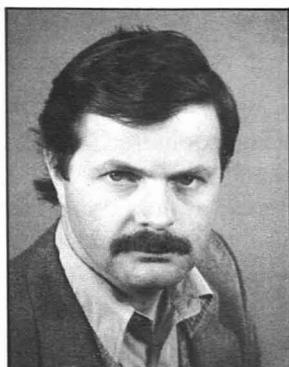


## Das Wesen der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise



Karl LACKNER, Dipl.-Ing. Dr. techn., Univ. Assistent am Institut für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau, Jahrgang 1949.

Studium: Bauingenieurwesen an der T. H. Graz. Dissertation: Modellversuche zur Untersuchung der Tragwirkung des Gebirges und einer Systemankerung im Zuge eines Hohlraumausbruches mit Kreisquerschnitt in Abhängigkeit der Ankerlänge und Ankerdichte.

Lehrauftrag für Felsmechanik und ausgewählte Kapitel der Felsmechanik. Freier Mitarbeiter im Ziv. Ing. Büro von em. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. ing. hc. Christian Veder. Seit 1983 Ausübung der Befugnis eines Ziv. Ing. für Bauwesen.

**Die Neue Österreichische Tunnelbauweise ist weltweit als eine wirtschaftliche und sichere Baumethode anerkannt.**

**Sie ermöglicht auch bei wechselhaften und schwierigen Gebirgsverhältnissen den Einsatz der jeweils optimalen Baumethode. Und zwar dadurch, daß infolge der ständigen Beobachtung des Gebirges und seiner Reaktionen auf die jeweils erfolgten technischen Eingriffe im Zuge des Tunnelvortriebes bestimmte Grundsätze befolgt werden.**

**Die Darstellung dieser Baumethode in ihren maßgebenden Grundsätzen soll das Wesen der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise aufzeigen.**

### Ein kurzer Rückblick auf die Entwicklung der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise

Etwa ab der sechziger Jahre bis heute wurden, um konstant hohe Reisegeschwindigkeiten gewährleisten zu können, bei den Trassenführungen von Autobahnen und Schnellstraßen wie auch für Bahnlinien große Krümmungsradien und geringe Neigungen gewählt. Bedingt durch die alpine Topographie Österreichs wurde dadurch der Bau zahlreicher Tunnels erforderlich.

Die großen Tunnelquerschnitte und die oft auf kürzester Entfernung stark wechselnden Gebirgsverhältnisse im Bereich eines Tunnels boten die Voraussetzungen für die Anwendung einer Tunnelbaumethode, deren Grundlage die Entwicklung neuer Baustoffe (Spritzbeton, Baustahlmatten, Stahlanker etc.) und leistungsstarker Baugeräte sowie vor allem neue Erkenntnisse über die Bedeutung des Wechselspiels zwischen Gebirgsdruck und Ausbauerstand und des Zeiteinflusses beim Tunnelvortrieb bildeten.

Diese Erkenntnisse basieren auf den Erfahrungen österreichischer Ingenieure, weshalb der Begründer dieser neuen Baumethode\* ihr den Namen »Neue Österreichische Tunnelbauweise« gab. International wurde sie unter der Kurzbezeichnung »NATM« New Austrian Tunneling Method bekannt. Diese Bezeichnung weist bereits klar auf die Tunnelbaumethode hin.

Müller L., ein Mitbegründer dieser neuen Bauweise, definiert die Neue Österreichische Tunnelbauweise als ein Tunnelbaukonzept, eine Methode, Tunnel auf Grund ganz bestimmter, wissenschaftlich gesicherter und praktisch erprobter Grundgedanken und Grundsätze so zu bauen, daß durch Heranziehen der Tragwirkung des Gebirges ein Optimum an Sicherheit und Wirtschaftlichkeit erreicht wird. [1]

Daß diese Neue Tunnelbaumethode ein Jahrzehnt nach ihrer Präsentation bereits weltweit angewandt wurde, ist ein beeindruckender Beweis ihrer Brauchbarkeit.

\* L. v. Rabcewicz

### Die »Alte Österreichische Tunnelbauweise« im Vergleich zur »Neuen Österreichischen Tunnelbauweise«

Spricht man von einer »Neuen Österreichischen Tunnelbauweise« so erscheint es mir angebracht, auch die »Alte (Klassische) Österreichische Tunnelbauweise« darzustellen. So wie für alle älteren Bauweisen (Belgische, Deutsche, Österreichische etc.) gilt auch für die Alte Österreichische Bauweise als Kriterium die Einhaltung eines bestimmten Vortriebschemas vom Ausbruch des Sohlstollens bis zur Ausmauerung des Tunnelgewölbes (siehe Abb. 1).

Um die Leistungsfähigkeit der Alten Österreichischen Tunnelbauweise aufzuzeigen, sei erwähnt, daß der in den Jahren 1880 bis 1884 nach dieser Bauweise errichtete Arlberg-Eisenbahntunnel bei etwa gleichem Ausbruchs-



querschnitt und gleichen geologischen Verhältnissen in der gleichen Zeit gebaut wurde wie der neue Arlberg-Autobahntunnel, der in den Jahren 1974 bis 1978 errichtet wurde [2].

Für die Neue Österreichische Tunnelbauweise gilt, daß sie Grundsätzen folgt, die sich als Konsequenzen aus Gesetzmäßigkeiten der Reaktion des Gebirges auf technische Eingriffe ergeben. [3] Die Grundlagen dieser Tunnelbaumethode sind also nicht die jeweiligen Baumaßnahmen an sich, sondern die Grundsätze, die beobachtet werden müssen, wenn bei der Schaffung eines Tunnels der vorhandene (primäre) Gleichgewichtszustand des Gebirges über eine Anzahl von Zwischenzuständen in einen letztlich stabilen (sekundären) Gleichgewichtszustand übergeleitet wird.

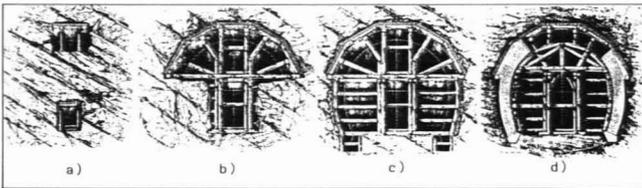
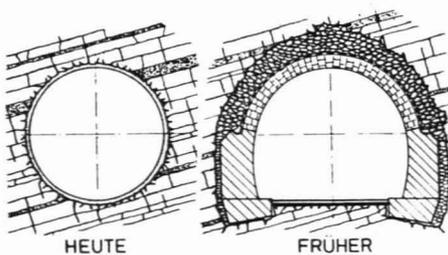


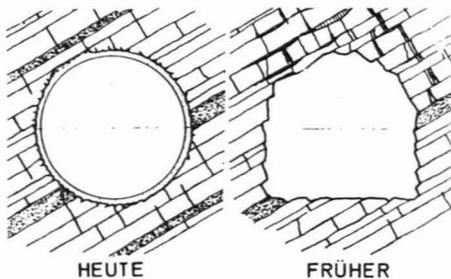
Abb. 1 Alte Österreichische Bauweise a) bis d) Bauvorgang am Beispiel des Semmering Haupttunnels (Rziha 1874)

## Die Grundsätze der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise

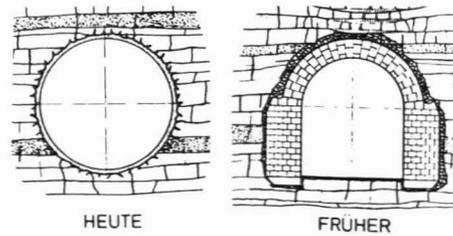
Eine umfassende und geschlossene Darstellung des Wesens der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise in 22 Grundsätzen [1] soll das Neue dieser Tunnelbauweise im Vergleich zur früheren Bauweise aufzeigen.



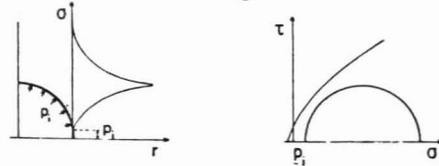
**1. Grundsatz:** Der wesentliche tragende Bauteil eines Tunnels ist das Gebirge.



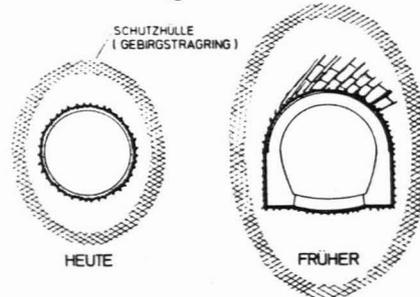
**2. Grundsatz:** Die ursprüngliche Gebirgsfestigkeit soll, soweit als dies während der Schaffung des Hohlraumes möglich ist, erhalten bleiben.



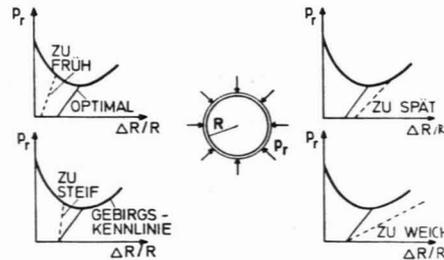
**3. Grundsatz:** Auflockerungen des Gebirges sind zu verhindern, da sie dieses entfestigen.



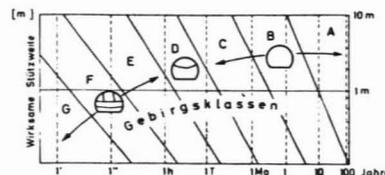
**4. Grundsatz:** Ein- und zweiachsige Spannungszustände sollen tunlichst verhindert werden, sie werden vom Gebirge schlecht getragen.



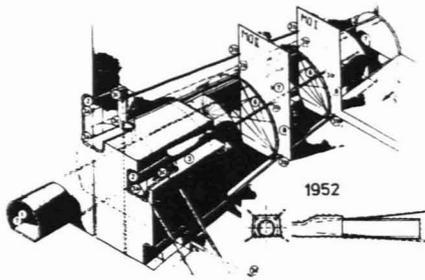
**5. Grundsatz:** Die Gebirgsdeformation soll so gesteuert werden, daß einerseits (durch Hereinwandern des Gebirges in den Hohlraum) eine Schutzhülle mobilisiert wird, andererseits eine Entfestigung weitgehend vermieden wird.



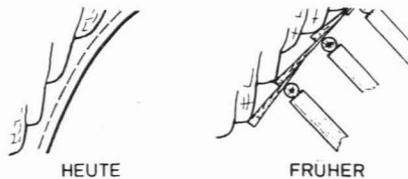
**6. Grundsatz:** Zu diesem Zweck ist der Verbau rechtzeitig – nicht zu früh und nicht zu spät – einzubringen und der Ausbauwiderstand – Verbau und Ausbau nicht zu starr und nicht zu schwach – entsprechend zu dimensionieren.



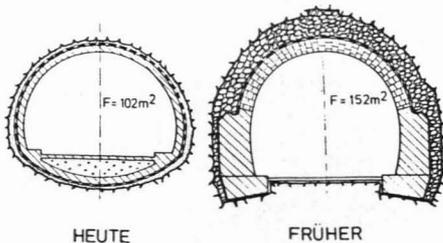
**7. Grundsatz:** Dazu muß der für das jeweilige System – Verbau und Gebirge – spezifische Zeitfaktor berücksichtigt und das Gebirge in Hinblick auf diesen richtig eingeschätzt werden.



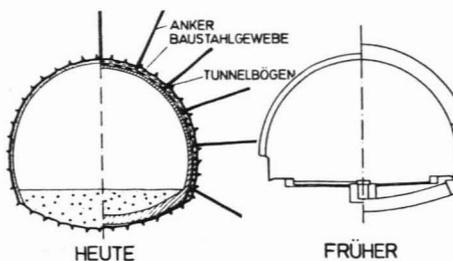
**8. Grundsatz:** Dazu dienen Vorversuche im Labor und in-situ Verschiebungsmessungen im Tunnel; Standzeit, Deformationsgeschwindigkeit und Gebirgsklassifizierung vermitteln eine Vorstellung dieser Einflußgröße.



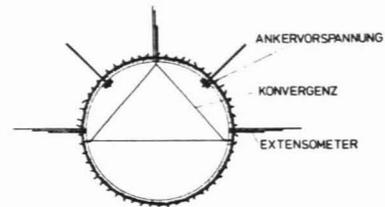
**9. Grundsatz:** Die Ausbruchsicherung muß flächig und kraftschlüssig wirken, was am besten durch Spritzbeton erzielt wird.



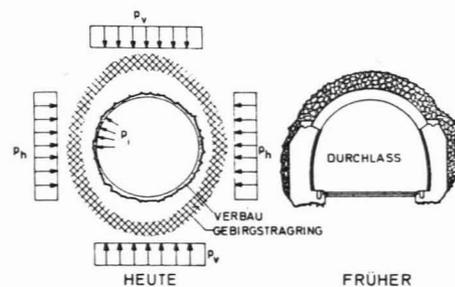
**10. Grundsatz:** Der Verbau soll dünnchalig und daher biegeschlaff sein, weil er so die Aufnahme von Biegemomenten und das Auftreten von Biegebrüchen minimiert.



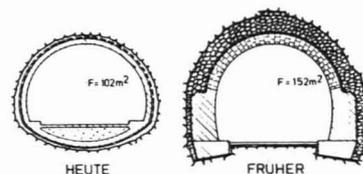
**11. Grundsatz:** Erforderliche Verstärkungen des Verbaues werden nicht in Form von Verdickungen sondern von Bewehrungsnetzen, Tunnelbögen und Gebirgsankern ausgeführt.



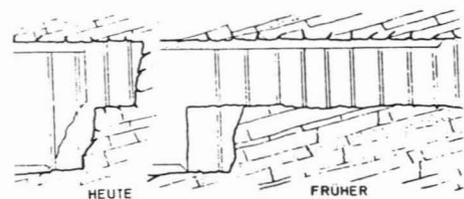
**12. Grundsatz:** Die Verbaumittel und Verbaueiten werden aufgrund von Messungen von Verschiebungen des Gebirges festgelegt.



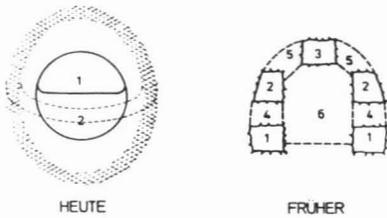
**13. Grundsatz:** Statisch wird der Tunnel als (dickwandiges) Rohr, bestehend aus Gebirgsthring und Verbau bzw. Ausbau betrachtet.



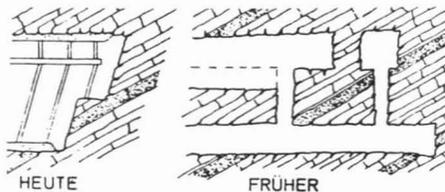
**14. Grundsatz:** Weil ein Rohr nur dann statisch als solches wirkt, wenn es nicht geschlitzt ist, kommt dem Ringschluß (insofern das Sohlgebirge einen solchen nicht bewirkt) besondere Bedeutung zu.



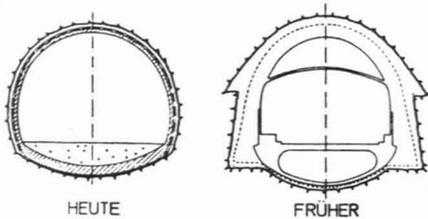
**15. Grundsatz:** Der Ringschluß ist rechtzeitig auszuführen, eine voreilende Kalotte verlängert die Ringschlußzeit und setzt die vorkragende Tunnelhalbschale unerwünscht großen Biegewirkungen in Tunnellängsrichtung und das Gebirge unter den Kalottenfüßen hohen Belastungen aus.



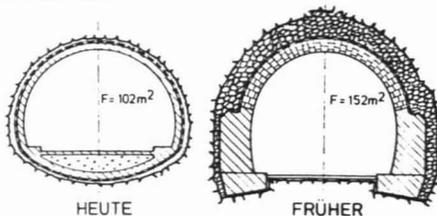
**16. Grundsatz:** Wegen der Spannungumlagerungen wird ein Vollprofil als besonders vorteilhaft angesehen; Teilvortriebe komplizieren und vervielfachen die Spannungumlagerungen und schädigen das Gebirge.



**17. Grundsatz:** Die Betriebsweise ist für die Sicherheit des Bauwerkes maßgebend. Sie beeinflusst den Zeitfaktor des Gebirges. Durch Variierung von Angriffstiefe, Verbauzeit, Sohlschlußzeit, Kalottenlänge und Ausbauwiderstand wird die Stabilisierung des Systems Gebirge plus Verbau gesteuert.



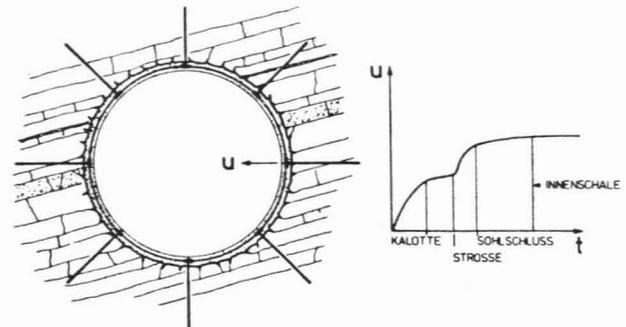
**18. Grundsatz:** Zur Verhinderung von Spannungskonzentrationen, welche das Gebirge zerstören, sollen Ecken und Kerben des Profils vermieden und gerundete Formen angestrebt werden.



**19. Grundsatz:** Bei zweischaliger Ausbildung der Tunnelröhre wird auch die Innenschale schlank ausgebildet. Der Kraftschluß mit der Außenschale ist erwünscht, aber kein Reibungsschluß.

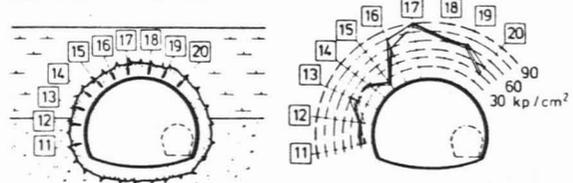
An Hand dieser 22 Grundsätze ist klar zu erkennen, daß nicht die Technik der Ausführung, nicht die Einhaltung eines bestimmten Vortriebschemas, noch ein bestimmtes Berechnungsverfahren das Wesen der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise ausmachen, sondern die Art, wie man den Tunnelvortrieb, die Stützmaßnahmen und den Ausbau konzipiert und dabei auf die Eigenheiten des Gebirges eingeht.

Demnach kann gesagt werden, daß jeder Tunnel ein einmaliges Bauwerk darstellt, welches zur optimalen Errich-



**20. Grundsatz:** Bei zweischaliger Ausbildung der Tunnelröhre soll das Gesamtsystem – Gebirge plus Schale – bereits durch die Außenschale stabilisiert werden. Die Innenschale dient zur Erhöhung der Sicherheit. (Bei Anwesenheit aggressiven Bergwassers muß die Innenschale allein zur vollen Stabilisierung fähig sein.)

## BETONSPANNUNGEN



**21. Grundsatz:** Zur Überwachung und Dimensionierung der Gesamtkonstruktion dienen die Messung von Betonspannungen und Kontaktspannungen zwischen Schale und Gebirge, aber auch die Fortsetzung der während des Baues vorgenommenen Bewegungsmessungen.



**22. Grundsatz:** Der Strömungsdruck im Gebirge sowie der statische Druck auf den Verbau werden durch Drägen entspannt. (z. B. Abschlauchen)

tung das vollständige Eingehen des Tunnelbauers auf die Eigenheit des Systems Gebirge – Bauwerk fordert.

## Literatur:

- [1] MÜLLER-Salzburg, L. und FECKER, E.: Grundgedanken und Grundsätze der »Neuen Österreichischen Tunnelbauweise«, Felsmechanik Kolloquium Karlsruhe 1978
- [2] Der Arlberg Straßentunnel und die Zufahrtsrampen. Baudokumentation, Herausgeber Arlberg Straßentunnel AG 1981.
- [3] MÜLLER, L.: Der Felsbau, Dritter Band, Tunnelbau. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1978.