



**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

Spritzbetonaußenschale

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

Rivestimento esterno in spritzbeton (calce-  
struzzo proiettato)

<div>  <b>BERATENDE INGENIEURE</b></div>		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				
<div> <i>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</i></div>			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	- 3602	- 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	Ergänzung Stahlfaserspritzbeton / Aggiunta di calcestruzzo proiettato fibrorinforzato	Höser	16.01.2013
04	Überarbeitung gem., Besprechung vom 27.07.2012 / Revisione secondo le riunioni del 27.07.2012	Höser	10.08.2012
03	Überarbeitung gem., Besprechung vom 06.07.2012 / Revisione secondo le riunioni del 06.07.2012	Höser	19.07.2012
02	Überarbeitung gem. Besprechung am 18.01.2012 / Revisione secondo le riunioni del 18.01.2012	Poli / Höser	29.02.2012
00	Erstversion / Prima Versione	Poli / Höser	22.12.2011

## INHALTSVERZEICHNIS INDICE

<b>1.</b>	<b>ALLGEMEINES.....</b>	<b>5</b>
<b>1.</b>	<b>GENERALE.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>GRUNDLAGEN.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>RIFERIMENTI.....</b>	<b>6</b>
2.1.	Projektspezifische Grundlagen.....	6
2.1.	Documenti di Riferimento .....	6
2.2.	Literatur / Normen .....	6
2.2.	Bibliografia e Normative .....	6
<b>3.</b>	<b>BEMESSUNGSKONZEPT.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>METODO DI DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>8</b>
3.1.	Bearbeitungsgrundlagen .....	8
3.1.	Dati di base.....	8
3.2.	Berechnungsquerschnitte.....	8
3.2.	Sezioni di calcolo.....	8
3.3.	Einwirkungen .....	8
3.3.	Azioni .....	8
3.4.	Materialkennwerte .....	9
3.4.	Materiali .....	9
3.4.1.	Materialkennwerte Spritzbeton .....	9
3.4.1.	Caratteristiche dei materiali: Spritzbeton .....	9
3.4.2.	Materialkennwerte Bewehrungsstahl .....	10
3.4.2.	Parametri dei materiali: acciaio di armatura .....	10
3.4.3.	Materialkennwerte weiterer Stützmittel.....	10
3.4.3.	Caratteristiche dei materiali di altri metodi di sostegno .....	10
3.5.	Anzusetzende Teilsicherheitsbei-werte.....	10
3.5.	Coefficienti parziali .....	10
3.5.1.	Einwirkungen.....	10
3.5.1.	Azioni .....	10
3.5.2.	Widerstände .....	11
3.5.2.	Resistenze .....	11
<b>4.</b>	<b>BERECHNUNGSVERFAHREN.....</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>METODO DI CALCOLO .....</b>	<b>12</b>
4.1.	Anwendungsgrenzen.....	12
4.1.	Campo di applicazione .....	12
4.2.	Kennlinienverfahren .....	12
4.2.	Metodo delle curve caratteristiche.....	12
4.2.1.	Allgemein .....	12
4.2.1.	Generalità.....	12

4.2.2.	Konzept Kennlinienverfahren.....	13
4.2.2.	Concetti del metodo .....	13
4.3.	Blockanalyse .....	13
4.3.	Analisi dei blocchi .....	13
4.3.1.	Allgemein .....	13
4.3.1.	Generalità.....	13
4.3.2.	Nachweisverfahren .....	13
4.3.2.	Procedura di verifica .....	13
4.3.2.1.	Nachweisverfahren „fallender“ Bruchkörper.....	13
4.3.2.1.	Procedura di verifica per i cunei in “caduta” .....	13
4.3.2.2.	Nachweisverfahren „gleitender“ Bruchkörper.....	14
4.3.2.2.	Procedura di verifica per i cunei in “scivolamento” .....	14
4.4.	Numerische Analysen (FEM) .....	16
4.4.	Analisi numerica agli elementi finiti .....	16
4.4.1.	Allgemein .....	16
4.4.1.	Generalità.....	16
4.4.2.	Nachweisverfahren Spritzbetonaußenschale .....	16
4.4.2.	Verifica stabilità del rivestimento esterno in spritzbeton.....	16
4.5.	Detailnachweise .....	17
4.5.	Verifiche di dettaglio .....	17
4.5.1.	Ortsbrustnachweis .....	17
4.5.1.	Fronte di scavo.....	17
4.5.2.	Spritzbetonauflandsfläche und Ausbaubogenfuß .....	17
4.5.2.	Superficie di appoggio dello spritzbeton e piede della centina.....	17
4.5.3.	Nachweis Spieße und Rohrschirm.....	18
4.5.3.	Verifica dei infilaggi e dell'ombrello di infilaggi.....	18
4.5.4.	Nachweis Bögen .....	19
4.5.4.	Verifica centine.....	19
<b>5.</b>	<b>VERZEICHNISSE.....</b>	<b>20</b>
<b>5.</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>20</b>
5.1.	Tabelle .....	20
5.1.	Tabelle .....	20
5.2.	Abbildungen.....	20
5.2.	Figure .....	20
5.3.	Anlage I: Teilsicherheitsfaktoren .....	20
5.3.	Allegato I: Fattori parziali di sicurezza.....	20

## 1. ALLGEMEINES

Das vorliegende Dokument dient als Grundlage für die Standsicherheitsuntersuchung und Bemessung der Spritzbetonaußenschale bei konventionellem Vortrieb oder offener Tunnelbohrmaschine des Hauptvortriebes, der Querschläge und der Kreuzungsbereiche des Brenner Basis Tunnels (BBT).

In diesem Bericht werden im Allgemeinen die Bemessungsgrundlagen für die Bemessung der Spritzbetonaußenschale einschließlich Stützmittel erläutert und die Teilsicherheitsfaktoren für die Einwirkungen sowie der Materialsicherheit, welche im Zuge einer Gegenüberstellung der beiden nationalen Vorschriften (Österreich / Italien) ermittelt wurden, definiert. Eine detaillierte Beschreibung der Berechnungsverfahren erfolgt in den unter Punkt 2.1 (4) angeführten Dokumenten.

## 1. GENERALE

Il presente documento si applica alle verifiche di stabilità e al dimensionamento strutturale dei rivestimenti di prima fase (rivestimento esterno) applicati in condizioni di scavo tradizionale o con TBM aperta dei lavori principali di avanzamento, nonché dei cunicoli trasversali e di altre gallerie ferroviarie di collegamento presenti nella Galleria di Base del Brennero (BBT).

La relazione illustra i principi generali di dimensionamento del rivestimento di prima fase in spritzbeton e definisce i coefficienti parziali delle azioni ed i coefficienti di sicurezza dei materiali, i quali costituiscono il risultato di un confronto tra le due normative nazionali (Austria / Italia). Le procedure sono illustrate in dettaglio al punto 2.1 (4) del documento allegato.

## 2. GRUNDLAGEN

### 2.1. Projektspezifische Grundlagen

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

1. D0616-3001 – Projektanforderungen, Nutzungsanforderungen
2. D0616-3009 – Technische Merkmale und Spezifikationen: Spritzbeton
3. D0616-3410 – BBT Geomechanische Richtlinie
4. D0616-3601 – Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze

### 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]. Protodyakonov, N. M. 1963. Firmness coefficient for estimation of rock loads. Personal communication to Beas Design Organisation New Delhi, INDIA
- [2]. Terzaghi, K. Rock defects and load on tunnel supports. Rock tunneling with Steel Supports. eds. Proctor. RV and White. T, 1946

Normen / Richtlinien Italien

- Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- UNI EN1990:2006 - Eurocodice – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Um-

## 2. RIFERIMENTI

### 2.1. Documenti di Riferimento

I seguenti documenti sono usati come riferimento per i calcoli della stabilità del rivestimento esterno:

1. D0616-3001 – Requisiti di progetto, Requisiti di base della progettazione
2. D0616-3009 - Specifiche e requisiti tecnici: Spritzbeton
3. D0616-3410 - BBT Linee guida geomeccaniche  
D0616-3601 - Manuale per la modellazione e determinazione dei principi di calcolo

### 2.2. Bibliografia e Normative

Per la preparazione della presente relazione sono prese in considerazione la seguente letteratura tecnica e la seguente normativa tecnica, inclusa quella parzialmente sostituita da norme più recenti. Nella futura progettazione andranno considerate le successive linee guida rispettivamente vigenti.

Letteratura

- [1]. Protodyakonov, N. M. 1963. Firmness coefficient for estimation of rock loads. Personal communication to Beas Design Organisation New Delhi, INDIA;
- [2]. Terzaghi, K 1946. Rock defects and load on tunnel supports. In introduction to Rock Tunneling with Steel Support, R. V. Proctor and T. C. White (Youngstava, Ohio, USA: Commercial Shearing and Stamping Co.)

Normativa / Linee guida Italia

- Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- UNI EN1990:2006 - Eurocodice – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale
- UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applica-

setzung

- Oberster Rat für öffentlichen Bauten, Technischer Zentralsdienst – Leitfaden für den Betoneinbau und für die Bewertung der mechanischen Eigenschaften vom Beton mittels zerstörungsfreien Prüfungen, Ausgabe 2008

Normen / Richtlinien Österreich

- OENORM EN 1990; Grundlagen der Tragwerksplanung, Ausgabe September 2006
- OENORM B 1990-2; Grundlagen der Tragwerksplanung - Brückenbau, Ausgabe Dezember 2010
- OENORM EN 1991 – Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 7, Außergewöhnliche Einwirkungen, Ausgabe April 2007
- OENORM EN 1992-1-1:2011– Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- OENORM B 1992-1-1:2011 – Nationale Festlegungen zu OENORM EN 1992-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen
- OENORM EN 1997-1:2009 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln
- OENORM B 1997-1-1:2010 – Nationale Festlegungen zu OENORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen
- Richtlinie Spritzbeton – Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Ausgabe Dezember 2009

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

zione nazionale

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale - Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive, edizione 2008.

Normativa / Linee guida Austria

- OENORM EN 1990; Basi per la progettazione strutturale, edizione settembre 2006
- OENORM B 1990-2; Basi per la progettazione strutturale – costruzione di ponti, edizione di dicembre 2010
- OENORM EN 1991 – Carichi sulle strutture, parte 7, carichi straordinari, edizione aprile 2007
- OENORM EN 1992-1-1:2011– Dimensionamento delle costruzioni in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso, parte 1-1: Regole generali e regole per edifici
- OENORM B 1992-1-1:2011 – Definizioni ed integrazioni nazionali sulla OENORM EN 1992-1-1
- OENORM EN 1997-1:2009 - Bozza, Progettazione e dimensionamento geotecnico, parte 1: regole generali
- OENORM B 1997-1-1:2010 – Definizioni ed integrazioni nazionali sulla OENORM EN 1997-1
- Direttiva sul spritzbeton, Unione austriaca per la tecnica del calcestruzzo e delle costruzioni, edizione ottobre 2009

### 3. BEMESSUNGSKONZEPT

#### 3.1. Bearbeitungsgrundlagen

Die geologisch und geomechanisch relevanten Informationen für die Standsicherheitsuntersuchung der Spritzbetonaußenschale des Brenner Basis-Tunnels können den Dokumenten D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ und D0616-3410 – „BBT Geomechanische Richtlinie“ entnommen werden. Im vorliegenden Dokument werden daher die geologischen und geomechanischen Randbedingungen nicht weiter erläutert.

#### 3.2. Berechnungsquerschnitte

Für die Standsicherheitsuntersuchung der Außenschale sind die Berechnungsquerschnitte so festzulegen, dass alle Gebirgsarten unter Berücksichtigung der Randbedingungen (z.B. Überlagerung) mit den geplanten Stützmitteln nachgewiesen werden können.

Folgende Kriterien sind bei der Wahl der Berechnungsquerschnitte jedenfalls zu berücksichtigen:

1. Gebirgsart / Gebirgsverhalten
2. Morphologie (Überlagerung)
3. Grundwassereinfluss
4. Vortriebsmethoden
5. Ausbruchsquerschnitt (Haupttröhre, Querstollen, Kreuzungsbereich)

Es liegt im Verantwortungsbereich des Projektanten die Anzahl und Lage der einzelnen Bemessungsquerschnitte, unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Faktoren, zu bestimmen.

#### 3.3. Einwirkungen

Für die Bemessung der Außenschale sind die Einwirkungen aus dem Gebirge gemäß dem Dokument D0616-3601 „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ zu berücksichtigen.

### 3. METODO DI DIMENSIONAMENTO

#### 3.1. Dati di base

Le informazioni geologiche e geomeccaniche rilevanti per le verifiche di stabilità del rivestimento di prima fase della Galleria di Base del Brennero possono essere estratte dai documenti D0616-3601 – “Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di calcolo” e D0616-3410 – “Direttive geotecniche della Galleria di Base del Brennero”. Le condizioni al contorno geologiche e geomeccaniche non vengono pertanto più menzionate nel presente documento.

#### 3.2. Sezioni di calcolo

Le sezioni di calcolo per le verifiche della stabilità del rivestimento di prima fase devono essere scelte in modo da poter verificare tutte le condizioni di ammasso con le misure di sostegno previste, in relazione anche alle condizioni al contorno (ad es. copertura).

Anche i seguenti criteri dell'ammasso devono essere considerate nella scelta delle sezioni di calcolo:

1. Tipo d'ammasso / classe di comportamento dell'ammasso
2. Morfologia (copertura)
3. Influenza delle acque di falda
4. Metodo d'avanzamento dello scavo
5. Sezione di scavo (gallerie principali, cunicoli trasversali, zona d'intersezione)

Sarà responsabilità del progettista esecutivo selezionare, tenuto conto dei fattori sopra descritti, il numero e l'ubicazione delle sezioni di calcolo.

#### 3.3. Azioni

Per la progettazione del rivestimento esterno devono essere considerate le azioni dell'ammasso come previsto dal documento D0616-3601 “Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di calcolo”.

### 3.4. Materialkennwerte

Die zur Ausbruchssicherung angesetzten Baustoffe werden, in Abhängigkeit vom gewählten Berechnungsverfahren, mit den entsprechenden charakteristischen Festigkeiten und charakteristischen Verformungseigenschaften abgebildet.

Detaillierte Beschreibungen der Materialeigenschaften sind dem Dokument D0616-3009 „Technische Merkmale und Spezifikationen, Konzept Spritzbeton“ zu entnehmen.

#### 3.4.1. Materialkennwerte Spritzbeton

Für die Bemessung der Spritzbetonaußenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C20/25 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 24.900 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MN/m}^2$$

Hierbei sind:

$E_{cm}$  = Mittelwert Sekantenmodul

$f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit Spritzbeton nach 28 Tagen

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

Die zur Modellierung des Spritzbetons zu berücksichtigende Arbeitslinie (Spannung-Dehnungs-Linie) für den Druckbereich des Betons ist gemäß EC2, Bild 3.4 (siehe Abb. 1A) bzw. NTC2008, Bild 4.1.1 (b) (siehe Abb. 1B) zu übernehmen.

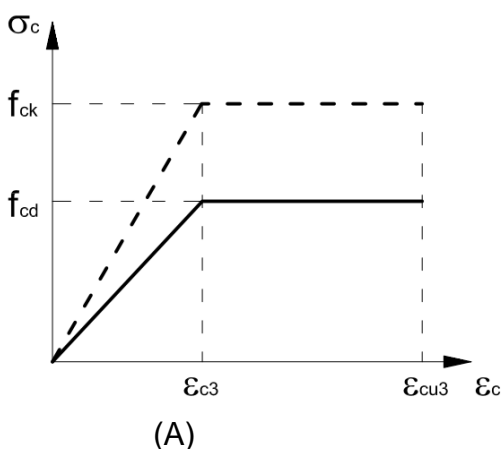


Abbildung 1: Bilineare Spannungs-Dehnungs-Linie Spritzbeton

### 3.4. Materiali

I materiali utilizzati per il consolidamento della sezione di scavo saranno rappresentati, in conformità alla metodologia di calcolo scelta, con la loro resistenza caratteristica o di calcolo e con le loro caratteristiche di deformabilità.

Descrizioni dettagliate delle caratteristiche dei materiali si trovano nel documento D0616-3009 "Specifiche e requisiti tecnici, Standard calcestruzzo proiettato"

#### 3.4.1. Caratteristiche dei materiali: Spritzbeton

Per il dimensionamento del rivestimento di prima fase in spritzbeton si considera generalmente un calcestruzzo con classe di resistenza C20/25 con le seguenti caratteristiche:

Ove:

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

$f_{ck}$  = resistenza caratteristica a compressione dello spritzbeton a 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 rappresentativo da considerare nella modellazione per la sezione resistente a compressione dello spritzbeton (curva tensione-rilascio) deve essere estratta dall' EC2, fig. 3.4 (si veda la fig. 1-A seguente) ovvero dalle NTC2008, fig. 4.1.1 (b) (si veda la fig. 1-B seguente).

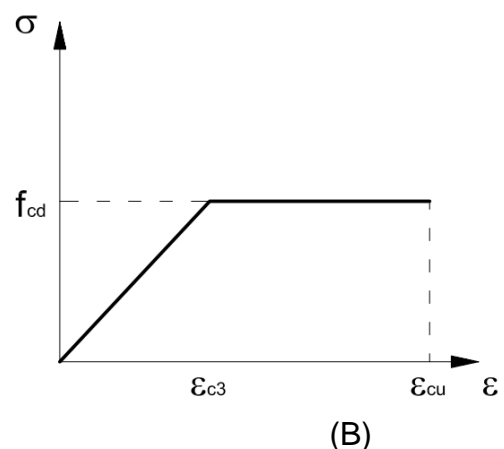


Figura 1: Diagrammi tensione-deformazione per il calcestruzzo proiettato

### 3.4.2. Materialkennwerte Bewehrungsstahl

In Österreich und Italien kommen unterschiedliche Betonstähle zum Einsatz. Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Außenschale 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 zur Modellierung des Stahls zu berücksichtigende Arbeitslinie (Spannung-Dehnungs-Linie) für den Zugbereich des Betonstahls ist gemäß EC2, Bild 3.7a (siehe Abb. 2A) bzw. NTC2008, Bild 4.1.2 (a) (siehe Abb. 2B) zu übernehmen.

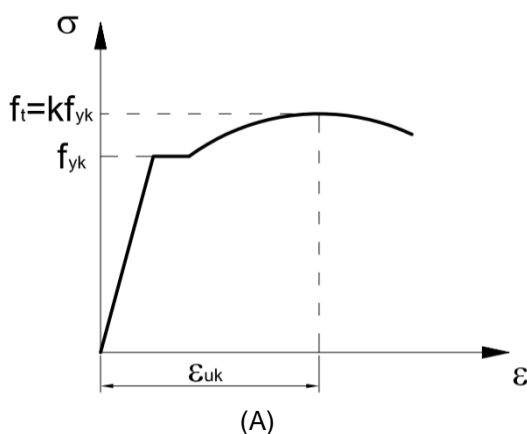


Abbildung 2: Spannungs-Dehnungsdiagramm Betonstahl

### 3.4.2. Parametri dei materiali: acciaio di armatura

In Austria e Italia sono utilizzati differenti acciai per l'armatura. Per il dimensionamento del rivestimento di prima fase si utilizzano i seguenti acciai:

Dove:

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

Il modello rappresentativo da considerare nella modellazione dell'acciaio (per la sezione resistente a trazione dell'acciaio (modello tensione-rilascio) deve essere estratta dall'EC2, fig. 3.7a (si veda la fig. 2-A) ovvero dalle NTC2008, fig. 4.1.2 (a) (si veda la fig. 2-B).

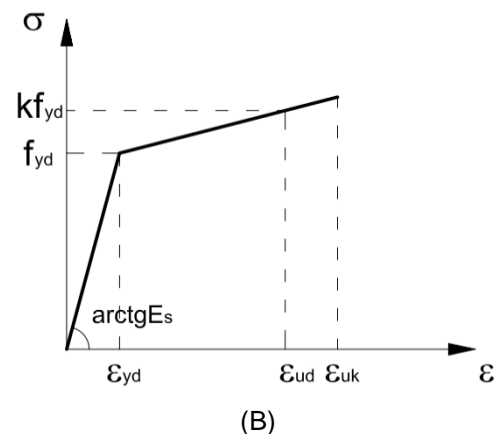


Figura 2: Diagrammi tensione-deformazione per l'acciaio per cemento armato

### 3.4.3. Materialkennwerte weiterer Stützmittel

Die Materialkennwerte weiterer Stützmittel, z.B. Anker, Spieße, Rohrschirm und Stauchelemente sind im Zuge der Vortriebsplanung zu wählen.

### 3.4.3. Caratteristiche dei materiali di altri metodi di sostegno

I parametri dei materiali di altri metodi di sostegno, per es. ancoraggi, infilaggi, ombrelli di infilaggi ed elementi deformabili devono essere scelti nella fase di scelta del metodo d'avanzamento. Dello scavo.

## 3.5. Anzusetzende Teilsicherheitsbeiwerte

## 3.5. Coefficienti parziali

### 3.5.1. Einwirkungen

Die für die Bemessung der Spritzbetonaussenschale anzusetzenden Teilsicherheitsfaktoren für die Einwirkungen sind dem Anhang I zu entnehmen.

### 3.5.1. Azioni

I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni da utilizzare per il rivestimento esterno in spritzbeton si trovano nell'allegato I; il coefficiente parziale per i carichi

men. Der Teilsicherheitsfaktor für ständige Einwirkungen ist mit  $\gamma_G = 1,3$  festgelegt. Dieser Faktor ist das Ergebnis einer Harmonisierung der österreichischen und italienischen Regelwerke.

### 3.5.2. Widerstände

Für den Spritzbeton und den Betonstahl sind unter Berücksichtigung der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation folgende Faktoren zu wählen:

- Teilsicherheitsfaktor für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,50$
- Teilsicherheitsfaktor für den Stahlwiderstand  $\gamma_s = 1,15$

Die außergewöhnliche Bemessungssituation wird für den Nachweis der Spritzbetonaußenschale im Regelfall nicht berücksichtigt.

Sollten Widererwarten im Zuge des Vortriebes Situationen eintreten, welche eine außergewöhnliche Bemessungssituation hervorrufen, sind in Abstimmung mit dem AG die diesbezüglichen Teilsicherheitsfaktoren der jeweils anzuwendenden Normen zu Grunde zu legen.

Wird im Nachweis der Spritzbetonaußenschale die Systemankerung berücksichtigt, so ist, bei Überschreitung der Standzeit der Außenschale bis zum Einbau des endgültigen Ausbaus (Innenschale) > 2 Jahre bei der Bemessung die Dauerhaftigkeit der Anker zu berücksichtigen.

permanenti si definisce con  $\gamma_G = 1,3$ . Tale coefficiente è il risultato di un'armonizzazione delle linee guida austriache e italiane.

### 3.5.2. Resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza di calcolo per lo spritzbeton e l'acciaio, in condizioni definitive e provvisorie, sono le seguenti:

- Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c = 1,50$
- Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s = 1,15$

Nella fase di progettazione esecutiva d'appalto non saranno considerate ipotesi di carico eccezionale per i rivestimenti di prima fase perché ritenute non rappresentative.

Qualora, nel corso dell'avanzamento dello scavo, si dovessero verificare condizioni eccezionali, verranno utilizzati, in accordo con la Committenza, i coefficienti parziali di sicurezza secondo le relative norme.

Se nella verifica del rivestimento esterno in spritzbeton è incluso il sistema di ancoraggio, nel caso in cui si superi un suo periodo di permanenza > 2 anni senza realizzazione del rivestimento definitivo, deve essere tenuto nel calcolo il comportamento nel tempo dell'ancoraggio.

## 4. BERECHNUNGSVERFAHREN

### 4.1. Anwendungsgrenzen

Für die Bemessung der Außenschale und dem Nachweis der zugehörigen Stützmittel können in Abhängigkeit der geomechanischen Randbedingungen mehrere Verfahren herangezogen werden. Die Berechnungsgrundlagen und -modelle können dem Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ entnommen werden.

Nachfolgend werden die möglichen Berechnungsverfahren zur Bemessung der Spritzbetonaußenschale in Abhängigkeit des Vortriebskonzeptes (offene TBM bzw. NÖT) und die Notwendigkeit der Detailnachweise zusammengefasst:

Rechenverfahren / metodi di calcolo Standicherheit Hohlraum + Bemessung Außenschale / Stabilität di cavo e fronte + dimensionamento del rivestimento di prima fase	Vortriebskonzept / Metodo di scavo	
	offene TBM / TBM aperta	NÖT / Tradizionale
Kennlinienverfahren / Metodo delle curve caratteristiche	X	X
Block-Analyse oder Diskontinuumsmodell / Analisi dei blocchi o DEM	X	X
FEM-Berechnung / Calcolo numerico FEM	X	X
<b>Detailnachweise / verifiche locali</b>		
Ortsbrustnachweis / Fronte di scavo	(X <sup>1</sup> )	X
Nachweis Spritzbetonaufstandsfläche / Su- perficie di appoggio spritzbeton		X
<sup>1</sup> unter schlechten Gebirgsverhältnissen insbesondere in Störungszonen zur Vermeidung von großflächigen Auflockerungen / per contenere il detensionamento nelle zone di faglia e nei terreni sciolti		

Tabelle 1: Rechenverfahren und erforderliche Detailnachweise in Abhängigkeit des Vortriebskonzeptes

## 4. METODO DI CALCOLO

### 4.1. Campo di applicazione

Per il dimensionamento e la verifica del rivestimento di prima fase e degli interventi di sostegno possono essere utilizzati diversi metodi di calcolo, in relazione alle condizioni geomeccaniche al contorno. I principi e modelli di calcolo possono essere estratti dal documento D0616-3601 “Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di calcolo”.

Nella tabella seguente sono sintetizzate le possibili metodologie di calcolo per il dimensionamento del rivestimento in spritzbeton in base al metodo di avanzamento (TBM aperta o scavo in avanzamento tradizionale NATM) e la necessità di verifiche dettagliate.

Tabella 1: Procedure di calcolo e verifiche dettagliate necessarie in relazione al metodo di avanzamento dello scavo

### 4.2. Kennlinienverfahren

#### 4.2.1. Allgemein

Das Berechnungsverfahren wird detailliert in Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“

### 4.2. Metodo delle curve caratteristiche

#### 4.2.1. Generalità

La metodologia di calcolo è illustrata in dettaglio nel documento D0616-3601 – “Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di calcolo”.

erläutert.

#### 4.2.2. Konzept Kennlinienverfahren

Gemäß Dokument D0616-3601 dient das Verfahren als Hilfsmittel zur Abschätzung des Gebirgsverhaltens und des Systemverhaltens. Abweichend von der Vorgabe in Kapitel 3.5.1 wird die charakteristische Einwirkung berücksichtigt.

Auf der Widerstandseite ist der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit  $\gamma_c = 1,50$  anzuwenden. Dieses Konzept entspricht somit einer globalen Sicherheit von 1,5.

### 4.3. Blockanalyse

#### 4.3.1. Allgemein

Das Berechnungsverfahren der Blockanalyse wird detailliert in Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ erläutert.

#### 4.3.2. Nachweisverfahren

Gemäß den gültigen Regelwerken ist das Teilsicherheitskonzept zu berücksichtigen. Demnach ist die Einwirkungsseite gemäß Kapitel 3.5.1 mit  $\gamma_G = 1,30$  zu erhöhen und die Widerstandseite gemäß Kapitel 3.5.2 mit  $\gamma_c = 1,50$  bzw.  $\gamma_s = 1,15$  zu reduzieren. Die entsprechenden Teilsicherheitsfaktoren können dem Anhang I entnommen werden.

Für den Nachweis mittels Blockanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

Hierbei ist:

$R_d$  = Bemessungswert Widerstand

$E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

In Abhängigkeit von der Trennflächen- und Blockgeometrie wird zwischen einem Blockversagen durch „Fallen“ und einem Versagen durch „Gleiten“ unterschieden.

##### 4.3.2.1. Nachweisverfahren „fallender“ Bruchkörper

Für die Festlegung des Abstandes und die Bemessung der Anker wird für „fallende“ Bruchkörper folgendes Sicherheitskonzept vorgeschlagen:

#### 4.2.2. Concetti del metodo

In conformità al documento D0616-3601, il metodo è considerato un ausilio per la valutazione del comportamento dell'ammasso roccioso e del sistema di sostegno. Contrariamente a quanto indicato al par. 3.5.1, si considera l'azione effettiva.

Per le resistenze, al valore di calcolo della compressione del calcestruzzo si applica un coefficiente di sicurezza parziale pari a  $\gamma_c = 1,50$ . A tale assunzione è associata una sicurezza globale di 1,5.

### 4.3. Analisi dei blocchi

#### 4.3.1. Generalità

La procedura di calcolo dell'analisi dei blocchi è illustrata in dettaglio nel documento D0616-3601 “Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di calcolo”.

#### 4.3.2. Procedura di verifica

In conformità alle direttive vigenti, devono essere considerati i fattori di parziali di sicurezza, secondo i quali azioni devono essere aumentate di  $\gamma_G = 1,30$  in conformità al par. 3.5.1 e le resistenze ridotte di  $\gamma_c = 1,50$  ovvero  $\gamma_s = 1,15$  in conformità al capitolo 3.5.2. I relativi fattori parziali di sicurezza possono essere ricavati dall'Allegato I.

Per la verifica basata sull'analisi dei blocchi deve essere considerato il seguente criterio di sicurezza.

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

$R_d$  = Valore della resistenza di progetto

$E_d$  = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

In relazione alla geometria delle discontinuità e dei blocchi, si distingue tra rottura del blocco per “caduta” e rottura per “scivolamento”.

##### 4.3.2.1. Procedura di verifica per i cunei in “caduta”

Per la definizione dell'interdistanza e la verifica dell'ancoraggio, si propone il seguente criterio di valutazione della sicurezza per i cunei „a caduta“:

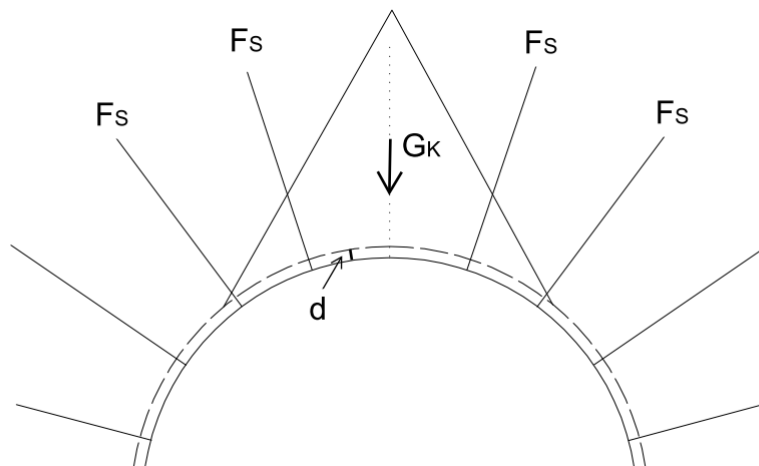


Abbildung 3: Gleichgewichtsbetrachtung „fallender“ Bruchkörper

Das Kräftegleichgewicht in vertikaler Richtung kann wie folgt bestimmt werden (Formel ohne Angaben zur Berechnung der Vertikalkomponenten):

$$E_d \leq R_d = G_k * \gamma_G \leq \Sigma F_s / \gamma_s + (\tau_{Rd} * U * d)$$

Hierbei ist:

$G_k$  = Eigengewicht Bruchkörper [kN]

$\gamma_G = 1,30$  - Teilsicherheitsfaktor für die Einwirkung, siehe Kapitel 3.5.1 [-]

$F_s$  = Zugkraft Stahl (Anker) =  $f_{yk} * A_A$  ( $A_A$  = Stahlfläche Anker) [kN]

$\gamma_s = 1,15$  - Teilsicherheitsfaktor Widerstand (Stahl), siehe Kapitel 3.5.2 [-]

$U$  = Umfang Spritzbeton im Einflussbereich des fallenden Bruchkörpers [m] (siehe Abbildung 5:)

$d$  = Dicke Spritzbetonschale [m]

$\tau_{Rd}$  = Bemessungsschubfestigkeit des Spritzbetons [kN/m<sup>2</sup>] (gemäß EC 2, Abs. 12.6.3)

Figura 3: Analisi dell'equilibrio di cunei in "caduta"

L'equilibrio delle componenti delle forze in direzione verticale può essere definito come segue (formula senza indicazioni sulla determinazione delle componenti verticali):

Dove:

$G_k$  = Peso proprio del cuneo [kN]

$\gamma_G = 1,30$  – Coefficiente parziale di sicurezza per l'azione; si veda il par. 3.5.1

$F_s$  = Trazione acciaio (ancoraggio) =  $f_{yk} * A_A$  ( $A_A$  = Superficie di acciaio ancoraggio) [kN]

$\gamma_s = 1,15$  – Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza (acciaio); si veda il par. 3.5.2 [-]

$U$  = Perimetro dello spritzbeton nell'area di influenza del cuneo in caduta [m] (si veda la Figura 5)

$d$  = Spessore del rivestimento in spritzbeton [m]

$\tau_{Rd}$  = resistenza a taglio di progetto dello spritzbeton [kN/m<sup>2</sup>] (in conformità a EC 2, par. 12.6.3)

#### 4.3.2.2. Nachweisverfahren „gleitender“ Bruchkörper

Für die Festlegung des Abstandes und die Bemessung der Anker wird für „gleitende“ Bruchkörper folgendes Sicherheitskonzept vorgeschlagen:

#### 4.3.2.2. Procedura di verifica per i cunei in "scivolamento"

Per la definizione dell'intervallo e il calcolo dell'ancoraggio si propone il seguente concetto di sicurezza per i cunei „a scivolamento“.

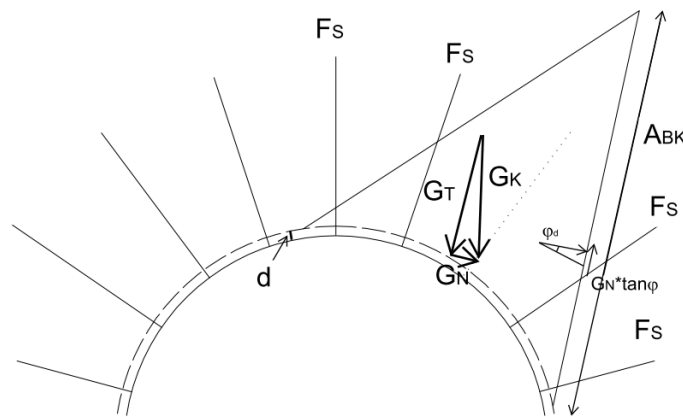


Abbildung 4: Gleichgewichtsbetrachtung „gleitender“ Bruchkörper

Das Kräftegleichgewicht parallel zur Trennfläche kann wie folgt bestimmt werden (Formel ohne Angaben zur Berechnung der Vertikalkomponenten):

$$E_d \leq R_d = G_T * \gamma_G \leq \Sigma F_S / \gamma_S + (\tau_{Rd} * U * d) + (G_N * \tan \varphi_d + c_d * A_{BK})$$

Hierbei ist:

$F_S$  = Zugkraft Stahl (Anker) =  $f_{yk} * A_A$  ( $A_A$  = Stahlfläche Anker) [kN]

$\gamma_S$  = 1,15 - Teilsicherheitsfaktor Widerstand (Stahl), siehe Kapitel 3.5.2 [-]

$\tau_{Rd}$  = Bemessungsschubfestigkeit des Spritzbetons [kN/m<sup>2</sup>] (gemäß EC 2, Abs. 12.6.3)

$U$  = Umfang Spritzbeton im Einflussbereich des fallenden Bruchkörpers [m] (siehe Abbildung 5):

$d$  = Dicke Spritzbetonschale [m]

$G_N$  = Eigengewicht Bruchkörper (normal zur Trennfläche) [kN]

$\varphi_d$  = Reibungswinkel Trennfläche  $\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_\phi}$  [°]

$c_d$  = Kohäsion Trennfläche  $c_d = \frac{c_k}{\gamma_c}$  [kN/m<sup>2</sup>]

$A_{BK}$  = Gleitfläche Bruchkörper [m<sup>2</sup>]

$G_T$  = Eigengewicht Bruchkörper (parallel zur Trennfläche) [kN]

$\gamma_G$  = 1,30 - Teilsicherheitsfaktor für die Einwirkung, siehe Kapitel 3.5.1 [-]

Figura 4: Analisi dell'equilibrio dei cunei in "scivolamento"

L'equilibrio delle componenti delle forze in direzione parallela alla superficie di scivolamento si può calcolare come segue (formula senza indicazioni sulla determinazione delle componenti verticali):

Dove:

$F_S$  = trazione acciaio (ancoraggio) =  $f_{yk} * A_A$  ( $A_A$  = superficie di acciaio ancoraggio) [kN]

$\gamma_S$  = 1,15 – fattore parziale di sicurezza per la resistenza (acciaio), si veda il par. 3.5.2 [-]

$\tau_{Rd}$  = resistenza a taglio di calcolo spritzbeton [kN/m<sup>2</sup>] (in conformità all'EC 2, par. 12.6.3)

$U$  = perimetro dello spritzbeton nell'area di influenza del cuneo in caduta [m] (si veda la Figura 5)

$d$  = spessore del rivestimento in spritzbeton [m]

$G_N$  = peso proprio del cuneo (componente in direzione ortogonale alla superficie di scivolamento) [kN]

$\varphi_d$  = Angolo di attrito superficie di scivolamento  $\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_\phi}$  [°]

$c_d$  = Coesione superficie di scivolamento  $c_d = \frac{c_k}{\gamma_c}$  [kN/m<sup>2</sup>]

$A_{BK}$  = superficie di scivolamento cuneo [m<sup>2</sup>]

$G_T$  = peso proprio cuneo (componente nella direzione della superficie di scivolamento) [kN]

$\gamma_G$  = 1,30 – fattore parziale di sicurezza per l'azione, si veda il par. 3.5.1 [-]

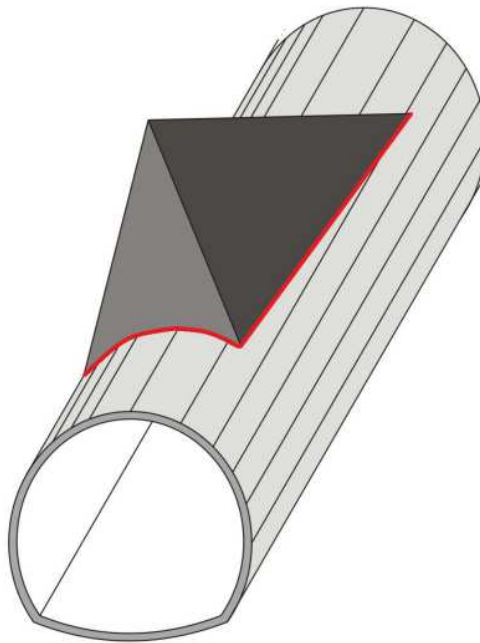


Abbildung 5: Darstellung Spritzbetonumfang U

Voraussetzung für den Ansatz von Ankern im Nachweis der Blockanalyse ist, dass die Verbundwirkung der Anker mit dem Gebirge über die gesamte Einbindelänge sichergestellt ist.

Figura 5: Schema perimetro dello spritzbeton U

Per l'impiego di ancoraggi nella verifica dell'analisi dei blocchi è necessario assicurare che l'effetto di collegamento dell'ancoraggio all'ammasso permanga per tutta la lunghezza.

#### 4.4. Numerische Analysen (FEM)

#### 4.4. Analisi numerica agli elementi finiti

##### 4.4.1. Allgemein

Das Berechnungsverfahren wird detailliert in Dokument D0616-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ erläutert.

##### 4.4.1. Generalità

Questa metodologia di calcolo è illustrata in dettaglio nel documento D0616-3601 – “Linee guida per la modellazione e definizione dei principi di calcolo”.

##### 4.4.2. Nachweisverfahren Spritzbetonaußenschale

##### 4.4.2. Verifica stabilità del rivestimento esterno in spritzbeton

Der Nachweis der Spritzbetonaußenschale ist gemäß dem EC2 zu führen. Anstatt der eingelegten Mattenbewehrung kann auch ein gleichwertiger Stahlfaserspritzbeton berücksichtigt werden. Der Nachweis erfolgt hierbei im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS).

La verifica del rivestimento esterno in spritzbeton, si prevede conformemente all'EC2. Invece di usare armatura con rete elettrosaldata è anche possibile impiegare calcestruzzo proiettato fibrorinforzato equivalente. Essa si esegue allo stato limite ultimo (SLU).

Für die Bemessung der Außenschale ist der Teilsicherheitsfaktor für die ständigen Einwirkungen gemäß Kapitel 3.5.1 mit  $\gamma_G = 1,30$  zu berücksichtigen.

Nel progetto del rivestimento esterno deve essere considerato il fattore parziale di sicurezza  $\gamma_G = 1,30$  per le azioni permanenti, in conformità al capitolo 3.5.1.

In Sonderfällen, z.B. kurzfristige Bauzustände kann in Abstimmung mit dem Auftraggeber (AG) für den Nachweis der Spritzbetonaußenschale ein reduzierter Teilsicherheitsfaktor unter Berücksichtigung

In casi particolari, ad esempio nel caso di opere da concepire a breve termine, in accordo con la Committenza, è possibile applicare un coefficiente parzia-

der entsprechenden Festigkeit des Spritzbetons berücksichtigt werden.

le di sicurezza ridotto per la verifica del rivestimento interno, tenendo contemporaneamente in conto la resistenza dello spritzbeton.

## 4.5. Detailnachweise

## 4.5. Verifiche di dettaglio

### 4.5.1. Ortsbrustnachweis

Das Berechnungsverfahren für den Nachweis der Ortsbrust wird in Dokument D0616-III-08-TB-3601 – „Leitfaden für die Modellierung und Festlegung der Berechnungsgrundsätze“ erläutert.

Für die Durchführung der Ortsbrustnachweise werden die charakteristischen Werte der geotechnischen Parameter mit den folgenden Faktoren abgemindert:

Parameter / Parametri	Symbol / Simbolo	Faktor / Fattore
Effektiver Reibungswinkel / Angolo di attrito effettivo <sup>a</sup>	$\gamma_{\varphi'}$	1.25
effektive Kohäsion / Coesione effettiva	$\gamma_{c'}$	1.25
undrainierte Scherfestigkeit / Resistenza a taglio non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40
einaxiale Druckfestigkeit / Resistenza a compressione monoassiale	$\gamma_{qu}$	1.60
Wichte / Peso specifico	$\gamma_r$	1.00
<sup>a</sup> Dieser Faktor wird auf $\tan \varphi'$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo		

Tabelle 2: Teilsicherheitsfaktoren  
Ortsbrustnachweis

Tabella 2: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo

Der Ortsbrustnachweis ist am Ort der Berechnungsquerschnitte zu führen.

La verifica sul fronte di scavo si esegue sulle sezioni di calcolo.

### 4.5.2. Spritzbetonaufstandsfläche und Ausbaubogenfuß

Der Nachweis der Spritzbetonaufstandsfläche (Grundbruchnachweis) und des Ausbaubogenfuß ist in Abhängigkeit der geomechanischen Verhältnissen und der Bauphasen durchzuführen.

Die Durchführung des Nachweises der Tragfähigkeit erfolgt gemäß den Berechnungen des Grundbruchwiderstandes unter Berücksichtigung des EC7 bzw. des NTC2008.

Folgende Teilsicherheitsfaktoren sind für die Gebirgskennwerte zu berücksichtigen:

### 4.5.2. Superficie di appoggio dello spritzbeton e piede della centina

La verifica sulla superficie di appoggio dello spritzbeton (verifica di resistenza del terreno) e del piede della centina si esegue in funzione delle condizioni geomeccaniche e delle fasi di costruzione.

La verifica della capacità portante si determina mediante calcoli della resistenza a rottura secondo l'Eurocodice 7 ovvero la NTC2008.

Per i parametri dell'ammasso devono essere considerati i seguenti fattori parziali di sicurezza:

Parameter / Parametri	Symbol / Simbolo	Faktor / Fattore
effektiver Reibungswinkel / Angolo di attrito effettivo <sup>a</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1.00
effektive Kohäsion / Coesione effettiva	$\gamma_c'$	1.00
einaxiale Druckfestigkeit / Resistenza a compressione monoassiale	$\gamma_{qu}$	1.00
Wichte / Peso specifico	$\gamma_Y$	1.00
<sup>a</sup> Dieser Faktor wird auf $\tan \phi'$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo		

Tabelle 3: Teilsicherheitsfaktoren Grundbruchnachweis - Gebirgskennwerte

Tabella 3: Fattori parziali di sicurezza per la verifica a rottura del terreno – Parametri dell'ammasso

Folgende Teilsicherheitsfaktoren sind für die Widerstandsseite zu berücksichtigen:

I seguenti fattori parziali di sicurezza devono essere considerati per le resistenze:

Parameter / Parametro	Symbol / Simbolo	Faktor / Fattore
Grundbruch / rottura del terreno	$\gamma_{R,V}$	1.40

Tabelle 4: Teilsicherheitsfaktoren Grundbruchnachweis - Widerstand

Tabella 4: Fattori parziali di sicurezza per la verifica a rottura del terreno – Resistenze

Die Berechnung der Tragfähigkeit des Bodens kann dem EC7, Anhang D entnommen werden. Dieser Nachweis gilt für Böden bzw. bodenähnlichem, stark zerlegtem Fels.

Il calcolo della capacità portante del terreno può essere estratto da EC7, allegato D. Questa verifica è valida per terreni sciolti o formazione assimilabile a terreni sciolti, ovvero per roccia fortemente fratturata.

Für den Nachweis im Festgestein wird ein alternativer, felsmechanischer Ansatz vorgeschlagen.

Per le verifiche in materiali lapidei si propone un principio geomeccanico alternativo.

$$\eta = \frac{\sigma_{\text{vertikal/verticale}}}{\sigma_{ci}} \quad \eta = \frac{\sigma_{\text{vertikal/verticale}}}{\sigma_{UCS}} \quad \text{mit/con } \sigma_{\text{vertikal/verticale}} = \frac{N_{\text{Spritzbeton/Calcestruzzo proiettato}}}{A_{\text{Aufstandsfläche/Superficie di appoggio}}}$$

Hierbei ist:

$\sigma_{\text{vertikal/verticale}}$  = Normalspannung Spritzbetonaufstandsfläche [kN/m<sup>2</sup>]

$\sigma_{ci}$  = einaxiale Druckfestigkeit Gestein [kN/m<sup>2</sup>]

Der Spannungszustand an der Spritzbetonaufstandsfläche wird in diesem vereinfachten Nachweis als einaxialer Spannungszustand betrachtet. Die an der Aufstandsfläche wirkende Vertikalspannung wird unter Einhaltung einer minimalen Sicherheit von  $\eta = 3$  ins Verhältnisse zur angegebenen Einaxialen Druckfestigkeit  $\sigma_{ci}$  gesetzt.

Dove:

$\sigma_{\text{vertikal/verticale}}$  = tensione normale alla superficie di appoggio dello spritzbeton [kN/m<sup>2</sup>]

$\sigma_{ci}$  = resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso [kN/m<sup>2</sup>]

In tale verifica semplificata la condizione tensionale sulla superficie di appoggio dello spritzbeton sarà considerata come condizione tensionale monoassiale. L'effettiva tensione normale agente sulla superficie di appoggio è rapportata alla resistenza a compressione monoassiale  $\sigma_{ci}$ , mantenendo un coefficiente di sicurezza minimo pari a  $\eta = 3$ .

#### 4.5.3. Nachweis Spieße und Rohrschirm

#### 4.5.3. Verifica dei infilaggi e dell'ombrello di infilaggi

Der Nachweis der Spieße und des Rohrschirms, d.h. die Ermittlung des Spieß- oder Rohrabstandes erfolgt z.B. mittels des statischen Systems eines eingespannten (Gebirge) und gelenkig gelagerten (Auflager Bogen) Einfeldträgers. Die Gebirgslast kann je nach Überlagerung entweder mittels Ansatzes der vollen Überlagerungshöhe (zutreffend für z.B. Böden im Portalnahbereich)

La verifica dei infilaggi e dell'ombrello di infilaggi, dipendente dall'interasse, si esegue ad esempio con lo schema statico di trave incastrata (ammasso) od appoggiata (sulle centine).

Il carico dell'ammasso può essere calcolato con un approccio che consideri l'intero valore della copertura (adatto ad es. al terreno nell'area dei portali) o con

bzw. mittels eines analytischen Ansatzes z.B. Auflockerungshöhe gemäß Protodjakonov [1] oder Therzagi [2] ermittelt werden.

Für den Nachweis sind die Einwirkungen mittels dem Teilsicherheitsfaktor  $\gamma_G$  zu erhöhen und die Fließgrenze des Stabstahls gemäß Regelwerken mit  $\gamma_s$  (siehe Absatz 3.5) zu reduzieren.

#### 4.5.4. Nachweis Bögen

Die Ausbaubögen bewirken eine nur unwesentliche Erhöhung der Systemsteifigkeit und bleiben daher, auf der sicheren Seite liegend, in der FE-Berechnung unberücksichtigt. Ein Nachweis dieser ist somit nicht erforderlich.

In Gebirgen mit zu erwartenden hohen Verformungen werden „verschiebbare“ Bögen verbaut. Hier gilt es zum einen rechnerisch abzuleiten bei welcher Radialverformung und/oder zum zweiten nach welcher Zeit die Bögen geschlossen werden.

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

un approccio analitico che riduca il valore della copertura, ad esempio secondo Protodjakonov [1] o Terzaghi [2].

Nella verifica i carichi devono essere aumentati attraverso il fattore di sicurezza parziale  $\gamma_g$  ed il limite di snervamento della trave in acciaio deve essere ridotto secondo la normativa, attraverso il fattore  $\gamma_s$  (vedi 3.5).

#### 4.5.4. Verifica centine

Le centine comportano un modesto aumento della resistenza del sistema, perciò a vantaggio di sicurezza, non sono considerate nei calcoli ad elementi finiti. Non è quindi necessaria alcuna verifica.

In ammassi dove sono attese deformazioni molto elevate, sono montate centine “deformabili”. In tale caso, la differenza nel calcolo consiste nella definizione della loro deformazione radiale e/o il tempo nel quale si deformano.

## 5. VERZEICHNISSE

### 5.1. Tabelle

Tabelle 1:	Rechenverfahren und erforderliche Detailnachweise in Abhängigkeit des Vortriebskonzeptes	12
Tabelle 2:	Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis	17
Tabelle 3:	Teilsicherheitsfaktoren Grundbruchnachweis - Gebirgskennwerte	18
Tabelle 4:	Teilsicherheitsfaktoren Grundbruchnachweis - Widerstand ...	18

### 5.2. Abbildungen

Abbildung 1:	Bilineare Spannungs-Dehnungs-linie Spritzbeton	9
Abbildung 2:	Spannungs-Dehnungsdiagramm Betonstahl	10
Abbildung 3:	Gleichgewichtsbetrachtung „fallender“ Bruchkörper	14
Abbildung 4:	Gleichgewichtsbetrachtung „gleitender“ Bruchkörper	15
Abbildung 5:	Darstellung Spritzbetonumfang U	16

### 5.3. Anlage I: Teilsicherheitsfaktoren

## 5. ELENCHI

### 5.1. Tabelle

Tabella 1:	Procedure di calcolo e verifiche dettagliate necessarie in relazione al metodo di avanzamento dello scavo	12
Tabella 2:	Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo	17
Tabella 3:	Fattori parziali di sicurezza per la verifica a rottura del terreno – Parametri dell'ammasso	18
Tabella 4:	Fattori parziali di sicurezza per la verifica a rottura del terreno – Resistenze	18

### 5.2. Figure

Figura 1:	Diagrammi tensione-deformazione per il calcestruzzo proiettato	9
Figura 2:	Diagrammi tensione-deformazione per l'acciaio per cemento armato	10
Figura 3:	Analisi dell'equilibrio di cunei in “caduta”	14
Figura 4:	Analisi dell'equilibrio dei cunei in “scivolamento”	15
Figura 5:	Schema perimetro dello spritzbeton U	16

### 5.3. Allegato I: Fattori parziali di sicurezza

Anhang I - Bemessung Spritzbetonausschlässe -  
Allegato I - Coefficienti parziali di sicurezza BBT per il dimensionamento del rivestimento esterno in spritzbeton -

Bemerkung: Im NTC2008 und EC7 sind für die geotechnischen Nachweise unterschiedliche Nachweisverfahren vorgesehen. In den angeführten Tabellen sind die harmonisierten Teilsicherheitsfaktoren für die entsprechenden Nachweise aufgelistet.  
Nota: la NTC2008 e l'EC7 prevedono procedure differenti per le prove geotecniche. Le tabelle mostrano i coefficienti parziali di sicurezza armonizzati per le relative prove.

			Bemerkungen		Note																																																																																											
Strukturnachweis Prova strutturale	ULS	Teilsicherheitsfaktoren für Beanspruchungen / Coefficienti parziali di			Teilsicherheitsfaktoren für Bodenkenngößen $\gamma_M$ (M1)		Teilsicherheitsfaktor Widerstand / Coefficiente parziale di sicurezza resistenza $\gamma_R$ (R)		Bezugnehmend auf die österreichischen Normenwerke, ist der vorgeschlagene Wert $\gamma_G$ zwischen der ständigen (BS1) und vorübergehenden (BS2) Bemessungssituation ( gemäß ÖNORM B 1997-1); Der reduzierte Teilsicherheitsfaktor ist gültig für Bauzeiten < 10 Jahre; Gemäß den italienischen Normenwerken ist der vorgeschlagen Teilsicherheitsfaktor $\gamma_G$ normkonform unter der Bedingung, dass die ständigen nicht strukturellen Lasten als ständige strukturelle Lasten betrachtet werden.	Con riferimento alle normative austriache il valore proposto $\gamma_G$ si trova tra la condizione di dimensionamento costante (BS1) e temporanea (BS2) (in conformità alla norma ÖNORM B 1997-1); Il coefficiente di sicurezza ridotto vale per lavori di costruzione di durata inferiori a 10 anni; In conformità alle normative italiane il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_G$ è conforme alla norma a condizione che i carichi permanenti non strutturali vengano considerati carichi permanenti strutturali.																																																																																						
		<table><thead><tr><th colspan="2">Beanspruchung / Sollecitazione</th><th>mbol / Simb</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>Dauer / durata</td><td>Condizione</td><td></td><td>BS1</td><td>BS2</td><td>BS3</td></tr><tr><td rowspan="2">ständig / costante</td><td>instig / sfavore</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,30</td><td>1,20</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td rowspan="2">variable / variabile</td><td>instig / sfavore</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,50</td><td>1,30</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr></tbody></table>			Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore			Dauer / durata	Condizione		BS1	BS2	BS3	ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,30	1,20	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00	variable / variabile	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,50	1,30	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	0,00	0,00	0,00	<table><thead><tr><th>Bodenkenngößen / Parametri del terreno</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>attrito effektiva</td><td><math>\gamma_a</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>effektive Kohäsion / coesione effettiva</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>a taglio senza drenaggio</td><td><math>\gamma_{ca}</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>compressione monoassiale</td><td><math>\gamma_{qa}</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>Wichte / peso specifico</td><td><math>\gamma_r</math></td><td>1,00</td></tr></tbody></table> <p>Dieser Wert wird auf <math>\tan(\varphi)</math> angewendet / questo coefficiente si applica a <math>\tan(\varphi)</math></p>			Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Symbol / Simbolo	Wert / Valore	attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00	effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00	a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00	compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00	Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00	<table><thead><tr><th>Widerstand / Resistenza</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>Mantelreibung bei Zug</td><td><math>\gamma_{st}</math></td><td>1,30</td></tr><tr><td>Stahl / Acciaio</td><td><math>\gamma_s</math></td><td>1,15</td></tr><tr><td>Beton / Calcestruzzo</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,50</td></tr></tbody></table> <p>Teilsicherheitsfaktor für Boden- und Felsnagel / Coefficiente parziale di sicurezza per terreno</p>		Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore	Mantelreibung bei Zug	$\gamma_{st}$	1,30	Stahl / Acciaio	$\gamma_s$	1,15	Beton / Calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50																							
Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore																																																																																													
Dauer / durata	Condizione		BS1	BS2	BS3																																																																																											
ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,30	1,20	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00																																																																																											
variable / variabile	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,50	1,30	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00																																																																																														
effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00																																																																																														
a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00																																																																																														
compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00																																																																																														
Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00																																																																																														
Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
Mantelreibung bei Zug	$\gamma_{st}$	1,30																																																																																														
Stahl / Acciaio	$\gamma_s$	1,15																																																																																														
Beton / Calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50																																																																																														
Anker Ancoraggi	ULS	Teilsicherheitsfaktor für Beanspruchungen / Fattore parziale di sicure			Teilsicherheitsfaktor für Bodenkenngößen $\gamma_M$ / parametro del terreno secondo		Teilsicherheitsfaktor Widerstand / Coefficiente parziale di sicurezza resistenza $\gamma_R$		Für den Teilsicherheitsfaktor $\gamma_G$ siehe Bemerkung beim Strukturnachweis. Der Teilsicherheitsfaktor $\gamma_R$ wird aus den österreichischen Normenwerken übernommen, da dieser Faktor konservativer ist.	Per il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_G$ si veda la nota alla prova strutturale. Il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_R$ viene estratto dalle normative austriache, poiché si tratta di un valore più tradizionale.																																																																																						
		<table><thead><tr><th colspan="2">Beanspruchung / Sollecitazione</th><th>mbol / Simb</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>Dauer / durata</td><td>Condizione</td><td></td><td>BS1</td><td>BS2</td><td>BS3</td></tr><tr><td rowspan="2">ständig / costante</td><td>instig / sfavore</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,30</td><td>1,20</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td rowspan="2">variable / variabile</td><td>instig / sfavore</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,50</td><td>1,30</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr></tbody></table>			Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore			Dauer / durata	Condizione		BS1	BS2	BS3	ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,30	1,20	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00	variable / variabile	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,50	1,30	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	0,00	0,00	0,00	<table><thead><tr><th>Bodenkenngößen / Parametri del terreno</th><th>Simbolo</th><th>Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>attrito effektiva</td><td><math>\gamma_a</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>effektive Kohäsion / coesione effettiva</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>a taglio senza drenaggio</td><td><math>\gamma_{ca}</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>compressione monoassiale</td><td><math>\gamma_{qa}</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>Wichte / peso specifico</td><td><math>\gamma_r</math></td><td>1,00</td></tr></tbody></table> <p>coefficiente si applica a <math>\tan(\varphi)</math></p>			Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Simbolo	Valore	attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00	effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00	a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00	compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00	Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00	<table><thead><tr><th>Materreibung / Attrito del materiale</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>provisorio</td><td><math>\gamma_{R,all}</math></td><td>1,30</td></tr><tr><td>permanent</td><td><math>\gamma_{R,per}</math></td><td>1,20</td></tr></tbody></table> <p>1</p>		Materreibung / Attrito del materiale	Symbol / Simbolo	Valore	provisorio	$\gamma_{R,all}$	1,30	permanent	$\gamma_{R,per}$	1,20																										
Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore																																																																																													
Dauer / durata	Condizione		BS1	BS2	BS3																																																																																											
ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,30	1,20	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00																																																																																											
variable / variabile	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,50	1,30	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Simbolo	Valore																																																																																														
attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00																																																																																														
effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00																																																																																														
a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00																																																																																														
compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00																																																																																														
Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00																																																																																														
Materreibung / Attrito del materiale	Symbol / Simbolo	Valore																																																																																														
provisorio	$\gamma_{R,all}$	1,30																																																																																														
permanent	$\gamma_{R,per}$	1,20																																																																																														
Kennlinienverfahren Metodo delle curve caratteristiche	ULS	Nachweis erfolgt mit charakteristischen Kennwerten. Ausnahme bildet die Bemessung des Spritzbetons, hier wird die faktorisierte Betondruckfestigkeit ( $f_{cd}$ ) heangezogen. La prova si esegue con il metodo delle curve caratteristiche. Fa eccezione il dimensionamento dello spritzbeton, in questo caso ci si basa sulla resistenza a compressione fatturizzata dello spritzbeton ( $f_{cd}$ ).			Teilsicherheitsfaktor Widerstand / Coefficiente parziale di sicurezza resistenza $\gamma_R$ (R)																																																																																											
		<table><thead><tr><th>Widerstand / Resistenza</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>Beton / Calcestruzzo</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,50</td></tr></tbody></table>		Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore	Beton / Calcestruzzo	$\gamma_c$			1,50																																																																																					
Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
Beton / Calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50																																																																																														
Blockanalyse Analisi dei blocchi	ULS	Teilsicherheitsfaktor für Einwirkung $\gamma_E$ (A1)			Teilsicherheitsfaktor Widerstand / Coefficiente parziale di		Die Blockanalyse wird in den italienischen und österreichischen Normen nicht direkt geregelt, daraus resultierend wird ein dem Stand der Technik entsprechendes Bemessungskonzept für die Blockanalyse berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen die Einwirkungen aus dem Eigengewicht des Bruchkörpers mit dem Teilsicherheitsfaktor $\gamma_G$ zu erhöhen. Die Festigkeiten der Stützmittel werden auf der Widerstandsseite mit dem entsprechenden Teilsicherheitsfaktor für Stahl bzw. Beton reduziert.		L'analisi dei blocchi non è contemplata direttamente dalle norme italiane e austriache, pertanto si considera un apposito concetto di dimensionamento per l'analisi dei blocchi. Si propone di aumentare le azioni provenienti dal peso proprio del con il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_G$ . Le resistenze dei sostegni si riducono sul lato di resistenza con i relativi coefficienti parziali di sicurezza per acciaio ovvero calcestruzzo.																																																																																							
		<table><thead><tr><th colspan="2">Sollecitazione</th><th>Symbol / Simbolo</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>dauer</td><td>Condizione</td><td></td><td>BS1</td><td>BS2</td><td>BS3</td></tr><tr><td rowspan="2">ständig / costante</td><td>instig / sfavori</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,30</td><td>1,20</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td rowspan="2">veränderlich / variable</td><td>instig / sfavori</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,50</td><td>1,30</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr></tbody></table>			Sollecitazione		Symbol / Simbolo	Wert / Valore			dauer	Condizione		BS1	BS2	BS3	ständig / costante	instig / sfavori	$\gamma_G$	1,30	1,20	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00	veränderlich / variable	instig / sfavori	$\gamma_G$	1,50	1,30	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	0,00	0,00	0,00	<table><thead><tr><th>Widerstand / Resistenza</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>reibung Anker / attrito del materiale acciaio</td><td><math>\gamma_{st}</math></td><td>1,15</td></tr><tr><td>Stahl / Acciaio</td><td><math>\gamma_s</math></td><td>1,15</td></tr><tr><td>attrito effektiva</td><td><math>\gamma_a</math></td><td>1,15<sup>1</sup>/1,10<sup>2</sup></td></tr><tr><td>effektive Kohäsion / coesione effettiva</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,15<sup>1</sup>/1,10<sup>2</sup></td></tr></tbody></table> <p>Dieser Wert wird auf <math>\tan(\varphi)</math> angewendet / questo coefficiente si applica a <math>\tan(\varphi)</math> ; <sup>1</sup> <math>\gamma_M(M2)</math> CC2/BS1 <sup>2</sup> Wert / valore <math>\gamma_M(M2)</math> CC2/BS2</p>		Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore	reibung Anker / attrito del materiale acciaio	$\gamma_{st}$	1,15	Stahl / Acciaio	$\gamma_s$	1,15	attrito effektiva	$\gamma_a$	1,15 <sup>1</sup> /1,10 <sup>2</sup>	effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,15 <sup>1</sup> /1,10 <sup>2</sup>																																									
Sollecitazione		Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																													
dauer	Condizione		BS1	BS2	BS3																																																																																											
ständig / costante	instig / sfavori	$\gamma_G$	1,30	1,20	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00																																																																																											
veränderlich / variable	instig / sfavori	$\gamma_G$	1,50	1,30	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
reibung Anker / attrito del materiale acciaio	$\gamma_{st}$	1,15																																																																																														
Stahl / Acciaio	$\gamma_s$	1,15																																																																																														
attrito effektiva	$\gamma_a$	1,15 <sup>1</sup> /1,10 <sup>2</sup>																																																																																														
effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,15 <sup>1</sup> /1,10 <sup>2</sup>																																																																																														
Ortsbruststabilität Stabilità del versante	ULS	Teilsicherheitsfaktor für Beanspruchungen / Fattore parziale di sicure			Teilsicherheitsfaktoren für Bodenkenngößen $\gamma_M$ / Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri del terreno $\gamma_M$		Partial safety factors on resistance $\gamma_R$		Die Unterteilung in ständige strukturelle und ständige nicht strukturelle Lasten gemäß italienischem Normenwerk wird nicht berücksichtigt, daraus resultierend gibt es nur einen Teilsicherheitsfaktor $\gamma_G$ . Für diesen Nachweis werden die Teilsicherheitsfaktoren für die Bodenkenngößen gemäß italienischer Normen verwendet, da diese Faktoren konservativer sind.	La suddivisione in carichi permanenti strutturali e non strutturali conforme alla normativa italiana non si considera, ne risulta solo un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_G$ . Per questa prova si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza per i parametri del terreno conformi all norma italiana, poiché si tratta di fattori più tradizionali.																																																																																						
		<table><thead><tr><th colspan="2">Beanspruchung / Sollecitazione</th><th>mbol / Simb</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>Dauer / durata</td><td>Condizione</td><td></td><td>EC0</td><td>A1 (STR)</td><td>A2 (GEO)</td></tr><tr><td rowspan="2">ständig / costante</td><td>instig / sfavore</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,10</td><td>1,30</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>0,90</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td rowspan="2">ständig (nicht strukturell) /</td><td>ungünstig /</td><td><math>\gamma_{G2}</math></td><td>1,50</td><td>1,50</td><td>1,30</td></tr><tr><td>gu</td><td><math>\gamma_{G2}</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr><tr><td rowspan="2">veränderlich / variable</td><td>ungünstig /</td><td><math>\gamma_{G2}</math></td><td>1,50</td><td>1,50</td><td>1,30</td></tr><tr><td>favorevole</td><td><math>\gamma_{G2}</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr></tbody></table>			Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore			Dauer / durata	Condizione		EC0	A1 (STR)	A2 (GEO)	ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,10	1,30	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	0,90	1,00	1,00	ständig (nicht strukturell) /	ungünstig /	$\gamma_{G2}$	1,50	1,50	1,30	gu	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	veränderlich / variable	ungünstig /	$\gamma_{G2}$	1,50	1,50	1,30	favorevole	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	<table><thead><tr><th>Bodenkenngößen / Parametri del terreno</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>M1</th><th>M2</th></tr></thead><tbody><tr><td>attrito effektiva</td><td><math>\gamma_a</math></td><td>1,00</td><td>1,25</td></tr><tr><td>effektive Kohäsion / coesione effettiva</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,00</td><td>1,25</td></tr><tr><td>a taglio senza drenaggio</td><td><math>\gamma_{ca}</math></td><td>1,00</td><td>1,40</td></tr><tr><td>compressione monoassiale</td><td><math>\gamma_{qa}</math></td><td>1,00</td><td>1,60</td></tr><tr><td>Wichte / peso specifico</td><td><math>\gamma_r</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr></tbody></table> <p>coefficiente si applica a <math>\tan(\varphi)</math></p>			Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Symbol / Simbolo	M1	M2	attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00	1,25	effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00	1,25	a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00	1,40	compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00	1,60	Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00	1,00	<table><thead><tr><th>Widerstand / Resistenza</th><th>Symbol / Simbolo</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>spaccatura del</td><td><math>\gamma_{R,v}</math></td><td>R1</td><td>R2</td><td>R3</td></tr><tr><td>scivolamento</td><td><math>\gamma_{R,h}</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,10</td></tr><tr><td>Resistenza della</td><td><math>\gamma_{R,e}</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,40</td></tr></tbody></table>		Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore			spaccatura del	$\gamma_{R,v}$	R1	R2	R3	scivolamento	$\gamma_{R,h}$	1,00	1,00	1,10	Resistenza della	$\gamma_{R,e}$	1,00
Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore																																																																																													
Dauer / durata	Condizione		EC0	A1 (STR)	A2 (GEO)																																																																																											
ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,10	1,30	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	0,90	1,00	1,00																																																																																											
ständig (nicht strukturell) /	ungünstig /	$\gamma_{G2}$	1,50	1,50	1,30																																																																																											
	gu	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
veränderlich / variable	ungünstig /	$\gamma_{G2}$	1,50	1,50	1,30																																																																																											
	favorevole	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Symbol / Simbolo	M1	M2																																																																																													
attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00	1,25																																																																																													
effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00	1,25																																																																																													
a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00	1,40																																																																																													
compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00	1,60																																																																																													
Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00	1,00																																																																																													
Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
spaccatura del	$\gamma_{R,v}$	R1	R2	R3																																																																																												
scivolamento	$\gamma_{R,h}$	1,00	1,00	1,10																																																																																												
Resistenza della	$\gamma_{R,e}$	1,00	1,00	1,40																																																																																												
Nachweis Spritzbetonaufstandsfläche / Grundbruch Prova della superficie di appoggio dello spritzbeton / spaccatura del terreno	ULS	Teilsicherheitsfaktor für Beanspruchungen / Fattore parziale di sicure			Bodenkenngößen $\gamma_M$ / Coefficienti parziali di sicurezza pr		Partial safety factors on resistance $\gamma_R$		Die Unterteilung in ständige strukturelle und ständige nicht strukturelle Lasten gemäß italienischem Normenwerk wird nicht berücksichtigt, daraus resultierend gibt es nur einen Teilsicherheitsfaktor $\gamma_G$ . Für diesen Nachweis sind die Teilsicherheitsfaktoren für die Widerstände in den italienischen Normenwerken identisch mit den Teilsicherheitsfaktoren für die Bemessungssituation 1 (BS1) in den österreichischen Normen. Für den Teilsicherheitsfaktor $\gamma_G$ siehe Bemerkung beim Strukturnachweis.	La suddivisione in carichi permanenti strutturali e non strutturali conforme alla normativa italiana non si considera, ne risulta solo un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_G$ . Per questa prova i coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze nelle norme italiane sono identici alle norme austriache, per quanto concerne la situazione di dimensionamento (BS1). Per il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_G$ si veda la nota alla prova strutturale.																																																																																						
		<table><thead><tr><th colspan="2">Beanspruchung / Sollecitazione</th><th>mbol / Simb</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>Dauer / durata</td><td>Condizione</td><td></td><td>EC0</td><td>A1 (STR)</td><td>A2 (GEO)</td></tr><tr><td rowspan="2">ständig / costante</td><td>instig / sfavore</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>1,10</td><td>1,30</td><td>1,00</td></tr><tr><td>instig / favorev</td><td><math>\gamma_G</math></td><td>0,90</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td rowspan="2">strukturell) /</td><td>sfavorevol</td><td><math>\gamma_{G1}</math></td><td>1,50</td><td>1,50</td><td>1,30</td></tr><tr><td>gu</td><td><math>\gamma_{G2}</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr><tr><td rowspan="2">veränderlich / variable</td><td>sfavorevol</td><td><math>\gamma_{G1}</math></td><td>1,50</td><td>1,50</td><td>1,30</td></tr><tr><td>favorevole</td><td><math>\gamma_{G2}</math></td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr></tbody></table>			Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore			Dauer / durata	Condizione		EC0	A1 (STR)	A2 (GEO)	ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,10	1,30	1,00	instig / favorev	$\gamma_G$	0,90	1,00	1,00	strukturell) /	sfavorevol	$\gamma_{G1}$	1,50	1,50	1,30	gu	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	veränderlich / variable	sfavorevol	$\gamma_{G1}$	1,50	1,50	1,30	favorevole	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	<table><thead><tr><th>Bodenkenngößen / Parametri del terreno</th><th>Symbol / Simbolo</th><th>Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>attrito effektiva</td><td><math>\gamma_a</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>effektive Kohäsion / coesione effettiva</td><td><math>\gamma_c</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>a taglio senza drenaggio</td><td><math>\gamma_{ca}</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>compressione monoassiale</td><td><math>\gamma_{qa}</math></td><td>1,00</td></tr><tr><td>Wichte / peso specifico</td><td><math>\gamma_r</math></td><td>1,00</td></tr></tbody></table> <p>coefficiente si applica a <math>\tan(\varphi)</math></p>			Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Symbol / Simbolo	Wert / Valore	attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00	effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00	a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00	compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00	Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00	<table><thead><tr><th>Widerstand / Resistenza</th><th>Symbol / Simbolo</th><th colspan="3">Wert / Valore</th></tr></thead><tbody><tr><td>spaccatura del</td><td><math>\gamma_{R,v}</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,40</td></tr><tr><td>scivolamento</td><td><math>\gamma_{R,h}</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,10</td></tr><tr><td>Resistenza della</td><td><math>\gamma_{R,e}</math></td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,40</td></tr></tbody></table>		Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore			spaccatura del	$\gamma_{R,v}$	1,00	1,00	1,40	scivolamento	$\gamma_{R,h}$	1,00	1,00	1,10	Resistenza della	$\gamma_{R,e}$	1,00	1,00	1,40				
Beanspruchung / Sollecitazione		mbol / Simb	Wert / Valore																																																																																													
Dauer / durata	Condizione		EC0	A1 (STR)	A2 (GEO)																																																																																											
ständig / costante	instig / sfavore	$\gamma_G$	1,10	1,30	1,00																																																																																											
	instig / favorev	$\gamma_G$	0,90	1,00	1,00																																																																																											
strukturell) /	sfavorevol	$\gamma_{G1}$	1,50	1,50	1,30																																																																																											
	gu	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
veränderlich / variable	sfavorevol	$\gamma_{G1}$	1,50	1,50	1,30																																																																																											
	favorevole	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00																																																																																											
Bodenkenngößen / Parametri del terreno	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
attrito effektiva	$\gamma_a$	1,00																																																																																														
effektive Kohäsion / coesione effettiva	$\gamma_c$	1,00																																																																																														
a taglio senza drenaggio	$\gamma_{ca}$	1,00																																																																																														
compressione monoassiale	$\gamma_{qa}$	1,00																																																																																														
Wichte / peso specifico	$\gamma_r$	1,00																																																																																														
Widerstand / Resistenza	Symbol / Simbolo	Wert / Valore																																																																																														
spaccatura del	$\gamma_{R,v}$	1,00	1,00	1,40																																																																																												
scivolamento	$\gamma_{R,h}$	1,00	1,00	1,10																																																																																												
Resistenza della	$\gamma_{R,e}$	1,00	1,00	1,40																																																																																												