

Doz. Dr.-Ing. habil. Werner Striegler

Tunnelbau

mit 270 Abbildungen und 75 Tabellen



Verlag für Bauwesen Berlin · München

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	11
1.1.	Bedeutung	11
1.2.	Geschichtliches	21
1.3.	Einteilung und Begriffe	23
2.	Entwurf und Konstruktion	26
2.1.	Verkehrstunnel	26
2.1.1.	Allgemeines	26
2.1.2.	Eisenbahntunnel	30
2.1.3.	Stadtschnellbahntunnel	32
2.1.3.1.	Streckentunnel	35
2.1.3.2.	Bahnhöfe	37
2.1.4.	Straßentunnel	37
2.1.4.1.	Planung und Trassierung	37
2.1.4.2.	Querschnitt und Konstruktion	40
2.1.4.3.	Betriebseinrichtungen	42
2.1.4.4.	Verkehrssicherungsanlagen	45
2.1.5.	Unterwassertunnel	48
2.1.5.1.	Wahl zwischen Brücke und Tunnel	48
2.1.5.2.	Bauweise	49
2.1.5.3.	Trassierung und Gradienten	50
2.1.5.4.	Querschnitt und Konstruktion	51
2.1.6.	Fußgängertunnel	52
2.1.6.1.	Gestaltung	52
2.1.6.2.	Konstruktion	53
2.1.6.3.	Ausrüstungen	54
2.1.7.	Kanaltunnel	56
2.2.	Leitungstunnel	57
3.	Geotechnische Untersuchungen	59
3.1.	Ingenieurgeologische, boden- und felsmechanische Untersuchungen	59
3.1.1.	Untersuchungsphasen	59
3.1.1.1.	Tunnelvorhersage	59
3.1.1.2.	Entwurfsphase	61
3.1.1.3.	Ausführungsphase	63
3.1.1.4.	Dokumentation	63
3.1.2.	Untersuchungen im Festgestein	63
3.1.3.	Untersuchungen im Lockergestein	64

3.2.	Gebirgsklassifikation	65
3.2.1.	Bedeutung	65
3.2.2.	Klassifikation nach <i>Lauffer</i>	65
3.2.3.	Klassifikation nach <i>Bieniawski</i>	68
3.2.4.	Klassifikation nach dem Ausbruchverhalten	69
4.	Tunnelstatik	72
4.1.	Problematik	72
4.2.	Gebirgsdruck	73
4.2.1.	Spannungszustand	74
4.2.1.1.	Primärer und sekundärer Spannungszustand	74
4.2.2.	Spannungumlagerung	74
4.2.2.1.	Plastisches Fließen	74
4.2.2.2.	Auflockerungsdruck	75
4.2.2.3.	Schutzhülle	79
4.2.2.4.	Flächengefüge	79
4.2.2.5.	Benachbarte Hohlräume	79
4.2.3.	Vertikale Belastung	80
4.2.3.1.	Gebirgsverspannung	80
4.2.3.2.	Bruchkörpertheorien	82
4.2.4.	Ausbauwiderstand	83
4.3.	Tunnelberechnung	86
4.3.1.	Berechnungsgrundlagen	87
4.3.1.1.	Hauptlasten	87
4.3.1.2.	Gebirgsdruckansätze	87
4.3.2.	Berechnungsmodelle	89
4.3.2.1.	Ebene Modelle	89
4.3.2.2.	Räumliche Modelle	94
4.3.3.	Modellversuche	99
4.3.4.	Tunnel als Rahmen	99
5.	Bauausführung	101
5.1.	Geschlossene Tunnelbauweise	101
5.1.1.	Vortriebsverfahren	101
5.1.1.1.	Klassische Tunnelbauweise	102
5.1.1.2.	Neue Österreichische Tunnelbauweise	113
5.1.1.3.	Sprengvortrieb	126
5.1.1.4.	<u>Maschineller Tunnelvortrieb</u>	136
5.1.1.5.	Schildvortrieb	146
5.1.1.6.	Unterirdischer Rohrvortrieb	172
5.1.1.7.	Vortrieb mit Sonderkonstruktionen	201
5.1.2.	Sicherungs- und Ausbaurverfahren	204
5.1.2.1.	Sicherungsverfahren	205
5.1.2.2.	Ausbaurverfahren	220
5.1.3.	Abdichtung und Entwässerung	233
5.1.3.1.	Tunnelabdichtung	233
5.1.3.2.	Tunnelentwässerung	240
5.2.	Offene Tunnelbauweise	240
5.2.1.	Tiefenlage	240
5.2.1.1.	Leitungsbau	243

5.2.2.	Baugrube mit Böschungen	244
5.2.3.	Baugrube mit wiedergewinnbarer Baugrubenumschließung	245
5.2.3.1.	Berliner Bauweise	245
5.2.3.2.	Hamburger Bauweise	247
5.2.3.3.	Herstellung der Baugrube	247
5.2.3.4.	Herstellung des Tunnels	252
5.2.4.	Baugrube mit verbleibender Baugrubenumschließung	256
5.2.4.1.	Deckelbauweise	256
5.2.4.2.	Schlitzwände	257
5.2.4.3.	Bohrpfahlwände	261
5.2.5.	Sonderbaumaßnahmen	261
5.2.5.1.	Unterfahrung	261
5.2.5.2.	Rohrschirmbauweise	266
5.2.5.3.	Injektion	268
5.2.6.	Baugrundvereisung	270
5.2.7.	Tiefgründungen	274
5.2.7.1.	Gründung zwischen dichten, verbleibenden Baugrubenwänden	274
5.2.7.2.	Pfahlgründung	275
5.2.7.3.	Druckluftgründung	276
5.2.8.	Wasserhaltung	279
5.2.8.1.	Offene Wasserhaltung	280
5.2.8.2.	Geschlossene Wasserhaltung	282
5.2.8.3.	Sonstige Wasserhaltungsmaßnahmen	286
5.2.9.	Abdichtung	287
5.2.9.1.	Anforderungen	287
5.2.9.2.	Grundsätze	287
5.2.9.3.	Abdichtungsverfahren	288
5.2.9.4.	Brandschutz	290
5.3.	Unterwassertunnel	291
5.3.1.	Herstellung des Tunnels in offener Bauweise	291
5.3.1.1.	Baugrube zwischen Spundwänden und Fangedämmen	291
5.3.1.2.	Abgedeckte Baugrube	293
5.3.1.3.	Absenken des Tunnels in offener Baugrube unter Wasser	293
5.3.2.	Herstellung des Tunnels in geschlossener Bauweise	297
5.4.	Tunnelvermessung	302
5.4.1.	Abstecken von Tunneln	302
5.4.1.1.	Anlage der geodätischen Lage- und Höhenmessungen	302
5.4.1.2.	Vermessungsarbeiten für den Tunnelvortrieb	304
5.4.1.3.	Vermessungsarbeiten für den Tunnelausbau	305
5.4.1.4.	Tunnelnetze für die offene Bauweise	305
5.4.2.	Deformationsmessungen	307
5.4.3.	Steuerung von Tunnelvortriebsmaschinen	307
6.	Tunnelinstandsetzung	309
6.1.	Ursachen der Tunnelschäden	309
6.1.1.	Schäden infolge der Vortriebs- und Ausbauarbeiten	309
6.1.2.	Schäden infolge Gebirgs- und Wassereinfluß	311
6.1.3.	Schäden infolge Eisenbahnbetrieb	312
6.1.4.	Schäden an Portalen und Voreinschnitten	312
6.2.	Tunneldiagnose	312
6.2.1.	Tunnelprüfung	312

6.2.1.1.	Visuelle Untersuchung	313
6.2.1.2.	Gebirgsuntersuchung	315
6.2.2.	Gefährdungsklassen	316
6.3.	Sanierungs- und Rekonstruktionsmaßnahmen	316
6.3.1.	Instandsetzung des Mauerwerks	316
6.3.2.	Abdichtungsmaßnahmen	317
6.3.3.	Entwässerungsmaßnahmen	318
6.3.4.	Ersatz und Neubau des Tunnelausbaues	318
6.3.5.	Profilvergrößerungen	318
6.3.6.	Einfluß des Eisenbahnbetriebes	322
6.4.	Sondermaßnahmen	322
6.4.1.	Freilegung und Abbruch	322
6.4.2.	Umfahrung und Streckenverlegung	324
7.	Literaturverzeichnis	326
8.	Bildquellenverzeichnis	338
9.	Sachwörterverzeichnis	339