

Die Geologie des Katzenbergtunnels

Dem Bau des Katzenbergtunnels gingen umfangreiche Erkundungen zu den geologischen, hydrogeologischen, boden- und felsmechanischen Eigenschaften der Gesteinsschichten des Katzenbergs voraus. Eine Vielzahl von Messungen – wie Bohrkernaufnahmen, Bohrloch- und Feldversuche, Pegelmessungen oder seismische Verfahren – gaben Aufschluss über die zu erwartenden Gesteine und Gebirgsverhältnisse beim Vortrieb des Tunnels. Als Ergebnis erhielten die Planungsingenieure wichtige Hinweise über die gebirgsmechanischen Eigenschaften, auf mögliche Störungen, auf die Verwertbarkeit des Ausbruchmaterials und auf die hydrogeologischen Eigenschaften des Gebirges. Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage für die Wahl des geeigneten Vortriebsverfahrens.

Geologische Verhältnisse

Regionalgeologisch betrachtet liegt der Katzenbergtunnel am Ostrand des Oberrheingrabens, dessen Schultern im Osten vom Schwarzwald und im Westen von den Vogesen gebildet werden. Die künftigen Tunnelröhren verlaufen durch den Randbereich des Markgräfler Hügellands. Der Untergrund wird von Gesteinsfolgen des Mesozoikums, Tertiärs und Quartärs gebildet. Die ältesten Schichteinheiten sind die

mesozoischen massigen Kalke des Oberoxfords. Sie gehören dem circa 150 bis 135 Millionen Jahre zurückliegenden Erdzeitalter des Weißjura an. Im Südteil des Tunnels ragen auf circa 800 Meter die Korallenkalke des Weißjura in den Tunnelquerschnitt.

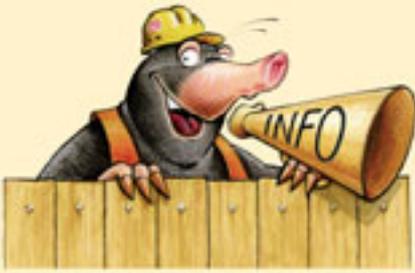
Die Mineure stoßen zumeist auf weichere Gesteinsschichten. Im Randbereich des Markgräfler Hügellandes sind dies überwiegend tertiäre Schichten, die aus eozänen und oligozänen Sedimenten bestehen. Dem Eozän (vor 58 bis 36 Millionen Jahren) sind bohrerzführende Tonsteine, Mergelsteine und Kalksteine zuzuordnen. Das Oligozän (vor 36 bis 24 Millionen Jahren) ist im trassenrelevanten Bereich durch Tonsteine, Mergelsteine, Kalkmergelsteine, Kalksteine, Sandsteine und Konglomerate charakterisiert. Die tertiären Schichten lassen sich zudem in einen nördlichen Faziesbereich (Kleinkemser Fazies) und südlichen Faziesbereich (Isteiner Fazies) untergliedern.

Die tertiären Schichten waren für die Beurteilung der Machbarkeit und für die Wahl der Bauweise und die Dimensionierung der Tunnelröhren ausschlaggebend. Die Baugrundgutachten lieferten wichtige Aussagen zur Festigkeit und Verformbarkeit der tertiären Gesteine. Die örtlich zu erwartenden Kennwerte hinsichtlich der Verformung machen eine rasche Abstützung der Ortsbrust notwendig. Zudem sind insbesondere die tonhaltigen und mäßig bis stark verwitterten Schichten wasseranfällig und dadurch gering beständig. Durch den Schildvortrieb mit sofortigem Einbau der Tübbingringe kann dem in idealer Weise entgegen gewirkt werden. Der Quellsfähigkeit der Ton- und Mergelsteine wird durch den kraftschlüssigen Ringschluss durch Mörtelverpressung unmittelbar nach der Tübbingmontage begegnet.

Die jüngste Schichtabfolge sind die pleistozänen und holozänen Ablagerungen des Quartärs. Zum zirka 1,8 Millionen bis 10.000 Jahre v. Chr. zurückliegenden und durch Eiszeiten geprägten Pleistozän zählen Deckenschotter, Löss und Lösslehm sowie Niederterassenschotter. Ihnen aufgelagert folgen die erdzeitlich jüngsten Schichten des Holozäns (vor 10.000 Jahren bis heute) mit Terrassenfeldern und Hochwasserablagerungen des Rheins sowie Hangschutt und Hanglehm – diese Schichten sind jedoch für den Tunnelbau von geringer beziehungsweise nur von lokaler Bedeutung.



Bohrkerne des Grenzbereichs Weißjura – Tertiär (Kalkstein, Tonstein)



Mit dem Auffahren des Katzenbergtunnels ergeben sich drei geologische Besonderheiten:

a) „Bellinger Rutschhang“

Im östlichen Randbereich der Ortschaft Bad Bellingen liegen Wohnhäuser und Straßen im Einflussbereich des Tunnelbaus. Die Überdeckung beträgt hier rund 25 Meter, das Gebiet ist auch als „Bellinger Rutschhang“ bekannt. Ihm wurde bei der Baugrunderkundung besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Aus Erkundungsbohrungen ließ sich schließen, dass für die Hangbewegung nur die cirka 10 Meter mächtige, bindige Lockergesteinsschicht aus quartären Sedimenten und den obersten, verwitterten Lagen des Tertiärs in Betracht kommen. Im mutmaßlichen Rutschbereich erfolgten Messungen mit Extensometern beziehungsweise Inklinometern; nach 15-jähriger Messung wurden nur geringfügige Verschiebungen festgestellt. Beim Schildvortrieb wirkt in diesem Bereich die aktive Ortsbruststützung sowie eine schnelle kraftschlüssige Ringraumverfüllung vorbeugend. Während des Vortriebs erfolgt hierzu ein umfangreiches Messprogramm im Tunnel, an den Gebäuden sowie an der Geländeoberfläche.

b) Verkarstungen im Bereich der Weißjura-Kalke

Auf einer Länge von rund einem Kilometer ist in den Schichten der Kalksteine des Oberoxfords mit Verkarstungen zu rechnen. Ein Karst kann durch Erosionsvorgänge an Kalk- und Gipsgestein gebildet werden. Das Carbonat wird aus dem Gestein durch Kohlensäure gelöst. Sobald sich Wasser durch das Gestein bewegt, zum Beispiel entlang von Klufflächen, kommt es zu korrosiver Erweiterung der Wasserwegigkeiten und dadurch zur Entstehung von Hohlräumen im Gebirge.

Das genaue Ausmaß der für den Tunnelvortrieb zum Teil kleinen aber relevanten Verkarstungsstrukturen lässt sich durch Bohrungen und durch geophysikalische Methoden nur hinreichend genau ermitteln. Fest steht, dass die Verkarstung nach unten hin abnimmt. Vereinfacht beschrieben handelt es sich bei den oberen 10 bis 20 Meter um Karstlehme mit eingelagerten Kalkstücken. In größerer Tiefe überwiegt fester Kalkstein, der unregelmäßig von Karstschläuchen, aufgeweiteten Klüften und kleineren Hohlräumen durchsetzt ist. Beim maschinellen Vortrieb stellt das Nebeneinander von bindigem Lockergestein, hartem Kalkstein sowie zerbrochenem Gestein unterschiedlicher Festigkeit hohe Anforderungen an die Abbauwerkzeuge und das Fördersystem.

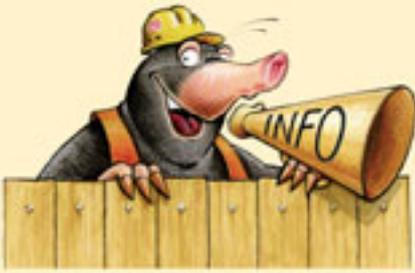
c) Tektonik in der Vorbergzone des Oberrheingrabens

Da der Katzenbergtunnel im Einflussbereich des Oberrheingrabens liegt, ist das Gebirge durch zahlreiche tektonische Verwerfungen mit zum Teil beachtlichen Sprunghöhen gegeneinander verschoben. Dadurch ist die Vorbergzone zum Schwarzwald in zahlreiche kleinere Schollen zerlegt. Für den maschinellen Tunnelvortrieb bedeutet dies, dass die Gesteinszusammensetzung kleinräumig und damit die gebirgsmechanischen Eigenschaften überraschend wechseln können.

Die für die Schollenbildung verantwortlichen Hebung- und Senkungsvorgänge dauern bei der aktiven Grabenstruktur des Oberrheingrabens nach wie vor an. Die tektonischen Bewegungen sind jedoch so gering, dass sie bei der Konstruktion des Tunnels keine Berücksichtigung finden müssen.



Tertiär - Eozän (Tonstein, Kalkstein)



Tertiär – Oligozän.



Tertiär – Oligozän (Sandstein, Kalkstein)

Hydrologische und Hydrogeologische Verhältnisse

Der Katzenbergtunnel liegt auf seiner ganzen Länge unter dem Bergwasserspiegel. Anhand von Erkundungsbohrungen konnten lokal bis zu vier verschiedene Grundwasserstockwerke nachgewiesen werden. Im Allgemeinen ändern sich die Verhältnisse an den Störungen. In Verbindung mit der zum Teil geringen Gesteinsfestigkeit und der Wasserempfindlichkeit einzelner Schichten hat das Wasser für den Tunnelvortrieb eine entscheidende Bedeutung. Die hydrogeologischen Gebirgseigenschaften geben Aufschluss über die zu erwartenden Wassermengen während der Bauphase und sind Grundlage für die Bemessung der technischen Gestaltung der Tunnelröhre. Bei dem Vortrieb selbst wird der Wasseranfall aufgrund der niedrigen Gebirgsdurchlässigkeit im Regelfall eher gering sein. Das bedeutet jedoch nur, dass keine größeren Wassermengen gefasst und abgeleitet werden müssen. Dennoch muss die Tunnelvortriebsmaschine auf den Ausnahmefall vorbereitet sein, dass starker Wasserandrang die Standsicherheit der Ortsbrust gefährdet.

Bei der Untersuchung des Bergwassers hinsichtlich der Betonaggressivität wurden nur in wenigen Proben – im Umfeld der Gipsmergelzone bei Bad Bellingen – hohe Sulfatgehalte festgestellt. Da die Tübbinge dem Bergwasser später direkt ausgesetzt sind, müssen diese in den betroffenen Tunnelabschnitten mit einer entsprechenden Betonrezeptur hergestellt werden. Dies gilt auch für den zu verwendenden Mörtel bei der Ringraumverpressung.