



**A világ leghosszabb alagútja:**

# **Gotthárdbázisalagút**

## **tervezése, kivitelezése és tapasztalai**

**felavatása: 2016 június 1.**

**Andráskay Ede okl. építőmérnök ETH/SIA  
Zürich**

## Tartalom

- **miért építünk alagutakat?**
- a projekt bemutatása
- bázisalagutak főproblémái
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás, biztosítás, belső-szerkezetek
- tapasztalatok
- költségek / terminusok

## Miért építünk alagutakat?

- **17- 20-dik században (út, hajó, vasút):**
  - akadályok (hegység, folyó) áthidalására
  - út, vasút biztonságának az emelésére (hó lavina és kőomlás)
  
- **20- és 21 században:**
  - gyorsabb összeköttetés (még-gyorsabb és -kényelmesebb)
    - pl. Hauenstein 3x (561m.ü.m; l=2495m; 452/8134; 410/12km)
  - táj- környezet-, zajvédelem



**hajóalagutak: 19 sz.: burgundi csatorna**



**L= 242 km**

**alagút:  
l=3.3km**

**1825-1832**

**200 halott**

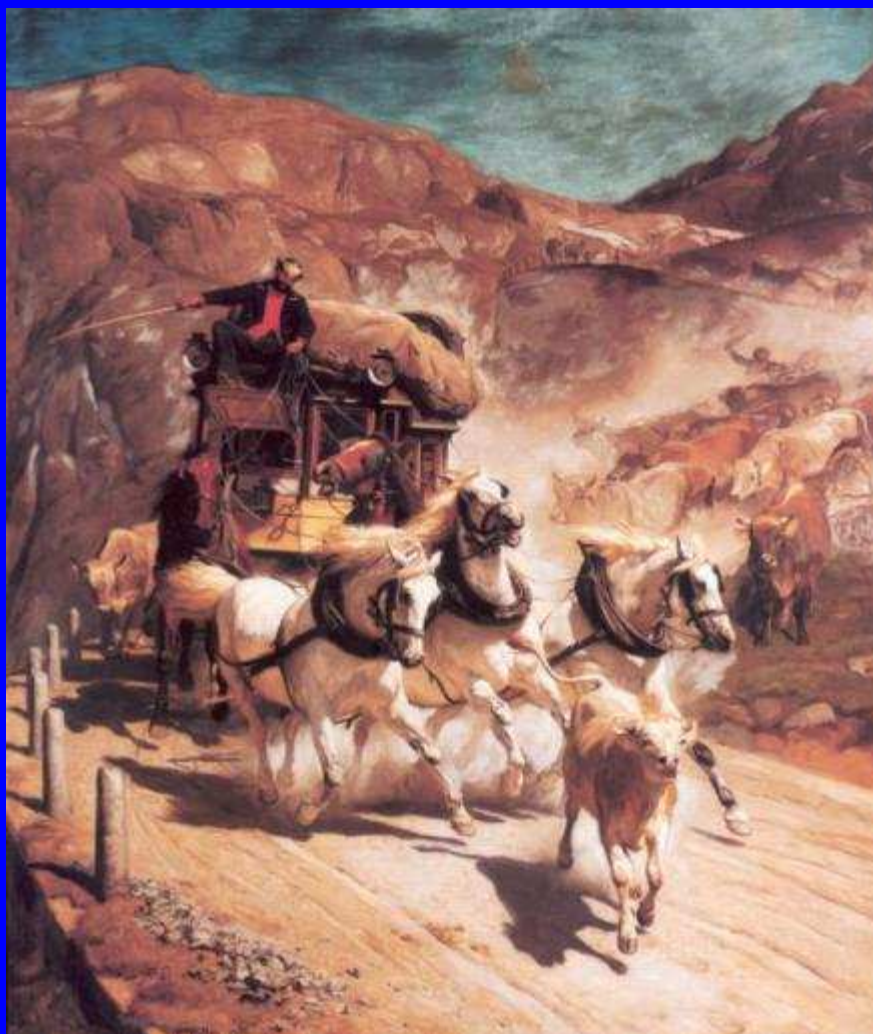


**Urnerloch 1790** (épült 1707)



Saumkolonne beim Urnerloch, 1790.

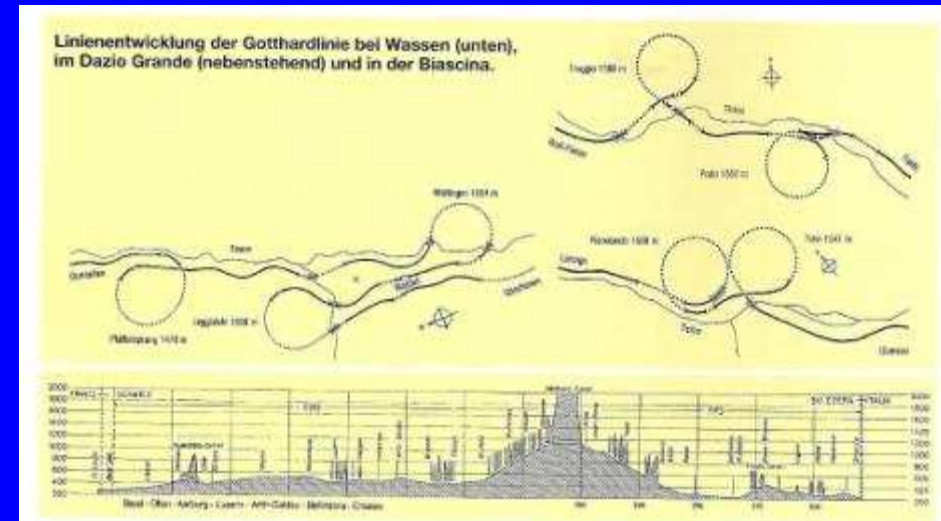
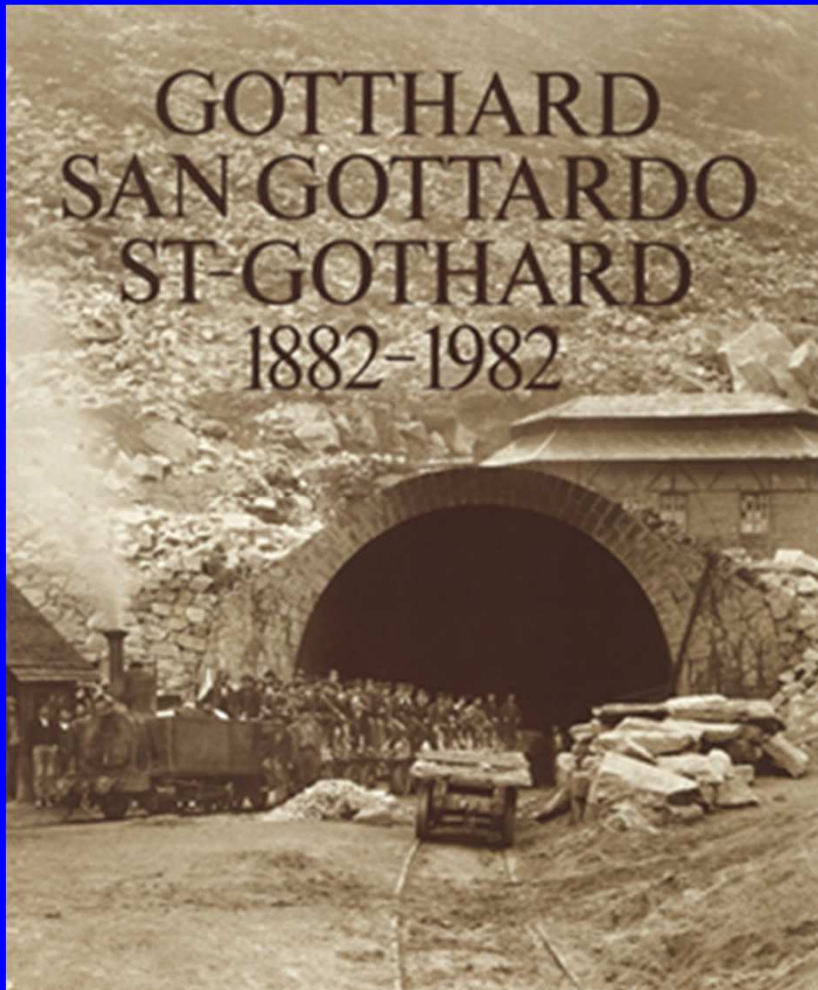
**Gotthardpost** (Koller 1874)



hágóút: 1831



## Gotthárd vasúti alagút (1872-1882)



**Kehrtunnels Wassen**

**Tunnellänge: 15 km**

**Anzahlarbeiter: 3800**

**Tote: 307**

**Durchschlag:  $q=33\text{cm}$ ;  $h=5\text{cm}$ ;  $l=760\text{cm}$**



## Útazási-idejő: Basel-Chiasso

100 Std

1831

1882

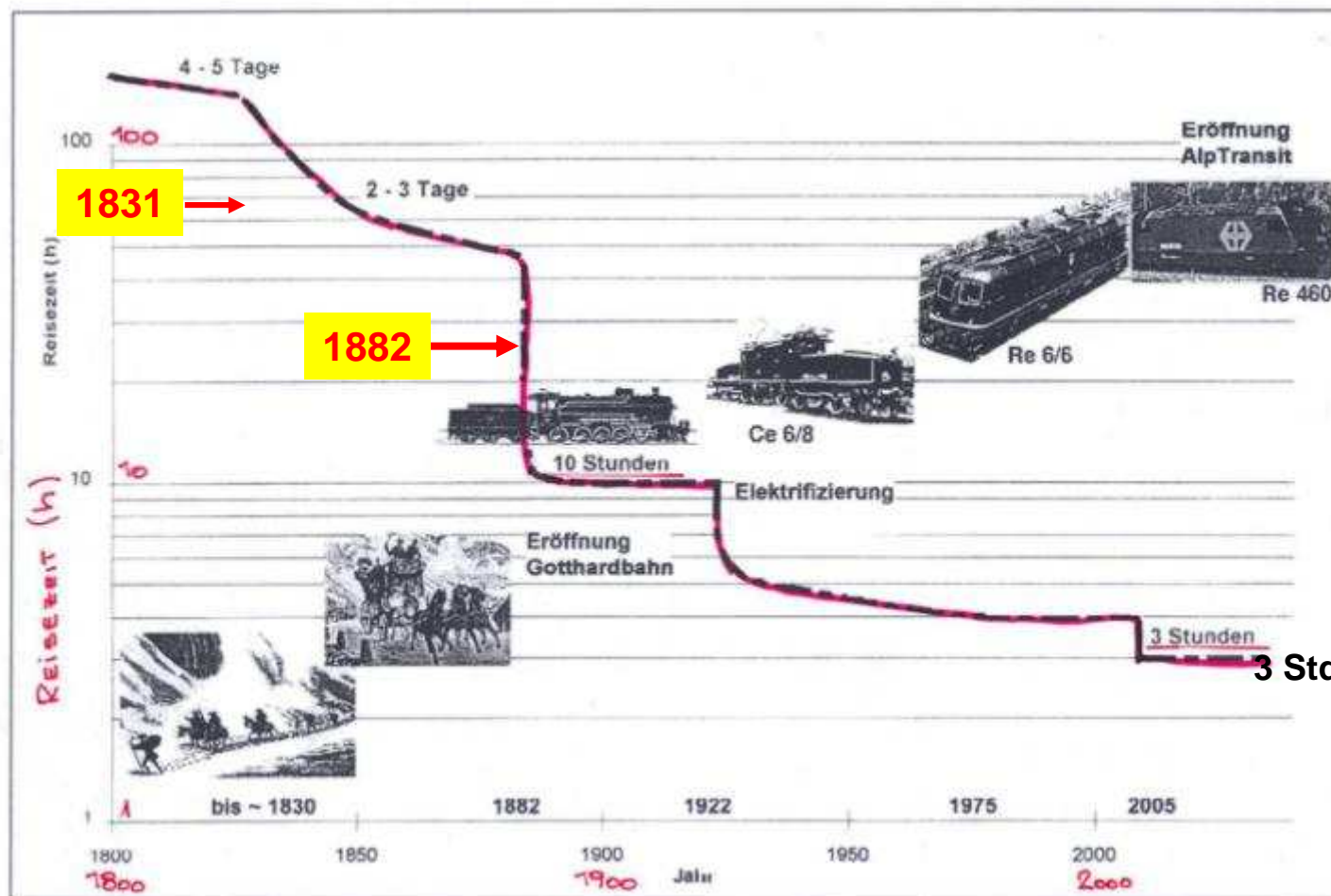
10 Std

1800

1900

2000

2016 szeptember



## Miért építünk bázislagutakat (talpalagút)?

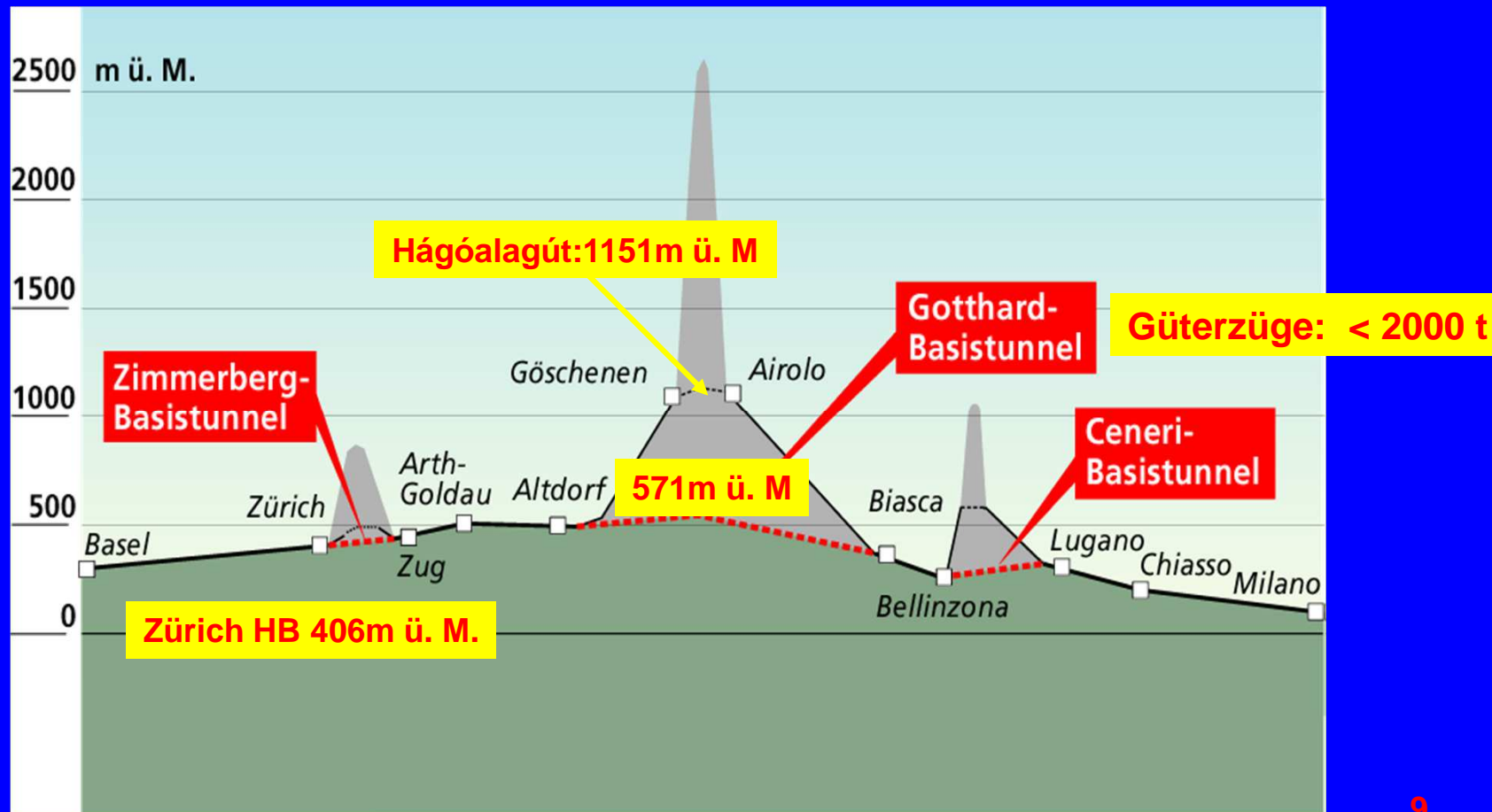
- **nagyobb sebesség (személy és tehervonatok)**  
(ZH- Milano csak 2:40 óra a mai 4:10 helyett)
- **kisebb magasságkülönbség**
- **kisebb emelkedés  $i < 12.5$  o/oo**
- **egyszerűbb vonalvezetés, rövidebb vonalvezetés**

## Miért építünk bázislagutakat (talpalagút)?

- **észak-dél teherforgalom: teherautókat > a vasútra**
- **nem kell második, harmadik mozdonyt rákapcsolni a tehervonatoknál  $s \geq 2000t$**
- **mai tehervonatok: 4000t és 1500m hosszú!**
- **kevesebb energia ! üzemeltetés: 100 év!**



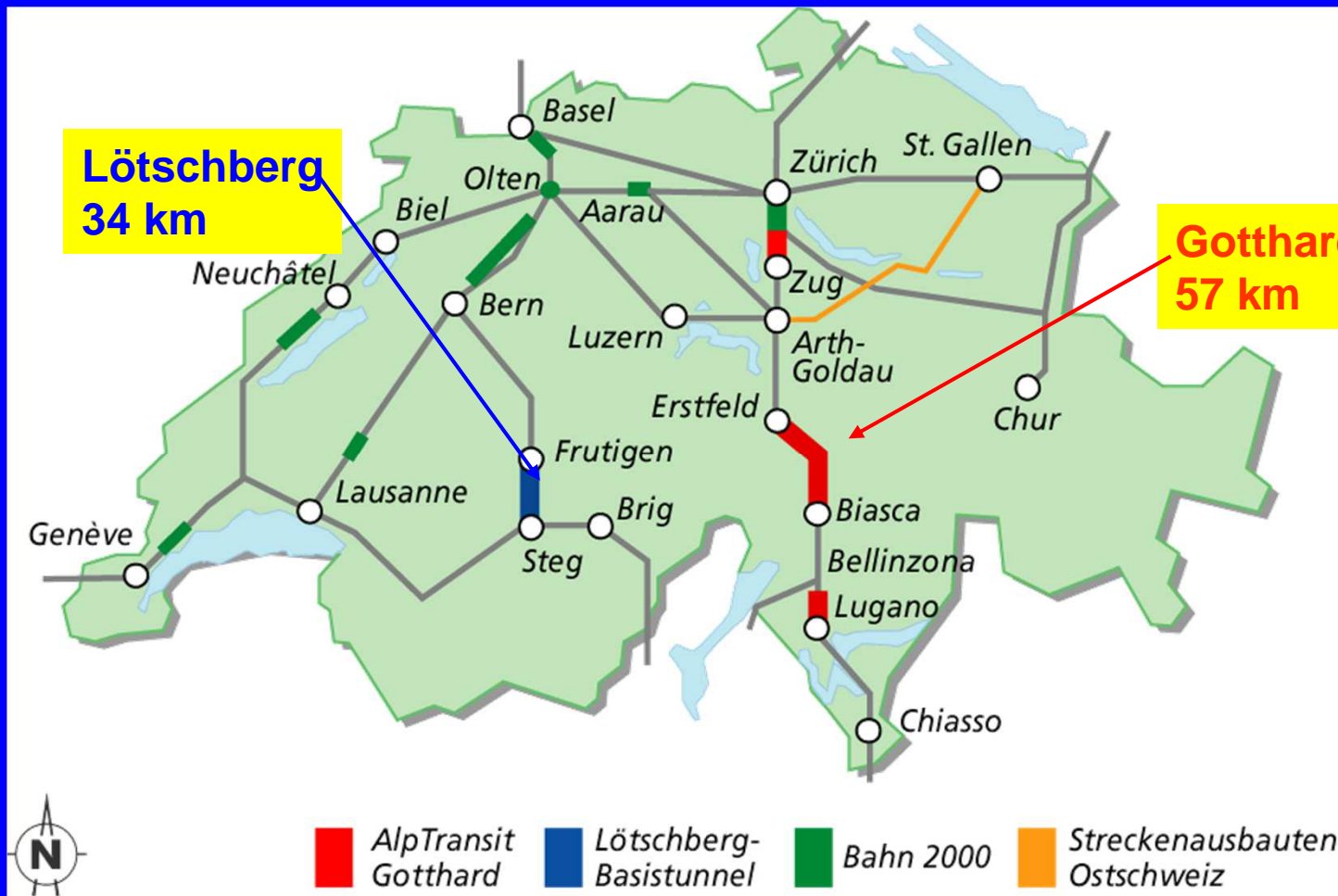
## Gotthard: Hágó- és talpalagutak



## Tartalom

- miért építünk alagutakat?
- **a projekt bemutatása**
- bázisalagutak főproblémái
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás, biztosítás, belső-szerkezetek
- tapasztalatok
- költségek / terminusok

## Svájc: a két új vasút vonal az alpok alatt





## Az alagútak adatai

	Gotthard ( GBT )	Lötschberg	Total
alagút hossza	57 km	34 km	91 km
összhosszúság	152 km	92 km	244 km
keresztmetszet	2 x 70 m <sup>2</sup>	2 x 70 m <sup>2</sup>	
max. emelkedés	12.5 ‰	13 ‰	
legmagasabb pont	571 m	828 m	
takarási mélység	2300 m	2000 m	
elő- és főmunkák kezdése	1996/2001	1994/1999	
üzemeltetés	2016	2007	
munkások	2100	1850	
költségek (bázis 1998)	9.7 Mrd CHF	4.3 Mrd CHF	14.0 Mrd CHF

GBT:bázis 2015: 12.2 Mrd CHF ► 11 Mrd € ► 3.4 bio HUF kb. 8x Metro M4:452 mrd HUF

## Gotthárdbázisalagút: vonalvezetés helyszínrajz

alagút hossza: 56.8 km

$v=250-300\text{km/h}$

körív  $\geq 5000\text{m}$

$I_{\text{max}} \leq 6\text{‰}$

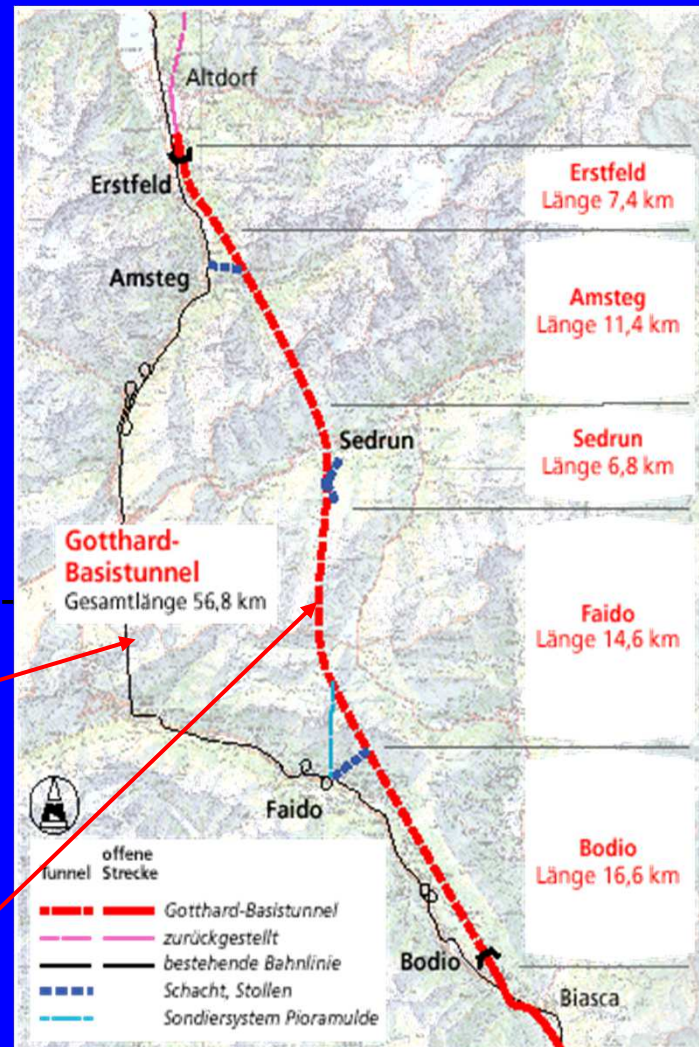
topográfia

köztes nyitópont

geológia

bestehender Gotthardtunnel

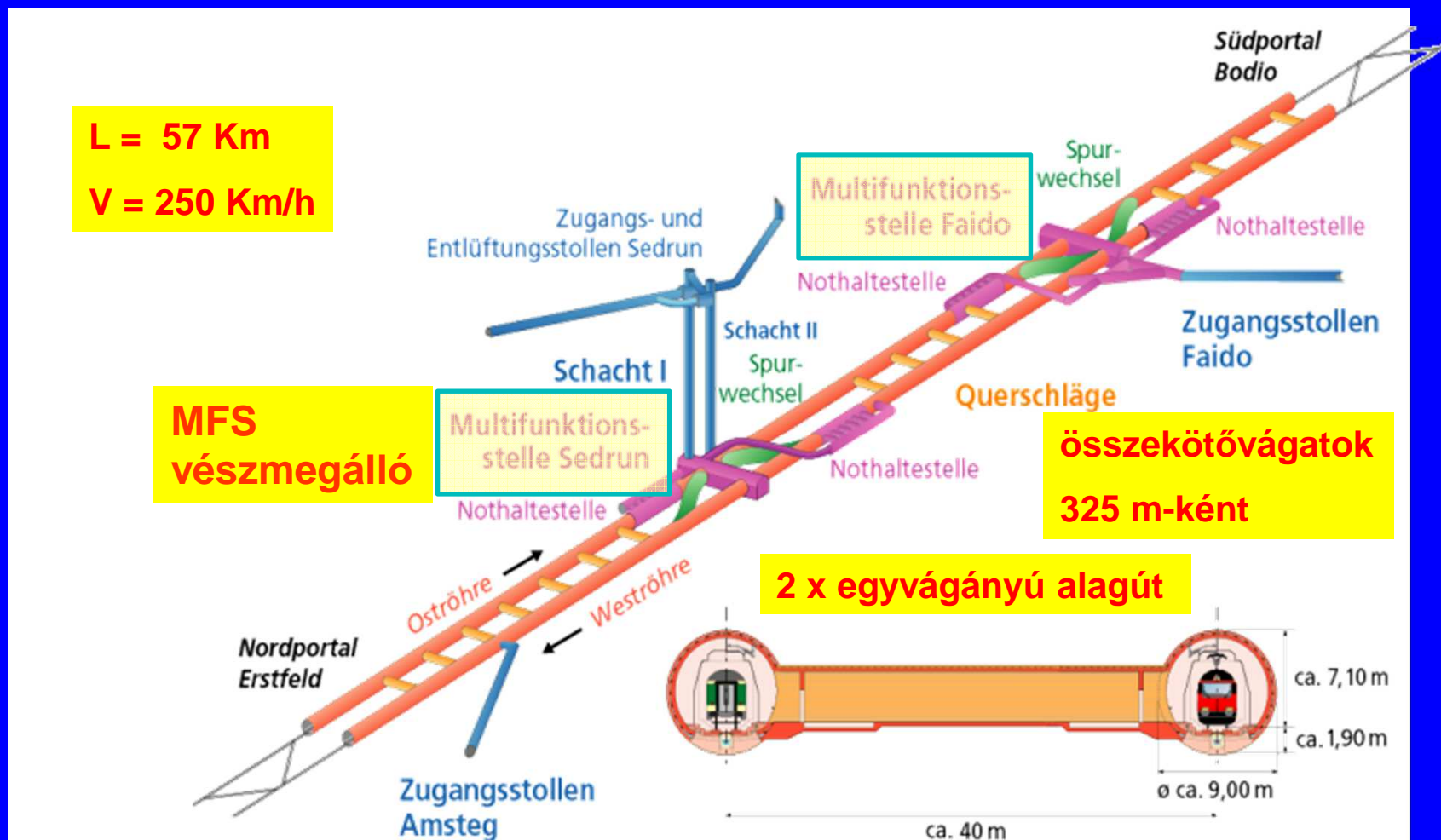
Pioramulde legkeskenyebb!



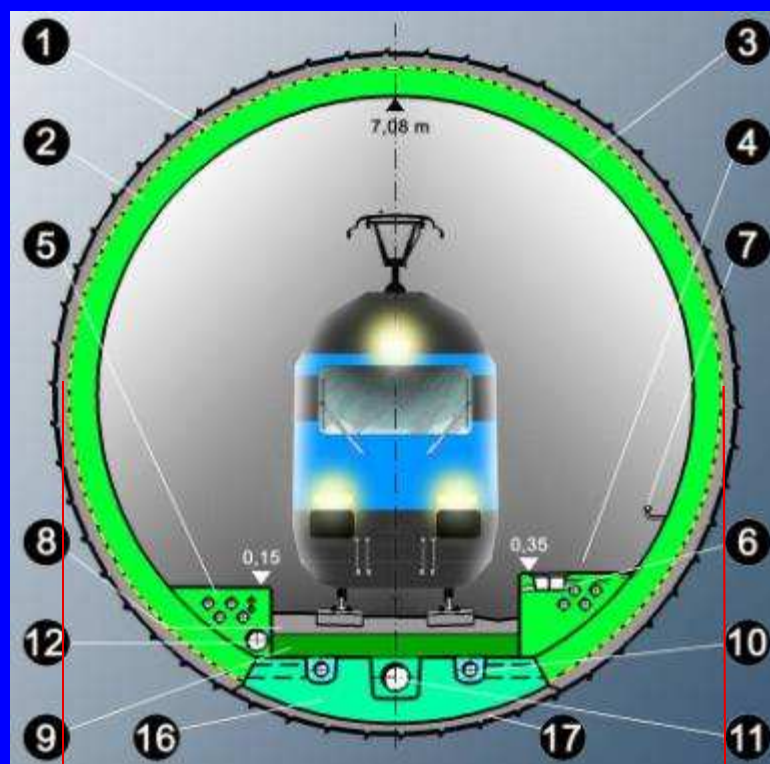
portál Erstfeld

portál Bodio

## Gotthard, (Lötschberg): alagúrendszer



## Mintakeresztmetszet: TBM



- 1) kőzet horgony, löttbeton, acélív, acélháló
- 2) drénréteg + szigetelő fólia
- 3) betonboltozat
- 4) járda 7) korlát
- 9) vágány beton talplemeze
- 10), 11) drén/víz levezetés
- 12) üzemeltetési (baleseti) víz

$\varnothing = 8.9 - 9.58 \text{ m}$

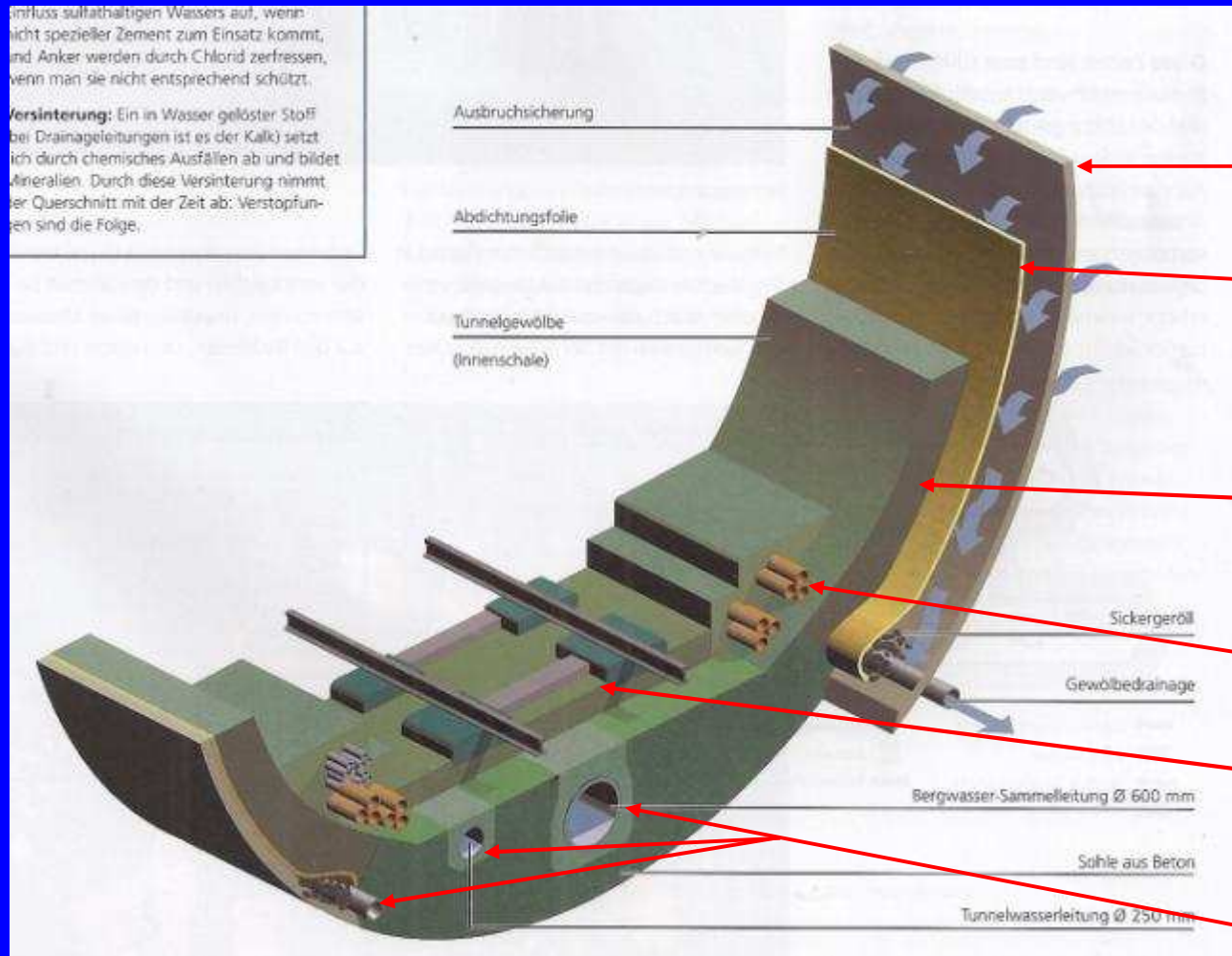
$F_{\text{air}} \geq 40 \text{ m}^2$



## Keresztmetszet felépítése

Einfluss sulfathaltigen Wassers auf, wenn nicht spezieller Zement zum Einsatz kommt, sind Anker werden durch Chlorid zerfressen, wenn man sie nicht entsprechend schützt.

**Versinterung:** Ein in Wasser gelöster Stoff bei Drainageleitungen ist es der Kalk) setzt sich durch chemisches Ausfällen ab und bildet Mineralien. Durch diese Versinterung nimmt der Querschnitt mit der Zeit ab: Verstopfungen sind die Folge.



biztosítás

szigetelőfolia

belső betonboltozat

kabelok

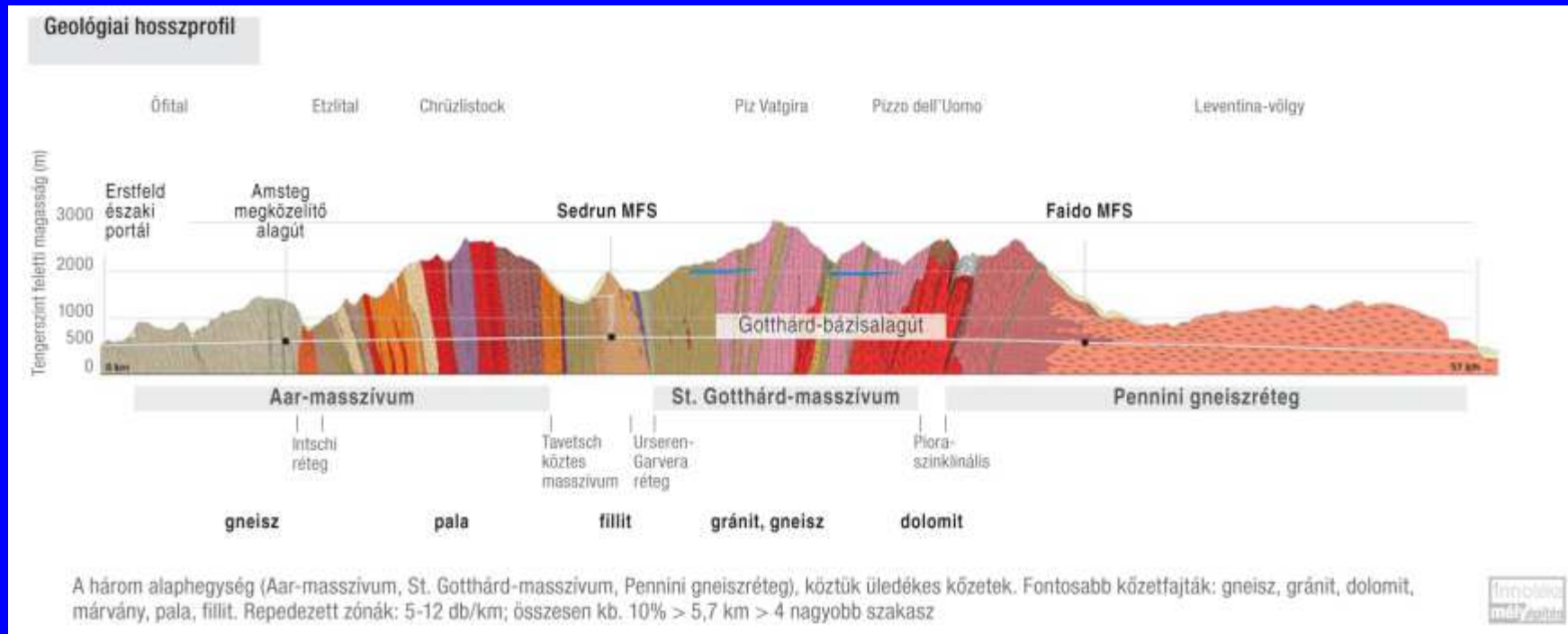
sínek  
betonlemezen

vízlevezetések

2016 szeptember



## Geológiai hosszszelvény



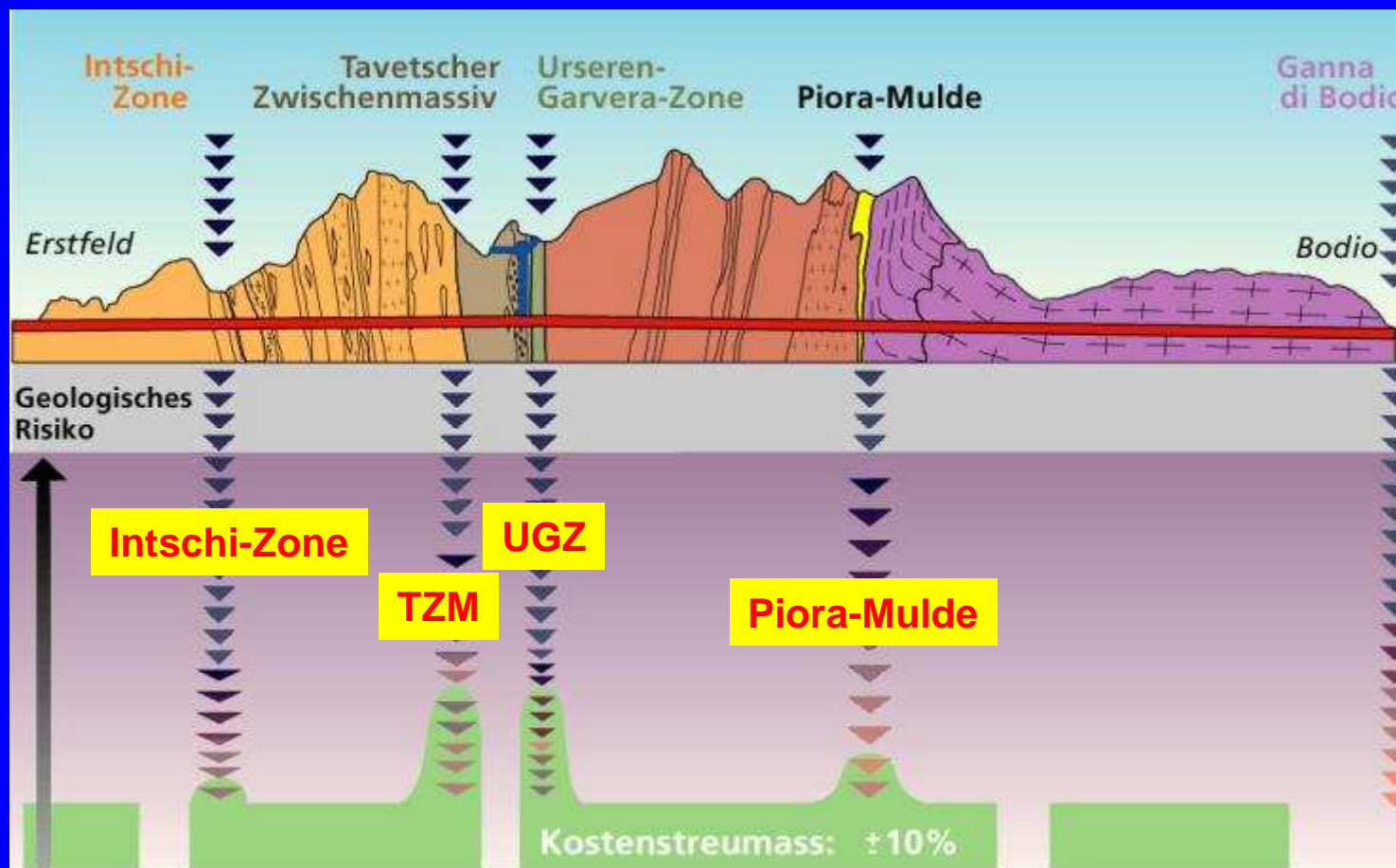
**három alaphegység ( Aar-, Gotthard-, penninische Gneiszone); köztük üledékes kőzetek**

**fontosabb kőzet fajták: gneisz, granit, dolomite, márvány, palák, fillite**

**repedezett zónák: 5-12 db/km; total ca. 10% > 5.7km!! > 4 nagyobb szakasz**

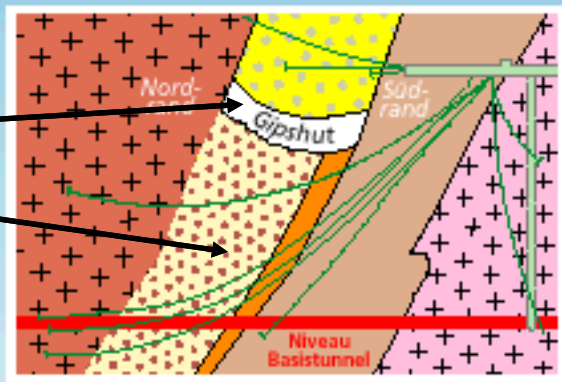
2016 szeptember

## Gotthard: geológia rizikó zónák (felismert)

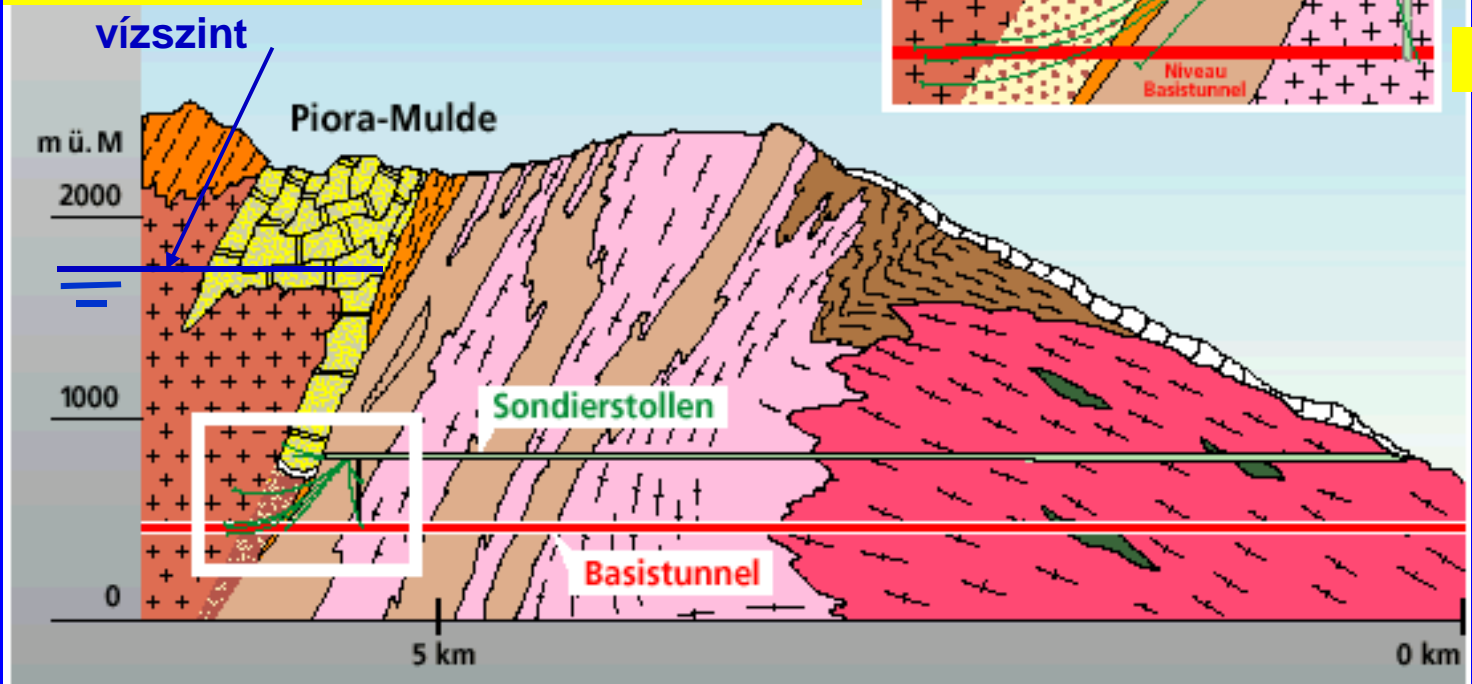


# Gotthard: Geol. /Sondiersy. Pioramulde 1993/98

prognózis: dolomit > kristálycukor  
1000m víznyomás  
eredmény: «gisz kalap» >>  
kemény dolomit  
nincs víz



◀ Sondierstollen  
+ 19 Bohrungen  
◀ Basistunnel



350m

## Gotthard: Pioramulde: 1996/3 Víz-kőzetbeomlás



31.03 1996: während der Sondierungen:

**Wasser- + Schlammereinbruch in den Sondierstollen** durch die Sondierbohrung  $\varnothing=96\text{mm}$ , kein Schnellverschluss trotz Anweisungen!

**ca 5600m<sup>3</sup> Material, 90 atü Wasserdruck**

**TBM vollständig zugedeckt!!**

**„Im schlimmsten Fall kann der Tunnel gar nicht gebaut werden, im besten Fall entstehen Mehrkosten von Milliardenhöhe.“ !**

## Tartalom

- miért építünk alagutakat?
- a projekt bemutatása
- **bázisalagutak főproblémái**
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás, biztosítás, belső-szerkezetek
- tapasztalatok
- költségek / terminusok



## Bázislagútak főproblémái

- nagy hosszúság
- köztes nyitópontok (vágatokkal aknákkal) lehetősége
- különleges üzemeltetési és biztonsági berendezések
- logisztika az építés alatt
  
- nagy takarási mélység:  $\geq 1500\text{m}$
- valódi hegnyomás (lepattogzás,plasztikus benyomódás)
- magas hőmérséklet
- alagúthajtási-módszer választása  $> \delta$

## Bázislagútak főproblémái

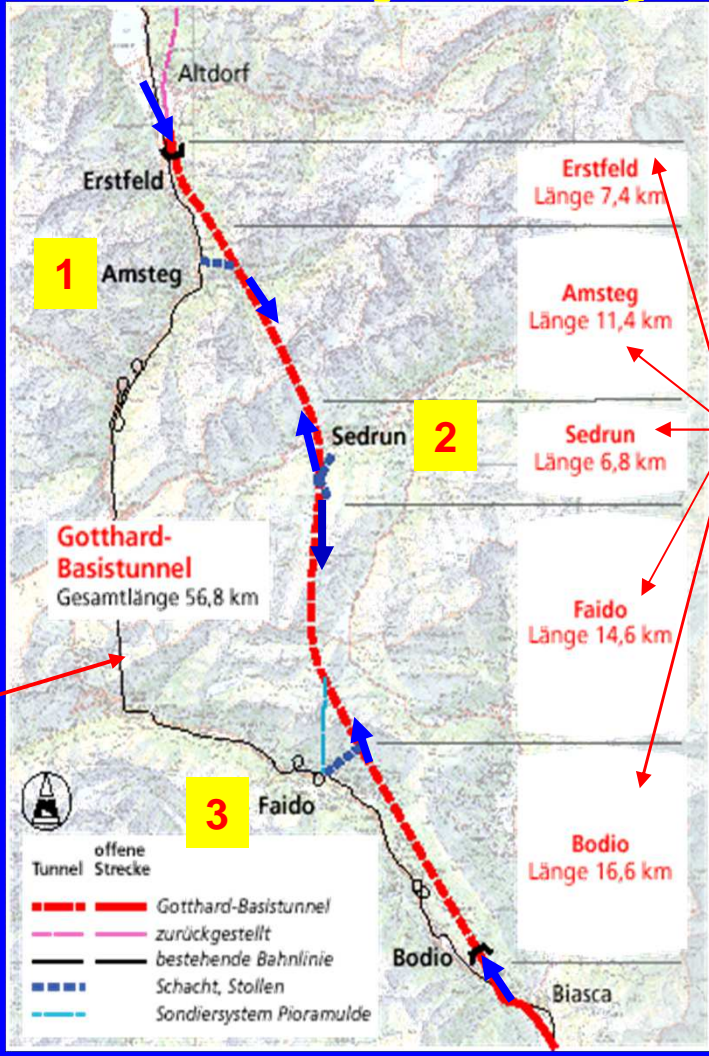
- közeli vízzárógátak veszélyeztetése
- **Geológia** (puha kőzet, töredezett zónák)
- **Hydrologia**: vízbetörés (mennyiség, helye)

# Gotthárdbázisalagút

## Gotthard: vonalvezetés helyszínrajz

Tunnellänge: 56.8 km

köztes nyitópontok:  
 1 Amsteg h= 1.28 km  
 2 Sedrun akna m= 800 m  
 3 Faido h=2.7 km  
 hajtásirány: →



portál Erstfeld

az 5 szakasz

portál Bodio

bestehender Gotthardtunnel

## Logisztika az építés alatt: nagy távolság miatt!

- portál és fejtési homlok közötti távolság nagyon nagy (15-30 km!)
- kitört kőzet szállítása csak szállítószalaggal vagy sínes-módon (csillék) lehetséges
- építőanyagok beszállítása sínen vagy kombinálva (tehergépkocsival)
- jó szervezés, üzemeltetés szükséges!

## Valódi hegnyomás

- a kibontott üreg körül a feszültségek meghaladják a a közet nyomószilárdságát
- általában ha **takarási mélység nagyobb mint 1500m**
- szilárd közetben: **lepattogzás** (hirtelen, nagy durranással)



## Valódi hegnyomás

- kisebb szilárdságú kőzetben: lassú **plasztikus deformáció** (Gotthard: konv.:  $\emptyset = 40\text{cm}$ , max:  $80\text{cm}$ , 5-7% a hosszak > kb.  $3\text{km}!!$ ); túlfejtés szükséges (mérések alapján) vagy utólagos átépítés!!
- Sedrun: speciális acélívek > jól bevált! ▶
- Faido: 1-2 x átépítés szükséges > sok idő és pénz!

## Faido: valódi hegnyomás lepattogzás



# Faido: valódi hegnyomás, plaszt. benyomódás

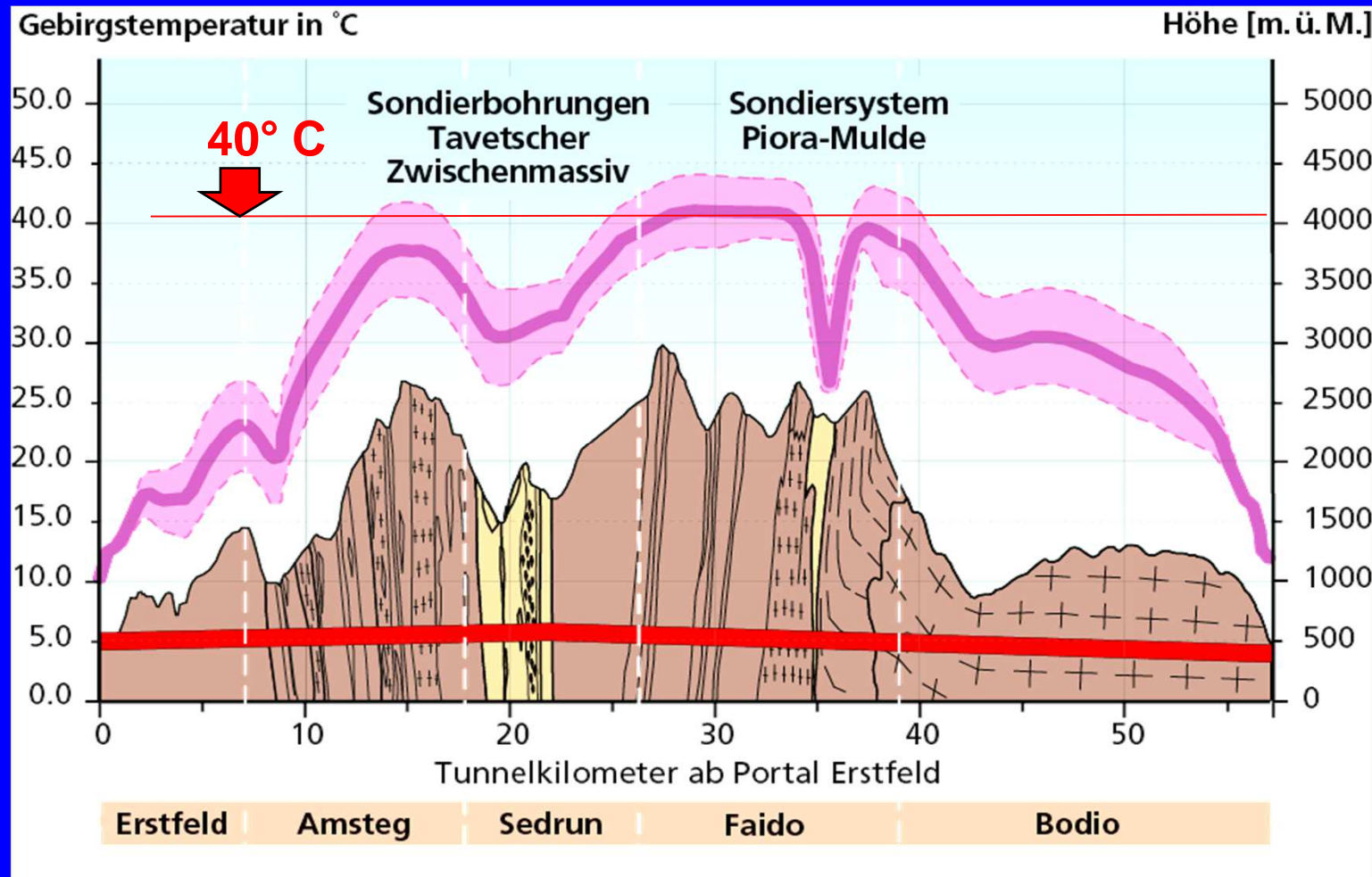


Alptransit Gotthard-Basistunnel (Los Faido)

**konvergencia:  
60-80cm  
átépítés!**



## Gotthard: Hegység hőmérsék. az alagútszintjén



Kühlung:  
Arbeitsst.  
auf 28°C

Lüftung



## Duzzasztógát Val Nalps ( Bogenmauer )



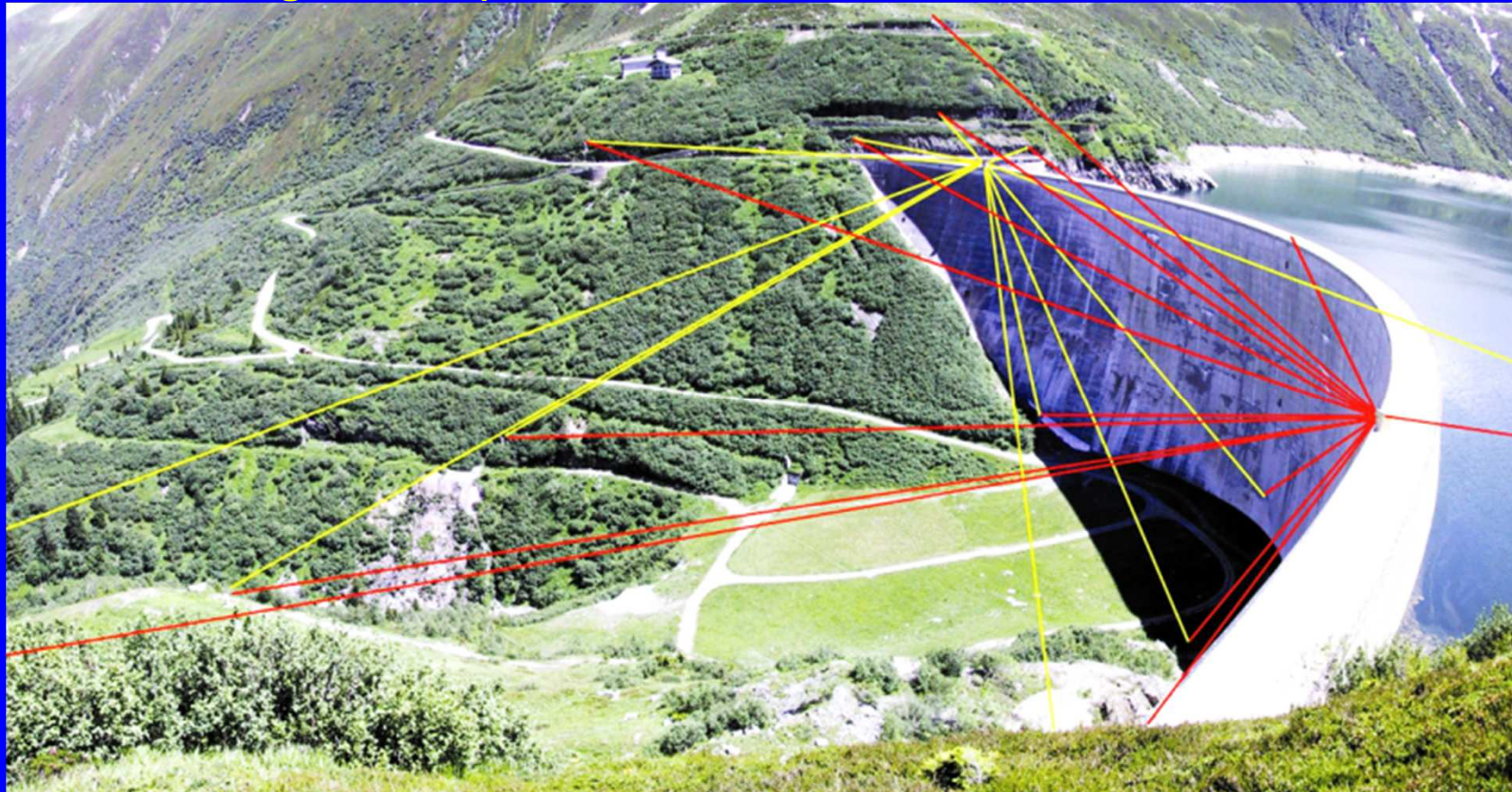
$v = 800\text{m}$   
 $\Delta h = 1500\text{m}$

**tapasztalat:**  
hegység > víz  
levezetés >  
hézag, üreg üres >  
nagy takarás >  
üreg bezárul >  
süllyedés a  
felszínen

**Erfahrungen:**  
Rawil  
Gott. str.tu



## Duzzasztógát Val Nalps ( Bogenmauer: Überwachungsvisuren)



automatikus, „télbiztos” monitoring; világpremiere!

33

2016 szeptember

## Tartalom

- miért építünk alagutakat?
- a projekt bemutatása
- bázisalagutak főproblémái
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás, biztosítás, belső-szerkezetek
- tapasztalatok
- költségek / terminusok

## Hogyan építünk alagútat -szilárd közetben-?

- alagútépítés = ciklusos folyamat:
- **kitörés, hajtás / szállítás / biztosítás**
- **fejtés, hajtás ► robbantási módszer vagy alagúthajtó gép (TBM). > geológia +  $\delta$**
- **robbantás: fúrni, töltés, robbantás**
- **alagúthajtó gép (TBM): folyamatos kitörés (egy löket hossza kb. 1.5m)**

## Hogyan építünk alagútat -szilárd kőzetben-?

- **kitört kőzet szállítása:** sínes, szállítószalag
- **biztosítás:** kőzet horgony, löttbeton, acélháló, acélív
- **ciklus újból:** kitörés, hajtás / szállítás / biztosítás
- **belsőszerkezetek:** szigetelés, betonboltozat, vízlevezetések, vasútpálya
- **később > vasút-technika:** pálya, áram, biztosítási berendezések



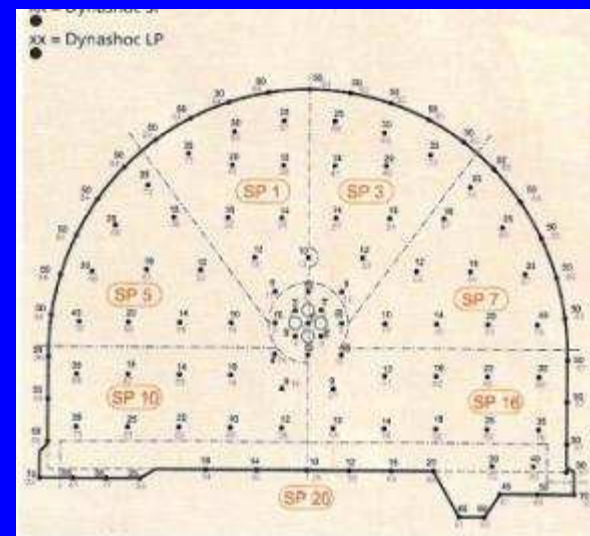
# Robb. módszer: hydraulikus fúróberendezés



Löcher: > Bohrjumbo: 3  
Bohrarme + 1 Ladekorb

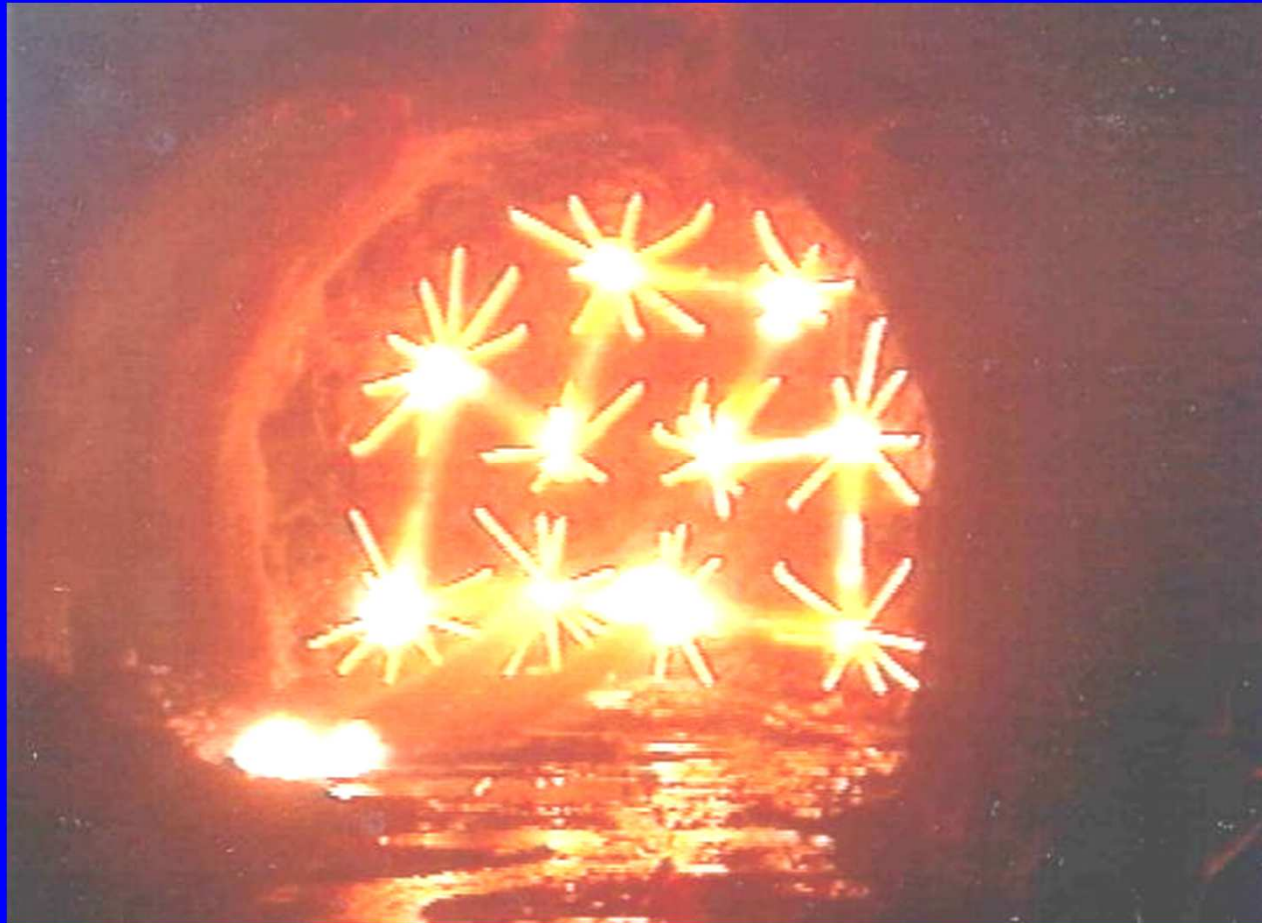
Computergesteuert  
Bohrplan alle 0.5m2 1Loch

folyadék-robbantóanyag



ca. 120-140 Stk Sprenglöcher, l= 3.50-4.0 m > Tot. ca. 500m !

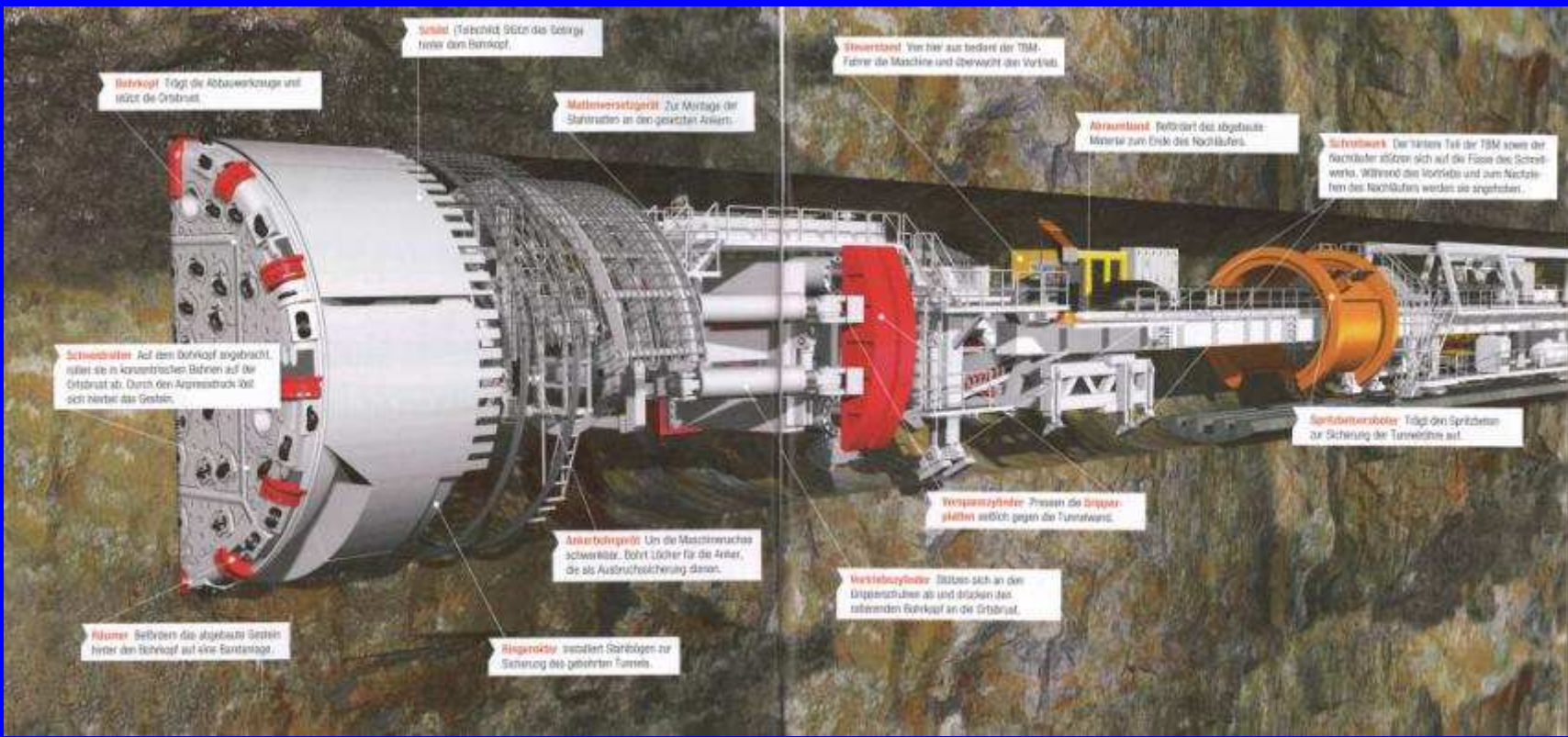
# Robbantás



robantási mód.  
20% > 23 km  
a főlagutaknak



# Alagúthajtógép (TBM) elv: véső-kalapács



Nachläufer: ca 400m, Ankerbohrgerät, Netzversetz., Spritzroboter, Steuerstand  
Werkstatt, Verspannpl., Vorschubzy., Schreitwerk, Transportband

## TBM: próbaszerelés Fa. Herrenknecht (D)



**TBM**

**80% > 91 km**

**a főlagutaknak**

**véső/kalapács- elv  
60-70 db korongvéső  
«nyomtáv” 6-8 cm**



## Gotthard: korongvésők nyomai d=6-8 cm





# Gotthard: közetszállítás sínen: dieselmotordony



1 Zug= 13 Wagens  
à 25 m<sup>3</sup>  
> 2 m Vortrieb

**Gotthard: csille: 25 m<sup>3</sup>**



**Spezialkupplung**

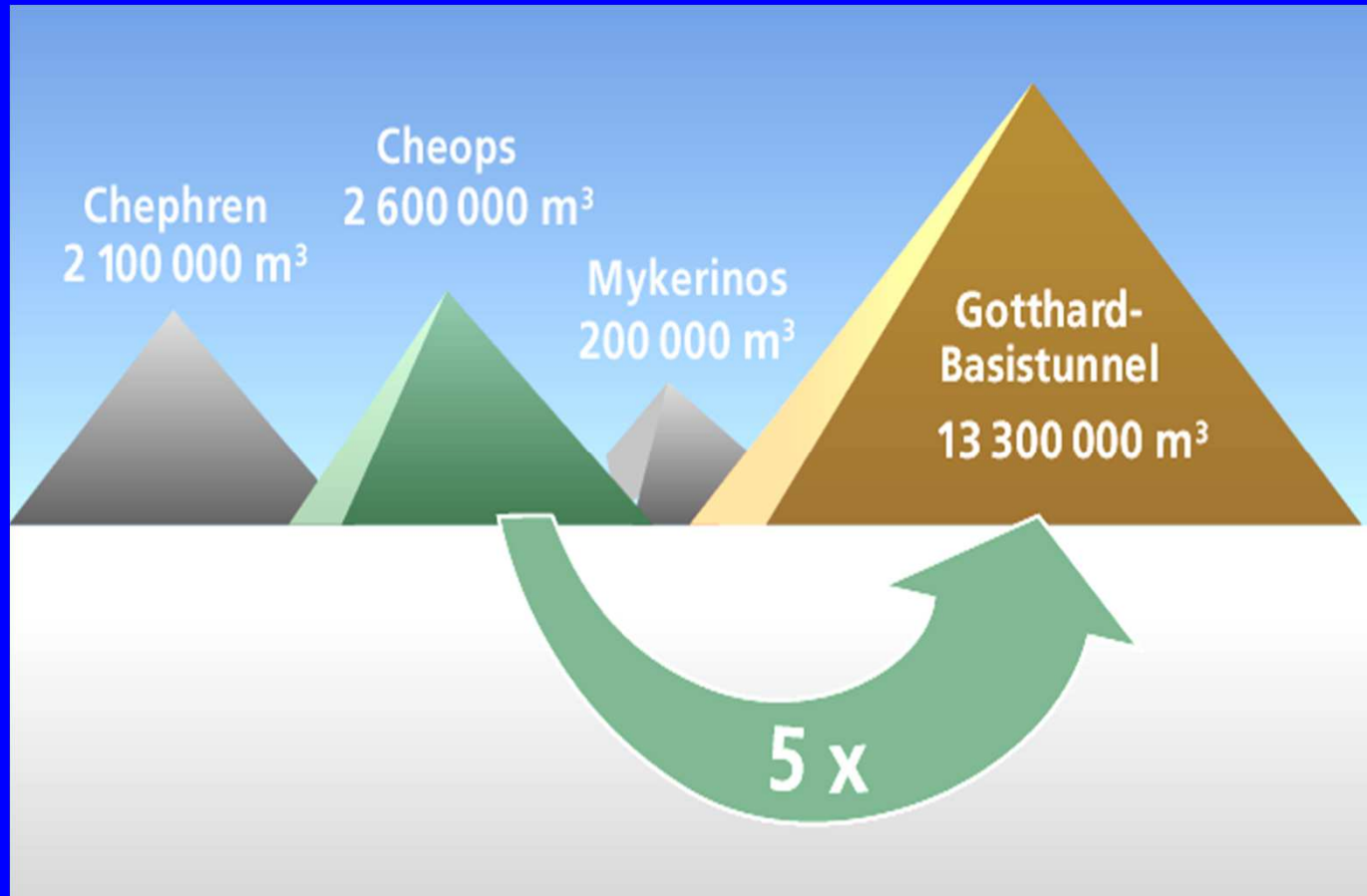
## Gotthard: csille kiürítése



ohne Abhängen  
der Wagen  
entleeren!!



## Gotthard: kitört kőzet mennyisége, feldogozása



Schüttmat. > 2/3  
für Beton > 1/3  
Spritzbeton?:  
Vorversuche >  
gebroch. Mat.  
Glimmer,  
Chips

> tehervonat: Zürich- Északi-sarok

## Gotthard: Kt. Uri 6 mesterséges szigetek



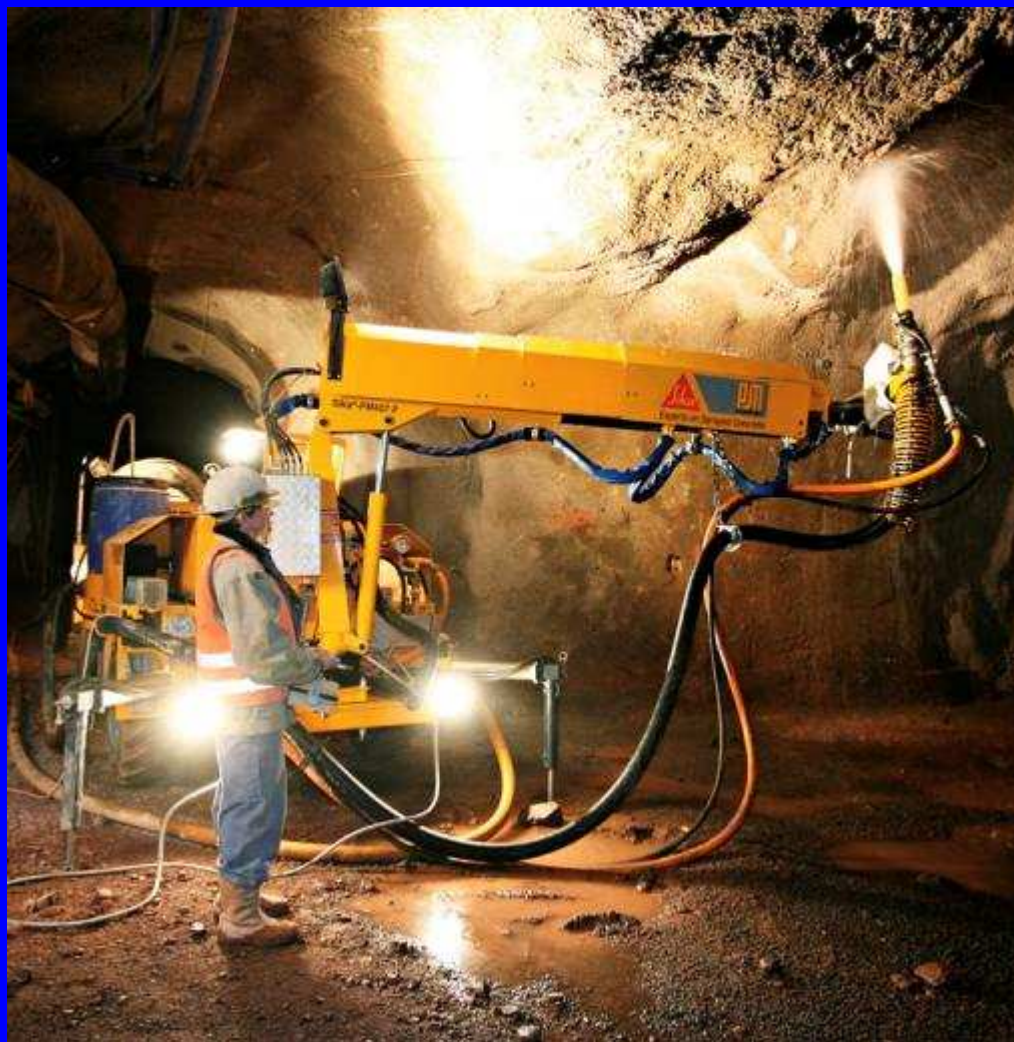


## Gotthard: Kt. Uri 6 mesterséges szigetek



Badeinsel /  
Wasservögel

## Biztosítás : Löttbeton-roboter ( nedves eljárás)

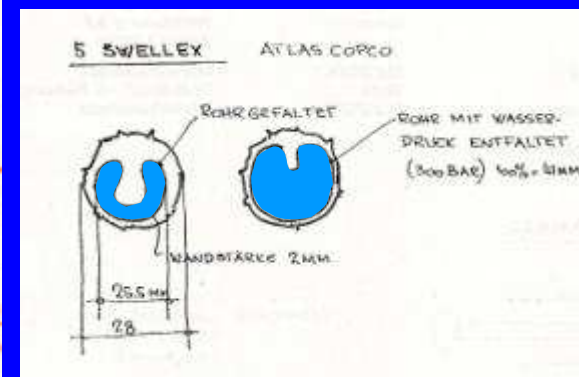




# Biztosítás: horgony, acélháló, löttbeton



Anker: L=4-6 m  
alle 1-3 m<sup>2</sup>



Wasser: 300 bar

Spritzbeton:  
d= 5-15cm

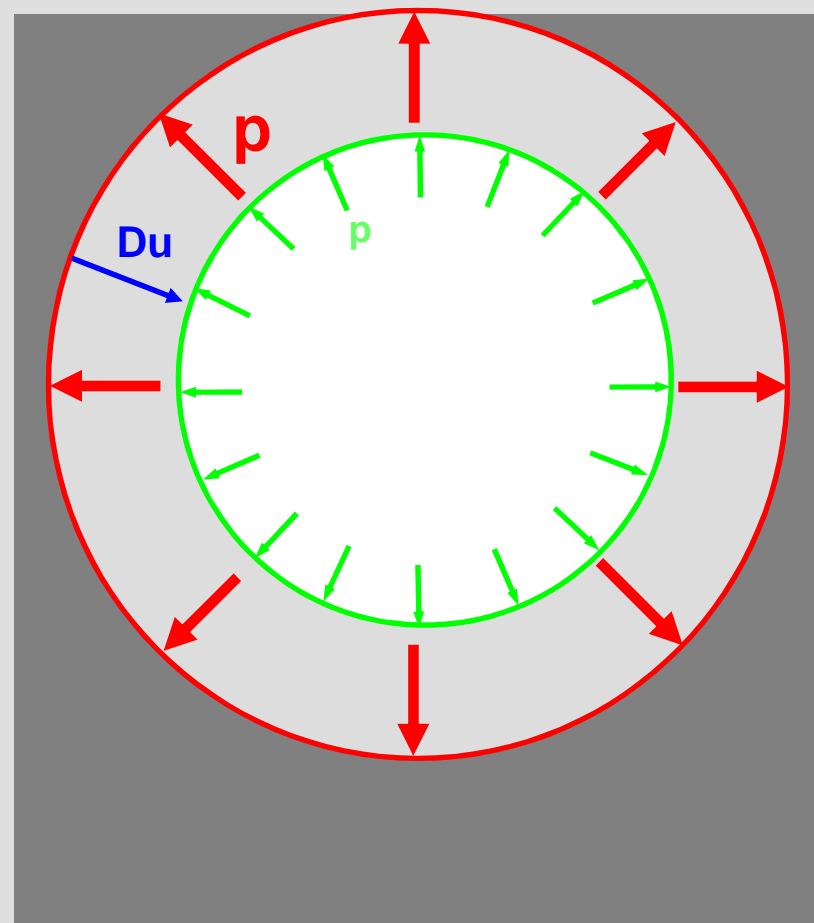
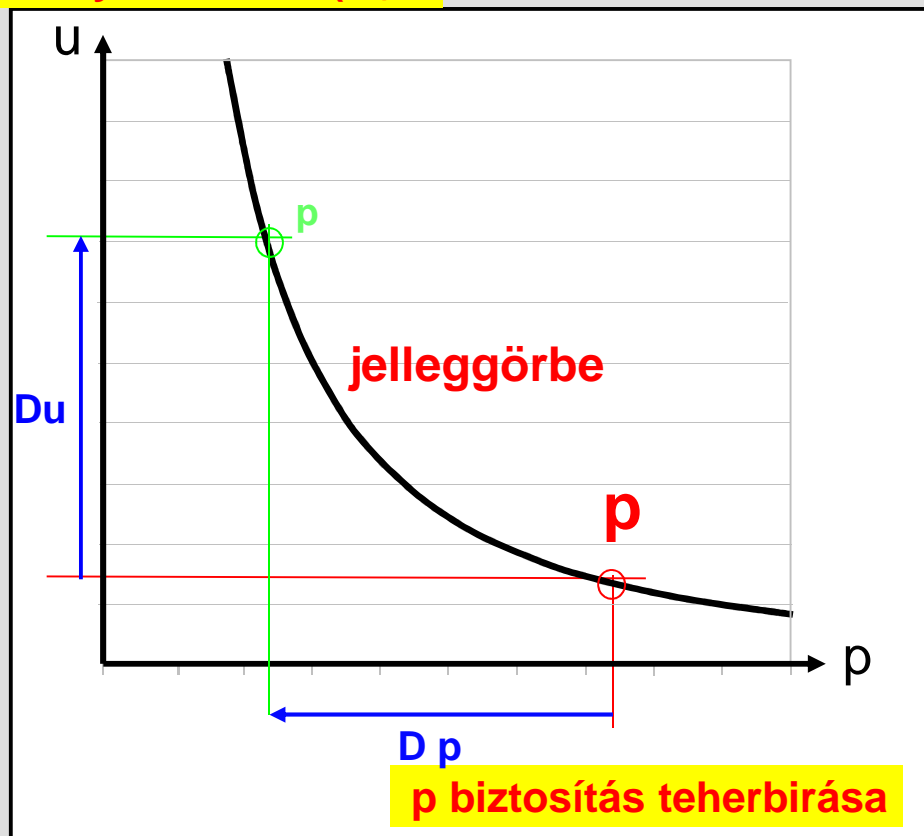
## Sedrun: vágatbiztosítás acélív, lőttbeton



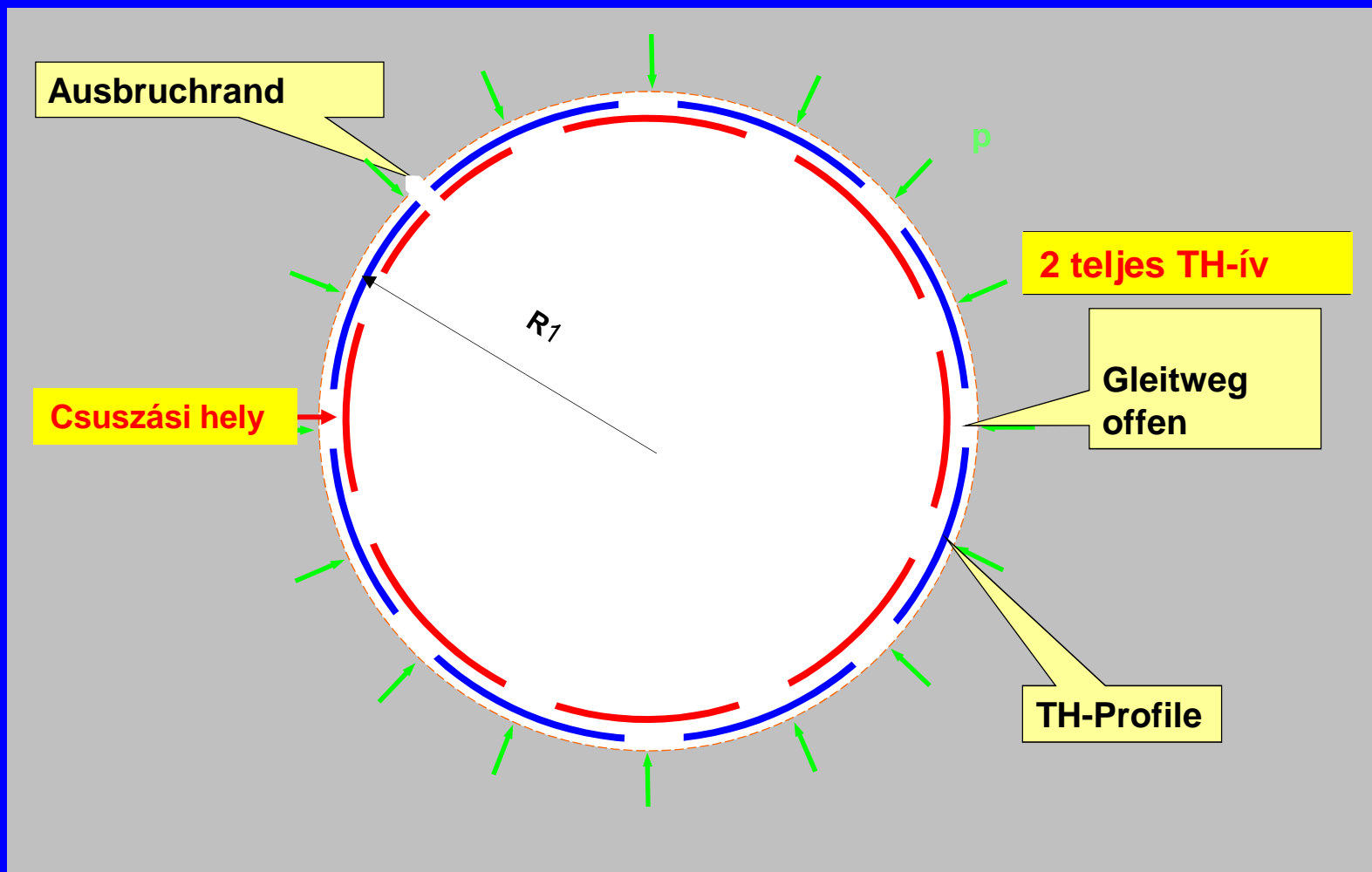


# Valódi hegnyomás: tapasztalat ► jelleggörbe

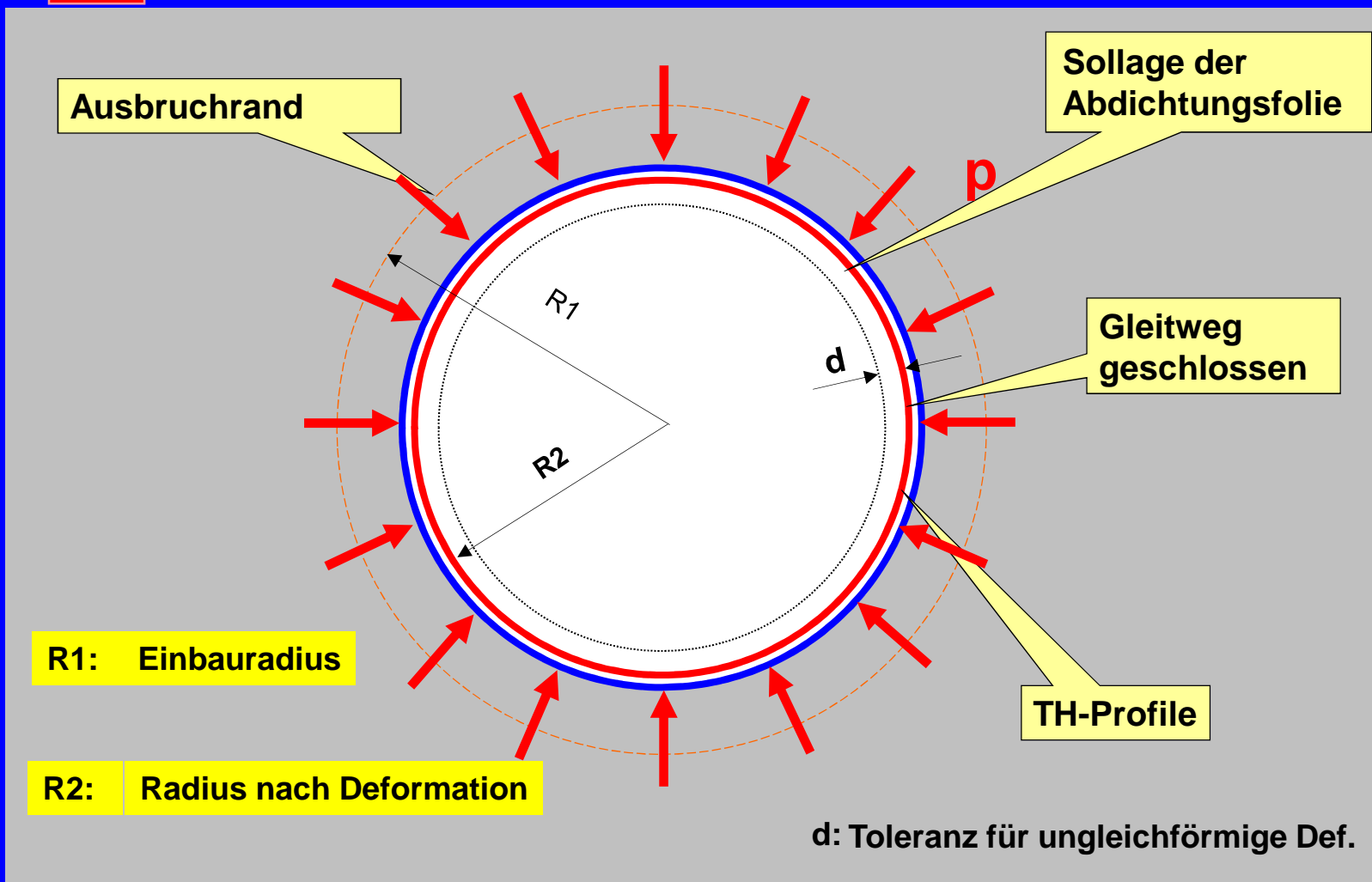
benyomódás  $u$  (m)



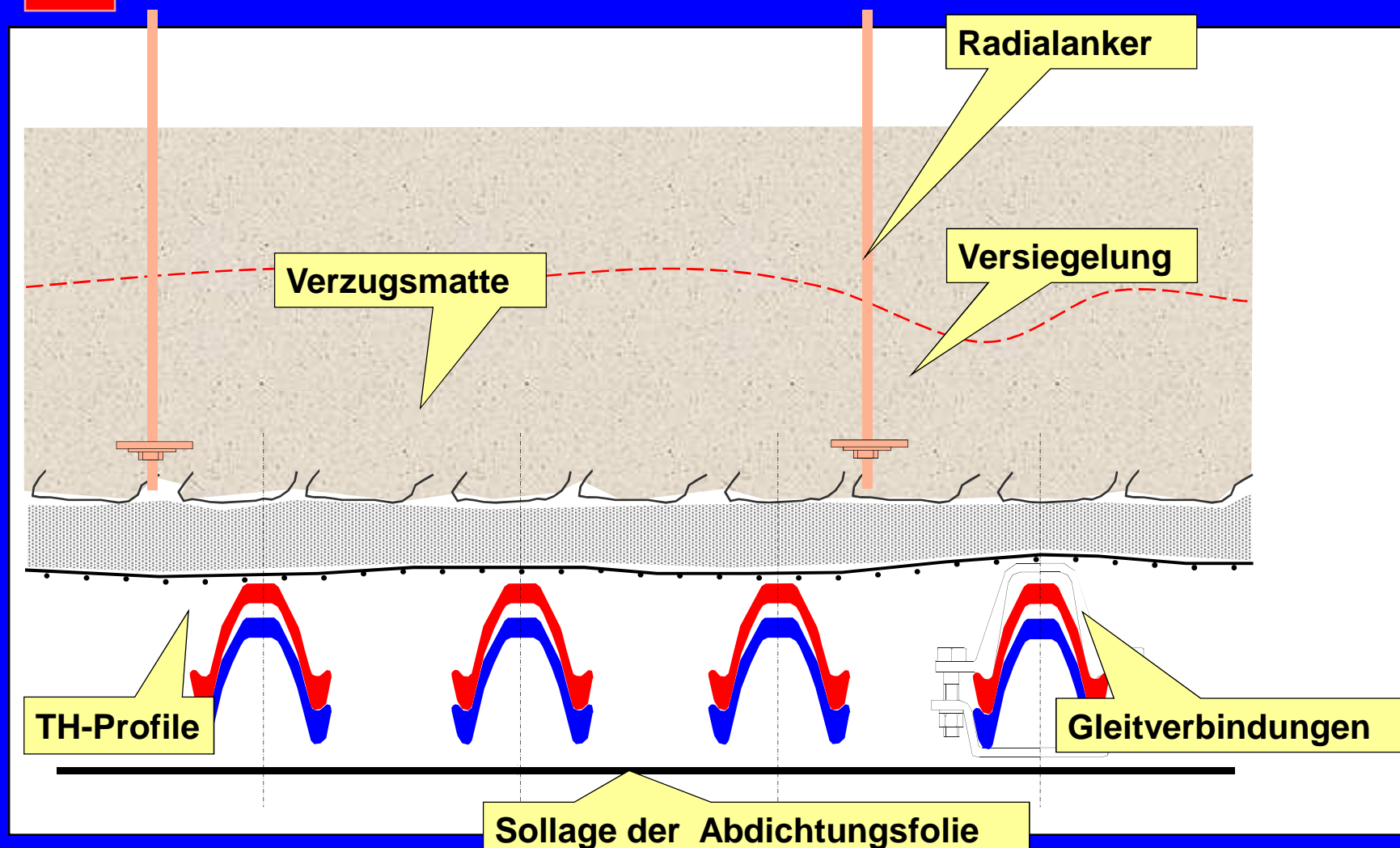
# Valódi hegnyomás: bitosítás, csúsztatható acélívek TH



# Benyomódás utáni állapot



## Csusztatható acélív TH





## Amsteg: szigetelő-fólia, belső betonboltozat



TBM

max.vízbehatolás.: 35gr/s.km

▶ 0.1 lt/m<sup>2</sup>.d.100m

(U=26 m)

# A kész alagút: felszerelve



58'

## Tartalom

- miért építünk alagutakat?
- a projekt bemutatása
- bázisalagutak főproblémái
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás,  
biztosítás, belső-szerkezetek
- **tapasztalatok**
- költségek / terminusok

## Tapasztalatok (1): „legjobbak“

- sedruni szakasz: az acélíves megoldás jól bevált
- Piora Mulde: mint prognózis 2.: kemény dolmit víz nélkül
- duzzasztógátak > semmiféle kár,  
érdekes tapasztalat: a völgy lejtői lélegeznek > +/- 50mm  
**vízbetörés:** 11 lt/s > Injektálás: 18'000m fúrás +  
175'000lt szuszpenzió > utána csak 3 lt/s
- kritikus zónák: Intschi, Urseren-Garvera jobbak

nagyon leegyszerűsítve!



## **Tapasztalatok (2): a legrosszabbak**

- **faidoi szakasz:** - geológia > rosszabb
  - > MFS áthelyezése,
  - > több vājárcsapat;
  - magassabb biztosítási osztályok
  - gránit keményebb > több fűrófej revízió!
  - fűrófej betemetés > ellenvágat + injekciók
- **bodioi szakasz:** - magassabb biztosítási osztályok
  - nagy konvergenciák > szelvény újra építés szükséges

nagyon leegyszerűsítve!

## **Tapasztalatok (3): nagyjából mint prognózis geológia / víz / hőmérséklet**

- geológia: Erstfeld, Amsteg, Sedrun
- víz : Amsteg, Sedrun, Faido, Bodio
- hőmérséklet: kicsit magassabb
- **mind ez > többlet költségek és 12-18 hónap késés**

nagyon leegyszerűsítve!

# Tapasztalatok (4): kihajtási sebességek

munkaóra: 24 óra/nap, 7 nap/hét, ca. 320 nap/év;

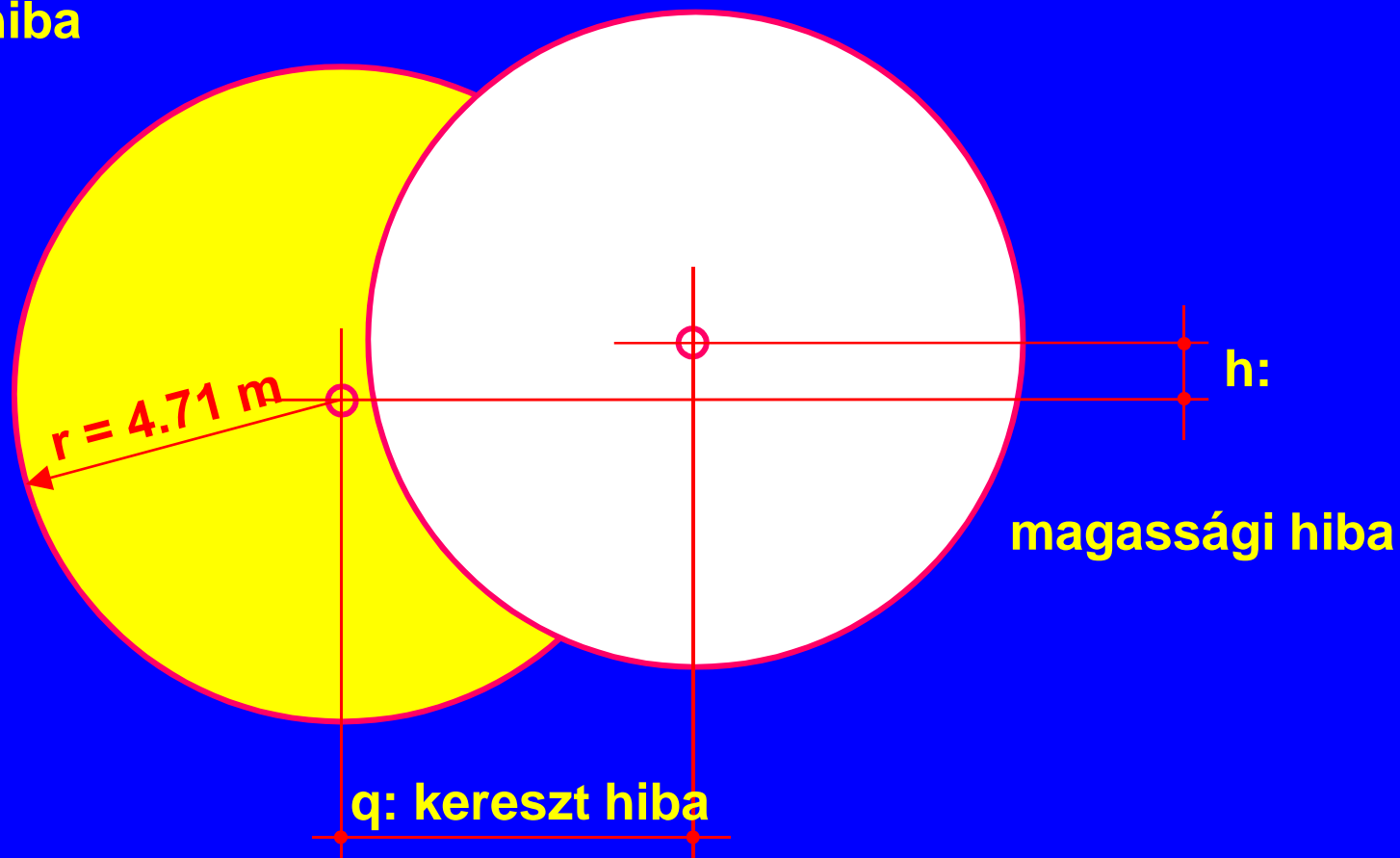
	<b>TBM</b> [m/kihajt.nap]	<b>SPV</b> [m/kihajt.nap]
<b>Lötschberg</b> átlag. max.	15 – 17 50	5.4 – 7.3 18
<b>Gotthard</b> átlag max.	11 – 15 56	1-3 (Sedrun); 3-4.5 7

3-4 x gyorsabb!  
kockázat >  $\beta, \delta$   
de jó döntés volt !!



## Tapaszt. (5): alagútszelvények az áttörésnél

I: hossz hiba





## Tapaszt. (5) : geodéziai áttörési hibák

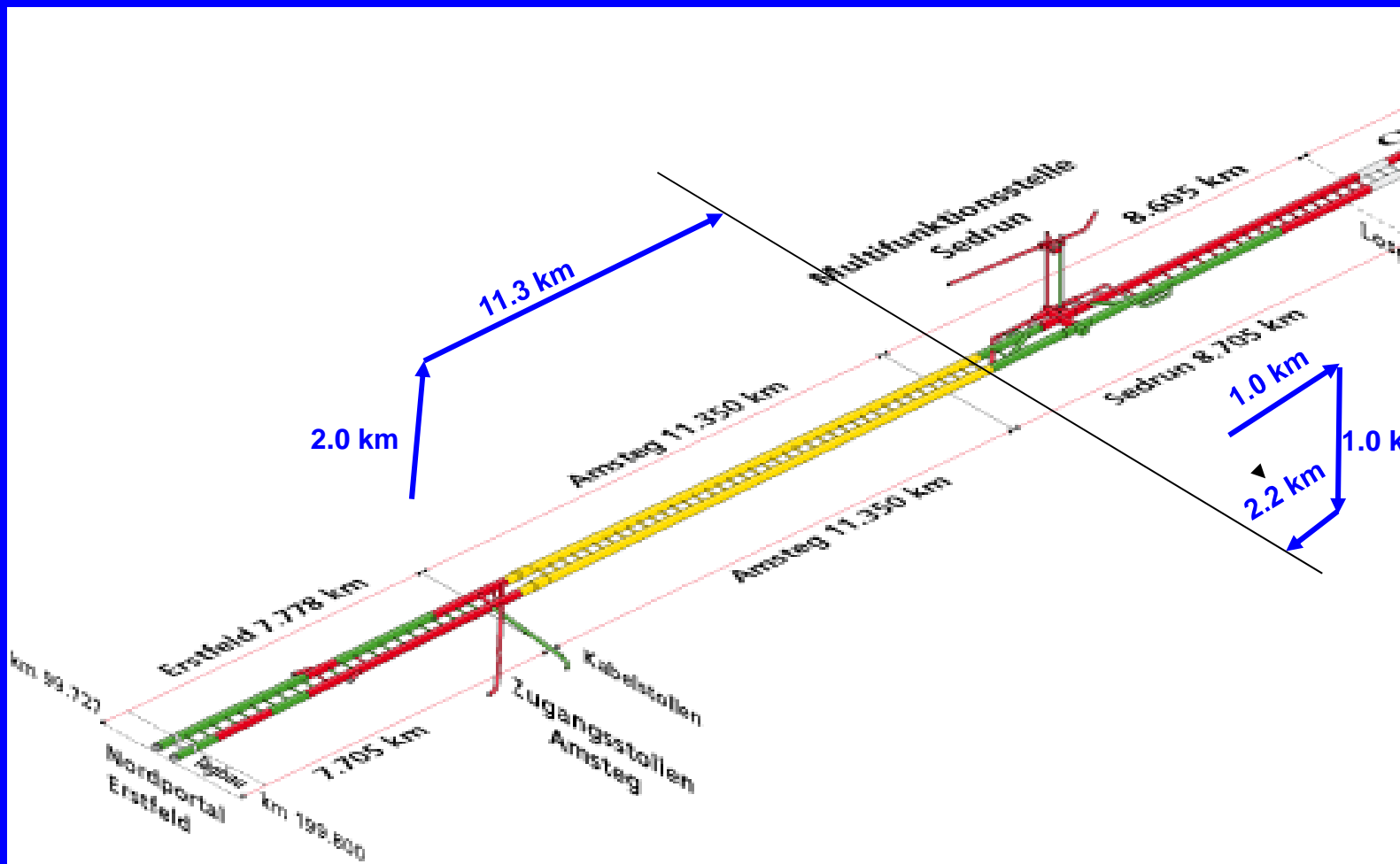
Datum	Vortriebe		Total km	quer q mm	längs l mm	hoch h mm		
	km	km						
22.08.2006	Bodio	15.7	Faido	4.1	20	92	8	17
14.10.2007	Amsteg	13.3	Sedrun	4.0	17	137	23	3
16.06.2009	Erstfeld	7.8	Amsteg	2.3	10	14	33	5
15.10.2010	Sedrun	8.3	Faido	15.0	23	80	?	10

km: Länge der Absteckungen

zulässig: Quer: 250 mm; Höhe: 150 mm  
Gotth. Eisenbahn alt: q=330mm h=50mm

2016 szeptember

# Sed.-Amst. áttörés: kihajtási irányok és távolságok



## Tartalom

- miért építünk alagutakat?
- a projekt bemutatása
- bázislagutak főproblémái
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás,  
biztosítás, belső-szerkezetek
- tapasztalatok
- **költségek / terminusok**

## Költségek: egy svájci napilapban

### Nicht Geologie verteuert die Neat

Die Neat wird zwar rechtzeitig fertig, aber auch laufend teurer. Nicht die Geologie, sondern die Politik und die Bahntechnik verursachen diese Mehrkosten.

Von Bettina Mutter, Bern

Peter Testoni, abtretender Vizedirektor des Bundesamtes für Verkehr (BAV), verabschiedete sich gestern mit einer guten und mit einer schlechten Nachricht. Erstens: Die Neat wird voraussichtlich rechtzeitig fertig. Zweitens: Sie kostet immer mehr. «Diese Mehrkosten sind erklärbar und vertretbar», sagt Testoni.

Erklärbar sind sie tatsächlich. Als Bund

fertigen. Die Neat kostet inzwischen rund ~~17 Milliarden~~. Eine Endkostenrechnung von ~~20 Milliarden~~ liegt im Bereich des Möglichen. «Von Geiz kann beim Jahrhundertbauwerk nicht die Rede sein», räumt BAV-Vizedirektor Testoni ein.

Geologische Schwierigkeiten im Lötschberg und am Gotthard verursachten Mehrkosten, doch die laufenden Projektänderungen und Zusatzbestellungen sowie eine ~~teure Bahntechnik~~ treiben den Preis der Neat wirklich in die Höhe. Halbjährlich tritt das BAV an, um Projektstand und Kostenentwicklung darzulegen. ~~Gestern bestätigte das Amt, beim Jahrhundertbauwerk würden erneut 440 Millionen Mehrkosten anfallen.~~

Bahntechnik: Kosten ungewiss

Jetzt kommuniziert das BAV: «Die Kosten werden höher sein als geplant.» Im Herbst wird per Ausschreibung jene Firma gesucht, die den Gotthard für rund ~~1,5 Milliarden Franken~~ ~~betriebsfähig~~ machen soll. Der Markt entscheide dann, was es wirklich kostet, sagt Zbinden.

Zugsicherung: Funktioniert nicht

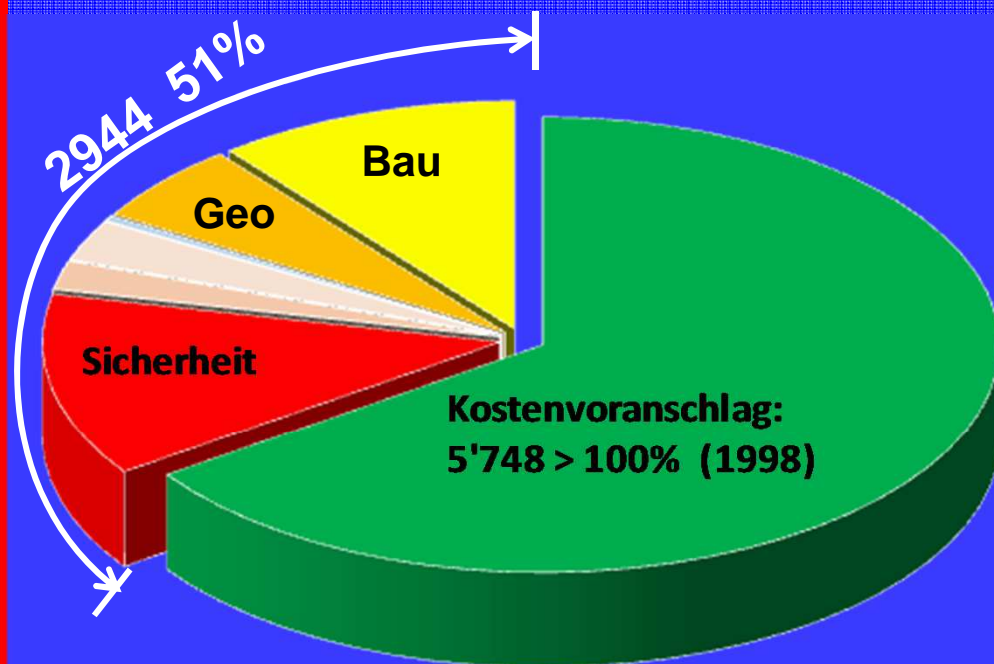
Probleme gibt es auch am Lötschberg. Der Durchstich erfolgt am 28. April, 2007 soll der erste Zug durch den 35 Kilometer langen Basistunnel von Frutigen ins Wallis fahren. Auch hier haben die Neat-Ersteller die Tücken der Technik unterschätzt. Die Probleme mit der drahtlosen Zugsteuerung und deren Sicherung sind ungelöst. Als einziges Land Europas will die Schweiz ihre Züge künftig mit «ETCS

nem a geológia, hanem a politika és a vasút-technika emelik a végárat!



# Megrendelések és költségek változása

per 31.12.2015 in Mio. €



Preisbais :1998,  
ohne MwSt, Bauzins.,Teuerung  
Preisbasis 2015: 11 mrd €

3,1 brd HUF > 7x M4 metro : 452mrd HUF

**költségvetés: 5'748 mió € > 100%**

### kiegészítő megrendelések 1:

**biztonság, technika:** + 1'147 > + 20%  
**környezet-védelem:** + 177 > + 3%  
**politikai késések:** + 255 > + 4%  
**projektbővítések** + 35 > + 1%

**kieg.megr. total 1: + 1'615 > +28%**

### többletmunkák 2:

**gelógia:** + 492 > +9%  
**kivitelezés:** + 837 > +15%

**többletmunkák tot 2: +1'329 >+23%**

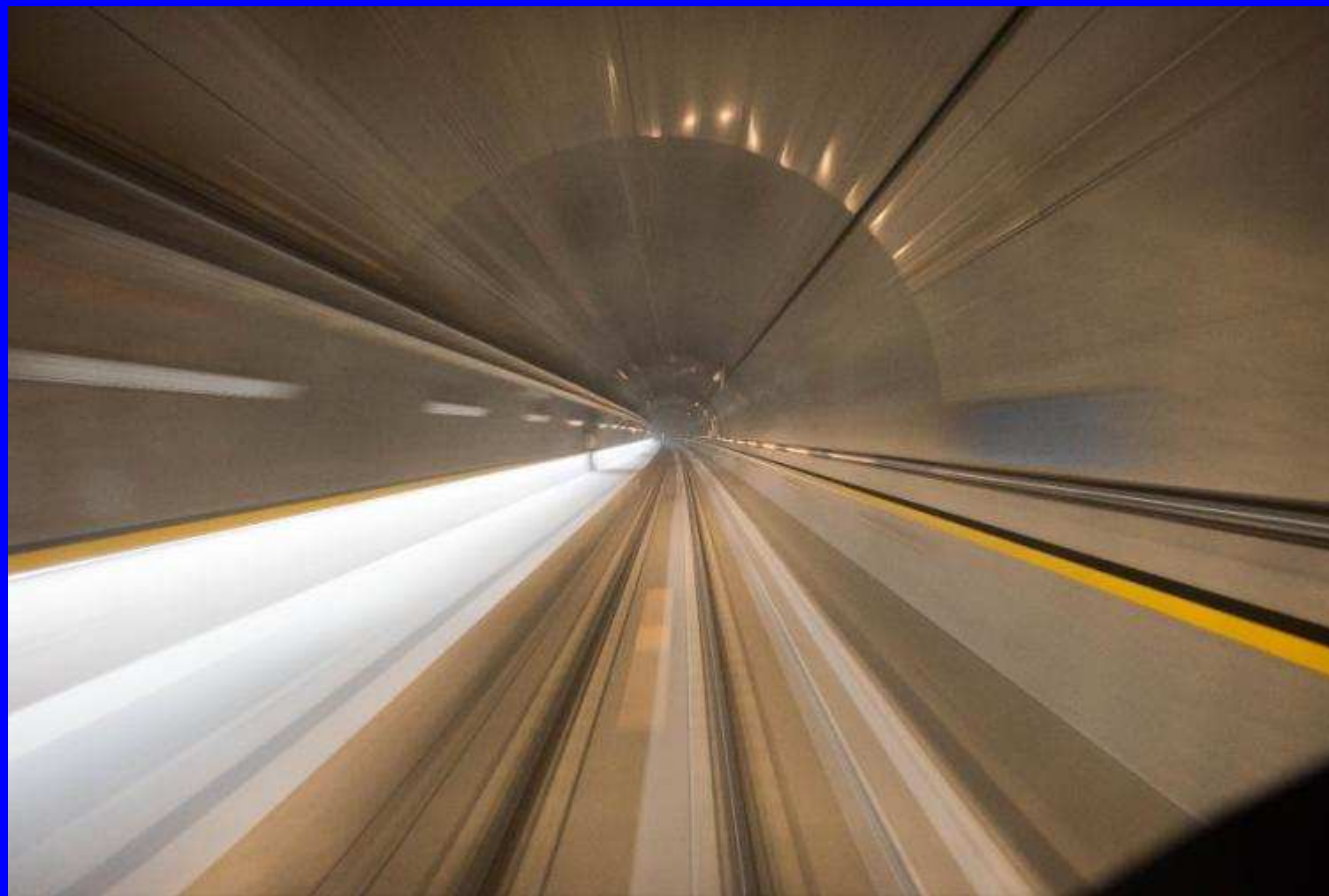
**total (tot. 1+2): + 2'944 >51 %**

**össz.: 8'692 mio € >151%**

## Terminusok

- építőszerkezetek : 2009-2011 kész
- vasút technika: pálya, áramellátások, biztonsági felszerelések stb. > készek
- teszt üzemeltetés: kb. 3000 menet
- proba üzem: 2015. nov.8.> v=275 km/h
- **ünnepélyes felavatás: 2016 június 1+2.**
- népünnepély: 2016 június 4-5.
- utána tehervonatok
- **menetrendszeri üzemeltetés: 2016 december**

**Blick des Lokführers bei  $v = 275 \text{ km / h}$  (08.11.2015)**

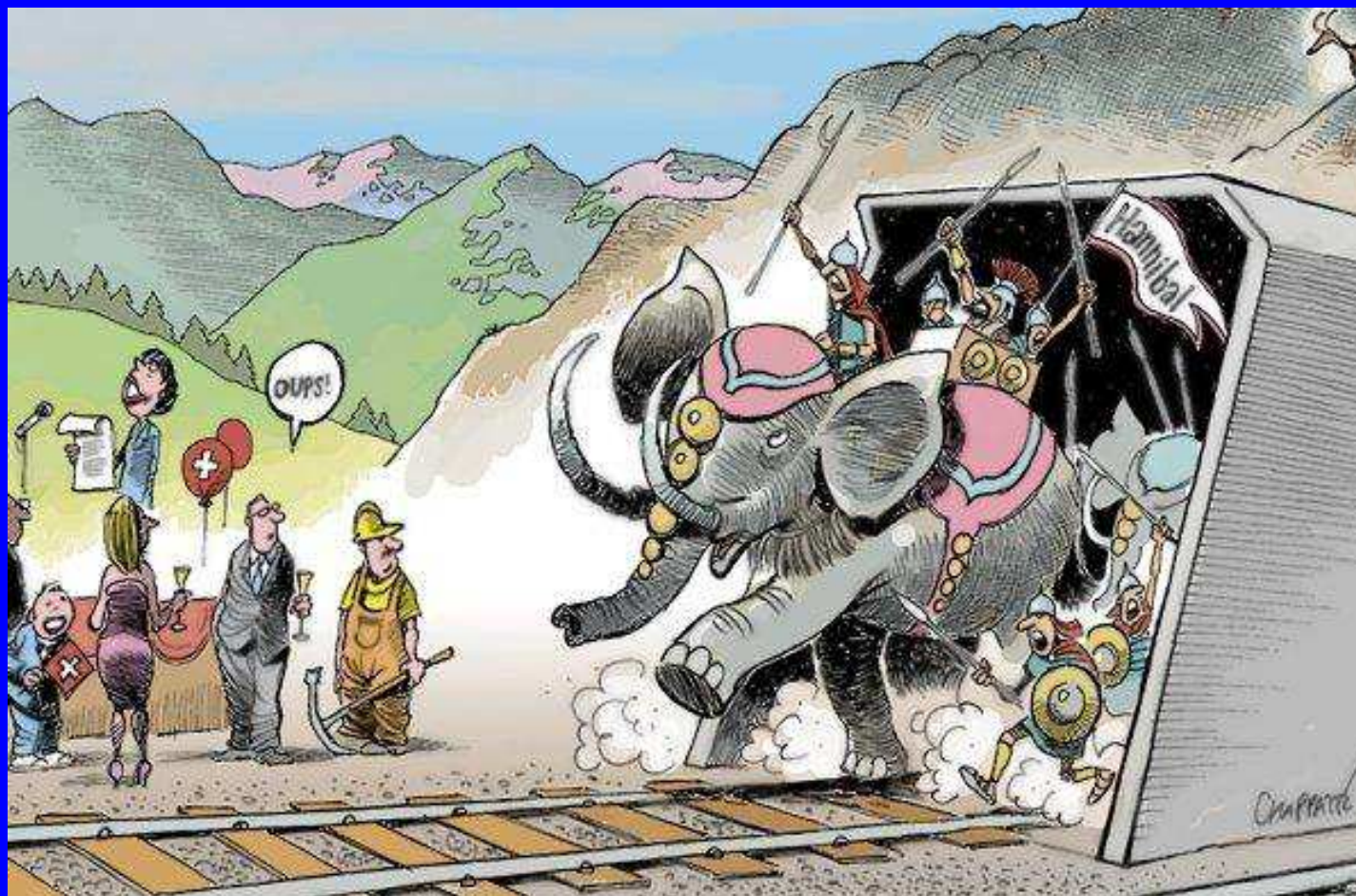


## 25 év tervezés és kivitelezés összefoglalása:

- a hossza és mélysége: különleges mérnöki és kivitelezési technikát követelt!
- több műszaki és politikai vakmerőség elvállalása
- modern alagútépítés = részlet. kockázatelemzés!
- az évszázad projekt realizálása - figyelemben véve a projekt nagyságát és komplexumát - jól ment!
- eredmény: - egy **szuper gyors** észak-déli összeköttetés
  - a svájci Alpokon keresztüli **tehervonat-kapacitásának 3x**  
**> környezetvédelem**



Hannibálnak máma egyszerűbb lenne az Alpokon átmenni!



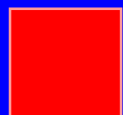
## Stadler Zug EC 250 ( $v=250$ km/h; $l=200$ m; Niederflur)



**Köszönöm a figyelmet! Kérdések?**

72'

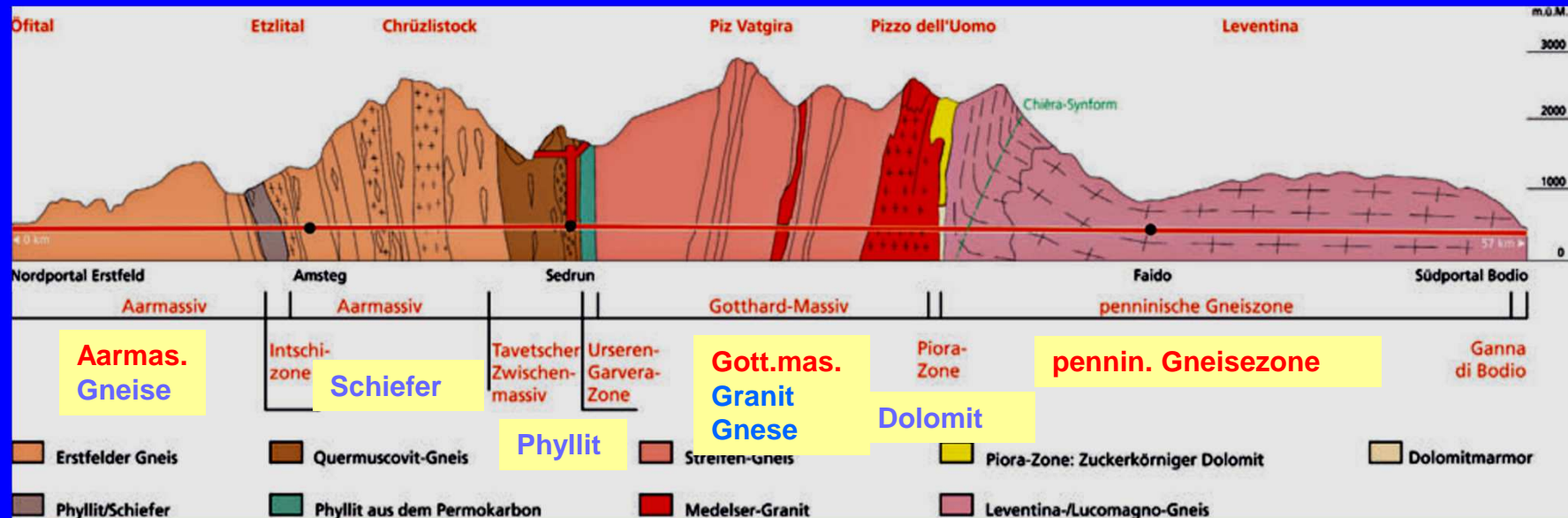
## Gotthárdbázislagút



■ <b>Eredeti költségvetés (1)</b>	5748 M €	100%
■ <b>Kiegészítő, utólagos megrendelések (2)</b>		
■ Biztonságnövelés, újabb/modernebb technika	1147 M €	
■ Környezetvédelem	177 M €	
■ Késések politikai okok miatt	255 M €	
■ Projektbővítések	35 M €	
■ <b>Kiegészítő, utólagos megrendelések összesen (2)</b>	<b>1615 M €</b>	<b>+28%</b>
■ <b>Többletmunkák (3)</b>		
■ Geológia	492 M €	
■ Kivitelezés, szerződések	837 M €	
■ <b>Többletmunkák összesen (3)</b>	<b>1329 M €</b>	<b>+23%</b>
■ <b>Többletköltségek (4) = (2) + (3)</b>	<b>2944 M €</b>	<b>+51%</b>
■ <b>Feltételezett végösszeg (1) + (4)</b>	<b>8691 M €</b>	<b>151%</b>



## Geologisches Längenprofil



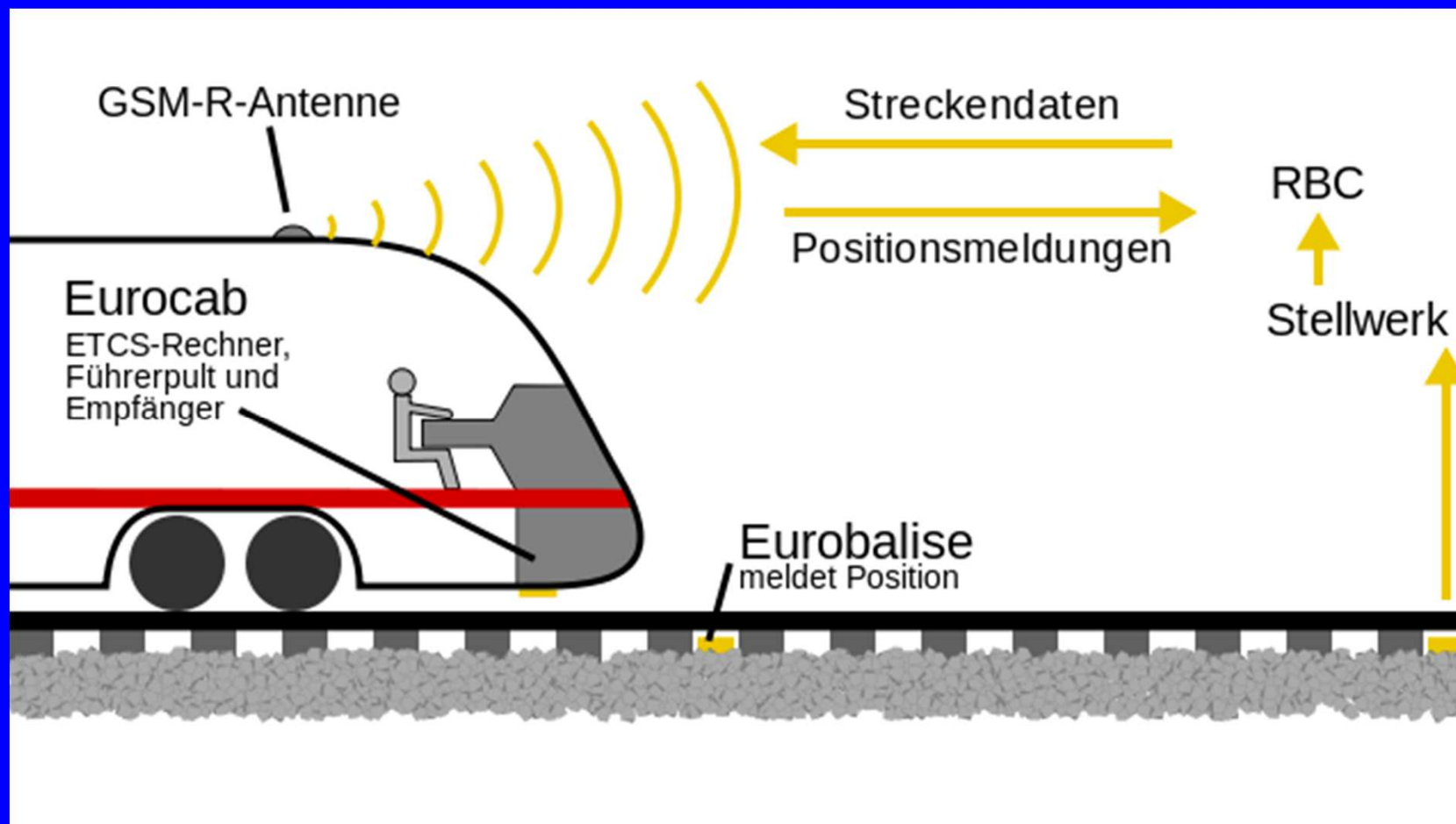
**három alaphegység** ( Aar-, Gotthard-, penninische Gneiszone); köztük **üledékes kőzetek**

**fontosabb kőzet fajták:** gneisz, granit, dolomite, márvány, palák, fillite

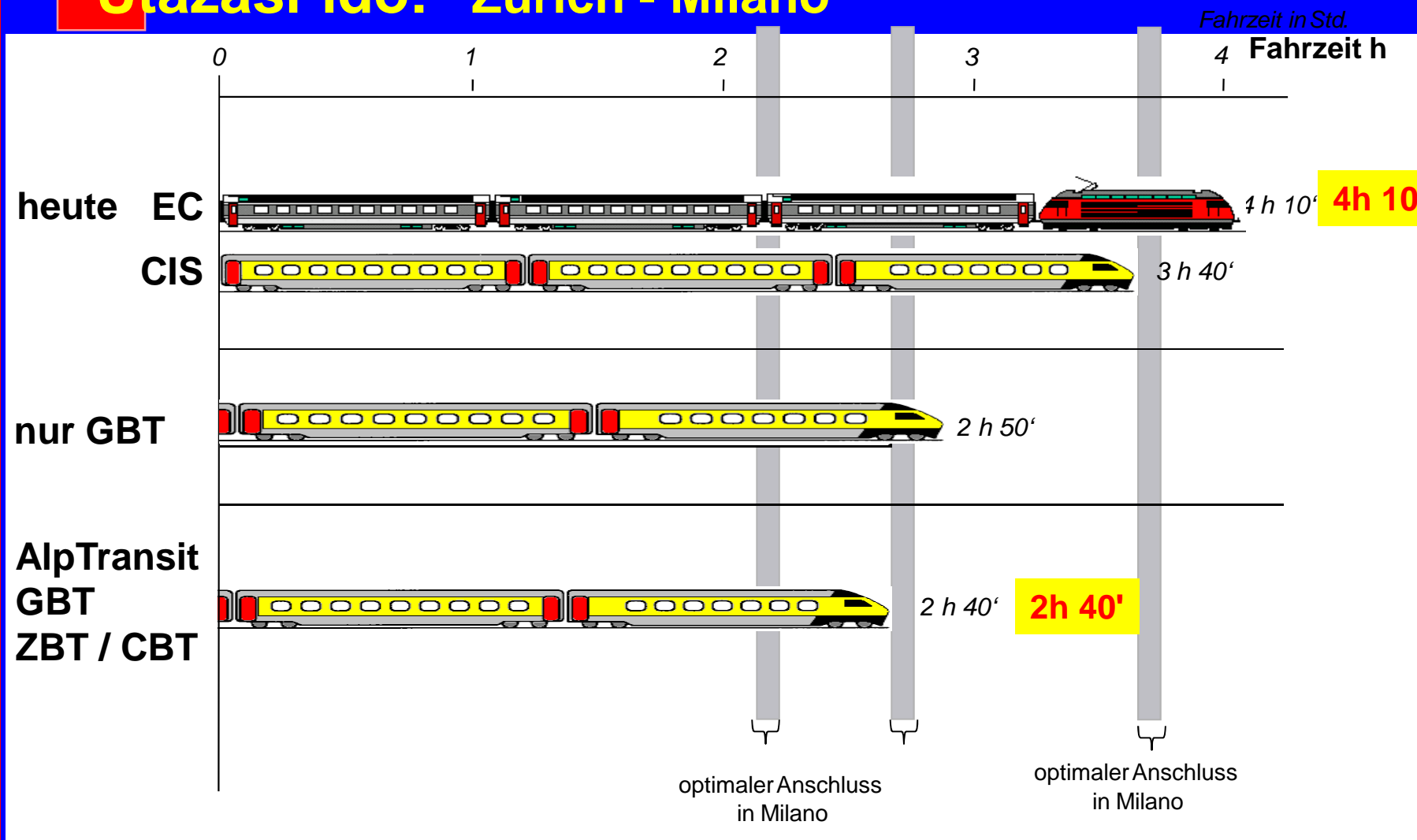
**repedezett zónák:** 5-12 db/km; total ca. 10% > 5.7km!! > 4 nagyobb szakasz



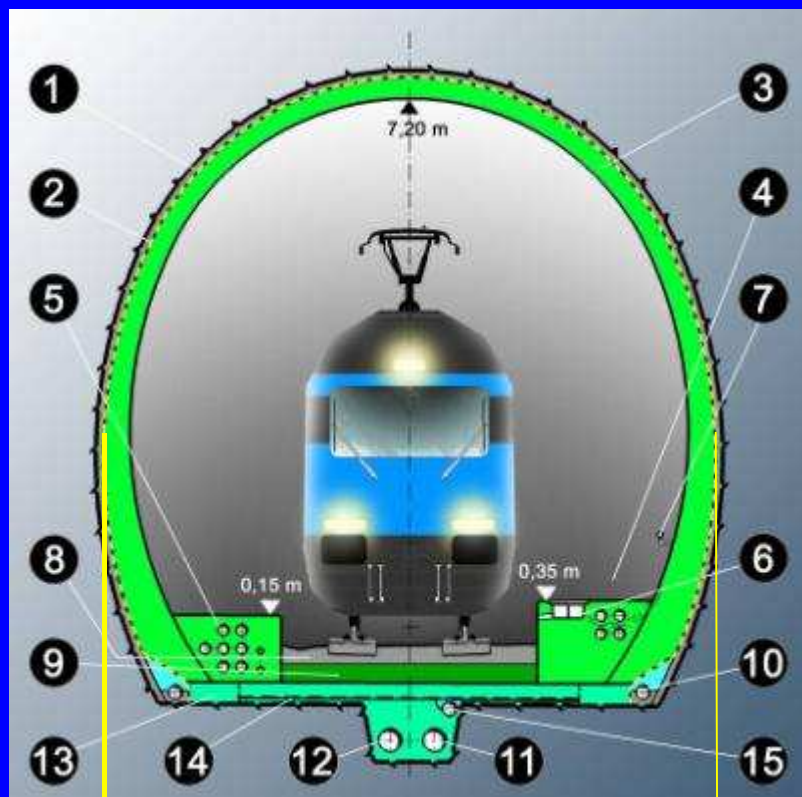
# European Train Control System ETCS Level 2



## Útazási-ido: Zürich - Milano



## Mintakeresztmetszet: robbantási módszer



ca. 8.90 m

1)kőzet horgony, löttbeton,acélív, acélháló

2)drénréteg + szigetelő fólia

3)betonboltozat

4)járda 7) korlát

9)vágány beton talplemeze

10), 11) drén/víz levezetés

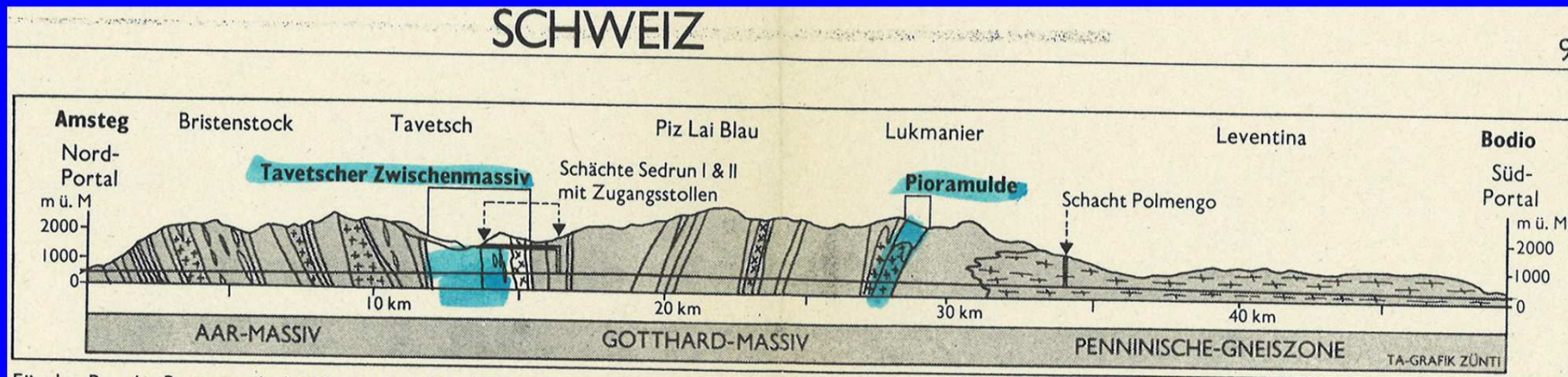
12) üzemeltetési (baleseti) víz

## Magas hőmérséklet

- **építés alatt: a munkahelyeken lehűtés 28°C-ra szellőzés (kipuffogógázok):  
levegősebesség min.  $v = 5 \text{ cm/s}$ ,  
vagy  $Q = 2 \text{ m}^3/\text{min}$ .PS  
max. 90% levegőnedvesség**
- **üzemeltetés: a vonatok dúgattyú-hatása elég**
- **karbantartási munkák: mint építés alatt**
- **baleset: speciális szellőzés, hűtés**



# technikailag megépíthető a bázislagút? 1993.5.21



Für den Bau des Basistunnels der Neuen Eisenbahn-Alpen-Transversale durch den Gotthard sind nach Ansicht von Geologen das Tavetscher Zwischenmassiv und vor allem die Pioramulde kritische Zonen. (Quelle T. R. Schneider)

## Ist Gotthard-Basistunnel technisch machbar?

Geologen zweifeln daran, dass sich berüchtigte Problemzonen überwinden lassen

Erfahrene Geologen halten es schlicht für unmöglich, dass der geplante Gotthard-Basistunnel überhaupt in zwei Zonen mit schwierigem Gestein gebaut werden kann. Sie sprechen davon, dass der Bund bisher von seinen Fachberatern ungenügend über die zu erwartenden Probleme orientiert worden ist. Andere sind weniger misstrauisch, warnen jedoch vor höheren Kosten und einer längeren Bauzeit.

VON CARL BIELER

An einer Exkursion von aktiven und pensionierten Geologen im Bündner Ober-

heiten, würde das Bauwerk entweder viel teurer als geplant zu stehen kommen oder technisch gar nicht realisierbar sein.

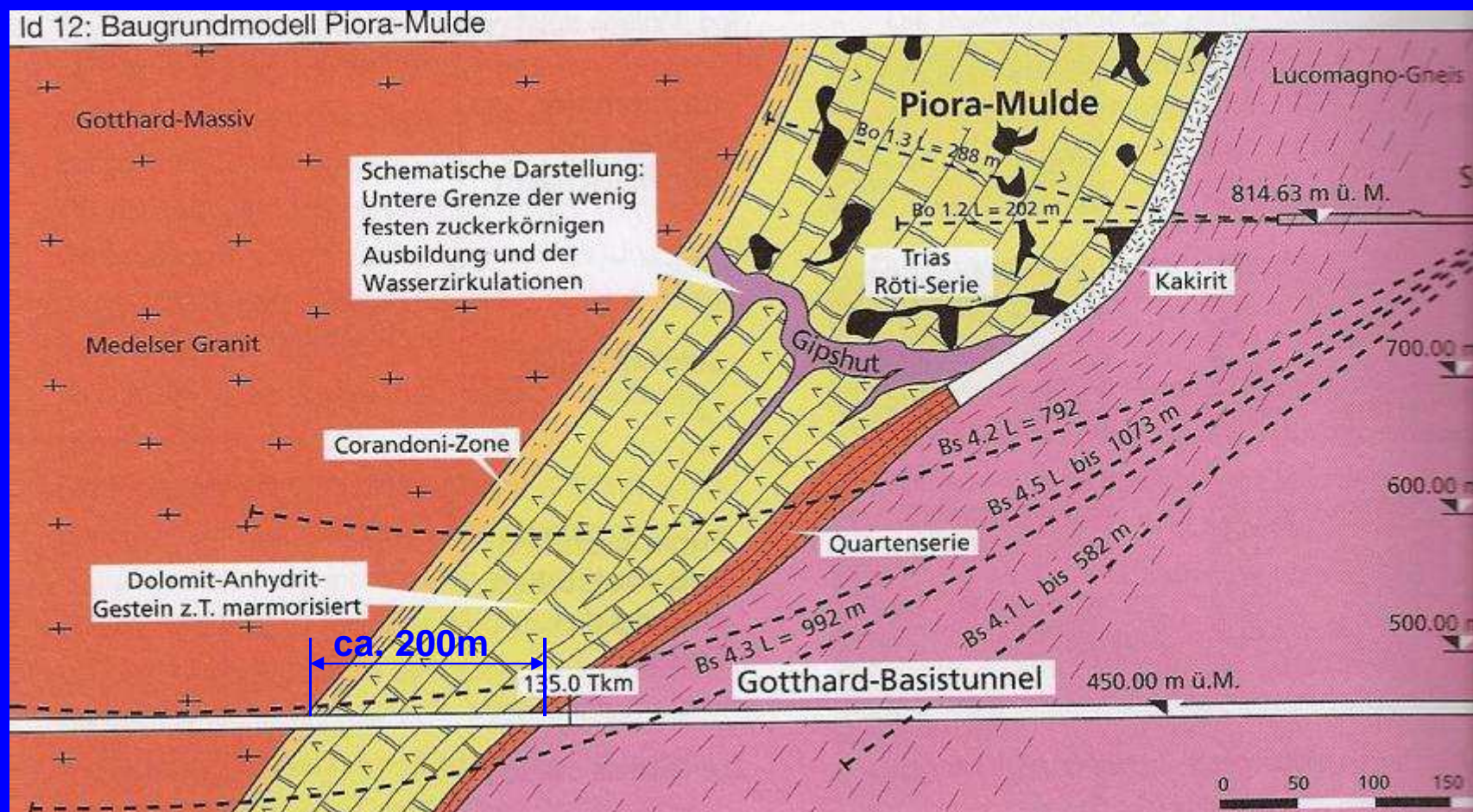
am Gotthard anzutreffen ist, verzögerte die Bauarbeiten um zwei Jahre!

Wenn nun das heikle Gebiet am Gotthard viel breiter ist, wie einige Spezialisten behaupten? «Dann kann der Tunnel nicht gebaut werden, denn noch nirgends auf der Welt ist es bisher trotz modernster Technik gelungen, grössere Strecken in derart labilem Fels, dem zuckerkörnigen Dolomit (so das Fachwort) zu überwinden», sagt ein Geologe, der unge-

«Mir ist nicht ganz wohl bei der Sache; die ganze Alpentransitfrage ist überstürzt angepackt worden», äussert sich ein anonym bleiben wollendes Mitglied einer der Fachkommissionen, die den Bund beim vorgesehenen Bau der Alpentunnels berät. Auch Kommissionsmitglied Conrad M. Schindler, Ingenieur-geologe an der ETH Zürich, zeigt sich heute skeptisch. Er räumt ein, dass die ursprüngliche Prognose bezüglich des



## Piora-Mulde részlet: gipskalap, fúrások



## Fontosabb kőzetek:

- **Aari- és Gotthádi-massivum:** gneisz, gránit, fillit, pala, csillámpala, dolomit
- **Penninai-gneiszzóna:** gneisz, fillit, pala, kakirit
- **Travetschi közzóna:** fillit, pala, gneisz
- **Urseni- Garvera zóna:** fillit, gneisz
- **Pioramulde:** zokordolomit, dolomit kb. 1000m víznyomás!! rauwake,
- **Üledékes kőzetek > alpok felgyűrődése után mint ékek az alaphegységekben > töredezett zónák > 5-12 db zóna/km különböző szélességgel!**
- **összes töredezett zónák:** kb. 10% ▶ 5.7km!!

## Gotthard Bodio: építési-logisztika (2008 juni)

- **távolság: 15-30 km**
- **sínes-szállítás, 2 vágány**
- **95 km sín, 220 db. váltó**
- **kb. 50 mozdony (dizel) 300 db. csille**
- **napi szállítási mennyiség:**
  - 6000 m<sup>3</sup> közet 13 db 25 m<sup>3</sup>/ csille
  - 1400 m<sup>3</sup> beton, löttbeton
  - csúcsforgalomban 3 percenként egy vonat
- **modern, elektronikus üzemeltetési-központ szükséges!**



## Gotthard: Kt. Uri Seeschüttung : künstl. Insel



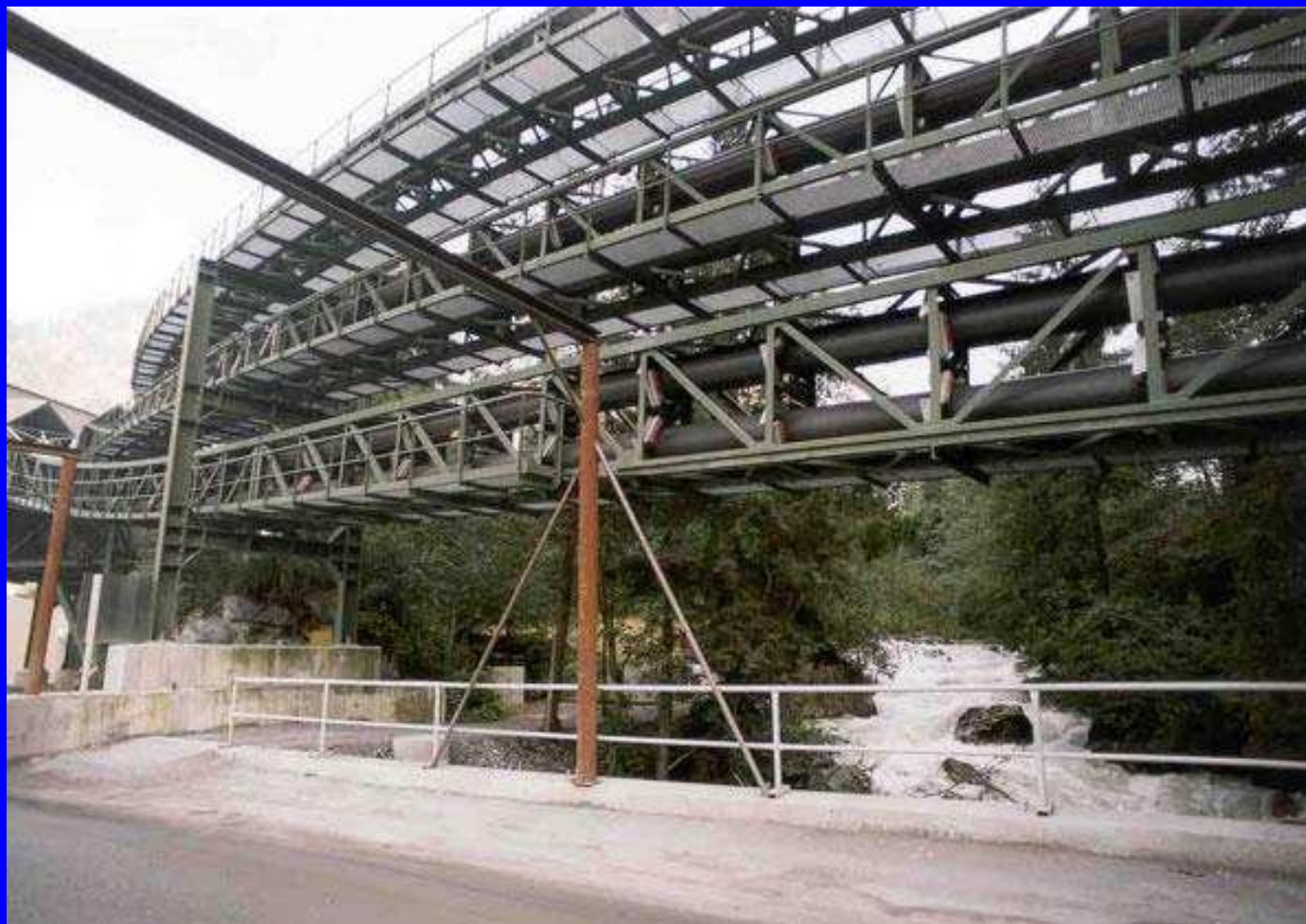
mesterséges  
szigetek  
fürdés,  
vízi-madarak



## robbantási módszer (1) 67,3 km = 44% GBT

- **fúróberendezés** ( 130 db lyuk 4m hosszú ):
  - Computer-vezérlés (pozíció, fúrásiterv)
  - nagy fúrési sebesség (hidraulikus fúró)
- **robbantás:**
  - . folyadék/emulziós robbantóanyag (gyorstöltés)
  - . Nonel-gyújtás
  - . elektronikus gyújtó
- **rakodás/szállítás:**
  - . szállítószalag/ hevedertároló
  - . kötőgépek (szükséges)
  - . sínes-szállítás (csillék)

## Szállítószalagok



## Szállítószalag

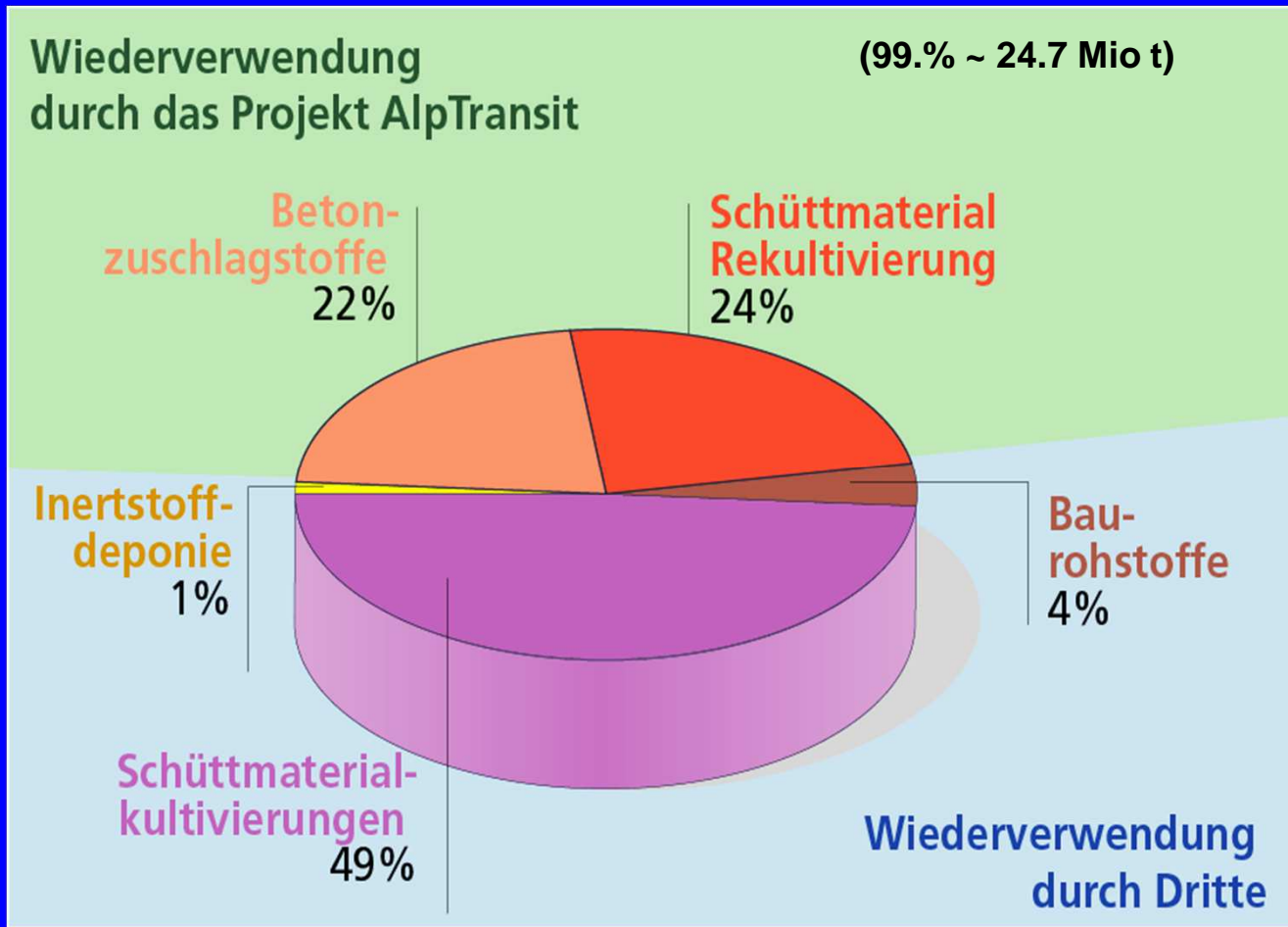


kötő szükséges  
hevedertároló

napi ellenőrzés!



# Gotthard: Wiederverwendung des Materials



**Schüttmat. > ¾**  
**für Beton > ¼,**  
**Spritzbeton?:**  
Vorversuche >  
gebroch. Mat.  
Glimmer,  
Chips



**szigetelő-fólia, belső betonboltozat, zsaluzás,**



## A kész alagút

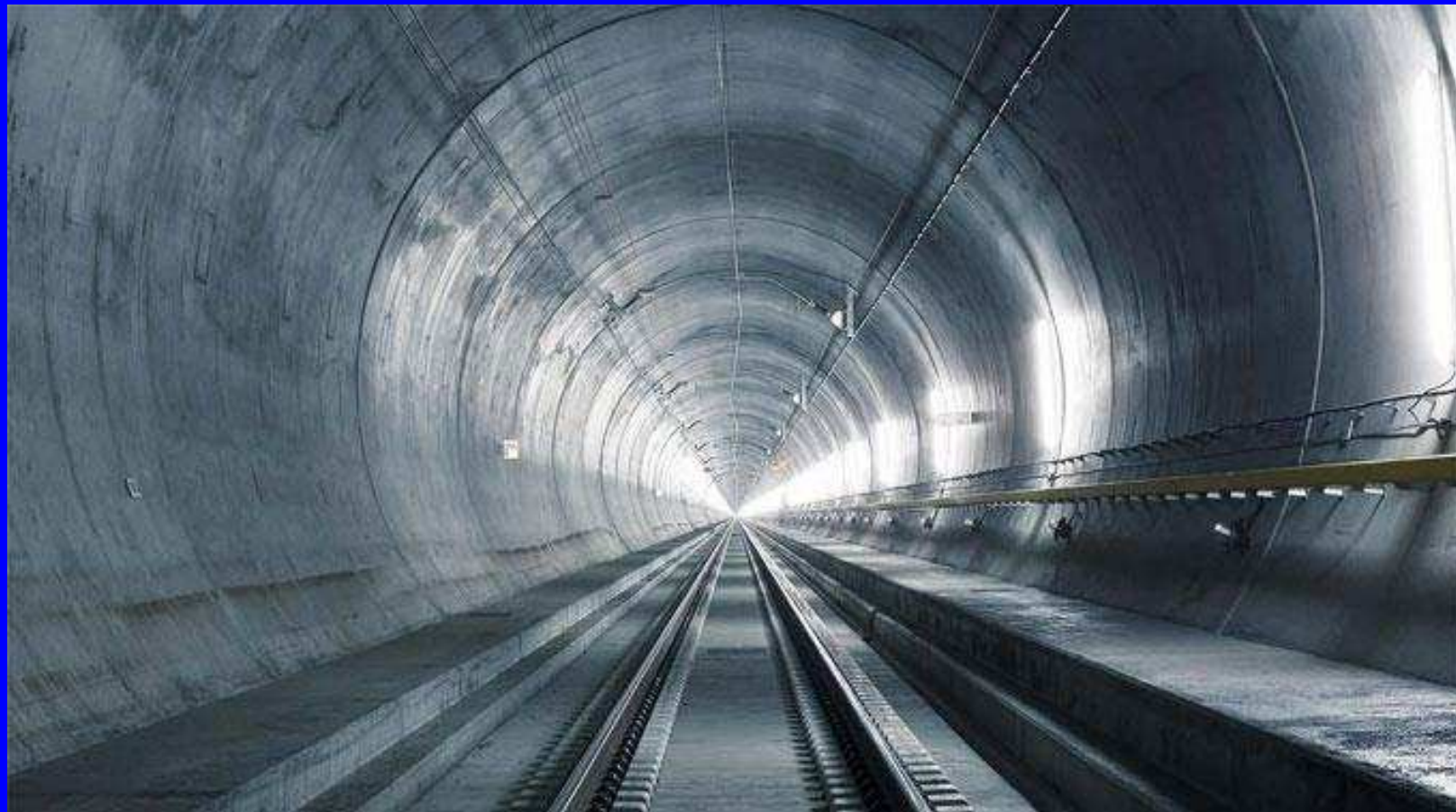


a kész alagút



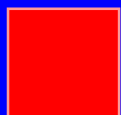


# Gotthárdbázislagút





## Gotthárdbázislagút



## Längste Eisenbahntunnel

in km

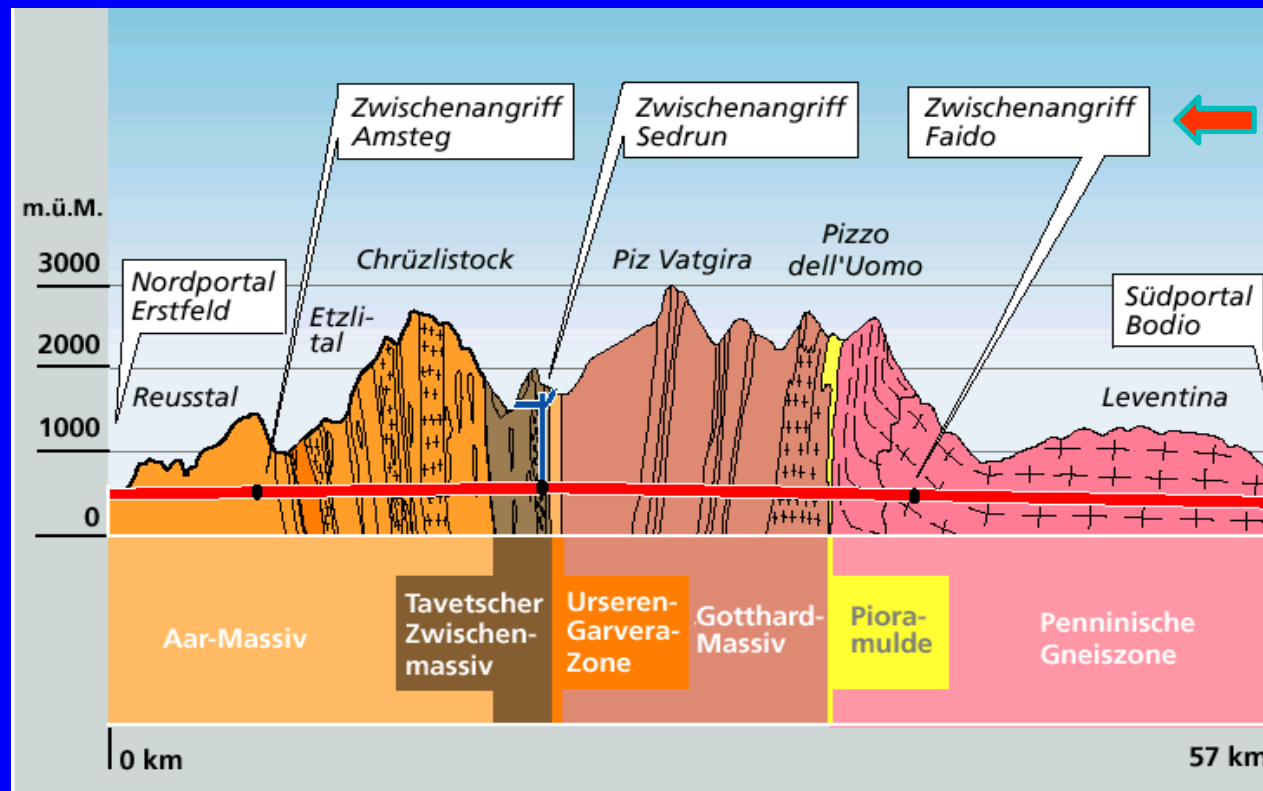
Gotthard-Basistunnel (CH)	57,0
Seikan-Tunnel (JP)	53,9
Eurotunnel (FR/GB)	50,5
Lötschberg-Basistunnel (CH)	34,6
Neuer Guanjjiao-Tunnel (China)	32,6
Guadarrama-Tunnel (ES)	28,4
Taihang-Tunnel (China)	27,8
Hakkōda-Tunnel (JP)	26,5
Iwate-Ichinohe-Tunnel (JP)	25,8
Iyama-Tunnel (JP)	22,2
Dai-Shimizu-Tunnel (JP)	22,2
Wushaoling-Tunnel (China)	21,1
Lüliangshan-Tunnel (China)	20,8



# Gotthárdbázislagút helyzetjelentés: 10 év építés után (főmunkák)

- projektek bemutatása
- **kihajtási módszerek**
- helyzetjelentés / tapasztalok
- költségek
- egy pillantás a jövőben

## Gotthard: geológiai hosszszelvény



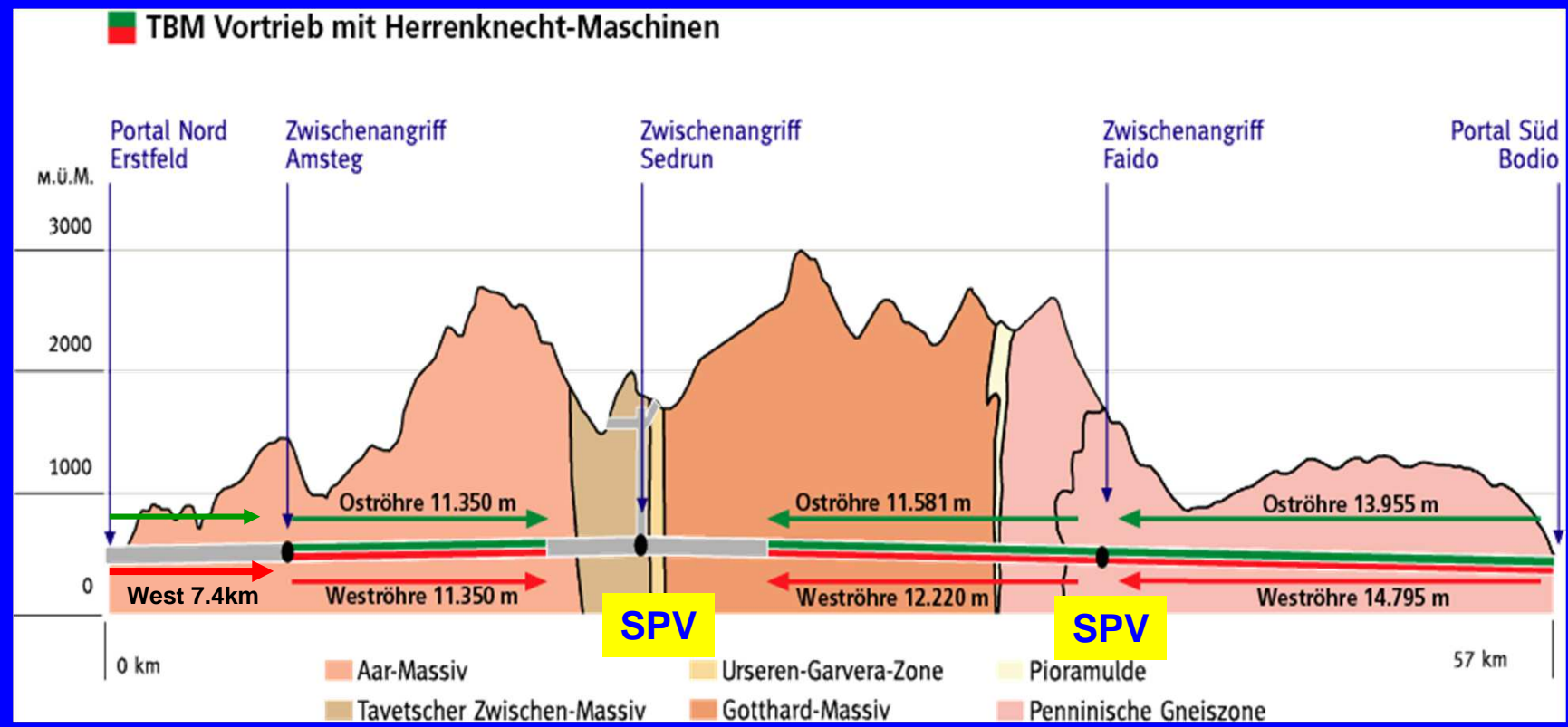
← köztes nyitópontok:

3 alap hegység: Aar-, Gotthád, penninische gneisz közte üledés kőzetek  
Kőzetek: gneisz, gránit, pala, dolomit, fillit,

## Gotthard: Vortriebsverfahren, -richtungen

**TBM: 4 Stk; 4x2 Lose**

**TBM: 56.3%; SPV: 43.7% (ATG)**



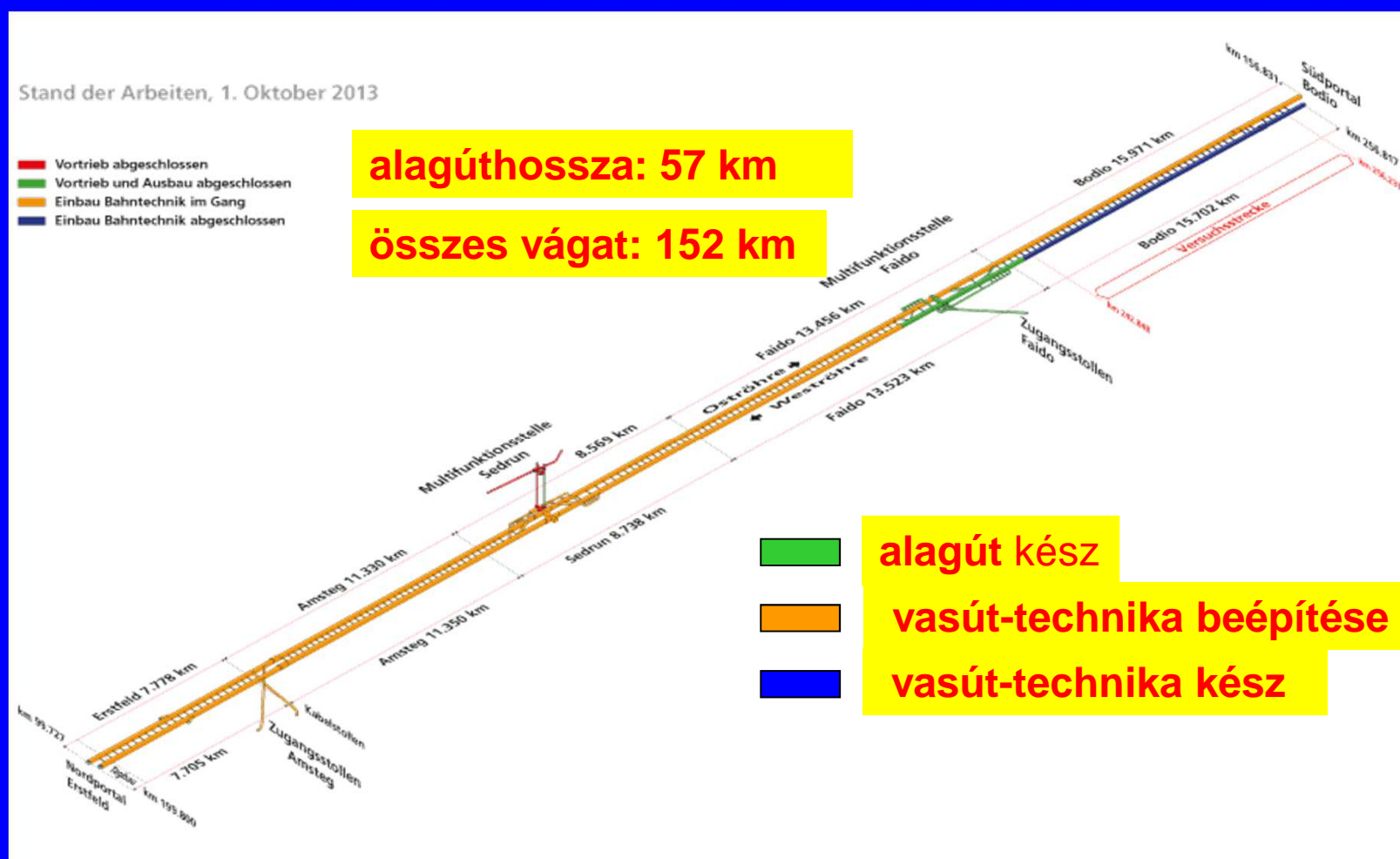


## Gotthárdbázislagút

### helyzetjelentés: 12 év építés után (főmunkák)

- projektek bemutatása
- kihajtási módszerek
- helyzetjelentés / tapasztalok
- költségek
- egy pillantás a jövőben

## Gotthard: helyzetjelentés: 2013. 10. 1.

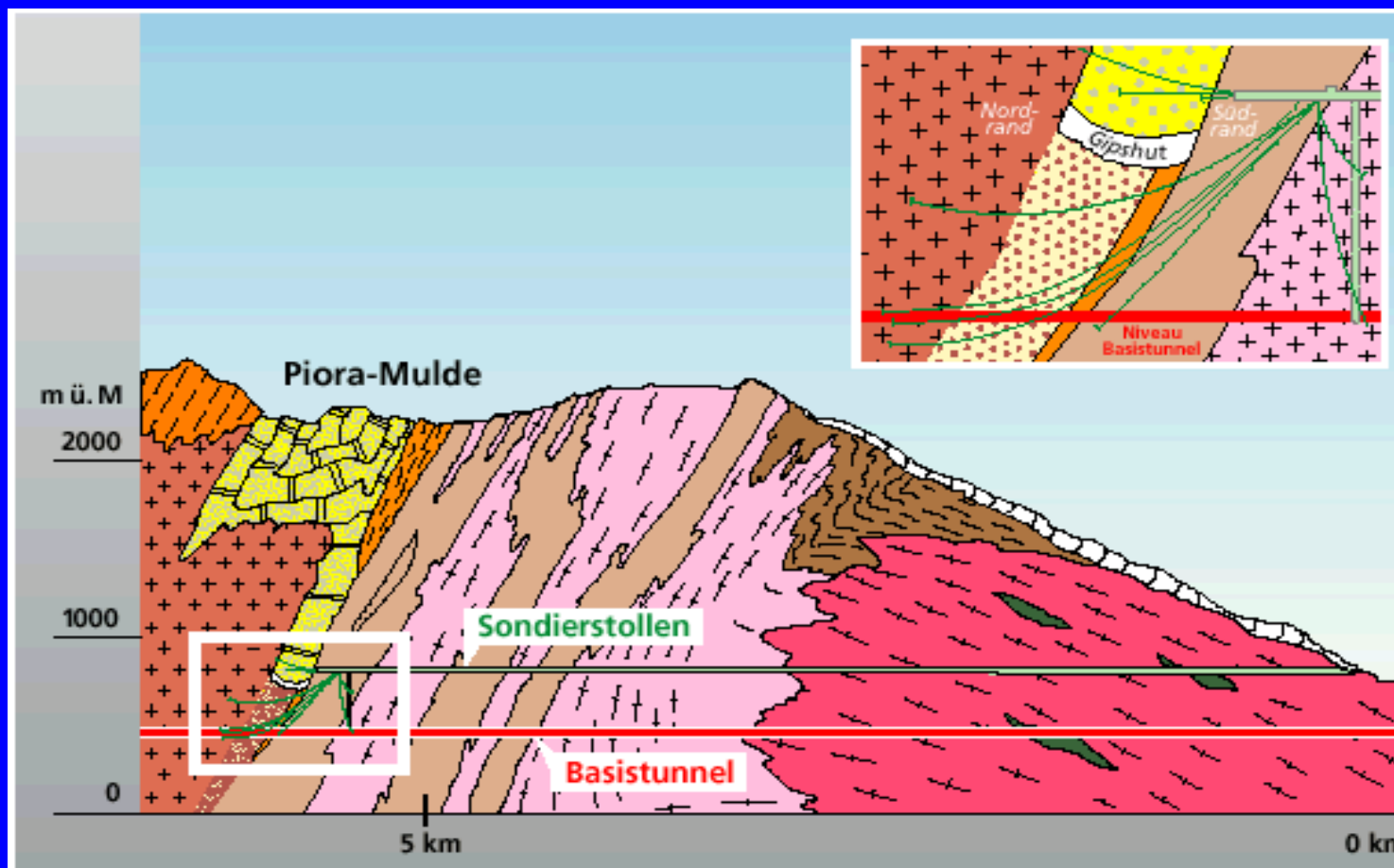


# Tapasztalatok (1) ATG felism./várt rizikózónák

szakasz	veszély	ellenmódszer	tapasztalat
Intschi Zone	nagy hegynyom.	AK közetoszt.	++
TZM	valódi hegynyom.	spez támivek	0
UGZ	nagy hegynyom.	AK	++
Piora-Mulde	folyós kőzet ca 100 at H2O	pilotvágat, fúrat kísérletek	++

erősen leegyszeresítve !

# Gotthard: Geol. und Sondiersys. Piora-Mulde





## Tapasztalatok (2) ATG nem várt kockázatok

szakasz	veszély / esemény	ellenmódszer	tapasztal.
Amsteg	TBM betemetve	Injekt. Gegenvort.	- -
Faido MFS	$\delta = 30-50$ cm	részben délre tolva	- -
Faido TBM	rossz rétegezés	AK, szelv.-újraépí. 450m	- -
	Medelgr. 4.5km (2km)	6 fúrófejrevisión	- -
	TBM betemetve		- -
Bodio	lapos 500m töredezett zóna	2.kihajtás 1200m	- -
		TBM átépítése	- -

Víz: Erstfeld: prognózis felett: - - (61 l/s.km), Bodio: -

Amsteg, Sedrun: progn. alatt: +

Hőmérséklet valamivel magasabb: 48-50°C

nagyon leegyszeresítve!

## Tapasztalatok (3) ATG vágathajtás

szakasz	TBM / robbantási mód.	építési idő
Erstfeld	++	- 6 Mt
Amsteg	++	-6 / -9 Mt
Sedrun	spez. Votr. + / 0 SPV ++ Losverläng. 1 km	+ 2.5 Mt +9 / +4 Mt
Faido	TBM -- MFS SPV --	+ 12/18 Mt + 18 Mt
Bodio	TBM --	+ 17 Mt

TBM bevált, de többször a határon volt!

Főáttörések: 15.Okt. 2010; 23.3.2011

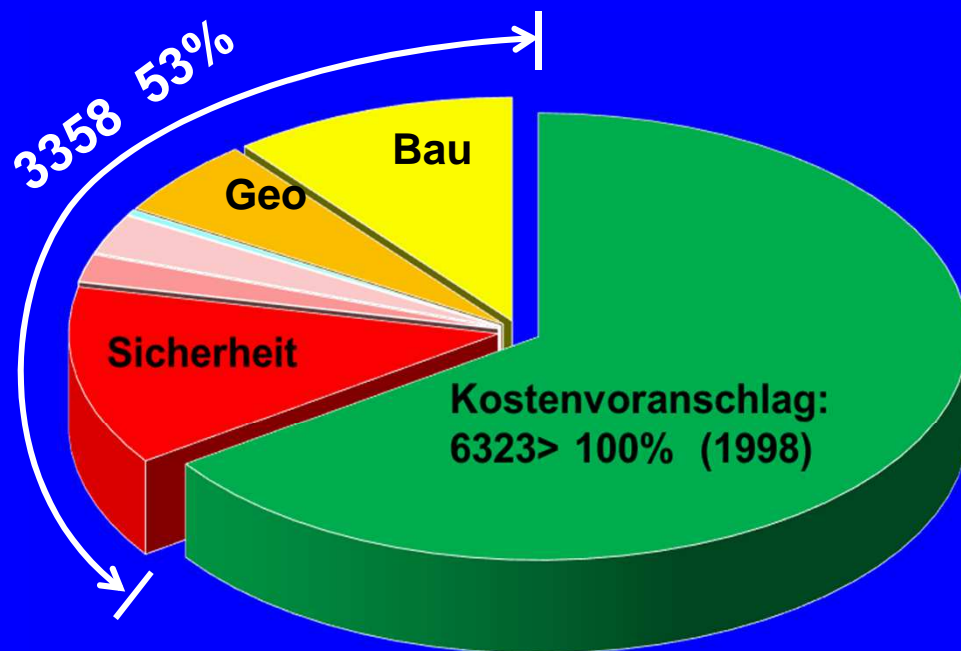
sehr strak vereinfacht!

## Tartalom

- miért építünk alagutakat?
- a projekt bemutatása
- bázislagutak főproblémái
- az alagút építése: fejtés/kitörés, szállítás,  
biztosítás, belső-szerkezetek
- tapasztalatok
- költségek / terminusok

# Leistungs- und Kostenänderungen seit 1998

per 31.12.2014 in Mio. CHF



Preisbais : 1998, ohne MwSt, Bauzins.,Teuerung

Preisbasis: 2015 > 12,2 Mrd. alles inkl.

**KV: 6'323 Mio.> 100%**

**Zusatzbestellungen (nicht:vorgesehen):**

.Sicherheit +Tech.: +1'262 >+20%

.Verbess. Bevöl.: +195 >+3%

.Verzögerungen.:+281 >+4%

.Projekterweiterungen:38 >+1%

**Tot.1: +1776 Mio. >+53% der Mehrkosten**

.Geologie:+544 >9%

.Bauausführung:+1038 >+16%

**Tot.2: +1582 Mio. >+47% der Mehrkosten**

**Mehrkost. 1+2: +3358 Mio.>53% KV**

**Total: 9'681 Mio.**



## Gotthárdbázislagút

- projektek bemutatása
- kihajtási módszerek
- helyzetjelentés / tapasztalok
- költségek
- **egy pillantás a jövőben**

## Egy pillantás a jövőben

- **Lötschberg:**
  - alagút kész: 2005 végén
  - vasúti infrastr. : 2006 végén
  - üzemeltetés: : 2007. 12. 9.
  - végkiépítés: bizonytalan !?
  
- **Gotthard:**
  - főáttörések: 15.10.2010; 23.03.2011
  - alagútépítés: Am,Bo (W) 2009
  - vasúti infrastr.: 2010-2015
  - probaüzemeltetés: 2015 -2016 Test + Probebetr
  - üzemeltetés: Dez. 2016

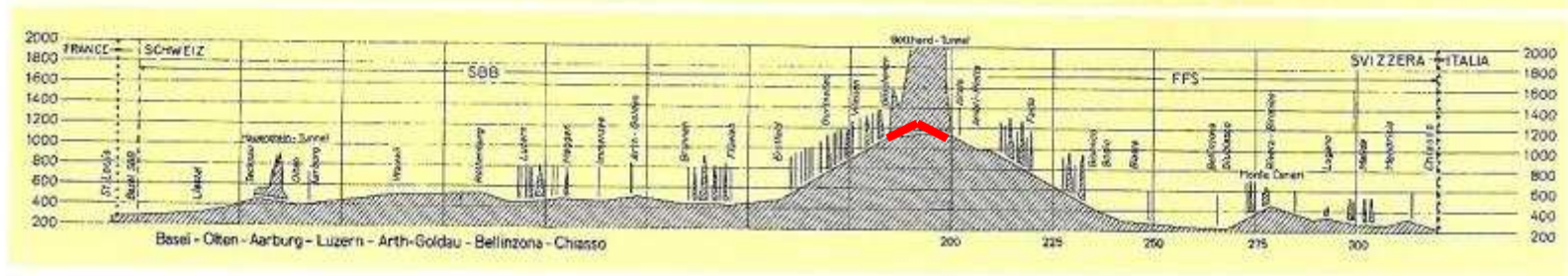
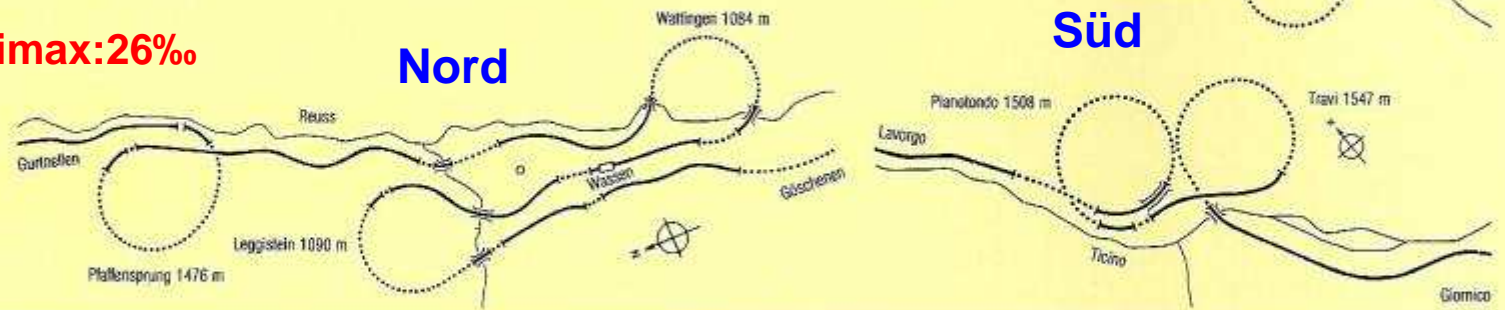
# Forduló-alagútak Gotthard 1872-82

Linienentwicklung der Gotthardlinie bei Wassen (unten),  
im Dazio Grande (nebenstehend) und in der Biascina.

**Összesen: 7 forduló-alagút**

**r = 300 m**

**imax: 26%**



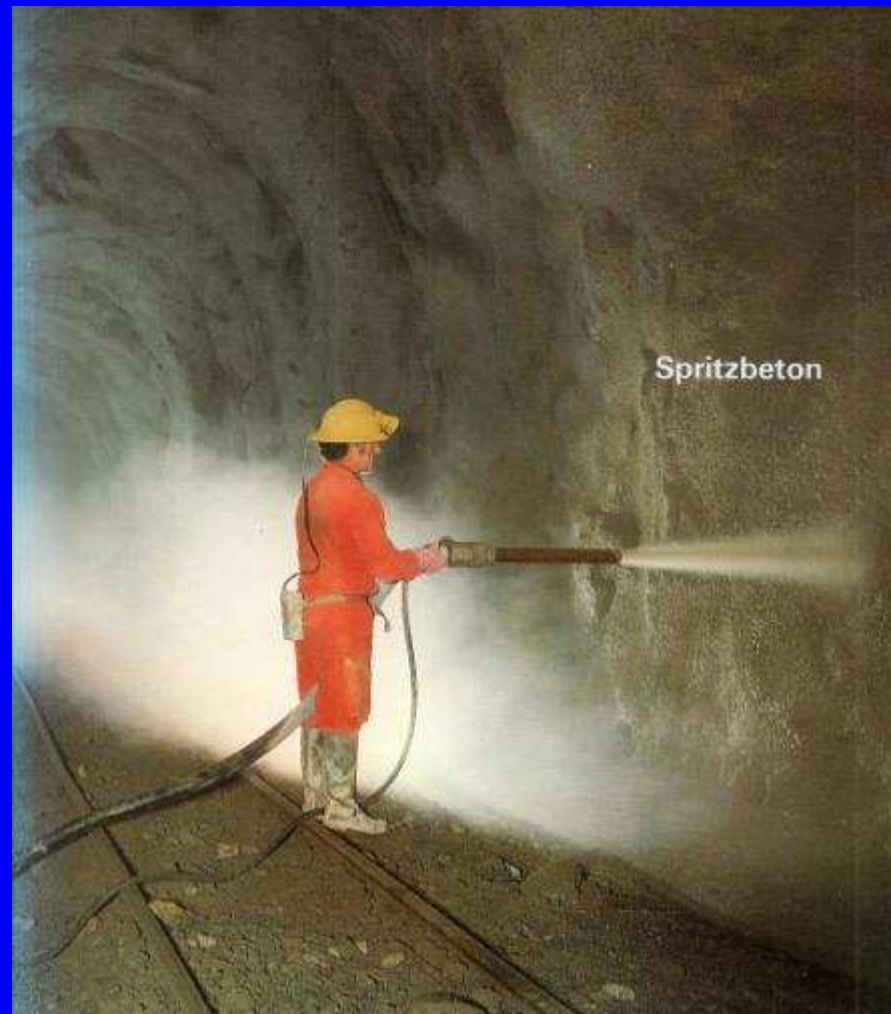
## Gotthard: csillék kiürítése



leakasztás nem kell!



**Biztosítás: löttbeton** (régen szárazelrájás, ma nedves)



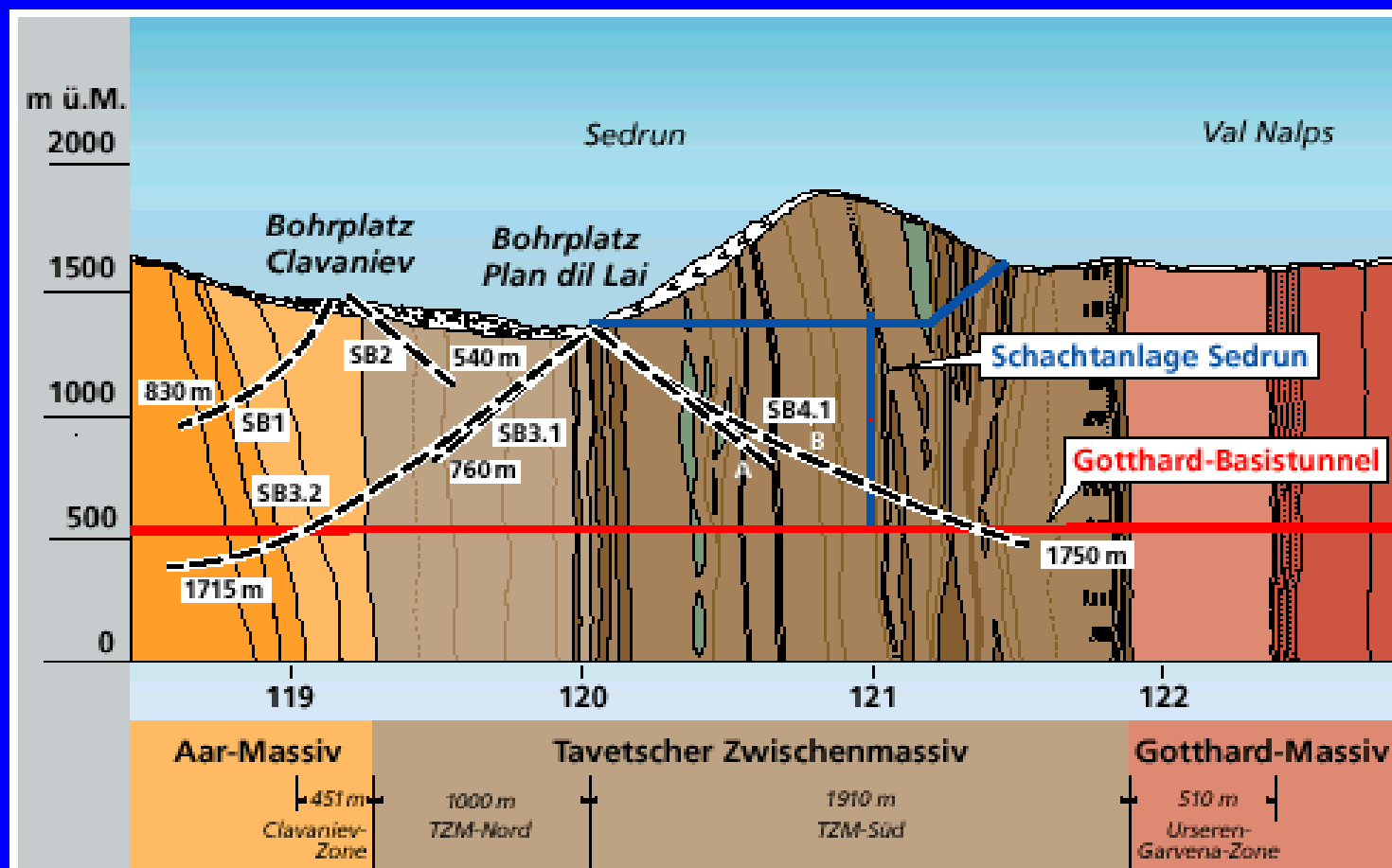
## Bázislagutak tervezése és kivitelezése

- miért építünk alagutakat?
- bázislagutak főproblémái
- vonalvezetés
- üzemeltetési és biztonsági berendezések
- hogyan építünk alagutak?
- **mintakeresztmetszelvevény, alagútszekezetek**
- valódi hegynyomás
- magas hőmérséklet

## Alagúthajtási módszer választása (szilárdközet) függ:

- az alagúthossza, keresztmetszvény alakja/nagysága
- geológia, hidrológia, tagoltság, rétegződés, palásság
- kőzet tulajdonságai:  $\beta_c$ ,  $\beta_t$
- fúrési/kopási osztály; robbantási osztály
- puha kőzet/ tördezett kőzet: fajta, mennyiség, összhossz, **fúrófej-beszorulása (blokkolása)**, fúrófej-lesüllyedése
- vízbefolyás (mennyiség:betörésnél, később)
- vízhatása a kőzetre: felpuhul, abrazivitás

## Gotthard: Sondierungen im TZM





## Alagúthajtási módszer választása (szilárdközet)

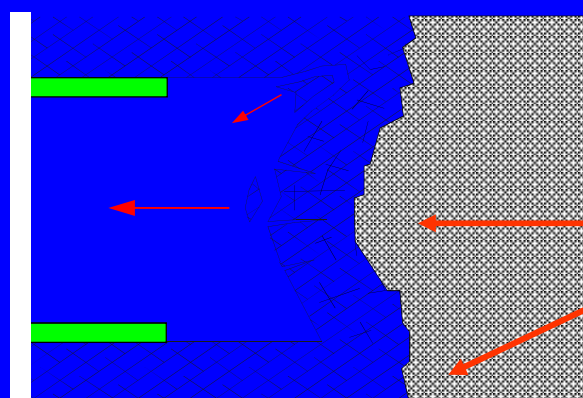
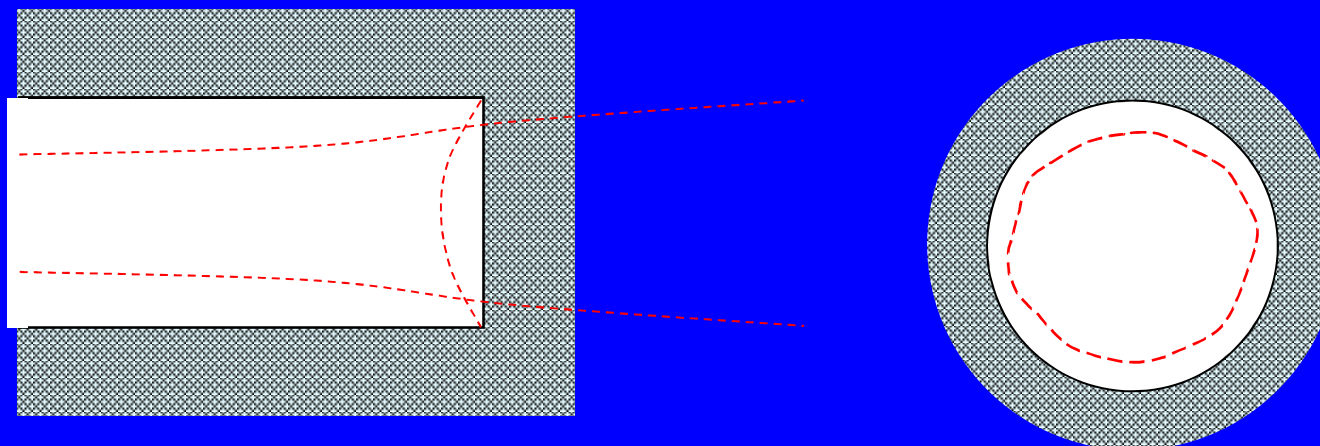
**függ:**

- gáz, hőmérséklet
- üreg/homlokfal stabilitása: egyes kőzetekben, tördezett-zónákban; vágatbiztosítás
- várható alakváltozás
- főkérdés: robbantási-módszer/ alagúthajtó gép (TBM) ???
  
- TBM: ~ 3x gyorsabb, olcsóbb, nagyobb kockázat, problémáknál csak korlátolt lehetőségek!!
- robban.-mód.: lassúbb, drágább, problémáknál : több lehetőség ( fúrás, injektálás, más biztosítás stb.)

## Bázislagutak tervezése és kivitelezése

- miért építünk alagutakat?
- bázislagutak főproblémái
- vonalvezetés
- üzemeltetési és biztonsági berendezések
- hogyan építünk alagutak?
- mintakeresztmetszelvény, alagútszekezetek
- **valódi hegynyomás**
- magas hőmérséklet

# Valódi heggy nyomás (plasztikus benyomódás):

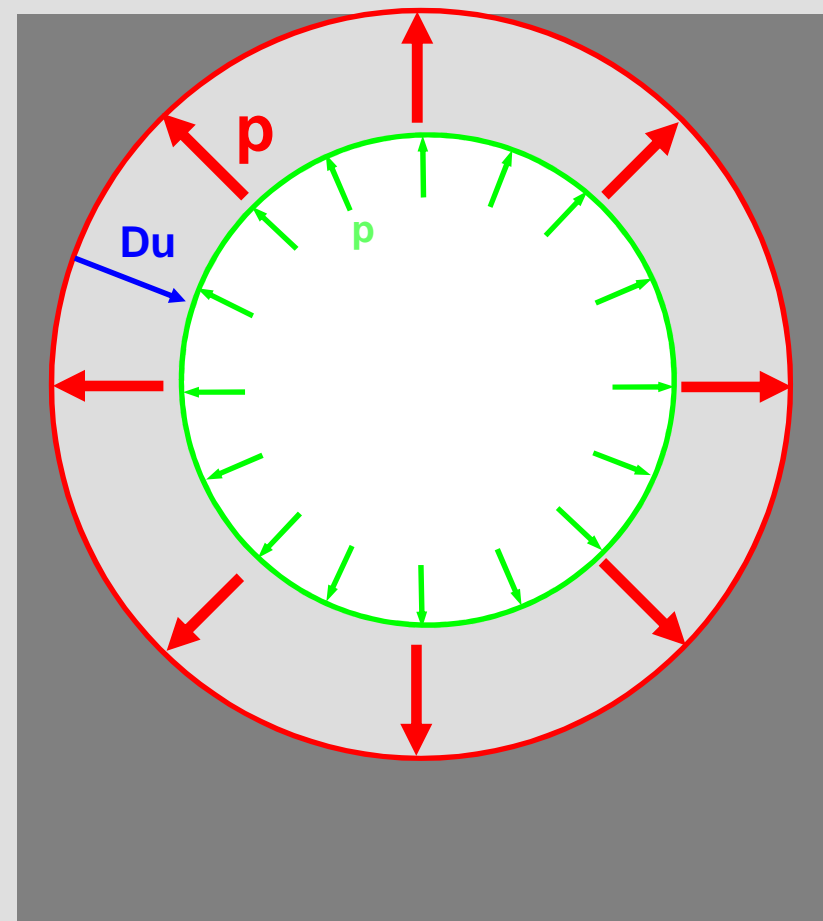
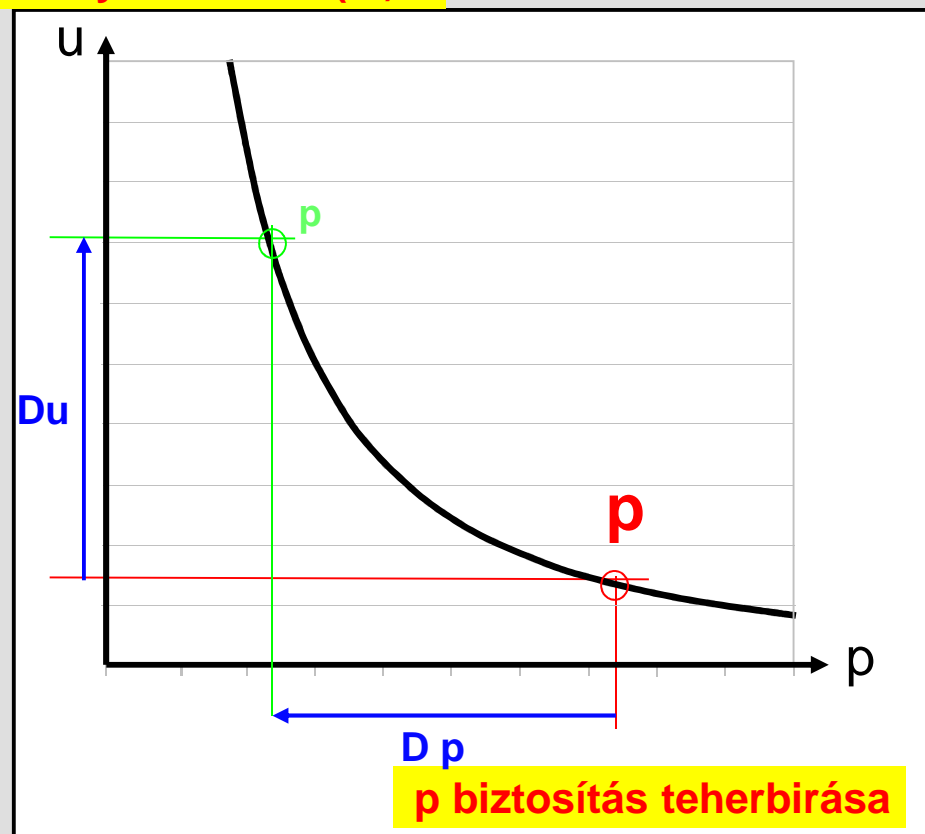


**plasztikus benyomódás**

**stabil**

# Valódi hegnyomás: tapasztalat ► jelleggörbe

benyomódás  $u$  (m)



## Furkabázistunnel: plastikus benyomódás





## Sedrun acélívek (erektor a függő munkapadon)

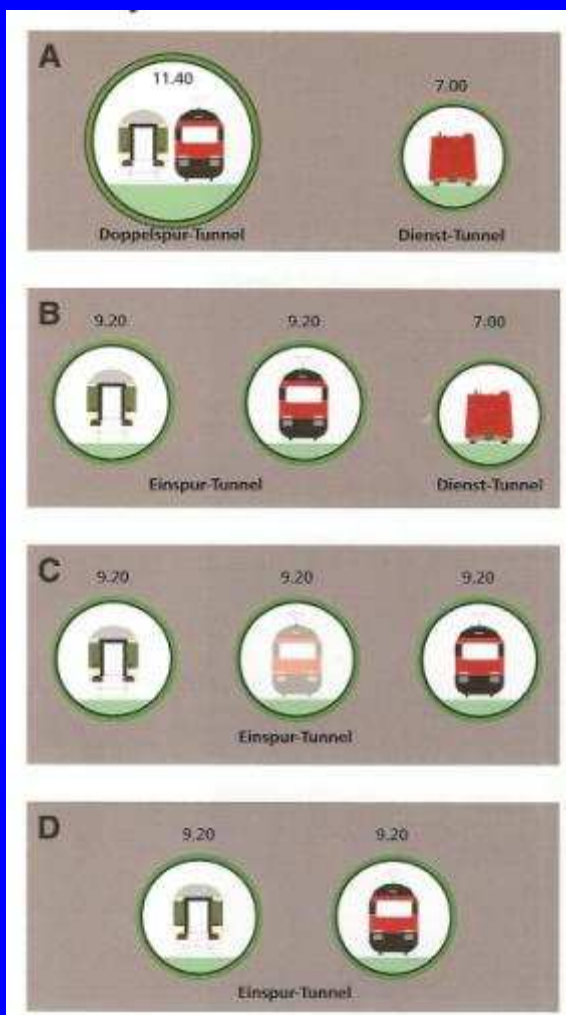
Bauausführung



## Sedrun: függő munkapad



## Alagútszisztémák



2 vágány + szolgálati alagút

Seikan + pilotvágat

2 x 1 vágány + szolgálati alagút

Channel-alagút

3 x 1 vágány

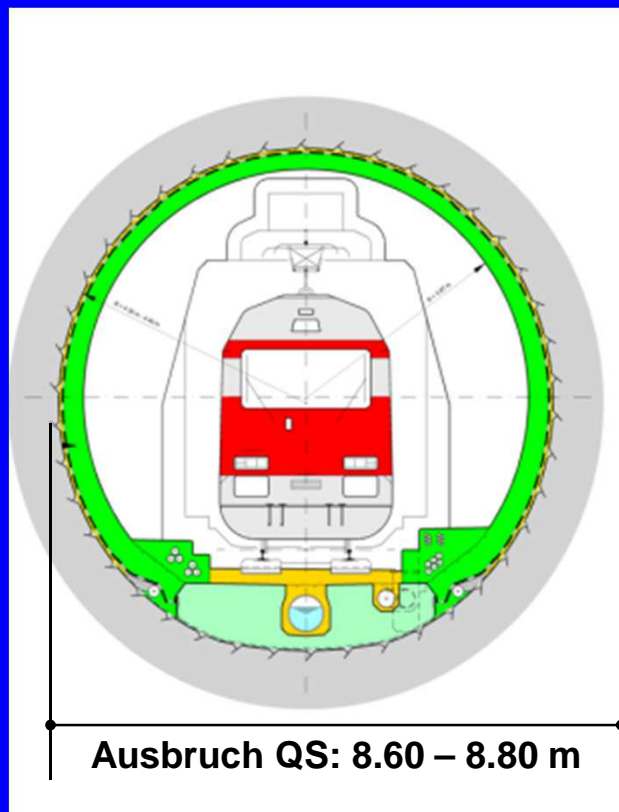
2 x 1 vágány

Gotthard-, Lötschbergbázisalagútak  
Brenner, Lyon-Turin

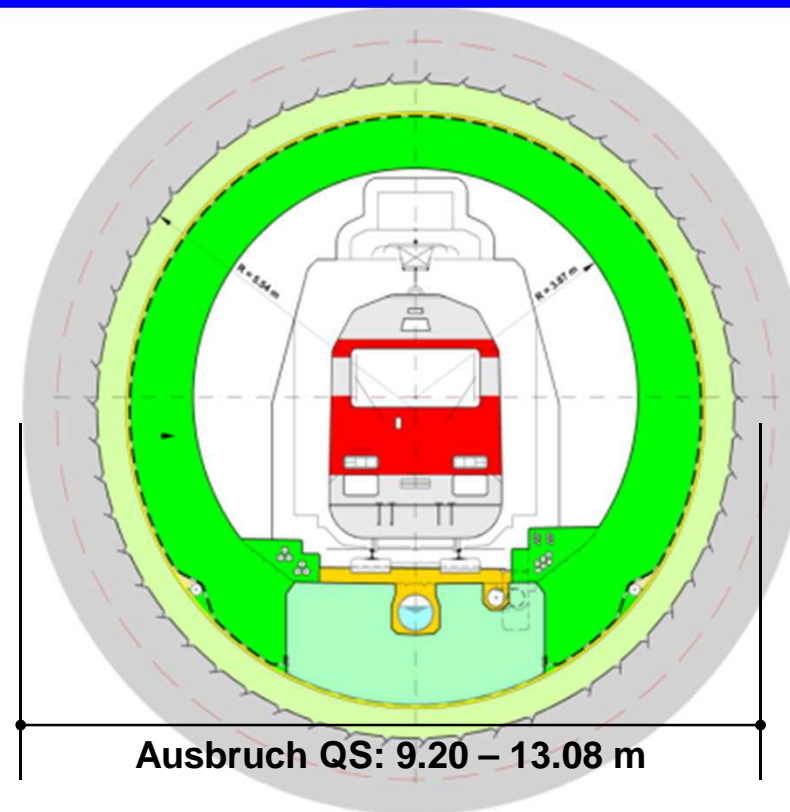


## Mintakeresztmetszelvevények

szilárd kőzet

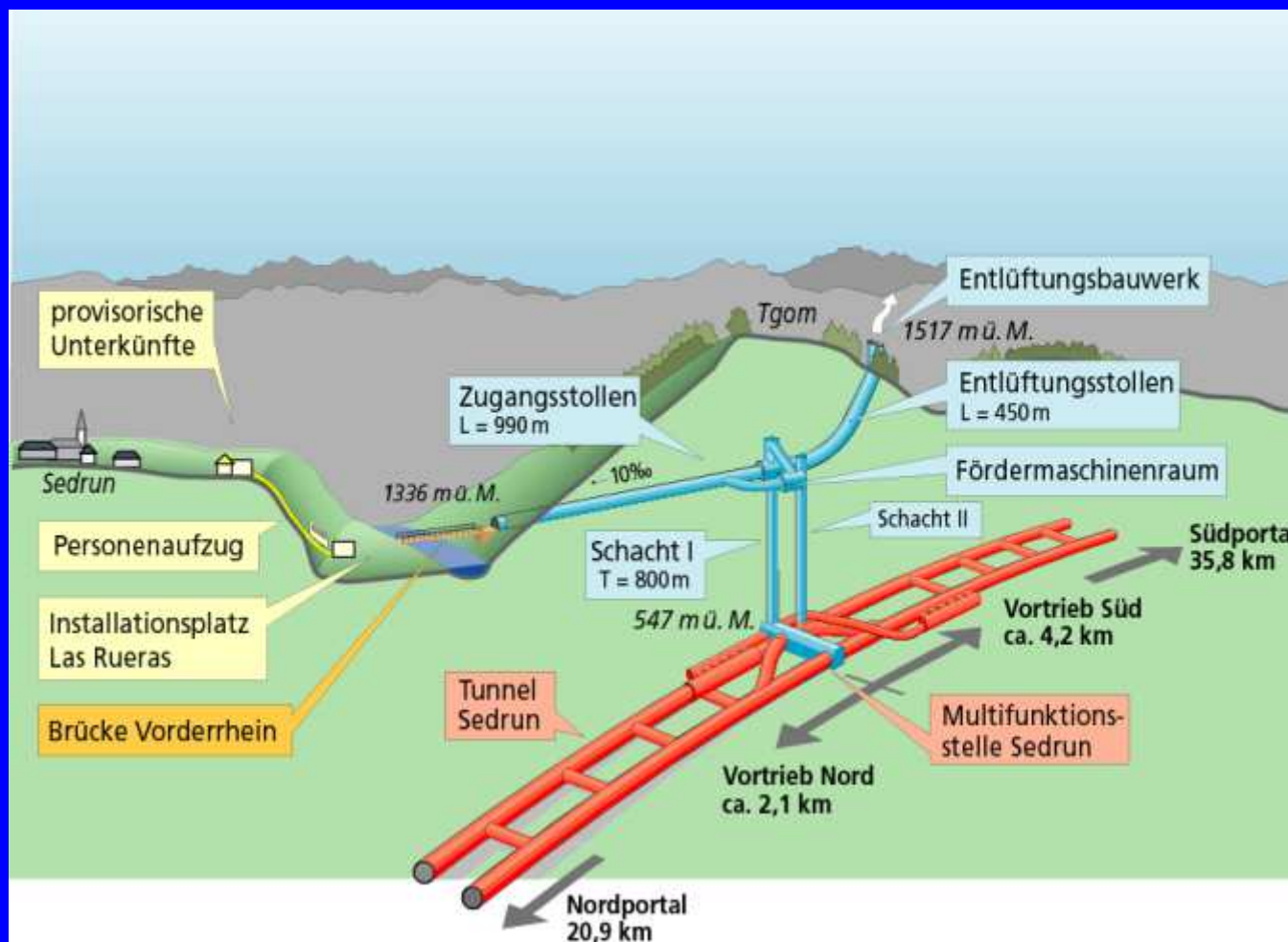


valódi hegynyomás



Mehrausbruch: 76.4m<sup>2</sup> → 140'000m<sup>3</sup>/km in Deponie!

# TA Sedrun köztes - nyitópont



vágat 990m  
akna 2x800m  
szellőzőakna

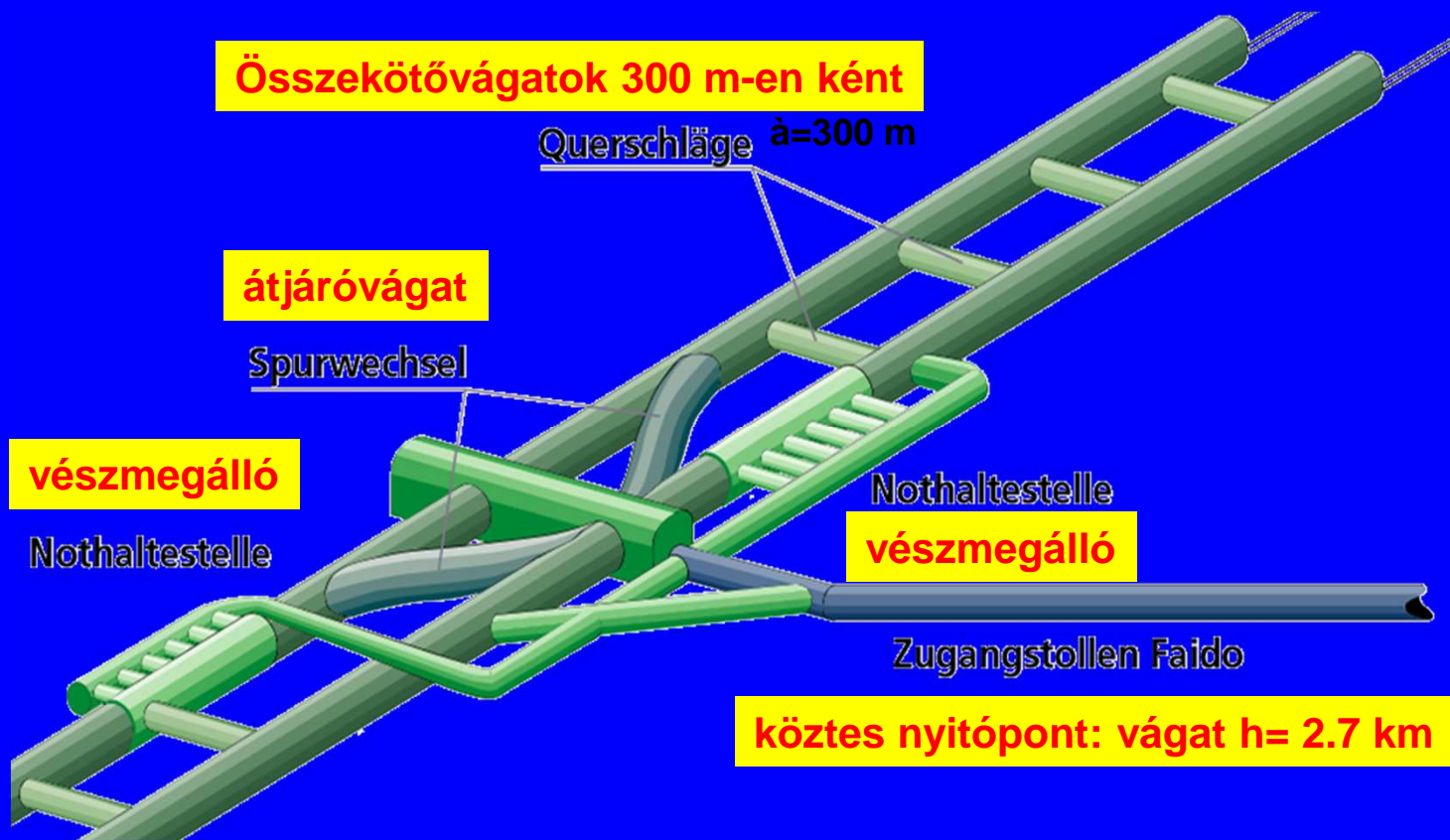


## Bázislagutak tervezése és kivitelezése

- miért építünk alagutakat?
- bázislagutak főproblémái
- vonalvezetés
- üzemeltetési és biztonsági berendezések
- hogyan építünk alagutak?
- mintakeresztmetszelvény, alagútszekezetek
- valódi hegynyomás
- **magas hőmérséklet**

# Gotthard: multifunkcionális-állomás Faido

(kiszolgálóegység)



## Robbantási módszer: kőtörő, függőmunkapad



## Gotthard: átjáró-vágat

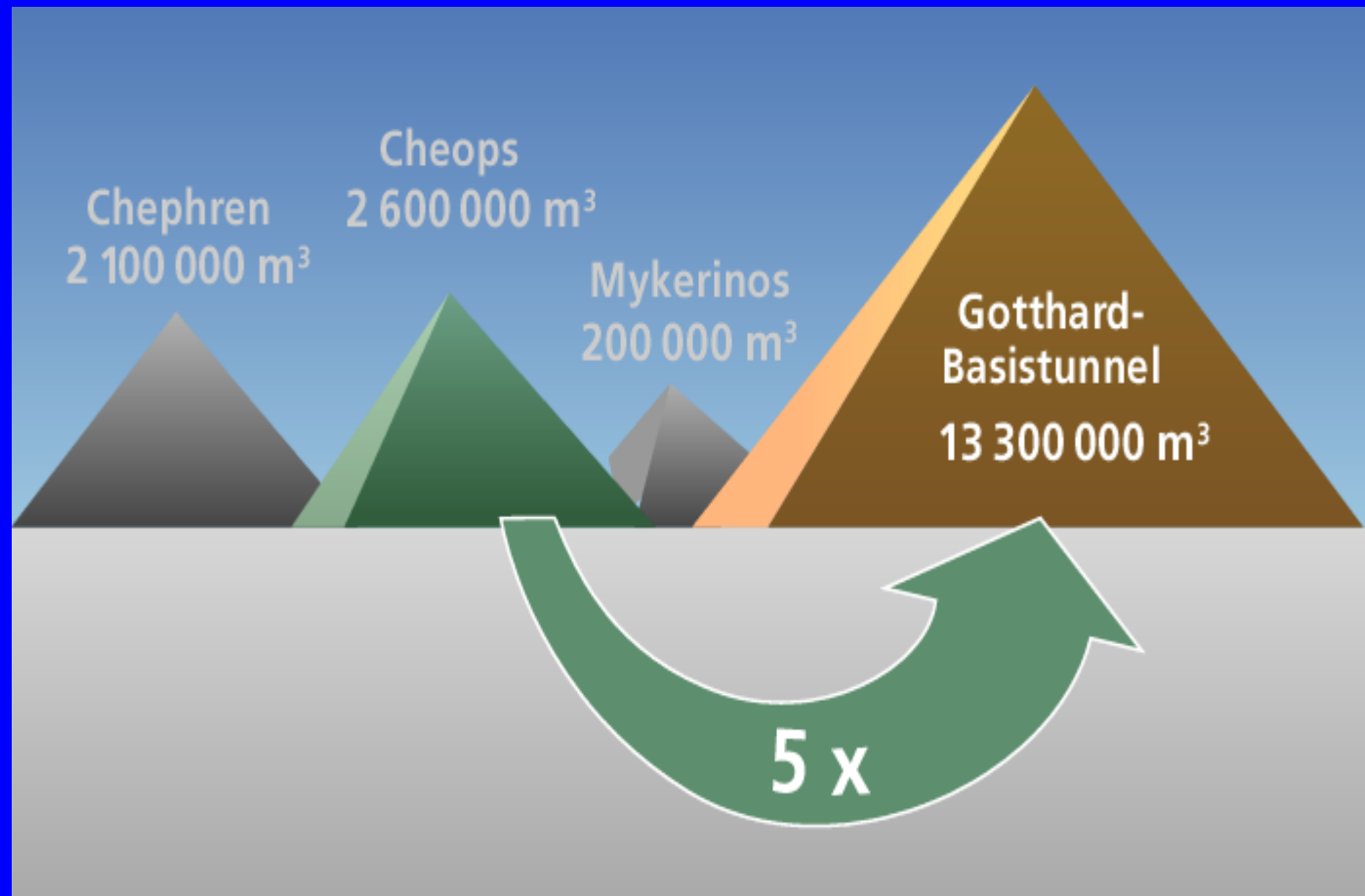


## Bázislagutak tervezése és kivitelezése

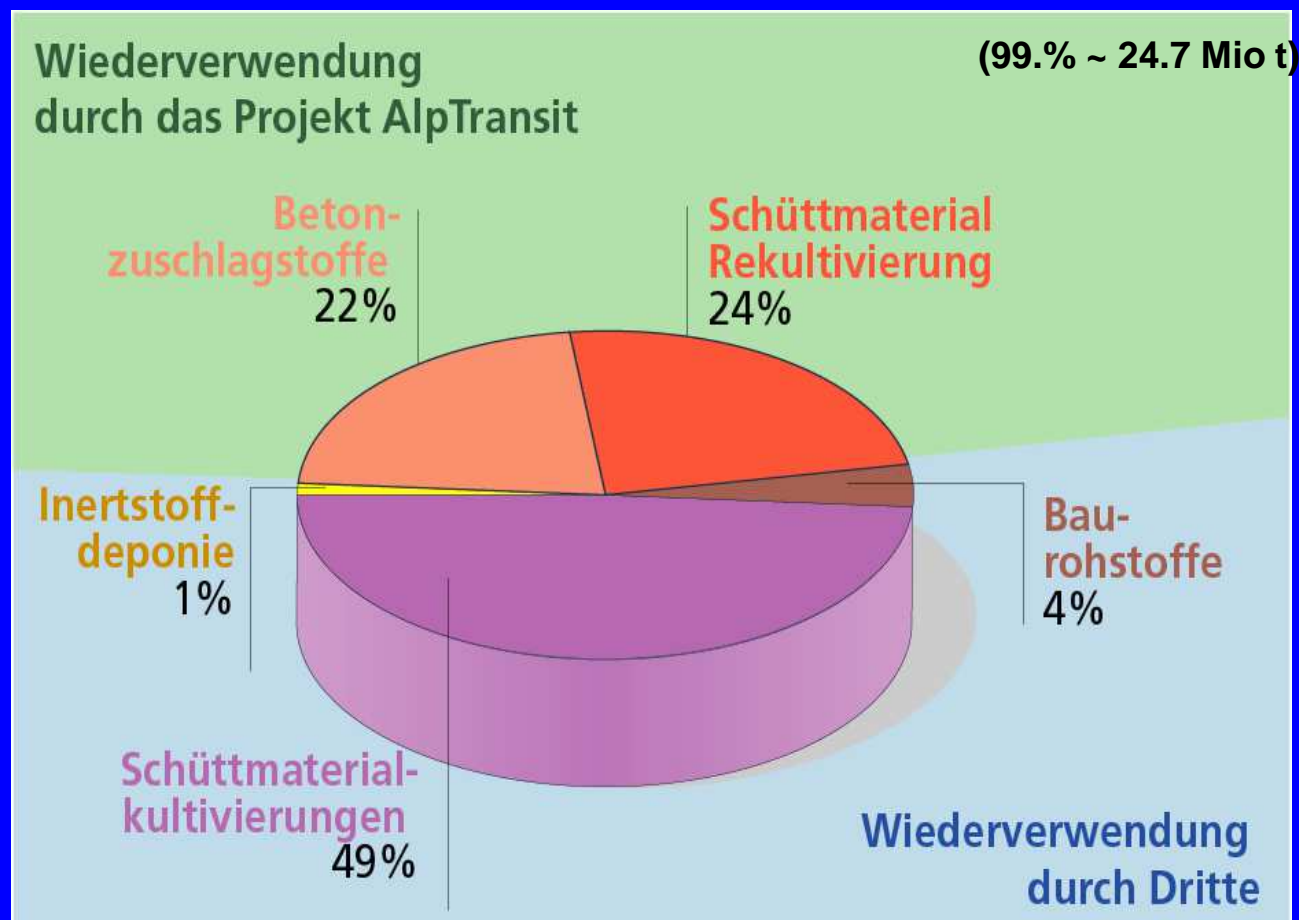
- miért építünk alagutakat?
- bázislagutak főproblémái
- vonalvezetés
- üzemeltetési és biztonsági berendezések
- **hogyan építünk alagutak?**
- mintakeresztszelvény, alagútszekezetek
- valódi hegynyomás
- magas hőmérséklet



## Gotthard: kitört kőzet mennyiség



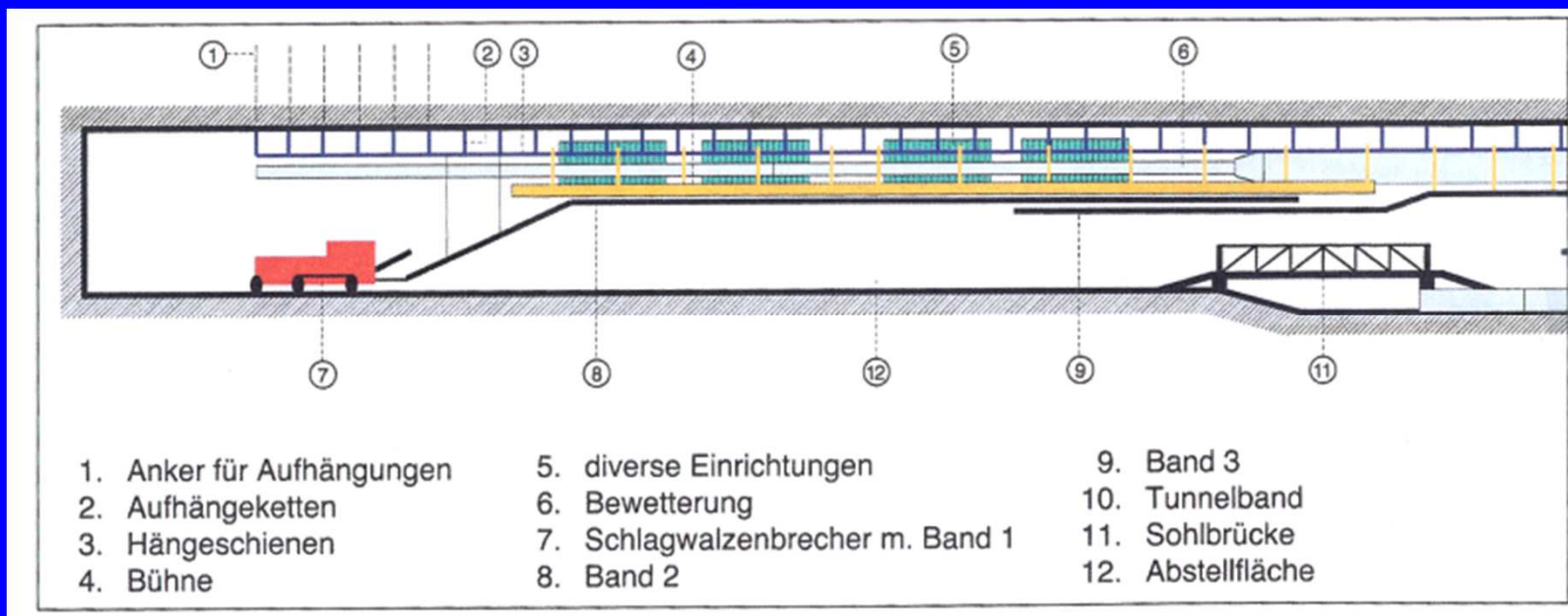
# Gotthard: kitört kőzet felhasználása



## Gotthard: Kt. Uri mesterséges szigetek



# Függő munkapad (sínekre felakasztva)





## Alagút-áttörés: 2011 március 23.





## Lötschberg: biztosítás a karbon-zónában

Schäden im Spritzbeton

Einbau mit Konvergenzschlitzen



# Lötschberg: Süd-Portal



2016 szeptember

## Löschbergbázislagút: felavatása 2007.06.15.



**köszönöm a figyelmet ! kérdések?**

### 21. század a „Bázislagutak kora“

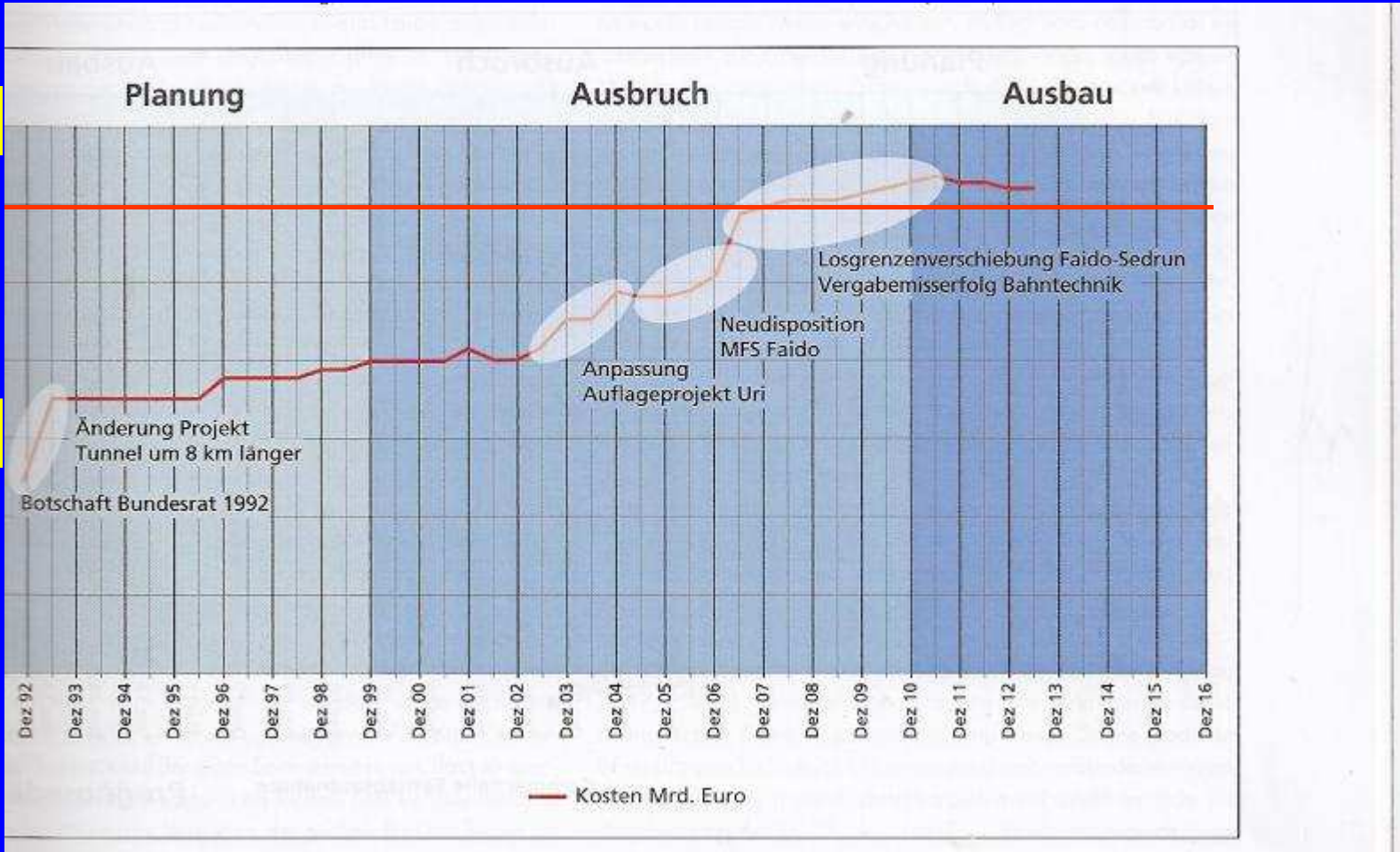
- Lötschberg CH, 34km 1999-2007
- Gotthárd CH, 57 km 2001-2016
- Ceneri CH 15 km 2007-2019
- Brenner A/I, 55 km Pilot vágat - 2026
- Lyon Turin F/I, 53 km 2013 -2025?



# Kostenentwicklung Gotthardbasistunnel

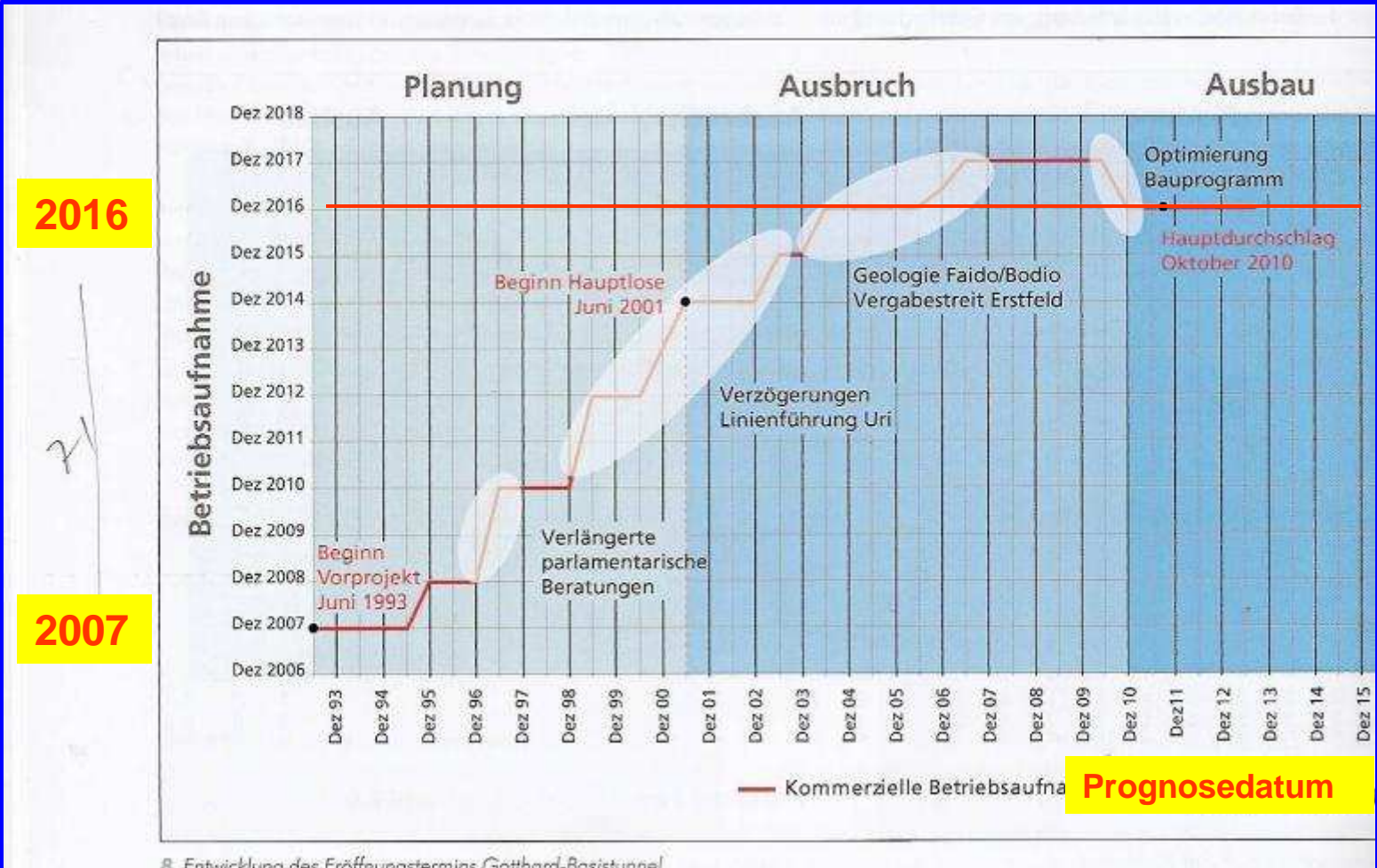
8 mrd €

4 mrd €



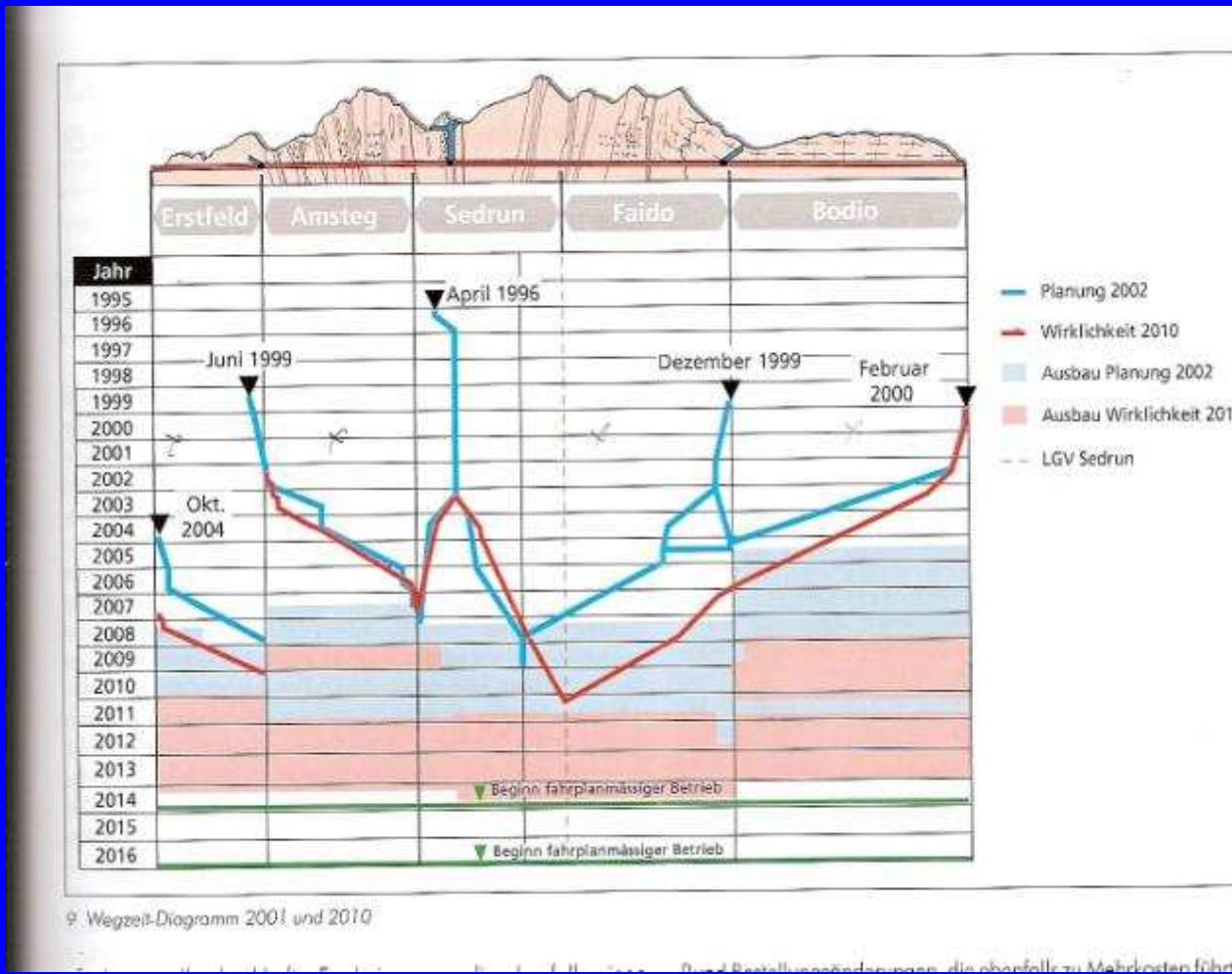


# Entwicklung der Betriebsaufnahme



8. Entwicklung des Eröffnungstermins Gotthard-Basistunnel

# Bauprogramm 2001 und 2010



**nur 2 Jahre Diff. !**

## Vasút-technikai és üzemeltetési berendezések

- vasútipálya  $v = 250$  km/h
- áramellátás 50 Hz, kábelok, 16 2/3 Hz forgal. áram
- Telecom felszerelések mozdonyvez. képernyő
- összekötő vágatok felszerelése
- biztonsági felszerelések ETCS level 2; rádióhullám; 928 detektor
- szellőzés MFS Sedrun, Faido
- vezérlőközpont helye Polleggio vezérlőközpont felszerelése
- rendkívüli forgalmi helyzet
- üzemeltetés 2016. december-től (előtte tesztek, probajáratok)

## Vasútipálya

- beton-talplemez > rugalmas sínlerősítés
- gummiban ágyozott előre-gyártott betontömbök
- sinek erre egy gummi alátétel vannak felerősítve
  
- szisztema CH-ban alagútakban nagyon jól bevált!
- sinek kopása és karbantartása minimális, 154 km
- váltok 35 db,



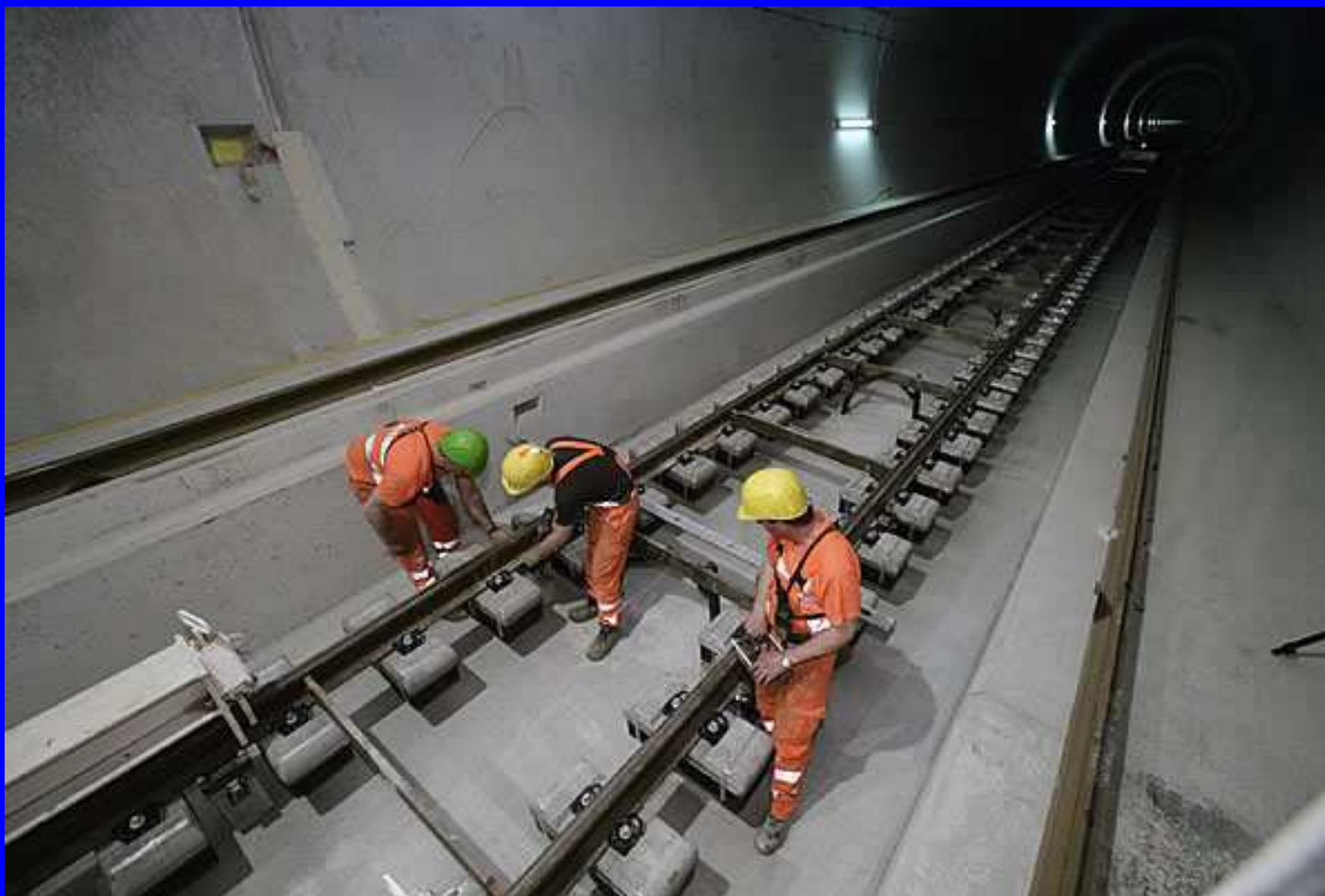
## Vágány szerelése



18m „előrszerelt“  
vágány



# Vágány szerelése



## Áramellátás

- vasúti üzem: 132kV, 15kV; 16  $\frac{2}{3}$  Hz
- berendezések: magas/alcsony feszültség  
pl.: világítás, szellőzés, gépek; 16 kV, 0.4kV; 50 Hz
- világítás: - karbantartásimunkáknál  
- balesetnél  
- tűzesetben
- kábelek 6000 km
- transzformátor-állomások 250 db
- 7200 lámpa
- vészáramgenerátor: 10 db



# Kábelok



## Összekötő vágatok

- kb 300 m-enként > 200 db.
- tolóajtó: 90 perces tűzellenállás  
levegőnyomás, vagy húzás  $v=250$  km/h
- telefonok kívül, belül
- ajtónyitásnál: jelzés a központban  
automatikusan bekapcsol a világítás  
a másik alagútban vonat  $v_{max}=40$  km/h
- magasabb nyomású levegő (füst ellen)
- tűzoltókészülék (összesen db.)



# Összekötővágat: tolóajtó



vészlámpa

menekülőút jelzés

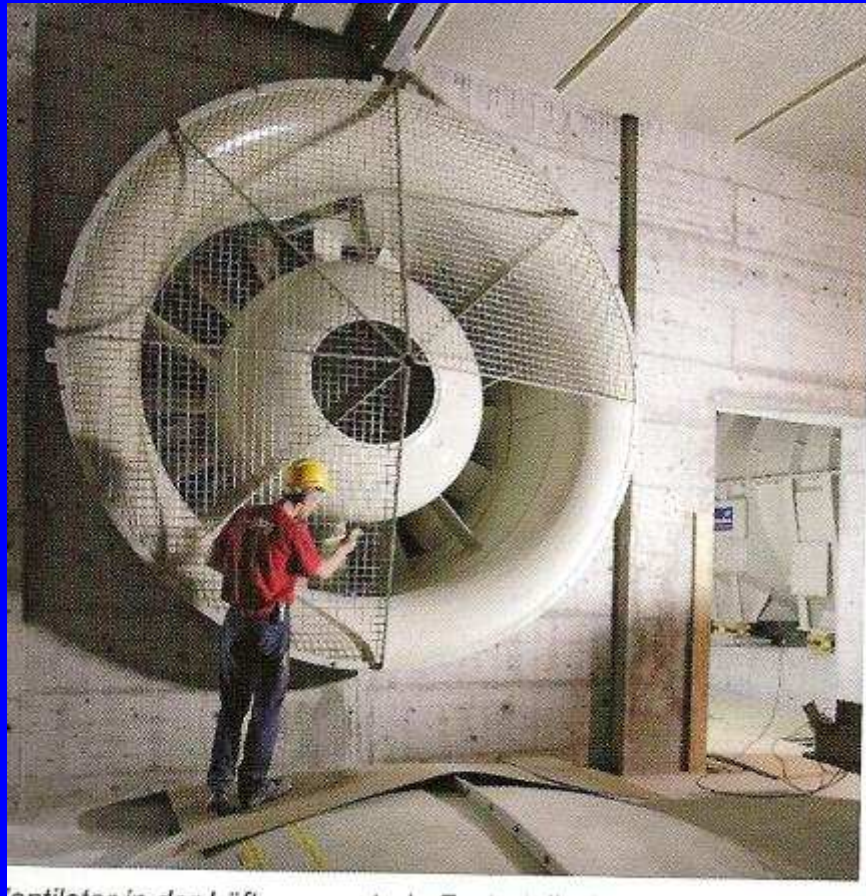


videokamera

## Szellőzés

- **alagút normál forgalom:** a vonatok dugattyú-hatása természetes szellőzés a magasságkülönbség miatt
- **vészállomások, üzemeltetési közpt. mesteréges szellőzés**
- **3 szellőzőközpont:** 80, 30,50 m<sup>3</sup>/sec teljesítmény
- **karbantartás:** munkaszakaszon megfelelő tolóajtók nyitva
- **rendkívüli forgalom:** nagyobb szellőzés (redundant)  
150,200,250 m<sup>3</sup>/sec  
füst-elszívás (redu.)

**BLS: ventilátor Ø=2.8m**



## Vezérlőközpontok, vasútbiztosító berendezések

- központ: in Pollegio; üzemeltetés Art-Goldau-olaszhatár
- alközpontok csak karbantartásnál vagy rendkívüli helyzetnél



## Vezérlőközpont: Spiez



## Vezérlőközpontok berendezései (leegyszerűsítve)

- **vasútbiztosító számítógépes berendezések:**
  - . szakaszok, váltókvezérlése
  - . RBC: radio blok center: adatok, szóbeli kommunikation (GSM-R) 928 detektor
  - . ETCS: european traffic control system adatok és szóbeli kontakt a mozdonyba
- **árameláttás vezérlése**
- **felügyelet:** telefon, tűzdetektor, videokamarák, gáz, nedvesség, tolóajtó, szellőzés, forró tengelyek/fékek, elcsúszott teherdarab, stb.
- **hírközlési rendszer**

## Rendkívüli forgalmi helyzet (baleset, tűz)

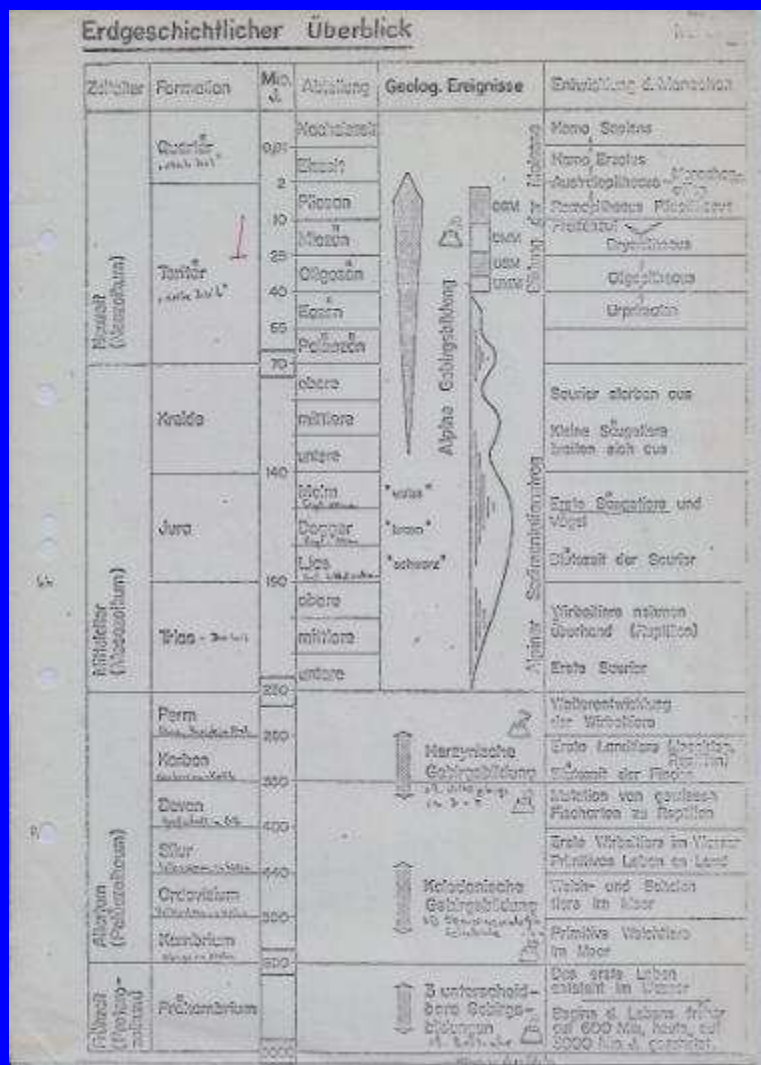
- ha lehet a vonatot az alagútból kihúzni
- vagy a vészállomásba
- a szakasz/ párhuzamos szakasz megvilágítása automatikusan bekapcsolódik, vész-világítás
- korlát a járda mellett, jelzések: menekülőirány, hangszórók, útasítások
- szellőzés nagyobb, vészmegvilágítás
- oltó- és mentővonatok készségben
- rendszeres oltó- és mentőgyakorlatok

# A kész alagút





# Erdgeschichtlicher Überblick



**Mio**

**2**

**Quartär**

**70**

**Tertiär**

**230**

**Meozoikum**

**600**

**Paläozoikum**

# Vasút-technikai és üzemeltetési berendezések (a Löschbergbázislagút példáján)

- vasútipálya
- áramellátás
- összekötő vágatok felszerelése
- szellőzés
- vezérlőközpontok helyei
- vezérlőközpontok felszerelése
- rendkívüli forgalmi helyzet
- üzemeltetés 2007. 12. 9.-től

## Vasútipálya

- beton-talplemez
- gummiban ágyozott előre-gyártott betontömbök
- sinek erre egy gummi alátétel vannak felerősítve
  
- szisztema CH-ban alagútakban nagyon jól bevált!
- sinek kopása és karbantartása minimális
- BLS: 57 km

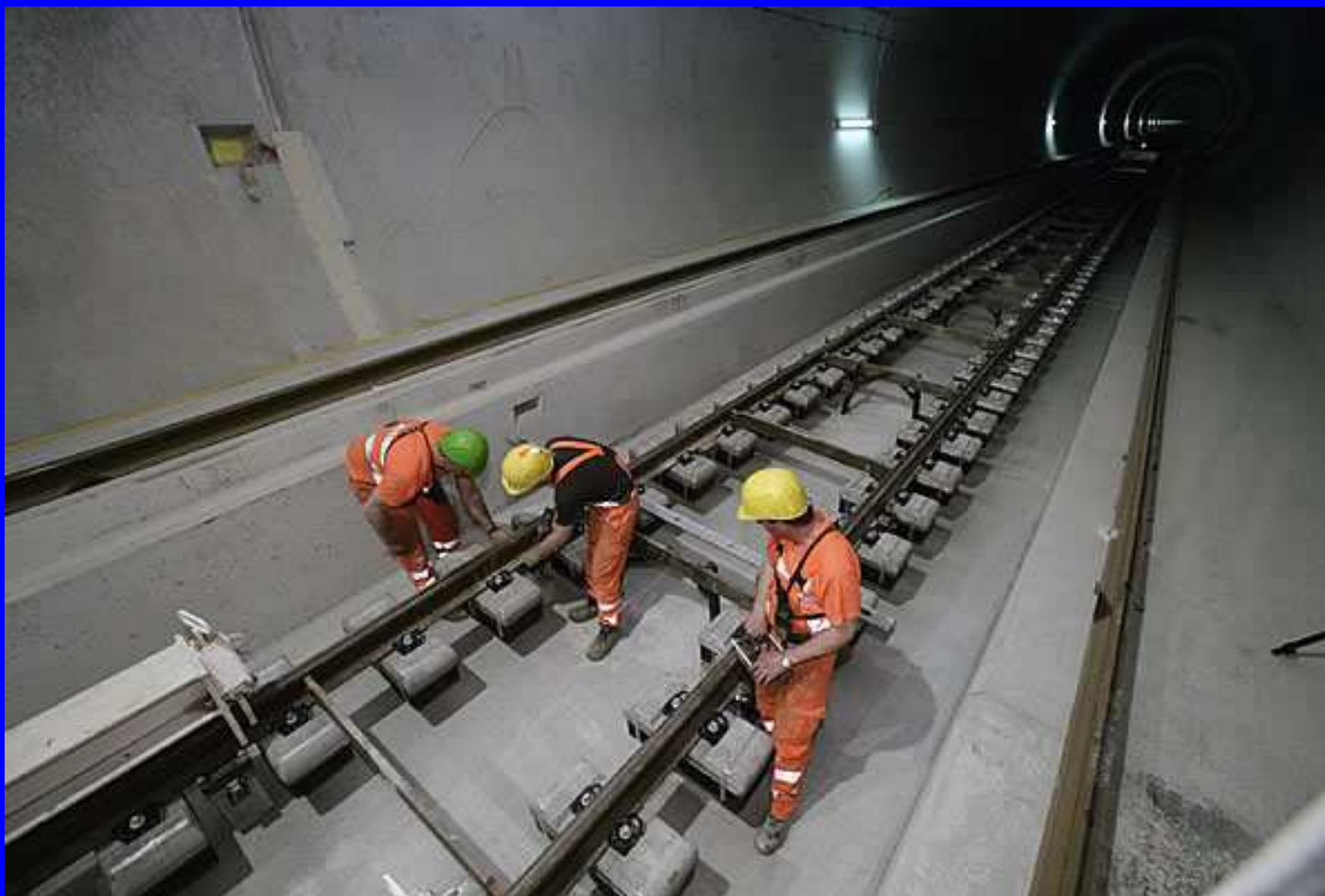
## Vágány szerelése



18m „előrszerelt“  
vágány



# Vágány szerelése



## Áramellátás

- vasúti üzem: 132kV, 15kV; 16  $\frac{2}{3}$  Hz
- berendezések: magas/alcsony feszültség  
pl.: világítás, szellőzés, gépek; 16 kV, 0.4kV; 50 Hz
- világítás: - karbantartásimunkáknál  
- balesetnél  
- tűzesetben
- kábelek BLS: 1390 km
- transzformátor-állomások  
BLS: 21 db.



## Kábelok



## Összekötő vágatok

- 333m-enként BLS: 104 db.
- tolóajtó: 90 perces tűzellenállás  
levegőnyomás, vagy húzás  $v=250$  km/h
- telefonok kívül, belül
- ajtónyitásnál: jelzés a központban  
automatikusan bekapcsol a világítás  
a másik alagútban vonat  $v_{max}=40$ km/h
- magasabb nyomású levegő (füst ellen)
- tűzoltókészülék (összesen 420 db.)



# Összekötővágat: tolóajtó



vészlámpa

menekülőút jelzés

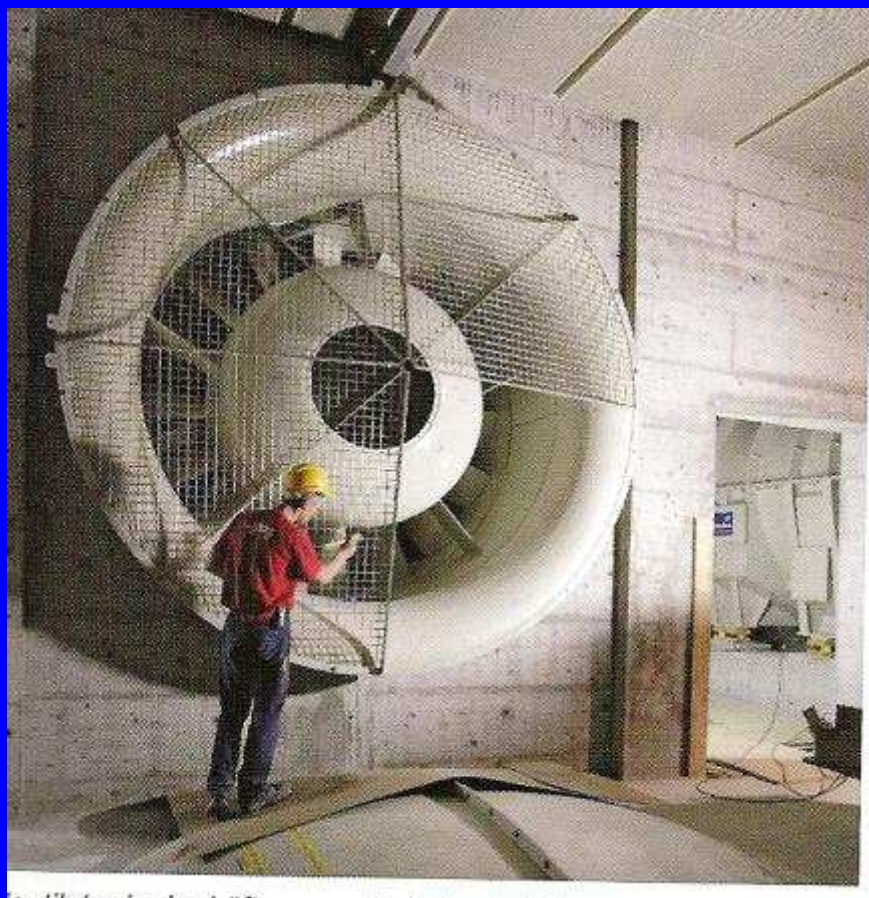


videokamera

## Szellőzés

- **alagút normál forgalom:** a vonatok dugattyú-hatása természetes szellőzés a magasságkülönbség miatt
- **vészállomások, üzemeltetési közpt. mesteréges szellőzés**
- **3 szellőzőközpont:** 80, 30,50 m<sup>3</sup>/sec teljesítmény
- **karbantartás:** munkaszakaszon megfelelő tolóajtók nyitva
- **rendkívüli forgalom:** nagyobb szellőzés (redundant)  
150,200,250 m<sup>3</sup>/sec  
füst-elszívás (redu.)

**BLS: ventilátor Ø=2.8m**



## Vezérlőközpontok, vasútbiztosító berendezések

- főközpont: Spiez
- alközpontok: a portáloknál Raron, Frutigen
- alközpontok csak karbantartásnál vagy rendkívüli helyzetnél



## Vezérlőközpont: Spiez



## Vezérlőközpontok berendezései (leegyszerűsítve)

- **vasútbiztosító számítógépes berendezések:**
  - . szakaszok, váltókvezérlése
  - . RBC: radio blok center: adatok, szóbeli kommunikation (GSM-R)
  - . ETCS: european traffic control system adatok és szóbeli kontakt a mozdonyba
- **áramelátás vezérlése**
- **felügyelet:** 440 telefon, 3200 tűzdetektor, 133 videokamarák, gáz, nedvesség, tolóajtó, szellőzés, forró tengelyek/fékek, elcsúszott teherdarab, stb.
- **hírközlési rendszer**

## Rendkívüli forgalmi helyzet (baleset, tűz)

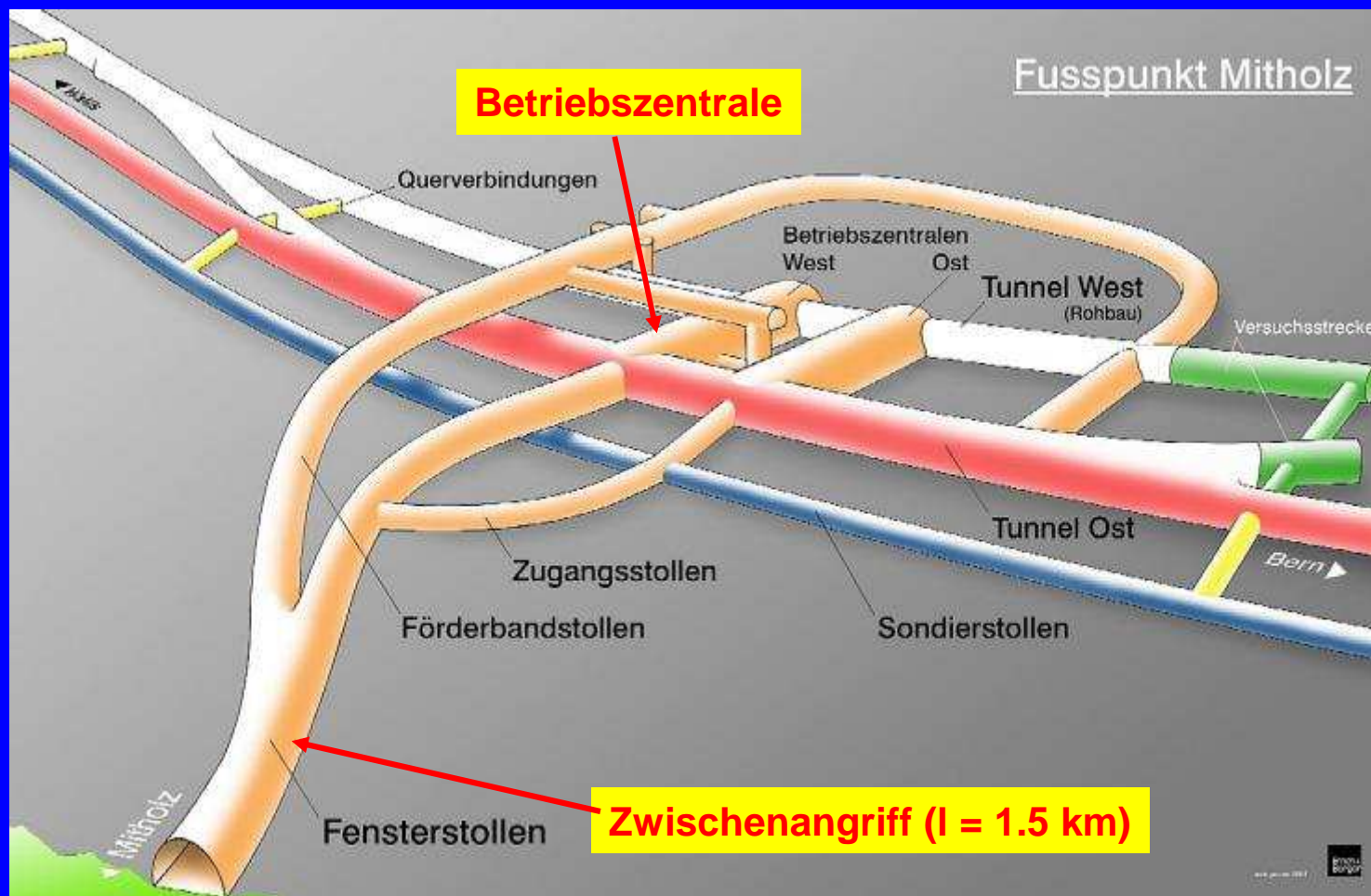
- ha lehet a vonatot az alagútból kihúzni
- vagy a vészállomásba
- a szakasz/ párhuzamos szakasz megvilágítása automatikusan bekapcsolódik, vész-világítás
- korlát a járda mellett, jelzések: menekülőirány, hangszórók, útasítások
- szellőzés nagyobb, vészmegvilágítás
- oltó- és mentővonatok készségben
- rendszeres oltó- és mentőgyakorlatok

**A** kész alagút





# Lötschberg: Betriebszentrale Mitholz



## Lötschberg: SPV Abdichtung, Betongewölbe



## Erfahrungen (2) Gotthard (sehr stark vereinfacht)

Abschnitt			Geologie	Wasser
Erstfeld	S		+	+
Amsteg	S	Ri	+ weniger Störzonen, TBM 1x verschüttet ( $\Delta t = + 6 \text{ Mt}$ )!	+
Sedrun	N	Ri	0 $\delta=30-50$ , max.80cm	+
	S	Ri	++; + (Injekt. Nalps); 1 Q 09 Störzone	
Faido	MFS		- - MFS $\square$ S $\delta=30-50\text{cm}$	+
	Tu		- - ungünstige Schichtung	
			$\Delta t = + 12/18\text{Mt} ?$	0
		Ri	+ Pioramulde in beiden Röhren	+
Bodio			- TBM Umbau nötig	0

Ri: Risikozone alle: + !!

Temperatur: **bis 48-50°C !**

Betrieb < 40°C

Hauptdurchschlag: 2011 ?

rot: schlechter; grün: besser; schwarz: wie Progn.

# Erfahrungen (4) Gotthard Vortrieb (sehr stark vereinfacht.)

Abschnitt	TBM/SPV	Sicherung	$\Delta t$ (Mt)
Erstfeld	+	+	-6
Amsteg S	+	+	-6/-9
Sedrun N	++	0 Einbaubog. ok!	+2.5
S	+++; jetzt Stör.	+	-10; (+6)
Faido N	- - MFS <input type="checkbox"/> S - - MFS	+18	
	- - TBM	- - Umbau	+ 12/18
S	0 MFS	0 MFS	
Bodio N	- TBM Umbau nötig	- -	+17

rot: schlechter; grün: besser; schwarz: wie Progn.



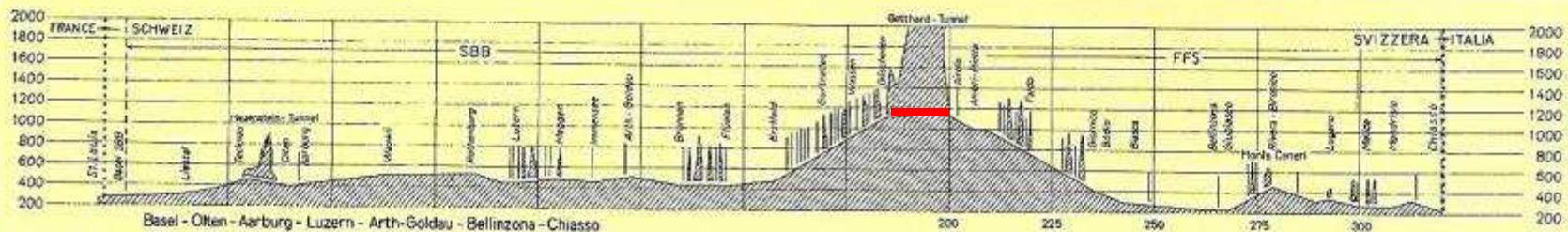
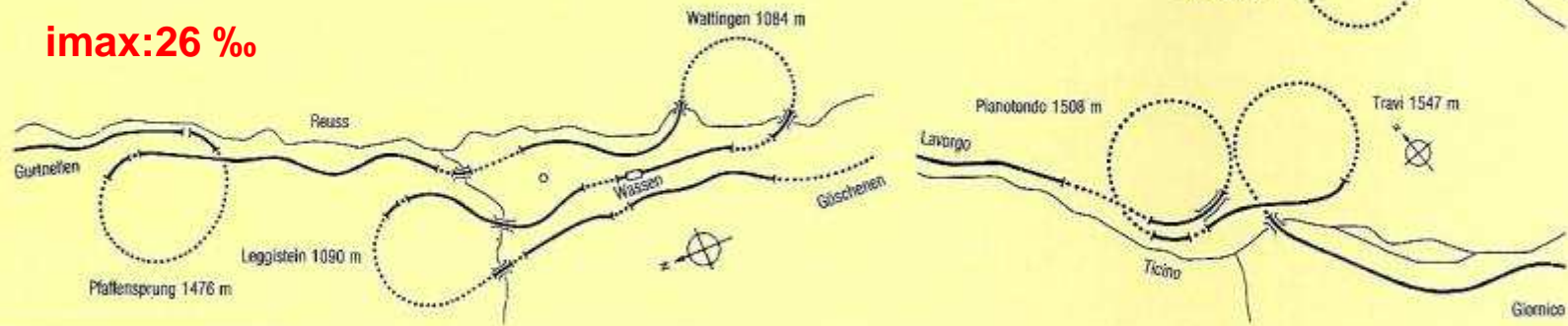
# Gotthard 1872-82: Kehrtunnels

Linienentwicklung der Gotthardlinie bei Wassen (unten),  
im Dazio Grande (nebenstehend) und in der Biasecina.

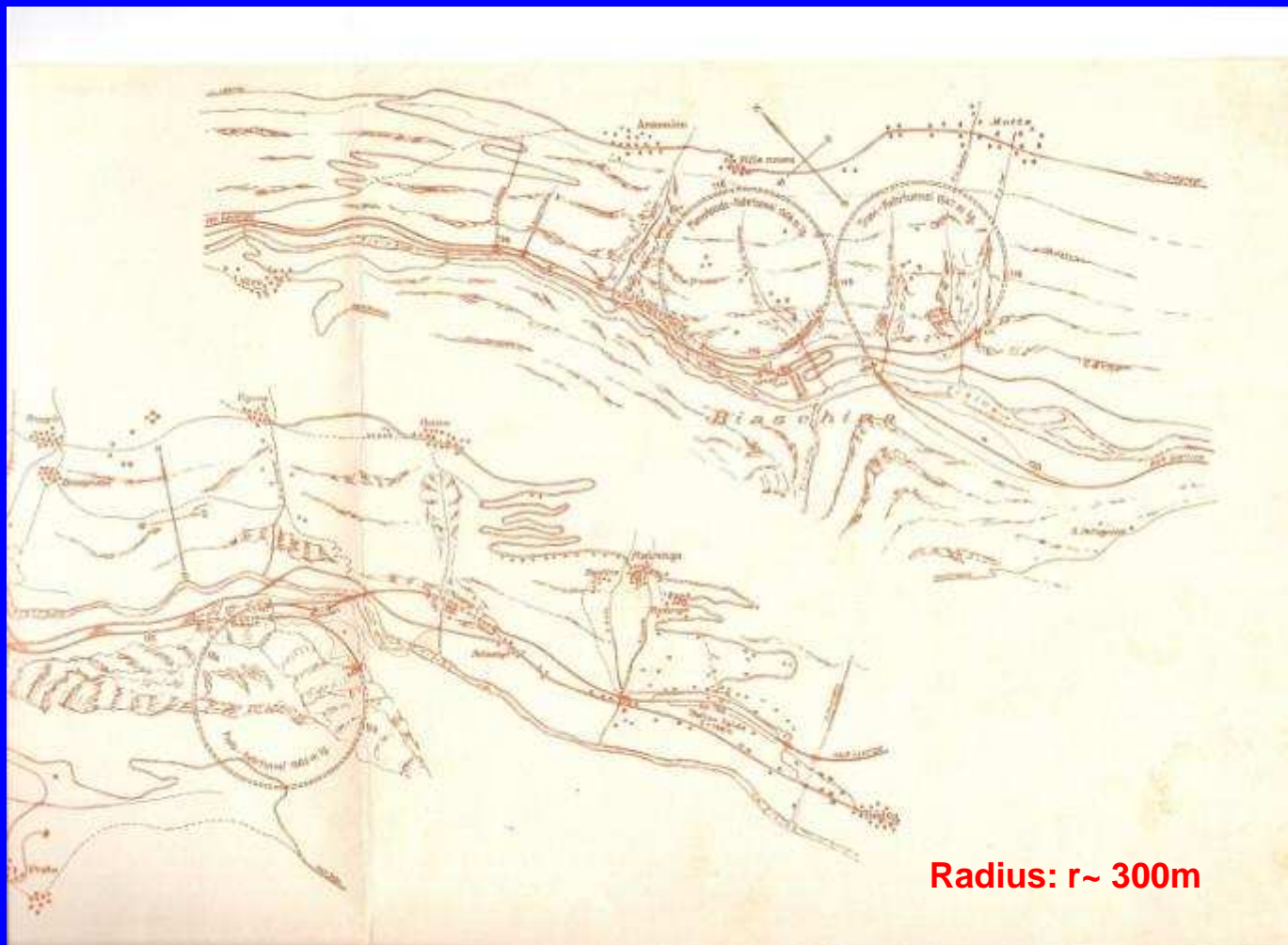
**Total: 7 Kehrtunnels**

**r = 300 m**

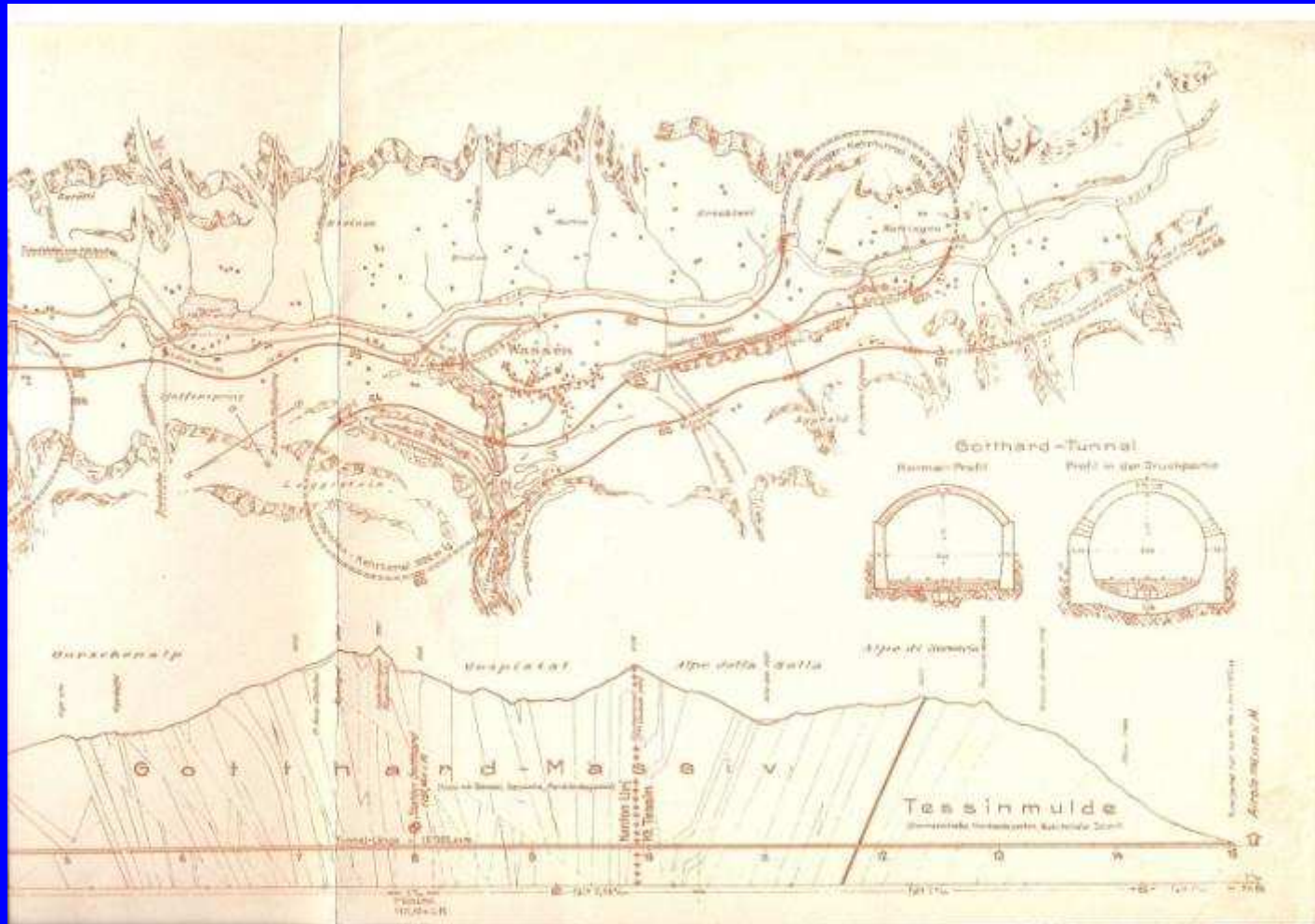
**imax: 26 ‰**



## Gotthard 1872-1882: Kehrtunnels Süd



# Gotthard 1872-1882: Kehrtunnels Nord





## Längste Tunnels der Welt (in Betrieb)

Tunnel	Länge	Staat	Art	Betr.
Seikan	53.9 km	Japan	Ba	1988
Eurotunnel	49.9	F / G	Ba	1994
Lötschbergbas.	34.6	CH	Ba	2007
<b>Laerdals 1 Röhre</b>	<b>24.5</b>	<b>N</b>	<b>St</b>	<b>2000</b>
Simplon	19.8	CH/I	Ba	1905
Zhongnashan	18.0	CN	St	2007
<b>Gotthard 1 Röhre</b>	<b>16.2</b>	<b>CH</b>	<b>St</b>	<b>1972</b>
Furkabasis	15.4	CH	Ba	1982
Gotthardba.	15.0	CH	Ba	1882
Lötschberg	14.6	CH	Ba	1913



## Längste Tunnels der Welt (im Bau)

Tunnel	Länge	Staat	Art	Betrieb
Gotthard	57.0 km	CH	Ba	2017
Koralm	32.8	A	Ba	2016
Ceneri	15.4	CH	Ba	2019
Brenner (Pilot)	55	A/I	Ba	?

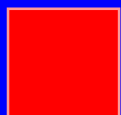
## Längste Tunnels der Welt (in Planung)

Tunnel	Länge	Staat	Art	Betrieb
Bering	100 km	Ru-USA	Ba	??
Brenner	55	A / I	Ba	2023?
Mont Cenis	52	F / I	Ba	2020?
Gibraltar	36	Eu/Af	Ba	?
Nusantra (Java/Sumatra)	33		Ba	?

## Echter Gebirgsdruck : Faido Bergschlag



# Gotthárdbázislagút





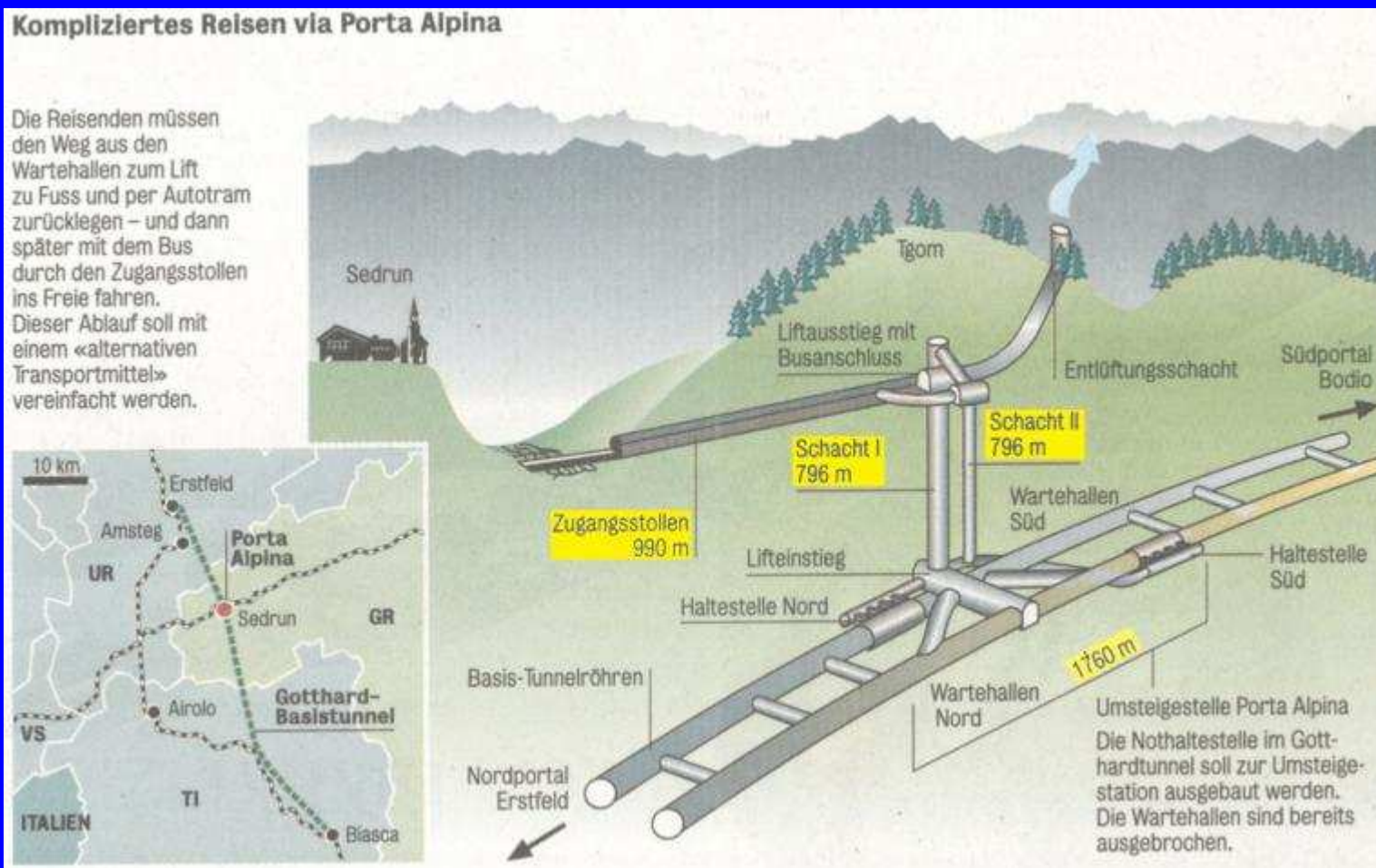
## BLS: Der fertige Tunnel



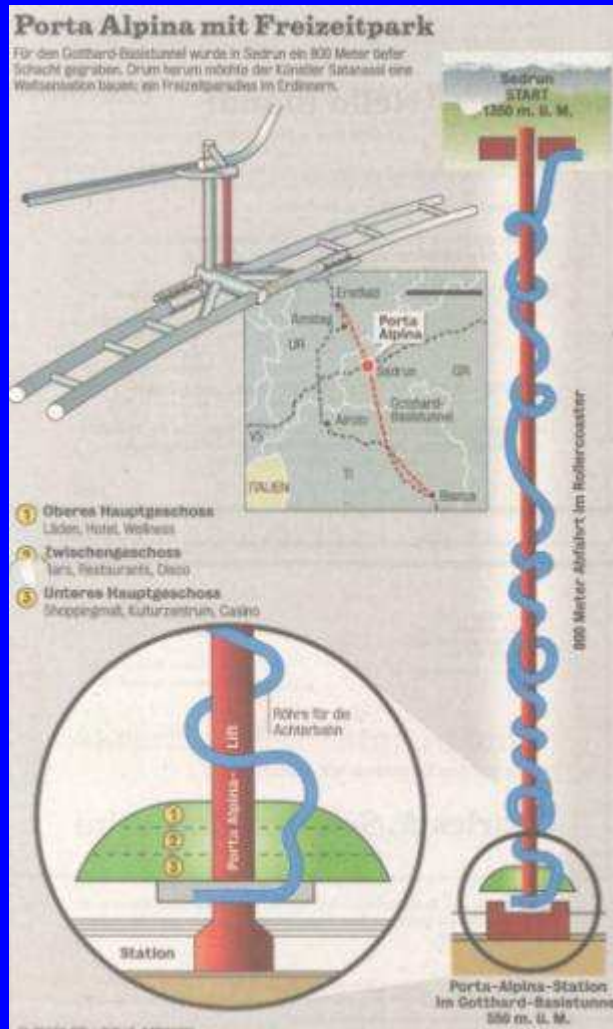
## Die beiden Basistunnels

- Projekte und ihre Herausforderungen
- Baumethoden
- Stand der Arbeiten / Erfahrungen
- Stand der Finanzen
- **Porta Alpina**
- Blick in die Zukunft

## Porta Alpina bei Sedrun



## Porta Alpina bei Sedrun



Vorinvestitionen: 15 Mio CHF (beschlossen)

Gesamtinvestition: 50 Mio. CHF (-10% ; +30%)

Jährliche Betriebskosten: 2.4 Mio CHF

Annahmen:

Benützer: - 300 Personen/Tag

- 1000 Personen / Wochenende

- 15 Wochenenden / Jahr

- Total: 90 000 per Jahr

- Kosten: Herunter/Hinauf 27 CHF

- Tageskarte Sedrun: ca 50 CHF

3-4mal Umsteigen!: Zug / Schachtfuss (400m/900m)

Schachtfuss / -kopf (800m)

Schachtkopf / Stollen (1000m)

2016 szeptember



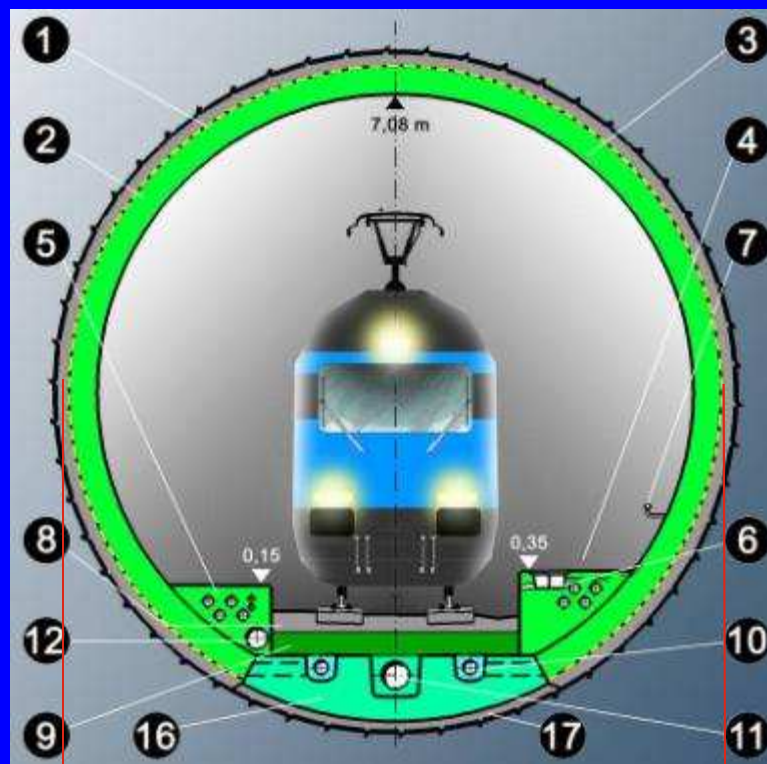
## Porta Alpina: Probleme

### ■ BR-Entscheidungen



- Blockierung Peron (Personen, Gepäck)  $v=200\text{km/h}$
- Gesundheitsprobleme:  $\Delta h$ ,  $\Delta t$  ► Verantwortung?
- Schrägschacht?

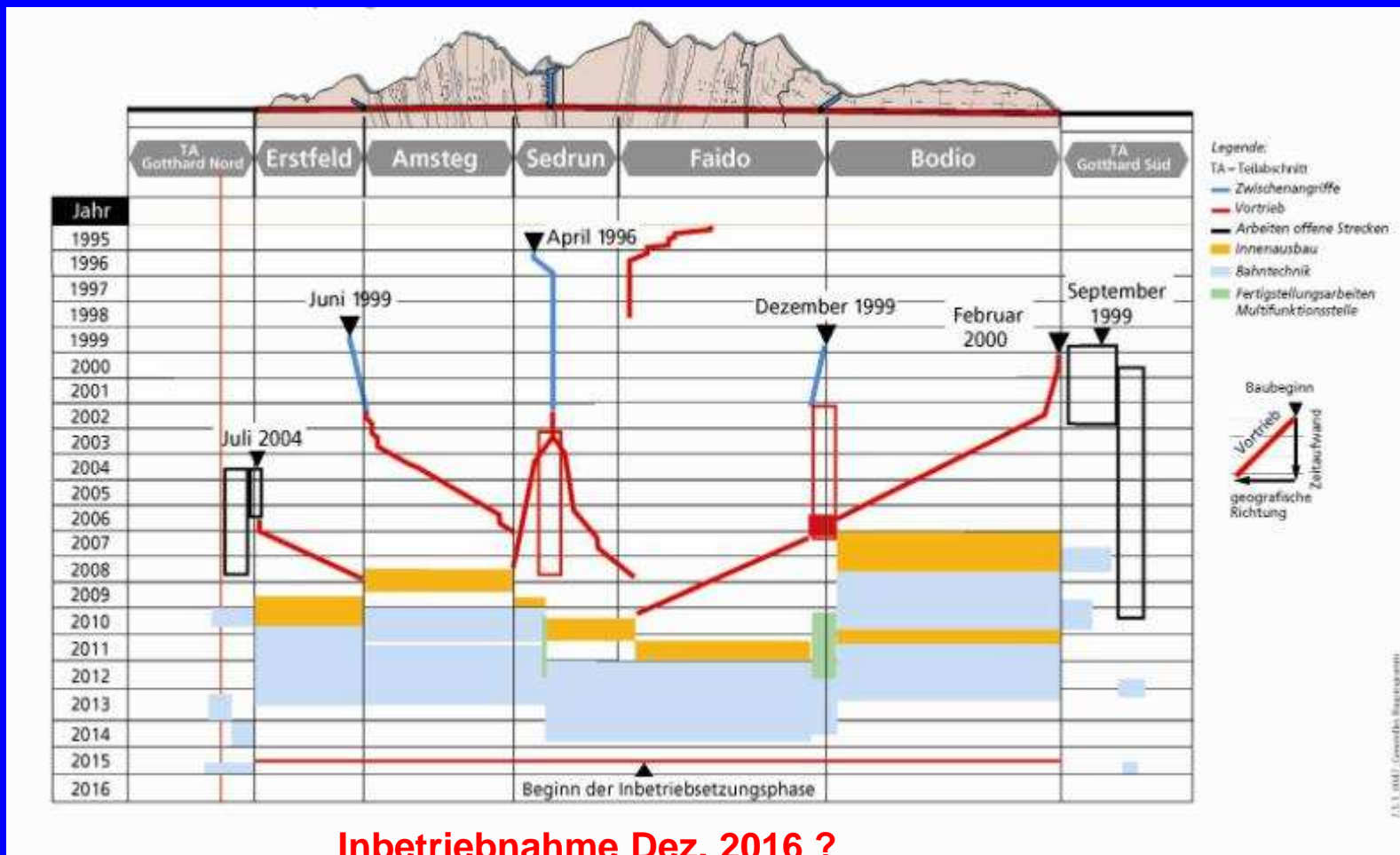
## Normalprofil TBM



Legende	
1	Felssicherung: Spritzbeton, Anker
2	Abdichtungssystem
3	Innenschale: Beton B 35, min 25 cm
4	Bankett
5	Kabelrohrblock
6	Kabelkanal
7	Handlauf Fluchtseite
8	Vergussmörtel für Gleis
9	Gleistragplatte
10	Entwässerung Gewölbedrainage
11	Sammelleitung Bergwasser
12	Sammelleitung Schmutzwasser
13	Sohlbeton
14	Noppenfolie für Sohl drainage
15	Entwässerung Sohl drainage
16	Sohltübbing
17	Mörtelbett

ca. 9.40 m

## Gotthard: Bauprogramm



Inbetriebnahme Dez. 2016 ?

## Sedrun: Streckenausbaumaschine



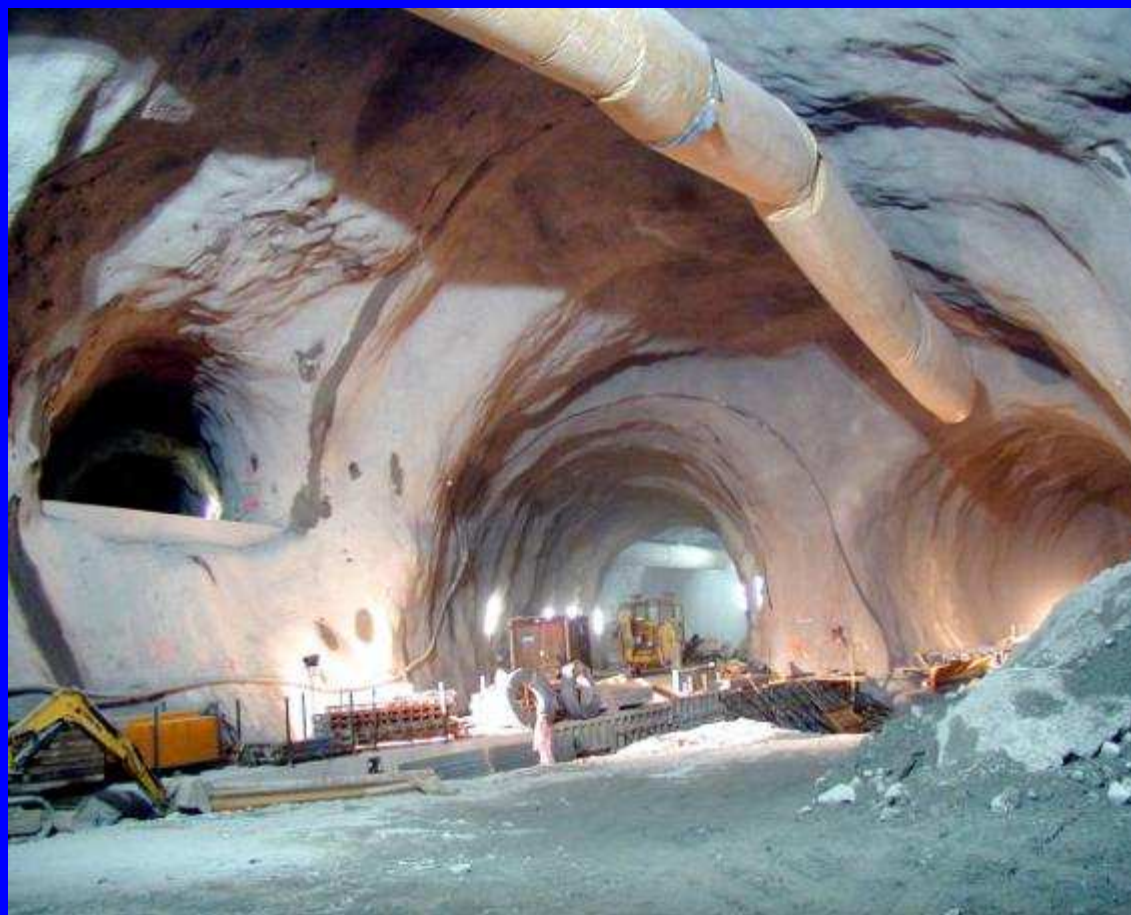


## Gotthard: Faido, Nachankerung

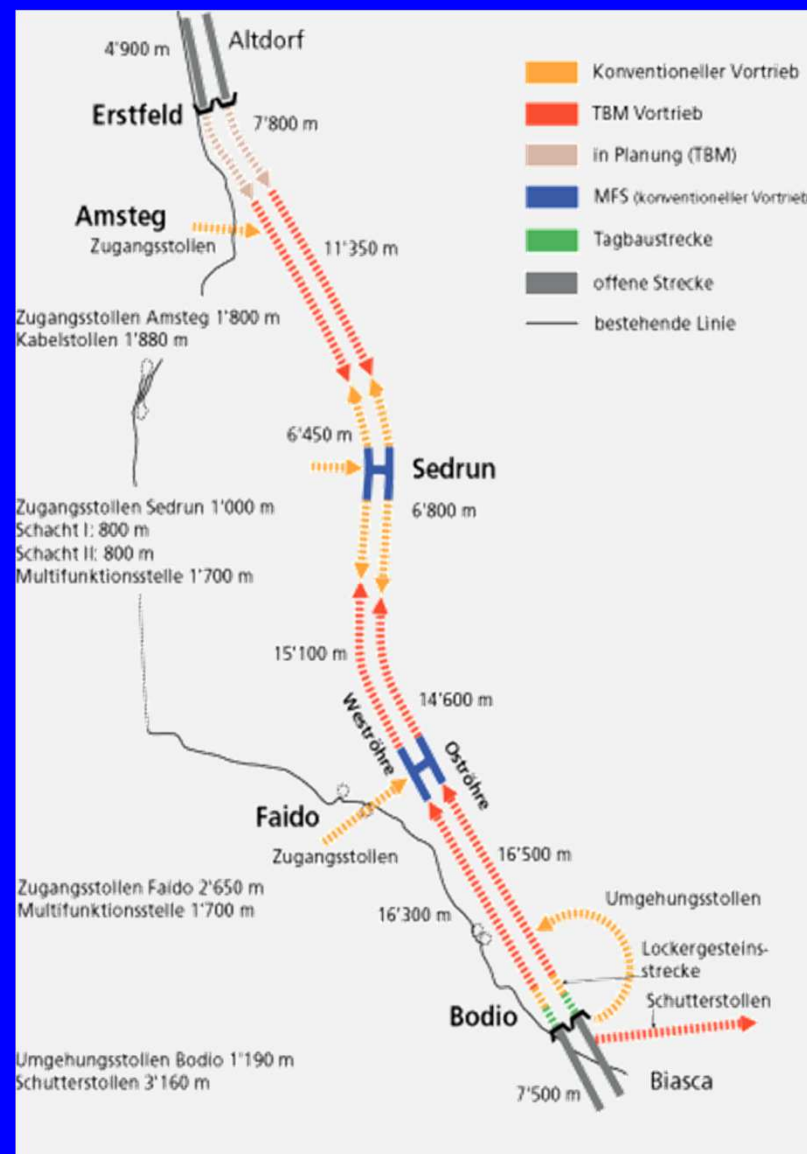


Mörtelanker  
L = 8 m

## Gotthard: TA Amsteg

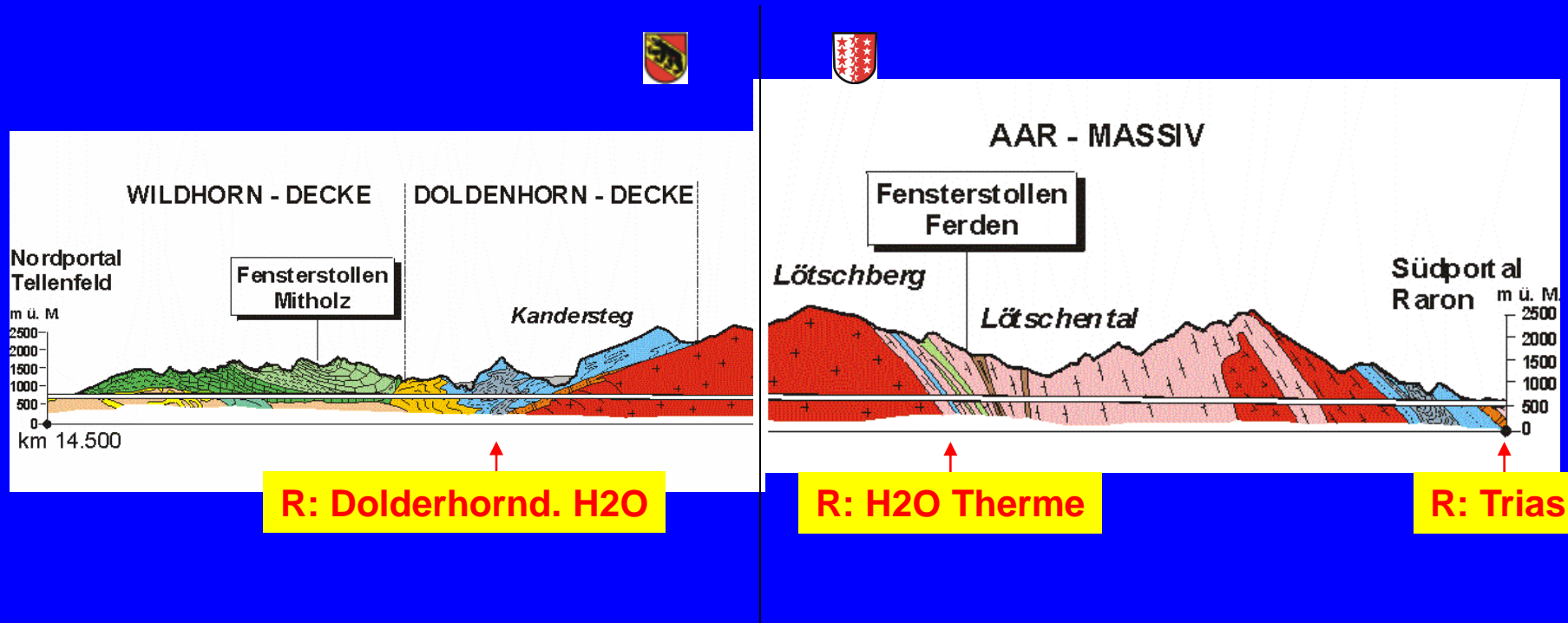


## Gotthard: Baumethoden



# Lötschberg: geol. Längenprofil / Risikozonen

R: Risikozonen

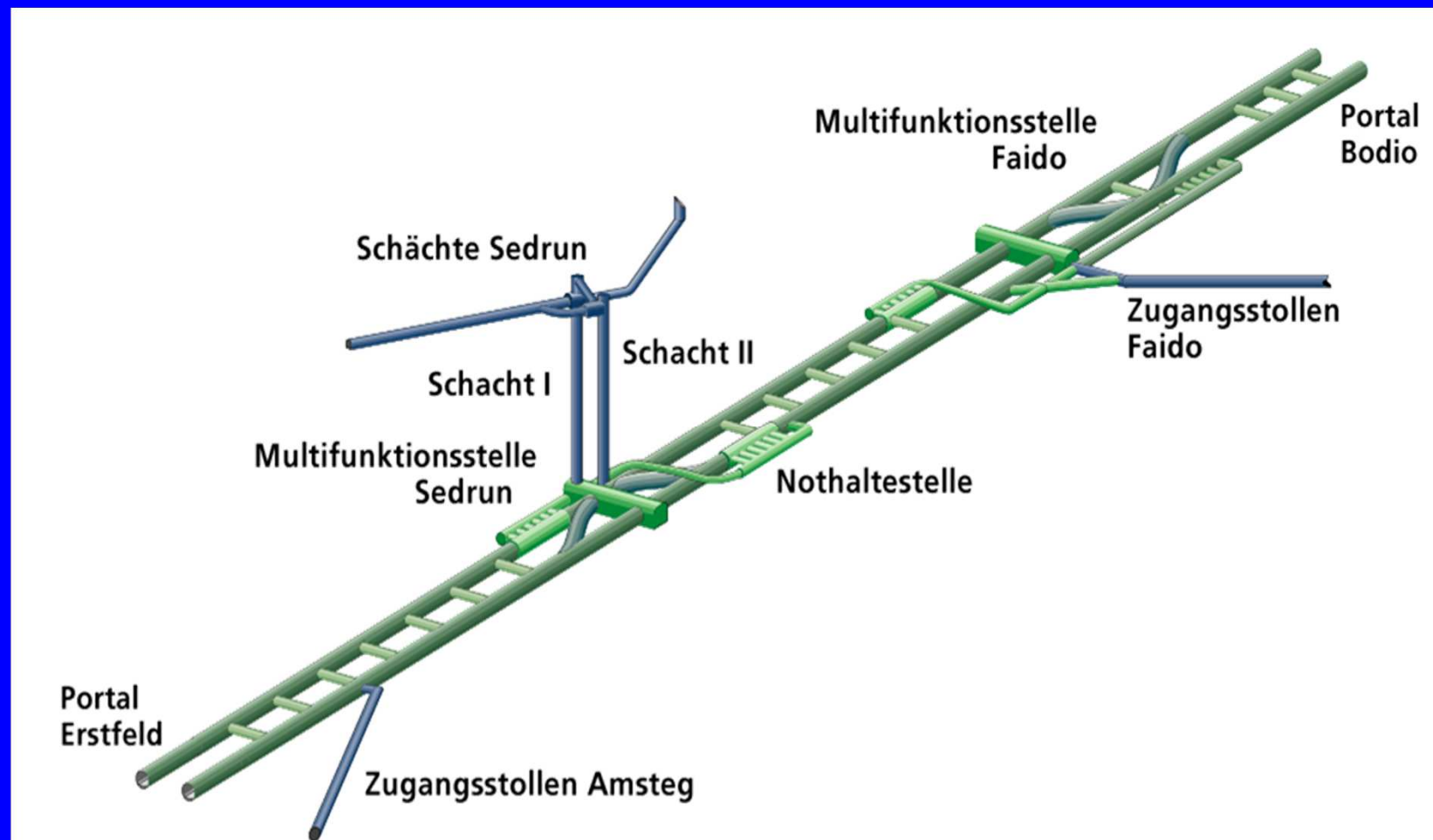




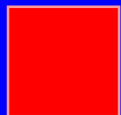
## Revision TBM Steg



## Schema Tunnelsystem, Multifunktionsstelle



# Gotthárdbázislagút



**A világ leghosszabb alagútja:**

# **Gotthárdbázisalagút**

## **tervezése, kivitelezése és tapasztalai**

felavatása: 2016 június 1.

**Andráskay Ede okl. építőmérnök ETH/SIA**





**A világ leghosszabb alagútja:**

# **Gotthárdbázisalagút**

## **tervezése, kivitelezése és tapasztalai**

felavatása: 2016. június 1.

**Andráskay Ede okl. építőmérnök ETH/SIA**



## Gotthard: Faido Durchschlag 15.10.2010

