

Planung und Bau von Eisenbahntunnels gestern, heute und morgen



- 1. Planung und Projektierung im Wandel der Zeit**
- 2. Bautechnik und deren Entwicklung im Laufe der Zeit**



Planungsgrundsätze

- **Tunnels sind zu vermeiden, weil sie**
 - hohe Kosten verursachen
 - lange Bauzeiten zur Folge haben
- oder

***Was Gott durch Berge getrennt hat, soll der Mensch nicht durch
Tunnels verbinden***

Planungsgrundsätze

- Tunnels als letzte Lösung

***Nur wenn die Topografie
zusammen mit den erforderlichen
Trassierungselementen Kurvenradien und Steigungen
Tunnels erzwingt***

Planungsgrundsätze

- Tunnels als letzte Lösung



Planungsgrundsätze

- CH Beispiele aus den Anfängen der Bahn

Topografie:

Bahnen zuerst im Mittelland und Jura und erst später in den Alpen

Trassierung:

Horizontal wenig Probleme (R 300m = V 60 km/h war bereits schnell)

Vertikal dagegen sehr problematisch (25‰ schon sehr problematisch, 80-100t Anhängelast mit vielleicht 10-15 km/h)



Tunnelanteile an Gesamtstrecke aufgrund der gewählten Trassierungselemente am Beispiel der RhB

(nicht ganz korrekt, da lokale Topografie ebenso eine Rolle spielt)

Strecke	R_{\min} , i_{\max}	Tunnelanteil in % beim Bau der Bahn
Landquart – Davos 1889	R=100m, 45‰	0.84%
Thusis – Preda 1903	R=120m, 25, 35‰	13.3%
Bever – Scuol 1913	R=160m, 25‰	16.2%
St. Moritz – Tirano 1912	R=45m, 70‰	3.6%

Tunnelbauphasen Eisenbahn in der Schweiz

Bis 1880

Netz im Mittelland und Jura

1880 - 1920

Vordringen in die Alpen

1920 - 1980

Stillstand (auch erste Strassentunnels)

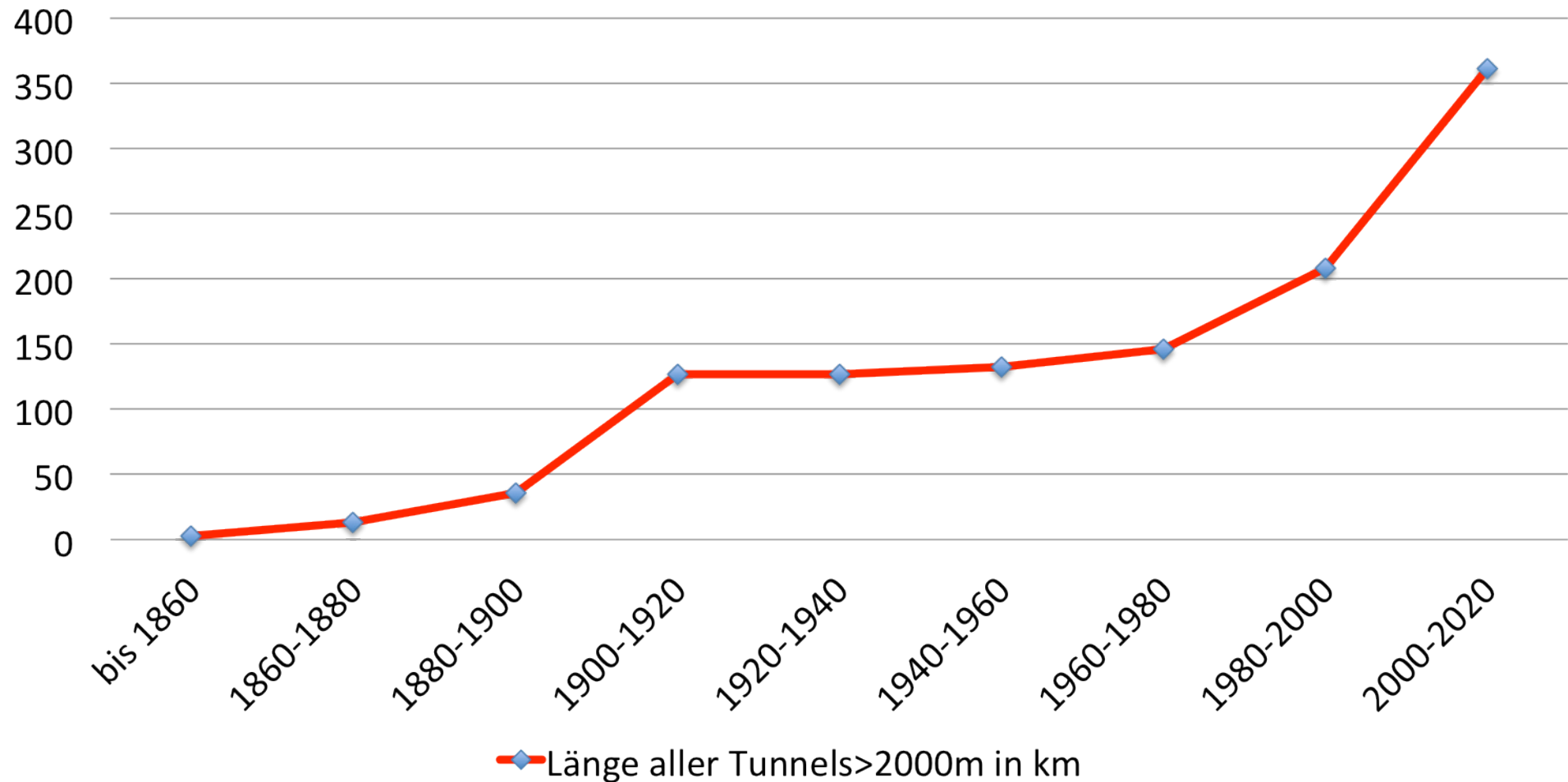
1980 – 2020

Netzausbau der Neuzeit, auch Strassentunnels

Tunnelbauphasen in der Schweiz

Bis 1880	Schienennetz Mittelland und erste Juradurchstiche (Bözberg, Hauenstein, Tavannes, Porrentruy, La Chaux de Fonds)
1880 - 1920	Netzausbau Richtung Alpen, im wesentlichen Fertigstellung Netz. Erste Netzverbesserungen (Hausenstein Basis und Grenchenberg)
1920 - 1980	Kleinere Korrekturen im Rahmen Doppelspurausbau, wie Axentunnels, Kerenzertunnel
1980 – 2020	Neue Alpentunnels Furka und Vereina, Bahn 2000 und Neat, Tunnels aus Umweltgründen (Bahn 2000) und in Städten (Zürich, Genf)

Entwicklung der Tunnellängen in der Schweiz



Fazit:

Bis ca. 1980 wurden Tunnels aus topologischen und aus Trassierungsgründen gebaut

Ab 1980 zudem aus Umweltgründen resp. um langwierige Diskussionen mit Anwohnern aus dem Weg zu gehen

Entwicklung des Tunnelbaus



Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

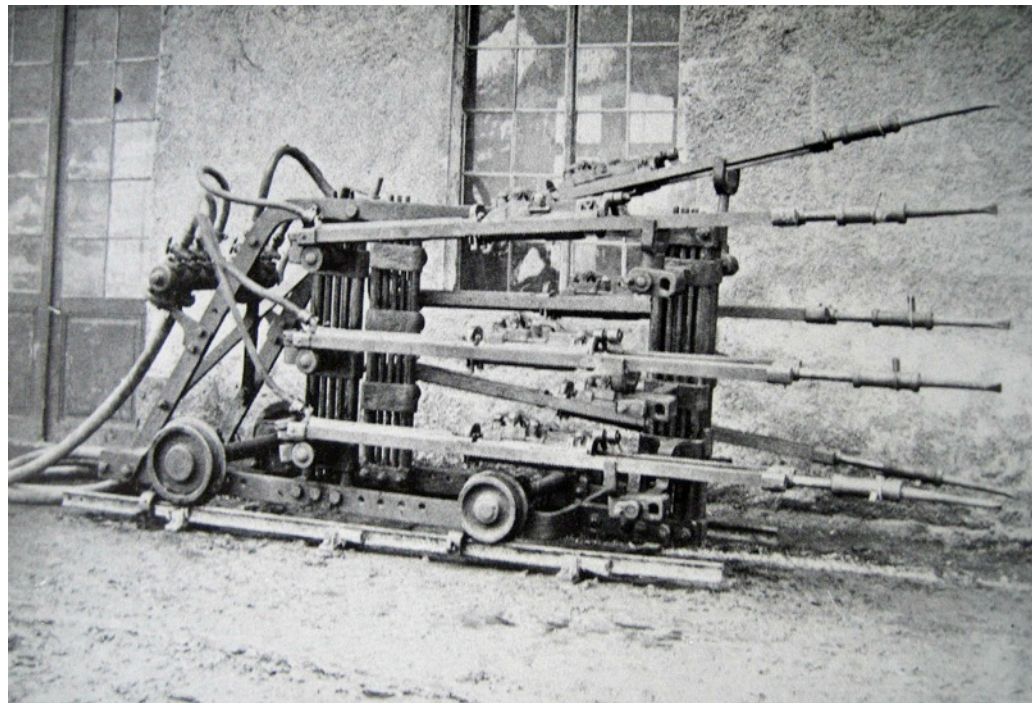
Begonnen hat alles wohl mit Hammer und Meissel, also mit Muskelkraft

Der Bau des 2,5 km Hauensteintunnels dauerte von 1853-58 etwa 5 Jahre, trotz eines Zwischenangriffsschachtes

Beim 12,2 km langen Mont Cenis Tunnel wurden ab 1861 erstmals pneumatische Bohrmaschinen eingesetzt. Dadurch konnte die Bauzeit auf 14 Jahre reduziert werden, 1857 plante man 25 Jahre

Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

Beim 12,2 km langen Mont Cenis Tunnel wurden ab 1861 erstmals pneumatische Bohrmaschinen eingesetzt. Dadurch konnte die Bauzeit auf 14 Jahre reduziert werden, 1857 plante man noch 25 Jahre



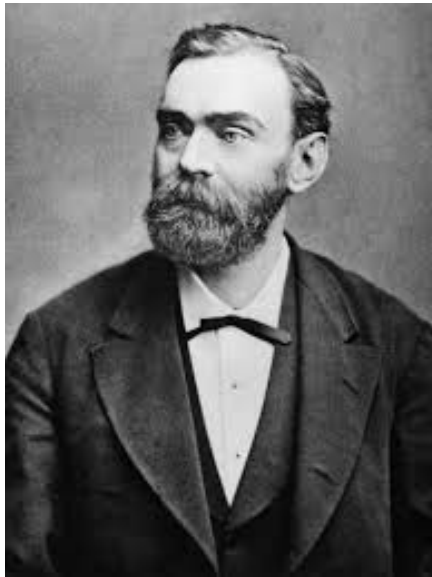
Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

**Als Sprengmittel kannte man vorerst das Schwarzpulver
(Basis ist Salpeter)
mit für Tunnelbau eher begrenzter Sprengkraft.**

Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

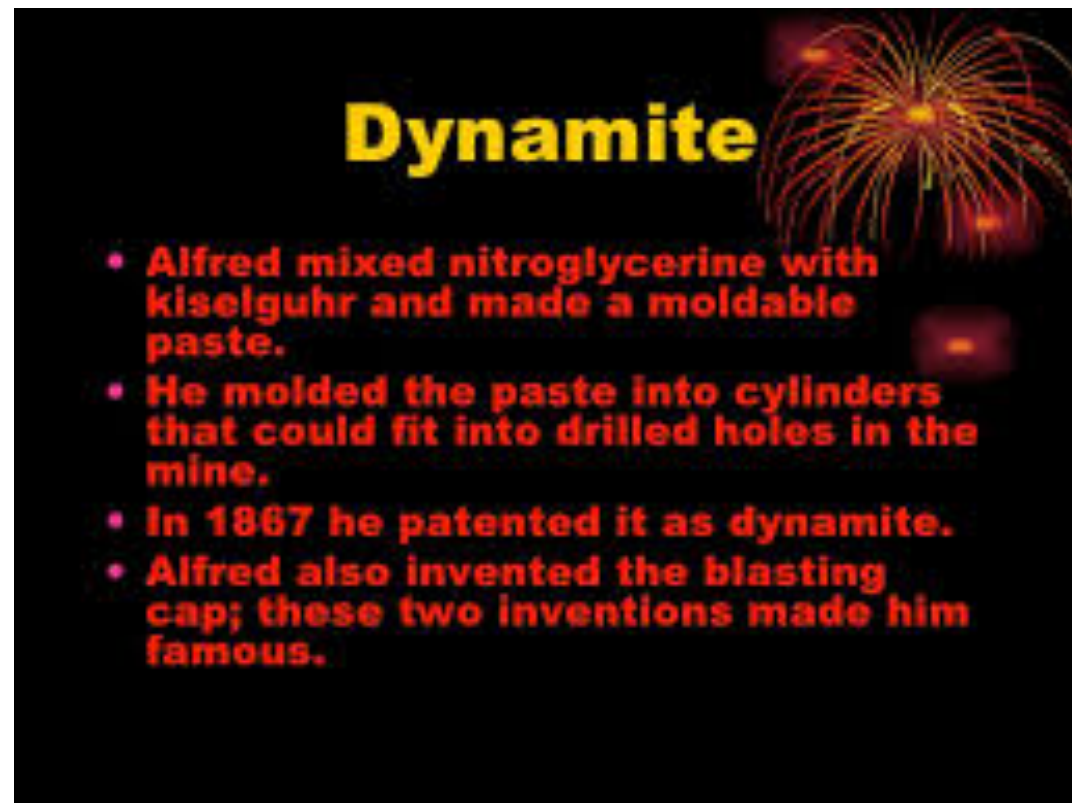
Ein Meilenstein ist die Erfindung des Dynamits

Alfred Nobel erfand und patentierte Dynamit 1866-1868. Der im Vergleich zum Schwarzpulver viel leistungsfähigere Sprengstoff hat wohl den Bau der Alpentunnels erst einigermaßen zeit- und kostengerecht ermöglicht.



Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

Was ist Dynamit



Dynamite

- Alfred mixed nitroglycerine with kieselguhr and made a moldable paste.
- He molded the paste into cylinders that could fit into drilled holes in the mine.
- In 1867 he patented it as dynamite.
- Alfred also invented the blasting cap; these two inventions made him famous.

Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

**Nach den pneumatischen Bohrmaschinen konstruierte
Brandt (Unternehmer des Simplontunnels) eine mit
Wasserdruck angetriebene Bohrmaschine**



Entwicklung des Tunnelbaus Werkzeuge

In der letzten Epoche des Tunnelbaus (ab 1980, insb. aber für Strassentunnels wurden grosse Bohrmaschinen, sog. Bohrjumbos für den Vollaussbruch entwickelt



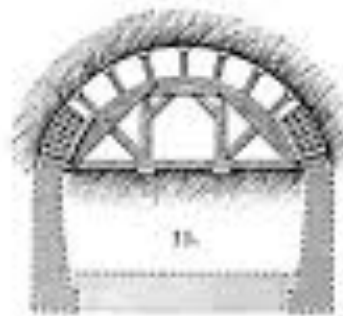
Entwicklung des Tunnelbaus Baumethoden

Am Anfang waren Baumethoden mit Teilausbruch üblich, um Nachbruch zu vermeiden

Belgische- oder Deutsche Baumethoden



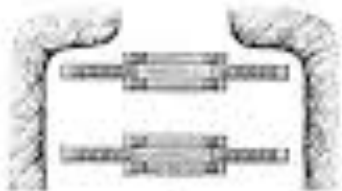
15.



16.



17.



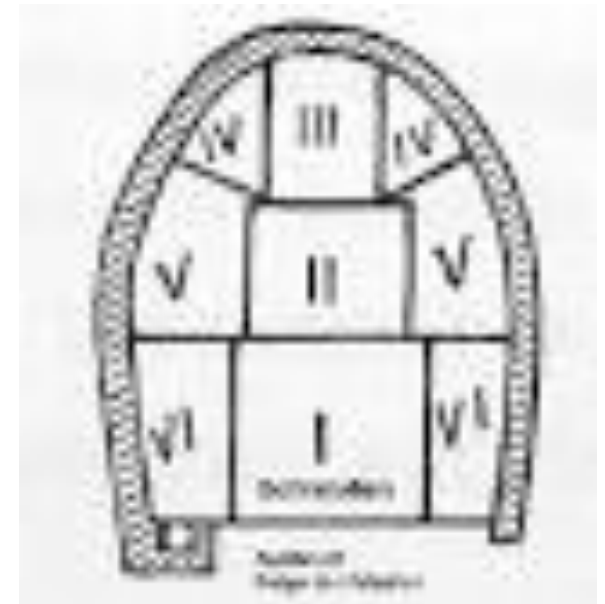
18.



19.



20.



Nachbau
Tunnelbau

Entwicklung des Tunnelbaus Baumethoden

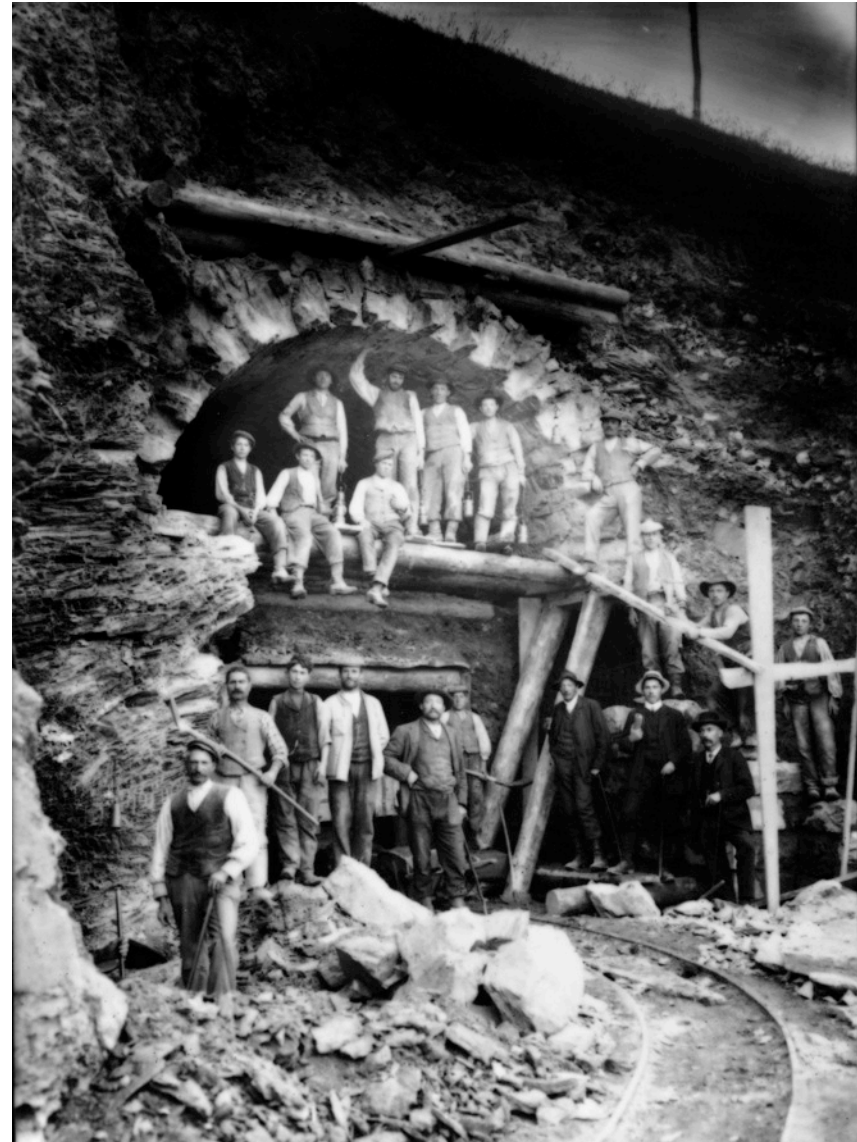


Bild Jungfrautunnel

Entwicklung des Tunnelbaus Baumethoden

Belgische- oder Deutsche Baumethoden

Bild



Entwicklung des Tunnelbaus Baumethoden

Neue Österreichische Baumethode

**Erkenntnis, dass sich das Gewölbe eines gesprengten/gefrästen Hohlraums
rasch ein statisches Gleichgewicht sucht**

Daher wirtschaftlicher Vollausbau mit anschliessendem Sichern



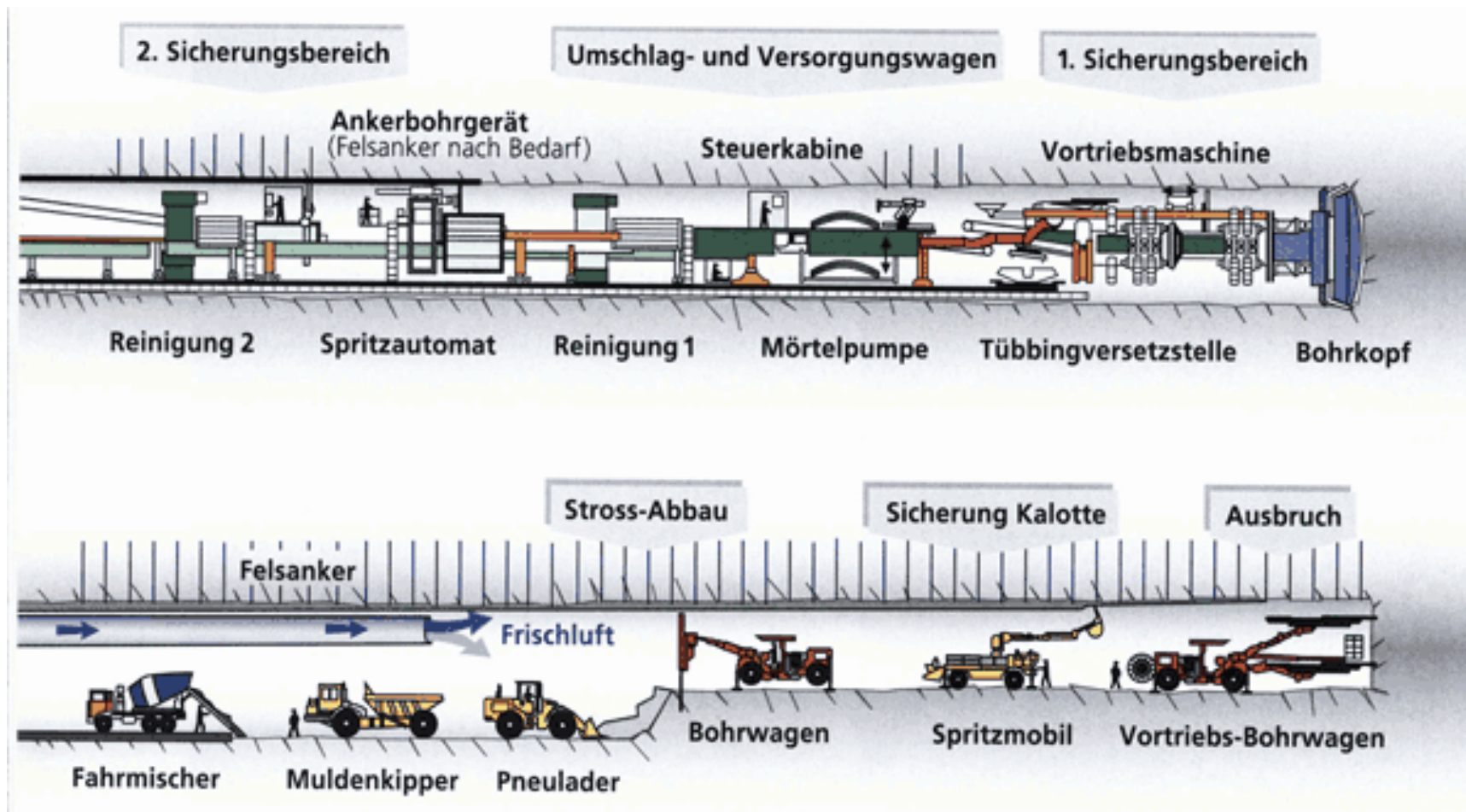
Entwicklung des Tunnelbaus Baumethoden

Heute immer mehr auch bei schwierigem Fels (sehr hart, oder auch brüchig) Einsatz von Tunnelbohrmaschinen



Entwicklung des Tunnelbaus Baumethoden

Tunnelbohrmaschine



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

