

Geologische und bauliche Dokumentation eines frühen Eisenbahn-Tunnelbauprojektes – Kalvarienbergtunnel (Bad Ischl, Oberösterreich)

Hans Jörg Laimer

Weinbach 15, 5360 St. Wolfgang i. S. – Joerg.laimer@gmx.at

Kurzfassung

Der Kalvarienbergtunnel (Bad Ischl, Oberösterreich) ist mit 688 m Länge der längste Tunnel der ehemaligen Eisenbahnstrecke Bad Ischl – Salzburg. Er bildete das Kernstück einer Verbindungsstrecke, welche die Lokalbahn an das Streckennetz der Staatsbahn anschloss. Zu diesem zwischen 1892 und 1894 errichteten Untertagebauwerk liegen nur sehr spärliche Unterlagen vor, eine geologische und bauliche Dokumentation fehlt gänzlich. Mit dem Beitrag wird versucht, die Eckpunkte der damaligen Projektentwicklung zu rekonstruieren und den Tunnel geologisch und baulich zu dokumentieren.

In den ausgemauerten Abschnitten im Anschluss an das N-Portal (171,9 m) und S-Portal (227,9 m) stehen Sedimente der Unteren Gosau-Subgruppe an. Der 288,2 m lange unvermauerte Mittelabschnitt liegt in standfesten Oberjurakalken. Diese wurden in den letzten 20 Jahren in den Nördlichen Kalkalpen detailliert biostratigraphisch bearbeitet, wobei das paläogeographische Modell der Plassen-Karbonatplattform *sensu lato* entwickelt wurde (Schlagintweit & Gawlick, 2007). Mit der Jura-Schichtfolge *Saccocoma*-Kalk – Agatha-Formation – Plassen-Formation kann der Kalvarienberg als nördlichster Teil der Plassen-Karbonatplattform *sensu stricto* betrachtet werden.

Abstract

The 688 m long Kalvarienbergtunnel (Bad Ischl, Upper Austria) is the longest tunnel of the former Bad Ischl – Salzburg rail line. It represented the centerpiece of the connecting section between the local railway and the network of the state railway. For this underground structure, built between 1892 and 1894, only scanty documents exist, structural and geological documentations are completely missing. This contribution attempts to reconstruct the key points of the former project development and to provide a structural and geological documentation of the tunnel. The lined tunnel sections following the northern (171,9 m) and the southern tunnel portal (227,9 m) lie within sediments of the Lower Gosau Subgroup. The 288,2 m long middle section crosses stable limestones of the Upper Jurassic, whose detailed biostratigraphic investigation within the Northern Calcareous Alps in the last twenty years led to development of the paleogeographic model of the Plassen carbonate platform *sensu lato* (Schlagintweit & Gawlick, 2007). The Jurassic sedimentary sequence *Saccocoma* Limestone – Agatha Formation – Plassen Formation shows Mt. Kalvarienberg as the northernmost part of the Plassen carbonate platform *sensu stricto*.

1. Einleitung

Gebirgsbahnen, welche maßgeblich zur wirtschaftlichen Entwicklung vieler Alpentäler beitrugen, zählen mit ihren Tunnels jeweils zu den bedeutendsten Ingenieurbauwerken ihrer Zeit. Während die in Betrieb befindlichen österreichischen Eisenbahntunnel sowohl geologisch als auch bautechnisch sehr gut dokumentiert sind, fehlen entsprechende Informationen bei aufgegebenen Anlagen oft bzw. sind Aufzeichnungen über diese nur spärlich vorhanden. Ein nicht mehr in Betrieb stehender Eisenbahntunnel, über den nur wenige Unterlagen existieren, ist der Kalvarienbergtunnel der ehemaligen Salzkammergut-Lokalbahn (Ischlerbahn) in Bad Ischl. Mit 688 m Länge ist er aktuell der fünft längste Eisenbahntunnel in Oberösterreich und der drittlängste nicht nach der NÖT (neue österreichische Tunnelbauweise nach Rabcewicz, 1965), sondern noch in alter ? österreichischer Bauweise (Rziha, 1874) errichtete. Längen- und bedeutungsmäßig kann der Tunnel durch den Ischler Kalvarienberg zwar nicht mit jenen der zwischen 1901 und 1909 fertiggestellten „Neuen Alpenbahnen“ (z. B. Bosruck-, Tauern- oder Karawankentunnel) konkurrieren, doch in Oberösterreich ist er neben den langen Tunnels der Salzkammergutbahn (Sonstein- und Hausrucktunnel) das wichtigste vor 1900 ausgeführte untertägige Verkehrsbauwerk. Der Tunnel dient heute als Kabeltrasse der Energie AG Oberösterreich. Seiner Dokumentation widmet sich dieser Beitrag. Aus regionalgeologischer Sicht ist dabei vor allem die sich aus der Jura-Schichtfolge im Tunnel ergebende Einordnung des Kalvarienberges im paläogeographischen Modell der oberjurassischen Plassen-Karbonatplattform s. l. (Schlagintweit & Gawlick, 2007) von Interesse.

2. Methodik

Nachdem sich in der publizierten Literatur keine Informationen über den Kalvarienbergtunnel fanden, wurden jene Institutionen kontaktiert, die möglicherweise Daten über den Tunnel archiviert

haben (Österreichisches Staatsarchiv, Stadtgemeinde Bad Ischl, Betriebsgeologie der Salinen AG, Stern&Hafferl Holding GmbH und Lokalbahnmuseum Mondsee). Die Quellensuche blieb mit Ausnahme des Staatsarchivs erfolglos. Dort konnten Unterlagen zum letzten Bauabschnitt der Ischlerbahn ausgehoben und hinsichtlich geologischer und bautechnischer Angaben ausgewertet werden. Nach dem Literaturstudium wurde der Tunnel mittels Laserdistometer bzw. Messrad vermessen und für die geologische und bautechnische Aufnahme mehrmals begangen. Zur Erstellung eines geologischen Profils wurden zusätzlich Oberflächenbegehungen im Trassenbereich durchgeführt. Die lithostratigraphische Ansprache erfolgte lediglich im Handstück, sodass die stratigraphische/paläogeographische Zuordnung der Jurakalke des Kalvarienberges nicht mit faziellen/biostratigraphischen Untersuchungsergebnissen belegt werden kann.

3. Eisenbahngeographischer Überblick

Die von 1893 bis 1957 in Betrieb stehende Salzkammergut-Lokalbahn (SKGLB, Abb. 1) verband als Schmalspurbahn auf 63,2 km Streckenlänge Bad Ischl mit Salzburg und erschloss mit der zusätzlichen 3,5 km langen Zweigstrecke St. Lorenz – Mondsee das gesamte westliche Salzkammergut für den öffentlichen Verkehr. In Salzburg erfolgte die Anbindung an die Kaiserin Elisabeth-Bahn (Westbahn) bzw. die Giselabahn (Salzburg – Wörgl), durch Bad Ischl verlief die Strecke Stainach-Irdning – Schärding. Der Bahnbau wurde im Frühjahr 1890 begonnen und erfolgte in vier Phasen, wobei der in den Flussablagerungen des Ischltals verlaufende, 9,6 km lange Flachbahnabschnitt Ischl Lokalbahn – Strobl noch im selben Jahr fertiggestellt werden konnte.

Als zweites Teilstück wurde bis zum Sommer 1891 der Abschnitt Mondsee – Salzburg errichtet, welcher im Tal der Fuschler Ache und in der Grundmoränenlandschaft zwischen Enzersberg und Salzburg ebenfalls keine großen bautechnischen Schwierigkeiten bot.

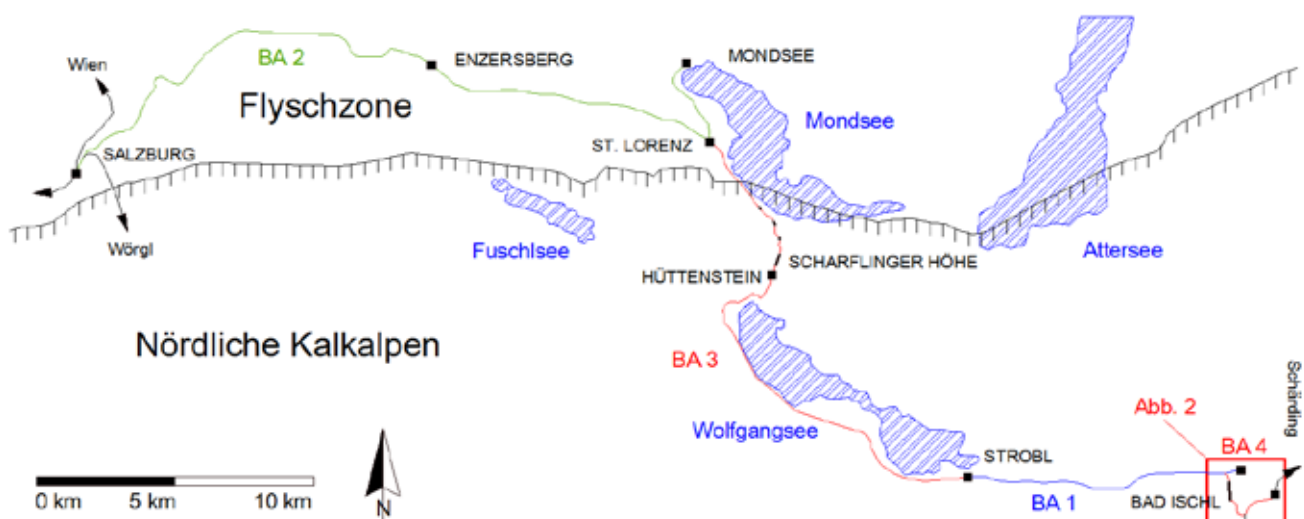


Abb. 1: Übersichtsskizze der Salzkammergut-Lokalbahn mit den einzelnen Bauabschnitten (BA)

1893 wurden die beiden Teilstücke im Abschnitt St. Lorenz und Strobl verbunden, wobei am Kalkalpen-Nordrand zwischen Hüttenstein und St. Lorenz eine Gebirgsbahn zu errichten war, die auf 4,4 km Streckenlänge 95 m Höhe zu überwinden hatte. Zur Unterquerung der Scharflinger Höhe (604 m Seehöhe) wurden zwischen Hüttenstein und Scharfling der Hüttensteiner Tunnel (436 m Länge) aufgeföhren. Auf der folgenden Rampenstrecke hinunter zum Mondsee waren mit dem Kleinen Tunnel (23,5 m Länge), Scharflinger Tunnel (97 m Länge) und Plomberg Tunnel (28 m Länge) drei weitere Untertagebauwerke erforderlich, welche allesamt Hauptdolomit des Schafberg-Tirolikums durchörtern (Plöching, 1972). Die zwischen den Tunnels liegenden Abschnitte sind fast durchgehend als steile An- und Einschnittsbereiche im Hauptdolomit bzw. als Lehnendämme mit talseitigen Stützkonstruktionen (Trockensteinmauern) angelegt.

Erst als letzter Streckenabschnitt wurde im Juli 1894 die Verbindungslinie Ischl Lokalbahnhof (Lokalbahn AG) – Ischl Hauptbahnhof (k. k. Staatsbahnen) in Betrieb genommen. Der Tunnel durch den Kalvarienberg bildet das Kernstück dieses Abschnitts.

4. Planungs- und Genehmigungsphase

4.1 Vorhandene Dokumente

Für den letzten Bauabschnitt liegen im Staatsarchiv nur zehn Dokumente aus dem Zeitraum 1889-1892 auf, von denen sieben den gesamten Streckenbau und drei den Tunnelbau der Salzkammergut-Lokalbahn betreffen. Für den Streckenneubau sind eine topographische Übersichtskarte, Katasterlageplan („Situation“), detailliertes Längenprofil, zwei Tabellen zu den Steigungs- und Richtungsverhältnissen, ein Verzeichnis der bahnquerenden Wege und Gerinne, ein Technischer Bericht (SKGLB, 1891a) und das Protokoll der politischen Begehung (k. k. Statthalterei Oberösterreich, 1891) vorhanden. Letzteres kann als Vorläufer der heutigen materiengesetzlichen Bewilligungen und des UVP-Verfahrens betrachtet werden.

Von den Tunnel-Dokumenten bezieht sich nur eine aus dem Jahr 1892 stammende Planungsänderung zur Tunnelverlängerung (SKGLB, 1892b) explizit auf den zu diesem Zeitpunkt bereits in Bau befindlichen Kalvarienbergtunnel. Die beiden anderen Dokumente, der dreiseitige „Technische Bericht zu den Normalien der Tunnel Anlagen“ (SKGLB, 1890) und der Plan zur „Anordnung der Tunnelnischen“ (SKGLB, 1892a), entsprechen

einer Art Regelplanung für den Bau von Scharflinger-, Hüttensteiner- und Kalvarienbergtunnel. Da die beiden kurzen Tunnel nicht erwähnt werden, ist anzunehmen, dass die betreffenden Streckenabschnitte ursprünglich mit einem tiefen Felseinschnitt (Kleiner Tunnel) bzw. einer hohen Anschnittswand (Plombertunnel) obertägig geführt hätten werden sollen.

Im technischen Bericht (SKGLB, 1890) werden vier Gebirgstypen ausgeschieden, welchen jeweils ein Tunnel-Regelquerschnitt (Abb. 2) zugeordnet ist. Type I und II sollen in festen, nicht verwitternden Gesteinen zur Anwendung kommen.

Während Type I gänzlich ohne Ausbau auskommt, ist für Type II eine am Kalottenfuss ansetzende Ausmauerung der Kämpfer- und Firstbereiche vorgesehen, die ausgeführt werden soll, wenn „die Schichtungen in der oberen Leibung solche sind, dass Loslösungen zu befürchten stehen“. Type III sieht eine durchgehend 0,55 m starke Ausmauerung bis zur Sohle vor. Sie wird in Gestein errichtet, „welches einer Auszimmerung beim Ausbruche wohl nicht bedarf, bei welchem aber nach einiger Zeit Verwitterungen oder Ablösungen zu befürchten stehen“. Verstärkte Ausmauerung wurde für Gebirge angeordnet, die bereits beim Vortrieb Pölzungen und Auszimmerung erfordern. Im

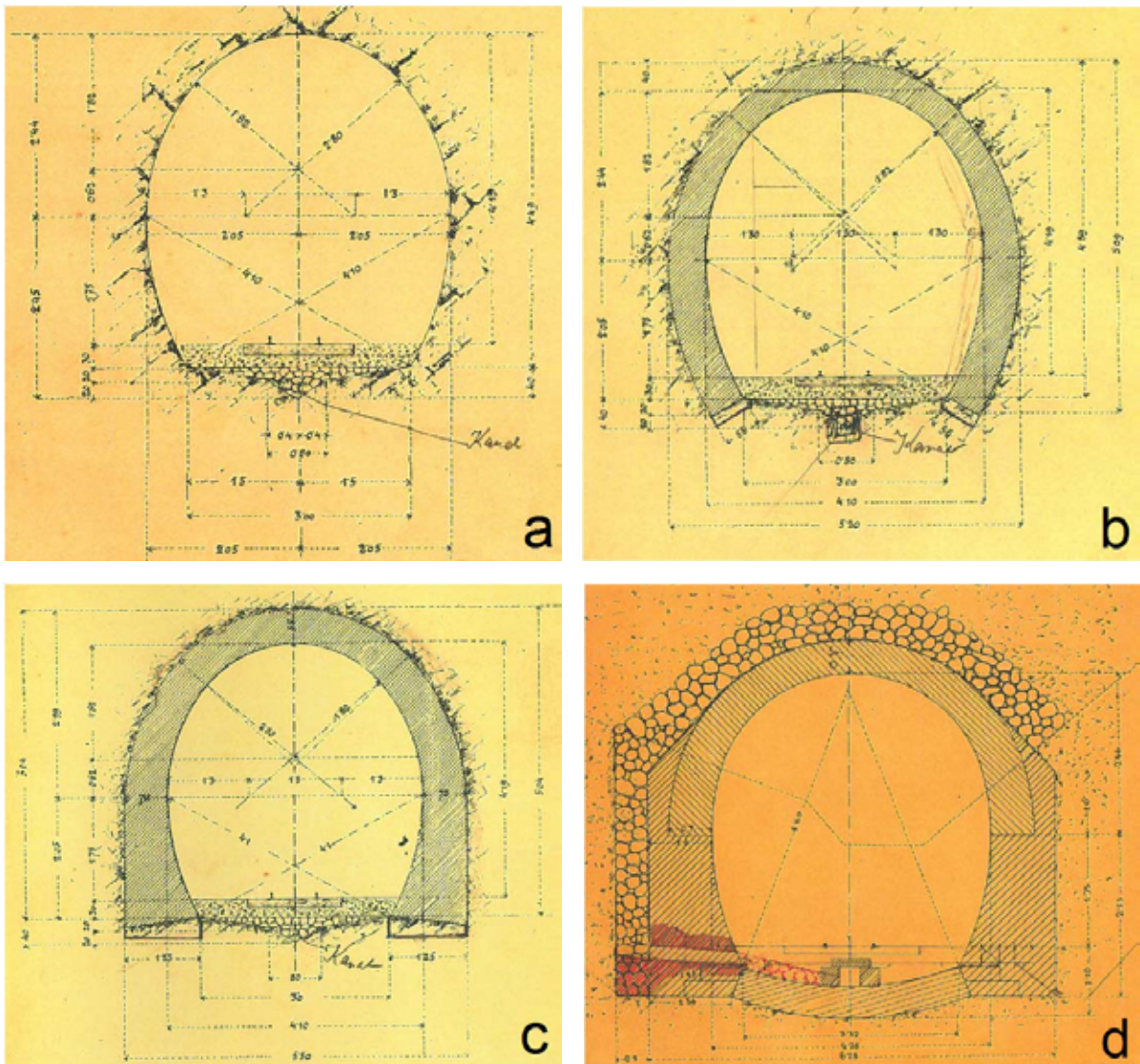


Abb. 2: Tunnel-Regelprofile der Typen I (a), III (b), IV (c) und der Tunnelverlängerung (d) nach SKGLB (1890 und 1892b)

Regelquerschnitt der Type IV nimmt die Mächtigkeit der Ausmauerung von 1,25 m an der Sohle, über 0,7 m in den Ulmen bis 0,55 m im First ab.

Eine geologische Vorerkundung wurde nicht durchgeführt, da man bei allen Tunneln nur das Auftreten „festen Kalkfelsens“ annahm. Lediglich im technischen Bericht zum Detailprojekt wird angemerkt, dass die Portalbereiche des Kalvarienbergtunnels in „Schottergeschiebe“ zum Liegen kommen und hier Ausmauerungen erforderlich werden (SKGLB, 1891). Die von Spengler (1911) vermutete Anlage des Scharflinger Tunnels im Plattenkalk ist die einzige Erwähnung eines der Tunneln im geologischen Kontext.

4. 2 Trassenvarianten

Die ursprünglich vom Konzessionsinhaber und Generalunternehmer Stern&Hafferl 1889 geplante Anbindung des im W der Stadt gelegenen Ischler Lokalbahnstahns an den Staatsbahnhahns sah eine obertägige Trassierung vor, über welche heute keine Unterlagen mehr vorhanden sind. Diese hätte als 4,7 km lange Rampenstrecke mit Steigungen bis 40‰ (SKGLB, 1891) über den Kalvarienberg geführt werden sollen. Am Anschlusspunkt an die Staatsbahn, der in sämtlichen Varianten gleich blieb, war die Errichtung eines Güterbahnhahns geplant (Abb. 3).



Abb. 3: Ausschnitt aus der geol. Karte Blatt 96 Bad Ischl (Schäffer, 1982) mit den errichteten Bahnstrecken (blau), Tunneln (rot) und der nicht realisierten Variante (türkis) mit zusätzlichem Tunnel (orange). 1 – Lokalbahnstahns, 2 – Staatsbahnhahns, 3 – Güterbahnhahns, 4 – Kalvarienbergstahns, relevante Signaturen der geologischen Karte: 23 – Terrassenschotter, 26 – Kames und Osschotter, 29 – Eisrandstaukörper, 42 – Gosauergel und Gosaukonglomerat, 45 – Bunter Oberjurakalk, 46 – Plassenkalk, 48 – Oberalmer Schichten, 73/74 – Hallstätter Kalke, 88 – Haselgebirge, im Text erwähnte Örtlichkeiten: A – Kalvarienberg, B – Jainzen, C – Siriuskogel, D – Kaiserpark, E – Maria-Louisen-Quelle

Um derart große Steigungen zu vermeiden, welche auch jene der Rampenstrecke Hüttenstein – St. Lorenz übertroffen hätten, entschloss man sich trotz Mehrkosten für die Errichtung eines ca. 660 m langen Tunnels durch den Kalvarienberg. Durch diese für den Bahnbetrieb vorteilhafte direkte, 2,1 km lange N – S-Verbindung konnte die Länge der Verbindungsstrecke um mehr als die Hälfte reduziert werden (Abb. 3).

Die Gemeindevertretung Ischl sah durch diese Trassierung negative Auswirkungen für den Kurort gegeben (Durchschneidung zweier öffentlicher Plätze) und schlug eine dritte Variante vor, *„nach welcher die Abzweigung der Lokalbahnlinie von der Staatsbahnlinie weiter flußaufwärts erfolgen soll, die Linie nach Übersetzung des Traunflusses in den Schönmaiergraben führen, daselbst tunlich hoch hinaufsteigen und hinter der Villa Hohenbruck mittelst eines Tunnels unter dem dortigen Hochplateau weiter führen soll, derart, dass sich die Trasse bei der Ziegelei des Hannes Zierler wieder mit der von der Lokalbahn projektierten Linie vereinigen würde“* (k. k. Statthalterei Oberösterreich, 1891). Auch für diese Variante existiert keine planliche Darstellung. Diese konnte aber an Hand der Ortsangaben rekonstruiert werden und ist in Abb. 3 dargestellt. Es zeigt sich, dass diese Trasse größtenteils in rutschanfälligen Gesteinen der Unteren Gosau-Subgruppe gelegen wäre. Der erforderliche ca. 400 m lange Tunnel hätte zudem mit großer Wahrscheinlichkeit Haselgebirge angefahren, das im Bereich des geplanten N-Portals auch aufgeschlossen ist. Diese geotechnischen Verhältnisse hätten den damaligen Tunnelbau vor große Schwierigkeiten gestellt. Die Lokalbahn AG sah diese Variante aufgrund zusätzlicher Mehrkosten durch einen zweiten Tunnel – nicht aber aus geologisch-bautechnischen Gründen – als unrealisierbar an. Die Gemeinde stimmte schließlich der Variante mit einem Tunnel zu, nachdem die Lokalbahn AG die obertägige Trasse zwischen km 1,4 und 1,9 nach Wünschen der Gemeindevertretung adaptiert hatte.

4.3 Stationierung

Die Pläne nehmen im jeweiligen Titel Bezug auf die ursprünglich 4,7 km lange obertägige Erstvariante, obwohl die Verbindungsstrecke nur

2,1 km lang ist. Die planlich dargestellte Längensmessung hat ihren Nullkilometer bei Streckenkilometer 0,47 der bestehenden Lokalbahn (Abb. 1). Für den Tunnel wurde im Planungsoperat keine eigene Stationierung eingeführt, sodass dieser letztendlich in den Abschnitt km 0,292 – km 0,975 fiel. Im Längenschnitt (SKGLB, 1889) lag das N-Portal noch bei km 0,276 und das S-Portal bei km 0,938. Die Stationierung des N-Portals bei km 0,292 im Nischenplan (SKGLB, 1892a) zeigt, dass die nördliche Zulaufstrecke zum Tunnel um 16 m länger als geplant ausgeführt werden musste. Das S-Portal hätte demnach bei km 0,953 situiert werden sollen. Erst eine Rutschung im quartärbedeckten Hang östlich der Bahn machte am S-Portal ab Herbst 1892 eine Tunnelverlängerung bis km 0,975 notwendig.

Die Kilometrierung der Strecke Ischl-Salzburg ging nach Fertigstellung des Verbindungsabschnitts schließlich vom Staatsbahnhof Ischl aus, womit der Tunnel in den Streckenkilometer 2,80 – 3,48 fiel. Für diese Dokumentation wird eine beim N-Portal beginnende Tunnelstationierung eingeführt.

4.4 Vergleich mit der modernen Tunnelplanung

Bei heutigen Tunnelbauprojekten nehmen Planungs- und Bewilligungsphase sehr viel Zeit in Anspruch. Beim Brennerbasistunnel waren es von der Initiierung des Vorprojekts 1977 bis zum Baubeginn am ersten Erkundungsstollen 2007 rund 30 Jahre. Ein 55 km langer, zweiröhriger Eisenbahntunnel einer TEN (Trans-European Networks)-Achse kann zwar nicht mit einem knapp 0,7 km langen Tunnel einer Schmalspurbahn gleichgesetzt werden, doch auch ein längenmäßig mit dem Kalvarienbergtunnel vergleichbares Bauwerk würde heute, bedingt durch Vorprojektierung, geologische Erkundung, Variantenstudien, Bauwerksplanung, Beweissicherungsprogramme, Deponiekonzepte, Grundeinlöse-Verfahren, Umweltverträglichkeitserklärung und UVP-Verfahren, eine ungleich längere Vorlaufzeit als an der Wende zum 20. Jahrhundert beanspruchen. Während moderne Verkehrsinfrastrukturprojekte maßgeblich von öffentlicher Hand und gesetzlichen Auflagen beeinflusst werden, war in der

Bahnbauzeit der Konzessionsinhaber als Generalunternehmer für Trassierung, Planung, Bauabwicklung und Bahnbetrieb verantwortlich.

5. Geologie

5.1 Geologisch-tektonischer Überblick

Das zentrale Salzkammergut wird mit seinem komplizierten Deckenbau von zahlreichen Bearbeitern als Schlüsselregion zum Verständnis der Kalkalpentektonik betrachtet. Insbesondere die Position der Hallstätter Zone wurde und wird kontroversiell diskutiert. Während Frisch & Gawlick (2003) ein weitgehend neues Deckenmodell vorstellten, basieren die Erläuterungen zu Blatt 96 (Mandl, Lobitzer & Van Husen, 2012) auf einem modernisierten Konzept zur jurassischen Gleittektonik nach Tollmann (1981) oder Mandl (1982). Der von Gesteinen der oberjurassischen Plassen-Karbonatplattform s. l. (Schlagintweit & Gawlick, 2007) gebildete Kalvarienberg nimmt in den beiden Modellen eine unterschiedliche tektonische Position ein. Im Blockmodell von Frisch & Gawlick (2003) liegt er innerhalb eines kleinen tief-tirolischen Blocks, der vom Königsee-Lammertal-Traunsee (KLT-) Blattverschiebungssystem (Decker et al., 1994) und dem Dachstein-Block begrenzt wird. Eine lithologisch/faziell basierte lithostratigraphische Zuordnung des Kalvarienbergs erfolgte bislang nicht, sodass auch seine paläogeographische Stellung innerhalb der Plassen-Karbonatplattform s. l. noch aussteht.

Hingegen ordnet Mandl (2012) die Ischler Stadtberge – Kalvarienberg, Jainzen und Siriuskogel (Abb. 3) – den jüngst neu benannten Ischl-Schollen der Hallstätter Zone zu, die an ihrer Basis jeweils Haselgebirge führen und während der Unterkreide auf Roßfeld- und Schrambach-Fm. überschoben wurden. Die tatsächliche Ausdehnung der Ischl-Schollen wird durch transgressiv auflagernde Gosau-Sedimente verhüllt. Aus der Unterlagerung des Jainzen durch Haselgebirge und Schrambach-Fm. an seiner SE-Seite leitete Mandl (2012) den Gleitschollen-Charakter dieses Berges ab. Am unmittelbaren Fuß des Kalvarienberges ist Haselgebirge nirgendwo

aufgeschlossen, doch einige gewichtige Fakten sprechen für eine evaporitische Unterlage.

Nach dem geologischen N – S-Profil von Mayr (2003) wird der Untergrund des Ischltals von mehreren 100 m mächtigem Haselgebirge aufgebaut, welches u. a. in der Bohrung Rabennest 3 der Salinen AG aufgeschlossen wurde. Diese Bohrung liegt 800 m W der Tunnelachse bzw. 500 m SW der westlichsten Kalkaufschlüsse des Kalvarienberges und somit knapp außerhalb des in Abb. 3 erfassten Kartenausschnittes. In der Bohrung folgen unter 23 m mächtiger quartärer Bedeckung, 130,4 m ausgelaugtes Haselgebirge, 425,4 m salzführendes Haselgebirge und 24,8 m Grenzgebirge (Arndt & Mayr, 2003a). Mit geophysikalischen Untersuchungen der Salinen AG (Gravimetrie und Seismik) wurden im Ischtal zwei Salzlagerstätten räumlich eingegrenzt, wobei nach Arndt & Mayr (2003b) der Kalvarienberg über dem Ostfeld des Ischltaler Salzlagers situiert ist. Am nördlichen Hangfuß der Oberjurakalk-Scholle tritt in der Grundmoräne mit der Maria Louisen-Quelle (Abb. 3) eine Solequelle aus. Hausbrunnen unterstromig der Quelle zeigen mit Leitfähigkeitswerten um 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und Chloridgehalten zwischen 59-245 mg/l ebenfalls evaporitischen Kontakt an. 300 m WSW der Quelle wurde 1325 eine Sudpfanne urkundlich erwähnt. An der S-Seite des Berges, in der Ortschaft Ahorn ist Haselgebirge ca. 360 m SSW des ehemaligen Tunnel-S-Portals kleinräumig aufgeschlossen (Abb.3).

5.2 Geologie des Kalvarienberges

5.2.1 Bisherige Arbeiten

Auf Blatt 96 der geologischen Karte 1:50.000 (Schäffer, 1982, siehe auch hier Abb. 3) wird der Kalvarienberg als bunter Oberjurakalk ausgeschieden, der im NW und im S von Gosaumergeln überlagert wird. Im N verdecken Hangschutt, Grundmoräne, Eisrandsedimente bzw. Kames und Osschotter das Anstehende. In den Erläuterungen zu Blatt 96 folgen Mandl & Lobitzer (2012) hingegen älteren Arbeiten (Leischner, 1959; Fenninger & Holzer, 1972; Tollmann, 1976) und deuten den bunten Oberjurakalk als Plassenkalk. Leischner (1959) führt an der S-Seite des Kalvarienbergs, d. h. im Liegenden des Plassenkalks einen

rötlichen Untermalm-Globigerinenkalk an, den er den Acanthicus-Schichten zuordnet. Fenninger & Holzer (1972) gehen von bis zu 300 m mächtigen Plassenkalken aus, die an der Basis lokal Rotsedimente führen, im Hangenden zunehmend sandiger werden und in biogenreiche Mergelkalke übergehen. Der Globigerinenkalk wurde von diesen Autoren nicht wiedergefunden. Leischner (1959) nimmt für die S-Seite des Kalvarienberges auch eine Haselgebirgs-Untererlagerung an. Er erwähnt hier Melaphyr-Aufschlüsse, wobei die Örtlichkeit aber nicht genau beschrieben ist. Bei den Geländebegehungen 2016 fanden sich außer undeutlichen geomorphologischen Anzeichen keine Hinweise auf Haselgebirge im Liegenden der Jurakalke. Möglicherweise übernahm Leischner Literaturhinweise aus dem 19. Jh. (z. B. Tschermak, 1869) über Gabbro- und Melaphyr-Funde am Kalvarienberg, die aber bereits von Zirkl (1957) nicht bestätigt werden konnten.

5. 2. 2 Geologie der Tunnelachse

Die bei Schäffer (1982) kartierten Gesteine finden sich auch im Tunnelniveau wieder, doch ergibt sich hier ein differenzierteres Bild. Innerhalb der Gosau-Formationen ist der Tunnel ausgemauert, sodass hier nur über die unvermauerten Rückwände der Tunnelnischen und einige Drainageöffnungen geologische Rückschlüsse gezogen werden können. Auch die Schichtgrenzen zwischen den Gesteinen der Unteren Gosau-Subgruppe und den Oberjurakalken sind durch die Ausmauerung nicht mehr zugänglich (Abb. 4). Der Voreinschnitt am N-Portal liegt in den quartären Ablagerungen des Ischltals. Sande, die vermutlich auch zur Mörtelherstellung für die Ausmauerung abgebaut wurden, sind unmittelbar W des Voreinschnitts aufgeschlossen. Aus der Geländemorphologie und dem in die Drainageöffnungen eingeschwemmten Material ist ersichtlich, dass die ersten 20 Tunnelmeter (TM) im Lockergestein aufgefahren wurden.

Es folgen rund 145 m mächtige Konglomerate mit roten, pelitischen Zwischenlagen, die der Kreuzgraben-Fm. (Coniacium - ? Santonium) zuzuordnen sind. Mandl & Lobitzer (2012) geben für Blatt 96 Mächtigkeiten von mehreren Zehnermetern an, während Wagreich (1998) am Fahrnberg

(Blatt 95, Plöchinger, 1982) eine bis zu 300 m mächtige Abfolge beschreibt, die mit einem 150 m mächtigen pelitdominierten Abschnitt beginnt. Dieser Liegendanteil ist auch im Tunnel mit einem Fein-Grob-Fein-Sedimentationszyklus aufgeschlossen, in dem das Konglomerat-Pelit-Verhältnis bei 1:1 liegt. Die gut verfestigten Konglomeratlagen fallen steil nach NW bis NNE (305/65, 020/75) ein und stellen somit die westliche Fortsetzung jener Gosaukonglomerate (320/65, 005/70) dar, die Schäffer (1974) an der SW-Ecke des Jainzen (Abb. 3) über Plassenkalk beschreibt. Bei TM 112 hat sich durch das Nachbrechen der roten Tonzwischenlagen in einer Tunnelnische ein rund 6 m hoher Verbruch entwickelt. An der Oberfläche ist die Kreuzgraben-Fm. von quartären Schottern verhüllt und nur in der Tunnelachse in ca. 518 m Seehöhe punktuell aufgeschlossen. 15 m vor Ende der Ausmauerung ist in einer Drainage noch die rote Matrix des Konglomerats erkennbar, 9 m weiter zeigt sich in der nächsten Drainage bereits Oberjurakalk.

Dieser setzt an der Oberfläche in der Tunnelachse ca. 30 m S des Elisabeth-Waldwegs ein und ist nach S bis zum Bauernfeld-Weg (Abb. 4) durchgehend aufgeschlossen. Die im Tunnel mit 245 - 265 m Mächtigkeit vorliegenden Seichtwasserkarbonate spricht Gawlick (pers. comm.) als amalgamierte Plassenkalke an. Am Ende der Ausmauerung bei TM 172 sind sie als 0,7 m mächtige, dm-gebantete, mikritische Kalke aufgeschlossen. Bis TM 206 schließen wechselfarbige, grob gebantete - massige Kalke mit grauen Tonnestern an, die zwischen TM 180-188 tektonisch sehr stark beansprucht sind. Bei TM 175 und TM 180 haben sich störungsgebundene, steil NNW-fallende (350/70, 350/60) Verbrüche entwickelt. Die jeweils metermächtigen, grauen Kataklasten sind intensiv zerschert und zerfallen kleinstückig. Bei TM 206 - 207 folgen 5 - 7 cm geschichtete, gelbliche, mergelige Kalke und bis TM 221 grob gebantete - massige, hellgraue Kalke, die zahlreiche Klüfte und Hohlräume mit rotem Verwitterungsmaterial aufweisen. Nach 2 m mächtigen, deutlich im dm-Bereich geschichteten, hellgrauen Kalken, ist bis TM 271 massiger, hellgrauer-weißer Kalk aufgeschlossen, ehe wieder ca. 2 m mächtiger, weißer, im cm-Bereich geschichteter Kalk einsetzt. Bis TM 422 sind grobgebantete, massig wirkende,

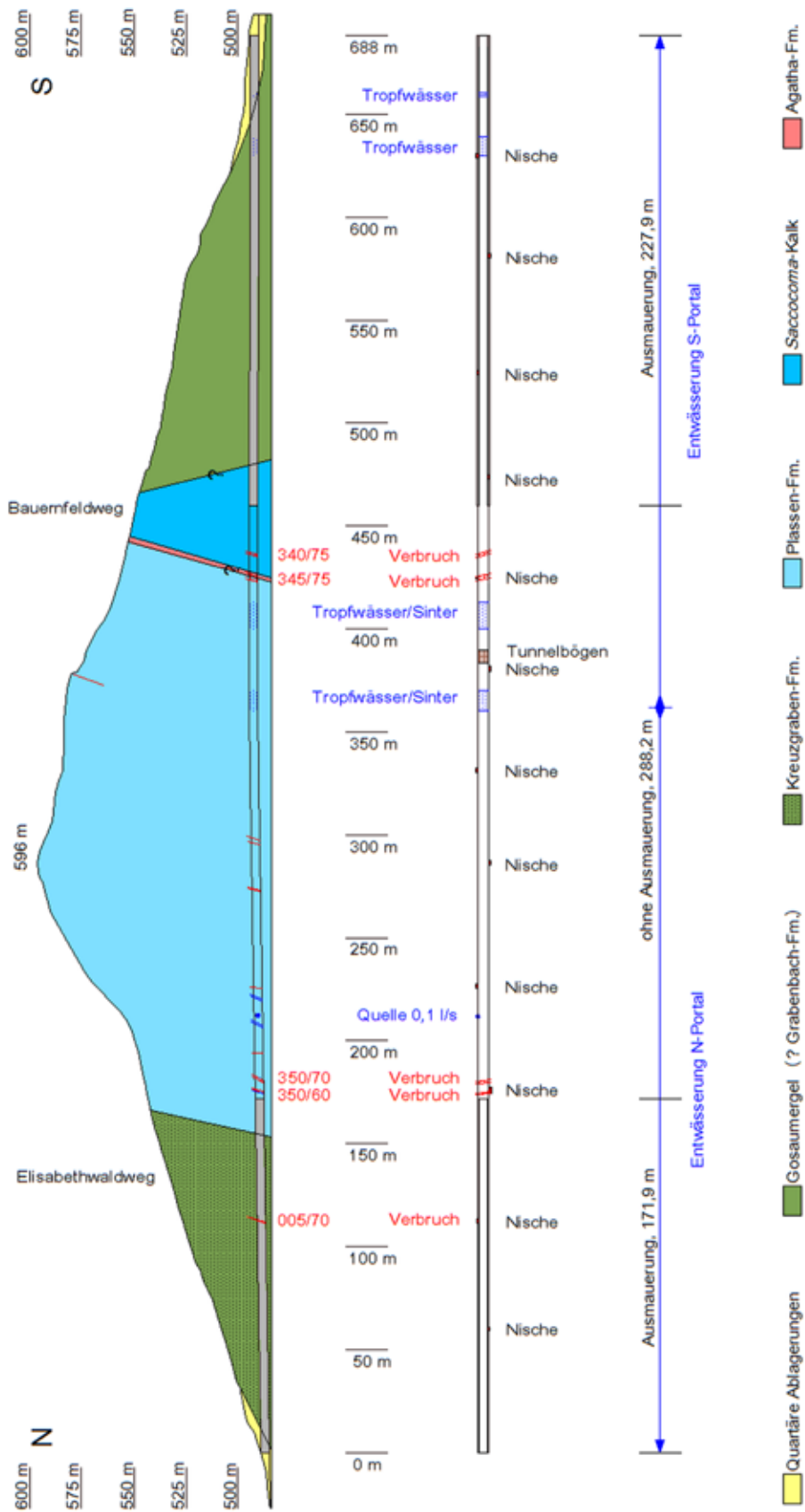


Abb. 4: Kalvarienbergtunnel - Geologischer Schnitt



Abb. 5: Kontaktzone Schwellen-/Beckensedimente: Agatha-Fm. bei TM 425 (a), stark verfaltete *Saccocoma*-Kalke bei TM 435 (b)

weiß-hellgraue Kalke aufgeschlossen, die bei TM 275 - 300 z.T. rot durchädert sind und steil nach NE bis ENE (050/70, 060/65) einfallen. Bei TM 387 sind im weißen, sparitischen Kalk zahlreiche mit rotem Ton gefüllte Hohlräume ersichtlich, ehe bei TM 422-425 ein tektonisch bedingter Verbruch (345/75) die Seichtwasserkarbonate begrenzt.

Zwischen TM 425-428 erscheint das Gestein brekziös, bei TM 425 sind cm-große, hellrote, mikritische, knollige Kalke in eine rötlich-braune Matrix eingelagert (Abb. 5a). Das durch die Lage an einer Störung stark durchgearbeitete Gestein kann nach Gawlick (pers. comm.) der Agatha-Fm. (Kimmeridgium – unteres Tithonium, Gawlick et al., 2009) zugeschrieben werden.

Nach einer weiteren, ca. 5 m breiten Störungszone (340/75), in der cm-geschichtete Mergel stark verfaultet und tonig aufgearbeitet sind, setzen bei TM 433 5-7 cm-geschichtete, verfaultete, graue Hornsteinbankkalke ein. Bei TM 435 weisen diese kalzitverfüllte Klüfte auf (Abb. 5b) und bei TM 438 ist in die knolligen hemipelagischen Mikrite ein dichtes, graues Gestein (? Dolomit) eingelagert. Ab TM 450 folgen unverfaltete, steil NNW-fallende (340/70), cm-geschichtete Kalke, die auch noch nach Beginn der südlichen Ausmauerung in der Tunnelnische bei TM 475 anstehen (335/65). Hier weisen sie lokal dunkelgrüne Zwischenlagen auf. Die gebankten, hemipelagischen Kalke stehen lithologisch der Oberalm-Fm. nahe, doch werden sie hier bedingt durch ihre Überlagerung mit Plassenkalk – der stratigraphischen Tabelle in Gawlick et al. (2009) entsprechend – als *Saccocoma-Kalk* eingestuft. An der Oberfläche ist dieser in der Tunnelachse nicht aufgeschlossen, doch finden sich in der Bodendecke N des Bauernfeld-Weges vereinzelt Hornsteine und ca. 250 WSW der

Kalvarienbergkirche graue mikritische Kalke, die ihm wahrscheinlich zugerechnet werden können. Makroskopisch unterscheiden sich diese grauen Kalke deutlich von den bräunlichen, bei Schäffer (1982) als Oberalm Schichten ausgewiesenen Kalken, die im Kaiserpark (Abb. 3) auf 520 m Seehöhe anstehen.

In den drei weiteren Tunnelnischen der südlichen Ausmauerung sind schließlich Gosaumergel (? Grabenbach-Fm.) aufgeschlossen, die bei TM 523, nahe an der Kontaktzone zu den *Saccocoma*-Kalken intensiv zerschert sind. Die Schichtgrenze liegt wahrscheinlich zwischen TM 477-482, wo in einer Drainage rotbraune Mergelstückchen ersichtlich sind.

Die letzten 30-40 TM durchfahren quartäre Ablagerungen (? Grundmoräne und Eisrandsedimente), in welchen eine vermutlich beim Vortrieb entstandene Rutschung (? Tagesbruch) im Ostulm zu einer Verlängerung des ursprünglich mit 662 m Länge geplanten Tunnels führte.

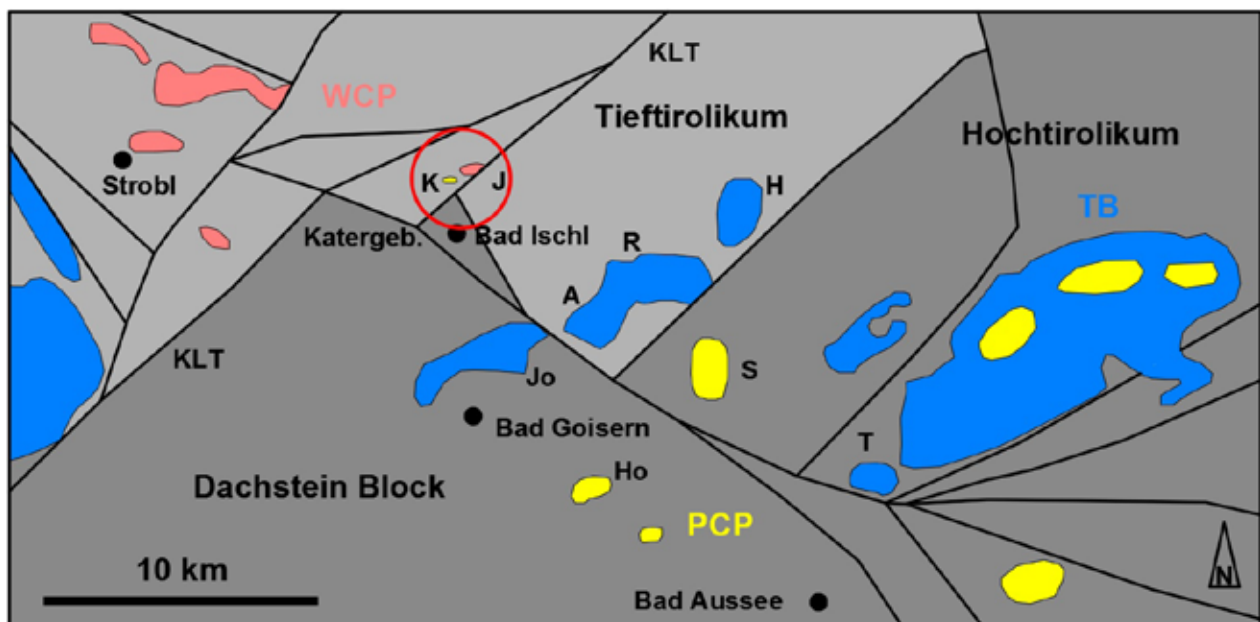


Abb. 6: Geographische und tektonische Position der Vorkommen der Plassen-Karbonatplattform s. I. (verändert nach Schlagintweit & Gawlick, 2011). Der Sandling, welcher bei Schlagintweit & Gawlick (2011, Abb. 2) im Widerspruch zu ihrem paläogeographischen Modell farblich dem Tauglboden-Becken zugeordnet ist, wird hier als Teil der PCP s. str. dargestellt. Abkürzungen: KLT – Königsee-Lammertal-Traunsee-Störung, PCP – Plassen-Karbonatplattform s. str., TB – Tauglboden-Becken, WCP – Wolfgangsee-Karbonatplattform, A – Anzenberg, H – Höherstein, Ho – Hornkogel, J – Jainzen, Jo – Jochwand, K – Kalvarienberg, S – Sandling, T – Tressenstein

5. 2. 3 Paläogeographische Interpretation

Innerhalb der letzten 20 Jahre haben Gawlick und Schlagintweit gemeinsam mit anderen Autoren ein neues Modell zur Genese jurassischer Becken und Karbonatplattformen in den zentralen Nördlichen Kalkalpen entwickelt (zusammenfassende Darstellungen z. B. bei Gawlick et al., 2010, 2012). Darin wird im Kimmeridgium die Entwicklung dreier unabhängiger Karbonatplattformen an Deckenfronten angenommen, welche durch Becken getrennt sind. Zwischen der im N gelegenen Wolfgangsee-Karbonatplattform (WCP, Tief-tirolikum) und der Plassen-Karbonatplattform s. str. (PCP s. str., Hochtirolikum) liegt das Tauglboden-Becken. S davon folgt auf das Sandlingalm-Becken die Lärchberg-Karbonatplattform. Im zentralen Salzkammergut ist demnach das Auftreten der Plassen-Fm. an die WCP und die PCP s. str. gebunden, während Oberalm-Fm. inkl. Barmsteinkalk Sedimente des Tauglboden-Beckens repräsentieren (Abb. 6). Bei der Progradation der PCP s. str. nach S, über das Sandlingalm-Becken, folgen nach Gawlick, Schlagintweit & Suzuki (2007) über der von ihnen neu definierten Sandlingalm-Fm. (Radiolarite, Brekzien und Gleitschollen in Hallstätter Fazies) *Saccocoma*-Kalk und Riffschutt-kalke die der Plassen-Fm. zugerechnet werden. Mit dem Zerbrecen der Trattberg-Schwelle im Tithonium wird eine zweite Riffentwicklung nach N, zum Tauglboden-Becken angenommen (Gawlick & Schlagintweit, 2009). Die Plassen-Fm. der WCP entwickelt sich über Hauptdolomit bzw. Radiolarit der Tauglboden-Fm. (Gawlick, Schlagintweit & Missoni, 2007).

Den dem Kalvarienberg NE benachbarten Jainzen (Abb. 3 und 6) ordnen Gawlick, Schlagintweit & Missoni (2007) aus paläogeographischen Gründen der 200-300 m mächtigen WCP zu. Der Jainzen wäre demnach im Unterschied zur Hallstätter Kalk-Scholle des Siriuskogels (Abb. 3), die dem Sandlingalm-Becken zugerechnet wird (Gawlick, pers. comm.), keine Gleitscholle auf Haselgebirge. Dieses ist zwar an der Bad Ischler Nordumfahrung (Abb. 3) aufgeschlossen, doch beim Bau des Kaiserparktunnels wurden nach Furlinger (pers. comm.) nur Gosau-Formationen, jedoch kein Haselgebirge oder Oberalm-Fm. angetroffen.

Im Handstück sind die meist grobgebankten, amalgamierten Plassenkalke des Kalvarienbergs schwer von jenen des Jainzen zu unterscheiden,

die Schlagintweit et al. (2005) faziell einem oberen Vorriff-Hang zuweisen. Im Sinne dieses Konzepts muss die 305-325 m mächtige Oberjurakalk-Scholle des Kalvarienbergs aber vom Jainzen getrennt und der PCP s. str. zugeordnet werden, denn die Schichtfolge Plassen-Fm. – Agatha-Fm. – *Saccocoma*-Kalk entspricht jener des Sandlingalm-Beckens. In diesen Sedimentationsbereich S der Trattbergschwelle gleitet nach Krische, Suzuki & Gawlick (2013) an der Grenze Oxfordium/Kimmeridgium die alpine Haselgebirge *Mélange* ein und wird von Agatha-Fm. und/oder *Saccocoma*-Kalk und Plassen-Fm. überlagert. Die Agatha-Fm. kann Schwellenpositionen oder Beckenbereiche mit Mangelsedimentation einnehmen, *Saccocoma*-Kalke repräsentieren demnach tieferen Hang oder proximales Becken. Bereits Fenninger & Holzer (1972) haben auf das Auftreten des Agathakalks in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus hingewiesen. Nach Gawlick & Schlagintweit (2009) findet sich die Agatha-Fm. am Tressenstein und Hornkogel im unmittelbar Liegenden der Resedimente der Plassen-Karbonatplattform. Krische, Suzuki & Gawlick (2013) beschreiben in der Weitenau (Blatt 94 Hallein) ihre Entwicklung im Liegenden der *Saccocoma*-Kalke.

Die im Liegenden folgenden Schichtglieder der Beckenfüllung (Gawlick et al., 2009), Radiolarit (?) und Hallstätter Kalke sind in der 1 km SSE entfernten Siriuskogel-Scholle aufgeschlossen. Der Kalvarienberg wäre damit die nördlichste Scholle des Sandlingalm-Beckens. Er bildet mit dem Siriuskogel eine kleine isolierte hochtirolische Scholle, die im S durch Sedimenten des proximalen Tauglboden-Beckens bzw. der Trattberg-Schwelle (Oberalm-Fm. des Jochwand-Anzenberg-Rosenkogel-Höherstein-Zuges, Gawlick et al., 2009 bzw. Brekzienkörper der Tauglboden-Fm. am N-Rand des Katergebirges, Auer et al., 2006) umgeben ist. Im Bereich Sandling-Höherstein erklären Gawlick, Schlagintweit & Suzuki (2007) das unmittelbare Aufeinandertreffen zweier verschiedener Beckensedimentabfolgen durch post-oberjurassische Störungen mit beträchtlichem N–S-Versatz und einer steil stehenden, E-W-streichenden Seitenverschiebung, welche die Grenze zwischen Hoch- und Tief-tirolikum (Blockmodell von Frisch & Gawlick, 2003) bildet. Letztere müsste in Bad Ischl zwischen Jainzen und Kalvarienberg verlaufen, was auch für die evaporitische Unterlagerung

des letzteren sprechen würde. Mandl (2013) hat wiederum am Beispiel des Sandlinggebietes Argumente für ein singuläres Becken und gegen eine trennende Seitenverschiebung vorgebracht, sodass die paläogeographische Rekonstruktion noch zur Diskussion steht.

Das weitgehend einheitliche 60°-75° steile NNW- bis NNE-Fallen der Kreuzgraben-Fm. und der oberjurassischen Einheiten im Tunnel weist auf eine maßgebliche postgosauische Verkippung der Kalvarienbergscholle, wahrscheinlich im Zuge miozäner Tektonik hin.

5.2.4 Hydrogeologie und Tunnelentwässerung

Die dem Kalvarienberg randlich auflagernden Gosau-Fm. bzw. die Grundmoräne entwässern oberflächlich, während die ca. 12 ha große Kalkscholle stark verkarstet ist. Die am N-Portal abfließenden Tunnelwässer sind deren einziger nennenswerter Wasseraustritt. Tropfwässer in den beiden Portalbereichen zeigen mit Leitfähigkeitswerten um 150 µS/cm und Temperaturen über 10,5° C das Einsickern von Niederschlagswasser an. Bergwasser tritt bei TM 212 aus einer relativ gleichmäßig schüttenden Kluftquelle (0,15 l/s, 8,9°C, 445 µS/cm) im Ostulm und über Tropfwässer bei TM 330-340 (0,1 l/s, 9,6°C, 496 µS/cm) bzw. TM 400-415 (0,05 l/s, 9,8°C, 463 µS/cm) in den Tunnel ein. In diesen Bereichen ist die Tunnellaibung flächig versintert. Der hintere Tropfwasserbereich ist an die stauende Störungszone zwischen Plassen-Fm. und Agatha-Fm./*Saccocoma*-Kalk gebunden (Abb. 4). Der Trassierungshochpunkt liegt bei TM 360, sodass ein Großteil des Bergwassers zum N-Portal abfließt und dort aktuell in ein landwirtschaftliches Drainagesystem eingeleitet wird.

6. Baudokumentation

Über die Tunnelbauarbeiten liegen keine Aufzeichnungen vor, sodass weder Vortriebsart (vermutlich Sohlstollen nach alter österreichischer Bauweise mit nachfolgendem Vollaussbruch) noch Vortriebsrichtung bekannt ist. Wahrscheinlich wurde der Tunnel vom Nordportal her aufgeföhren, da hier die Baustelleneinrichtung vom Lokalbahnstation schienengebunden erfolgen konnte.

Vor dem N-Portal musste eine 36 m lange Anschnittböschung und ein 18 m langer Voreinschnitt in quartären Ablagerungen hergestellt werden. Die Böschungen im Lockergestein wurden mit bis zu 4,5 m hohen Stützmauern gesichert, von welchen die östliche zur Ableitung der Tunnelwässer als Grabenmauer ausgeführt wurde. Die ersten 10 TM wurden vermutlich in offener Bauweise errichtet. Bis TM 171,9 ist der Tunnel ausgemauert, wobei in der Kreuzgraben-Fm. das Regelprofil „Type III“ mit 0,5 m starker Ausmauerung zur Ausführung kam. Der folgende, 288,2 m lange nicht ausgemauerte Abschnitt liegt gänzlich in den jurassischen Formationen und weist maximal 104 m Überdeckung auf. Während in sämtlichen Störungs-(Kataklasten-)Zonen keine Ausbaumaßnahmen gesetzt wurden, ist bei TM 383,7 ein 6 m langer Abschnitt mit Tunnelbögen, die am Kalottenfuß ansetzen, gesichert. Vermutlich kam es hier im stärker geklüfteten Plassenkalk zu Nachbrüchen aus dem First. Bei TM 460 beginnt der 228 m lange vermauerte Abschnitt bis zum S-Portal, in dem wahrscheinlich, bedingt durch die stark aufgelockerten Gosau-Formationen das Regelprofil „Type IV“ ausgeführt wurde. Die Stärke der Ausmauerung konnte in Drainageöffnungen am Ulmenfuß mit über 0,7 m gemessen werden. Für die 1892 genehmigte, 22 m lange Tunnelverlängerung wurde ein neues Profil (SKGLB, 1892b) konzipiert und auf den letzten 46 TM hergestellt. Dieses sieht mit Ausnahme des Ostulms eine durchgehende, 0,5 m starke Drainageschicht aus Bruchsteinen vor, welche das Bergwasser über den Westulm zur Sohle ableitet (Abb. 2d). Dieser letzte Abschnitt, der am S-Portal nur mehr einen knappen Meter Überdeckung aufweist, wurde großteils in offener Bauweise hergestellt. Hielt man vor Baubeginn, aufgrund einer geologischen Fehleinschätzung (SKGLB, 1891), Ausmauerungen nur in den Portalbereichen für

erforderlich, so mussten schließlich 400 TM (58% der Gesamtlänge) mit Bruchsteinen ausgemauert werden. Diese wurden beim Ausbruch gewonnen und grob behauen. Meist kamen Kalksteine der Plassen-Fm. zur Anwendung, doch innerhalb der Kreuzgraben-Fm. wurden auch deren gut verfestigte Konglomerate verwendet. Die Ausmauerung ist, gemessen am hohen Bauwerksalter, gut erhalten und weist keine auffälligen Ausbauhungen aus.

Die Tunnel Drainage wurde vermutlich erst mit der jüngsten Adaptierung des Tunnels als Kabeltrasse an den Westulm verlegt. Die Regelprofile (SKGLB, 1890) sahen ursprünglich nur einen Drainagegraben im Fels der zur Tunnelmitte abfallenden Sohle vor, der mit Bruchsteinen verfüllt war und zu den Ulmen hin auslief (Abb. 2a-c). Im Regelprofil zur Tunnelverlängerung (SKGLB, 1892b), das bedingt durch die Lage in quartären Lockergesteinen ein Sohlgewölbe vorsah, war bereits ein Sohlkanal geplant, der auch in den ursprünglichen Profilen nachgetragen wurde.

Insgesamt wurden ca. 14.800 m³ Gestein ausgebrochen, wobei die Ausbruchquerschnitte der Regelprofile variieren (Tab. 1). Rund 2.500 m³ Ausbruchmaterial wurden zur Schüttung eines bis zu 4 m hohen Bahndammes an der nördlichen Zulaufstrecke zwischen km 0,025 - km 0,218 benötigt. 3.200 m³ wurden für die Herstellung der Ausmauerung wiederverwertet. Das restliche Material wurde zumindest teilweise zur Erweiterung bestehender Bahndämme verwendet. Die erst in den 1990er Jahren abgetragenen Dämme bis zur Maria-Louisen-Quelle (Abb. 3) bestanden in den Randbereichen aus grauem Gosauermgell

In der Planungsphase waren 10 Tunnelnischen (Breite x Höhe x Tiefe: 1,5 m x 2,0 m x 1,0 m) im Abstand von jeweils 66 m vorgesehen (SKGLB, 1892a). Ausgeführt wurden schließlich 12 Nischen in unregelmäßigen Abständen und Größen. Die zwischen 42 - 60 m variierenden Abstände sind z. T. geologisch bedingt, da Nischen in Schwäche zonen angelegt wurden, wo der stärkere Verbruch keinen Mehrausbruch erforderlich machte. Die planlich vorgesehene 0,7 m starke Nischenrückwand kam nirgends zur Ausführung. Neben schmucklosen Portalmauern, durchgehenden Fugen in der Ausmauerung und fehlenden Randbalken an den Stützmauern ist dies ein weiterer Hinweis auf Zeit- und Kostendruck während des Baus. Luft (1994) sieht in der einfachen aber zweckmäßigen Bauausführung generell ein typisches Merkmal der damaligen Privatbahnen.

Dank

W. Furlinger, H. J. Gawlick, H. Lobitzer, G. W. Mandl und M. Mayr beantworteten als langjährige Bearbeiter der regionalen Geologie stratigraphisch/tektonische Detailfragen. H. J. Gawlick nahm sich darüber hinaus auch Zeit zur Begutachtung einiger Oberjurakalk-Handstücke bzw. gab wichtige Hinweise zum Konzept der PCP. R. Bartl übernahm dankenswerterweise die Unterlagenrecherche bei der Stadtgemeinde Bad Ischl.

Tab. 1: Ausbruchsfläche/Regelprofil

Regelprofil	Ausbruchsfläche [m ²]
Type I	15,9
Type III	22,1
Type IV	24,4
Verlängerung	43,0

Literatur

- Arndt, R., Mayr, M. (2003a): Prospection and exploration of Alpine salt deposits. A challenge for geologists and geophysicists. – *Erzmetall*, 56: 257-264.
- Arndt, R., Mayr, M. (2003b): Salzsuche im oberösterreichischen Salzkammergut. – In: Weidinger, J.T., Lobitzer, H., Spitzbart, I. (eds.): Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts, Gmundner Geo-Studien 2, 289-296, Erkudok© Institut, Gmunden.
- Auer, M., Gawlick, H.-J., Suzuki, H. (2006): Die Unter-Oxford-Radiolarit-Megabrekzie am Nordrand des Dachstein-Blockes (Nördliche Kalkalpen, Österreich): Radiolarienfaunen, Mikrofazies des Komponentenbestandes und tektonische Bedeutung. – *Jb. Geol. B.-A.*, 146: 33-51.
- Decker, K., Peresson, H., Faupl, P. (1994): Die miozäne Tektonik der östlichen Kalkalpen: Kinematik, Paläospannungen und Deformationsaufteilung während der "lateralen Extrusion" der Zentralalpen. – *Jb. Geol. B.-A.* 137/1: 5-18.
- Fenninger, A., Holzer, H.-L. (1972): Fazies und Paläogeographie des oberostalpinen Malm. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 63 (1970): 52-141.
- Frisch, W., Gawlick, H.-J. (2003): The nappe structure of the central Northern Calcareous Alps and its disintegration during Miocene tectonic extrusion – a contribution to understanding the orogenic evolution of the Eastern Alps. – *Int. J. Earth Sci (Geol. Rdsch.)*, 92: 717-727.
- Gawlick, H.-J., Missoni, S., Schlagintweit, F., Suzuki, H., Frisch, W., Krystyn, L., Blau, J., Lein, R. (2009): Jurassic Tectonostratigraphy of the Austroalpine Domain. – *J. Alp. Geol.*, 50: 1-152.
- Gawlick, H.-J., Missoni, S., Schlagintweit, F., Suzuki, H. (2010): Tiefwasser Beckengeneese und Initiierung einer Karbonatplattform im Jura des Salzkammergutes (Nördliche Kalkalpen, Österreich). – *J. Alp. Geol.*, 53: 53-136.
- Gawlick, H.-J., Missoni, S., Schlagintweit, F., Suzuki, H. (2012): Jurassic active continental margin deep-water basin and carbonate platform formation in the north-western Tethyan realm (Austria, Germany). – *J. Alp. Geol.*, 54: 189-291.
- Gawlick, H.-J., Schlagintweit, F. (2009): Revision des Tressensteinkalkes: Neuinterpretation der späten Ober-Jura bis ? Unter-Kreide-Entwicklung des Plattform-Becken-Überganges der Plassen-Karbonatplattform (Österreich, Nördliche Kalkalpen). – *J. Alp. Geol.*, 51: 1-30.
- Gawlick, H.-J., Schlagintweit, F., Missoni, S. (2007): Das Ober-Jura Seichtwasser-Karbonat-Vorkommen der Drei Brüder am Wolfgangsee (Salzkammergut, Österreich): das westlichste Vorkommen der Wolfgangsee-Karbonatplattform südlich der Brunnwinkl-Schwelle am Nordrand des Tauglboden-Beckens. – *J. Alp. Geol.*, 48: 1-151.
- Gawlick, H.-J., Schlagintweit, F., Suzuki, H. (2007): Die Ober-Jura bis Unter-Kreide Schichtfolge des Gebietes Höherstein-Sandling (Salzkammergut, Österreich) – Implikationen zur Rekonstruktion des Block-Puzzles der zentralen Nördlichen Kalkalpen, der Gliederung der Radiolaritflyschbecken und der Plassen-Karbonatplattform. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 243/1: 1-70.
- k. k. Statthalterei Oberösterreich (1891): Protokoll aufgenommen zu Ischl am 22. 12. 1891, unveröff. Protokoll, 8 S., Bad Ischl.
- Krische, O., Suzuki, H., Gawlick, H.-J. (2013): Mikrofazies und Radiolarienfauna der *Saccocoma*-Kalke in der westlichen Weitenau (Hochreith Einheit) [Nördliche Kalkalpen, Salzburg]: Neue Daten zur Platznahme der Alpenen Haselgebirge Mélange. – *Jb. Geol. B.-A.*, 153: 75-96.
- Leischner, W. (1959): Geologische Neuaufnahme in der Umgebung von Bad Ischl (Ischl- und unteres Rettenbachtal). – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien*, 10: 63-94.
- Luft, A. (1994): Die Salzkammergut-Lokalbahn. (Bahn im Bild 7), 95 S., Pospischil, Wien.
- Mandl, G. W. (1982): Jurassische Gleittektonik im Bereich der Hallstätter Zone zwischen Bad Ischl und Bad Aussee (Salzkammergut, Österreich). – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 28: 55-76.
- Mandl, G. W. (2012): Kap. 5.1. Vom Sediment zum Gebirge. – In: Mandl, G.W., Lobitzer, H., van Husen, D. (Red.): Erläuterungen zu Blatt 96 Bad Ischl der Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, 33-42, Geol. B.-A., Wien.
- Mandl, G.W. & Lobitzer, H. (2012): Erläuterungen zur Kartenlegende. Oberperm bis Paläogen. – In: Mandl, G.W., Lobitzer, H., van Husen, D. (Red.): Erläuterungen zu Blatt 96 Bad Ischl der Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, 48-89, Geol. B.-A., Wien.
- Mandl, G. W. (2013): Zur Geologie des Raumes Hütteneckalm-Sandlingalm-Blaa-Alm (Salzkammergut, Österreich) mit kritischen Anmerkungen zur Sandlingalm-Formation. – *Jb. Geol. B.-A.*, 153: 33-74.
- Mayr, M. (2003): Die Salinen Austria AG und die Geologie ihrer Salzlagerstätten im Salzkammergut. – *Mitt. IAG BOKU*, 13: 53-97.
- Plöching, B. (1972): Geologische Karte des Wolfgangseegebietes, Geol. B.-A., Wien.

- Plöching B. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 95 St. Wolfgang, Geol. B.-A., Wien.
- Rabcewicz, L. v. (1965): Die Neue Österreichische Tunnelbauweise – Entstehung, Ausführung und Erfahrung. – Der Bauingenieur, 40: 289-296.
- Rziha, F. v. (1874): Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst, 2 Bd., 868 S., Ernst & Korn, Berlin.
- SKGLB (1889): Anschluss der Lokalbahn Ischl - Strobl an die k. u. k. Staatsbahn in Ischl - Variante km 0,0 bis 4,7, Detail Längenprofil, unveröff. Plan 1:2.000 (Längen) und 1:200 (Höhen),
- SKGLB (1890): Technische Bericht zu den Normalien der Tunnel Anlagen, unveröff. Bericht, 4 S. mit Planbeilage zu den Tunneltypen, Salzburg.
- SKGLB (1891): Technischer Bericht zum Detailprojekt für die Variante km 0,0 bis 4,7 des projektierten Anschlusses der Lokalbahn Ischl - Strobl an die k. u. k. Staatsbahn in Ischl, unveröff. Bericht, 3 S., Salzburg.
- SKGLB (1892a): Salzkammergutlokalbahn Strobl - St. Lorenz und Anschluss Ischl. Anordnung der Tunnel-Nischen, unveröff. Plan 1:500 (Situation) und 1:50 (Schnitte), Salzburg
- SKGLB (1892b): Verbindungslokalbahn Salzburg-Ischl mit den k. k. Staatsbahnen – Detailprojekt für die Tunnelverlängerung in Ischl, unveröff. Plan mit Querprofil, Situation und Längenprofil, Salzburg.
- Schäffer, G. (1974): Bericht 1973 über Aufnahmen auf Blatt 96 (Bad Ischl). – Verh. Geol. B.-A., 1974 (4): A98-A99.
- Schäffer, G. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 96 Bad Ischl. – Wien (Geol. B.-Anst.).
- Schlagintweit, F., Gawlick, H.-J. (2007): Analysis of Late Jurassic to Early Cretaceous algal debris-facies of the Plassen carbonate platform in the Northern Calcareous Alps (Germany, Austria) and in the Kurbnesh area of the Mirdita zone (Albania): A tool to reconstruct tectonics and palaeogeography of eroded platforms. – *Facies*, 53: 209-227.
- Schlagintweit, F., Gawlick, H.-J. (2011): *Perturbatacrusta leini* n. gen., n. sp. a new microencruster incertae sedis (? sponge) from Late Jurassic to earliest Cretaceous platform margin carbonates of the Northern Calcareous Alps of Austria. – *Facies*, 57: 123-137.
- Schlagintweit, F., Gawlick, H.-J., Missoni, S. and Lein, R. (2005): The reefal facies of the Upper Jurassic Plassen carbonate platform at Mt. Jainzen (Northern Calcareous Alps, Austria). – In: Haas, H., Ramseyer, K., Schlunegger, F. (eds.): *Sediment 2005*, Schriftenreihe Deutsch. Ges. Geowiss. 38, 130-131, Deutsch. Ges. Geowiss., Hannover.
- Spengler, E. (1911): Die Schafberggruppe. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 4: 181-275.
- Tollmann (1976): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. – 580 S., Deuticke, Wien.
- Tollmann, A. (1981): Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozeß der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 74/75: 167-195.
- Tschermak, G. (1869): Die Porphyrgesteine Österreichs aus der mittleren geologischen Epoche, 232 S., Gerold, Wien.
- Wagreich, M. (1998): Lithostratigraphie, Fazies und Sequenzstratigraphie der Gosau Gruppe von Bad Ischl und Strobl am Wolfgangsee (Oberturon-Maastricht, Nördliche Kalkalpen, Österreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, 141 (2): 209-234.
- Zirkl, E. J. (1957): Der Melaphyr von Hallstatt. – *Jb. Geol. B.-A.*, 100: 137-177..