

**Die Geologischen Vorarbeiten und der Sondierstollen  
des Ennskraftwerkes Landl**

Mit 2 Taf. (Taf. 9 u. 10)

Von Georg Spaun

mit einem Beitrag von H. Kollmann

**Anschrift des Verfassers:**

5020 Salzburg, Kühbergstraße 48

Dr. Georg Spaun

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.	18. Bd.	1967	S. 341-366	Wien, Juli 1968
-------------------------------	---------	------	------------	-----------------

## Inhalt

Summary . . . . .	343
I. Zusammenfassung . . . . .	343
II. Einleitung . . . . .	343
III. Geologische Kartierung und Bohrungen . . . . .	344
IV. Geologischer Rahmen . . . . .	344
V. Varianten und Bohrergergebnisse . . . . .	346
1. Lage des Wehres . . . . .	346
2. Stollenvarianten . . . . .	347
3. Lage des Krafthauses . . . . .	348
VI. Sondierstollen . . . . .	348
1. Geologische Beschreibung des Sondierstollens . . . . .	348
2. Probleme der Alterseinstufung . . . . .	351
a) Haselgebirge . . . . .	351
b) Gutensteinerkalk . . . . .	352
c) Hauptdolomit . . . . .	352
d) Dachsteinkalk und -Dolomit . . . . .	352
e) Die Altersstellung der Gosauschichten im Stollen Landl von H. KOLLMANN . . . . .	353
3. Wasserverhältnisse . . . . .	358
4. Die geologische Vorhersage für den Sondierstollen Landl . . . . .	360
VII. Schlußbemerkung . . . . .	363
VIII. Literatur . . . . .	364

## **I. Zusammenfassung**

Bei der Projektierung und dem Bau des Ennskraftwerkes Landl spielten geologische Gesichtspunkte und Überlegungen eine große Rolle.

Das Wehr liegt in einem engen Durchbruch der Enns durch die Stirn der östlichen Ausläufer des Gesäuses, in dem an beiden Ufern Dachsteinkalk ansteht, die Felssohle liegt jedoch 35 m tiefer als das Flußbett unter Schotter begraben, wodurch besondere Gründungs- und Dichtungsmaßnahmen notwendig wurden.

Vor dem Ausbruch des 2617 m langen Triebwasserstollens wurde ein Sondierstollen vorgetrieben, der Haselgebirge in verschiedenen Zersetzungsgraden, Gutensteinerkalk, Hauptdolomit, Dachsteinkalk und -Dolomit sowie verschiedenartige Gosauablagerungen querte. Besonders in dem Haselgebirge und an tektonischen Grenzen traten große Schwierigkeiten beim Vortrieb auf. Die Sondierstollen und die in ihm angetroffenen Verhältnisse werden beschrieben.

Die Lage des Krafthauses wurde auf Grund von Aufschlußbohrungen bestimmt, um die Baugrubenumschließung und die Maschinenfundamente in festen Gosaumergel gründen zu können. Dadurch wurde auch erreicht, daß der Triebwasserstollen bis zum Schluß in anstehendem Gebirge verbleibt und nicht in Terrassenschotter austritt, wie es bei der ursprünglich geplanten Krafthauslage nicht zu vermeiden gewesen wäre.

### **Summary**

It is reported about the projecting works for the hydroelectric powerplant on the river Enns in Styria, where geological aspects have been very important to situate the barrage, the tunnel and the power-station. Especially difficult were the geological circumstances, when drifting the tunnel from the barrage to the power-station. This 2,6 km tunnel passes triassic and cretaceous formations with gypsum, limestone, marl, sandstone and conglomerat.

## **II. Einleitung**

Der Gedanke, direkt unterhalb von Hieflau ein Ennskraftwerk zu errichten, tauchte wohl zum ersten Mal im Zuge der Rahmenplanung für den Ausbau der Enns auf (H. GRENGG 1937).

Für den bei diesem Projekt notwendigen Triebwasserstollen wurden von J. STINI die ersten geologischen Stellungnahmen gegeben. Es war von Anfang an klar, daß dieser Triebwasserstollen die größten geologischen Schwierigkeiten von allen an der steirischen Enns geplanten Kraftwerkstufen bringen würde.

Unter der stets wohlwollenden und hilfreichen Anleitung und Aufsicht von Herrn Prof. Dr. DDr. h. c. E. CLAR hatte der Verfasser seit dem Jahre 1961 Gelegenheit, bei den Vorarbeiten und der Projektierung der Stufe Landl mitzuarbeiten, wofür Herrn Prof. CLAR vielmals gedankt sei.

Die Projektierungs- und Planungsarbeiten wurden von Herrn Baurat h. c. Dipl.Ing. DDr. E. FISCHER geleitet, der durch sein großes Verständnis für alle geologischen Probleme die Mitarbeit eines Geologen bei diesen Vorarbeiten ermöglichte. Der Verfasser hat Herrn Dr. FISCHER dafür sehr zu danken.

### III. Geologische Kartierung und Bohrungen

Der engere Bereich der gesamten Kraftwerksanlage wurde im Maßstab 1:5000 auf Kartenunterlagen der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitätswerke AG. aufgenommen. Die weitere Umgebung wurde in den Jahren 1961 bis 1963 im Rahmen einer Dissertation über die geologische Stellung der Großreiflinger Scholle und ihrer Umrahmung (unveröffentlichte Dissertation Universität Wien 1964) im Maßstab 1:10.000 kartiert. Für die Erkundung der verschiedenen Varianten für die Lage des Wehres, des Triebwasserstollens und des Krafthauses wurden von 1956 bis 1964 39 Bohrungen mit zusammen 1504 Bohrmeter abgeteuft, deren Verteilung auf die einzelnen Bauwerksabschnitte Tab. 1 wiedergibt.

Tabelle 1

		Anzahl der Bohrungen	lfm
Wehr	Lage I	13	407,3
	Lage II	6	187,5
Bahnverlegung		2	103,5
Stollen	Trasse I	7	422,5
	Trasse II	2	112,9
	Trasse III	2	73,0
Krafthaus		7	198,2
Zusammen		39	1504,6

### IV. Geologische Rahmen

Der Triebwasserstollen Landl durchquert den Grenzbereich zwischen der Deckeneinheit der Gesäuseberge und dem Schollengebiet der juvavischen Zone im Norden davon (Tafel 9 und 10). Typisch für die Gesäuseberge ist ihre mächtige und geschlossene Entwicklung der Mitteltrias. Über dem bis zu 500 m mächtigen Ramsaudolomit des Ladins liegt ein meist nur sehr schmales Band von Raibler Schichten (O. AMPFERER 1935), nur am Nordrand der Gesäuseberge, am Fuß der Almmauer und am Peterhals in der Wandau ist das Karn in Form der von H. KOLLMANN 1964 beschriebenen Opponitzer Schichten entwickelt. Es handelt sich dabei um

eine 100 bis 200 m mächtige Folge von dunklen Kalken, Dolomiten, Ton-schiefern und Sandsteinen. Darüber folgt Dachsteindolomit, der ohne scharfe Grenze in Dachsteinkalk übergeht. Dieses Schichtpaket erreicht im Gesäuse eine Mächtigkeit bis zu 1500 m (O. AMPFERER 1935). Der Dachsteinkalk zeigt meist eine sehr grobe Bankung, die in den Steilwänden des Gesäuses deutlich zu Tage tritt. Am Osthang des Peterkogels, den der Stollen unterfährt, liegt ein Rest liassischer Krinoidenkalke.

Die Gesäuseberge sind auf die nördlich von ihnen liegende juvavische Zone aufgeschoben. In diesem Bereich bilden Haselgebirge, Werfener Schichten, Kalke und Dolomite der mittleren Trias, sowie verschiedene Gosauablagerungen ein bunt durcheinandergewürfeltes Schollengebiet, in dem das plastische Haselgebirge die Grundmasse bildet, in der die einzelnen Schollen stecken.

Die im Vergleich zu den Steilabstürzen des Gesäuses sanfteren Hänge dieser Zone sind teilweise von mächtigen Schottern bedeckt, die von den Endmoränen lokaler Gletscher der Würmeiszeit ihren Ausgang nehmen.

Das Ennstal selbst ist über weite Strecken von mächtigen Terrassen-schottern der Würmeiszone erfüllt.

Die im allgemeinen einfach und regelmäßig gebaute Nordstirn der Gesäuseberge ist im Gebiet des Ennsdurchbruches in der Wandau stark gestört. Am Peterhals (Tafel 9) liegen mächtige Opponitzer Schichten, die hier von einer Nordwest-Südost streichenden Störung in diese hohe Lage gebracht worden sind. Diese Störung zieht vom Peterhals in südöstlicher Richtung zur Enns und hat an der Enns Opponitzerschichten soweit emporgehoben, daß diese heute neben Dachsteinkalk liegen.

Östlich dieser Störung senkt sich der aus Dachsteinkalk und -Dolomit aufgebaute Stock des Peterkogels steil zur Enns. In den Osthängen des Peterkogels liegen Krinoidenkalke, die mit einem Vorkommen am anderen Ufer der Enns eine Mulde im Dachsteinkalk bilden (W. FRANK 1914), deren Achse steil gegen Nordwesten ansteigt und am Nordhang des Peterkogels ausstreicht.

Der ganze Stock des Peterkogels ist zerhackt und von Störungen durchzogen und läßt nur selten Spuren einer ehemaligen Bankung erkennen.

In seinem Nordhang liegen Konglomerate, Sandsteine und Mergel der Oberkreide, die als westliche Ausläufer der Gosau des Beckens von Gams anzusehen sind. Die Ausbildung der Stirn der Gesäusedecke in diesem Bereich war für die Vorhersage der im Sondierstollen zu erwartenden Verhältnisse von größter Wichtigkeit. Das weite Emporreichen der verschiedenen gosauischen Gesteine am Peterkogel zusammen mit einem stellenweise zu beobachtenden Einfallen des Dachsteinkalkes gegen Norden ließen es möglich erscheinen, daß die Deckenstirn hier unter die Gosauablagerungen eintaucht. Dafür sprach auch die Lage des kleinen Aufschlusses von Gosaumergeln an der Enns knapp unterhalb der Ennsbrücke in Lainbach in unmittelbarer Nachbarschaft von Dachsteindolomit und -kalk. Im Gegensatz dazu standen Kartierungsergebnisse westlich des Peter-

kogels am Fuße der Almmauer und des Tamischbachturms (Kaswassergraben), wo Ramsau- bzw. Dachsteindolomit der Gesäusestirn auf Gosauschichten und Haselgebirge aufgeschoben sind. Die Auffahrung des Sondierstollens zeigte dann, daß auch am Peterkogel im Gegensatz zu den obertage sichtbaren Verhältnissen die Decke der Gesäuseberge auf Gosauablagerungen und Haselgebirge aufgeschoben ist. Nach dieser Aufschiebung muß dann noch eine kräftige Kippung des Peterkogelstockes gegen Osten stattgefunden haben. Auf den obertage relativ breiten Streifen von Gosau folgt gegen Norden, in vereinzelter Aufschlüssen sichtbar, Haselgebirge, in dem einige Schollen wechselnder Größe von Gutensteinerkalk auskartierbar sind. Die Nordhänge des Peterkogels tauchen unter eine gegen Westen ausgreifende Bucht von Terrassenschottern, die auf der anderen Seite vom Klammkogel begrenzt wird. Dieser Kogel ist als große, ganz aus Gutensteinerkalk aufgebaute Scholle von spindelartiger Gestalt mit einer Nordost-Südwest streichenden Achse allseits von Haselgebirge umgeben. Gegen Nordosten ist ihr als kleine Erhebung der sogenannte Hausbichl vorgelagert, der aus Haselgebirge, Gutensteinerkalk, Hauptdolomit und Gosaumergel besteht. Dieser Hauptdolomit deutet die Annäherung an die Landler Schuppe (A. TOLLMANN, 1964) an, die zum überwiegenden Teil aus Hauptdolomit besteht und bereits zu den voralpinen Deckeneinheiten gerechnet wird.

## **V. Varianten und Bohrergebnisse**

Bei Beginn der Projektierungsarbeiten für die Stufe Landl im Jahre 1961 war die ungefähre Lage des Krafthauses bei der Mündung des Haslingerbaches in die Enns feststehend. Eine größere Verschiebung kam wegen der großen Mächtigkeit der umgebenden Terrassenschotter und der Enge des Ennsbettes nicht in Betracht. Die Lage des Wehres und damit verbunden die Trasse des Triebwasserstollens wurden erst nach umfangreichen Voruntersuchungen endgültig festgelegt.

### **1. Die Lage des Wehres**

Bei der Wahl der Lage des Wehres waren vor allem drei Gesichtspunkte von Bedeutung: Die Fundierungs- und Einbindungsverhältnisse, die Dichtung des Untergrundes der Wehrstelle und der Bezug zur Bundesbahn. Bei der Enge des eigentlichen Ennstales, das hier als Schlucht zu bezeichnen ist, standen diese drei Faktoren stets in einem sehr engen Zusammenhang. Im Hinblick auf die Fundierung und die Abdichtung kamen vor allem zwei Stellen für die Errichtung des Wehres in die engere Wahl (Punkte I und II auf Tafel 9). Bei der Lage I knapp oberhalb der Bundesstraßenbrücke über die Enns steht an beiden Ennsufern Dachsteinkalk an, jedoch war durch Bohrungen aus den Jahren 1915 (A. TORNUQUIST) und 1958 bekannt, daß hier die Felssohle bis zu 35 m unter der heutigen Flußsohle liegt, woraus besondere Schwierigkeiten bei der Abdichtung des Wehres zu erwarten waren. Die Lage der Schienenoberkante der Bundesbahn 1,8 m unter dem geplanten Stauziel erfordert hier besondere Maßnahmen. Es wurden deshalb Möglichkeiten untersucht, die Bahn mit Hilfe

eines Tunnels aus dem Einflußbereich des Staues zu verlegen. Für die Erkundung etwaiger Tunneltrassen wurden zwei Bohrungen abgeteuft (W 1 und W 8 auf Tafel 9).

Die Wehrstelle II liegt ca. 1100 m flußaufwärts der Wandaubücke. Hier hat die Enns ihr Bett zur Gänze in dunkle Dolomite und Kalke der Opponitzer Schichten geschnitten, die am rechten Ufer jedoch nur wenige Meter über das Flußbett hinaufreichen, um dann unter den Terrassenschottern gegen Osten abzutauchen. Die 84 m tiefe Bohrung W 2 hat gezeigt, daß es sich hier um einen epigenetischen Durchbruch handelt (E. FISCHER & G. SPAUN 1964), bei dem das alte Flußbett ungefähr 100 bis 150 östlich der rezenten Enns liegen dürfte, wobei die alte Talsohle mindestens 20 bis 30 m unter der heutigen Flußsohle vermutet werden muß.

Bei der Wahl dieser Stelle wäre die Bundesbahn nicht wesentlich durch den Stau beeinflusst worden, auch die Dichtungs- und Gründungsmaßnahmen hätten, bedingt durch die seichte Felslage keinen besonderen Aufwand erfordert. Aus der Verschiebung des Wehres um etwa 1100 m flußaufwärts hätte sich aber eine Verlängerung des Stollens um mindestens 850 m ergeben (Variante III auf Tafel 9), bei der zu erwarten war, daß die Stollentrasse die vom Peterhals herunterziehende Störung mit einem sehr spitzen Winkel schneiden würde, wobei in den Tonschiefern der Opponitzer Schichten und an der Störung mit größeren technischen Schwierigkeiten gerechnet werden mußte.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte gemeinsam mit den durch die Verlängerung des Stollens ohnehin schon erhöhten Kosten wurde der Wehrstelle I bei der Wandaubücke der Vorzug gegeben.

## 2. Stollenvarianten

Mit der Festlegung des Wehres war auch die Einlaufseite des Triebwasserstollens fixiert.

Schon J. STINI hatte darauf aufmerksam gemacht, daß bei einer geradlinigen Stollenführung von dieser Wehrstelle zum Krafthaus (Variante II auf Tafel 9) damit gerechnet werden müßte, daß der Stollen über längere Strecken in Terrassenschotter geraten würde. Er schlug deshalb ein Ausweichen bergwärts in sicher anstehendes Gebirge vor.

Die Weiterentwicklung, die dem Stollenbau in den letzten Jahren durch die Verwendung von Spritzbeton gelang, ließ es möglich erscheinen, die teilweise verkitteten Terrassenschotter mit Kosten zu durchhörtern, die sich nicht wesentlich von jenen unterscheiden, die bei einem bergwärtigen Ausweichen durch die Verlängerung des Stollens um ca. 130 m entstehen würden. Bei diesem Ausweichen war außerdem damit zu rechnen, daß größere Strecken von Haselgebirge angetroffen werden würden. Die Erfahrungen bei dem Bau des Triebwasserstollens für das Ennskraftwerk Altenmarkt hatten gezeigt, daß in trockenem Haselgebirge auch große Profile ohne allzu große Schwierigkeiten ausführbar sind (R. BRATSCHKO & H. SEELMEIER 1961 und E. CLAR 1962), doch war in dem Schollengebiet mit seinem oftmaligen Wechsel sehr verschiedenartiger Gebirgsarten mit größeren Störungen und längeren Übergangszonen zu rechnen.

Von 1956 bis 1964 wurden zur Erkundung der Varianten I und II 9 Bohrungen mit zusammen 526 lfm niedergebracht. Diese Bohrungen zeigten, daß unter der Terrassenoberfläche sehr bald mächtige, kaum verfestigte Sande einsetzen, die außerordentliche Schwierigkeiten und hohe Kosten für einen Stollen von 6,5 m Innendurchmesser gebracht hätten. Bei der lockeren Lagerung dieser Sande mußte man außerdem annehmen, daß die im Stollen auftretenden Innendrucke von etwa 1 Atmosphäre nicht ohne weiteres von dem umgebenden Gebirge aufgenommen werden könnten, sodaß die Aufnahme dieses Innendruckes weitere Kosten erfordert hätte.

Auf Grund dieser Bohrerergebnisse und der geologischen Kartierung wurde die Stollentrasse schließlich so gewählt, daß sie aus dem Stock des Peterkogels austretend bei einer Mindestüberlagerung von 30 bis 40 m anstehendem Gebirge im Rand der schottererfüllten Mulde verbleibt und dann unter Ausnützung der Gutensteinerkalk-Schollen des Klammkogels und des Hausbichls in einem Bogen zum Krafthaus führt (Variante I auf Tafel 9). Um möglichst lange im anstehenden Gebirge zu verbleiben und nicht in die Terrassenschotter zu kommen, wurden die letzten 150 lfm des Stollens mit einem Gefälle von 7‰ vorgetrieben.

### **3. Lage des Krafthauses**

Die zur Erkundung der Untergrundverhältnisse des Krafthauses niedergebrachten Bohrungen zeigten, daß hier auf engstem Raum Haselgebirge, Gutensteinerkalk und Gosaumergel unter den Terrassenschottern anstehen und daß die Felsoberfläche steil gegen die Enns abfällt.

Durch ein Verschieben der Krafthauslage um ca. 50 m bergwärts wurde es möglich, mittels einer 14 m unter den Grundwasserspiegel hinabreichenden Betonschlitzwand als Baugrubenumschließung die Turbinenfundamente ganz in feste Gosaumergel einzubinden und dadurch die Wasserhaltung auf ein Minimum zu beschränken. Durch die Verlegung wurde außerdem erreicht, daß der Triebwasserstollen bis zu seinem Ende in festem Gosaumergel verbleiben kann, während bei der ursprünglich vorgesehenen Lage des Krafthauses mehrere Meterzehner Terrassenschotter zu durchfahren gewesen wären.

## **VI. Der Sondierstollen**

Um ein genaues Bild über die geologischen Verhältnisse schon vor dem Vortrieb des Vollaubruches des Triebwasserstollens, der einen Ausbruchquerschnitt von 7,0 bis 8,5 m aufweist zu erhalten, wurde die gesamte Stollenstrecke durch Sondierstollen in den Jahren 1964 und 1965 abgeschlossen.

### **1. Geologische Beschreibung des Sondierstollens**

Der Anschlagpunkt des Stollens liegt beim Wehr Wandau in Dachsteinkalk, der bis Station 680 reicht, wo er allmählich in Dachsteindolomit übergeht. In den Dachsteinkalk eingeschaltet finden sich häufig grünliche Ton-

lagen und zwei längere Strecken einer Breccie aus Dachsteinkalkbrocken in einem grüngrauen sandigen Bindemittel. In einigen der schmalen Tonlagen stecken gelegentlich kleine, gut gerundete Quarzgerölle mit einem Durchmesser bis zu etwa 3 mm. Dieses sandige Zwischenmittel der Breccie weist eine mäßige Verkittung auf, die sich unter längerer Wassereinwirkung auflöst.

In der 745 m langen Dachsteinkalk- und Dolomitstrecke ist keine sichere Bankung feststellbar, obwohl obertags die Schichtung sehr deutlich ausgeprägt ist. Es hat den Anschein, daß der ganze Stock des Peterkogels entsprechend seiner Position an der Stirn der Gesäusedecke stark zerklüftet und von einzelnen nicht genau lokalisierbaren Störungen durchzogen ist.

Auf die geschlossene Dachsteinkalk- und -Dolomitstrecke folgt ein etwa 10 m langer Span von stark gequetschten Gosau mergeln, aus denen der Stollen wieder in einen 40 m langen Abschnitt aus Dachsteindolomit gelangt.

Daran schließt sich eine 90 m lange Strecke von stark wechselnden Gosauschichten an. Es sind stark gequetschte, rote und schwarze Mergel, in die gelegentlich kleinere Schollen von bunten Breccien und Konglomeraten eingeschaltet sind. Bei Station 890 erreicht der Stollen erstmals Haselgebirge, in dem er bis Station 1020 verbleibt.

Das Haselgebirge besteht hier aus einem Gemisch von Ton, Gips und Sandsteinbrocken. Der Gips tritt in Form von verschiedenen großen Brocken oder als Ausfüllung von Klüften auf, auch in den benachbarten Gosau mergeln findet er sich gelegentlich als Klüftfüllung. Die Sandsteinstücke sind meist klein und treten gegenüber verschieden großen harten Tonknollen mengenmäßig stark zurück. Diese Gesteinsbruchstücke liegen in einer Grundmasse von grünem Ton. In der ganzen Haselgebirgsstrecke liegen immer wieder größere und kleinere Schollen von mürben, sandigen Gosau mergeln und deuten auf die große tektonische Beanspruchung und Durchbewegung an der Basis der Deckenüberschiebung hin.

Von Station 1020 bis 1280 liegt der Stollen in Gosauschichten. Es sind hier zum überwiegenden Teil dunkle sandige Mergel mit häufigen Einlagerungen von exotischen Geröllen. Zwischen Station 1100 und 1150 werden sehr weiche, grünlich-graue stark sandige Mergel mit einer gut erhaltenen Schichtung durchfahren. Gemeinsam mit diesen schwach verfestigten Mergeln treten kaum verkittete Quarzschotterlagen auf, in denen sich zahlreiche Austernschalen finden. Alle diese Mergel streichen ungefähr Ost—West mit einem Mittelsteilen bis flachen Einfallen gegen Süden. Sie werden häufig von Quetschzonen durchzogen, in denen die Mergel in Klüftkörper verschiedenster Größe zerlegt sind. Vor allem in der Strecke der weichen Mergel und der Quarzschotter traten bedeutende Druckerscheinungen auf, die zu starken Einbauten zwangen. Bei Station 1280 grenzen die Gosau mergel an ausgelaugtes Haselgebirge.

Dieses ausgelaugte Haselgebirge ist braun bis blaugrau, frei von Gips und meist feucht. In ihm stecken Schollen verschiedenster Größe von

Gutensteiner Kalk, die meist vollkommen zu Grus zerbrochen sind, wobei gelegentlich noch die ehemalige Bankung und das kalziterfüllte Kluftnetz zu erkennen sind. Diese Kalkeinschlüsse bilden in dem lehmigen und deshalb ziemlich wasserdichten zersetzten Haselgebirge Wasserwege und Wasserspeicher, von denen aus die Zersetzung und Auslaugung ihren Ausgang nimmt.

Zwischen Station 1313 und 1323 und von 1370 bis 1427 verursachten derartige Kalkeinschlüsse größte Schwierigkeiten beim Vortrieb des Sondierstollens. In dieser Strecke wurde scheinbar die untere Grenze einer Auslaugungszone angefahren, in der das Haselgebirge vollkommen in nassen braunen Lehm umgewandelt ist, wobei Reste der ehemaligen Struktur nicht mehr zu erkennen sind. Der Gutensteinerkalk ist hier zu einem feinen Kalkgrus zerfallen.

Die Grenze zum unveränderten, gipsreichen Haselgebirge, die auf längere Strecke in der unteren Sondierstollenhälfte angefahren wurde, ist als 30 bis 50 cm breite Zone von braunem feuchtem Haselgebirge ausgebildet, unterhalb der keine Veränderungen des Gesteins feststellbar sind.

Nach Verlassen der Auslaugungszone kommt der Stollen wieder in trockenes Haselgebirge mit viel Gips. Zahlreiche Pseudomorphosen nach Steinsalz deuten hier auf eine ehemalige Salzföhrung hin.

Der Übergang zu den folgenden roten Gosauergeln erfolgt ab Station 1473 in einer etwa 6 m breiten Strecke, in der Haselgebirge und Gosauergel mit exotischen Geröllen intensiv verschuppt sind. Bemerkenswert ist, daß in diesem Verschuppungsbereich sich Acteonellen erhalten konnten.

Von Station 1512 bis 1790 durchfährt der Stollen dunkle, harte Gosauergel, in denen manchmal leichte Zerrüttungszonen auftreten. Im Übergangsbereich zu Haselgebirge von Station 1790 bis 1812 sind die Mergel stark zerdrückt und von schmalen Haselgebirgsfetzen durchzogen. Bis Station 1956 folgt wieder trockenes Haselgebirge mit Gips, in dem bei Station 1880 in Klüften etwas Salz vorkommt und in das bei Station 1850 kleine Schollen von sandigem Mergel eingeschuppt sind. Bei Station 1956 wird das Haselgebirge wieder feucht und zeigt ähnliche Umwandlungs- und Zersetzungserscheinungen wie bei Station 1300. Auch hier verursachen Einschlüsse von Gutensteinerkalk gelegentlich Wasserzutritte.

Auf dieses ausgelaugte Haselgebirge folgt bei Station 2015 eine Strecke, in der verschiedengroße Blöcke von Hauptdolomit, deren Zwischenräume mit braunem Lehm ausgefüllt sind, dem Stollenvortrieb große Schwierigkeiten bereiteten. Mit einer im spitzen Winkel zur Stollenachse verlaufenden Grenzlinie schließt Gutensteinerkalk an die Blockwerksstrecke an. Dieser Gutensteinerkalk ist dunkelgrau bis schwarz, unregelmäßig dünn gebankt und von zahlreichen Klüften durchzogen und verstellt, so daß ein einheitliches Schichtstreichen oder -fallen nicht mehr feststellbar ist. Zahlreiche weiße Kalzitadern geben ihm ein charakteristisches Aussehen.

Bei Station 2175 kommt der Stollen wieder in ausgelaugtes Haselgebirge. In dem trockenen, braunen und grauen Lehm dieser Strecke wurden ungefährr Ost-West streichende Klüfte und Harnischflächen beobachtet, die die

braunen und blauen Verfärbungshöfe im Haselgebirge durchschneiden und daher jünger sein müssen, als die Verfärbung und Umwandlung des Haselgebirgestones in braunen Lehm. Da diese Verfärbung durch Oxydation von 2-wertigem Eisen zu 3-wertigem unter Wassereinwirkung verursacht wird und wohl auch noch heute andauert, muß man annehmen, daß diese Klüfte sehr jung sind.

Auf dieses ausgelaugte Haselgebirge folgt bei Station 2235 wieder eine Blockstrecke, in der stellenweise die Hohlräume zwischen den Dolomitblöcken mit horizontalgeschichtetem Lehm und Sand ausgefüllt sind. Diese Lehme und Sande dürften aus der Grundmoräne, die ca. 90 m über dem Stollen liegt, hierher verschwemmt worden sein. Im Grenzbereich Haselgebirge—Blockwerk fanden sich vereinzelt Spuren von Kupfer in Form von Malachitkrusten.

An diese zweite Blockwerkstrecke schließt sich wieder Gutensteinerkalk an, der mit einer intensiven Verschuppung bei Station 2465 an Hauptdolomit grenzt. Diese Verschuppung erstreckt sich auf eine Länge von etwa 10 m, ohne daß hier die Standfestigkeit des Gebirges vermindert worden wäre.

Eine glatte, steilstehende Kluft bildet ab Station 2490 die Grenze zwischen Hauptdolomit und feuchtem, grünlichen Haselgebirge, in das zahlreiche kleine Schollen von Gutensteinerkalk, Dolomit und Gosauergel eingeknetet sind.

Der Übergang von diesem Haselgebirge zu den folgenden harten Gosauergeln ist wieder gekennzeichnet durch eine starke Durchmischung von Haselgebirge mit zerquetschten Mergeln. Nach dieser Grenzzone werden die Mergel ab Station 2520 bis zum Stollenende sehr hart und fest.

Der 170 m lange Fensterstollen, der bei Station 2440 in den Triebwasserstollen einmündet, durchfährt zuerst 12 m lose Schotter, die am Fuße der Terrassenabbrüche zur Enns liegen. In den nächsten 90 m durchstößt der Fensterstollen teilweise verkittete Terrassenschotter mit vereinzelten Sandeinlagerungen. Er gelangt dann in eine 15 m lange Zone von feuchtem, braunen Lehm mit Dolomitbrocken, nach der fester Hauptdolomit erreicht wird. Dieser braune Lehm ist ein Zersetzungsprodukt von Gosauergeln und Haselgebirge, wie aus Einschlüssen in festeren Lehmknollen erkennbar war. In dem Hauptdolomit verbleibt der Fensterstollen bis zum Erreichen der Grenzzone Dolomit—Gutensteinerkalk im Bereich der Einmündung in den Triebwasserstollen.

## 2. Probleme der Alterseinstufung der durchfahrenen Gesteine

a) **Haselgebirge:** In diesem Stollen besteht das Haselgebirge aus einer Grundmasse von grünlichem Ton, in der Brocken von hartem Ton, Sandstein und Gips oder Anhydrit eingebettet sind. Die Tonknollen liegen häufig als tektonische Gerölle mit polierter und geschrammter Oberfläche vor und zeigen im Inneren manchmal Reste einer sedimentären Schichtung. Häufig enthalten sie Pseudomorphosen nach Salzwürfeln. Der Gips bildet

entweder Brocken verschiedenster Größe oder tritt in faseriger Form als Ausfüllung von Klüften auf. Die Sandsteinstücke haben eine grüne, violette oder rötliche Färbung und zeigen eine reiche Glimmerführung. Bei Station 1010 wurde auf 3 m Länge eine Scholle von grünlichem Quarzit durchfahren. Es darf als sicher angenommen werden, daß es sich bei diesen Sandsteinen um Werfenerschichten des Skyth handelt. Für die Sedimentation der Tonknollen mit ihren Pseudomorphosen nach Salz, den Gips und Anhydrit sowie für die tonige Grundmasse muß man wohl permo-skythisches Alter annehmen, wie es W. KLAUS 1953 auf Grund von Pollenuntersuchungen in den grauen Haselgebirgstonen nachweisen konnte.

Als Ganzes betrachtet, stellt das Haselgebirge eine Breccie dar, in der permo-skythische und skythische Komponenten enthalten sind. Die Bildung dieser Breccie erfolgte frühestens nach der Sedimentation der Werfener Schichten.

b) **Gutensteinerkalk:** Die zahlreichen Schollen von dunklen Kalken und Dolomiten, die im Haselgebirge der Umrahmung der Großreiflinger Scholle stecken, stufte schon A. BITTNER 1886 aufgrund lithologischer Vergleiche und von Fossilfunden bei Weißenbach an der Enns als anisische Gutensteinerkalke ein.

Die große Kalkscholle des Klammkogels, die der Triebwasserstollen Landl durchfährt, wurde von O. AMPFERER 1931 als jurassischer Aptychenkalk beschrieben. Dieser Kalk gleicht aber mit seiner dunklen, beinahe schwarzen Färbung und seinen zahlreichen Kalzitadern viel eher den sicheren Gutensteinerkalken der Nachbarschaft und ist deshalb besser dem Anis zuzuordnen.

c) **Hauptdolomit:** Der Dolomit um Station 2470 und die Dolomitblöcke der Blockstrecken können nur auf Grund ihres Aussehens und ihrer typischen Ausbildung als Hauptdolomit angesprochen werden. Untermauert wird diese Annahme durch die Nähe der Landler Schuppe, in der der Hauptdolomit durch seine Lage über fossilführenden Opponitzerkalken altersmäßig gesichert ist.

#### d) **Dachsteinkalk und Dachsteindolomit**

Durch die Zugehörigkeit zu der Einheit der Gesäuseberge mit ihrer geschlossenen mitteltriadischen Schichtfolge ist für die erste Kalk- und Dolomitstrecke des Stollens die Einstufung als Dachsteindolomit gerechtfertigt. Ungeklärt ist die Frage der Entstehung und Altersstellung der grünen Tonlagen und Sandsteinbreccien im Dachsteinkalk.

Die lückenlose Dachsteinkalkentwicklung in den Wänden des Gesäuses und anderer Dachsteinkalkgebiete läßt es sehr unwahrscheinlich erscheinen, daß gerade am Peterkogel die Kalksedimentation zeitweise durch eine Einschüttung von Sanden, feinen Geröllen und Tonen unterbrochen worden ist. Ein neuer Aufschluß an der Bundesstraße in Lainbach legte die Grenze zwischen Dachsteinkalk und dem darüberliegenden Krinoiden-

kalk frei, der schon von A. BITTNER 1885 durch Fossilfunde sicher in den Lias eingestuft werden konnte. An dieser Grenze zwischen den Krinoidenkalken und dem Dachsteinkalk finden sich hier dieselben grünen Tone mit Quarzgeröllen, wie sie im Stollen auftreten. Damit scheint die Annahme gerechtfertigt, daß diese Toneinschaltungen und wohl auch die Sandsteine im Stollen Spuren einer Landoberfläche darstellen, auf der vor der Ablagerung der Krinoidenkalken durch eine intensive Verwitterungstätigkeit in Spalten und Klüften des Dachsteinkalkes Tone und Sande eingeschwemmt worden sind. Die überaus starke Zerbrechung der Scholle des Peterkogels im Zuge späterer Gebirgsbildungen bewirkte, daß diese Kluft- und Spaltenfüllungen zerdrückt und aus ihrer ursprünglichen Lagerung gebracht worden sind.

Eine Ablagerung dieser Tone und Sande während einer Sedimentationslücke der Dachsteinkalkbildung erscheint nicht wahrscheinlich.

#### e) Die Altersstellung der Gosauschichten im Stollen Landl

von H. KOLLMANN

Die Gosauschichten des Sondierstollens Landl wurden von H. KOLLMANN im Auftrage der STEWEAG untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden hier mit freundlicher Erlaubnis von Herrn Dr. H. KOLLMANN wiedergegeben, soweit sie Fragen der Alterseinstufung und Entstehung betreffen.

Von den 33 im Stollen entnommenen Proben konnten in dreizehn Faunen gefunden werden, die im folgenden angeführt sind.

**Station 920** Braungraue, stark sandige Tonmergel. Unter dem Mikroskop zeigt sich reichlich Pyrit und Kohle.

Fauna: *Quinqueloculina* sp.  
*Vaginulina gosae* (REUSS)  
Embryonalgewinde von Schnecken  
*Dordoniella* sp.  
*Cytherella* div. sp.  
Ostracoden indet. (schlecht erhalten)

**Station 1023** Bräunlichgraue, stark sandige Mergel. Unter dem Mikroskop viel Pyrit und Kohle.

Fauna: *Quinqueloculina antiqua* FRANKE  
*Vaginulina gosae* (REUSS)  
*Cytherella* div. sp.

**Station 1221** Mittelgrauer, stark grobsandiger Ton. Schwach kohlehältig.

Fauna: *Ammodiscus* sp.  
*Quinqueloculina antiqua* FRANKE  
Embryonalwindungen von *Nerinea* sp.  
*Dordoniella* sp.  
*Cytherella* sp.  
Krebsscherenfinger von ?*Callianassa*

- Station 1240** Grüngraue, tonige Grobsande.  
 Fauna: Cuneolina sp.  
 Dorothis conulus (REUSS)  
 Quinqueloculina gosae REUSS  
 Lenticulina sp.  
 Vaginulina gosae (REUSS)  
 Bolivina aff. plaita CUSHM.  
 Gavelinopsis sp.  
 zahlreiche Ophiuren-Glieder  
 Molluskensplitter  
 Dordoniella sp.  
 Cytherella ex. gr. ovata (ROEM.)  
 Bairdia sp.  
 Brachycythere aff. sphenoides (REUSS)  
 aff. Cythereis sp.
- Station 1275** Mittelgraue Tonmergel. Unter dem Mikroskop Pyrit und Kohle.  
 Fauna: Höglundina sp.  
 Quinqueloculina sp.  
 Epistomina sp.  
 Robulus subalatus (REUSS)  
 Vaginulina gosae (REUSS)  
 Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZ.  
 Globotruncana lapparenti tricarniata (QUEREAU)  
 Globotruncana thalmani GAND.  
 Globotruncana angusticarniata GANDOLFI  
 Globorotalites michelinianus (D'ORB.)
- Station 1651** Dunkelgraue, sehr harte Mergel. Sehr dicht und feinkörnig.  
 Fauna: Gaudryina cretacea (KARRER)  
 Marssonella trochus (D'ORB.)  
 Robulus sp.  
 Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZEN  
 Globotruncana marginata (REUSS)  
 Globotruncana coronata BOLLI  
 Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)  
 Globotruncana renzi renzi GAND.  
 Globotruncana renzi angusticarinata GAND.  
 Globotruncana thalmani GAND.  
 Cytherella sp.
- Station 2550** Sehr feinkörniger, dunkelgrauer, glimmeriger Tonmergel.  
 Fauna: Dorothis aff. pupoides (D'ORB)  
 Robulus subalatus (REUSS)
- Station 2570** Feinkörniger, schwarzgrauer Mergel.  
 Fauna: Marssonella sp.  
 Robulus aff. truncatus (REUSS)  
 Lenticulina ovalis (REUSS)  
 Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZ.

- Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)  
 Globotruncana marginata (REUSS)  
 Globotruncana renzi angusticarinata GAND.  
 Embryonalwindungen von Gastropoden
- Station 2600** Feinkörniger, dunkler, graubrauner Tonmergel.  
**Fauna:** Lituola irregularis (ROEMER)  
 Spiroplectammina cf. praelonga (REUSS)  
 Gaudryina rugosa (D'ORB.)  
 Gaudryina cf. pyramidata CUSHM.  
 Dorothis conulus (REUSS)  
 Triloculina cf. trilongula (LAM.)  
 Trochammina sp.  
 Robulus truncatus (REUSS)  
 Robulus sp.  
 Dentalina sp.  
 Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZEN  
 Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)  
 Globotruncana marginata (REUSS)  
 Globotruncana renzi renzi GAND.  
 Cytherella sp.
- Station 2616** Feinkörniger, dunkelgrauer, dichter Mergel.  
**Fauna:** Lituola irregularis (ROEMER)  
 Tritaxia tricarinata REUSS  
 Gaudryina rugosa (D'ORB.)  
 Marssonella sp.  
 Dorothis conulus (REUSS)  
 Robulus subalatus (REUSS)  
 Robulus cf. orbiculus (REUSS)  
 Robulus sp.  
 Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZEN  
 Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)  
 Globotruncana coronta BOLLI  
 Globotruncana thalmani GAND.  
 Globotruncana renzi renzi GAND.  
 Globotruncana renzi angusticarinata GAND.  
 Globotruncana marginata (REUSS)
- Station 2617** Dunkelgrauer, dichter Mergel  
**Fauna:** Lituola irregularis (ROEMER)  
 Tritaxia tricarinata REUSS  
 Gaudryina sp.  
 Dorothis pupoides (D'ORB.)  
 Robulus div. sp. (kleinwüchsig)  
 Globotruncana aff. renzi GAND.  
 Cytherella sp.
- Station 2619** Mittelgraue, dichte, harte Mergel.  
**Fauna:** Marssonella cf. oxycona (REUSS)  
 Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZEN

## **Gesteinsausbildung und Seriengliederung**

Die Gosauschichten im Stollen Landl lassen sich in zwei Serien gliedern, die sich durch Gesteinsbeschaffenheit und Fauneninhalt weitgehend unterscheiden und folgendermaßen beschrieben werden.

**Serie 1:** Bereich von Station 800 bis 920 und 1020 bis 1280. Proben: 920, 1023, 1221, 1240, 1275.

Der Gesteinsbestand ist stark wechselnd, es treten Sande mit oder ohne Tonschmitzen, tonige Sande, sandige Tone und Tonmergel auf. Häufig sind „exotische Gerölle“ eingelagert. Unter dem Mikroskop ist teilweise großer Gehalt an Kohle, fein verteiltem Pyrit, in einer Probe auch fossiles Harz festzustellen. Der stark wechselnde Gesteinscharakter mit klastischen Komponenten, wie Geröll und Sand, vor allem aber Kohle und fossiles Harz, sprechen für Ablagerungen sehr seichten Wassers. Pyrit weist auf schlechte Durchlüftung hin.

Auch die Faunen sind charakteristisch für sehr seichtes Wasser. Die Verbindung von *Quinqueloculina* und *Cytherella*, die in allen fossilführenden Proben auftritt, läßt auf extreme Verhältnisse, wie sehr seichtes Wasser oder auch Brackwasser schließen. Auch das Fehlen planktonischer Foraminiferen bei gleichzeitigem Auftreten von zahlreichen Sandschalern bestätigt dies.

Die Proben 1221 und 1240 zeigen ein stärkeres Hervortreten mariner Elemente. Der Krebs *Callianassa* ist nur im Salzwasser zu Hause. Ebenso sind die in Probe 1240 festgestellten Foraminiferen *Bolivina* und *Lenticulina* rein marin.

Zusammenfassend sei also über die Serie 1 gesagt: Es treten stark wechselnde, häufig gröber klastische Ablagerungen auf, die in schlecht durchlüftetem, sehr seichtem Meerwasser oder Brackwasser mit gelegentlichem stärker marinen Einschlag gebildet wurden. Gleichartige Zonen treten in fast allen Gosaubecken in verschiedenen stratigraphischen Niveaus auf (z. B. Gams, Gosau, Grünbach, Brandenburg). Trotz ihres unterschiedlichen Alters zeigen sie große Übereinstimmung in Gesteinsausbildung und Fauna.

**Serie 2:** Bereich von Station 1480 bis 1780 und 2520 bis Stollenende. Proben: 1505, 1651, 2550, 2570, 2600, 2605, 2616, 2617, 2619.

Die Serie 2 ist ziemlich eintönig, sie besteht zumeist aus dunkelgrauen, dichten, harten Mergeln und Tonmergeln. Größere Klastika treten nur in den Proben 1488 und 1505 auf, fehlen aber ansonsten vollkommen. Dies läßt darauf schließen, daß die Ablagerungstiefe dieser Serie größer war, als die bei Serie 1.

Die Fauna enthält in erster Linie planktonische Foraminiferen. Es sind vor allem Arten von *Globotruncana* und von *Robulus* festzustellen, die eine rein marine Lebensweise hatten und auch tieferes Wasser bevorzugten. Der Prozentsatz der Sandschaler gegenüber den planktonischen Formen ist gering. Bei der Serie handelt es sich also um eindeutig marine

Ablagerungen in zumeist größerer Meerestiefe. Die gleiche Serie enthält im benachbarten Gams-er Gosaubecken an der Oberfläche wesentlich weichere Gesteine. Es treten dort Tone und Tonmergel auf, während im Triebwasserstollen Landl in erster Linie Mergel und nur untergeordnet Tonmergel aufgeschlossen sind. Es folgt daraus, daß in den oberflächennahen Gesteinen  $\text{CaCO}_3$  in wesentlich geringerem Maße auftritt. Daher ist wohl anzunehmen, daß das  $\text{CaCO}_3$  aus diesen Gesteinen herausgelöst wurde, sobald sie an der Oberfläche freigelegt wurden. Die ursprünglichen Mergel wurden dadurch zu Tonen und Tonmergeln umgewandelt. So ist auch der Härteunterschied zwischen den Gosaumergeln im Triebwasserstollen und den an der Oberfläche aufgeschlossenen Sedimenten zu erklären.

### Alterseinstufung

Eine genauere Einstufung von Serie 1 mit Fossilien ist nicht möglich. Es treten hier vor allem Formen auf, die auf die Gosauablagerungen beschränkt sind. Die Faunen sprechen für „Untere Gosau“, das würde einem Zeitraum entsprechen, der Coniac, Santon und unteres Campan umfaßt.

Serie 2 enthält zahlreiche Foraminiferenarten von weltweiter Verbreitung, doch zeigen auch diese große stratigraphische Reichweiten. *Globotruncana lapparenti lapparenti*, *G. lapparenti tricarinata* kommen von Turon bis in das Maastricht vor. *Globotruncana marginata*, *G. coronata* und *G. thalmani* haben ihre obere Begrenzung im Campan. Die in den Proben häufig vorkommenden *Globotruncana renzi renzi* und *G. renzi angusticarinata* treten bereits im Turon auf, überschreiten aber nicht die Santon-Campan-Grenze. Bei den übrigen Faunenelementen handelt es sich zumeist um Formen, die nur in der ostalpinen Oberkreide vorkommen und die für eine stratigraphische Einengung nicht in Frage kommen.

Nach der Fauna allein ergäbe sich daher eine Einstufung in den Zeitraum, der Turon, Coniac und Santon umfaßt. Dieser Zeitraum kann aber nach geologischen Gesichtspunkten eingeengt werden: Das Vorkommen von Turon ist von vorneherein sehr unwahrscheinlich, da dieses aus den Gosauschichten bisher nicht nachgewiesen ist. Im benachbarten Gosau- becken von Gams wurden jedoch ähnliche Faunen wie im Stollen Landl zusammen mit *Globotruncana concavata* nachgewiesen. Schichten mit *G. concavata* wurden zu einer „*concavata*-Zone“ zusammengefaßt, deren Alter mit oberem Coniac und Santon angegeben werden kann. Bei der relativen Seltenheit von *Globotruncana concavata* in Gams ist es nicht verwunderlich, daß diese in den zumeist spärlichen Faunen von Landl nicht nachzuweisen ist.

Ein lithologischer Vergleich mit den Gosauschichten von Gams zeigt, daß die im Triebwasserstollen Landl angefahrenen Gosauablagerungen den Tonmergeln und mergeligen Sanden im höchsten Abschnitt der „*concavata*-Zone“ entsprechen müßten, die dort Mächtigkeiten bis zu 700 m erreichen. Die Wahrscheinlichkeit, daß es sich hier um gleiche Schichten handelt, ist sehr groß, da diese, entsprechend den Geländebeobachtungen, unter die

Ennsterrassen gegen Landl streichen müßten. In Gams liegen diese Schichten über dem Rudistenriff des Obersanton, können also selbst keinesfalls älter als Obersanton sein.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, daß die aus der Fauna abgeleitete Einstufung der Gosauschichten des Triebwasserstollens Landl in den Zeitraum Turon bis einschließlich Santon mit höchster Wahrscheinlichkeit auf Obersanton eingengt werden kann.

### 3. Wasserverhältnisse

Bedingt durch den oftmaligen Wechsel verschiedener Gebirgsarten im Stollen Landl ändern sich auch die Wasserverhältnisse stark.

In der Dachsteinkalk und -Dolomitstrecke kam es nur zu geringen Wasserzutritten in der Größenordnung von insgesamt 1 bis 2 l/sek. Abweichend von anderen Stollen in Dachsteinkalk, wie etwa in Hieflau (H. SEELMEIER 1962) oder in Dießbach (H. BRANDECKER 1965), in denen die Wasserführung an Karstsysteme gebunden war, konnte im Stollen Landl keine Anhängigkeit der Wasserführung von einem ausgeprägten Hohlraumssystem festgestellt werden. Die Wasserzutritte erfolgten in dem stark zerhackten Kalk und Dolomit meist flächenhaft als Tropfstellen oder Feuchtstellen, nur an einigen Punkten waren die Wasseraustritte als schwache Quellen zu lokalisieren. Bald nach dem Ausbruch des Stollens wanderten die Wasserzutritte von der Firste in die untere Hälfte der Ulmen und in die Sohle, was zu dem Schluß zwingt, daß hier in dem stark zerklüfteten Kalk und Dolomit ein Kluftwasserhorizont vorhanden war, der durch die Drainagewirkung des Stollens abgesenkt wurde.

In den Strecken, die Gosaumergel und trockenes Haselgebirge querten, trat abgesehen von seltenen schwachen Tropfstellen kein Wasser in den Stollen ein. Durch ihren hohen Tongehalt scheint sich an der Oberfläche dieser beiden Gebirgsarten eine beinahe vollkommen wasserundurchlässige Schwarte aus Lehm und Ton zu bilden, die ein Eindringen des Wassers in das Berginnere weitgehend verhindert. Die Gosaumergel und das Haselgebirge zwischen Station 1480 und 1900 haben über der Stollenfirste nur eine Mächtigkeit von 30 bis 40 m, darüber liegen ca. 20 m Terrassenschotter (Tafel 10), in denen über der Stollenterrasse kleinere Bäche versiegen. Trotz dieser relativ geringen Überlagerungshöhe war dieser Stollenabschnitt trocken.

Anders verhält sich das Haselgebirge, wenn es größere Einschlüsse von Gutensteinerkalk enthält. Die immer sehr stark zerklüfteten Kalkschollen ermöglichen dem Wasser ein tiefes Eindringen in den Untergrund und von da aus ein Beeinflussen der umgebenden Gebirgspartien. Sämtliche Strecken, in denen das Haselgebirge ausgelaugt und in braunen Lehm umgewandelt ist, führen reichlich Schollen von Gutensteinerkalk.

Bei Station 1427 wurde Anfang Mai 1965 an der Grenze zwischen Gutensteinerkalk und Gips eine Kluft angefahren, wobei es zu einem Wassereintritt kam, der bis zu 400 l/sek Wasser brachte. Dieser Wassereintritt

ging bald auf ca. 100 l/sek zurück und versiegte im niederschlagsarmen Herbst des Jahres 1965 gänzlich. Es ist hier sicher eine größere Gutensteinerkalkscholle durch den Stollen angefahren worden, die vorher in dieser Tiefe keine Abflußmöglichkeit besaß und von der aus eine intensive Auslaugung und Zersetzung des umhüllenden Haselgebirges ihren Ausgang nahm. Zwischen Station 1370 und 1410 quert der Stollen eine Auslaugungszone. Es tritt von allen Seiten Wasser in den Stollen ein. Die Wassermenge schwankt zwischen ca. 8 l/sek in niederschlagsarmen Zeiten und 50 bis 60 l/sek während der Schneeschmelze oder in der Folge von starken Niederschlägen. Bei einer Überlagerungshöhe von etwa 90 m dauert es ungefähr nur 4 bis 5 Stunden, bis die Wasserführung im Stollen spürbar zunimmt. In dieser Auslaugungszone wurden immer wieder Hohlräume und Spalten angefahren, die teilweise mit geschichtetem, braunen Lehm ausgefüllt waren. Die beiden Blockwerksstrecken (Station 2015 bis 2050 und 2235 bis 2265) sind stark wasserführend, wobei auch hier die Wassermenge stark von den obertägigen Niederschlägen abhängig ist.

In den beiden Gutensteinerkalkstrecken zwischen Station 2056 bis 2170 und von 2267 bis 2465 mit ihrer starken Zerklüftung liegen zahlreiche

Tabelle 2

Station	Gebirge	pH	Alkalität	Karbonathärte	Ges. Härte	Chlorid mg/l	Sulfat mg/l
798	Dachsteindolomit	7,6	3,12	8,7	8,6	4,4	20,6
1318	Ausgelaug. Haselgeb.	8,0	3,6	10,1	14,5	6,4	71,5
1427	Kluft in Gutensteiner Kalk	7,6	4,16	11,6	40,8	6,8	530,0
1956	Grenze zw. ausgelaugt. u. trockenem Haselgebirge	7,7	3,80	10,6	123,6	38,0	1920,0
2110	Kluft in Gutensteiner Kalk	7,7	3,80	10,6	48,1	12,4	611,0
2263	Blockwerkstrecke	7,9	3,74	10,5	12,5	4,4	37,4
2380	Gutensteiner Kalk	7,9	3,68	10,3	12,3	3,2	46,1
Stollenwasser am Portal des Fensterstollens		7,6	2,7	7,6	24,6	10,8	319,0

Wasseraustritte, die in ihrer Schüttung von Niederschlägen stark abhängig sind. Die chemische Untersuchung der Stollenwässer zeigte Sulfatgehalte, die zwischen 20 und 1900 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$  schwankten. Tabelle 2 gibt den Chemismus einiger charakteristischer Wasserzutritte wieder. (Untersuchung durch Prof. Dr. STUNDL von der technischen Hochschule Graz für die STEWEAG.)

Der hohe Sulfatgehalt von über 1900 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$  der Quelle bei Station 1956 an der Grenze von trockenem, gipsreichen Haselgebirge zu ausgelaugtem Haselgebirge ist wohl darauf zurückzuführen, daß hier der Auslaugungsprozeß noch fortschreitet und ständig Gips gelöst wird; auch der relativ hohe Chloridgehalt deutet darauf hin. Der Sulfatgehalt von über 500 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$  in den Wasseraustritten bei Station 1427 und 2110, der eine an der Grenze von Gutensteiner Kalk zu Gips, der andere aus einer Kluft im Gutensteinerkalk, lassen darauf schließen, daß es sich auch hier um Wasser handelt, das beim Durchströmen von gipsführendem Haselgebirge an Lösungsvorgängen beteiligt war. Da wesentlich schwächere Wasseraustritte in der Umgebung der Quelle bei Station 2110, die eine Schüttung von 5 bis 10 l/sec aufweist, nur 20 bis 40 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$  aufweisen, muß man annehmen, daß diese große Quelle ihr Einzugsgebiet außerhalb der Kalkscholle des Klammkogels besitzt, also wohl in den diese Scholle umgebenden Haselgebirgsbereichen.

Der Stollen unterfährt in einer Tiefe von 50 bis 80 m eine Reihe von obertägigen Quellen, die zur Wasserversorgung verschiedener Bauernhöfe dienen. Alle diese Quellen liegen am Fuß einer mächtigen Hangbedeckung aus verschwemmtem Moränenmaterial und Hangschutt. Darunter steht Haselgebirge an, das an der Oberfläche in zähen, blaugrauen Ton umgewandelt ist. Es durfte deshalb vor der Auffahrung des Stollens gehofft werden, daß bei der Unterfahrung dieser Quellen keine wesentlichen Beeinflussungen auftreten würden. Die sich über mehrere Jahre erstreckende Beobachtung aller Quellen im möglichen Einflußbereich des Stollens zeigte, daß trotz der vielen Wasserzutritte in den Stollen keine der kontrollierten Quellen in ihrer Schüttung Veränderungen aufwies.

#### **4. Die geologische Vorhersage für den Sondierstollen Landl**

Die Vorhersage für den Sondierstollen Landl erfolgte auf Grund der geologischen Kartierung des näheren Stollenbereiches im Maßstab 1 : 5000 und der weiteren Umgebung im Maßstab 1 : 10.000, sowie mit Hilfe von 5 Kernbohrungen, die in der geplanten Stollentrasse lagen.

Bei dem raschen Wechsel der Gebirgsarten in diesem Stollen mußte es Ziel der Vorhersage sein, zu versuchen, erstens die Abfolge und ungefähre Längenerstreckung der zu durchfahrenden Gebirgsarten zu erfassen und zweitens die Eigenschaften der zu erwartenden Schichtglieder zu beschreiben. Tafel 10 zeigt eine Gegenüberstellung des angenommenen Stollenprofils zu dem dann tatsächlich angetroffenen.

Bedingt durch die Auffahrung des Sondierstollens in 4 Baulosen und von 3 Angriffspunkten aus, nämlich dem Fensterstollen, der Wehr- und

Krafthausseite, wurde die geologische Vorhersage in drei Abschnitten erstellt.

Für den Bereich von Station 2000 bis 2440, der vom Fensterstollen aus in Richtung zum Wehr als erstes aufgefahren wurde, und unter dem schlecht aufgeschlossenen und geologisch besonders mannigfaltig aufgebauten Hausbichl liegt, erfolgte die Vorhersage in Form von brieflichen Stellungnahmen mit beigefügten Profilskizzen an die Steweg.

Tabelle 3  
Vorhersage von Station 2000 bis 2440 vom 19. 4. 1964

	Vorhersage		Aufgefahren		Differenz			
	lfm	%	lfm	%	—lfm	—%	+lfm	+%
Haselgebirge	120	27,1	77	17,3	43	9,8	—	—
Gutensteinerkalk	70	15,9	296	67,5	—	—	226	51,4
Hauptdolomit	240	54,6	—	—	240	54,5	—	—
Blockwerk	10	2,4	67	15,2	—	—	57	12,9
Summe	440	100,0	440	100,0	283	64,3	283	64,3

Es wurde in diesem Stollenabschnitt versucht, durch Kombination der obertägigen Aufschlüsse mit den im Stollen angetroffenen Verhältnissen über möglichst weite Strecken in standfestem Gebirge zu bleiben, wobei die dafür notwendigen Richtungsänderungen der Stollentrasse erst aufgrund der durchhörten Gebirgszonen festgelegt wurden.

Überrascht hat in dieser Strecke, daß der erwartete Hauptdolomit nur im Fensterstollen angetroffen wurde, während in der Trasse des Triebwasserstollens an seiner Stelle Gutensteinerkalk lag. Aufgrund der Bohrung L 4 (Tafel 9 und 10) wurde Haselgebirge zwar erwartet, aber entsprechend dem allgemeinen Verlauf tektonischer Grenzen in dieser Gegend mit einem Einfallen steil gegen Süden. Entgegen dieser Annahme wurde zwischen den beiden Gutensteinerkalkschollen des Hausbichls und des Klammkogels ein schmaler Streifen von Haselgebirge angefahren, der von dem kleinen Sattel zwischen diesen beiden Kalkschollen mittelsteil gegen Norden einfällt.

Für die Strecke von Station 0,0 bis 2000 und von 2440 bis Stollenende, das sind zusammen 2177 m, wurden als Grundlagen für die Ausschreibungen geologische Profile gezeichnet. Dabei konnte man sich auf die in dem ersten Stollenabschnitt von Station 2000 bis 2440 gesammelten Erfahrungen stützen.

In dem Stollenstück von Station 0,0 bis 2000 war man, bedingt durch die schlechten Aufschlußverhältnisse am Nordhang des Peterkogels und die teilweisen großen Überlagerungshöhen besonders im kritischen Bereich der

Tabelle 4

Vorhersage für Station 0,0 bis 2000 und 2440 bis 2617 = 2177 lfm  
vom 3. 2. und 16. 8. 1965

	Vorhersage		Aufgefahren		Differenz			
	lfm	%	lfm	%	-lfm	-%	+lfm	+%
Haselgebirge	560	28,8	525	24,1	35	1,6	—	—
Gutensteinerkalk	25	1,2	25	1,2	—	—	—	—
Hauptdolomit	38	1,7	23	1,1	15	0,7	—	—
Dachsteinkalk und -dolomit	684	40,0	791	36,3	79	3,6	—	—
Gosauschichten	870	31,3	813	37,3	—	—	129	5,9
Summe	2177	100,0	2177	100,0	129	5,9	129	5,9

Stirn der Gesäuseberge beinahe ausschließlich auf Vermutungen angewiesen. Es gelang hier auch nicht ganz, die tatsächliche Schichtabfolge von Gosauschichten und Haselgebirge mit der Vorhersage zu erfassen. In dem kurzen Stück von Station 2440 bis Stollenende, das vom Krafthaus her aufgefahren wurde, konnte sich die Vorhersage auf die Aufschlüsse im Fensterstollen und auf die Bohrung L 16 im Krafthausbereich stützen. Dadurch war es möglich, die im Stollen angetroffene Gesteinsabfolge schon bei der Ausschreibung richtig zu erfassen.

Tabelle 5

Vorhersage für den gesamten Sondierstollen  
Station 0,0 bis 2617

	Vorhersage		Aufgefahren		Differenz			
	lfm	%	lfm	%	-lfm	-%	+lfm	+%
Haselgebirge	680	26,0	602	23,0	78	3,0	—	—
Gutensteinerkalk	95	3,6	321	12,1	—	—	226	8,5
Hauptdolomit	278	10,6	23	0,9	255	9,7	—	—
Dachsteinkalk und -dolomit	870	33,3	791	30,3	79	3,0	—	—
Gosauschichten	684	26,2	813	31,1	—	—	129	4,8
Blockwerk	10	0,3	67	2,6	—	—	57	2,4
Summe	2617	100,0	2617	100,0	412	15,7	412	15,7

In diesen beiden, zusammen 2177 m langen Teilstücken des Sondierstollens betrug die Differenz zwischen den vorhergesagten und tatsächlich aufgefahrenen Längen der verschiedenen Gebirgsarten 5,9%.

Faßt man diese 3 Vorhersagen für den 2617 m langen Sondierstollen zusammen, so zeigt sich, daß 2205 m oder 84,3% mit der Prognose richtig erfaßt werden konnten, in den verbleibenden 412 m (15,7%) kam es zu Verschiebungen der einzelnen Gebirgsarten gegenüber der Vorhersage, wobei besonders die geringe Ausdehnung des Hauptdolomits, der mit 10,6% angenommen worden war, aber dann nur 0,9% der Stollenlänge ausmachte, ins Gewicht fällt.

Es muß hier betont werden, daß sich die geologische Vorhersage vor allem auf die Ausdehnung der verschiedenen Gebirgsarten als geologische Einheiten beziehen mußte. Der Zustand des Gebirges, der ja für den Vortrieb eines Stollens von größter Bedeutung ist, konnte nur annäherungsweise beschrieben werden. Dies gilt vor allem für das Haselgebirge und die Gosauschichten, deren verschiedene Zustandsarten vorher nicht in dieser Vielfalt beschrieben werden konnten. Die geologische Vorhersage wies wohl darauf hin, daß in allen Grenzbereichen zwischen den einzelnen tektonischen Körpern mit Schwierigkeiten aller Art zu rechnen sein, ihren Umfang konnte sie jedoch nicht erfassen.

## VII. Schlußbemerkung

Im Gegensatz zu den Triebwasserstollen Altenmarkt (ca. 2,5 km lang) und Krippau (4,5 km lang), die zum größten Teil standfesten Hauptdolomit durchfahren, liegen nur 0,75 km, also etwa ein Drittel des Triebwasserstollens Landl in standfestem Dachsteinkalk. In dem anderen Teil des Stollens mußte auf Grund der Aufschlußbohrungen und der geologischen Kartierung mit einem oftmaligen Wechsel von verschiedenartigen Gesteinen gerechnet werden, wobei besonders an den Grenzen der einzelnen Gebirgsarten Schwierigkeiten zu erwarten waren.

Diese oftmalige Gebirgsveränderung, der verschiedenartige Erhaltungszustand des Haselgebirges, die immer wieder wechselnde Ausbildung der tektonischen Grenzen, die Wassereinbrüche in der Mittelstrecke des Stollens sowie die starke Abhängigkeit der Wasserführung im Stollen von den obertägigen Niederschlägen brachten schon im Sondierstollen mit seinem verhältnismäßig kleinen Profil von etwa 7 m<sup>2</sup> größte Schwierigkeiten während des Vortriebes und machten zeitweise ein Übergehen vom Leistungs- zum Regievertrag notwendig.

Ein sofortiges Vorgehen im Vollausbuch mit einem Querschnitt bis zu 45 m<sup>2</sup> ohne Sondierstollen hätte sowohl bau- als auch vertragstechnisch schwierige und zeitraubende Probleme sowie wahrscheinlich auch Auseinandersetzungen zwischen Unternehmer und Bauherrschaft gebracht.

Für den Stollenvortrieb ist es ja wesentlich, ob ein einmal eingespielter Arbeitsrhythmus auf längere Zeit eingehalten und die dafür geeigneten Maschinen eingesetzt werden können, oder ob ein unvorhergesehener oft-

maliger Wechsel des Gesteinscharakters auch zu einem oftmaligen Wechsel der Vortriebsart zwingt.

Von größter Bedeutung für den Vortrieb des Vollausbruchs in schwierigen Verhältnissen erscheint auch der Einfluß des Sondierstollens auf den Wasserhaushalt des umschließenden Gebirges. Durch den Sondierstollen kommt es zu einem vorzeitigen Anfahren und Ausrinnen eventuell vorhandener wassererfüllter Kluft- und Hohlraumssysteme, wodurch die Gefahr von größeren Wassereinbrüchen weitestgehend gebannt wird. Auch das für den Vortrieb so unangenehme „Mitgehen“ von starken Wassereintritten über lange Strecken bis zum Erreichen des Hauptwassereintritts wird durch einen Sondierstollen unmöglich gemacht. Nicht übersehen werden soll die Bedeutung einer rechtzeitigen Erkennung von aggressiven Wässern für die Wahl der Hilfsausbauelemente des Vollausbruchs und die Ausbildung der endgültigen Stollenauskleidung.

Die Auffahrung des Sondierstollens Landl brachte wohl eine Bekräftigung der Auffassung, daß bei schwierigen Tiefbauten der ausreichende Aufschluß des Untergrundes für ein technisches und wirtschaftliches Gelingen eine unbedingte Voraussetzung darstellt. Denn eine möglichst genaue Kenntnis der zu erwartenden Schwierigkeiten beeinflusst die Preisbildung des Unternehmers wesentlich und bringt bei einer einigermaßen richtigen vorausgehenden Erfassung der sich in der Folge einstellenden Gebirgsaufschlüsse ein beruhigtes Arbeitsklima auf der Baustelle durch ein von unzumutbaren Risiken freigehaltenes Baugeschehen.

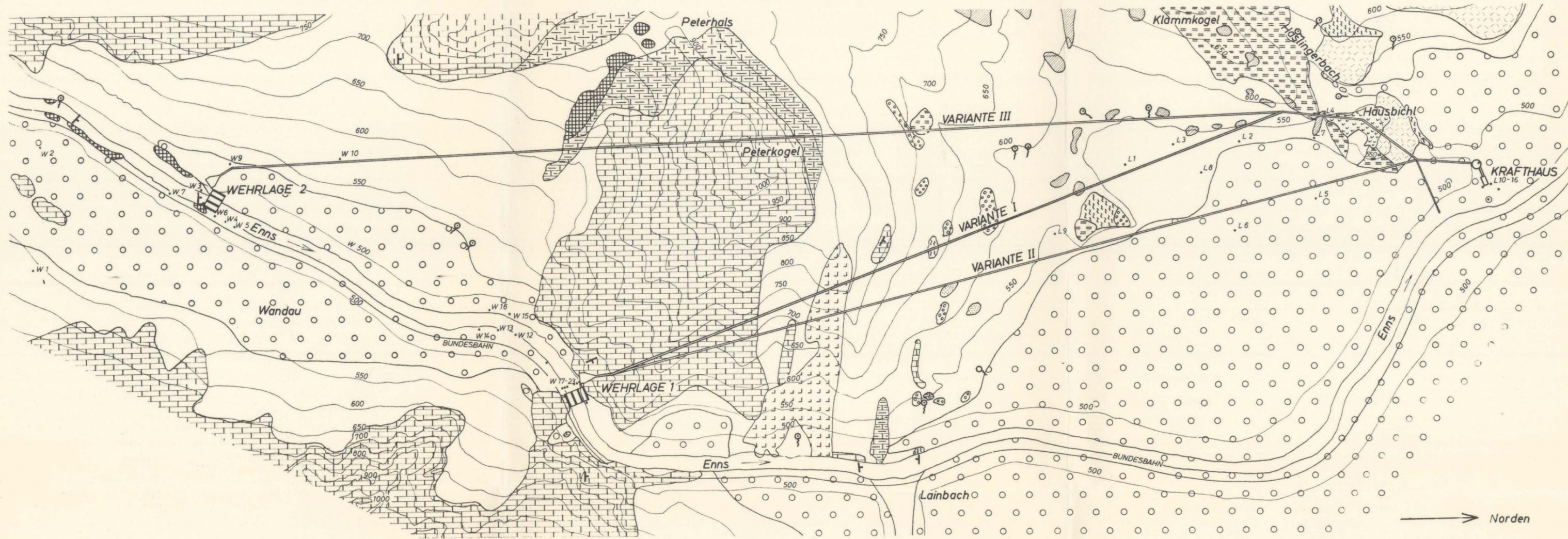
### VIII. Literatur

- AMPFERER, O.: Über das Bewegungsbild der Weyerer Bögen. — *Jahrb. Geol. B.-A.*, 8i, 237—304, 47 Abb., Wien 1931.
- AMPFERER, O.: *Geologischer Führer für die Gesäuseberge mit Karte 1 : 25.000, 177 S., 16 Taf., Wien 1935.*
- BITTNER, A.: Aus den Ennstaler Kalkalpen. — *Verh. Geol. R.-A.*, 143—146, Wien 1885.
- BITTNER, A.: Aus der Umgebung von Windischgarsten und Palfau in der Obersteiermark. — *Verh. Geol. R.-A.*, 242—249, Wien 1886.
- BRANDECKER, H. und MAURIN, V. & ZÖTL, J.: Hydrogeologische Untersuchungen und baueologische Erfahrungen beim Bau des Dießbach-Speichers (Steinernes Meer). — Mit einem Beitrag von K. BOLZER. — *Steir. Beitr. z. Hydrogeologie. Jg. 1965, 67—111. Graz 1965.*
- BRATSCHKO, R. & SEELMEIER, H.: Werfener Schichten und Stollenvortrieb. — *Z. f. Geologie u. Bauwesen, Hft. 26, Wien 1961.*
- CLAR, E.: Geologisches vom Ennskraftwerk Altenmarkt. — *Österr. Wasserwirtschaft, Jg. 13, Hft. 5/6, 117—123, Wien 1938.*
- FISCHER, E. & SPAUN, G.: Baueologische Einsichten in den Ennsabschnitt Hieflau—Altenmarkt. — *Österr. Wasser-Wirtschaft, Jg. 17, Hft. 7/8, 192—197, Wien 1965.*

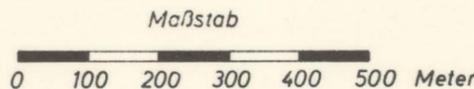
- FRANK, W.: Übersicht über die Geologie des Gams-er Gosau-Beckens. — Mitt. Natw. Ver. Stmk., Bd. 50, Jg. 1913, 22—39, Graz 1914.
- GRENGG, H.: Die Wasserkraft als Österreichische Aufgabe. — Dtsche. Wasserwirtschaft, 1937, Hft. 2.
- KLAUS, W.: Mikrosporen-Stratigraphie der ostalpinen Salzberge. — Verh. Geol. B.-A., 161—175, Wien 1952.
- KOLLMANN, H.: Zur stratigraphischen Gliederung der Gosauschichten von Gams. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, Bd. 13, Jg. 1963, 189—212, Tab. 1—3, Wien 1963.
- KOLLMANN, H.: Stratigraphie und Tektonik des Gosaubeckens von Gams (Steiermark), mit Beiträgen von A. PAPP und G. WOLETZ. — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 107, 71—159, Wien 1964.
- SEELMEIER H.: Der Triebwasserstollen des Ennskraftwerkes Hieflau. — Z. Geologie u. Bauwesen, Hft. 3/4, Wien 1959.
- SPAUN, G.: Zur Geologie der Großreiflinger Scholle (Steiermark). — Unveröff. Dissert. Univ Wien, 117 S., 1 Karte 8 Taf., Wien 1964.
- TORNQUIST, A.: Das Alter der Tiefenerosion im Flußbett der Enns bei Hieflau. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 8. Bd., 207—216, Wien 1915.

# GEOLOGISCHER LAGEPLAN des ENNSKRAFTWERKES LANDL

Gezeichnet von G.SPAUN  
1967



- |                           |                  |                  |                      |                      |
|---------------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| Hangschutt und Alluvionen | Gosaumergel      | Hierlitzkalk     | Hauptdolomit         | Haselgebirge         |
| Terrassenschotter         | Gosausandstein   | Dachsteinkalk    | Opponitzer Schichten | Quelle               |
| Grundmoräne               | Gosaukonglomerat | Dachsteindolomit | Gutensteinerkalk     | L 1 - 16<br>W 1 - 23 |



→ Norden

# GEOLOGISCHES PROFIL durch den TRIEBWASSERSTOLLEN LANDL

GEGENÜBERSTELLUNG VON VORHERSAGE UND STOLLENAUFSCHLUSS

Gezeichnet von G. SPAUN

1967

