



# Offene Bauweise Alt und Neu – Instandsetzung, Ertüchtigung und Neubau von Tunneln, Galerien etc. in offener Bauweise

Thomas Gabl (ASG), Erwin Pilch (BMG)

ASFINAG

Brückentagung 2017

Kahlenberg, am 18.05.2017



## Offene Bauweise Alt und Neu – Instandsetzung, Ertüchtigung und Neubau von Tunneln, Galerien etc. in offener Bauweise

- Motivation / Begriffe
- Erfahrungen (Ereignisse)
- Nachrechnungen
- Erddruckansätze und Erddruckumlagerung
- Instandsetzung, Ertüchtigung
- Festlegungen für den Neubau

# Motivation

- Zukünftig Schäden bzw. Defizite vermeiden/ reduzieren
- Keine österreichweite anerkannte Vorgehensweise (Unterschiede bei Erddruckansatz bzw. -verlauf)
- Bündeln des bisherigen Wissens (Erkenntnisse Galerie Fallender Bach, Galerie Senftenberg, ...)
- Zugang für die Allgemeinheit (Festlegungen in Richtlinien od. Merkblättern (z.B. ASFINAG Planungshandbuch))
- Vergleichbarkeit der Ergebnisse (Alternativen, ...)
- Sicherheit
- Dauerhaftigkeit

# Begriffe



gem. **RVS 13.04.01** Qualitätssicherung baulicher Erhaltung Bauwerksdatenbank Allgemeiner Teil

- **Galerien und Tunnel in offener Bauweise**

Galerien sind Verkehrsbauwerke mit einem seitlich nicht völlig geschlossenen Querschnitt. Tunnel in offener Bauweise sind Straßentunnel, welche in einer Baugrube bzw. auf oder über der Geländeoberfläche errichtet werden. Dazu zählen Einhausungen, Grünbrücken und Unterflurtrassen/-strecken. Zu Tunnel in offener Bauweise zählen im Sinne dieser RVS auch Straßentunnel, die in Deckelbauweise hergestellt wurden.

gem. **RVS 09.01.23** und **ASFINAG Planungshandbuch Tunnel - Bau**

- **Straßentunnel in geschlossener Bauweise** Straßentunnel, welcher im Untertagebau hergestellt wird.
- **Straßentunnel in Deckelbauweise** Straßentunnel, bei dem vorab ein Deckel hergestellt wird, und der anschließende Vortrieb bzw. Aushub im Untertagebau erfolgt.
- **Straßentunnel in offener Bauweise** Straßentunnel, welcher in einer Baugrube bzw. auf oder über der Geländeoberfläche errichtet wird. Im Sinne dieser Begriffsbestimmung zählen dazu:
- **Einhausung** Überbauung einer Straße oder Brücke mit einem völlig geschlossenen Querschnitt.
- **Grünbrücke** Überbauung einer Straße mit einem völlig geschlossenen Querschnitt mit der Funktion einer begrünter, zur angrenzenden Landschaft weitgehend niveaugleichen Brücke.
- **Unterflurtrasse / -strecke** Straßentunnel in offener Bauweise, welcher in Tieflage errichtet und anschließend eingeschüttet wird.
- **Galerie** Verkehrsbauwerk mit einem seitlich nicht völlig geschlossenen Querschnitt.
- **Wannenbauwerk** Verkehrsbauwerk mit einem in der Regel nach oben offenen Querschnitt.

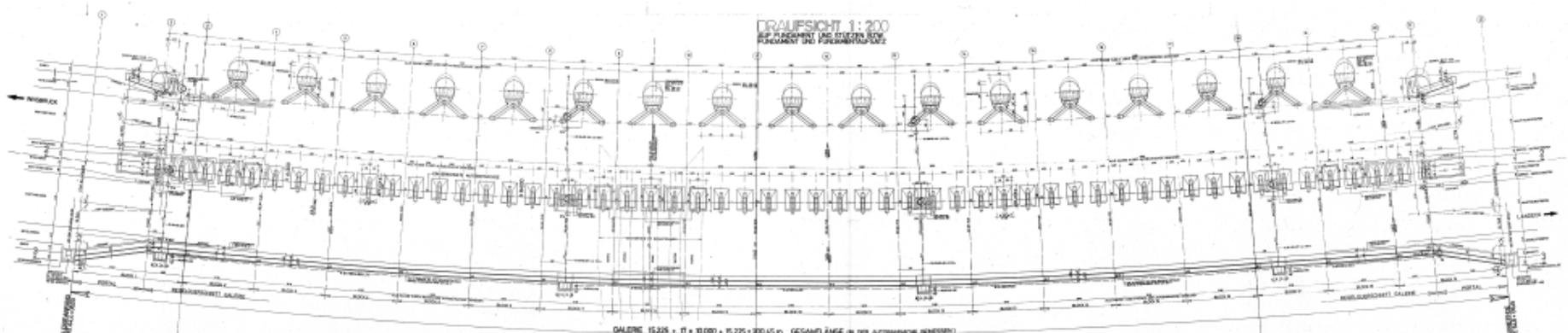
# Erfahrungen

## A12 Inntal Autobahn Objekt SZ1 „Galerie Fallender Bach“



# SZ1 Galerie Fallender Bach

- Baujahr 1986-1987
- Gesamtlänge 200,45 m
- 2 Portalblöcke a´ 15,225 m  
und 17 Regelblöcke a´ 10,0 m
- Talseitige V-Stützen auf Brunnengründung
- Mittig Einzelstützen auf Einzelfundamenten
- Stahlbetonschale 50 cm
- Gerinnequerung bei Block 8



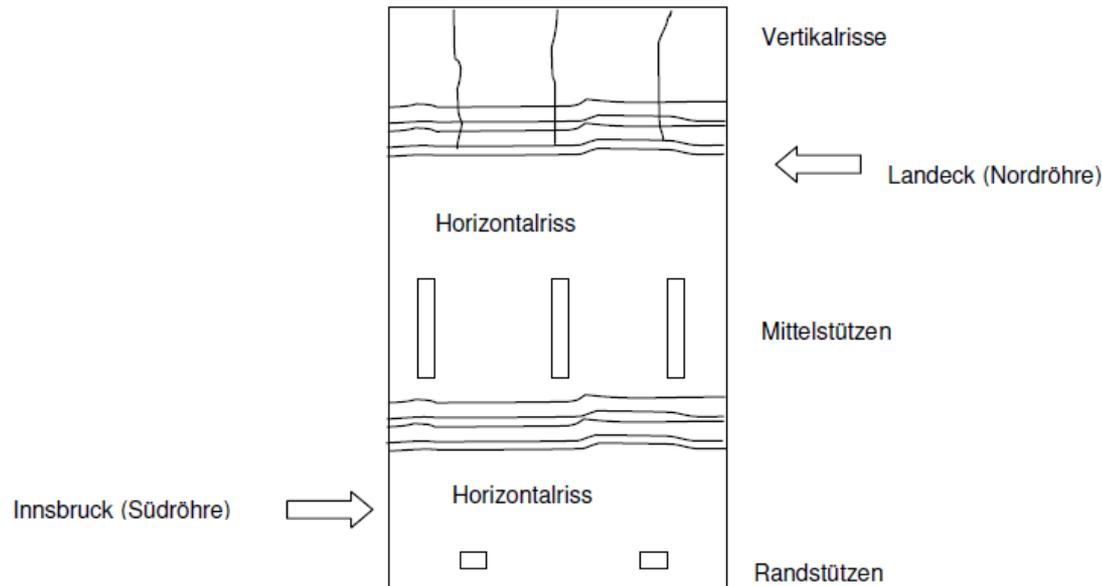
# Galerie Fallender Bach

## Schadenshistorie - Prüfung 2008

### Nordröhre:

In allen Blöcken wurden im Bereich der Firste mehrere horizontale Risse gefunden. Diese Risse erstreckten sich meist über die gesamte Blocklänge. Die Rissbreite betrug 0,2 mm bis 0,4 mm. Bei vereinzelt Rissen wurden auch größere Rissbreiten bis 1 mm gefunden.

Des weitern wurden in fast allen Blöcken vertikale Risse vorgefunden, die überwiegend in der Blockmitte, oder vereinzelt in den 1/3 Punkten anzutreffen waren. Bei diesen Rissen handelt es sich um Schwindrisse. Die durchschnittliche Rissbreite beträgt 0,3 mm bis 0,4 mm.



Darstellung der typischen Verteilung der Horizontalrisse im Firstbereich (Ansicht Untersicht (abgewickelt))

### Südröhre:

Hier wurde ein ähnliches Rissbild wie in der Nordröhre festgestellt. Es wurden vor allem horizontale Risse im Firstbereich angetroffen. Diese Risse erstreckten sich meist über die gesamte Blocklänge. Die Rissbreite betrug 0,3 mm bis 0,4 mm. Bei vereinzelt Rissen wurden auch größere Rissbreiten bis 1 mm gefunden.

- Note 3 bedingt durch schlechten Zustand der Beschichtung bzw. örtlichen Abplatzungen an den Stützen
- Empfehlung: Risse über 0,4 mm fachgerecht zu sanieren

# Galerie Fallender Bach

## Schadenshistorie - Kontrolle 2010 / 2012

- Ausgeprägtes Rissbild
- Blockversätze



# Galerie Fallender Bach

## Schadenshistorie - Sonderprüfungen 2013

- Freilegen Bewehrungsstahl und Probenentnahme

**KENNBILD:**

Südl. Röhre Block 9  
westl. neben Bach

Rissweite 4mm

Stelle der  
Bewehrungsentnahme



Bewehrungsstahl nicht gerissen  
Bewehrungsstahl im Fließen

# Galerie Fallender Bach

## Schadenshistorie - Sonderprüfungen 2013

- Überbohren  
Risse



- Rissweite 8 mm
- Rissversatz 5 mm
- Bewehrungsstahl gerissen
- Über größere Abschnitte  
sehr schlechte Betonqualität  
in Arbeitsfuge



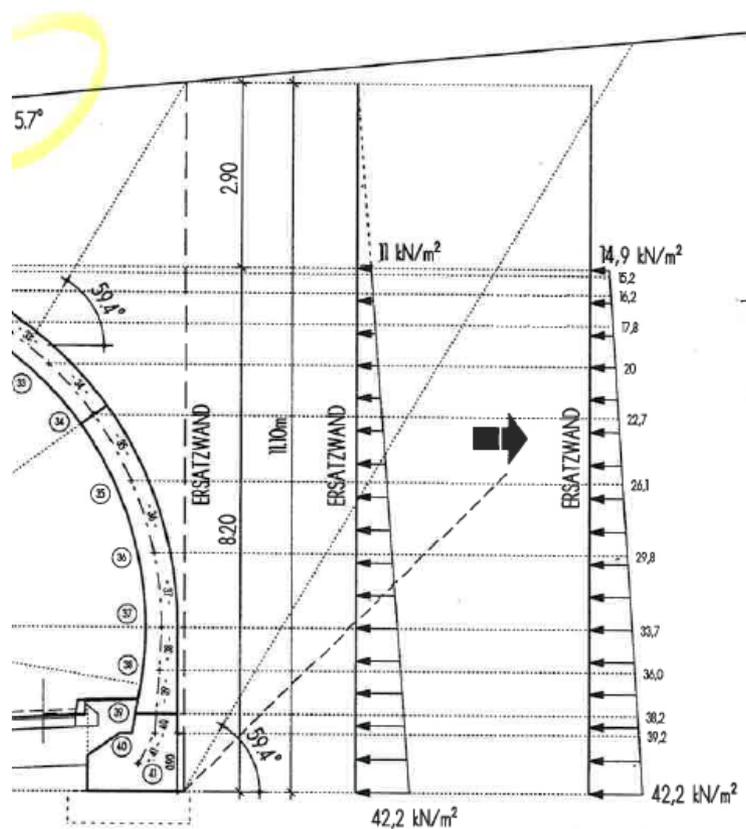
# Galerie Fallender Bach

## Statische Nachrechnung 2013

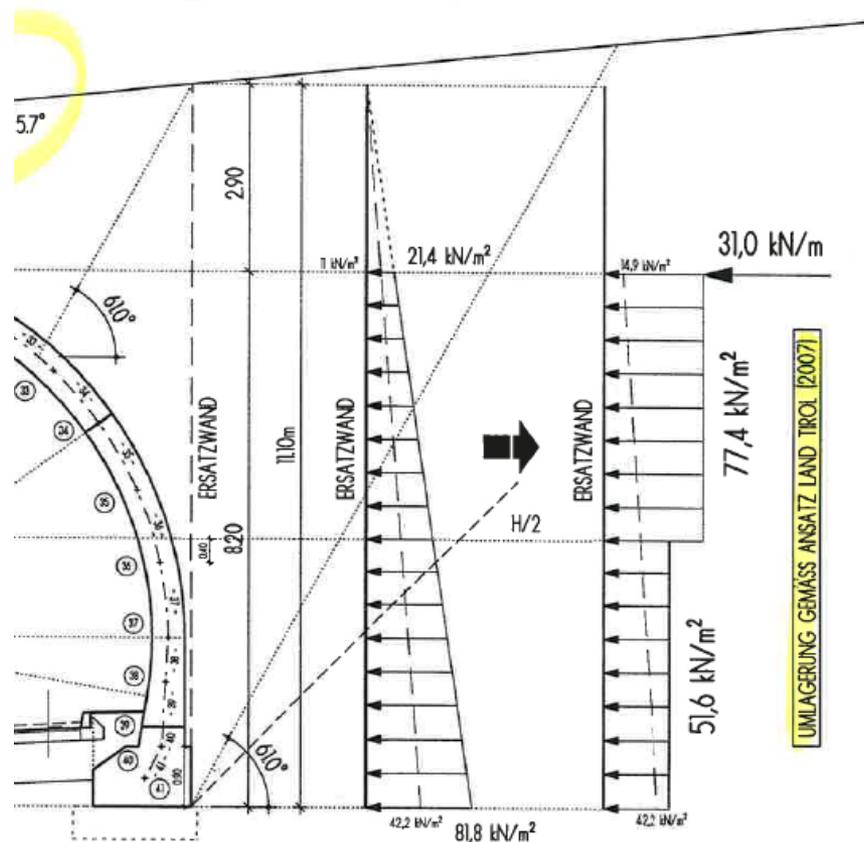
### Vergleich Erddruckansatz

Ursprüngliche Statik

aktuellere Ansätze



$$E_h = 234,1 \text{ kN/m}$$



$$E_h = 454,0 \text{ kN/m}$$

$$E_h = 559,9 \text{ kN/m}$$

# Galerie Fallender Bach

## Statische Nachrechnung 2013

### Vergleich Momentenlinien

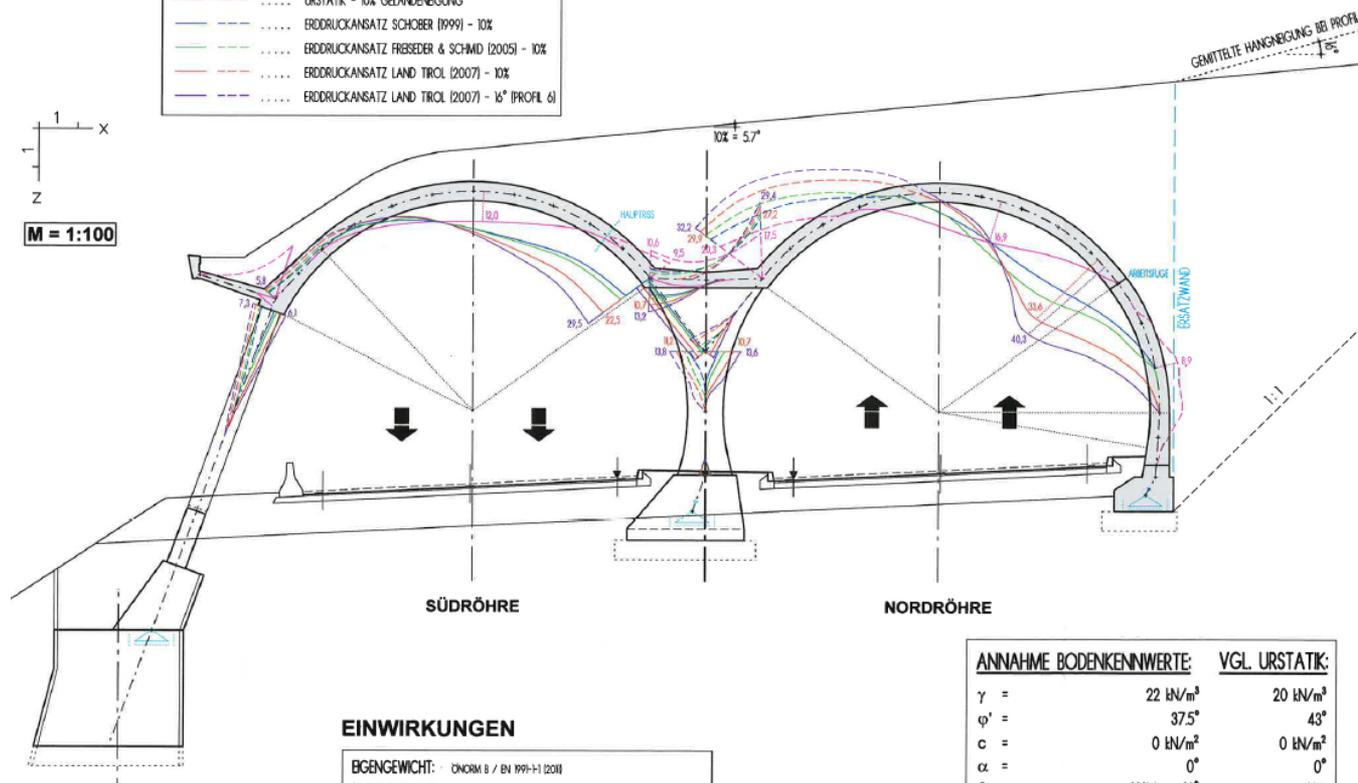
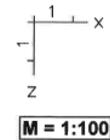
#### LFK OEN1992.BRUCH: Tragfähigkeit ÖNORM EN 1992-1-1

Biegebewehrung, Stahllagen  $z \geq z_s$ ;  $z < z_s$  (strichliert). 15,00 [cm<sup>2</sup>] =

743

#### LEGENDE

- URSTATIK - 10% GELÄNDENEIGUNG
- ERDRUCKANSATZ SCHOBER (1999) - 10%
- ERDRUCKANSATZ FRESEDER & SCHMID (2005) - 10%
- ERDRUCKANSATZ LAND TIROL (2007) - 10%
- ERDRUCKANSATZ LAND TIROL (2007) - 16° (PROFIL 6)



#### EINWIRKUNGEN

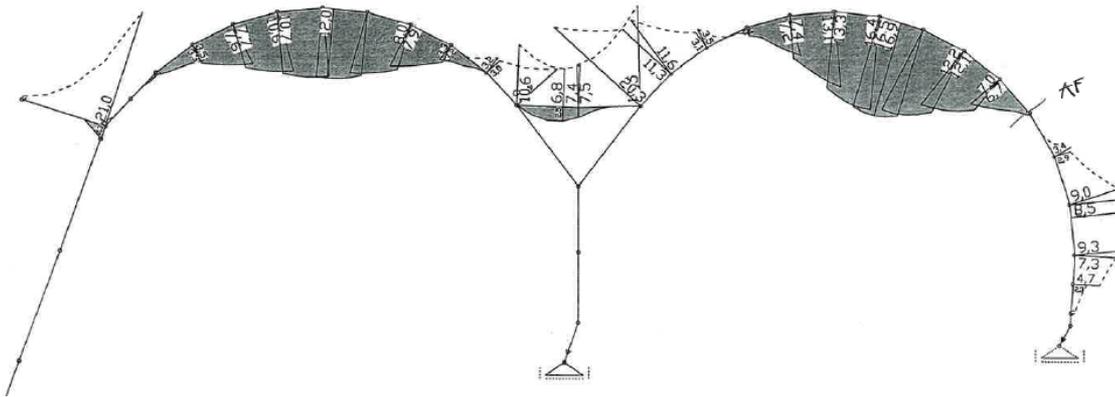
- BEWEGUNGSWEISUNG:** ÖNORM B / EN 1991-1 (2010)
- EINSCHÜTTUNG:** ERDRÜCKERMITTLUNG MIT VERSICHERTEN ANSATZEN
- SCHWINDEN:** ÖNORM B / EN 1992-1 (2012)
- LAWINE:** NORMAL 15kN/m<sup>2</sup> / SCHUB PARALLEL 3,8kN/m<sup>2</sup> - VERÄNDERL. LAST
- TEMPERATUR:** ÖNORM B / EN 1991-5 (2012)

ANNAHME BODENKENNWERTE:	VGL. URSTATIK:
$\gamma =$ 22 kN/m <sup>3</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>
$\varphi' =$ 37,5°	43°
$c =$ 0 kN/m <sup>2</sup>	0 kN/m <sup>2</sup>
$\alpha =$ 0°	0°
$\beta =$ 10% bzw. 16°	10%
$\delta =$ 1/3 $\varphi' = 12,5°$	2/3 $\varphi' = 28,7°$
$E_s =$ 25 MN/m <sup>2</sup>	25 MN/m <sup>2</sup>
ERDRUCK $k_1 = 0,5 k_2 + 0,5 k_3 = 0,335$	$k_4 = 0,19$

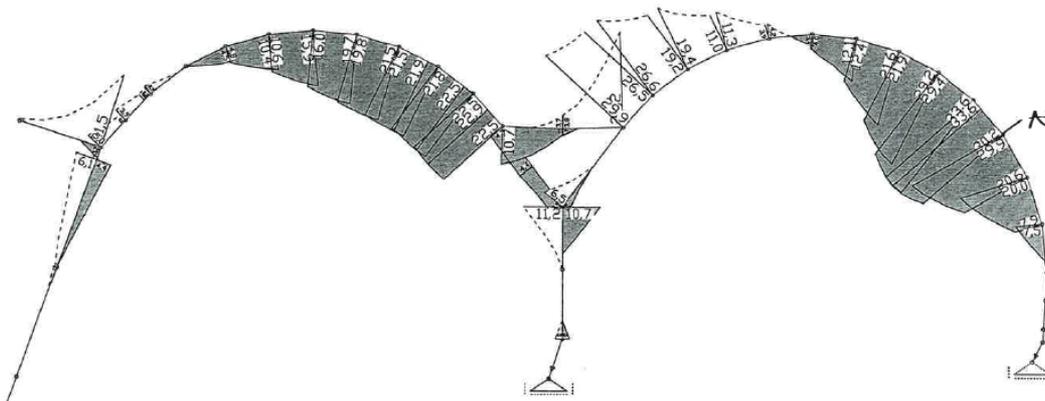
# Galerie Fallender Bach

## Statische Nachrechnung 2013

### Vergleich Bewehrungsdeckungslinien



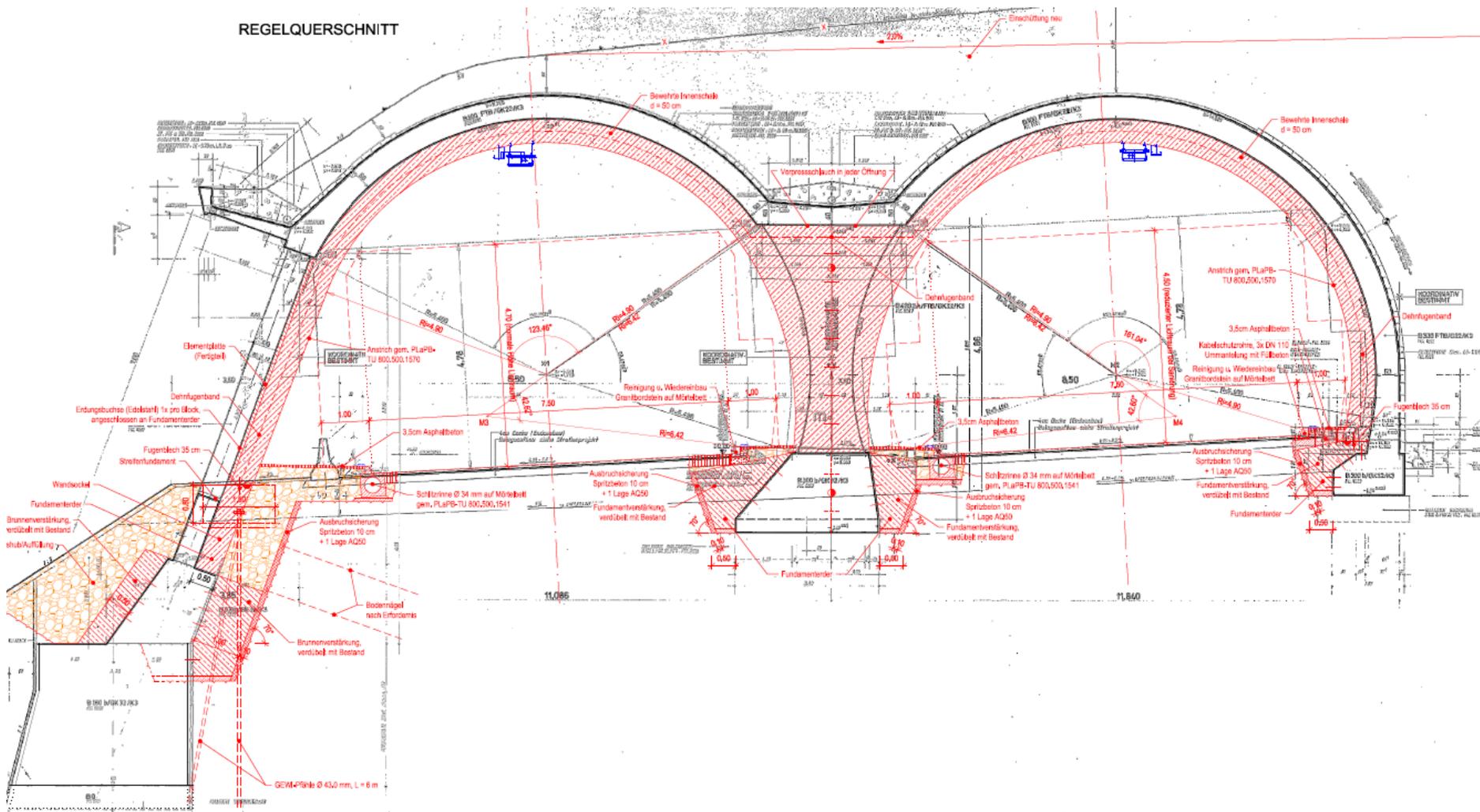
Ursprüngliche  
Statik  
max. 16,9 cm<sup>2</sup>/m



Vergleichs-  
rechnung  
max. 33,6 cm<sup>2</sup>/m

# Galerie Fallender Bach Ertüchtigung

REGELQUERSCHNITT



# Galerie Fallender Bach Ertüchtigung



# Galerie Fallender Bach Ertüchtigung

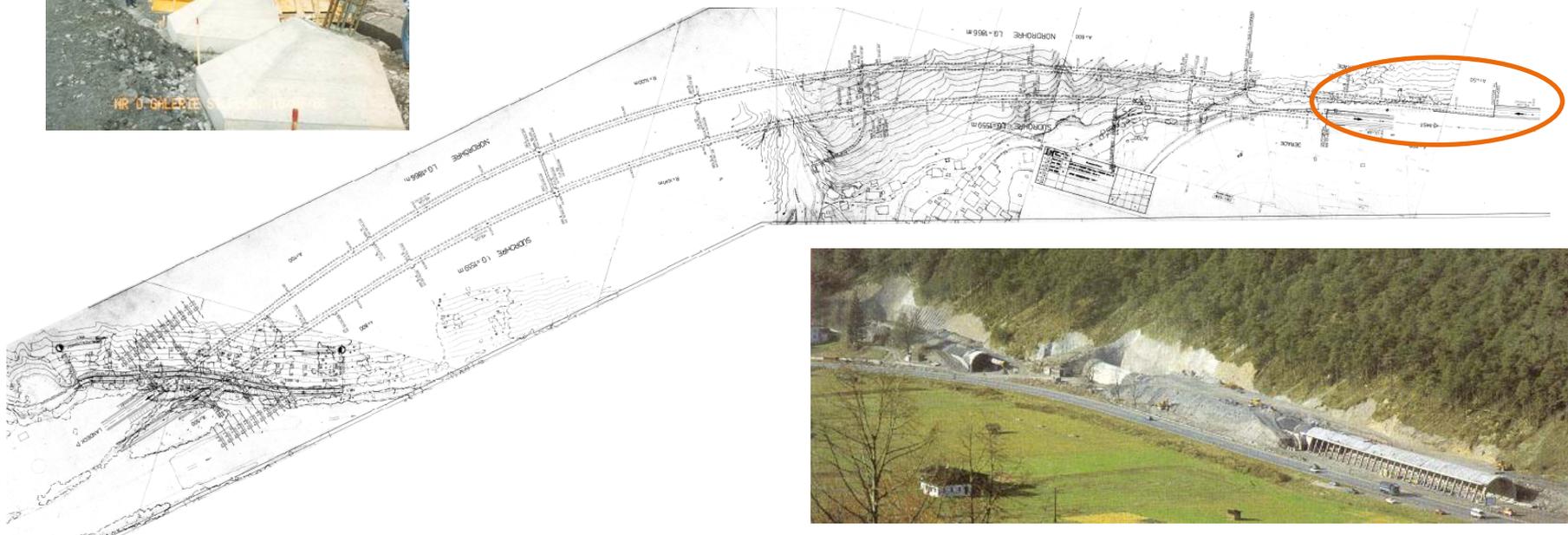
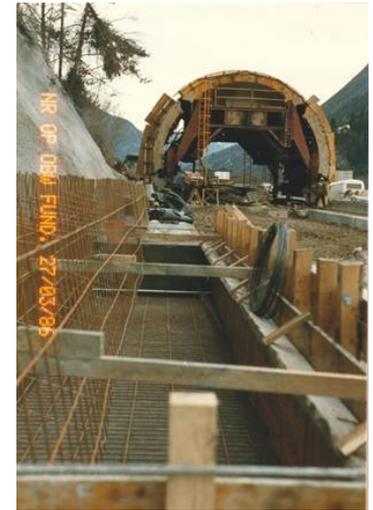


# Erfahrungen Milser Tunnel Einfahrtsgalerie Ost



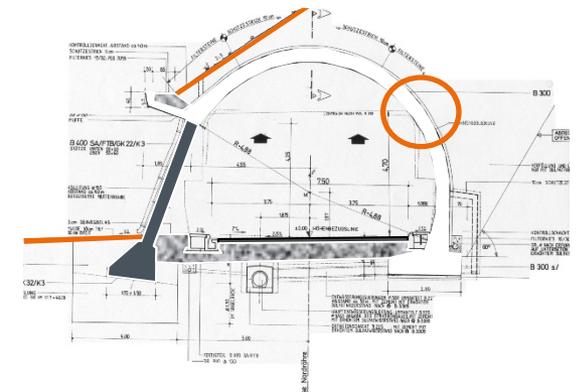
# Milser Tunnel Einfahrtsgalerie Ost

- Baujahr 1985 -1988
- Nordröhre – Richtungsfahrbahn Bregenz
- Gesamtlänge Galerie 130,00 m
- Gesamtlänge geschlossene Bauweise 214,40 m



# Milser Tunnel Einfahrtsgalerie Ost Schadensbild

- Blöcke 13 und 14
- Riss mit Rissweite bis 8 mm
- Versatz im Rissbereich bis 10 mm

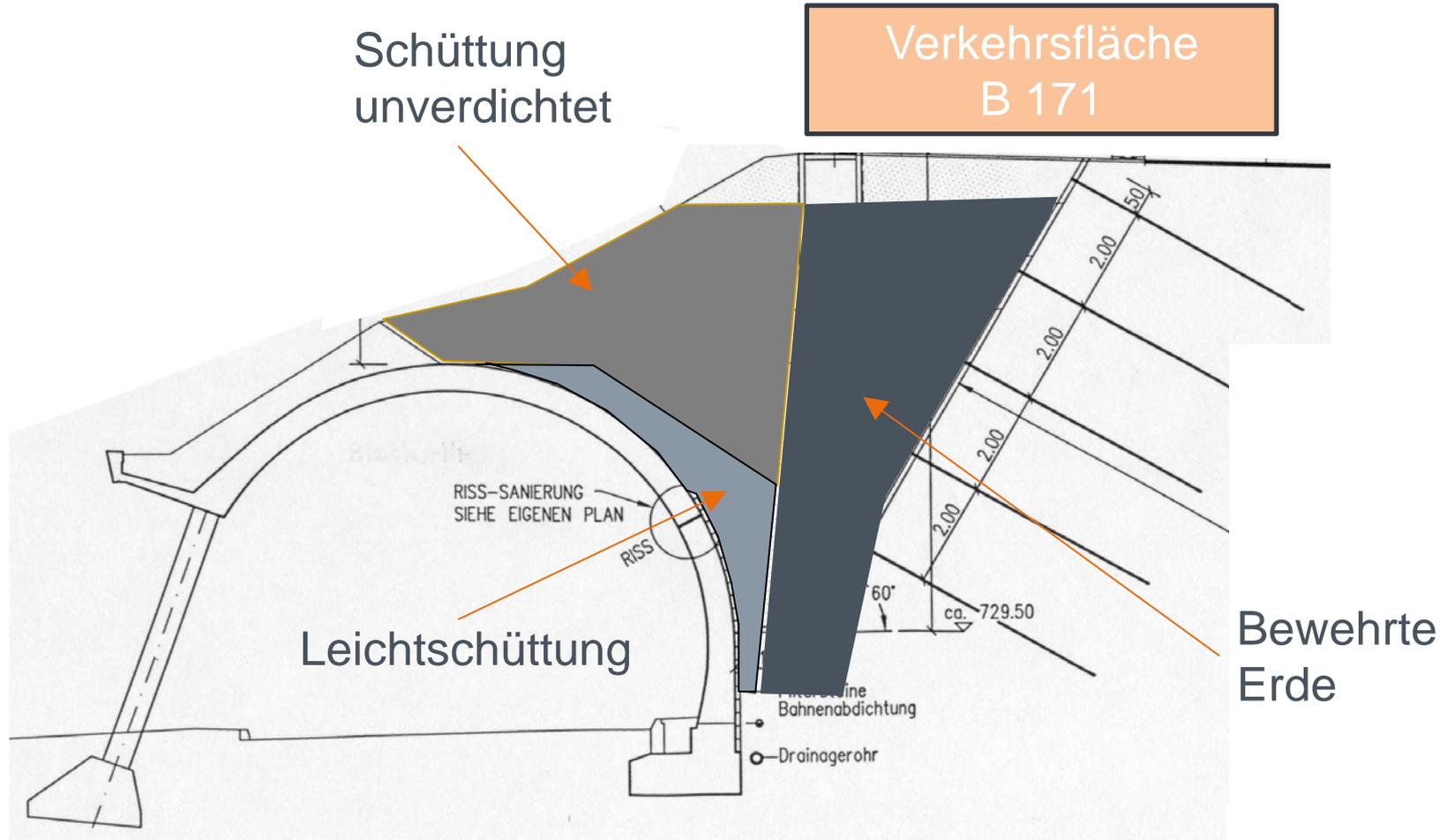


# Milser Tunnel Einfahrtsgalerie Ost Ertüchtigung

- Entlastung des Bauwerkes
- Lokalen Ertüchtigung
- Dauerhafte Reduktion des Erddruckes



# Milser Tunnel Einfahrtsgalerie Ost Ertüchtigung



# Weitere Erfahrungen

- SZ2  
Senftenberggalerie



- LP6 Pianner Tunnel



# Nachrechnung

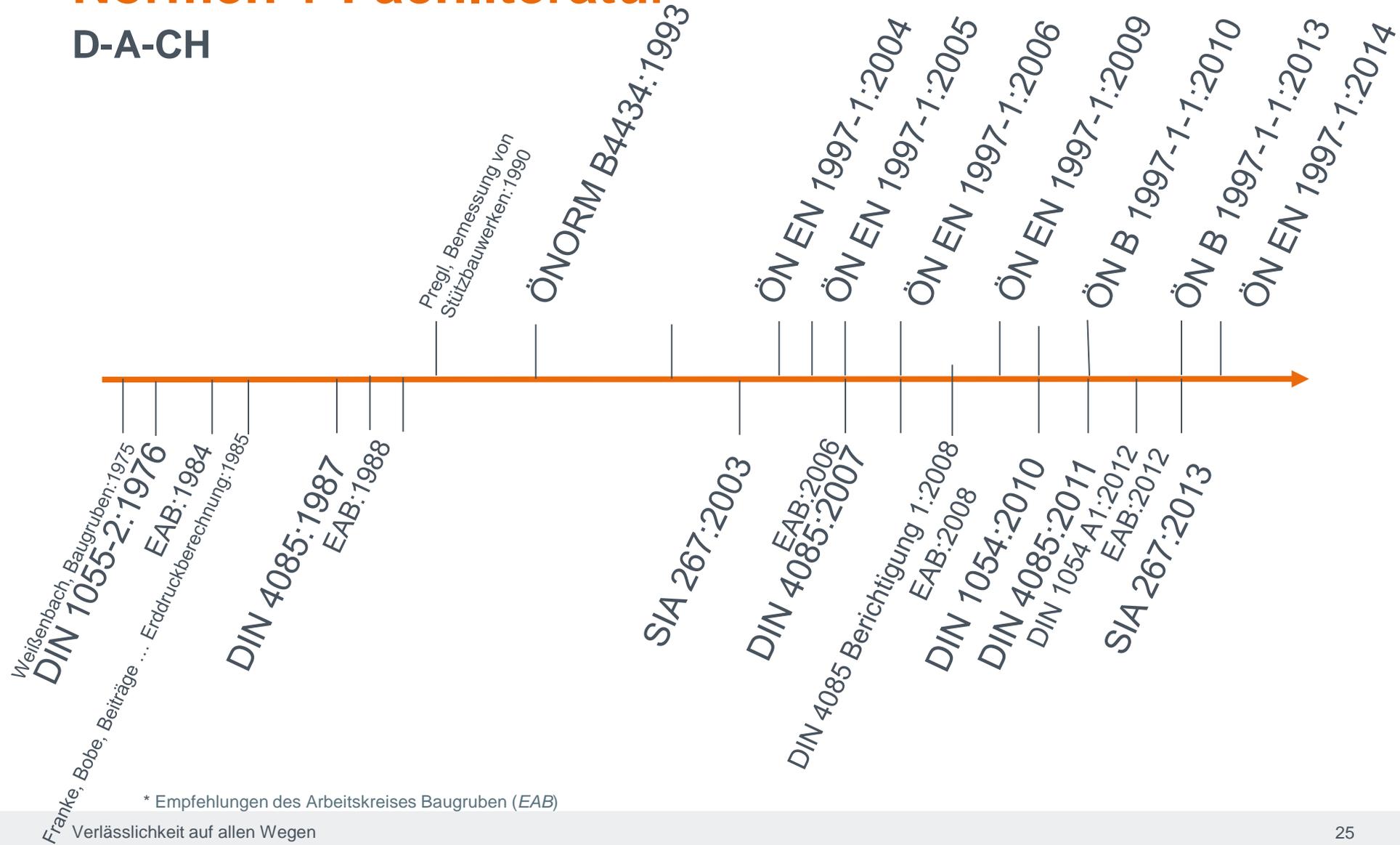
## Auszüge aus dem Leistungsbild

- Ansatz des **erhöhten aktiven Erddrucks** ( $50 \% k_a + 50 \% k_0$ ),
- **Erddruckverlauf** – dreieckförmiger Verlauf und Berücksichtigung von Erddruckumlagerungen (durchgehendes Rechteck, abgestuftes Rechteck  $e_{ho}/e_{hu}=1,5$ , ....
- **Differenzerddrücke** berücksichtigen (unplanmäßige Hinterfüllung bzw. Überschüttung, asymmetrische Erddruckansätze)
- Ständige Bemessungssituationen BS1 gemäß ÖNorm B 1997-1-1:2013
- Schadensfolgeklasse CC3



# Normen + Fachliteratur

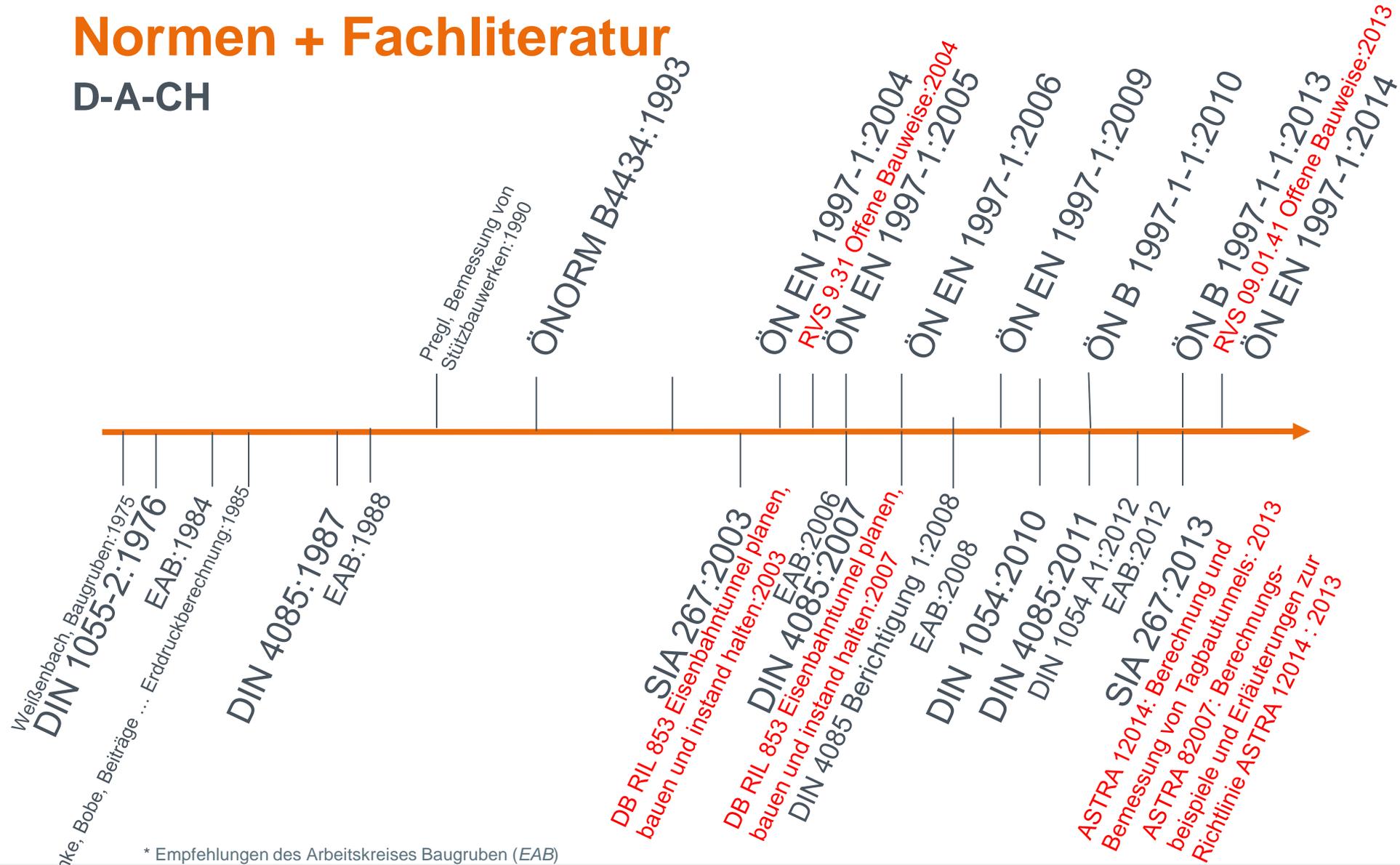
D-A-CH



\* Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)

# Normen + Fachliteratur

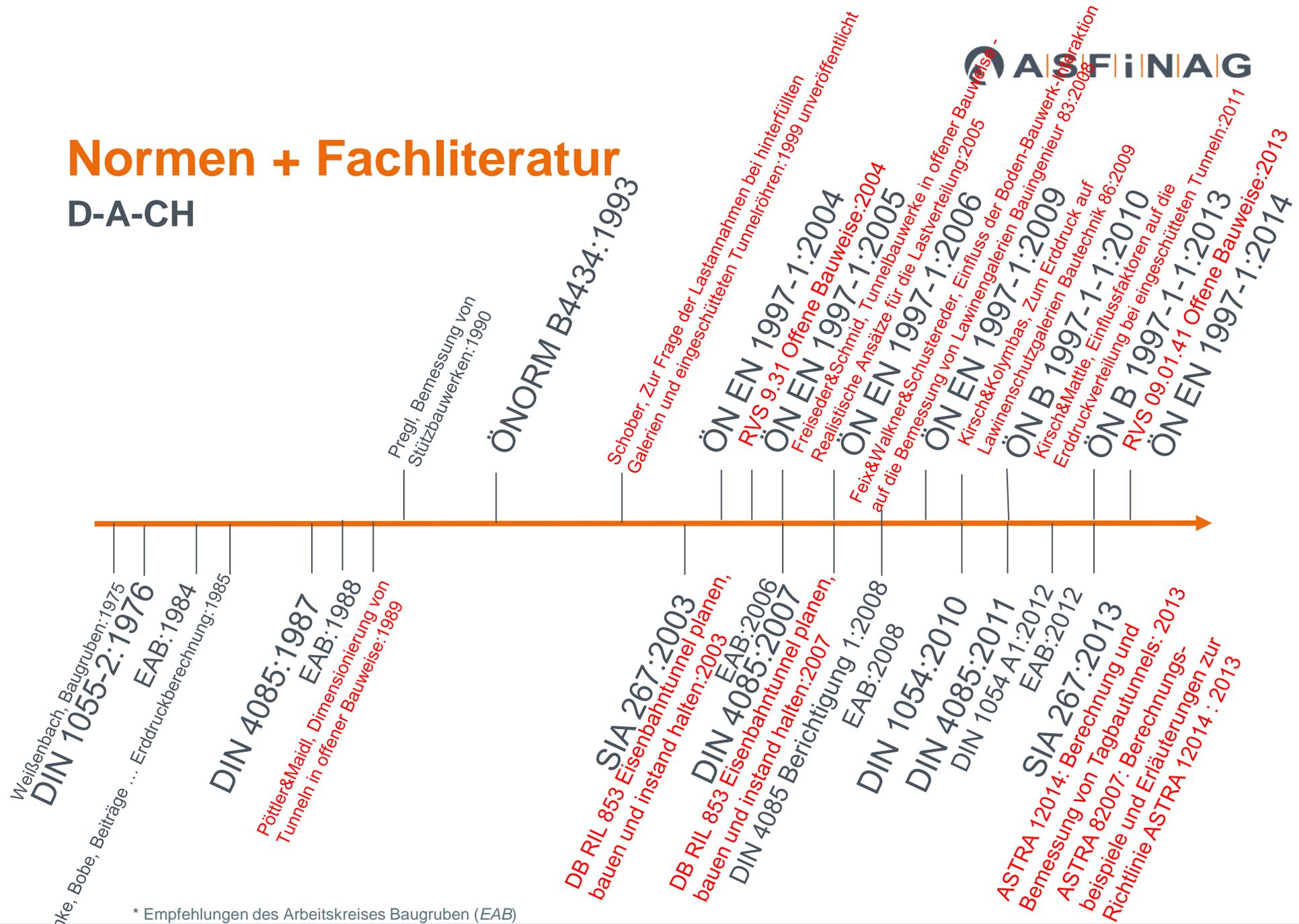
## D-A-CH



\* Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)

# Normen + Fachliteratur

## D-A-CH



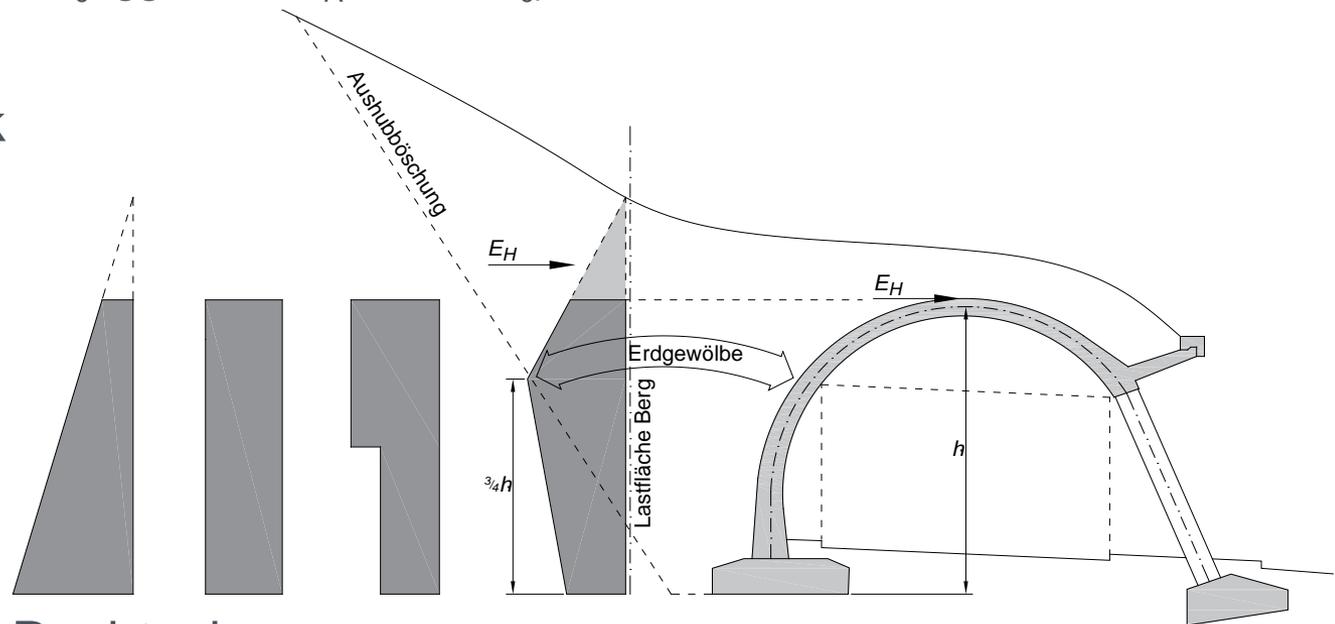
\* Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)

# Erddruckansätze und Erddruckumlagerung

## Vergleich

- Erhöhter aktiver Erddruck  
(50%  $E_A$  + 50%  $E_0$ , ggf. 25%  $E_A$  + 75%  $E_0$ )
- Ruhedruck
- ggf. Kriechdruck

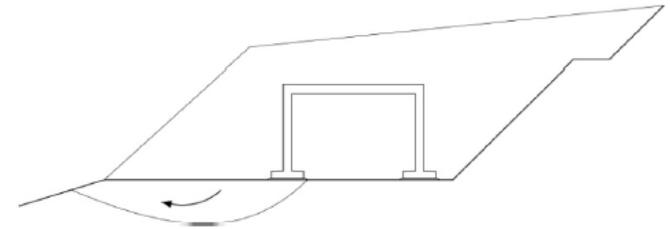
- Dreieck
- Durchgehendes Rechteck
- Abgestuftes Rechteck
- Verlauf nach Schober



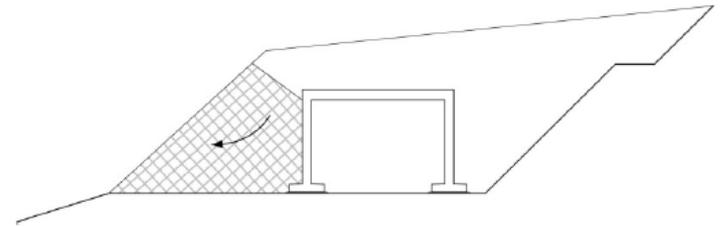
# Versagensszenarien

## Parameterstudien (Beispiele)

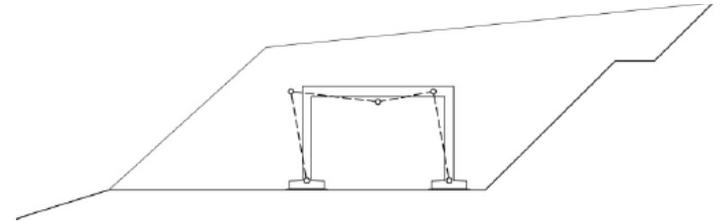
- Beispiele für mögliche Versagensarten



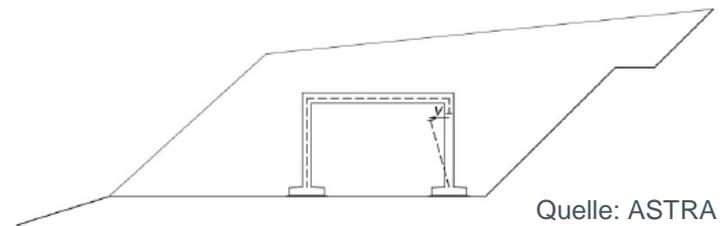
a) Grundbruch



b) Böschungsbruch



c) Versagen der globalen Konstruktion



c) Lokales Bauteilversagen

Quelle: ASTRA

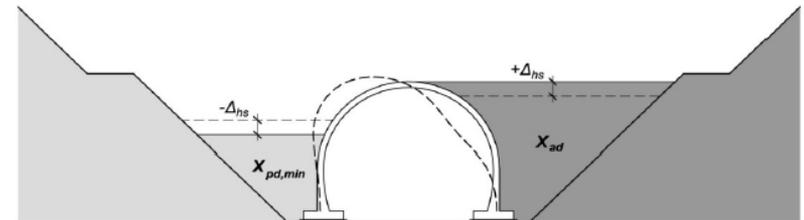
# Versagensszenarien

## Parameterstudien (Beispiele)

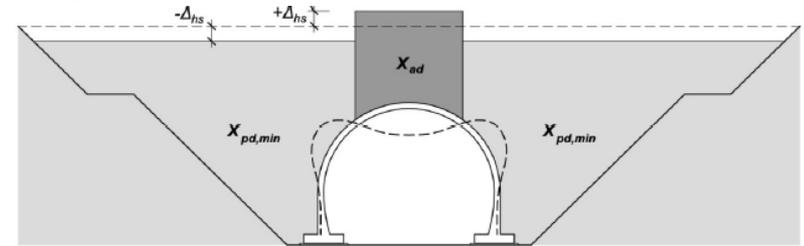
- Differenzzerdrücke

aktive und passive Zonen

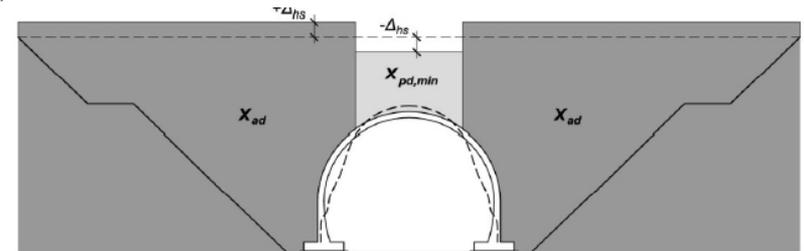
Unsicherheiten über die tatsächliche Geometrie der Hinterfüllung im Bauzustand und Überschüttung im Endzustand



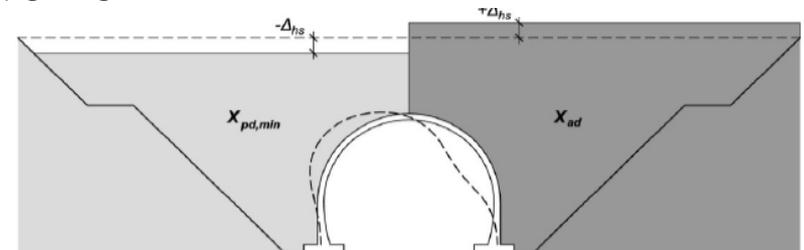
a) Ungleichmäßige Hinterfüllung



b) hohe Firstauflast



c) geringe Firstauflast



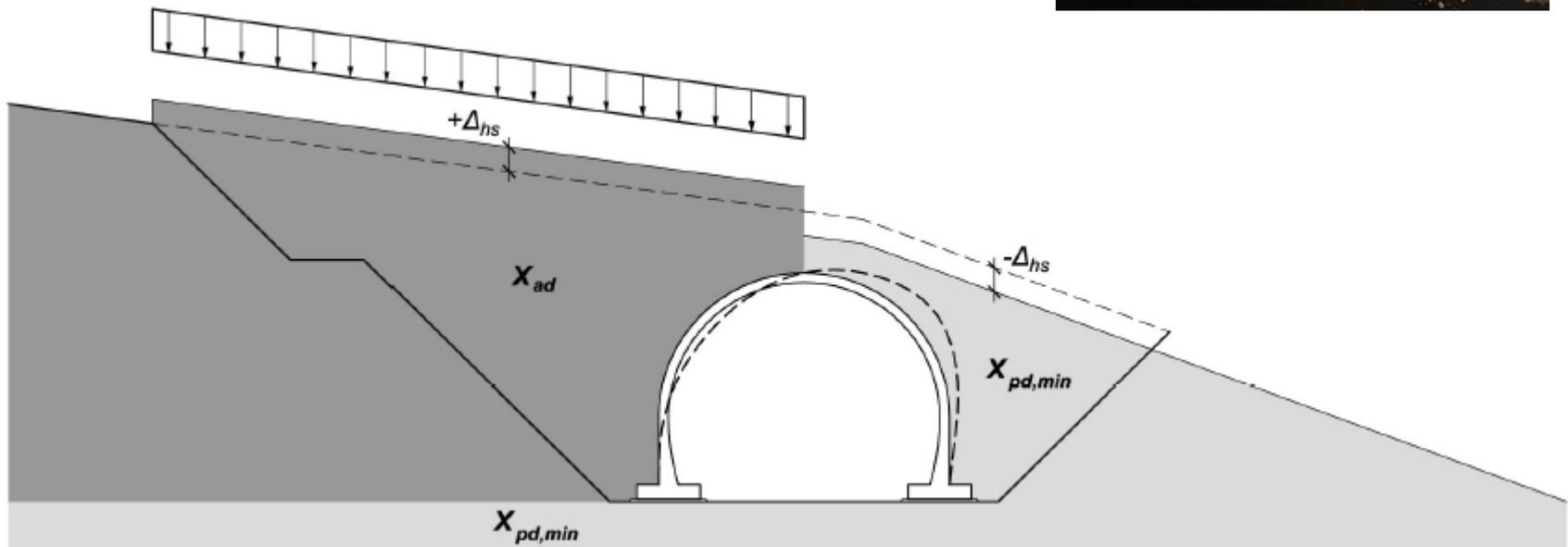
d) Asymmetrische Erddruckansätze

Quelle: ASTRA

# Versagenszenarien

## Parameterstudien (Beispiele)

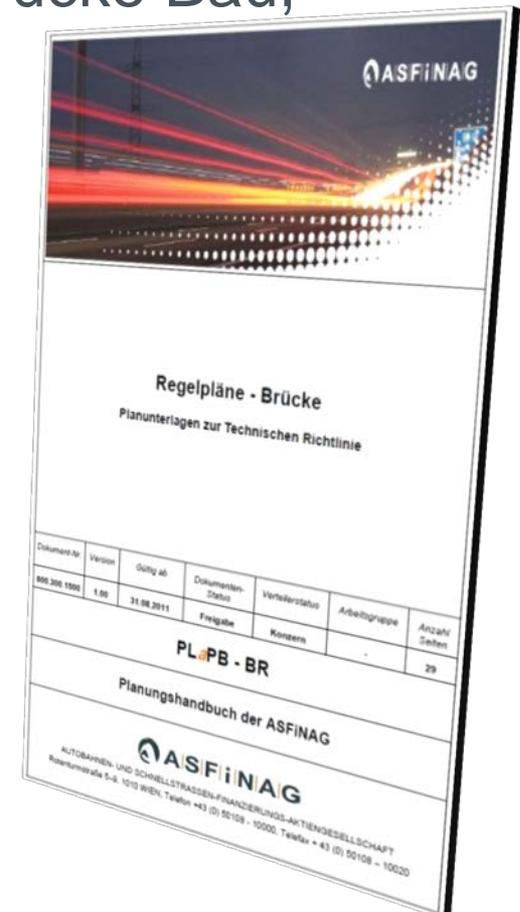
- Kombination von asymmetrischen Belastungssituationen (Geometrie, Hinterfüllung, Auflasten (Verkehrslast, Schnee, Lawine, ...))



Quelle: ASTRA

# Weitere Vorgehensweise

- Festlegungen im Planungshandbuch Brücke Bau, Leitfaden, etc.



# PLaPB - BR

## 800.300.1000 Planungshandbuch Brücke – BAU der ASFINAG:2014

- Erweiterung des Anwendungsbereiches im Allgemeinen

ab V.4

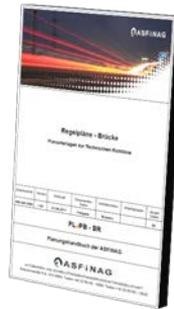
### 4 Anwendungsbereich

#### 4.1 Allgemein

- Das PLaPB - BR ist für die Planung von Brückenbauvorhaben und Stützbauwerken (Galerien, sinngemäß für Tunnel in offener Bauweise, etc. ) und ähnliche Konstruktionen im gesamten Streckennetz der ASFINAG anzuwenden. Beim Entwurf von Bauwerken im Zuge anderer Infrastrukturträger sind auch die hierfür vorhandenen Vorschriften zu beachten (z.B. RVE, Regelplanung für Eisenbahnbrücken, Regelplanung der einzelnen Bundesländer).

# Erarbeitete Festlegungen für das Planungshandbuch Brücke Bau V.4

- Die nachfolgenden Ansätze sind nur dann anzuwenden, wenn **keine Kriechdrücke** berücksichtigt werden müssen und die **Überschüttung <3m** (keine Dammlagerung) beträgt.
- Für die **Ermittlung des Erddruckes** auf die vertikale Ersatzebene bei Galerien, Tunnel in offener Bauweise, etc. hat, derzeit im Sinne **gemäß ÖNORM B 4434 (Ausgabe 1993)** und DIN 4085 (Ausgabe 2011) unter **Berücksichtigung der RVS 09.01.41**, zu erfolgen.
- Es ist die Berücksichtigung eines erhöhten aktiven Erddruckes, gemäß ÖNORM B 4434 (Ausgabe 1993) Kap. 6.2 (bzw. DIN 4085 Tab. A.2), mit **mindestens  $e = 0,5 \cdot e_0 + 0,5 \cdot e_a$**  einschließlich einer Erddruckumlagerung gemäß Kap. 9.2, sachverständig und objekts- bzw. bauteilbezogen festzulegen. Bei sehr verformungsarmen Bauwerken ist gemäß obiger Angaben mindestens  **$e = 0,75 \cdot e_0 + 0,25 \cdot e_a$**  anzusetzen.
- Für die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit ULS (STR) sind auch Einwirkungskombinationen mit wechselweisen Einwirkungen aus ständig günstigen und ständig ungünstigen Beanspruchungen für die Bauteilbemessung zu berücksichtigen.
- Werden numerische Berechnungen durchgeführt, dann sind die Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR und GEO) zu mindestens mit jenen Einwirkungen zu führen die oben definiert sind.
- Im Sinne einer Grenzwertbetrachtung (Erhöhung der Sicherheit) ist bei geneigtem Gelände **talseitig nur der aktive Erddruck** (Dreieckverteilung) anzusetzen.
- Bei Bestandstragwerken sind in Abstimmung mit dem ASFINAG gemeinsame projektsspezifische Festlegungen zu treffen.



# PLaPB - BR

## 800.300.1000 Planungshandbuch Brücke - BAU der ASFINAG: ab 2014

- Ergänzungen

NR.	STICHWORT	GRUNDLAGE		FESTLEGUNG - ERGÄNZUNG - ANMERKUNG
		NR.	BEZEICHNUNG	
3	Berechnungsangaben - Brückenneubau, Stützbauwerke, ...			<p>- Geotechnische Berechnungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Für geotechnische Berechnungen (Gründungen, Stützbauwerke) sind derzeit in Eurocode 7 die ÖNORMEN EN 1997-1, EN 1997-2 und B1997-1-1 vorhanden.</li> <li>Für die Ermittlung des Erddruckes auf die vertikale Ersatzebene bei Galerien, Tunnel in offener Bauweise, etc. hat, derzeit im Sinne gemäß ÖNORM B 4434 (Ausgabe 1993) und DIN 4085 (Ausgabe 2011) unter Berücksichtigung der RVS 09.01.41, zu erfolgen. Die nachfolgenden Ansätze sind nur dann anzuwenden, wenn keine Kriechdrücke berücksichtigt werden müssen und die Überschüttung &lt;3m (keine Dammlagerung) beträgt. Es ist die Berücksichtigung eines erhöhten aktiven Erddruckes, gemäß ÖNORM B 4434 (Ausgabe 1993)</li> </ul>



# PLaPB - BR

## 800.300.1000 Planungshandbuch Brücke – BAU der ASFINAG:2014

- Ergänzungen

NR.	STICHWORT	GRUNDLAGE		FESTLEGUNG - ERGÄNZUNG - ANMERKUNG
		NR.	BEZEICHNUNG	
3	Berechnungsangaben - Brückenneubau, Stützbauwerke, ...			<p>Kap. 6.2 (bzw. DIN 4085 Tab. A.2), mit mindestens <math>e = 0,5 \cdot e_0 + 0,5 \cdot e_a</math> einschließlich einer Erddruckumlagerung gemäß Kap. 9.2, sachverständig und objekts- bzw. bauteilbezogen festzulegen. Bei sehr verformungsarmen Bauwerken ist gemäß obiger Angaben mindestens <math>e = 0,75 \cdot e_0 + 0,25 \cdot e_a</math> anzusetzen.</p> <p>Für die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit ULS (STR) sind auch Einwirkungskombinationen mit wechselweisen Einwirkungen aus ständig günstigen und ständig ungünstigen Beanspruchungen für die Bauteilbemessung zu berücksichtigen.</p> <p>Werden numerische Berechnungen durchgeführt, dann sind die Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR und GEO) zu mindestens mit jenen Einwirkungen zu führen die oben definiert sind.</p>



# PLaPB - BR

## 800.300.1000 Planungshandbuch Brücke – BAU der ASFINAG:2014

- Ergänzungen

NR.	STICHWORT	GRUNDLAGE		FESTLEGUNG - ERGÄNZUNG - ANMERKUNG
		NR.	BEZEICHNUNG	
3	Berechnungs- angaben - Brü- ckenneubau, Stützbauwerke, ...			<p>Im Sinne einer Grenzwertbetrachtung (Erhöhung der Sicherheit) ist bei geneigtem Gelände der Widerstand talseitig auf die Größe des aktiven Erddruckes (Dreieckverteilung) zu begrenzen.</p> <p>Bei Bestandstragwerken sind in Abstimmung mit dem ASFINAG gemeinsame projektspezifische Festlegungen zu treffen.</p>



# Umsetzung der Festlegungen

z.B. A10 EH Zederhaus etc.



# Fachliteratur

- Schober, Zur Frage der Lastannahmen bei hinterfüllten Galerien und eingeschütteten Tunnelröhren, unveröffentlicht 1999, Universität Innsbruck, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften
- Kluibenschedl, Erddruckannahmen bei Tunnel in offener Bauweise mit einseitig eingeschüttetem Gewölbequerschnitt, Christian Veder Kolloquium 2005
- Freiseder, Schmid, Tunnelbauwerke in offener Bauweise Realistische Ansätze für die Lastverteilung, Christian Veder Kolloquium 2005
- Walkner, Diplomarbeit Bemessung einer Lawinengalerie nach Eurocode unter Berücksichtigung verschiedener Erddruckansätze, 2007
- Kirsch, Kolymbas, Zum Erddruck auf Lawinenschutzgalerien Bautechnik 86, 2009
- Kirsch, Mattle, Einflussfaktoren auf die Erddruckverteilung bei eingeschütteten Tunnel, Baustatik-Baupraxis 11, Innsbruck 2011
- Rudolf-Micklau, Sauermoser, Handbuch Technischer Lawinenschutz, Kap. 8.4.7 Bemessung von Lawinenschutzgalerien, 2011
- ...



asfinag.at