

# Geologie und Geotechnik um die Altlast Langkampfen

S. EDER

## 1. Einleitung

### 1.1 Entwicklung der Altlast Langkampfen

Die Altlast Langkampfen, auch unter dem Namen „Deponie Elferbauer“ bekannt, liegt auf der orographisch linken Talseite des Inn. Sie stellt die Verfüllung einer ehemaligen Sand - Kiesgrube in einer Terrasse auf 480 505 m Seehöhe dar. Die genaue geographische Lage ist in Abb. 1 zu erkennen.

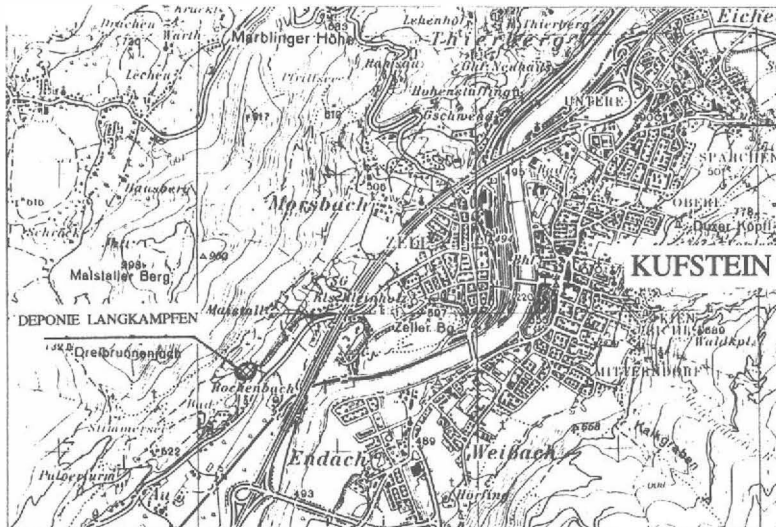


Abb. 1: Lagekarte

Abb. I: Geographische Lage

Nach Beendigung des Abbaus wurde eine 12 cm starke Sohlplatte betoniert und die unteren Bereiche mit Spritzbeton gesichert. Weiters wurde eine Hang- und eine Sickerwasserdrainage hergestellt. Von 1979 an wurde die Stadtgemeinde Kufstein zur Gänze auf besagte Deponie entsorgt. Es wurden vor allem Hausmüll und Klärschlamm, sowie in geringeren Mengen Industrie- und Gewerbemüll abgelagert. Die Deponie erreichte gegen Ende des Ablagerungszeitraums eine Fläche von ca. 15 000 m<sup>2</sup>. Die Fläche der Sohlplatte betrug hingegen nur 5800 m<sup>2</sup>. Es wurde stellenweise Müll direkt auf den gewachsenen Boden abgelagert. Bereits 1990 wurde eine Grundwasserkontamination durch die Deponie vermutet. Es wurden daher Pegel gebohrt und verschiedene hydrochemische Untersuchungen durchgeführt. Chemischer und biologischer Sauerstoffbedarf entsprachen den bei Hausmülldeponien üblichen Werten. Erhöhte Schwermetall- und Kohlenwasserstoffkonzentrationen wurden nicht festgestellt. Allerdings wurde eine stark erhöhte Leitfähigkeit durch Ammonium und Nitrationen beobachtet. Ein Vergleich mit unbelasteten, oberstromigen Pegeln ergab eindeutig eine Kontamination des Grundwassers und des in unmittelbarer Nähe befindlichen Rothenbachs durch die Deponie. Die Deponie Elferbauer wurde daraufhin mit Prioritätenklasse 2 in den Verdachtsflächenkataster des Umweltbundesamtes aufgenommen.

## **1.2 Sanierungs- und Sicherungsvarianten**

Es gilt zunächst zwischen Sanierung und Sicherung zu unterscheiden. Bei einer Sanierung wird der die Umwelt gefährdende Stoff entweder aus dem Untergrund entfernt oder durch chemische, biologische oder physikalische Verfahren in einen ungefährlichen Stoff umgewandelt. Eine Sanierung war in Langkampfen aus technischen Gründen nicht möglich. Ein Aushub mit anschließender Umlagerung wäre zu teuer gekommen. Eine Nachnutzung wäre nur in Form einer Inertstoffdeponie möglich gewesen, da kein wasserstauer Untergrund vorhanden war.

Es kamen daher nur Sicherungsvarianten in Frage. Bei der Sicherung einer Altlast wird der Schadstoff zwar im Boden belassen, jedoch

werden alle mögliche Kontaminationspfade - Boden, Wasser, Luft, unterbrochen. Der Schadstoff wird von seiner Umwelt abgekapselt, man spricht von einer Einkapselung. Dazu gehören in Langkampfen vertikale Dichtwände, eine Oberflächenabdichtung und eine Entgasungsanlage. Diese war nur zu Sicherungszwecken, nicht zur Energiegewinnung vorgesehen, da hierfür eine permanente Wasserzugabe in den Müllkörper („Reaktor“) erforderlich wäre, um eine Gasproduktion über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht zu erhalten.

### **1.3 Erkundungsmaßnahmen**

Nach der Projektierung der Einkapselung mittels vertikaler Dichtwände galt es, einen stauenden Horizont für die Einbindung der Dichtwand zu erkunden. Man ging von einer Einbindung der gesamten Wand in Fels aus, da andere Stauhorizonte in den ersten Erkundungsbohrungen nicht erkannt worden waren. Diese ersten Erkundungsbohrungen hatten jedoch alle auf Höhe der Sohlplatte geendet. Um den Verlauf der Felsoberkante erfassen zu können, wurden weitere fünf Bohrungen mittels Airliftverfahren und später mittels Im-Lochhammer abgeteuft. Daher waren die Aufschlußmöglichkeiten im überlagernden Lockermaterial begrenzt. Bei diesen Bohrungen wurde in etwa 30 m Tiefe ein Horizont aus Feinsanden und Schluffen entdeckt. Um diese Schicht, die im weiteren als Seeton bezeichnet wird, exakter zu erfassen, wurde eine zusätzliche Kernbohrung abgeteuft. Zusätzlich wurden geoelektrische und refraktionsseismische Untersuchungen durchgeführt. Bei den seismischen Erkundungen machten sich eine ungünstige Geophonaufstellung, die für eine Erfassung der Felsoberfläche ausgelegt war, und eine Störung der Wellen durch den Müllkörper unangenehm bemerkbar.

Die abgeteuften Bohrungen wurden sämtlich zu Beobachtungspegeln ausgebaut, um über die Grundwasserverhältnisse genauere Aufschlüsse zu gewinnen.

## 1.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Durch diese Pegelmessungen wurden drei getrennte Grundwasserhorizonte entdeckt.

1. Auf der Nordseite der Deponie befindet sich im Terrassenkörper eine Eintiefung. In dieser Senke liegt der Grundwasserspiegel an der Oberfläche. Bei einer ersten Geländeaufnahme zeigte sich, daß der Rothenbach bereichsweise auf einer Geländekuppe fließt. Durch umgestürzte Bäume oder durch Baumaßnahmen wurde der Bach bei Hochwasserereignissen in jene Senke umgeleitet, um stromabwärts liegende Gehöfte vor Überschwemmungen zu bewahren. Im letzten Jahrhundert befand sich in jener Senke ein See. Im Zweiten Weltkrieg wurde hier Torf gestochen. Der Torf bildet auch den Stauhorizont. Bei größeren Niederschlagsereignissen entspringt in der heute weitgehend trockengelegten und landwirtschaftlich genutzten Senke eine Wallerquelle.
2. Unter der Torfschicht fließt in einem mächtigen Sand - Kieskörper der Hauptgrundwasserstrom im Deponiebereich. Es handelt sich um einen flach geneigten Grundwasserkörper, der in nordöstlicher Richtung fließt und im Talboden in den Grundwasserbegleitstrom des Inn mündet. Durch die relativ geringe Durchlässigkeit dieser Schichten ( $k_f$  ca.  $10^{-6}$  m/s) kommt es zu einem Einstau von Teilen der Deponiesohle. Bei Grundwasserhöchstständen steht sogar die gesamte Deponiesohle unter Wasser. Dieser Hauptgrundwasserstrom wird im Liegenden durch den besagten Seeton begrenzt.
3. Unter dem Seeton wurde in mehreren Bohrungen ein weiterer Horizont mit gespanntem Wasser entdeckt. In zwei Bohrungen kam es zu einer Aufspiegelung von 6 m über die Oberkante des Seetons. Dieses gespannte Wasser belegt eine völlige Trennung der beiden tieferen Grundwasserhorizonte. Daraus, sowie aus der großen Mächtigkeit des Seetons bis zu 15 m und seiner großen lateralen Verbreitung wurde auf eine großflächige Auflage des

Seetons auf die Felsoberfläche geschlossen. Weitere Untersuchungen ergaben günstige Bedingungen für eine Einbindung der Dichtwand in den Seeton.

## **2. Bautechnische Grundlagen**

### **2.1 Verfahren zur Herstellung vertikaler Umschließungen**

Vertikale Dichtwände können auf verschiedene Arten hergestellt werden als Bohrpfahlwände, Schmalwände, Spundwände, Injektionswände oder als Schlitzwände. Man unterscheidet Verfahren, bei denen der Boden verdrängt (z.B. Schmalwände) oder bei denen der Boden ausgetauscht wird (z.B. Schlitzwände).

Bodenaustauschverfahren bieten den Vorteil, Materialien mit genau definierten Eigenschaften in die Dichtwand einbauen zu können. In diesem Fall handelt es sich um sogenannten Erdbeton - ein Beton, dem Bentonit beigegeben wurde, um einen  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s zu erreichen. In besonderen Fällen können auch spezielle Dichtfolien (Geotextilien) eingebaut werden. Die Schlitzwandtechnik bietet durch spezielle Aushubwerkzeuge (Schlitzwandfräse) die Möglichkeit, auch in Festgesteine einbinden zu können, während bei Spundwänden bereits Findlinge größere Probleme bereiten. Weitere Vorteile sind, daß bei Schlitzwänden ständig Material an die Oberfläche gefördert wird und von einem Geologen untersucht werden kann. Diese ständige Kontrolle der Einbindehorizonte gehört zu den Hauptaufgaben einer geotechnischen Bauaufsicht. Weiters kann bei Schlitzwänden die Vertikalität permanent überprüft werden. Auch diese Aufgabe wurde in Langkampfen von der geotechnischen Bauaufsicht wahrgenommen.

### **2.2 Grundlagen der Schlitzwandtechnik**

Schlitzwände werden bereits seit dem letzten Jahrhundert eingesetzt und erlebten ihren bisher größten Einsatz im Talsperrenbau. Grundprinzip ist der Aushub des Bodens mittels Greifer oder Fräse. Während des Aushubs wird der Schlitz durch eine Stützsuspension

aus Bentonit gestützt. Bentonite gehören zu den hochquellfähigen Tonmineralen der Smektitgruppe und entstehen u.a. bei der Verwitterung vulkanischer Aschen. Nach dem Aushub wird ein Schüttrohr in den Schlitz eingeführt und von unten nach oben betoniert. Die steigende Betonsäule verdrängt bei diesem Zwei-Phasen System die Suspension, die abgepumpt und regeneriert wird. Beim Ein-Phasen System wird der Suspension Zement beigefügt. Ein gravierender Nachteil bei diesem System ist eine Vermengung von Dichtwandbeton und kontaminiertem Material. Eventuelle dichtwandaggressive Materialien können so ins Innere der Wand gelangen und den Beton von innen her zermürben. Weiters wird der Aushub bei tiefen Schlitzern langwierig und bei eventuellen Unfällen kann es zu einem Verlust des Aushubwerkzeugs kommen.

### **2.3 Fugenproblematik bei Schlitzwänden**

Die Herstellung einer Schlitzwand erfolgt abschnittsweise in Elementen und Stichen. Ein Stich umfaßt immer die Länge des Aushubwerkzeugs. Zunächst werden zwei Primärstiche und in einem Schritt der verbliebene Steg ausgehoben. Der ganze Aushub wird in einem Zug betoniert, man spricht von einem dreistichigen Element. Zwischen zwei Primärelementen bleibt wiederum ein sogenanntes Sekundär- oder Finalelement übrig, welches wiederum ein oder dreistichig sein kann. Beim Betonieren werden eventuell in der Suspension abgesessene Sande und Feinteile durch die steigende Betonsäule an den Rand des Schlitzes gedrängt. Bei Finalelementen bildet sich so eine Fuge. Bei der Sanierung der Altlast Laakirchen in Oberösterreich wurden in 6 m Tiefe noch bis zu 30 cm mächtige Fugen aus Feinteilen und Sand angetroffen. Über deren Vorhandensein in größerer Tiefe und deren Langzeitverhalten konnten keinerlei Aussagen gemacht werden. Um solche Fugen in Langkämpfen von vornherein zu verhindern, wurden verschiedene Maßnahmen getroffen. Sämtliche Finalelemente wurden einstichig hergestellt, da es die Zeit zwischen Aushub und Betonieren möglichst zu minimieren gilt, um den Feinteilen keine Möglichkeit zum Absetzen zu geben. Weiters wurde vor dem Betonieren die Arbeitssuspension gegen eine Betonier-suspension ausgetauscht, da

eine alte, bereits lange eingesetzte Stützsuspension die Entstehung von großen Fugeninhomogenitäten begünstigt. Die Qualität dieser Suspension wurde ständig vor der Freigabe zum Betonieren durch die geotechnische Bauaufsicht kontrolliert. Die Suspension wurde in ein bis zwei Tiefenstufen auf insgesamt sechs Parameter (Dichte, Sandgehalt, Viskosität, Fließgrenze, pH-Wert und Filtratwasser) untersucht.

## **2.4 Fräswerkzeuge**

Der Felsaushub erfolgte mit einer Schlitzwandfräse. Die Fräse wurde aus Erfahrungen im Tunnelbau entwickelt. Zwei Fräsräder, welche mit verschiedenen Fräsworkzeugen bestückt sein können, lösen permanent Material vom Boden des Schlitzes. Größere Brocken werden zerbrochen und am Saugkasten durch starke Pumpen im Suspensionsstrom aus dem Schlitz befördert und zur Separationsanlage transportiert. Hier werden die mitgeführten Materialien auf zwei Sieben in Sand- und Kiesfraktion getrennt aus der Suspension entfernt. Die Suspension wird dann wieder zurück zum Schlitz befördert. Der Suspension kommt beim Fräsbetrieb eine dreifache Bedeutung zu: Materialtransport aus dem Schlitz heraus, Stützwirkung des Schlitzes und Kühlung der Fräsräder. Dabei wird die Suspension stark belastet und immer dünnflüssiger. Sand setzt sich sofort ab, die Stützwirkung nimmt ab, die Gefahr von Bentonitstürzen steigt. Nimmt der Boden wenig Suspension auf, nimmt die Gesamtmenge also nicht ab, muß Bentonit entsorgt werden. In Langkampfen wurden mittels einer Zentrifuge die Tonminerale und das Wasser getrennt. Erstere kamen auf die Deponie, letzteres wurde in kleinen Mengen, wegen seines hohen pH-Werts, ins Kanalnetz entsorgt.

In Langkampfen kamen zwei völlig verschiedene Fräsworkzeuge zum Einsatz. Einerseits diverse Arten von konventionellen Fräsworkzeugen, andererseits Rollmeißel, welche für Hartgesteine entwickelt worden waren. Mit den Zähnen können neben z.B. Schlier auch Konglomeratbänke o.ä. problemlos durchörtert werden. Der in

Langkampfen angetroffene Dolomit machte sich jedoch durch einen erhöhten Verschleiß und einen durch Reparaturen stark reduzierten Fräsfortschritt bemerkbar. Bei den Rollmeißeln wurden im Laufe der Bauarbeiten vom Entwicklerteam der Firma Bauer in Schrobenshausen/Deutschland laufend Verbesserungen vorgenommen. Insgesamt kamen in Langkampfen vier verschiedene Versionen von Rollmeißeln zum Einsatz. Bei der ersten Version traten zum Teil gravierende Probleme auf. Obwohl die Schneidelemente aus Hartstahl unbeschädigt waren, brachen die Rollen und die Meißel gingen im Schlitz verloren. Obwohl sie zum Teil geborgen und regeneriert werden konnten, war der Beginn der Bauarbeiten durch lange Stehzeiten, erhöhten Verschleiß und äußerst geringen Fortschritt gekennzeichnet. Die weiteren Rollmeißelversionen waren mit seitlichen Schneidrollen, verschieden großen Entlastungsrollen und bei einer letzten Version mit doppelten Lagern ausgerüstet. Diese Fräswerkzeuge zeigten sich den vorherrschenden geologischen Bedingungen gewachsen.

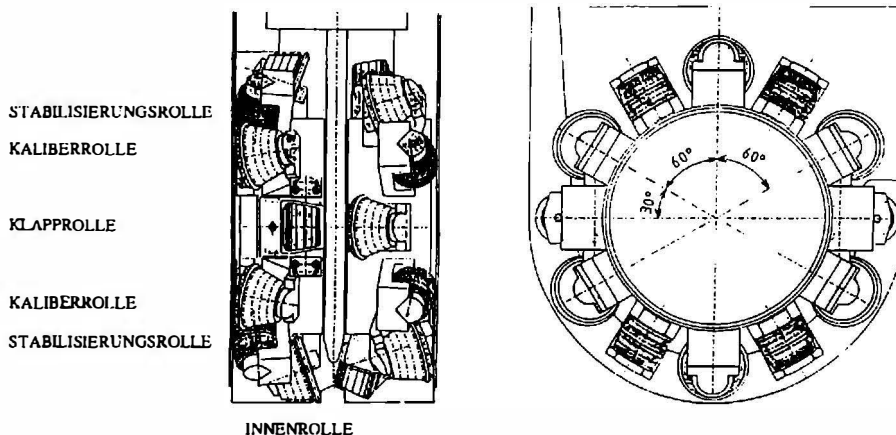


Abb.2: Neuentwickelte Rollmeißel der Fa. Bauer



### **3. Geologie**

#### **3.1 Geologisches Umfeld**

Die Deponie Langkampfen liegt im Bereich der Nördlichen Kalkalpen. Der Inn durchbricht diese Barriere zwischen dem Kaisergebirge im Osten und den Ausläufern des Brandenberger Gebirges und der Thierseer Berge im Westen. Zu diesem Gebiet zählt auch jener Felsrücken, in dem ein Teil der Dichtwand eingebunden wurde.

Der Bereich westlich des Inns wird, eine Bezeichnung Tollmanns (1985) übernehmend, als Guffert-Pendling Antiklinale bezeichnet. Sie wird aus steilgestelltem Wettersteinkalk im Kern und ebenfalls steilgestellten Schichten aus gebanktem Hauptdolomit aufgebaut. Die Schichten des Karns (Raibler Schiefer) wurden tektonisch ausgequetscht. Der Wettersteinkalk baut die imponierende Nordwand des Pendlings und kleinere Wände am Maistaller Bergs auf. Der Hauptdolomit ist intensiv geklüftet und bereichsweise intensiv verwittert. Weiters treten noch Neokome Mergel der Thierseer Mulde und bereichsweise Gosaukonglomerate auf, die posttektonisch über Hauptdolomit und Wettersteinkalk abgelagert wurden. Diese Gesteine spielen allerdings für die geotechnische Betrachtung der Baustelle keine Rolle und werden daher hier nicht weiter beschrieben.

#### **3.2 Einbindehorizonte**

##### **3.2.1 Hauptdolomit**

Es handelt sich um graue bis hellbeige Dolomite, mit einer einachsialen Druckfestigkeit von ca. 80-100 kN/m<sup>2</sup>. Problematisch war weniger die Härte als die bereichsweise starke Neigung der Schichten. Im Längenschnitt betrug die maximale Neigung 55°. In Bohrungen waren stellenweise mylonitisierte Zonen angefahren worden. Da nur unverwitterter, d.h. ungeklüfteter Fels eine ausreichende wasserstauende Eigenschaften besitzt, wurde die Einbindetiefe zunächst mit 5 m festgesetzt. Da die Felsqualität über

größere Strecken besser als erwartet war, wurde die Einbindetiefe im Verlauf der Bauzeit auf 3 m reduziert. Eine weitere Reduktion war wegen diverser Unsicherheiten nicht möglich.

Die Ansprache des Materials erfolgte anhand des auf dem Grobsieb der Separationsanlage angelieferten Materials. Je nach eingesetztem Fräswerkzeug unterschied es sich erheblich voneinander, was die Beurteilung erschwerte. Die Fräszähne lieferten bis zu faustgroße Brocken. Beim Rollmeißelbetrieb wurden nur mehr etwa schillinggroße, flache Cuttings, sogenannte Chippings gefördert. Die Fräszeiten dienten ebenfalls der Beurteilung der Felsqualität, allerdings hängen sie neben dem Abnutzungsgrad des Werkzeugs auch sehr stark vom Fahrstil des Gerätefahrers ab. Im Durchschnitt wurden für 10 cm Fräsfortschritt etwa 10-15 min. benötigt. Die Zeiten konnten allerdings auch bis zu einer Stunde für 10 cm betragen. Ein einmal genannter Richtwert, wonach 5 min. Fräsdauer für 10 cm Fortschritt einen kompakten, gesunden Fels anzeigen, konnte in Langkämpfen in keiner Weise festgestellt werden, da dieser Richtwert sogar im Lockermaterial (Seeton oder Sande-Kiese) um bis zu 5 min. überschritten wurde und zwar sowohl mit Zahnbesatz als auch mit Rollmeißelbesatz.

### **3.2.2 Seeton**

Beim Seeton handelt es sich um eine Abfolge aus Feinsanden und Schluffen. Als Kriterium für die Einbindung wurde ein Schluffgehalt von mindestens 30 % in einem Element festgelegt. Die Beprobung erfolgte direkt in einer Mulde, mit der das Material auf die Halde befördert wurde. Etwa alle Meter, ab Erreichen des Seetons, wurde eine Probe gezogen. Drei Proben wurden durch ein Labor in Langkämpfen auf Schluffgehalt und Wassergehalt untersucht. Kontrollmessungen wurden durch die Materialprüfanstalt Tauernplan in Straß oder direkt auf der Baustelle durch die geotechnische Bauaufsicht durchgeführt. Pro Probe wurde ein Mindestschluffgehalt von 25 % gefordert. Bis auf eine Probe wurde dieser Wert von allen Proben erreicht. Der Durchschnittswert aller Proben von 30 % Schluff wurde in allen Fällen erreicht. In den Seeton wurde 5 m tief eingebunden. Bei einer Zwischenschaltung von mächtigeren

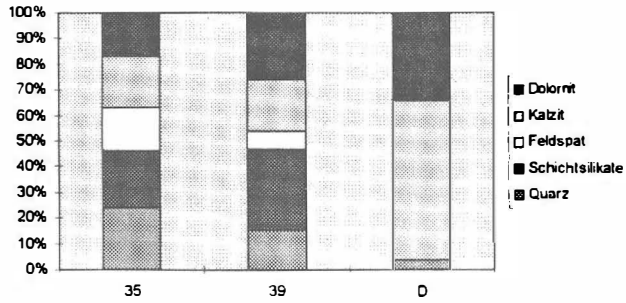
sandigeren Schichten wurde diese Einbindetiefe gegebenenfalls erhöht.

Die schluffigen Anteile des Seetons zeichneten sich durch eine rötlichbraune oder graublaue Färbung je nach Verfügbarkeit von Sauerstoff aus. Überlagert wurde er von bereichsweise festgelagerten Sanden und Kiesen. Während des Baustellenbetriebs und im Zuge der Geländekartierung wurde in mehreren Aufschlüssen eine Kreuz- und Schrägschichtung in den Sanden und Kiesen beobachtet. Weiters fiel bei den, den Seeton überlagernden Schichten das unmittelbare Nebeneinander von feinsandigen bis grobkiesigen Schichten auf. Eine Gradierung wurde nicht festgestellt. Vermutlich entstanden diese Schichten im Zuge der letzten Eiszeit, als der Inn in der Enge von Kufstein gestaut wurde. Hier verbleibt dem Inn nur wenig Raum zwischen dem Festungsberg von Kufstein und dem Zeller Berg, die beide aus Hauptdolomit aufgebaut werden. Zusätzlich münden in diesem Bereich mehrere Bäche in den Inn, die mit ihren Schwemmkegeln den Hauptfluß zusätzlich gestaut haben dürften. Im ruhigen Bereich dieses Stauwassers wurde der Seeton abgelagert und später durch gröberklastische Sedimente überdeckt. Durch das Abschmelzen der Eismassen stieg die Schuttproduktion stark an. Diese Sande und Kiese stellen die Füllung des Beckens dar. Die Kreuzschichtung dürfte durch das Verfüllen von Gerinnen (Channel filling) zustande kommen. Danach ließ die erhöhte Schuttproduktion wieder nach und der Fluß begann sich sein heutiges Bett zu graben, indem er Teile der Ablagerungen wieder erodierte und so die heutige Gliederung in drei Terrassen schuf.

Der Seeton (Proben 35, 39) wurde nach Abschluß der Baustelle im Labor des Instituts für Angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur Wien auf seinen Bestand an Mineralien allgemein und Tonminerale im Speziellen untersucht. Weiters wurde eine röntgendiffraktometrische Untersuchung von Grundmoränenmaterial (Probe D) durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den folgenden Abbildungen graphisch dargestellt.

### Gesamtmineralbestand



### Tonmineralanalyse

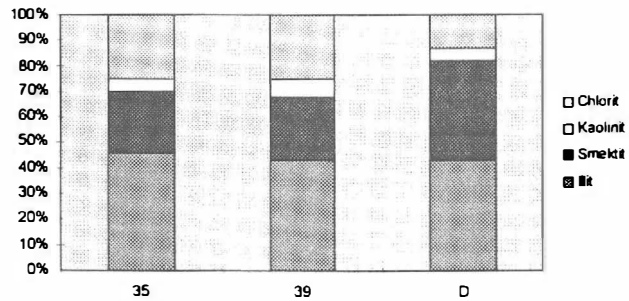


Abb.3: Ergebnisse der mineralogischen Untersuchungen

## **4. Bauablauf**

### **4.1 Eingesetzte Maschinen**

Die ausführende Firma stellte den Antrag, den Bereich der Seetoneinbindung mit einem Seilgreifer mit der Öffnungsweite von 4,2 m herzustellen. Für die Herstellung der für die Fräse notwendigen Mindestdtiefe von 4 m wurde ein zweiter Seilgreifer mit einer Öffnungsweite von 2,8 m eingesetzt. Erst nach diesem sogenannten Vorgreifern konnte die Fräse, eine Bauer BC 30, zum Einsatz kommen. Für diese Aushubgeräte standen drei Trägergeräte zur Verfügung. Es handelte sich um zwei Liebherr 852 mit 56 t Gewicht für die beiden Greifer und um einen Liebherr 882 mit 95 t Gewicht, der das enorme Gewicht der Fräse ( bis zu 43 t) zu tragen hatte.

### **4.2 Bauablauf**

Die Bauarbeiten begannen im Oktober 1995. Zunächst wurden zwei Probeabschnitte, bestehend aus je zwei Primärelementen und einem Sekundärelement, hergestellt. Beim Greiferbetrieb für die Seetoneinbindung gab es keinerlei Probleme. Der Seeton wurde im großen und ganzen in der erwarteten Tiefe angetroffen. Aufgrund seiner steigenden Tendenz in Richtung der Felsoberfläche konnten mehrere zusätzliche Elemente mit dem Greifer hergestellt werden. Einziges Problem war der Suspensionsaustausch. Der zunächst eingesetzte Schlauchwagen besaß eine zu geringe Pumpenleistung. Erst im Laufe der Baustelle wurde eine zufriedenstellende Methode entwickelt. Zunächst wurde der Austausch mit der Fräse bewerkstelligt.

Größere Probleme traten beim Fräsbetrieb auf. Wie bereits erwähnt, gelang es zu Beginn der Bauarbeiten nicht, die technischen Probleme im bereichsweise stark geneigten Fels zu lösen. Die Neigung der Felsoberfläche wechselte stark. Zwischen relativ flach geneigten Bereichen traten in zwei Elementen Steilstufen von über 70° auf. Verbunden mit den technischen Problemen der ersten Rollmeißelversion und mehreren Schäden kam es bei der

Felseinbindung nur zu relativ geringen Fortschritten. Hinzu kam, daß es nicht gelang, die geforderten Kriterien bezüglich der Vertikalität zu erfüllen.

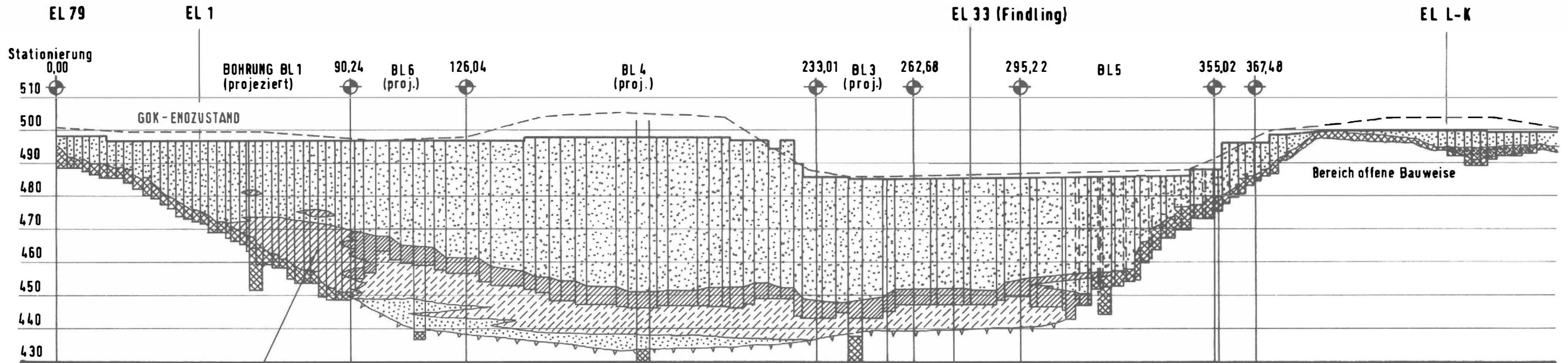
Die Überprüfung der Vertikalität erfolgte mittels eines sogenannten Kodengeräts. Dieses Gerät japanischer Bauart wurde ursprünglich für den Pfahlbau entwickelt. Es zeichnet die Reflexionen eines Ultraschallimpulses auf und liefert so ein Bild der Wände des Schlitzes. Als Minimalkriterium wurde festgelegt, daß die Wandstärke 20 cm an keiner Stelle unterschritten werden dürfe. Dazu konnte es kommen, wenn bei tiefen Elementen ein Stich extrem nach außen und der zweite extrem nach innen abwich. Um dem vorzubeugen, durfte kein Schlitz mehr als 0,4 % seiner Tiefe aus der Vertikalen abweichen. Beim Fräsbetrieb in geneigtem Fels war dieses Kriterium nicht zu erfüllen. Sobald die Fräse auf den Felsen auftraf, rutschte sie ab. Es wurde daraufhin vereinbart, dieses Kriterium immer nur in Relation zu seinem Nachbarlement zu sehen. Bei gleichgerichteter Abweichung wurde die geforderte Wandstärke an allen Stellen bei weitem erreicht.

Der Fortschritt beim Fräsbetrieb wurde erst besser, als nach der Weihnachtspause neue Rollmeißel und stärkere Fräsgetriebe montiert wurden. Um der Fräse ein ruhigeres Laufen zu ermöglichen, wurde der Ballast erhöht. Das Gewicht der Fräse erhöhte sich von 33 auf über 40 t.

Beim Greiferbetrieb kam es nur zu einem einzigen größeren Zwischenfall. Im El. 33 biß sich der Greifer 4 m unter der Seetonoberkante in einem Hindernis fest und ließ sich nicht mehr heben. Als er nach mehreren Versuchen geborgen wurde, brachte er Brocken aus Dolomit an die Oberfläche. Das Hindernis wurde als Driftblock im Seeton interpretiert.

Nach einwöchiger Pause, in der die neueste Version der Rollmeißel mit doppelten Lagern montiert wurde, kam auch der Fräsbetrieb rasch zum Abschluß und im März 1996 war die Einkapselung vollendet.







## Längenschnitt der Deponie Langkampfen entlang der Dichtwandachse



### Übergangsbereich Seeton/Fels

Schluff- und feinsandreicher Kies, lagig-linsige Ausbildung, sehr dicht gelagert, durch Fräsbetrieb homogenisiertes Material.

### LEGENDE:

- |   |                               |   |                                |
|---|-------------------------------|---|--------------------------------|
|  | SAND, KIES                    |  | MORÄNE                         |
|  | SEETON (aufgeschlossen)       |  | ÜBERGANGSBEREICH SEETON / FELS |
|  | SEETON (nicht aufgeschlossen) |   |                                |
|  | FELS (Dolomit)                |   |                                |

### **4.3 Alternativbauweise auf der Westseite der Deponie**

Auf der Westseite der Deponie wurde der Fels bereichsweise direkt an der Oberfläche oder knapp darunter angetroffen. Da die Fräse 4 m Überlagerung für ihren Einsatz benötigte, mußte in diesem Bereich eine Alternativmethode gefunden werden.

Man beschloß mittels gefrästen Elementen zu arbeiten, um über den Grundwasserschwankungsbereich hinauszukommen. Wo der Fels nahe der Oberfläche lag, sollte die mineralische Dichtschicht direkt an den Felsen angebunden werden. Der Übergang sollte mittels dreiecksförmigen, geschalteten Elementen hergestellt werden.

Das überlagernde Lockermaterial wurde entfernt, lockeres verwittertes Felsmaterial abgeschremmt und in den festen, ungeklüfteten Fels eingebunden. Um den Verlauf der Felsoberkante zu erkunden, wurden mehrere Suchschlitze mit einem Löffelbagger hergestellt. Beim Aushub kamen bis zu zwei Meter lange, gerundete Blöcke aus Kristallin und Dolomit zum Vorschein.

Einige waren zu sogenannten Geschiebeleichen verwittert. Die einzelnen Mineralkörner ließen sich mit der bloßen Hand aus dem Verband lösen. Auch bot diese großflächige Felsfreilegung die Möglichkeit, die Felsqualität vor Ort zu begutachten. Man kann in keiner Weise davon sprechen, daß im ganzen Gebiet nur guter Fels vorhanden war. Stellenweise mußte sogar das Schremmen reduziert werden, da sich im spröden Dolomit immer neue Klüfte zu öffnen drohten.



REGELQUERSCHNITT IM PROFIL P3  
M 1:100

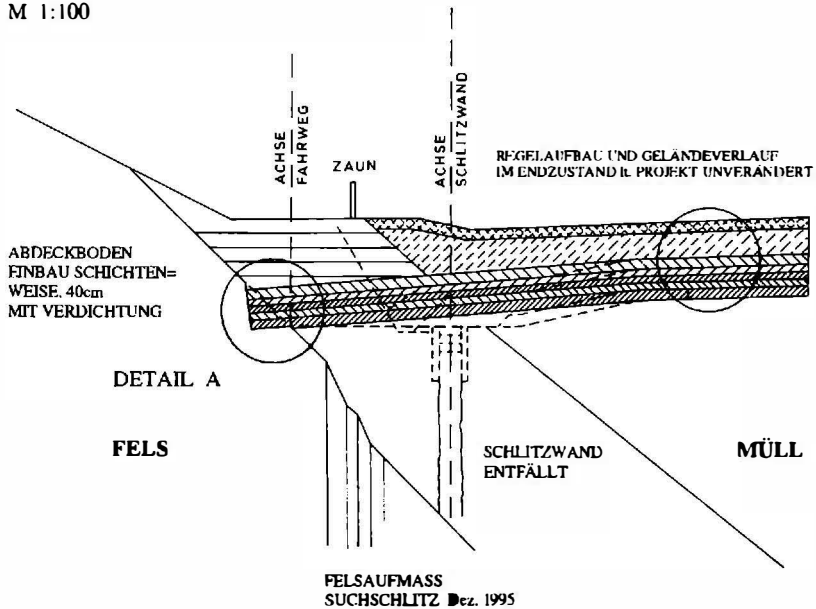


Abb. 4: Planliche Darstellung der Alternativbauweise

Auch zeigte sich das ausgeprägte Relief der Felsoberkante. Der Fels tauchte in einer Rinne ab, sodaß noch weitere 12 gefräste Elemente eingefügt werden mußten. In dieser Rinne war Grundmoränenmaterial eingetragen worden, welches mit ca. 50 % Schluffgehalt die Abdichtung erhöhte.

Anfang März wurden aber auch diese Arbeiten vollendet und die Dichtwandherstellung endgültig abgeschlossen.

**DETAIL ÜBERGANGSBEREICH  
GEFRÄSTE SCHLITZWAND -  
MINERAL. OBERFLÄCHENABDICHTUNG  
M 1:100**

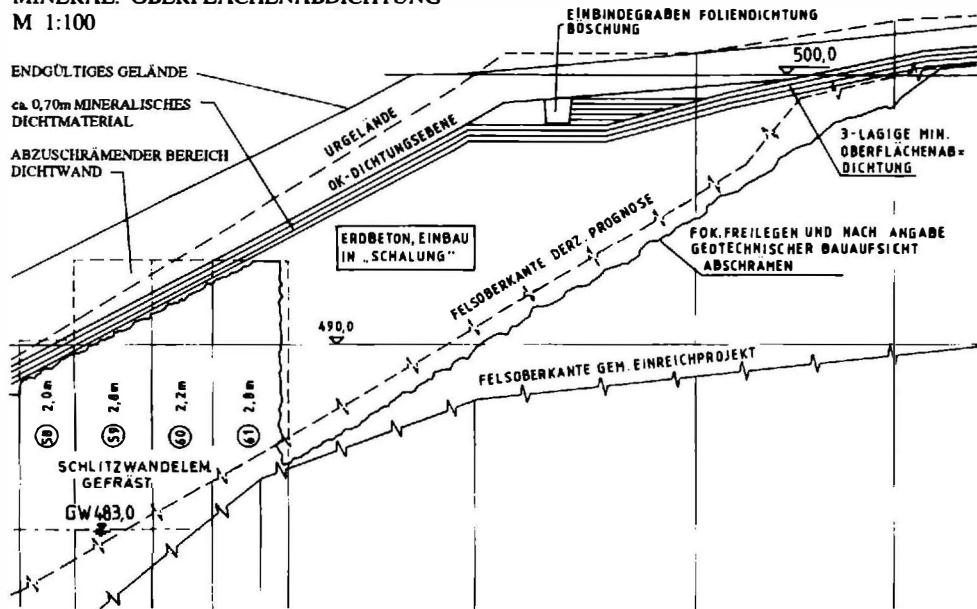


Abb. 5: Planliche Darstellung der Übergangselemente

## 5. Resümee und Ausblick

Nach dem Ende der Dichtwandarbeiten wurde im Frühjahr 1996 mit den ersten Pumpversuchen begonnen. Obwohl auf der Nordseite der Deponie das erwartete direkte Aufliegen des Seetons auf die Felsoberfläche nicht beobachtet werden konnte, zeigten die ersten Versuche doch einen Erfolg der gesetzten Maßnahmen. Es ist wahrscheinlich, daß stauende Feinsandschichten durch die Homogenisierung des Materials beim Fräsbetriebs nicht als solche angesprochen werden konnten. Auch ein Aufliegen des Seetons in größeren Tiefenstufen ist möglich. Dies konnte nicht festgestellt werden da, die Reichweite der Fräse auf ca. 48 m begrenzt war. Es ist also am wahrscheinlichsten, daß an der Übergangszone zum Fels eine feinklastische Schicht existiert, die als solche durch die Art des Aushubs nicht erkannt werden konnte. Die geologischen Verhältnisse sind in dem beiliegenden Längenschnitt ersichtlich.

Drei Freilegungen von Schlitzwandfugen zeigten, daß die gesetzten Maßnahmen zur Reduktion der Schlitzwandfugen ein voller Erfolg waren. Eine rückblickende Betrachtung der fast 200 Suspensionsbeprobungen ergab, daß die geforderten Werte in den allermeisten Fällen erreicht wurden.

Auch bezüglich der Vertikalität zeigte die permanente Überprüfung, daß die geforderten Kriterien schließlich in allen Elementen erfüllt wurden und so das endgültige Ziel - eine erfolgreiche Einkapselung und damit Sicherung der Deponie Elferbauer- erreicht wurde.

## 5. Literatur

Bauer Spezialtiefbau 1996: *Geräteprogramm*

Din 4126 und 4127: Schlitzwandtonc für stützende Flüssigkeiten

Fritsch, E. 1993: *Technischer Bericht zur Sanierung der Mülldeponie Langkampfen*, Unveröffentlichter Bericht, Ingenieurbüro Passer, Innsbruck 1993.

Mesek, H. 1984: *Dichtwände-Historischer Überblick und Stand der Technik*, Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, TU Braunschweig, Hcft. Nr 23 ,Braunschweig.

Ottner, F 1991 *Mineralogische und geochemische Untersuchungen an tonigen Barrieregesteinen von Deponieanlagen* - Dissertation, Inst.f. Bodenforschung und Baugeologie, Univ.f.Bodenkultur, Wien.

Plöchinger, B. 1980: *Die Nördlichen Kalkalpen.*( in: OBERHAUSER, R. (Red.): *Der geologische Aufbau Österreichs.* -700 S., 164 Abb.), 144ff., herausgegeben von der geologischen Bundesanstalt Wien, Springer Verlag Wien - New York, Wien 1980

Riepler, F 1993: *Endbericht über geologisch-hydrogeologische und geophysikalische Untersuchungen*, Unveröffentlichter Bericht, Firma Geoconsult, Salzburg 1993.

Riepler, F 1994: *Geologischer Bericht zu den Bodenerkundungen*, Unveröffentlichter Bericht, Firma Geoconsult, Salzburg 1994

Riepler, F 1995: *Bericht zur Sanierung der Mülldeponie Langkampfen Geologie. Hydrogeologie und Bodenmechanik*, Unveröffentlichter Bericht, Firma Geoconsult, Salzburg 1995.

- Schultz, I.W 1964: *Quantitative Interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical parts for the Pierre shale*, Geological Survey, Washington 1964
- Schönlaub, H.P. und Tenschert, E. 1994: *Erkundung und Modellierung im Grundwasserfeld Langkampfen, (Tirol)*, Hydrogeologie, Tagungsband der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1995
- Tollmann, A. 1985: *Geologie von Österreich, Band 2: Außerzentralalpiner Anteil.- XV+711 S., 286 Abb., 27 Tab.*, Deuticke, Wien.
- Wilmers, W. 1982: *Geologie des Ostendes der Thierseer Mulde*, Mitteilungen der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft Nr.43
- Zach, D. 1994: *Tonmineralogie für den Dichtwandbau Geotechnische Probleme im Deponie- und Dichtwandbau*, Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, TU Braunschweig Heft. Nr. 43, Braunschweig.

Autor:  
Mag. Stefan EDER  
A-4802 Ebensee, Bahnhofstraße 29