beiden Tunnels - wenn auch nur mit statistischer Gültigkeit - daß mit stärker phyllitischem Charakter des Gebirges (besonders im oberen Brustdrittel) das Gebirgsverhalten deutlich schlechter wurde. Dennoch ergaben sich beim Vortrieb erhebliche Unterschiede im Ausbruchverhalten, was großteils wohl auf

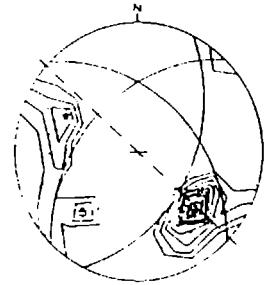
Schieferung



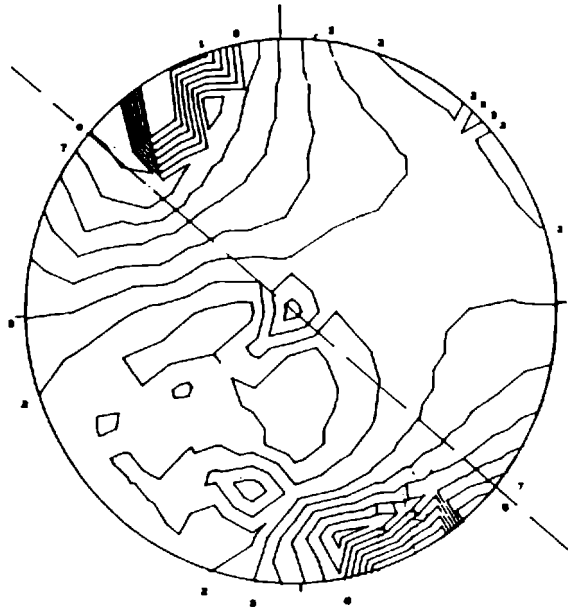
Klüftung



Störungen



**Abb. 2:** Typisches Trennflächengefüge des Gebirges (oben). Darunter gefügeabhängige, konturierte Verteilung der Gleitkräfte, hervorgerufen durch schwerkraftbedingtes Ausgleiten von Klüftkörpern. Die gegebene Achsrichtung liegt nahe den theoretischen Maximalwerten (willkürliche Einheiten).

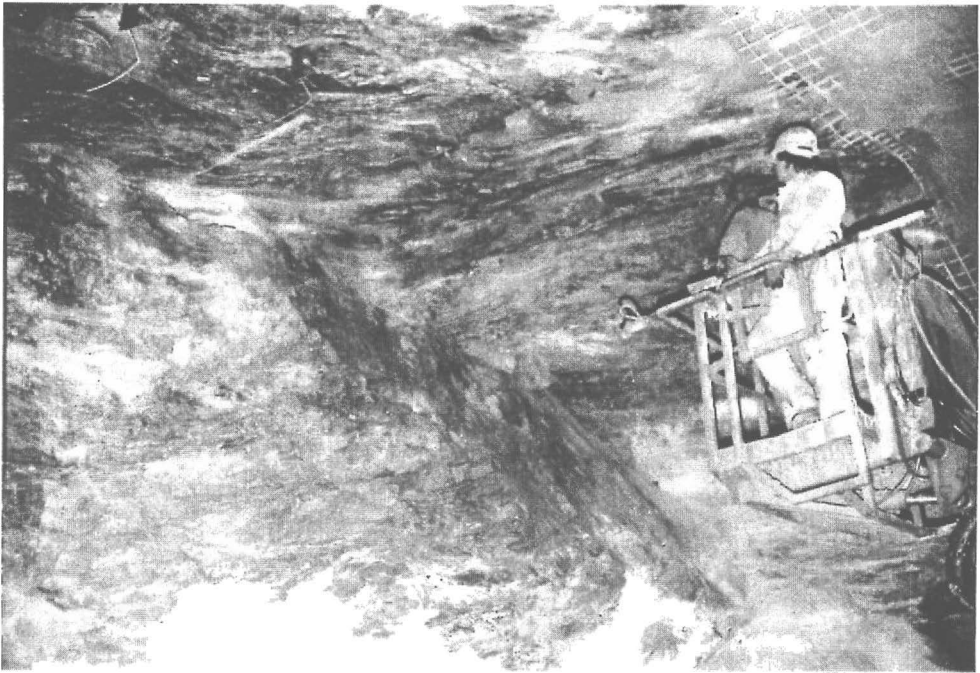


die entgegengesetzten Vortriebsrichtungen zurückzuführen ist. Dies zeigt exemplarisch, welchen Unwägbarkeiten eine im Planungsstadium durchgeführte Gebirgsklassifizierung und Vortriebsprognose gegenüberstehen kann.

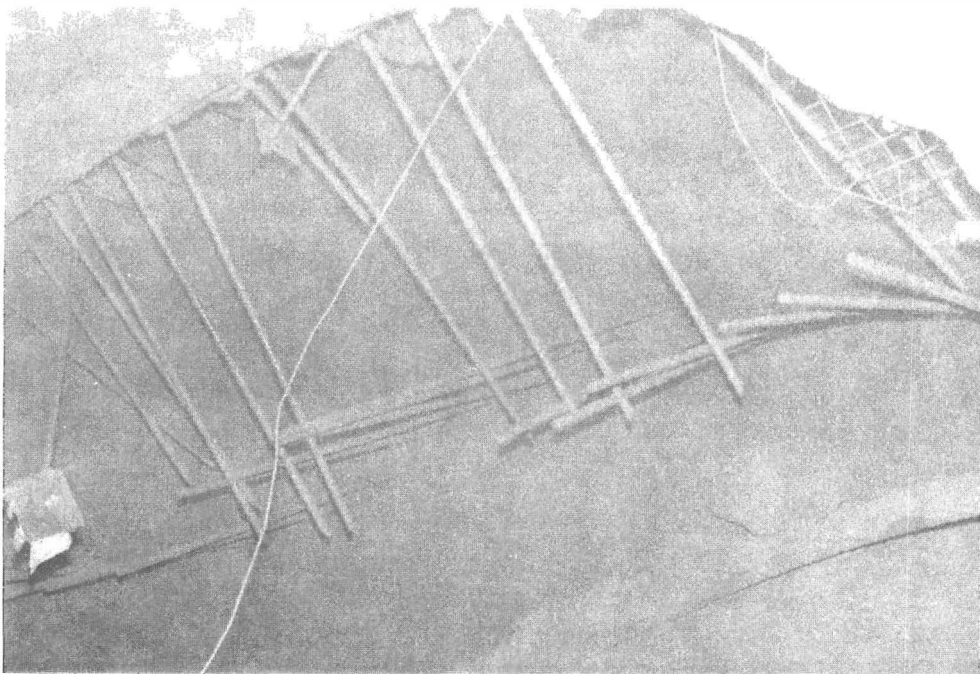
Beim Pretallerkogeltunnel, der gegen SE vorgetrieben wurde, fiel die Schieferung meist leicht gegen den Vortrieb ein, was die weitere Auflockerung des durch die hangnahe Tunnellage großteils wenig verspannten ("lauten") Gebirges, bes. in der Kalotte, begünstigte und verbreitet zu plattigem Nachfall führte. Besonders nachteilig wirkte sich jedoch der Einfluß steil aus der Brust fallender Großklüfte und Harnische aus, welche das Ausgleiten von Keilen und Felspaketen aus Brust und Firste förderten (Abb. 3). Obwohl manche der größeren Störfächen aus dem vorseilenden Vortrieb der Nordröhre für die Südröhre prognostiziert werden konnten, war das Gebirgsverhalten aufgrund der unregelmäßigen Abstände und Absätzigkeit von Harnisch- und Großklüffflächen von Abschlag zu Abschlag rasch wechselnd und kaum vorauszusagen. Als Konsequenz mußten kurze Abschlagslängen gewählt und örtlich die Ortsbrust geankert werden.

Bei den Röhren des Tunnels Wald, welche gegen NW vorgetrieben wurden, fiel die Schieferung flach in die Vortriebsrichtung ein und es traten die oben geschilderten Phänomene nur untergeordnet auf. Allerdings ergaben sich hier durch ungünstige Trennflächenverschnitte häufig Überprofile, sowie Nachbrüche unterschiedlichen Ausmaßes (Abb. 4). Besonders hervorzuheben sind die Schwierigkeiten bei der Unterquerung des sog. Greimlgrabens, wo bei einer Überlagerung von knapp 25 Metern stark gestörtes, entfestigtes Gebirge mit erheblichem Wasserzudrang bewältigt werden mußte. Ein Kernpunkt der täglichen geologischen Arbeit bestand besonders hier in der Erfassung der tektonischen Hauptstrukturen, ihrer Auswirkung auf den Ausbruch und in der Prognose des Gebirgsverhaltens für die jeweils nacheilende Röhre.

Die Stabilität der Ortsbrust konnte bereichsweise nur durch Belassen eines Stützkernes in Verbindung mit langer Brustankerung erreicht werden. Die gemessenen, vergleichsweise geringen Verformungen des



**Abb. 3:** Pretallerkogeltunnel: In Platten nachbrechende Firste und Überprofile durch an Harnischen ausgleitende Felskeile.



**Abb. 4:** Tunnel Wald, Querung der Greimlgraben - Störungszone: Großer Nachbruch aus der mit Bohrspießen gesicherten Firste.

Hohlraumes in dem entfestigten Gebirge lassen vermuten, daß ein Optimum des Verhältnisses zwischen Abschlagslänge sowie Art und Ort von Sicherungs- und Stützmitteln gefunden worden war.

Von geologischem wie von bautechnischem Interesse ist, daß im Tunnel Wald zusammen mit quarzitischem Schieferem und Karbonatlagen (hauptsächlich Dolomitmarmore) auch Streifen und Knollen von blaßvioletter Anhydrit (mit sekundärem Gips auf Trennflächen) angetroffen wurden.

Ein Schritt in Richtung Objektivierung der Gebirgs- und Ausbruchsverhältnisse wurde durch die Anwendung der Block-Theory (GOODMAN & SHI, 1985) auf die Beurteilung "geologisch bedingter" Überprofile gesetzt. Bei genügender Erfahrung und Vorsicht in der Interpretation der entsprechenden graphischen Outputs kann aus dem lokalen Trennflächengefüge schnell die Geometrie der möglichen trennflächenbedingten Überprofile ermittelt und den tatsächlichen Aufmaßen gegenübergestellt werden. Es ist hervorzuheben, daß die überwältigende Mehrzahl der überprüften Profilaufnahmen mit den gefügebunden möglichen Formen übereinstimmen (Abb. 5).

## **2.2 Massenbewegungen an Portaleinschnitten**

### **2.2.1 Tunnel Wald, E - Portal**

Bei der Herstellung des E Portal Voreinschnittes (Juni 1990) im mächtigen Lockergesteinskegel vor den aufragenden Felsflanken kam es zu dramatischen Verschiebungen der Meßpunkte an der Böschungskrone ( $>10$  cm/Tag). Eine sofort durchgeführte Kartierung der Umgebung und die Bearbeitung von Baggerröschchen ergaben, daß die Schuttakkumulationen (tw. Murenschutt) in den steilen Felsrinnen alte Kriechbereiche mit Vermässungen am Kopf, sowie frische Anrisse aufwiesen. Da beim damaligen Abtragsstand die Felslinie nicht erreicht war, wurde diese mit schnell durchführbaren vertikalen, geneigten und horizontalen Hammerbohrungen abgetastet. Es zeigte sich, daß die Felsoberkante unterhalb des Abtragsniveaus sehr steil abfällt und der

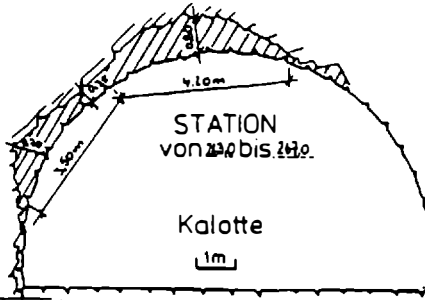
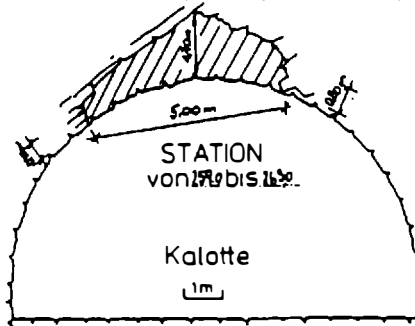


Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
 im Auftrag der  
 Pyhrn Autobahn Aktiengesellschaft  
 Bauleiter Wald-Kelwang

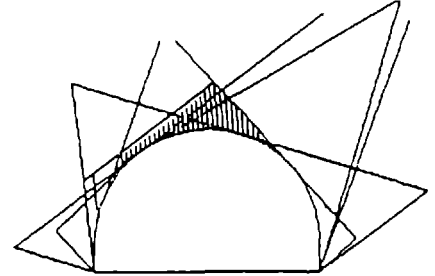
FELD-AUFNAHMEBLATT NR.

Datum: 25.07.90

~~Textuelle Tunnel-Skizze - Geologisch bearbeitete U/G-Bauwerke~~



AXES OF TUNNEL - BEARING AND RISE ANGLE: 300 0  
 MAX. SLIDING FORCE: +135.94 13  
 TOTAL SLIDING FORCE: +360.61



AXES OF TUNNEL - BEARING AND RISE ANGLE: 300 0  
 MAX. SLIDING FORCE: +135.94 13  
 TOTAL SLIDING FORCE: +360.61

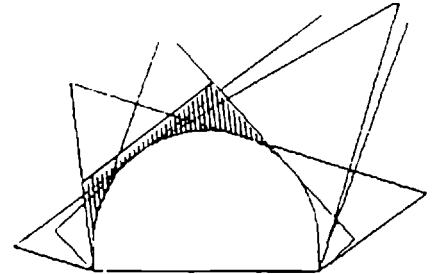


Abb. 5: Beispiel für aufgemessene Überprofile und ihre Identifizierung nach der Gefügesituation

instabile, verlehnte Schutt über 15m vertikale Mächtigkeit erreicht und in seinen unteren Teilen durchnäßt ist.

Diese Erkenntnisse sowie statische und bautechnische Überlegungen machten eine Abräumung der instabil gewordenen Lockermassen sowie eine Zurückverlegung der projektierten bergmännischen Portale notwendig (Abb.6). Mittlerweile sind die freigelegten Felsteile angewittert, die humuslos begrünten torkretierten Flächen überwachsen, sodaß der Portalbereich ein naturnahes Aussehen zurückgewonnen hat.

### **2.2.2 Pretallerkogeltunnel, E - Portal**

Unmittelbar nach dem Durchschlag der Nordröhre ereignete sich im Gefolge heftiger Niederschläge ein plötzliches, murenartiges Abgleiten von Lockermaterial aus einer kleinen schutterfüllten Rinne direkt vor dem Ostportal, wobei dieses völlig verlegt wurde. Dabei konnte (an dieser Stelle) erstmals dokumentiert werden, daß in den obersten steilen Hangteilen oberflächlich ab rinnendes Wasser weiter unten entlang der Kontaktzone Fels/ Lockermaterial konzentriert abläuft und die Grenzschicht destabilisiert. Gefördert wurde dieses Verhalten durch eine dünne Schwarte gemischtkörniger, locker gelagerter Sedimente (Wildbachschutt, tw. auch fluvioglazialer Herkunft), welche dem Fels direkt aufliegen. Am Hangfuß, bis in das anschließende flache Wiesengelände sprangen zahlreiche Quellen (mit Schüttungen bis >2l/sec) und Sickerhorizonte an.

Dieses Ereignis und das daraus resultierende Ersuchen um baugelogeische Beratung waren Anlaß, die weiteren projektierten Anschnitte ingenieurgeologische zu kartieren. Es zeigte sich, daß bereits die nächste, östlich anschließende Steilrinne mit mächtiger Schuttfüllung aktive Kriechbewegungen aufwies und randlich einzelne scheinbar anstehende Felsköpfe verkippt waren. Der Felspfeiler am Ostrand der Rinne wird überdies durch einen steilen Großhamisch unterschritten, an welchem die luftseitige Scholle (tektonisch?) dm - weit abgesetzt ist. Somit war klar, daß ein ungesicherter Abtrag der temporären Böschung (Portaltrakt in offener Bauweise) nicht in Frage kam; es wurde eine geankerte bewehrte Spritzbetonschale ausgeführt. Bei den Ankerbohrungen schien sich zu



**Abb. 6:** Tunnel Wald, Voreinschnitt Ostportale: Abräumen der mächtigen, nachdrängenden Schuttansammlungen einer Felsrinne; darunter sichtbare temporäre Böschungssicherung ist bereits unstabil.

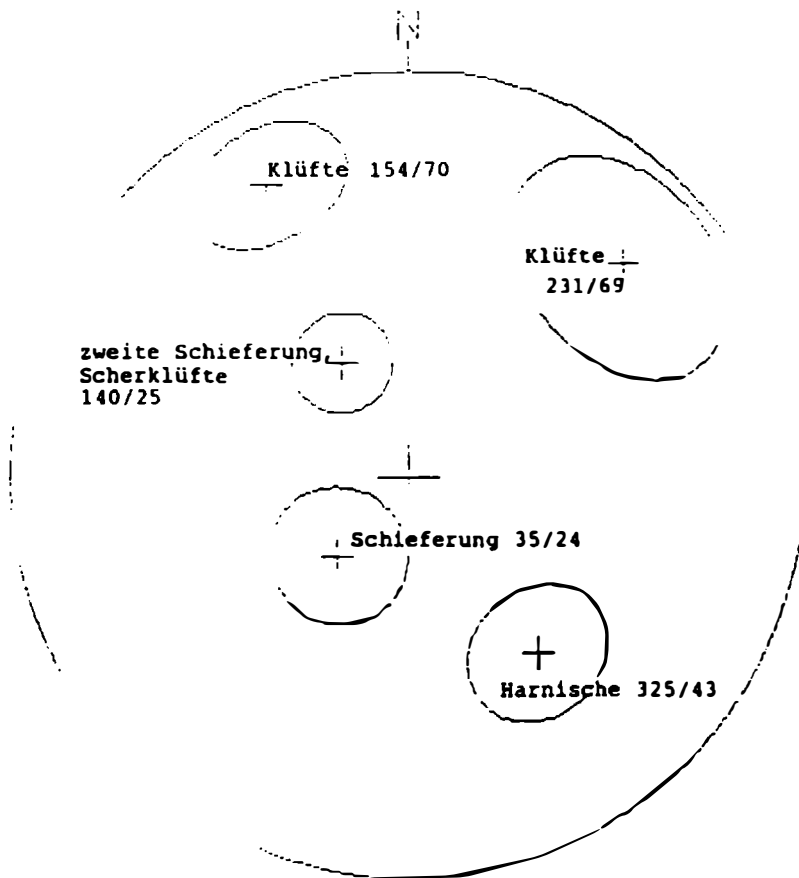
bestätigen, daß die morphologische Rinne durch eine Störung vorgezeichnet ist, sprang doch die Felsslinie auf wenigen Metern horizontaler Distanz mehr als 12 m zurück.

Nach einer niederschlagsreichen Periode im November 1990 gerieten die Schuttmassen dieser Rinnenfüllung in Bewegung, die Torkretschale versagte an mehreren Stellen und die Anker stanzten sich durch oder wurden ausgezogen (Abb. 7). Geologische Untersuchungen ergaben wiederum, daß nur ein schmaler schluffig- sandiger Saum des weitgehend trockenen Materials oberhalb der Felsslinie aufgeweicht und die natürliche Rauigkeit der Felsoberfläche verschmiert war. Durch die Rutschung freigelegte Felsbereiche wie auch zur Erkundung der Felsslinie durchgeführte Bohrungen zeigten, daß die Rinnenflanken Neigungen von bis zu mehr als 70° aufwiesen, sodaß beim Abtrag der Rutschmassen auch die Stabilität der Felswände zu untersuchen und zu gewährleisten war. Das Gefüge des Anstehenden war durch Scharungen lettiger Riesenklüfte (mit Verschnitt in der Rinnenrinne), flach bergwärts einfallende Hauptschieferung, sowie durch eine örtlich dominierende, flach hangauswärtsfallende sekundäre Schieferungsschar und dazu parallelen Harnischen gekennzeichnet (Abb. 8). Die baugelologischen Untersuchungen konzentrierten sich auf Analysen der möglichen Versagensmodi und statischen Bedingungen mithilfe bekannter graphischer Methoden und der Block-Theorie (Abb. 9). Anhand der Ergebnisse, nämlich besondere Gefährdung durch Blockgleiten entlang der sekundären Schieferung (daneben Keilgleiten in sehr steilen Felsabschnitten und Kippversagen in besonders steilen Flanken mit einem Kluftabstand von weniger als 0.7 m), wurden die freigelegten Felsbereiche kontinuierlich gefügemäßig überwacht. Bei Vorliegen kritischer Bedingungen wurde ein bewehrter, geankerter Torkretgurt in die Rinne eingezogen, auch um eine Gewölbewirkung zwischen den stabilen Felstürmen zu erzielen.

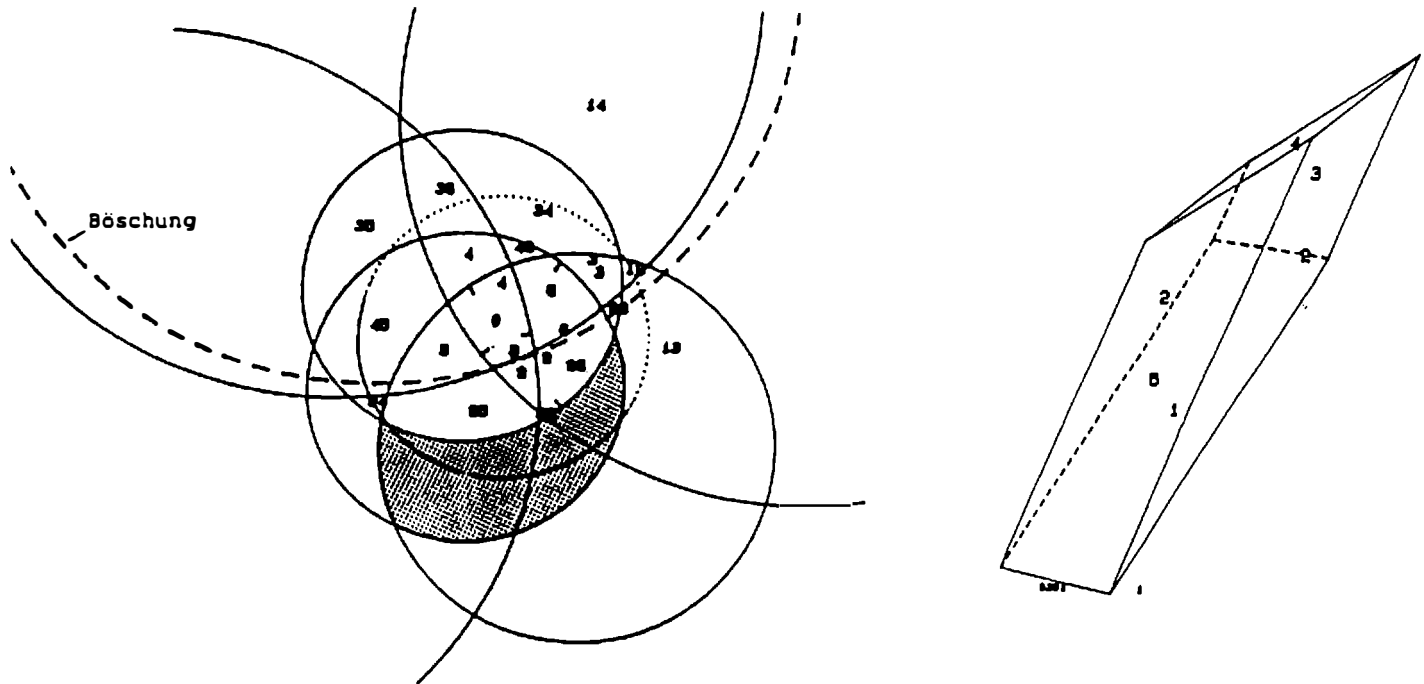
Eine weitere kleine Sackung oberhalb des Portales der Südöhre wurde durch die Kartierung rechtzeitig erkannt und mittels einer von der Tunnelleitung aus geankerten Torkretknagge unterfangen.



Abb. 7: Pretallerkogeltunnel, Bereich Ostportale; Geborstene und vorgeschobene Böschungssicherung nach dem Einsetzen von Massenbewegungen in der Lockermaterialfüllung steiler Felsrinnen.



**Abb. 8: Pretallerkogeltunnel, Bereich Ostportale: Polpunktstatistik im Diagramm der Trennflächen, dargestellt sind mittlere Orientierung und Sphärischer Öffnungsgrad (Kleinkreise) als Streumaß für die Datencluster.**



**Abb. 9:** Pretallerkogeltunnel, Bereich Ostportale: Graphische Analyse der kinematisch freien Kluftkörper (schattiert) und ihres Versagensmodus unter Eigengewicht (links). Idealisierter Kluftkörper, der auf seiner Basis (sf2) aus der Böschung gleiten kann, wenn die statischen Bedingungen erfüllt sind.

### **2.3. Die Rutschung Wald - West**

Im Bereich der Freilandstrecke West (am Westende des Bauloses und darüber hinaus) mußte am Fuße eines breit vorgewölbten Wiesenhanges auf große Länge eine Böschung 2:3 mit vertikalen Höhen bis ca. 30 m hergestellt werden. Der Anschnitt war zu einem Großteil bereits bis nahe UP abgetragen und durch einzelne Steinrippen sowie eine flächenhafte Steinschichtung vorläufig gesichert, da stellten sich an der Böschungsoberfläche spektakuläre Verformungen ein. Rasch durchgeführte Vorschüttungen sorgten vorerst für eine Beruhigung der Bewegungen.

Nach der Bildung neuer Anrisse an der Böschungskrone und Überschiebungen am Fuß auf eine Länge von ca. 200 m im Juni 1991 wurde mit den baugeologischen Untersuchungen begonnen (Abb. 10). Gleichzeitig übernahmen die Herren Prof.D.I. Fuchsberger, M.Sc., und D.I. Laneve die geotechnische Bearbeitung.

Im Bereich der Massenbewegung stehen ausschließlich gering und veränderlich feste, großteils mylonitisierte und verquetschte Graphitphyllite (Graphitkarbon, Veitscher Decke) an. Blockiger bis kiesiger Kalkmarmor (Triebensteinkalkmarmor) bedeckt flächenhaft oder auch in rinnenartig eingesenkten Ansammlungen den Graphitphyllit. Die Basis der Schuttschürzen sowie blättrig-grusige Bereiche im Phyllit sind in wechselndem Maße wasserführend. Am Böschungsfuß kam es daher zu breiigem Ausfließen von Mylonit. Die höchsten feststellbaren Anrisse reichten bis an die Böschungsschulter in 870 bis 875 m Seehöhe, die Gleitflächen strichen am Böschungsfuß aus. Die Hauptbewegungen dürften nach vorgegebenen Trennflächen, und zwar den mit ca. 5° - 15° talwärts fallenden mylonitischen Schieferungsflächen erfolgt sein; die Ablösung der Gleitkörper geschah nach stellen Harnischen. Nach dem geologischen Geländebefund (morphologische Merkmale) waren jedoch auch tieferliegende, unter dem Planum verlaufende Gleitflächen anzunehmen. Drei gekernte Aufschlußbohrungen sollten weiteren Einblick in die Gebirgsverhältnisse ermöglichen (Abb. 11).

Ein bis ca. 15 m mächtiger Steinkeil mit eingesenktem Reibungsfuß war nach Abtrag der instabilen seichten Rutschmassen abschnittsweise





Abb. 10: Rutschung Wald - West, Blick gegen Nord: Anrisse bis zur Böschungsoberkante; Durchnässung, Vorwölbungen und Überschiebungen am Fuß der flächigen Steinschichtung (Juli 1991).

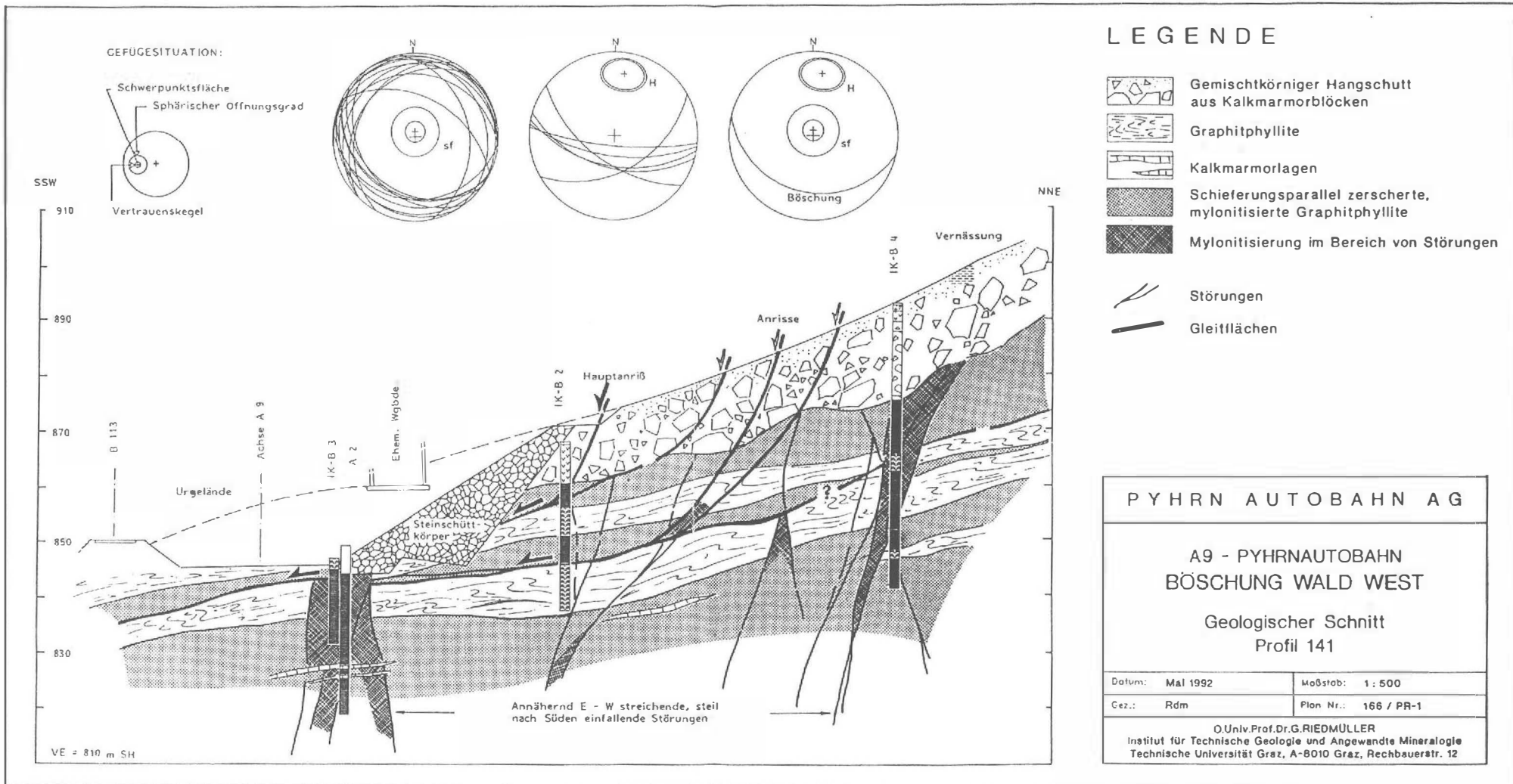


Abb. 11: Rutschung Wald - West: Gefüge, Bohrungen, Bauzustand und geologisches Modell im Trassenprofil 141 (Mai 1992).

eingebracht worden und stellte zusammen mit Drainagen die erste Sanierungsmaßnahme dar. Inklinometer und geodätische Überwachung sollten den Erfolg der Maßnahmen überprüfen.

Anfang März 1992 waren die Anrisse im Gelände bis auf ca. 890 m SH zu verfolgen, der Steinkeil im Böschungsfußbereich verformte sich zusehends und die Inklinometer ließen erhebliche Bewegungen entlang tiefliegender (max. 22 m), unter dem Planum verlaufender Gleitflächen erkennen. Somit war das aus der Kartierung erstellte geologische Modell, das von der Existenz einer alten (früh- postglazialen?), jetzt lediglich reaktivierten Massenbewegung mit einer Basis im Bereich des "Walder Moores" und Ausbiß der Gleitflächen auf etwa 930 m SH ausging, bestätigt.

Die sofortige Blockierung der tiefen Gleitflächen durch eine geringfügige Anschüttung am Böschungsfuß (nach dem Setzen von gebohrten Tiefendrainagen) zeigte, daß sich das System nahe dem Grenzgleichgewicht befindet, allerdings wurden in der Folge weitere, etwa 10 m über UP gelegene Gleitflächen aktiv.

In jüngster Zeit scheinen die Verformungen wieder einzuhalten, doch ist eine dauerhafte Stabilisierung ohne zusätzliche Maßnahmen zweifelhaft.

Geologische Grundlagen und Geschichte der Rutschung Wald - West und ihrer Sanierung, welche jetzt in ein quantitativ wie qualitativ neues Stadium tritt, wäre jedoch Thema eines weiteren Vortrages unter Einbeziehung verschiedener Blickwinkel.

### **3. SCHLUSS**

Die geotechnisch-baugeologischen Eindrücke und Erfahrungen aus dem Baulos Wald - Kalwang ließen sich hier nur ansatzweise wiedergeben. Zu den Wesentlichsten zählt wiederum die (keineswegs neue) Erkenntnis, daß sich durch sorgfältige ingenieurgeologische Kartierung, welche sich nicht nur auf den unmittelbaren Trassenbereich beschränken darf, wichtige Informationen schon im Planungsstadium gewinnen lassen; die

**Kosten der Geländebearbeitung liegen mit Sicherheit unter jenen für eine einzige Kernbohrung üblicher Tiefe.**

**Künftige Voraussetzung erfolgreicher und nutzbringender baugelogischer Arbeit wird aber auch die Entwicklung und/oder der Einsatz neuer Methoden der Aufnahme und Auswertung von Daten sein, wie es in der nachfolgenden Darstellung nur schlagwortartig und tunnelbezogen umrissen ist. Da dies vorwiegend eine Aufgabe der Hohen Schulen in Forschung und Lehre sein dürfte, muß deren Einbindung in die vielfältigen Erfordernisse und Probleme der Praxis gewährleistet sein.**

**Vorläufige Zielvorstellungen betreffen:**

**Geologisch-geotechnische Gebirgsansprache (a priori  
Wahrscheinlichkeit..., reliability...,  
Gebirgstypisierung mit expert systems...,  
Parametererhebung mit fuzzy reasoning...,  
Variabilitätsmaße..., Voraussage von Mehrausbruch/  
Überprofil..., Prognostizierbarkeit vom Gelände...,  
Homogenbereichs-Diskriminanzanalysen...,  
Test- und Versuchswesen: Zielvorgabe...,  
optimaler Querschnitt und Achsrichtung...,  
Vortriebsart/ -richtung...)**

**Aufwertung der Dokumentation (neue optische, opto-  
elektronische Aufnahmeverfahren..., EDV gestützte  
Darstellung..., gefügeabhängige Grenzbelastungs-  
analyse..., a posteriori Statistik und Prognose...,  
mode- Analyse potentieller/akuter Versagens-  
bereiche..., Verformungsinterpretation...,  
Langzeitverhalten...)**

**Erwarteter Nutzen:**

**Finanziell/materiell für AG und AN (Optimierung des  
Aufwandes..., Klassifizierungsgrundlagen...,  
Erkundungs- und Entscheidungsstrategien...,  
Risikoverteilung..., Kalkulation...)**

**International hohes Niveau (objektivierte geologische  
Grundlagen..., Parameterstudien..., Auslands-  
aufträge..., Vergleichbarkeit...)**

**Wissenserweiterung und Verfügbarkeit (Ausbildung...,**

numerische Methoden..., Ingenieur-Design...,  
back-analysis..., lernfähige Systeme, Datenpools...)

Mittels praxisbezogener akademischer Abschlußarbeiten wurde im Baulos Wald - Kalwang versucht, erste Schritte in obigem Sinne zu setzen und die gewonnenen Daten und Eindrücke weiter zu verwerten.

## **VERÖFFENTLICHTE UNTERLAGEN**

**FLÜGEL, H.W., NEUBAUER, F.R.:** Geologische Karte der Steiermark  
1:2000.000 (Hg. Geol. B.-A.).- Mitt. Abt. Geol.  
Paläont. Bergb. Landesmus. Joannenum 45, Graz 1984.

**GOODMAN, R.E., SHI, G.-H.:** Block theory and its application to  
rock engineering.- 338 pp., Englewood Cliffs, NJ  
(Prentice-Hall Inc.); 1985.

**SCHWAB, P.:** Autobahntunnel Wald - Baufortschritt und Besonderheiten.  
- Felsbau 10/1, 17-19; 1992.

**VAN HUSEN, D.:** Ein Beitrag zur Talgeschichte des Ennstales im  
Quartär.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 18, 249-286,  
Wien 1968.

**WALLBRECHER, E.:** Tektonische und gefügeanalytische Arbeitsweisen.  
- 244 pp; Stuttgart (F.Enke) 1986.

**Autor: Dr. F.J. Brosch**  
**Inst f. Technische Geologie u.**  
**Angewandte Mineralogie, TU Graz**  
**Rechbauerstraße 12**  
**8010 Graz**