

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Planungsgrundlagen	5
2.1	Anforderungen aus der Nutzung der Tunnel	5
2.2	Anforderungen aus Genehmigungen	6
2.3	Anforderungen aus dem Baugrund und dem Grundwasser	6
2.3.1	Vorbemerkungen	6
2.3.2	Lockergesteine	7
2.3.3	Steine, Findlinge	10
2.3.4	Festgestein	10
2.3.5	Künstliche Bauhindernisse	12
2.3.6	Baugrundeinflüsse auf den Vortrieb	13
2.3.7	Anforderungen an den Vortrieb	24
2.4	Anforderungen aus den maschinellen Vortriebsverfahren	26
2.4.1	Übersicht über die verschiedenen Vortriebsverfahren	26
2.4.2	Unbemannte steuerbare Vortriebsverfahren	26
2.4.3	Bemannte steuerbare Vortriebsverfahren	28
2.4.4	Erfahrungswerte für den Einsatz der Verfahren	31
2.5	Anforderungen an die Qualität unterirdischer Infrastrukturbauwerke	33
2.6	Anforderungen aus der Vermessung	33
2.6.1	Realisierbarkeit	33
2.6.2	Erhebung notwendiger Unterlagen	35
2.6.3	Bestandsvergleich (Ortsbegehungen) und Bestandsaufnahme	35
2.7	Anforderungen an die Standsicherheit	36
2.7.1	Stützung der Ortsbrust	36
2.7.2	Mindestüberdeckung	38
2.7.3	Setzungen/Hebungen	39
2.8	Anforderungen aus dem Umweltschutz	39
3	Planung	41
3.1	Vorbemerkungen	41
3.2	Ergänzende Bestandsaufnahme zur Vervollständigung der Planunterlagen	42
3.3	Planung des Grundlagennetzes	42
3.3.1	Grundlagennetz (GLN)	42
3.3.2	Baustellennetz	43
3.3.3	Portalnetz	44
3.3.4	Überprüfung und Neubestimmung von Festpunkten	45
3.3.5	Grundsätzliche Umstände zur Erzielung des gewünschten Ergebnisses	45

3.3.6	Vorgaben für die Ausführung der Vermessungsarbeiten	46
3.4	Trassen- und Gradientenplanung – Parameter der Achsplanung	47
3.4.1	Design und Begriffsdefinition	47
3.4.2	Trasse	48
3.4.3	Gradiente	49
3.5	Feststellung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	50
3.6	Ermittlung der äußeren Einwirkungen auf den Tunnel	53
3.7	Berechnung der Bewegungen an der Geländeoberfläche	54
3.8	Beweissicherung	57
3.8.1	Anforderungen an die Beweissicherung	57
3.8.2	Festlegung des Einflussbereichs der Baumaßnahme	57
3.8.3	Zustandserfassung vorhandener Anlagen, der Geländeoberfläche und des Baugrunds	58
3.8.4	Dokumentation der Ergebnisse der Beweissicherung	62
3.9	Tunnelbautechnische Planung	62
3.10	Tunnelbautechnische Prüfung	63
3.11	Auswahl des Vortriebsverfahrens	64
3.12	Festlegung der Ausbauqualität	86
3.13	Risikobewertung „EG-Tunnelrichtlinie“	86
4	Maschinen- und Verfahrenstechnik	87
4.1	Hinweise für die Baugruben und deren Einrichtungen beim Rohrvortrieb	87
4.1.1	Startbaugruben	96
4.1.2	Zwischenbaugruben	98
4.1.3	Zielbaugruben	99
4.2	An-, Aus-, Durch- und Einfahren der TBM	100
4.2.1	Überprüfung der Einsatzfähigkeit der TBM	100
4.2.2	Presseinrichtung und Widerlager bei Rohrvortrieben	101
4.2.3	Aus- und Einfahrdichtungen	102
4.2.4	Positionieren und Anfahren der TBM	103
4.2.5	Steuerbarkeit	104
4.3	Hinweise für den Tunnelausbau	105
4.3.1	Vortriebsrohre	105
4.3.2	Tübbingausbau	106
4.4	Vortriebsarbeiten	107
4.4.1	Personaleinsatz während des Vortriebs	107
4.4.2	Überschnitt/Ringspalt	109
4.4.3	Vortriebskräfte	112
4.4.4	Rohrschmierung	113
4.4.5	Haltungslängen	115
4.4.6	Zwischenpressstationen	115
4.4.7	Kurvenradien	118
4.4.8	Verrollungssicherung	119
4.4.9	Sicherheitstechnik	120
4.4.10	Vortriebsbegleitende Baugrunderkundung	121

4.5	Navigationstechnik	123
4.5.1	Einführung	123
4.5.2	Navigationssysteme für Microtunnelling/Rohrvortrieb	127
4.5.3	Navigationssysteme für Vortriebe mit Tübbingausbau	137
4.6	Spezifikation des Datenerfassungssystems für den Rohrvortrieb	149
4.6.1	Aufzuzeichnende Parameter in Abhängigkeit der verwendeten Geräte und Verfahren	150
4.6.2	Anforderungen an Erfassung, Anzeige, Sicherung usw. der relevanten Vortriebsparameter	159
4.6.3	Definition von Minimal-, Mittel- und Maximalwerten	160
4.6.4	Datenerfassung beim Einsatz von Zwischenpressstationen	160
4.6.5	Bereitstellung der Daten zur Auswertung, Ausgabe, Dokumentation, Weiterverarbeitung	160
4.6.6	Schnittstellen	161
4.7	Steuerungstechnik	161
4.7.1	Aufgaben der Steuerungstechnik/Steuerungssysteme für den Rohrvortrieb (Trassierung, Maschinentechnik, Rohrdimension, Automatisierungsgrad, Notprogramme)	161
4.7.2	Anordnung der Steuereinrichtung	162
4.7.3	Kurskorrekturen	163
4.7.4	Kontrollmöglichkeiten	174
4.7.5	Automatische Steuersysteme	175
4.7.6	Verrollungskompensierte Steuerung	176
4.8	Separations- und Aufbereitungstechnik bei Schildvortrieben mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust	177
4.8.1	Vorbemerkungen	177
4.8.2	Art und Umfang des Separationskonzepts	179
4.8.3	Zusammenspiel der Komponenten	186
4.8.4	Zusammenfassung	187
5	Vermessung	189
5.1	Bezugssysteme – geodätisches Datum	190
5.1.1	Geodätisches Datum bei kleinräumigen Projekten	190
5.1.2	Geodätisches Datum bei großräumigen Projekten	191
5.1.3	Definition des Bezugssystems	192
5.1.4	Projektion	193
5.1.5	Streckenreduktionen	193
5.2	Vorhandenes Lage- und Höhennetz	194
5.2.1	Lagerefenznetz	194
5.2.2	Höhenreferenznetz	195
5.2.3	Referenznetzkonfiguration	195
5.3	Vorgaben für die Ausführung der Vermessungsarbeiten	197
5.3.1	Einzusetzendes Personal des Auftragnehmers	198
5.3.2	Feldbuch	198

5.4	Oberirdische Vermessungsarbeiten	
	(Kombinierte Lage- und Höhenvermessung)	199
5.4.1	GNSS-Messungen	199
5.4.2	Tachymetrie	206
5.5	Oberirdische Vermessungsarbeiten (Höhenvermessung)	214
5.5.1	Trigonometrische Höhenübertragung	214
5.5.2	Geometrisches Nivellement	215
5.5.3	Hydrostatisches Nivellement	218
5.6	Unterirdische Vermessungsarbeiten	218
5.6.1	Grundsätzliches	218
5.6.2	Refraktion	219
5.6.3	Untertägige Lagevermessung	221
5.6.4	Auswertung von Vermessungsergebnissen	227
5.6.5	Durchschlagsprognose	228
5.6.6	Unabhängige durchgreifende Kontrolle der horizontalen Punktbestimmung mithilfe geodätischer Kreiselmessung	228
5.6.7	Untertägige Höhenbestimmung	233
5.7	Messungen in Start- und Zielbaugrube	235
5.7.1	Punkt- und Richtungsübertragung	236
5.7.2	Teufenmessung	241
5.8	Festpunkte	242
5.8.1	Design	242
5.8.2	Genauigkeit der Festpunkte	246
5.8.3	Nummerierungsprinzipien der Festpunkte	246
5.9	Übergabe der Trasse vom Auftraggeber an den Auftragnehmer	247
5.9.1	Trassierungspunkte und -elemente	247
5.9.2	Festlegung der Vorgehensweise bei Änderung der Trasse	250
6	Qualitätsmanagement	251
6.1	Vermessungs- und Navigationsgeräte	251
6.1.1	Regelmäßige Prüfung der Geräte und Prüfberichte	251
6.1.2	Prüfung der Geräte vor Beginn der Messung	251
6.2	Vermessungsverfahren	252
6.2.1	Dokumentation des Vermessungsverfahrens	252
6.2.2	Dokumentation von Kontrollsystmen	253
6.3	Maschinen- und Verfahrenstechnik	254
6.3.1	Prüfung der verwendeten Maschinen und Verfahren	254
6.3.2	Maschineneunabhängige Kontrollverfahren	254
6.3.3	Verifikationen der verwendeten Verfahren	254
6.3.4	„Worst case“-Szenario, Informationskette und Entscheidungsstationen	254
6.3.5	Erfassung, Aufbereitung, Darstellung, Dokumentation usw. der relevanten Parameter gemäß den definierten Kriterien	255
6.3.6	Überprüfung auf Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte	255
6.4	Prozess-Controlling und Datenmanagement	255
6.4.1	Entwicklungsschritte	256
6.4.2	Datenerfassung und Anforderungen im Baubetrieb	256

6.4.3	Virtuelle Sensorik	262
6.4.4	Aktuelle Entwicklungen	262
6.4.5	Auswertung und Analyse im Rahmen von Soll-Ist-Vergleichen	263
6.4.6	Aushubmassentransport/Logistik	263
6.4.7	Eingliederung von Informationssystemen in die Bauabläufe	266
6.5	Schulung und Weiterbildung des Personals	267
6.5.1	Vermessungsfachkräfte	267
6.5.2	Maschinenfahrer	268
7	Risikomanagement	269
7.1	Tunnelbauhandbuch (THB)	269
7.2	Risikofolgen – Abschätzung und Sicherheitsbewertung	270
7.3	Risikoverteilung bei Bauverträgen	271
7.4	Zielgrößen einer risikominimierten Bauwerkserstellung	271
8	Empfehlungen für die Ausschreibung	273
8.1	Allgemeine Hinweise	273
8.2	Baugrundrisiko	277
8.3	Störfallanalyse mit Risikobewertung und -verteilung	278
8.4	Qualitätssicherung	284
8.5	Pflichtenheft der Tunnelbohrmaschine (TBM)	286
8.6	Versicherungen	286
9	Schlusswort – Ausblick	289
Anhang 1	.....	291
Anhang 2	.....	295
Anhang 3	.....	303
Anhang 4	.....	311
Literatur	.....	315
Normen und Regelwerke	.....	319
Stichwortverzeichnis	.....	325