



**AUSBAU  
EISENBAHNACHSE  
MÜNCHEN - VERONA**

**POTENZIAMENTO  
ASSE FERROVIARIO  
MONACO - VERONA**

**BRENNER  
BASISTUNNEL**

**GALLERIA DI BASE  
DEL BRENNERO**

**REGELPLANUNG**

**PROGETTAZIONE DI SISTEMA**

Fachbereich

Grundlagen für die Planung

Thema

Bemessung und konstruktive  
Durchbildung der Bauwerke

Dokumentenart

Technischer Bericht

Dokumenteninhalt

Bemessungskonzept Innenschale

Settore

Dati di base per la progettazione

Tema




Dimensionamento e configurazione struttu-  
rale delle opere

Tipo Documento

Relazione Tecnica

Contenuto documento

Standard per il dimensionamento strutturale  
dei rivestimenti definitivi

  BERATENDE INGENIEURE		Bearbeitet / elaborato	Datum / data 16.01.2013		Name / nome Summerer				
		Geprüft / verificato	Datum / data 17.01.2013		Name / nome Höser				
		Freigegeben / autorizzato	Datum / data 18.01.2013		Name / nome Matt				
 <i>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</i>			Datum / data 31.05.2013		Datum / data 31.05.2013				
			Name / nome K. Bergmeister		Name / nome R. Zurlo				
Masstab / scala  1 : -		Projektkilometer / progressiva di progetto	von / da km 2+107	bis / a km 56+250	bei / al				
		Kilometer / progressiva	von / da	bis / a	bei / al				
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Vertrag Contratto	Fachb. Settore	Thema Tema	Dokumentenart Tipo Documento	Nummer Codice	Revision Revisione
00	- Ü01	- GD	- 001	D0616	- III	- 08	- TB	- 3603	- 25

## Bearbeitungsstand

### Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
25	Abgabeexemplar (keine inhaltlichen Änderungen) / Copia di consegna (nessuna modifica di contenuto)	Höser	31.05.2013
05	Überarbeitung gem. Besprechung vom 18.12.2012 / Revisione secondo le riunione del 18.12.2012	Höser	16.01.2013
04	Überarbeitung gem. Besprechung vom 14.09.2012 / Revisione secondo le riunione del 14.09.2012	Höser	14.09.2012
03	Überarbeitung gem. Besprechung vom 30.07.2012 / Revisione secondo le riunione del 27.07.2012	Höser	10.08.2012
02	Überarbeitung, Ergänzung Temperaturlasten / xxx	Höser	25.07.2012
01	Überarbeitung gem. Besprechung am 18.01.2012 / Revisione secondo le riunione del 18.01.2012	Poli / Höser	31.01.2012
00	Erstversion / Prima Versione	Poli / Höser	22.12.2011

## INHALTSVERZEICHNIS INDICE

<b>1.</b>	<b>ALLGEMEINES.....</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>GENERALE.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>GRUNDLAGEN.....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>RIFERIMENTI.....</b>	<b>7</b>
2.1.	Projektspezifische Grundlagen.....	7
2.1.	Documenti di Riferimento .....	7
2.2.	Literatur / Normen .....	7
2.2.	Bibliografia e Normative .....	7
<b>3.</b>	<b>RECHENMODELL .....</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO BIBLIOGRAFIA E NORMATIVE.....</b>	<b>9</b>
3.1.	Grundlagen.....	9
3.1.	Principi.....	9
3.2.	Geotechnische Parameter.....	9
3.2.	Parametri geotecnici.....	9
<b>4.</b>	<b>EINWIRKUNGEN .....</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>DEFINIZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>10</b>
4.1.	Eigengewicht G1 .....	10
4.1.	Peso proprio G1 .....	10
4.2.	Oberleitung G2 .....	10
4.2.	Catenaria G2 .....	10
4.3.	Sohlbeton G3.....	10
4.3.	Riempimento in calcestruzzo al di sopra dell'arco rovescio G3.....	10
4.4.	Wasserdruck G4.....	10
4.4.	Pressione idrostatica G4 .....	10
4.5.	Gebirgslast G5.....	12
4.5.	Carico dell'ammasso G5 .....	12
4.6.	Kriechen und Schwinden des Betons G6.....	12
4.6.	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6 .....	12
4.7.	Quelldruck G7.....	12
4.7.	Rigonfiamento G7 .....	12
4.8.	Temperatur Q1 .....	12
4.8.	Forze termiche Q1 .....	12
4.9.	Verkehrslast Q2.....	13
4.9.	Traffico Q2.....	13
4.10.	Erdbebeneinwirkung E1 .....	13
4.10.	Carico sismico E1 .....	13

4.11.	Druck / Sog infolge Zufahrt A1 .....	13
4.11.	Pressione aerodinamica A1 .....	13
4.12.	Anpralllast A2 .....	14
4.12.	Urto A2 .....	14
4.13.	Brand A3.....	14
4.13.	Incendio A3.....	14
<b>5.</b>	<b>MATERIALKENNWERTE.....</b>	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>15</b>
5.1.	Materialkennwerte Beton.....	15
5.1.	Parametri del materiale calcestruzzo .....	15
5.2.	Materialkennwerte Bewehrungsstahl .....	16
5.2.	Caratteristiche dell'acciaio da armatura .....	16
<b>6.</b>	<b>NACHWEISVERFAHREN .....</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>PROCEDURA DI VERIFICA.....</b>	<b>17</b>
6.1.	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) .....	17
6.1.	Stati Limite Ultimi (SLU) .....	17
6.1.1.	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen .....	17
6.1.1.	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni .....	17
6.1.2.	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen .....	17
6.1.2.	Coefficienti di combinazione delle azioni .....	17
6.1.3.	Einwirkungskombinationen .....	18
6.1.3.	Combinazioni delle azioni .....	18
6.1.4.	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand.....	18
6.1.4.	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	18
6.1.5.	Ermittlung der Schnittgrößen .....	18
6.1.5.	Calcolo delle misure di taglio .....	18
6.1.6.	Bemessung auf Biegung und Längskraft.....	19
6.1.6.	Calcolo della flessione e della forza longitudinale .....	19
6.1.7.	Bemessung Querkraft.....	19
6.1.7.	Calcolo della forza di taglio .....	19
6.2.	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG).....	19
6.2.	Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	19
6.2.1.	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen .....	19
6.2.1.	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni.....	19
6.2.2.	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen .....	19
6.2.2.	Coefficienti di combinazione delle azioni .....	19
6.2.3.	Einwirkungskombinationen .....	19
6.2.3.	Combinazioni delle azioni .....	19
6.2.4.	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand.....	19
6.2.4.	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	19
6.2.5.	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen .....	20
6.2.5.	Calcolo delle misure di taglio e delle deformazioni .....	20

6.2.6.	Begrenzung der Rissbreiten .....	20
6.2.6.	Limitazione dello spessore delle fessure .....	20
<b>7.</b>	<b>BAULICHE DURCHBILDUNG .....</b>	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>STRUTTURA COSTRUTTIVA.....</b>	<b>21</b>
7.1.	Mindestdicke Innenschale .....	21
7.1.	Spessore minimo del rivestimento interno .....	21
7.2.	Betondeckung.....	21
7.2.	Copriferro.....	21
7.3.	Mindestbewehrung .....	21
7.3.	Armatura minima .....	21
7.4.	Bewehrungsvorgaben .....	21
7.4.	Prescrizioni per l'armatura.....	21
<b>8.</b>	<b>EINBAUTEILE.....</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>POSA IN OPERA .....</b>	<b>22</b>
<b>9.</b>	<b>VERZEICHNISSE.....</b>	<b>23</b>
<b>9.</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>23</b>
9.1.	Tabellenverzeichnis.....	23
9.1.	Elenco delle Tabelle .....	23
9.2.	Abbildungsverzeichnis.....	23
9.2.	Elenco delle illustrazioni .....	23
9.3.	Anlage: Einwirkungskombinationen .....	23
9.3.	Allegato: Combinazioni di carico .....	23

## 1. ALLGEMEINES

Das vorliegende Dokument gilt als Grundlage für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit der Innenschale aus Ortbeton bei konventionellem Vortrieb oder offener Tunnelbohrmaschine (TBM) des Hauptvortriebes, der Querschläge und der Kreuzungsbereiche des Brenner Basis Tunnels (BBT).

In diesem Bericht werden im Allgemeinen die Bemessungsgrundlagen, die Einwirkungen und die Einwirkungskombinationen für die Dimensionierung der Innenschale erläutert und die Teilsicherheitsfaktoren für die Einwirkungen sowie der Materialsicherheit, welche im Zuge einer Gegenüberstellung der beiden nationalen Vorschriften (Österreich / Italien) ermittelt wurden, definiert.

Der vorliegende Bericht baut auf das Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ auf.

## 1. GENERALE

Questa linea guida si applicherà per la verifica allo SLU e allo stato limite della durabilità dei rivestimenti definitivi gettati in opera costruiti con metodo tradizionale o con TBM aperta dei tunnel principali, dei cunicoli trasversali e del zone d'incrocio della galleria di base del Brennero (BBT).

In particolare la presente relazione illustra le basi di calcolo, i carichi e le combinazioni di carico per il dimensionamento dell'anello interno e definisce i coefficienti di sicurezza sia dei carichi che sia dei materiali, risultanti dal confronto approfondito tra le due normative nazionali (Austria / Italia).

La presente relazione si basa sul documento D0616-3601 "Linee guida per la modellazione e la definizione dei principi di calcolo".

## 2. GRUNDLAGEN

### 2.1. Projektspezifische Grundlagen

Die folgenden Dokumente dienen als Grundlage für die Standsicherheitsuntersuchung der Innenschale:

1. D0616-3001 – Projektanforderungen, Nutzungsanforderungen
2. D0616-3008 - Technische Spezifikationen: Innenschalenbeton
3. D0616-3410 – BBT Geomechanische Richtlinie
4. D0616-3601 – Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze
5. D0118-02868 – Konzept baulicher Brandschutz
6. D0118-04326 – Sicherheit gegenüber Feuerexplosionen
7. D0118-00064 – Aerodynamik – Klima - Lüftung
8. E-Mail K. Bergmeister vom 22.11.2012 „documento coefficienti di sicurezza“

### 2.2. Literatur / Normen

Für die Erstellung des gegenständlichen Berichtes werden die folgenden Literaturen, Regelwerke und Normen in der jeweils gültigen Fassung berücksichtigt. Für die zukünftige Planung sind die oder die jeweils zu ersetzenden Nachfolgewerke zu berücksichtigen.

#### Literatur

- [1]. **Vrettos, C.**, 2009 – Tunnelbauwerke unter Erdbebenbeanspruchung, Taschenbuch für den Tunnelbau 2009
- [2]. **Wang, J.**, 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [3]. **Hashash, Y., et al.**, 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)

#### Normen / Richtlinien Europa

- UNI EN 1990; Eurocode – Basis of structural Design – 10/2010

## 2. RIFERIMENTI

### 2.1. Documenti di Riferimento

I seguenti documenti sono usati come riferimento per la preparazione di questa relazione:

1. D0616-3001 – Requisiti delle basi di progettazione
2. D0616-3008 - Specifica tecnica: Rivestimento definitivo
3. D0616-3410 - BBT linee guida geomeccaniche
4. D0616-3601 - Manuale per la modellazione e determinazione dei principi di calcolo
5. D0118-02868 – Concetto sull'antincendio
6. D0118-04326 – Sicurezza nei riguardi dell'esposizione al fuoco
7. D0118-00064 – Aerodinamica – Klima - Ventilazione
8. E-mail K. Bergmeister del 22.11.2012 „documento coefficienti di sicurezza“

### 2.2. Bibliografia e Normative

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente letteratura ed alle seguenti normative e direttive. Nella futura progettazione andranno considerate le successive modifiche e integrazioni rispettivamente vigenti.

#### Letteratura

- [1]. **Vrettos, C.**, 2009 – Tunnelbauwerke unter Erdbebenbeanspruchung, Taschenbuch für den Tunnelbau 2009
- [2]. **Wang, J.**, 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [3]. **Hashash, Y., et al.**, 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)

#### Lato Europa

- UNI EN 1990; Eurocode – Basis of structural Design – 10/2010

Regelplanung

Fachbereich: III Grundlagen für die Planung

- UNI EN 1991-1; Eurocode – Actions on structures – 2010/2011
- UNI EN 1992; Eurocode – Design of concrete structures – 03/2012
- UNI EN 1997; Eurocode – Geotechnical Design – 01/2011

Normen / Richtlinien Italien

- Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- Leitfaden N.617, Vorgehensweise für technische Konstruktionsnormen, Ausgabe Januar 2008
- Dm 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel

Normen / Richtlinien Österreich

- OENORM B 1990-2; Grundlagen der Tragwerksplanung - Brückenbau, Ausgabe Dezember 2010
- OENORM B 1992-1-1:2011 – Nationale Festlegungen zu OENORM EN 1992-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen
- OENORM B 1997-1-1:2010 – Nationale Festlegungen zu OENORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen
- Richtlinie Innenschalenbeton, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Ausgabe Oktober 2003
- RVS 09.01.42 Geschlossene Bauweise im Lockergestein unter Bebauung
- RVS 09.01.44 Statisch konstruktive Richtlinien – Betondeckung der Stahleinlagen, Ausgabe Juni 2002
- Richtlinie Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Ausgabe Juli 2005
- Bewehrungsatlas – Eurocode ÖNORM EN 1992-1-1, ÖNORM B 1992-1-1, Ausgabe Oktober 2011
- TSI-SRT Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität – Tunnelsicherheit, Ausgabe 2007

Progettazione di sistema

Settore: III Dati di base per la progettazione

- UNI EN 1991-1; Eurocode – Actions on structures – 2010/2011
- UNI EN 1992; Eurocode – Design of concrete structures – 03/2012
- UNI EN 1997; Eurocode – Geotechnical Design – 01/2011

Lato Italia

- Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- DM 28/10/2005, Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.

Lato Austria

- OENORM B 1990-2; Basi per la progettazione strutturale – costruzione di ponti, edizione di dicembre 2010
- OENORM B 1992-1-1:2011 – Definizioni nazionali sulla OENORM EN 1992-1-1, Descrizioni e integrazioni nazionali
- OENORM B 1997-1-1:2010 – Definizioni nazionali sulla OENORM EN 1997-1 e integrazioni nazionali
- Direttiva calcestruzzo dell'anello interno, Unione austriaca per la tecnica del calcestruzzo e delle costruzioni, edizione ottobre 2003
- RVS 09.01.42 Geschlossene Bauweise im Lockergestein unter Bebauung
- RVS 09.01.44 Direttiva costruttiva statica – Copertura del ferro, edizione giugno 2002
- Direttiva, Sicurezza antincendio alta qualità per costruzioni in sotterraneo, Unione austriaca per la tecnica del calcestruzzo e delle costruzioni, edizione luglio 2005
- Bewehrungsatlas – Eurocode ÖNORM EN 1992-1-1, ÖNORM B 1992-1-1, Edizione Ottobre 2011
- TSI-SRT Specifiche tecniche per interoperabilità – sicurezza della galleria, edizione 2007

### 3. Rechenmodell

#### 3.1. Grundlagen

Die geologisch und geomechanisch relevanten Informationen sowie Angaben zur Modellbildung für die Dimensionierung der Innenschale des BBT können dem Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ entnommen werden. Im vorliegenden Dokument werden daher die geologischen und geomechanischen Randbedingungen nicht weiter erläutert.

Die Geometrie der Innenschale ist den entsprechenden Regelquerschnitten zu entnehmen.

Der Einbau des Innenschalengewölbes erfolgt erst nach dem vollständigen Abklingen der Deformationen des Außenschalengewölbes. In den Berechnungen zur Dimensionierung der Innenschale ist von einem vollständigen Ausfall der Spritzbetonschale auszugehen.

#### 3.2. Geotechnische Parameter

Die Innenschale ist unter Berücksichtigung der Gebirgsarten, unter Verwendung der zugeordneten Gebirgskennwerte und den daraus resultierenden Einwirkungen zu dimensionieren. Die zu verwendenden Werte der geotechnischen Parameter sind gemäß dem Dokument D0616-3410 – „BBT Geomechanische Richtlinie“ zu bestimmen. Für die Ermittlung der Beanspruchungen der Innenschale sind die charakteristischen Werte der geotechnischen Parameter zu verwenden.

### 3. MODELLO DI CALCOLO BIBLIOGRAFIA E NORMATIVE

#### 3.1. Principi

Le informazioni rilevanti per la geologia e la geomeccanica e le indicazioni per la modellazione per il dimensionamento del rivestimento di prima fase del BBT si trovano al documento D0616-3601 “Linee guida per la modellazione e la definizione dei principi di calcolo”. Pertanto il presente documento non tratta le condizioni al contorno geologiche e geomeccaniche.

La geometria del rivestimento di prima fase si estrapola dalle relative sezioni tipo.

La posa in opera dell’anello interno viene eseguita dopo lo sviluppo totale delle deformazioni dell’anello esterno. Nei calcoli del dimensionamento dell’anello interno si assume l’assenza totale dell’anello esterno.

#### 3.2. Parametri geotecnici

L’anello interno è da dimensionare in considerazione dei tipi di roccia utilizzando le caratteristiche della roccia adeguate ed i carichi risultanti. I valori da applicare ai parametri geotecnici si definiscono in base al documento D0616-3410 – “BBT direttive geomeccaniche”. Per il dimensionamento dell’anello interno saranno utilizzati i valori caratteristici dei parametri geotecnici caratteristici.

#### 4. EINWIRKUNGEN

Im Folgenden werden Lastbilder definiert, welche nach Erfordernis für die Dimensionierung der Innenschale heranzuziehen sind. Die Lastgrößen (Lasten) selbst sind entsprechend den Randbedingungen zu definieren und mit dem AG abzustimmen.

Im Folgenden werden folgende Kürzel für die Einwirkungen herangezogen:

- G = ständige Einwirkungen
- Q = vorübergehende Einwirkungen
- A = außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Brand, Anprall, Explosion)
- E = Erdbeben

##### 4.1. Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

Das spezifische Eigengewicht des unbewehrten Betons ist mit  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$  zu berücksichtigen.

Das spezifische Eigengewicht des Stahlbetons ist mit  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  zu berücksichtigen.

##### 4.2. Oberleitung G2

Die Einwirkungen sind aus den Plänen der Oberleitung zu entnehmen.

##### 4.3. Sohlbeton G3

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf dem Planmaß der Konstruktion.

Das spezifische Gewicht des unbewehrten Betons wird mit  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

Das spezifische Gewicht des Stahlbetons wird mit  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

##### 4.4. Wasserdruck G4

Für den BBT sind grundsätzlich zwei Ausbauvarianten, d.h. druckdicht ( $\leq 5 \text{ bar}$ ) und druckentlastet (drai-

#### 4. DEFINIZIONE DEI CARICHI

In seguito si definiscono le azioni da utilizzare nel dimensionamento dell'anello. Le entità dei carichi vanno definite in base alle condizioni al contorno e concordate con la Committenza.

Per le azioni si utilizzano le seguenti abbreviazioni:

- G = Azioni permanenti
- Q = Azioni variabili
- A = Azioni eccezionali (per es. incendio, urto, esplosione)
- E = Azioni sismiche

##### 4.1. Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo non armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso specifico del calcestruzzo armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

##### 4.2. Catenaria G2

I carichi possono essere estratti dagli elaborati relativi alla catenaria.

##### 4.3. Riempimento in calcestruzzo al di sopra dell'arco rovescio G3

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo non armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso specifico del calcestruzzo armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

##### 4.4. Pressione idrostatica G4

La pressione idrostatica si applica come carico sul rivestimento nella sua direzione radiale.

niert) möglich.

Der Wasserdruck ist als radial wirkend auf die Schale anzusetzen.

Die Wasserdruckhöhe ist gemäß den zu erwartenden hydrogeologischen Bedingungen (siehe Projektsunterlagen) zu berücksichtigen. Die Wasserlasten sind wie folgt anzusetzen:

#### Progettazione di sistema

Settore: III Dati di base per la progettazione

Si considera il valore della pressione idrostatica in relazione alle condizioni idrogeologiche attese (si vedano i documenti di progetto).

Il carico idraulico è applicato secondo lo schema seguente:

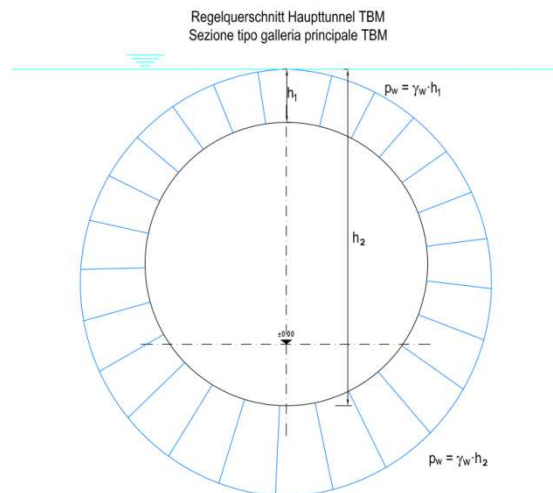


Abbildung 1: Lastbild Wasserdruck – druckdichter Regelquerschnitt

Illustrazione 1: Pressione idrostatica – sezione tipo non drenata

Für druckentlastete (drainierte) Tunnel wird der Wasserdruck, bei Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe, nur bis in Höhe der Ulmenlängsdrainage berücksichtigt. Die Wasserlasten sind dann wie folgt anzusetzen:

Per il caso di galleria drenata (senza pressione) nelle sezioni tipi con arco rovescio, il carico idraulico viene considerato solo dal vertice inferiore al di sotto dell'arco rovescio fino all'altezza del drenaggio sul piedritto. Il carico idraulico viene applicato secondo lo schema seguente:

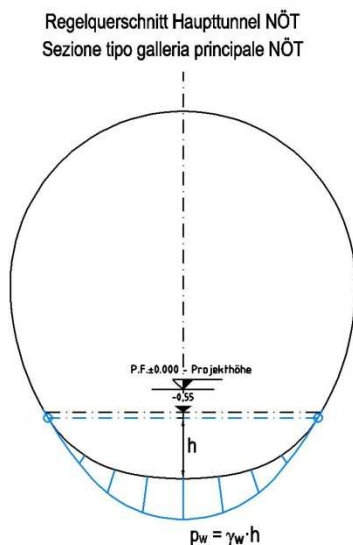


Abbildung 2: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

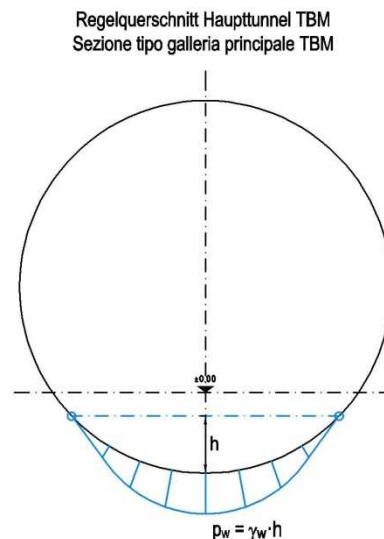


Illustrazione 2: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

#### 4.5. Gebirgslast G5

Die Ermittlung der Gebirgslast und deren Verteilung ist dem Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ zu entnehmen.

#### 4.6. Kriechen und Schwinden des Betons G6

Sofern für das Tragsystem maßgeblich, sind Kriechen und Schwinden wie folgt zu berücksichtigen.

Das Schwindmaß des Betons ist gemäß dem EC2, Abs. 3.1.4 und NTC 2008 Kap. 11.2.10.6 zu ermitteln.

Die Kriechzahl  $\phi$  wird gemäß dem EC2, Abs. 3.1.4 und NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten (G1 (Eigengewicht) + G2 (Oberleitung) + G5 (Gebirge)) ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirkt eine Längenänderung  $\Delta l$ . Diese Längenänderung (Endschwindmaß) ist in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung der Rechnung zu Grunde zu legen.

#### 4.7. Quelldruck G7

Der Quelldruck  $p_s$  ist jedenfalls aus Versuchen, z.B. Huder und Amberg, abzuleiten und der Dimensionierung der Innenschale zugrunde zu legen.

#### 4.8. Temperatur Q1

Die Dimensionierung der Innenschale hat unter Berücksichtigung der Temperatureinwirkung gemäß der nachfolgenden Tabelle entsprechend dem Abstand zum Portal zu erfolgen.

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	bis 3,0		3,0 - 10,0		>10,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura $\Delta T$ / [°C]	5		2		2	
$\Delta T_{\text{eff}}$ [°C]	Winter /	Sommer	Winter /	Sommer	Winter /	Sommer

#### 4.5. Carico dell'ammasso G5

Il carico dell'ammasso e la relativa distribuzione si estrae dal documento D0616-3601 „Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di dimensionamento“.

#### 4.6. Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

Viscosità e ritiro del calcestruzzo, se rilevanti per il sistema portante, vanno considerati come di seguito.

La deformazione dovuta al ritiro del calcestruzzo si calcola in base all'EC2 paragrafo 3.1.4 ed alle NTC 2008 par. 11.2.10.6.

Il coefficiente di viscosità  $\phi$  si calcola ai sensi dell'EC2, paragrafo 3.1.4 ed alle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti (G1 (peso proprio) + G2 (catenaria) + G5 (Carico dell'ammasso)).

Viscosità e ritiro del calcestruzzo comportano un cambiamento in lunghezza  $\Delta l$  (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

#### 4.7. Rigonfiamento G7

Il potenziale di rigonfiamento  $p_s$  deve essere dedotto da prove e posto alla base del dimensionamento rivestimenti definitivi.

#### 4.8. Forze termiche Q1

Per il dimensionamento rivestimenti definitivi si considerano azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco.

	inverno	/ estate	inverno	/ estate	inverno	/ estate
	-16	16	-10	10	-6	6

Tabelle 1: Temperatureinwirkung Innenschale

Der Temperaturgradient  $\Delta T$  gibt die Temperaturdifferenz zwischen der Innenkante Innenschale und Außenkante Innenschale wieder.

Temperaturbeanspruchungen während des Baus der Innenschale können vernachlässigt werden.

In Bereichen in denen Temperaturschwankungen ausgeschlossen werden können (z.B. im Bereich der Sohle durch Füllbeton), brauchen keine Temperaturlasten berücksichtigt zu werden.

Die Temperatureinwirkung infolge Brand wird in Kapitel 4.13 behandelt.

#### 4.9. Verkehrslast Q2

Einwirkungen durch Verkehrslasten im Tunnelinneren sind, gemäß den Vorgaben im EC 1, Teil 2, Abs. 6 und zusätzlich auf italienischer Seite gemäß dem NTC 2008 Kap. 5.2 zu berücksichtigen.

#### 4.10. Erdbebeneinwirkung E1

Aufgrund der vollständigen Bettung der bergmännischen Tunnelschale mit dem umgebenden Gebirge sowie der ständigen Einwirkungen, z.B. Überlagerungsdruck, wird der Lastfall „Erdbeben“ im Festgestein als nicht maßgebend bewertet und ist nicht zu berücksichtigen (siehe auch den Leitfaden 853.9120 zur DB-Richtlinie 853.2001 zu Absatz 15).

Im Lockermaterialbereich ist dieses Gefährdungsbild zu berücksichtigen. Die Erdbebeneinwirkung können z.B. mittels vorgeschlagener Methoden gemäß [1], [2] und [3] berücksichtigt werden.

#### 4.11. Druck / Sog infolge Zugfahrt A1

Die Verdichtungs- und Druckentlastungsvorgänge aus der Zugsdurchfahrt sind in Dokument D0118-00064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann entnommen werden, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkung) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von  $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$  und  $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$  auf. Da diese Einwirkungen, auch unter Berücksichtigung der entsprechend angepassten Teilsicherheitsfaktoren die maßgebende Einwirkung darstellen, werden gemäß den Vorgaben im Anhang die aerodynamischen Einwir-

Tabella 1: Temperatura dei conci

Il gradiente della temperatura indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna del rivestimento in conci.

Le sollecitazioni derivanti dalla temperatura durante la costruzione dell'anello possono essere trascurate.

Non è necessario considerare le azioni derivanti dalla temperatura in aree in cui possono essere escluse variazioni di temperatura (per es. nella parte inferiore con calcestruzzo di riempimento).

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio si trattano nel cap. 4.13.

#### 4.9. Traffico Q2

Le azioni derivanti dai carichi del traffico all'interno della galleria devono essere considerate secondo le prescrizioni dell'EC1, parte 2, paragrafo 6 e, sul lato italiano, secondo le NTC 2008 Par. 5.2.

#### 4.10. Carico sismico E1

A causa dell'ubicazione della galleria all'interno dell'ammasso roccioso e della presenza di altri carichi permanenti, per es. la pressione sul rivestimento, il carico dovuto al sisma non è determinante e non è considerato nei tratti di galleria in roccia (si vedano anche le linee guida 853.9120 nella direttiva DB 853.2001 al paragrafo 15).

Al contrario, nelle zone in materiale sciolto le azioni sono da considerare. Il carico sismico per il tunnel sarà applicato secondo la metodologia proposta in [1], [2] e [3].

#### 4.11. Pressione aerodinamica A1

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-00064 „Aerodynamica – clima – ventilazione“. Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di  $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$  und  $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$ . Poiché si tratta di azioni rilevanti, anche in considerazione dei relativi coefficienti parziali di sicurezza adottati, in conformità alle prescrizioni in allegato I, le azioni aerodinamiche si considerano solo associate in combinazione con le azioni derivanti dal-

kungen nur in Kombination von Einwirkungen bei außergewöhnlicher Bemessungssituation nachgewiesen.

#### 4.12. Anpralllast A2

In Ermangelung an spezifischen Risikoanalysen sind die folgenden statischen Ersatzlasten (harmonisiert gemäß Vorgabe EC1 bzw. NTC 2008), abhängig vom Abstand  $d$  des zu bemessenden Bauteils zur Gleisachse, anzusetzen:

für  $d \leq 5$  m:

- 4000 kN parallel zur Fahrtrichtung;
- 1500 kN quer zur Fahrtrichtung;

für  $5 \text{ m} < d \leq 15 \text{ m}$ :

- 2000 kN parallel zur Fahrtrichtung;
- 750 kN quer zur Fahrtrichtung.

Diese Kräfte sind 1,80 m über Schienenoberkante anzusetzen.

Die Einwirkung Anprall Schienenfahrzeuge ist nur in den Verzweigungsbauwerken und Portalen zu berücksichtigen.

#### 4.13. Brand A3

Die Brandbemessung ist gemäß den Vorschriften in EN1992-1-2 durchzuführen.

Für Konstruktionen auf österreichischer Seite ist die Bemessung nur in projektspezifischen festgelegten Schutzniveaus und Schutzzonen gemäß genehmigtem Projekt erforderlich. Es ist die Temperatur-Zeit Kurve gemäß dem Dokument D0118-02868 „Konzept baulicher Brandschutz“ zugrunde zu legen.

Für die Konstruktionen auf italienischer Seite muss, in Übereinstimmung mit den Vorschriften des DM2005 *Sicurezza gallerie ferroviarie* (Ministererlass zur Sicherheit der Eisenbahntunnel), der Standsicherheitsnachweis für alle Konstruktionen unter Berücksichtigung der Temperatur-Zeit-Kurve laut UNI 11076 gemäß dem Dokument D0118-04326 „Sicherheit gegenüber Feuerexplosionen“ erbracht werden.

Ergänzend sind die Anforderungen der TSI – SRT zu berücksichtigen.

la situazione di dimensionamento eccezionale.

#### 4.12. Urto A2

In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche (secondo direttiva EC1 oppure NTC 2008) equivalenti, in funzione della distanza  $d$  degli elementi esposti dall'asse del binario:

per  $d \leq 5$  m:

- 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;

per  $5 \text{ m} < d \leq 15 \text{ m}$ :

- 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro.

Il carico è da considerare solo nelle caverne di diramazione e ai portali.

#### 4.13. Incendio A3

Il dimensionamento in caso di incendio si esegue in conformità alle prescrizioni della EN 1992-1-2.

Per la realizzazione lato Austria è necessario solo il dimensionamento relativo al livello ed alle aree da proteggere, appositamente definite nel progetto definitivo, ci si deve basare sulla curva temperatura-tempo come in D0118-TB-02868-10. "Concetto misure costruttive antincendio"

Per le opere lato Italia, in accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 *Sicurezza gallerie ferroviarie*, deve essere testata la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076 in conformità a D0118-04326. "Sicurezza contro le esplosioni di incendio".

Si devono inoltre considerare i requisiti contenuti nelle STI – SRT.

## 5. MATERIALKENNWERTE

### 5.1. Materialkennwerte Beton

Die Spezifikation der Materialien kann im Detail dem Dokument D0616-3008 – "Technische Spezifikation Beton – Ortbeton" entnommen werden. Für die Bemessung der Innenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C25/30 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 31.000 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MN/m}^2$$

Hierbei sind:

$E_{cm}$  = Mittelwert Sekantenmodul

$f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

In Sonderfällen (z.B. Störungszonen) sind in Abstimmung mit dem AG höhere Betongüten zulässig.

Die Arbeitslinie (Spannung-Dehnungs-Linie) für den Druckbereich des Betons ist gemäß EC2, Bild 3.4 (siehe Abb. 3A) bzw. NTC2008, Bild 4.1.1 (b) (siehe Abb. 3B) zu übernehmen.

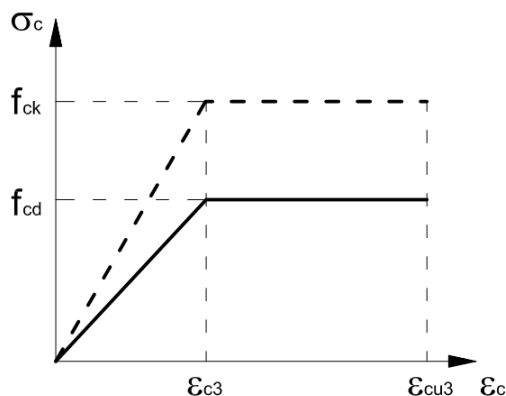


Abbildung 3: Bilineare Spannungs-Dehnungslineie Beton (A)

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 5.1. Parametri del materiale calcestruzzo

Per il dimensionamento del rivestimento di prima fase in spritzbeton si considera generalmente un calcestruzzo con classe di resistenza C25/30 con le seguenti caratteristiche:

Ove:

$E_{cm}$  = Valore medio modulo di secante

$f_{ck}$  = resistenza a compressione caratteristica dello spritzbeton dopo 28 giorni

In casi particolari (ad es. zone di faglia) sono consentiti calcestruzzi con caratteristiche di resistenza più elevate in accordo con la Committenza.

Il modello costitutivo da considerare per la modellazione della sezione resistente a compressione del calcestruzzo (diagramma tensione-deformazione) deve essere ricavato dall'EC2, fig. 3.4 (si veda la fig. 3A) ovvero dalla NTC2008, fig. 4.1.1 (b) (si veda la fig. 3B).

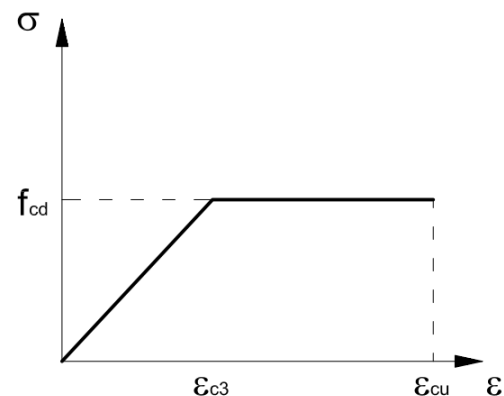


Illustrazione 3: Diagrammi tensione-deformazione per il calcestruzzo (B)

## 5.2. Materialkennwerte Bewehrungsstahl

In Österreich und Italien kommen unterschiedliche Betonstähle zum Einsatz. Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Innenschale heranzuziehen:

in Österreich / Austria: B550B –  $f_{yk} = 550 \text{ MN/m}^2$   
in Italien / Italia: B450C –  $f_{yk} = 450 \text{ MN/m}^2$

Hierbei ist:

$f_{yk}$  – charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

Die Arbeitslinie (Spannung-Dehnungs-Linie) für den Zugbereich des Betonstahls ist gemäß EC2, Bild 3.7a (siehe Abb. 4A) bzw. NTC2008, Bild 4.1.2 (a) (siehe Abb. 4B) zu übernehmen.

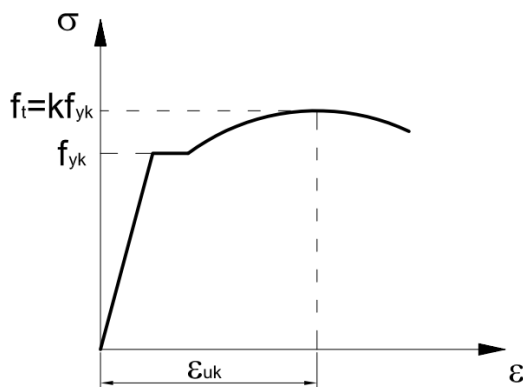


Abbildung 4: Spannungs-Dehnungsdiagramm Betonstahl (A)

## 5.2. Caratteristiche dell'acciaio da armatura

In Austria e Italia sono utilizzati differenti acciai da armatura. Per il dimensionamento dell'anello si utilizzano i seguenti tipi di acciaio:

Ove:

$f_{yk}$  – Tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato

Il modello costitutivo da considerare nella modellazione dell'acciaio (per la sezione resistente a trazione dell'acciaio (modello tensione-deformazione) deve essere ricavato dall'EC2, fig. 3.7a (si veda la fig. 4A) ovvero dalla NTC2008, fig. 4.1.2 (a) (si veda la fig. 4B).

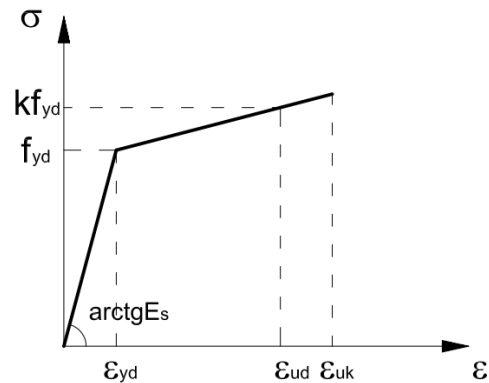


Illustrazione 4: Diagrammi tensione-deformazione per l'acciaio da cemento armato (B)

## 6. NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Innenschale sind gemäß den Vorgaben im EC 0, Abs. 6.4 (GZT) und Abs. 6.5 (GZG) bzw. NTC2008, Abs. 2.5.3 Kombinationsregeln zu berücksichtigen.

### 6.1. Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

#### 6.1.1. Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die zu berücksichtigenden Teilsicherheitsfaktoren variieren in Abhängigkeit der Kombinationsregeln und den Bedingungen und sind dem Anhang zu entnehmen. Folgende Teilsicherheitsfaktoren sind gemäß EC 7 bzw. NTC2008 für ständige / vorübergehende / außergewöhnliche Bemessungssituationen zu berücksichtigen:

$$\gamma_{Gj,inf} \text{ günstig/favorevole} = 1,00 / 1,00 / 1,00$$

$$\gamma_{Gj,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} = 1,35 / 1,20 / 1,00$$

$$\gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ günstig/favorevole} = 0,00 / 0,00 / 0,00$$

$$\gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} = 1,50 / 1,30 / 1,00$$

Werden die Einwirkungen aus dem Schwinden für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt, ist gemäß EC2, Teil 1, Abs. 2.4.2.1 der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{SH} = 1,0$  zu berücksichtigen.

#### 6.1.2. Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Kombinationsbeiwerte sind dem Anhang I zu entnehmen. Folgende Kombinationsbeiwerte sind gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 zu berücksichtigen:

Einwirkung /	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Druck / Sog infolge Zugfahrt A1 / Pres-sione aerodinamica A1	0,8	0,5	0,0
Temperatur Q1 / Forze termiche Q1	0,6	0,6	0,5

Tabelle 2: Kombinationsbeiwerte

## 6. PROCEDURA DI VERIFICA

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio dell'anello vanno considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni dell'EC 0, paragrafo 6.4 e paragrafo 6.5, ovvero della NTC2008, paragrafo 2.5.3..

### 6.1. Stati Limite Ultimi (SLU)

#### 6.1.1. Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

I coefficienti parziali di sicurezza da considerare variano in funzione delle combinazioni e del tipo di azioni si trovano in allegato. In conformità alla EC 7 ovvero NTC2008, per le situazioni di dimensionamento standard, temporanee ed eccezionali sono da considerarsi i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Considerando le azioni derivanti dal ritiro, per la verifica allo stato limite ultimo, si deve considerare, in conformità all'EC2, parte 1, paragrafo 2.4.2.1 il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{SH} = 1,0$ .

#### 6.1.2. Coefficienti di combinazione delle azioni

I coefficienti di combinazione da considerare nelle combinazioni delle azioni si trovano in allegato. In conformità alla EN 1990 ovvero alla NTC2008 devono essere utilizzati i seguenti coefficienti di combinazione:

Tabella 2: Coefficienti di combinazione

### 6.1.3. Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß EC 0 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen gemäß dem Anhang I sind in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen.

### 6.1.4. Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation (BS1 und BS2) sind unter Berücksichtigung einer Lebensdauer des Bauwerkes von 200 Jahren gemäß [8] wie folgt zu berücksichtigen:

Stahlbeton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,60$
- Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit:  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitskoeffizient für Stahlwiderstand  $\gamma_s = 1,20$

Unbewehrter Beton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,60$
- Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruck- bzw. -zugfestigkeit:  $\alpha_{cc,pl.} / \alpha_{ct,pl.} = 0,80$

Für den Nachweis der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS3) sind die Teilsicherheitsfaktoren mit  $\gamma_c = 1,2$  und  $\gamma_s = 1,0$  zu berücksichtigen. Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit  $\alpha$  bleibt unverändert.

### 6.1.5. Ermittlung der Schnittgrößen

Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln sowie den entsprechenden Teilsicherheitsfaktoren und Kombinationsbeiwerten (siehe Anhang I).

### 6.1.3. Combinazioni delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate, in conformità all'EC 0, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello, di cui in allegato, devono essere scelte in funzione delle effettive condizioni al contorno in situ.

### 6.1.4. Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze in fase permanente e temporanea vanno considerati come segue tenendo conto della vita utile dell'opera di 200 anni secondo [8]:

Calcestruzzo armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo  $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata:  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s$  per la resistenza dell'acciaio  $\gamma_s = 1,20$

Calcestruzzo non armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo  $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata:  $\alpha_{cc} = 0,80$

Per le verifiche nella situazione di dimensionamento eccezionale i fattori parziali di sicurezza devono essere considerati con  $\gamma_c = 1,20$  e  $\gamma_s = 1,00$ . Il coefficiente di riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo  $\alpha$  resta invariato.

### 6.1.5. Calcolo delle misure di taglio

Il calcolo delle misure di taglio si esegue allo SLU in considerazione delle regole di combinazione e dei relativi fattori parziali di sicurezza e coefficienti di combinazione (si veda l'allegato I).

#### 6.1.6. Bemessung auf Biegung und Längskraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des EC2, Abs. 6.1 bzw. des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.2. Der Nachweis des unbewehrten Betons erfolgt gemäß dem EC2, Kapitel 12.6.1. Demnach dürfen Zugspannungen bis zum maximalen aufnehmbaren Wert (Bemessungswert der Betonzugfestigkeit gemäß EC2) berücksichtigt werden.

#### 6.1.7. Bemessung Querkraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des EC2, Abs. 6.2 bzw. des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.4. Der Nachweis bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß Kapitel 12.6.3 des EC 2 unter Berücksichtigung des Formel 12.6.

### 6.2. Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

#### 6.2.1. Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Im Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind gemäß den Kombinationsregeln die charakteristischen Einwirkungen zu berücksichtigen.

#### 6.2.2. Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen Kombinationsbeiwerte sind dem Anhang I zu entnehmen. Die Kombinationsbeiwerte sind gemäß Tabelle 2: zu berücksichtigen.

#### 6.2.3. Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß EC 0 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen sind gemäß dem Anhang I in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen.

#### 6.2.4. Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Werte der Widerstände zu be-

#### 6.1.6. Calcolo della flessione e della forza longitudinale

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni dell'EC2, par. 6.1 ovvero delle NTC28, par. 4.1.2.1.2.2, per il calcestruzzo non armato si segue l'EC2, cap. 12.6.1, che prevede di considerare tensioni alla rottura fino al valore massimo assorbibile (valore di calcolo per la resistenza del cls secondo l'EC2).

#### 6.1.7. Calcolo della forza di taglio

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni dell'EC2, par. 6.2 ovvero delle NTC28, par. 4.1.2.1.2.4., per il rivestimento interno non armato si segue l'EC2, cap. 12.6.3 in considerazione della formula 12.6.

### 6.2. Stati Limite di Esercizio (SLE)

#### 6.2.1. Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

Nella verifica agli stati limite di esercizio devono essere considerate le azioni caratteristici con le loro combinazioni.

#### 6.2.2. Coefficienti di combinazione delle azioni

In allegato si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 2:.

#### 6.2.3. Combinazioni delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità all'EC 0 con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dei conci si scelgono in conformità all'allegato, in funzione delle effettive condizioni al contorno in situ.

#### 6.2.4. Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

Per la verifica agli stati limite di esercizio si devono

rücksichtigen.

Progettazione di sistema  
Settore: III Dati di base per la progettazione

considerare i valori caratteristici delle resistenze.

#### 6.2.5. Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

Die Ermittlung der Schnittgrößen bzw. der Systemverformung erfolgt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen sowie den entsprechenden Kombinationsbeiwerten (siehe Anhang I).

#### 6.2.5. Calcolo delle misure di taglio e delle deformazioni

Il calcolo delle misure di taglio ovvero delle deformazioni del sistema si esegue allo SLU in considerazione delle regole di combinazione con i carichi caratteristici e dei relativi coefficienti di combinazione (si veda l'allegato I).

#### 6.2.6. Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist für die maßgebenden Einwirkungskombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Abminderungsfaktoren  $\psi$  laut Anhang I die maximale Rissweite  $w_{kal}$  unter Berücksichtigung der OENORM B 1992-1-1 bzw. der RVS 09.01.42 und NTC2008 nachzuweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderung der Dichtigkeit oder bei Existenz einer Abdichtung ist auf  $w_{kal} \leq 0,3$  mm zu begrenzen.

Bei besonderer Anforderung an die Dichtigkeit der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umgebungsbedingungen ist die maximale Rissweite auf  $w_{kal} \leq 0,2$  mm zu begrenzen.

#### 6.2.6. Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione della OENORM B 1992-1-1 ovvero della direttiva stradale austriaca RVS 09.01.42 e delle NTC2008, si deve controllare allo SLU lo spessore massimo delle fessure  $w_{kal}$  per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione  $\psi$  secondo l'allegato I. La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a  $w_{kal} \leq 0,3$  mm.

In caso di particolari requisiti di spessore del rivestimento interno o di condizioni ambientali aggressive o molto aggressive la larghezza massima è limitata a  $w_{kal} \leq 0,2$  mm.

## 7. BAULICHE DURCHBILDUNG

### 7.1. Mindestdicke Innenschale

Die Mindestdicke der Innenschale wird in Dokument D0616-03008 festgelegt.

### 7.2. Betondeckung

Die Betondeckung wird in Dokument D0616-03008 festgelegt.

### 7.3. Mindestbewehrung

Ist eine bewehrte Innenschale vorgesehen, wird die Mindestbewehrung gemäß OENORM EN 1992, Punkt 9.2.1.1 und im Punkt 4.1.6.1.1 des NTC 2008 definiert.

Die Querschnittsfläche der Längszugbewehrung darf nicht geringer sein als

$$A_{S,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d$$

und jedenfalls nicht geringer als  $0,0013 \times b \times d$ ,

wobei:

b die mittlere Breite der Zugzone,

d die Nutzhöhe des Querschnitts,

$f_{ctm}$  der Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons und

$f_{yk}$  der charakteristische Wert der Streckengrenze des Betonstahls ist.

### 7.4. Bewehrungsvorgaben

Im Portalbereich, d.h. bis zu einem Abstand von 500m vom Portal ist die Ortbetoninnenschale bewehrt auszuführen. Desweiteren ist die Sohlplatte, aufgrund der dynamischen Beanspruchung bewehrt auszuführen.

## 7. STRUTTURA COSTRUTTIVA

### 7.1. Spessore minimo del rivestimento interno

Lo spessore minimo del rivestimento interno è definito al documento D0616-03008.

### 7.2. Copriferro

La dimensione del copriferro è definita al documento D0616-03008.

### 7.3. Armatura minima

In caso il rivestimento necessiti di armatura il quantitativo minimo di armatura da inserire viene definito al punto 9.2.1.1 dell'OENORM EN1992 e al punto 4.1.6.1.1 delle NTC 2008.

L'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a

$$A_{S,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d$$

e comunque non minore di  $0,0013 \times b \times d$ ,

dove:

b rappresenta la larghezza media della zona tesa;

d è l'altezza utile della sezione;

$f_{ctm}$  è il valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo e

$f_{yk}$  è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

### 7.4. Prescrizioni per l'armatura

Nell'area di portale, cioè nel raggio di 500 m dal portale, il rivestimento interno gettato in opera deve essere armato. A causa delle sollecitazioni dinamiche anche la platea deve essere armata.

## 8. EINBAUTEILE

Die Einbauteile der Tunnelröhre sind nicht Bestandteil des vorliegenden Dokumentes.

## 8. POSA IN OPERA

La posa in opera delle canne della galleria non è oggetto del presente documento.

## 9. VERZEICHNISSE

### 9.1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Temperatureinwirkung Innenschale	13
Tabelle 2:	Kombinationsbeiwerte	17

### 9.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lastbild Wasserdruck – druckdichter Regelquerschnitt	11
Abbildung 2:	Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt	11
Abbildung 3:	Bilineare Spannungs-Dehnungslinie Beton (A)	15
Abbildung 4:	Spannungs-Dehnungsdiagramm Betonstahl (A)	16

### 9.3. Anlage: Einwirkungskombinationen

## 9. ELENCHI

### 9.1. Elenco delle Tabelle

Tabella 1:	Temperatura dei conci	13
Tabella 2:	Coefficienti di combinazione	17

### 9.2. Elenco delle illustrazioni

Illustrazione 1:	Pressione idrostatica – sezione tipo non drenata	11
Illustrazione 2:	Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata	11
Illustrazione 3:	Diagrammi tensione-deformazione per il calcestruzzo (B)	15
Illustrazione 4:	Diagrammi tensione-deformazione per l'acciaio da cemento armato (B)	16

### 9.3. Allegato: Combinazioni di carico

Anhang - Innenschale - Einwirkungskombinationen / Allegato - Rivestimento definitivo - Combinazioni di carico

		Lastfall / Caso di carico	ständig / permanenti								vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali					
			Eigen- gewicht <sup>8</sup> / Peso proprio <sup>8</sup> G1	Ober- leitung / Catenaria G2	Sohlbeton <sup>2</sup> / Carichi permanent posti al di sopra dell'arco rovescio <sup>2</sup> G3	Gebirgslast ohne Auftrieb <sup>7</sup> / Carico della roccia in condizione asciutte <sup>7</sup> G5	Gebirgslast mit Auftrieb <sup>7</sup> / Carico della roccia in presenza di acqua <sup>7</sup> G5	Kriechen und Schwinden / Ritiro e rilassamento G6	Quell-druck / Swelling <sup>1</sup> G7	Wasserdruck / Carico idraulico <sup>1,6,8,9</sup> G4	Temperatur (Sommer) / Temperatura (estate) Q1	Temperatur (Winter) / Temperatura (inverno) Q1	Verkehrslast (Zugfahrt) / Carico ferroviario <sup>3</sup> Q2	Erdbeben / Sismi E1	Anprall / Impatto A2	Brand / Fuoco A3	Druck infolge Zugfahrt / Carico aerodinamico (pressione) A1	Sog infolge Zugfahrt / Carico aerodinamico (aspirazione) A1	
Innenschale aus Ortbeton / Rivestimento definitivo gettato in opera	druckentlastet / sistema drenato	1	1,35							1,50									
			1,00								1,00								
		2	1,35					1,00				1,50							
			1,00					1,00				1,00							
		3	1,35	1,35	1,00						1,50								
			1,00	1,00	1,00						1,00								
		4	1,35	1,35	1,00			1,00				1,50							
			1,00	1,00	1,00			1,00				1,00							
		5	1,35	1,35	1,00	1,35					1,50								
			1,00	1,00	1,00	1,00					1,00								
		6	1,35	1,35	1,00	1,35		1,00				1,50							
			1,00	1,00	1,00	1,00		1,00				1,00							
		7	1,35	1,35	1,00	1,35			1,35		1,50								
			1,00	1,00	1,00	1,00			1,00		1,00								
		8	1,35	1,35	1,00	1,35		1,00	1,35			1,50							
			1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00			1,00							
		9	1,35	1,35	1,00				1,35		1,50							1,00 <sup>4</sup>	
			1,00	1,00	1,00				1,00		1,00								
		10	1,35	1,35	1,00			1,00	1,35			1,50							
			1,00	1,00	1,00			1,00	1,00			1,00							
		11	1,00	1,00	1,00						Ψ <sub>1</sub> =0,6								
		12	1,00	1,00	1,00							Ψ <sub>1</sub> =0,6							1,00 <sup>4</sup>
	13	1,00	1,00	1,00	1,00					Ψ <sub>1</sub> =0,6			1,00						
	14	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00				Ψ <sub>1</sub> =0,6		1,00						
	15	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00		Ψ <sub>1</sub> =0,6			1,00						
	16	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00			Ψ <sub>1</sub> =0,6		1,00						
	17	1,00	1,00	1,00	1,00					Ψ <sub>1</sub> =0,6				1,00					
	18	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00				Ψ <sub>1</sub> =0,6			1,00					
	19	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00		Ψ <sub>1</sub> =0,6					1,00				
	20	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00			Ψ <sub>1</sub> =0,6				1,00				
	21	1,00	1,00	1,00	1,00					Ψ <sub>1</sub> =0,6						1,00			
	22	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00				Ψ <sub>1</sub> =0,6					1,00			
	23	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00		Ψ <sub>1</sub> =0,6						1,00			
	24	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00			Ψ <sub>1</sub> =0,6					1,00			
Für den Nachweis der druckdichten Regelquerschnitte sind zusätzlich die Einwirkungskombinationen der druckentlasteten Querschnitte zu führen! / Per la verifica delle sezioni a tenuta si devono creare combinazioni di azioni aggiuntive della sezione drenata!																			
druckdicht / Sistema a tenuta	25	1,35	1,35	1,00					1,35	1,50									
		1,00	1,00	1,00					1,00	1,00									
	26	1,35	1,35	1,00			1,00		1,35 / 1,00 <sup>5</sup>		1,50								
		1,00	1,00	1,00			1,00		1,00		1,00								
	27	1,35	1,35	1,00		1,35			1,35	1,50									
		1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	1,00									
	28	1,35	1,35	1,00		1,35	1,00		1,35 / 1,00 <sup>5</sup>		1,50								
		1,00	1,00	1,00		1,00	1,00		1,00		1,00								
	29	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	Ψ <sub>1</sub> =0,6			1,00						
	30	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00		1,00		Ψ <sub>1</sub> =0,6		1,00						
31	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	Ψ <sub>1</sub> =0,6				1,00						
32	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00		1,00		Ψ <sub>1</sub> =0,6			1,00						
33	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	Ψ <sub>1</sub> =0,6						1,00				
34	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00		1,00		Ψ <sub>1</sub> =0,6					1,00				

1. Wasserdruck und Quellen werden nicht gleichzeitig berücksichtigt. Der höhere Wert ist maßgebend. / Carico idraulico e rigonfiamento non possono sommarsi. Il valore superiore è decisivo.

2. Günstige Einwirkung / effetto favorevole

3. Verkehrslasten können für das Tragverhalten der Innenschale günstig sein. Der Ausführungsplaner hat zu entscheiden welche Einwirkungskombination die Verkehrslast berücksichtigt. / I carichi derivanti dal traffico possono avere effetti favorevoli sul comportamento portante del rivestimento interno. Il progettista esecutivo deciderà quale combinazione di azioni considerare nel carico derivante dal traffico.

4. Die aerodynamische Einwirkung kann für die Dimensionierung der Innenschale dann maßgebend werden, wenn die Beanspruchung gering ist. Daher wird die aerodynamische Beanspruchung nur in Kombination mit Eigengewicht, Oberleitung und Sohlbeton sowie der Temperatureinwirkung berücksichtigt. / In caso di scarsa sollecitazione l'azione aerodinamica può diventare decisiva per il dimensionamento del rivestimento interno. Pertanto la sollecitazione aerodinamica si considera solo in combinazione con peso proprio, catenaria e arco rovescio, e degli effetti della temperatura.

5. bei günstiger Einwirkung / in caso di azione favorevole

6. Wenn sichergestellt werden kann, dass während der Lebensdauer des Projektes der Wasserspiegel nicht abgesenkt wird, können die Einwirkungskombinationen 13 - 28 per la prova delle sezioni a tenuta fällt nicht ab. / Se si garantisce che per tutta la durata del progetto il livello di falda non si abbasserà si possono tralasciare le combinazioni di azione 13 - 28 per la prova delle sezioni a tenuta

7. Für die Gebirgslasten kann je nach geotechnischen Verhältnissen die Definition von Regellastfällen (mit herkömmlichen Sicherheitsbeiwerten gem. Tabelle) und darüber hinaus von Grenzfallebetrachtungen (mit reduzierten Teilsicherheiten) zweckmäßig sein. Per il carico di montagna possono essere definite condizioni di carico convenzionali da controllarsi con i valori proposti in tabella e condizioni di carico straordinarie da verificarsi con fattori di amplificazione ridotti

8. Bei günstiger Einwirkung ist der Teilsicherheitsfaktor mit 1,0 zu berücksichtigen. / In caso di azione favorevole si considera il coefficiente parziale di sicurezza con 1,0

9. Der Wasserdruck ist bei druckentlasteten (drainierten) Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe bis in Höhe der Ulmenlängsdrainage zu berücksichtigen. / Il carico idraulico in sezioni con arco rovescio drenate si considera fino alla quota del drenaggio laterale

ULS / SLU

SLS / SLE