University of Natural Resources + Life Sciences
Dept. of Civil Eng. + Natural Hazards, Vienna
Institute for Structural Engineering

Innovationshindernisse im Bereich des Tunnelbaues

Inhalt

Tunnelsystem

Ressourceneffizienter + klimaverträglicher Tunnelbau

Planung + UVP – Genehmigung – Ausschreibung - Bau

Innovationsverhinderung oder geht es auch anders?

WAS SIND DIE ZIELE?

I. Sichere Verkehrstunnels

II. Ressourceneffizientes + umweltverträgliches Bauen

III. Geringe Kosten, Geringe Zeit, Hohe Qualität

IV. Hohe Betriebsqualität

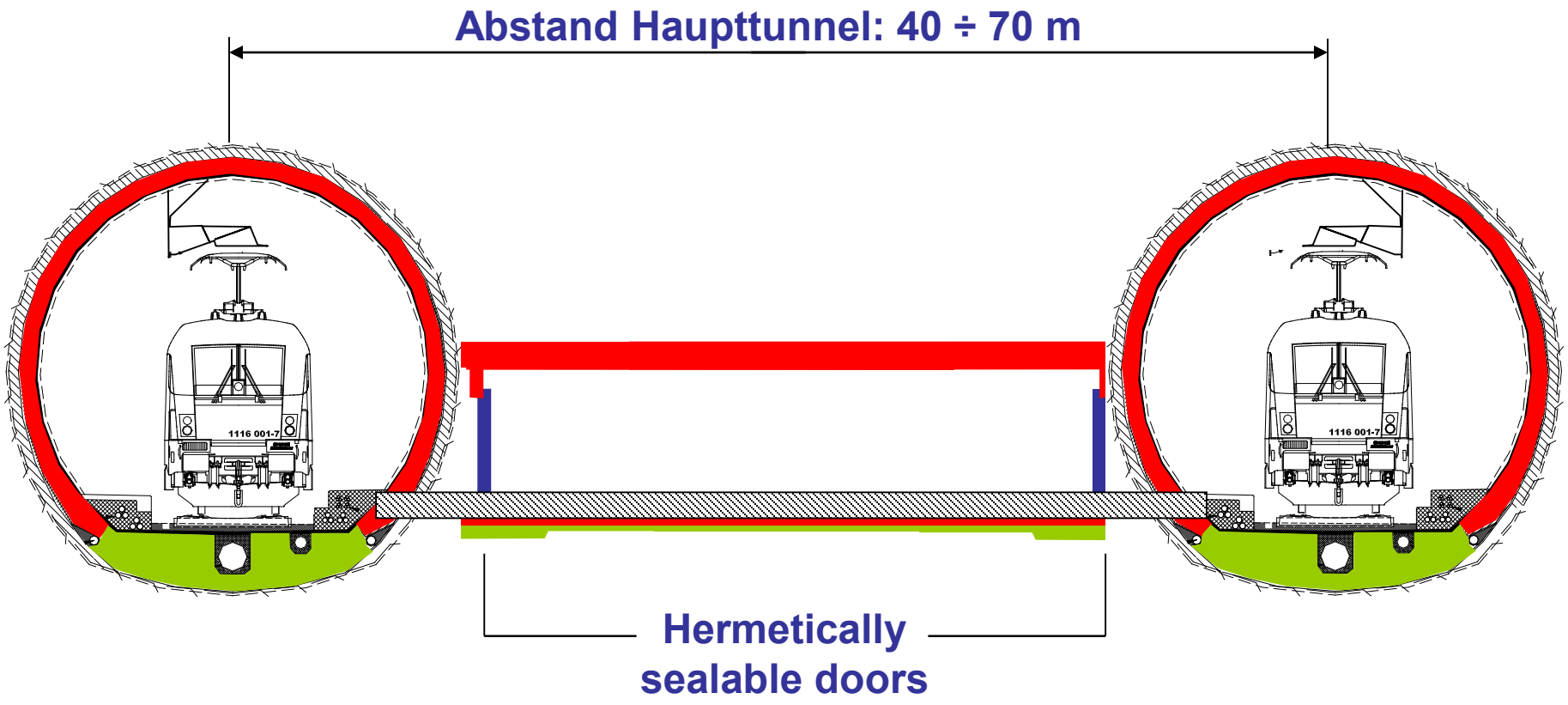
V. Kostengünstige Erhaltung

VI. Lange Lebensdauer

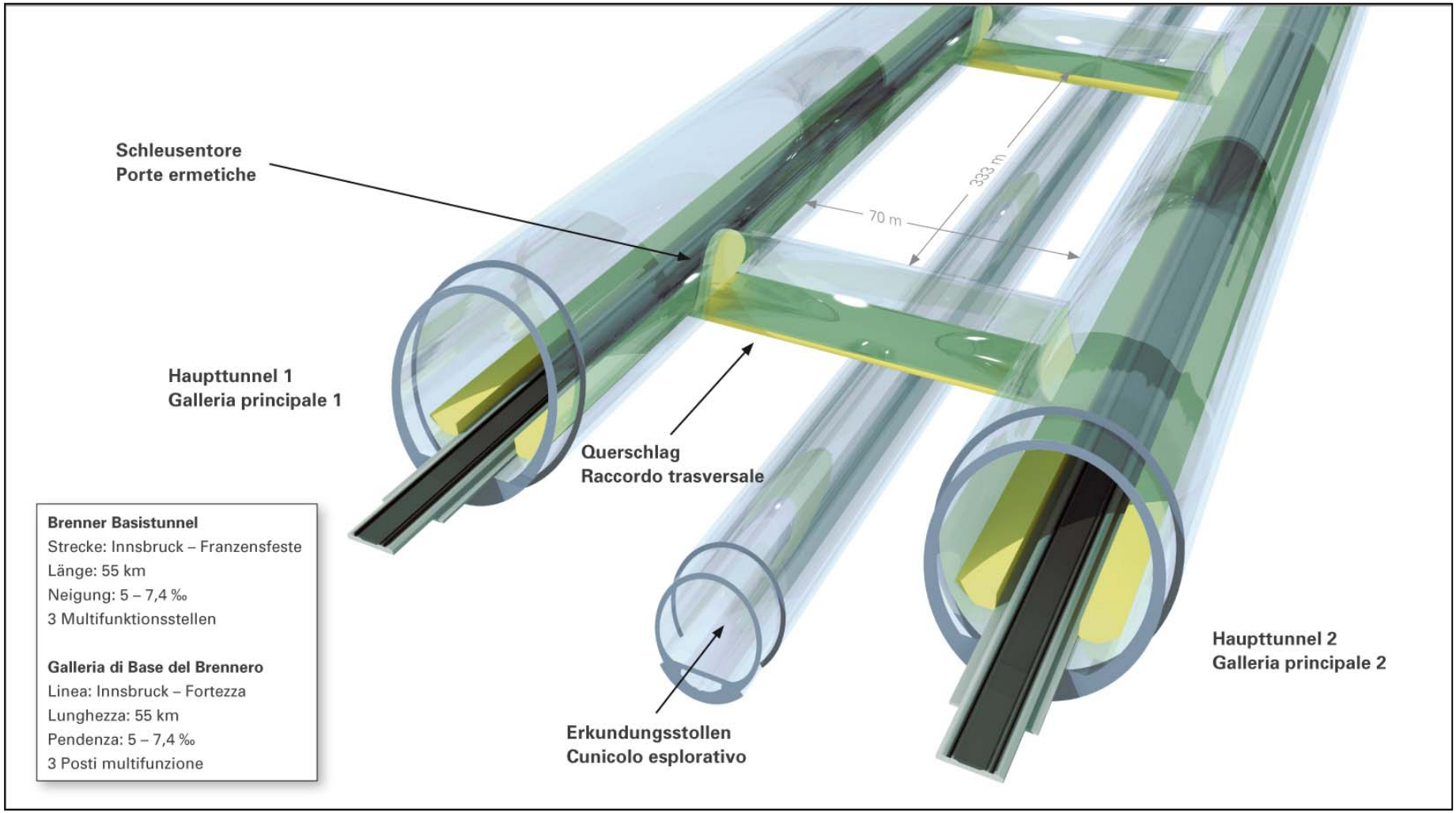
SICHERE TUNNELS

1. Entscheidend ist das System!
   I. Selbstrettung: Querschläge – 300 – 500m
   II. Fremdrettung: Reaktionszeit
2. Struktur + Ausbau
   I. Temperatur: Abkühlen (Abplatzen)
   II. Rauch: Lüftung

SYSTEMWAHL – 2 RÖHREN



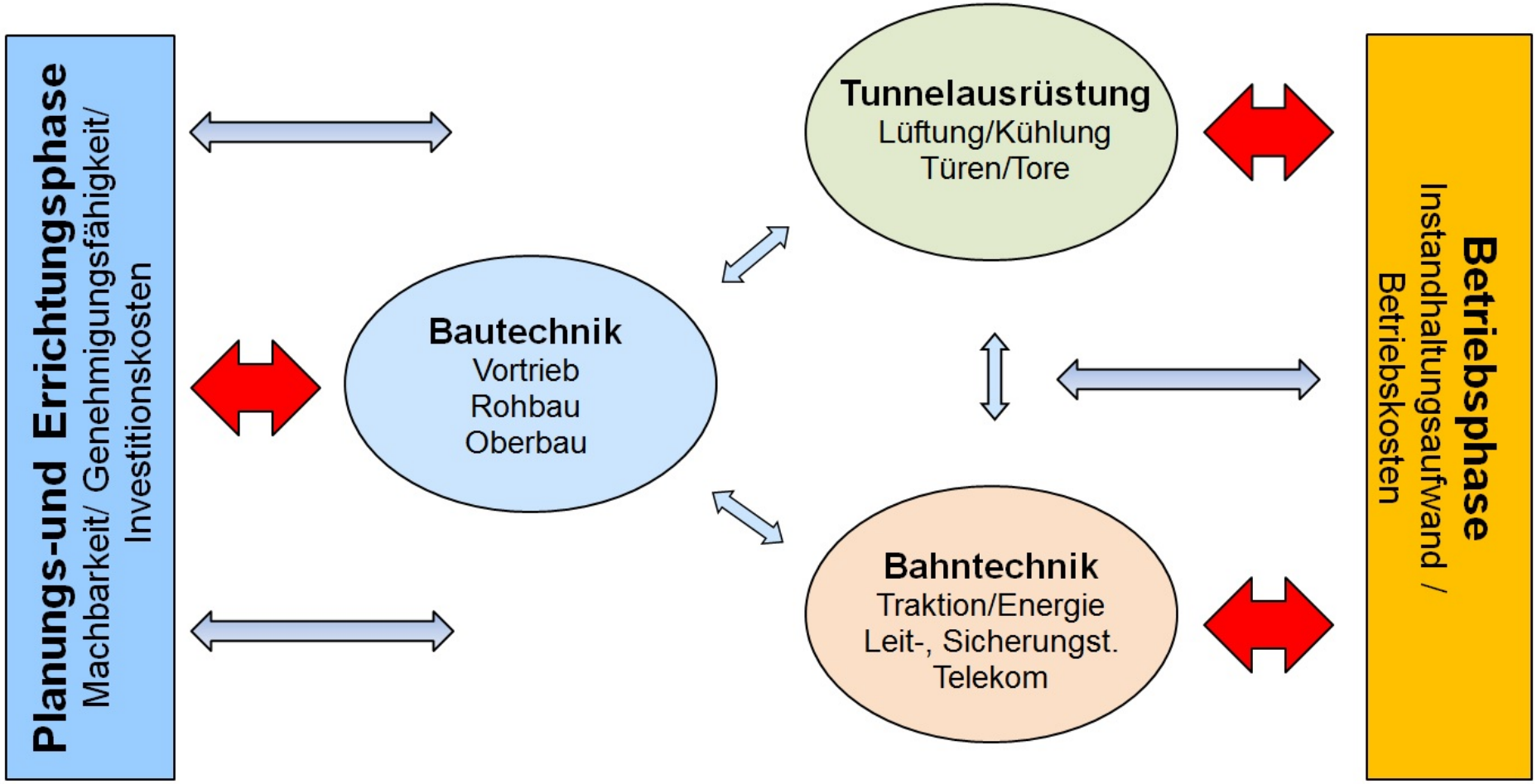
SYSTEMWAHL – 3 RÖHREN



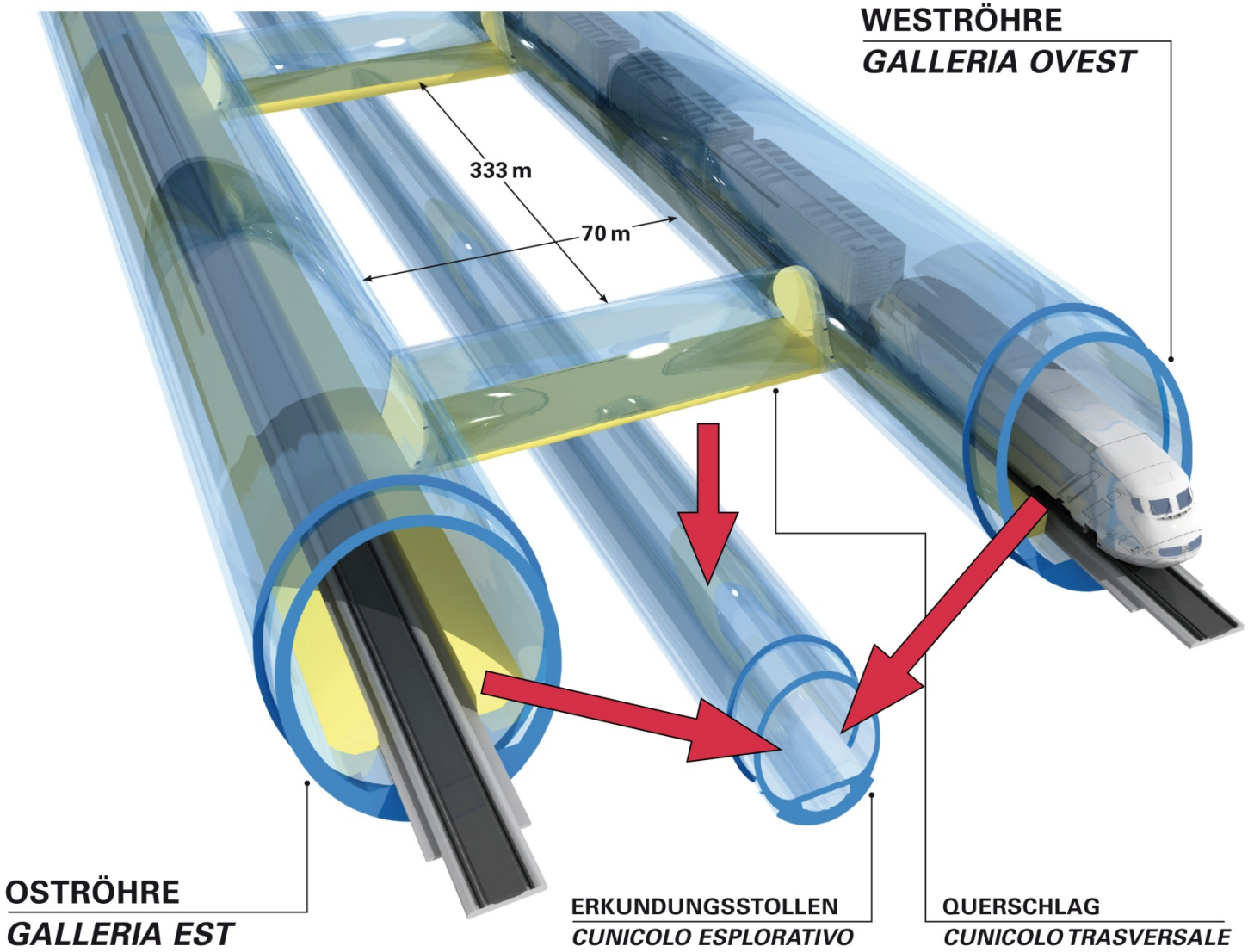
Brenner Basistunnel
Strecke: Innsbruck – Franzensfeste
Länge: 55 km
Neigung: 5 – 7,4 ‰
3 Multifunktionsstellen

Galleria di Base del Brennero
Linea: Innsbruck – Fortezza
Lunghezza: 55 km
Pendenza: 5 – 7,4 ‰
3 Posti multifunzione

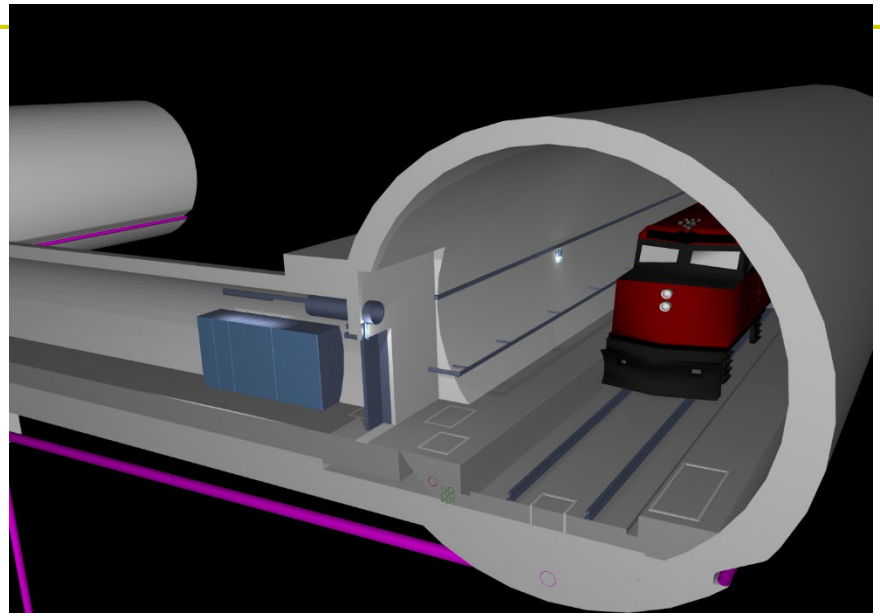
INTERAKTIVE SYSTEMOPTIMIERUNG

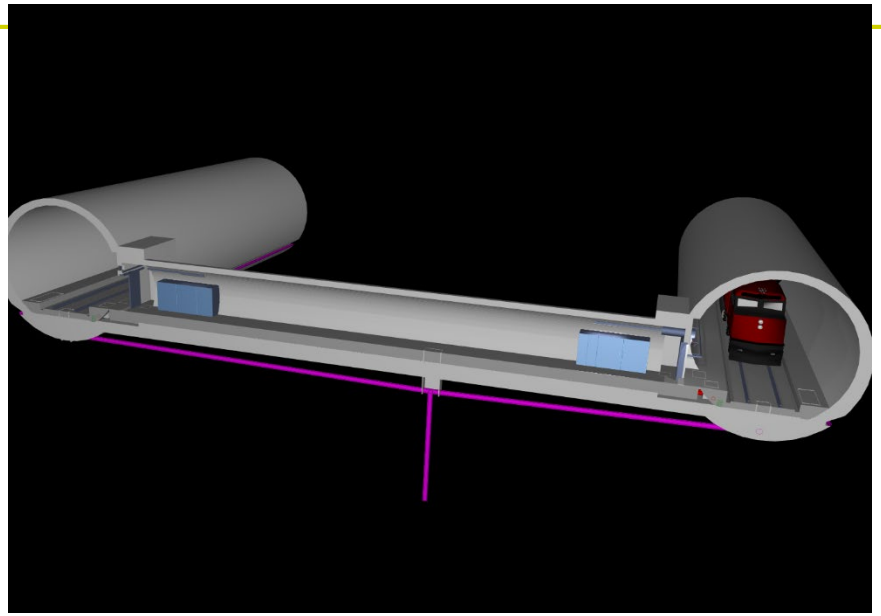


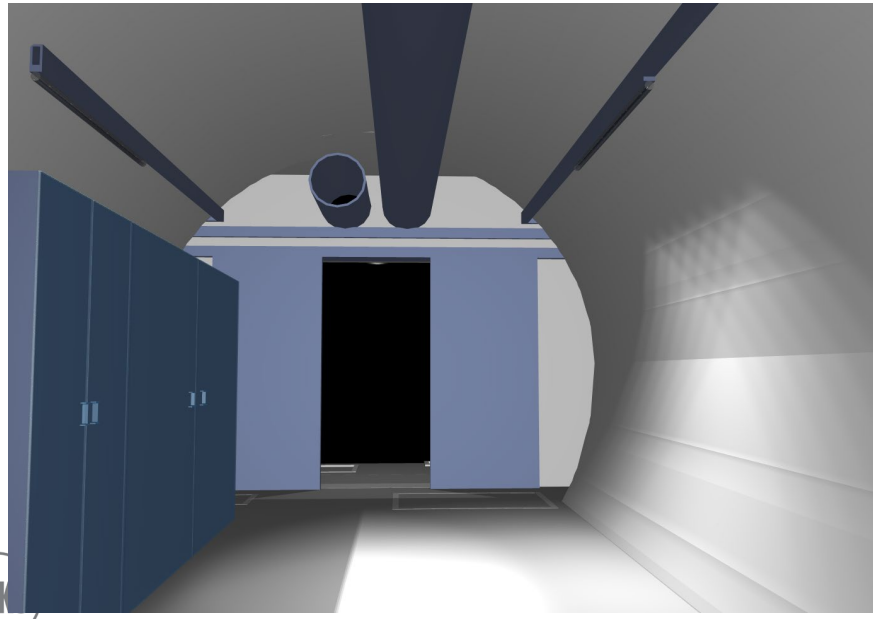
MÖGLICHE VERLEGUNG DER TECHNISCHEN ANLAGEN

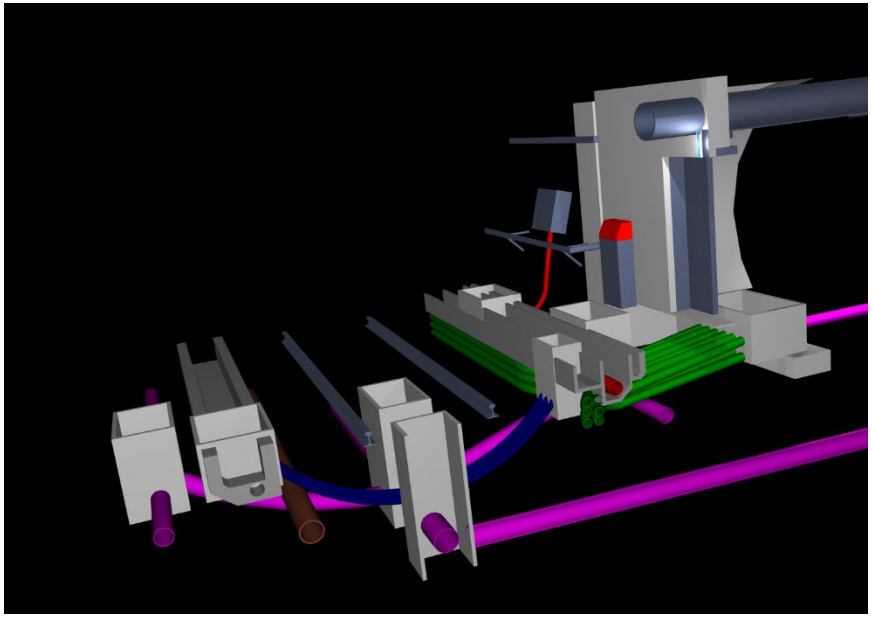


INSPIZIERBARE/ERHALTBARE TECHNISCHE ANLAGEN

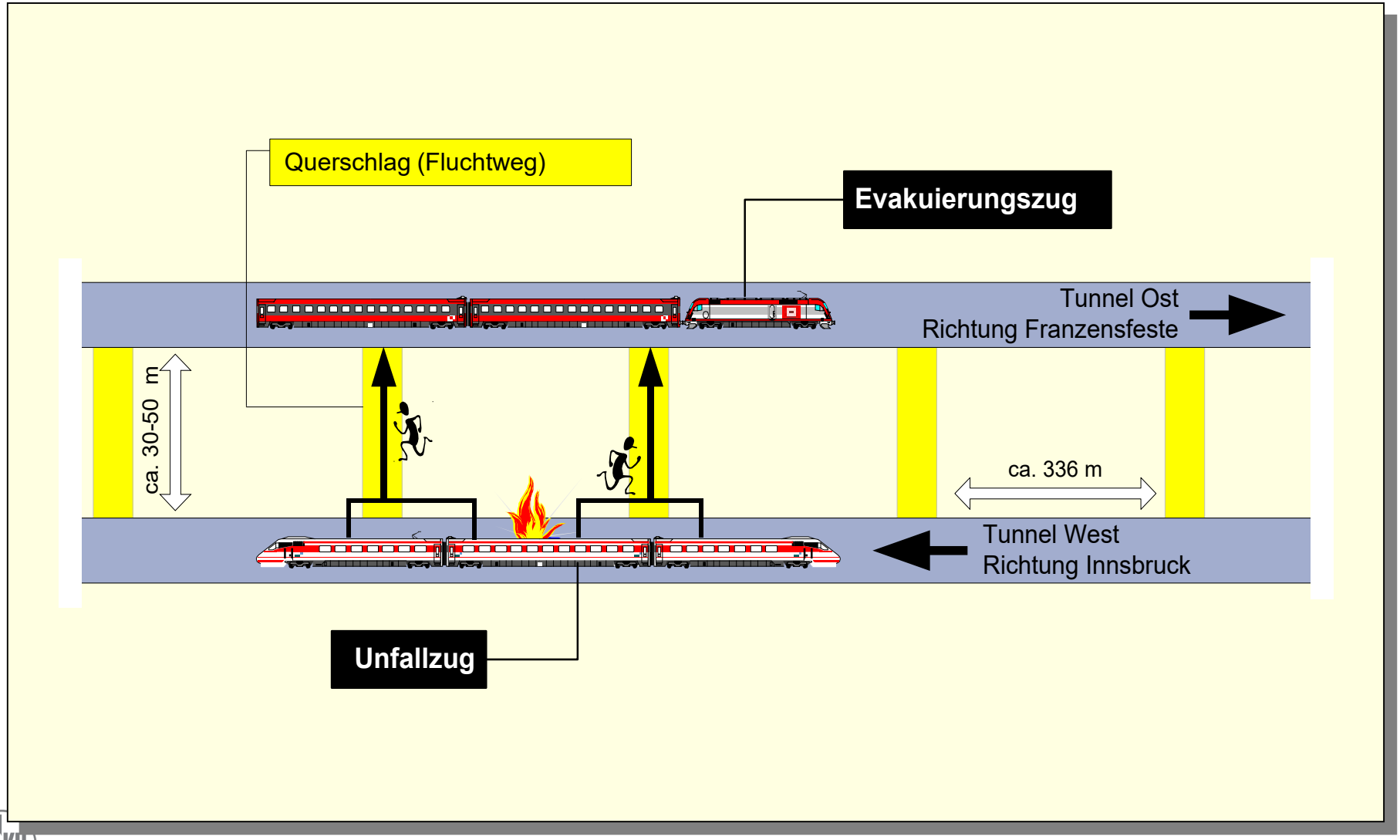




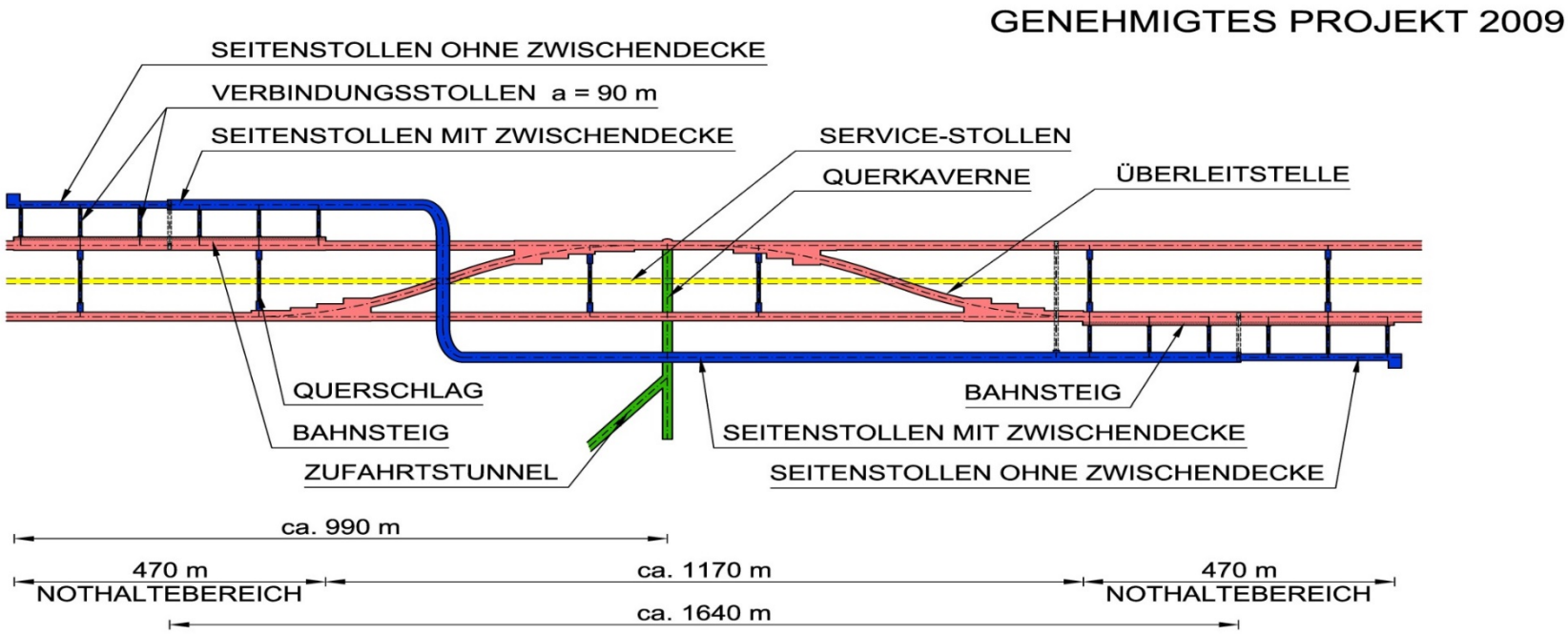


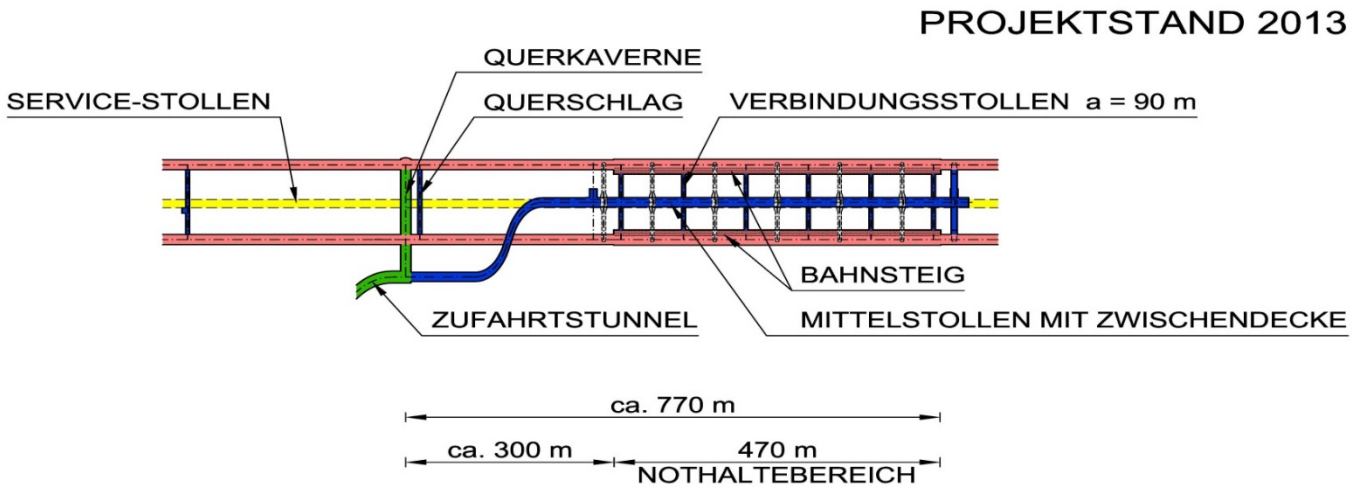


EVAKUIERUNG AUSSERHALB NOTHALTESTELLEN



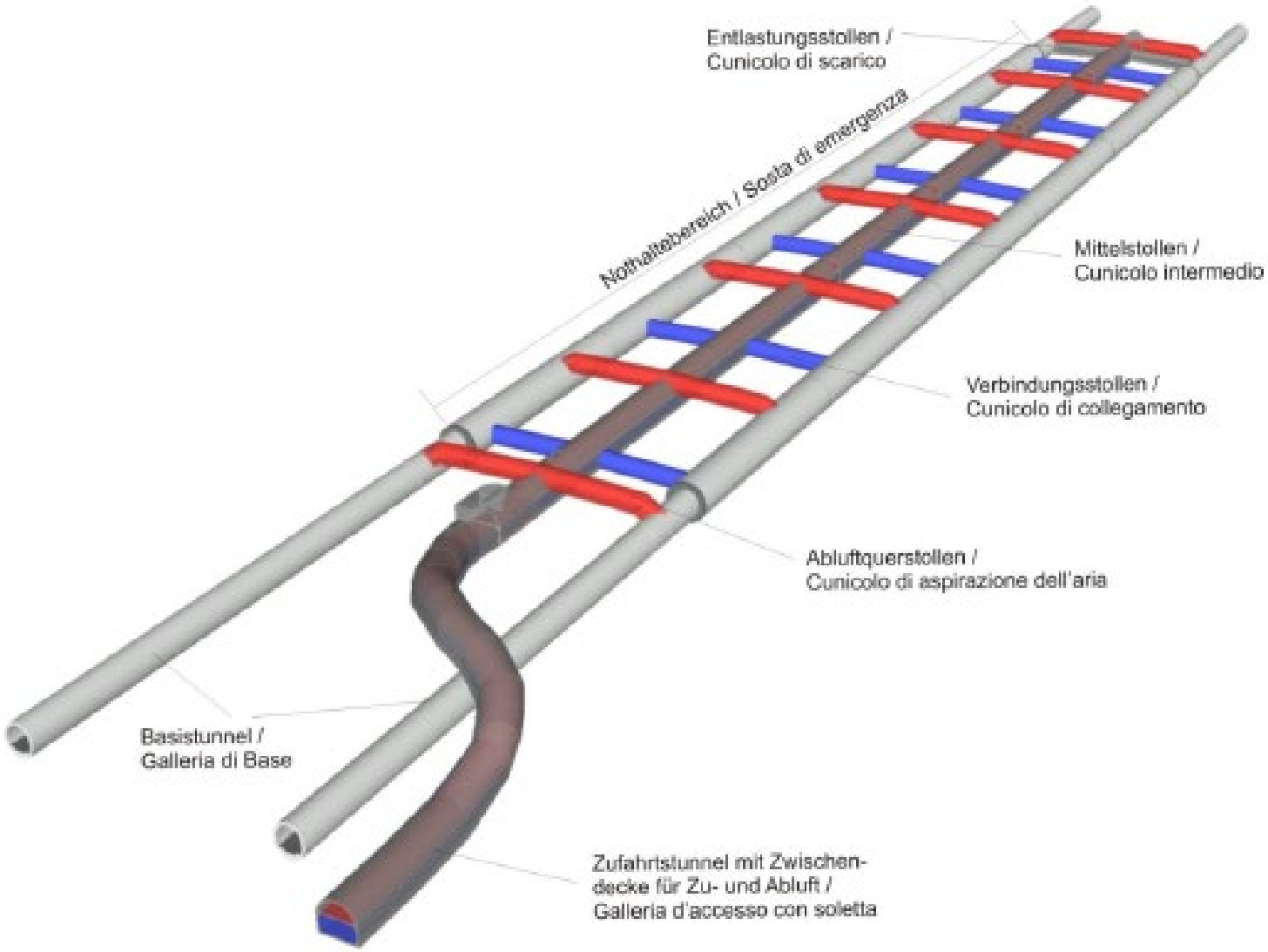
„SICHERE BEREICHE – NOTHALTESTELLEN



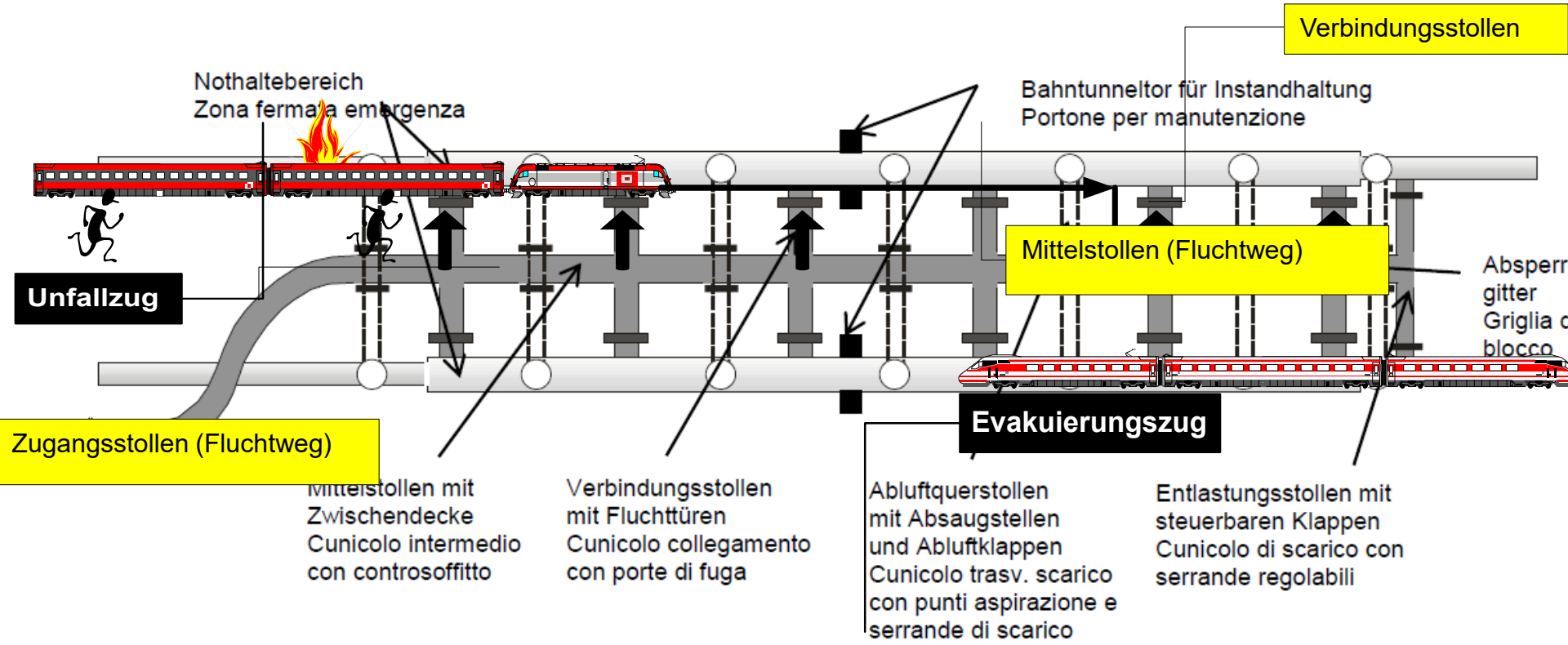


OPTIMIERTE SICHERE BEREICHE – NOTHALTESTELLEN

INTERNE + EXTERNE ZUFAHRT – NOTHALTESTELLEN



EVAKUIERUNG IN DEN NOTHALTESTELLEN



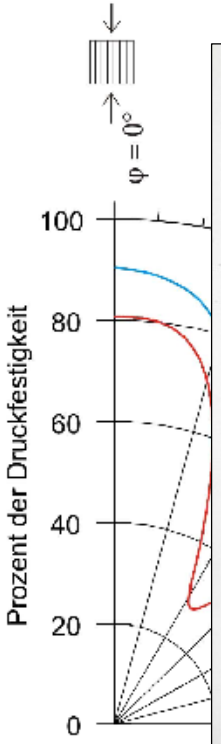
1. ERKENNTNISSE TUNNELSYSTEM

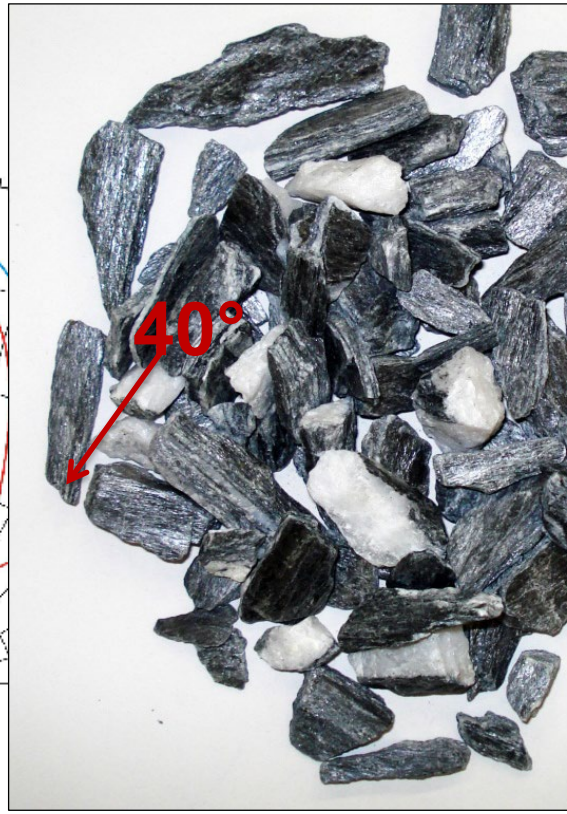
- Vorerkundung
- Nutzung der Erkenntnisse für den Bau der Haupttunnel?
- Baulogistik
- Verlegung von Anlagenteilen in separaten Stollen
- Instandhaltung technischer Ausbau
- Entwässerungssystem ca. 60% an Instandhaltung
- Löschsysteme (water mist z.B. in den Nothaltestellen)

HINTER DER HACKE IST ES DUNKEL

BAUSTOFF = TUNNELAUSBRUCH + TECHNOLOGIE

- Plattig verfalteter Kalkschiefer
- Einachs. Druckfestigkeit > 75 Mpa
- Los Angeles < 35
- geometrical form + grading curve





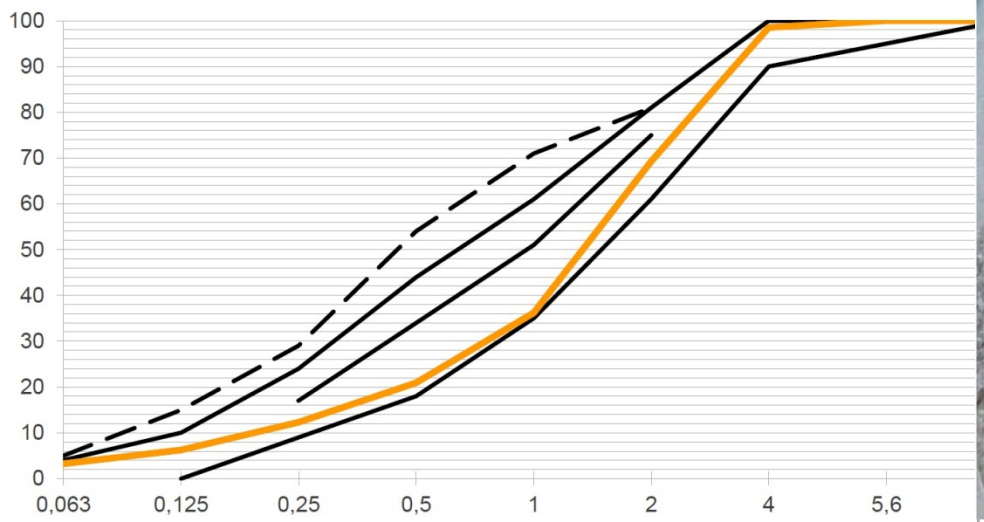
[[Veröffentlichungen Bergmeister 2006-2019]

AUFBEREITETE GESTEINSKÖRNUNG FÜR BETON

- **Anteil Schlämmkorn (< 0,063 mm): 3,2 %**
- **Zufriedenstellende Kornverteilung**

Aufbereitetes 0/4er Korn

Siebgröße	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22	32	45	63	90	126
Siebrückstand [g]	1611	1561	1460	1317	1062	511	25	0									
Siebrückstand [%]	96,8	93,8	87,7	79,1	63,8	30,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ist-Sieblinie [%]	**3,2**	**6,2**	**12,3**	**20,9**	**36,2**	**69,3**	**98,5**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**



1. Beim Tunnelbau:

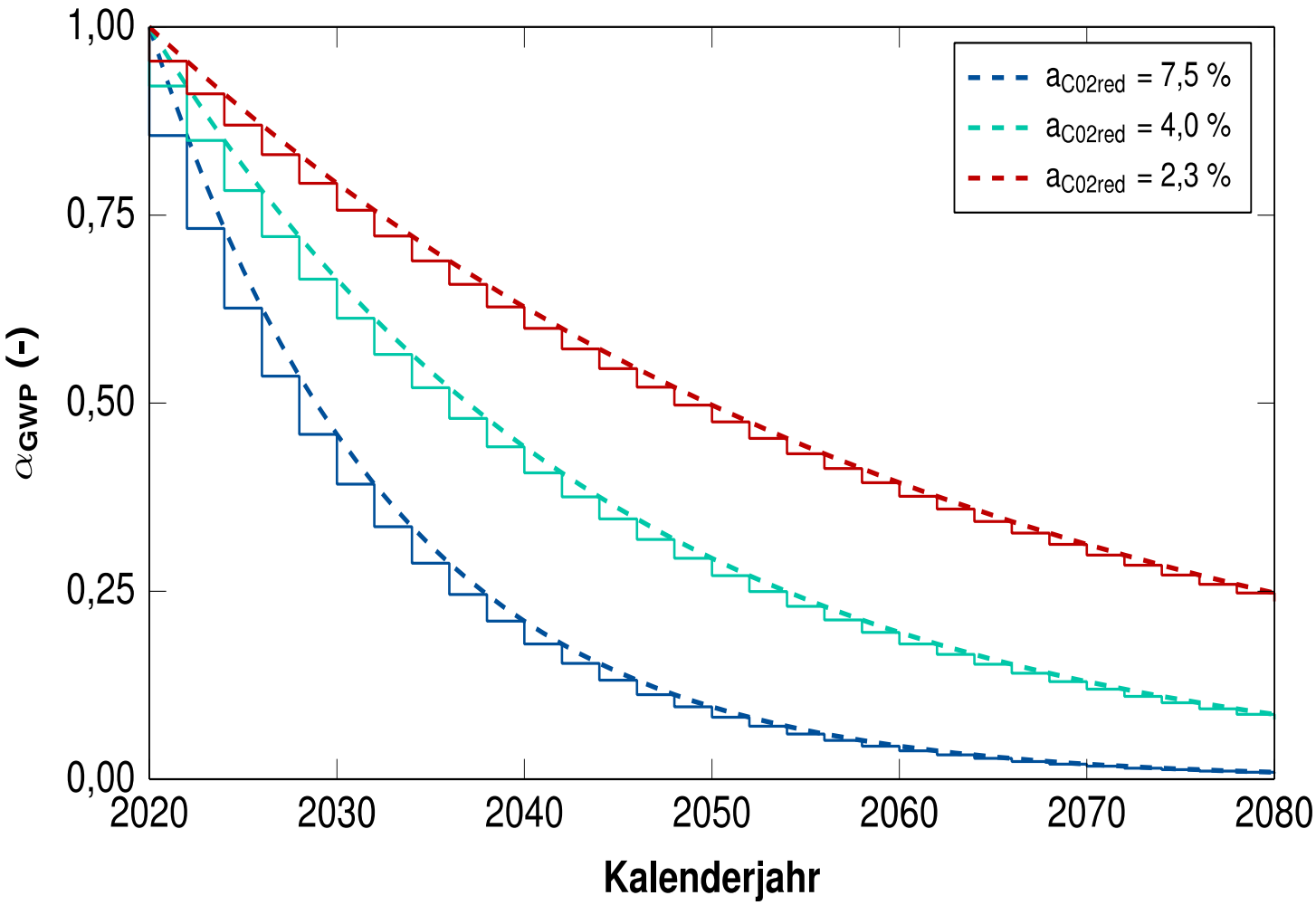
- Tiefliegend: Vorerkundungen, Bohrungen, etc.: < 1/5000
- Gebirgsverhalten oft unbekannt
- BVergG 2018: Art. 365 – starke Limitierung

2. Verwendung von Tunnelausbruch:

- Genauere Lithologie erst beim Ausbruch
- Value Engineering: ÖN B 2118 – wenig Klarheit

ERREICHBARE KLIMAVERTRÄGLICHKEIT: 2050?

Bauwesen



[Haist2021]

ZEMENTART ENTSCHEIDEND FÜR NACHHALTIGKEIT

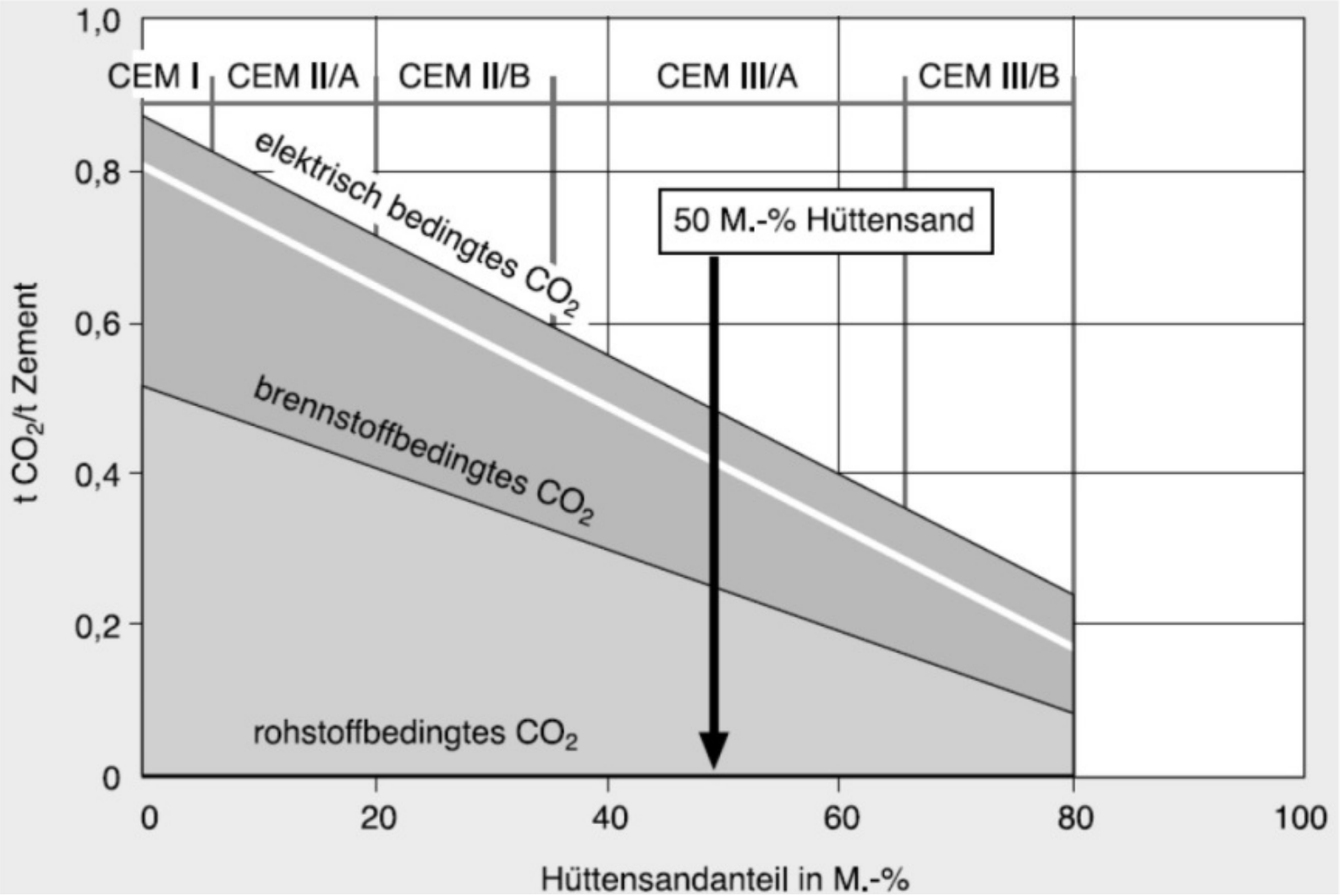
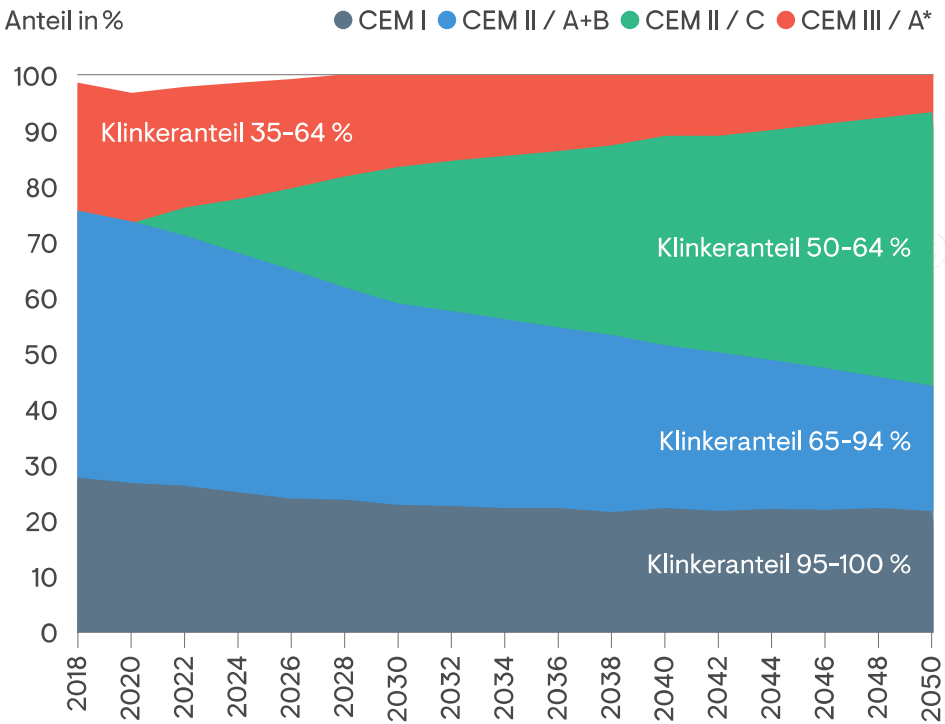


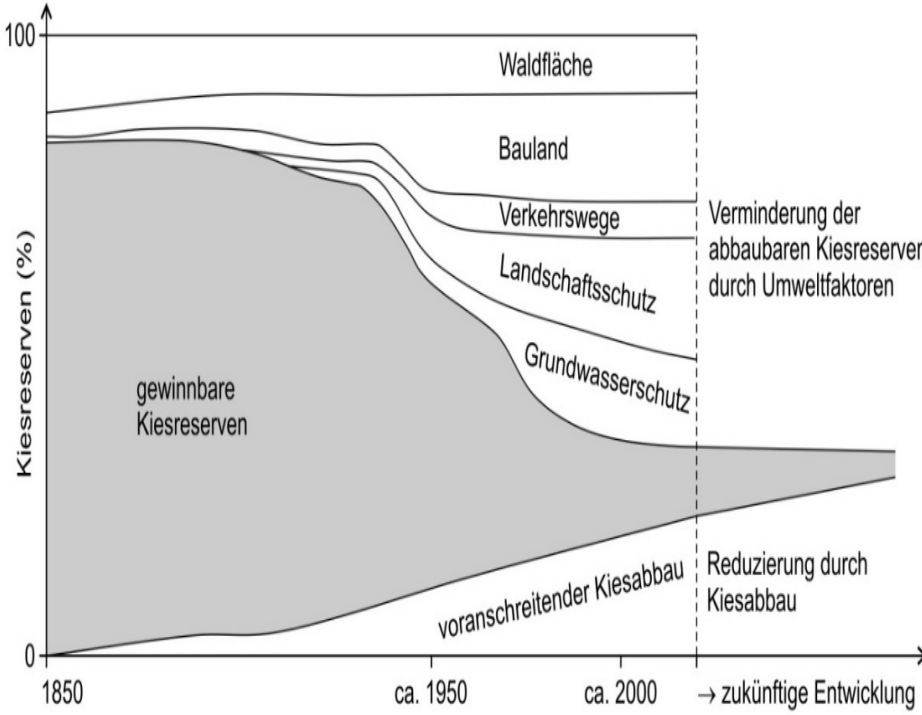
Bild aus: VDZ: Nachhaltige Lösungen. Düsseldorf 2008
Lit.: Keuser, Bergmeister: Sustainability in Tunneling: CCC Congress Liberic 2014

ZEMENTART ENTSCHEIDEND FÜR NACHHALTIGKEIT

Jährlicher Zementverbrauch: USA = 276 kg/Person
China hat von 2000 – 2016 mehr Zement produziert, als USA im 20. Jhdt
[Gates, B. (2021): Wie wir die Klimakatastrophe verhindern]



[VDZ2020]



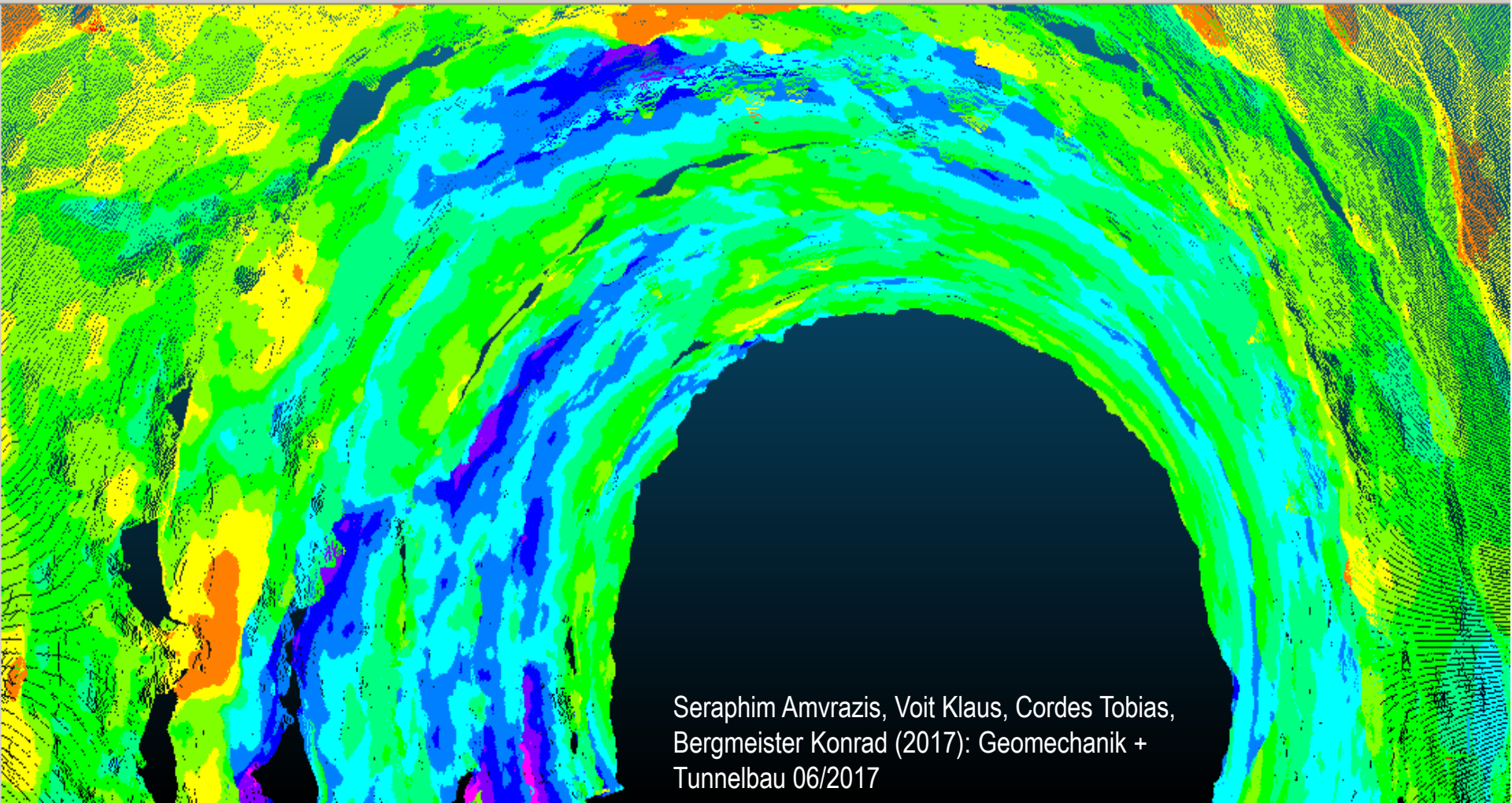
Voit2016

INNOVATIONSBEISPIEL: REDUKTION ÜBERPROFIL MIT DIGITALBILDERN

Seraphim Amvrazis, Voit Klaus, Cordes Tobias, Bergmeister Konrad (2017): Geomechanik + Tunnelbau 06/2017

DIGITALE TUNNELAUSBRUCHOPTIMIERUNG

- **HISTORISCHE DATEN DER LETZTEN 5 ABSCHLÄGE**
- ***3D – DIGITALPHOTOGRAPHIE***

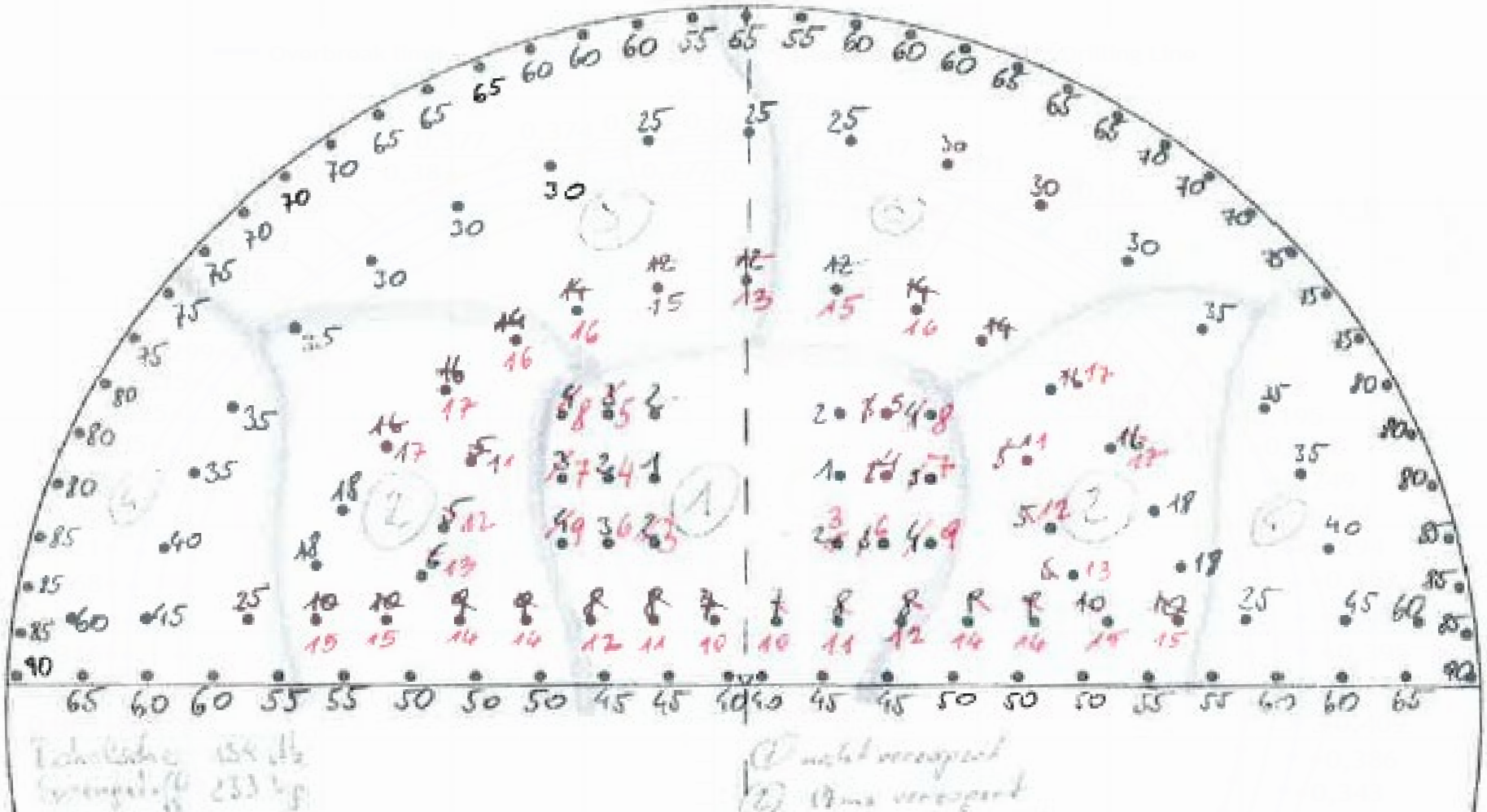


Seraphim Amvrazis, Voit Klaus, Cordes Tobias, Bergmeister Konrad (2017): Geomechanik + Tunnelbau 06/2017

INDICATED MAX. OVERBREAK PROFILE= + 25 CM

EXPECTED OVERBREAK PROFILE

NEW DRILLING SCHEME



Multi-Service-Vehicle

Von: ROWA

Vorteile

- Nutzlast: 93 Tonnen
- V (horizontal) = 22 km/h
- V (Berg/Tal) = 15 km/h
- Radien

Technische Daten	
Leergewicht Gesamtzug:	ca. 35.00t
Nutzlast:	ca. 93.00t
Gesamtgewicht Zug:	ca. 128.00t
v Talfahrt (Nutzlast 93 t) Zugangstunnel Ahrental:	15 km/h
v Bergfahrt (Nutzlast 12 t) Zugangstunnel Ahrental:	15 km/h
v Bergfahrt (Nutzlast 93 t) Erkundungstunnel:	22 km/h
v Talfahrt (Nutzlast 12 t) Erkundungstunnel:	22 km/h
Anzahl Achsen:	18 Stk.
davon angetrieben:	9 Stk.
davon gebremst:	18 Stk.
Installierte Leistung Antriebswagen:	ca. 390 kW

Nachteile

- Kosten

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN - BAUFAHRZEUGE

- **Diesel**
- Reichweite von bis zu 2500km
- Verbrauch ca. 30l / 100km Diesel
- CO_2 Ausstoß von ca. 1000g/ km

- **LNG***
- CO_2 Ausstoß -14%
- CO_2 Vorteil aufgehoben durch LNG Produktion
- NO_x Ausstoß 2-3 mal so hoch wie Diesel

- **H2**
- Reichweite von bis zu 1200km
- Wasser als Emission
- Leistung bis zu 1000 PS
- Verbrauch von 8-10kgH_2 / 100km

Elektro-Dumper

Emissionsersparnis ca. 130 To-CO2/Jahr
Gewicht 45 Tonnen
Max 65 Tonnen
13% Steigung mit Vollbelastung
Aufladungdurch Bremsenergie

Bergmeister (2020): H2-Masterplan

edumper.ch

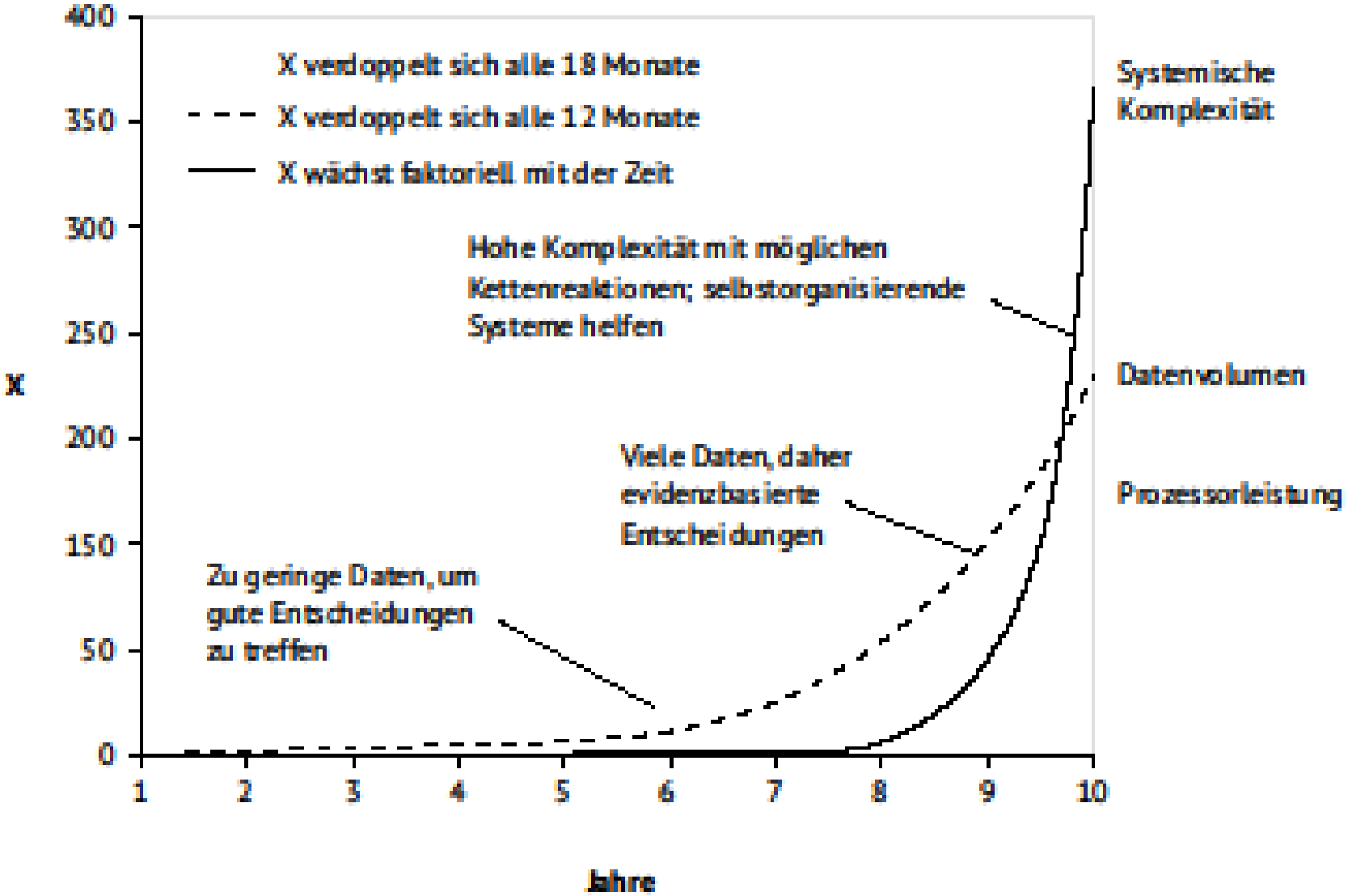
Automatisierung der Baustelle: Drohnen + Roboter…

aus: www.ingenieur.de

3. ERKENNTNISSE KLIMAVERTRÄGLICHES BAUEN

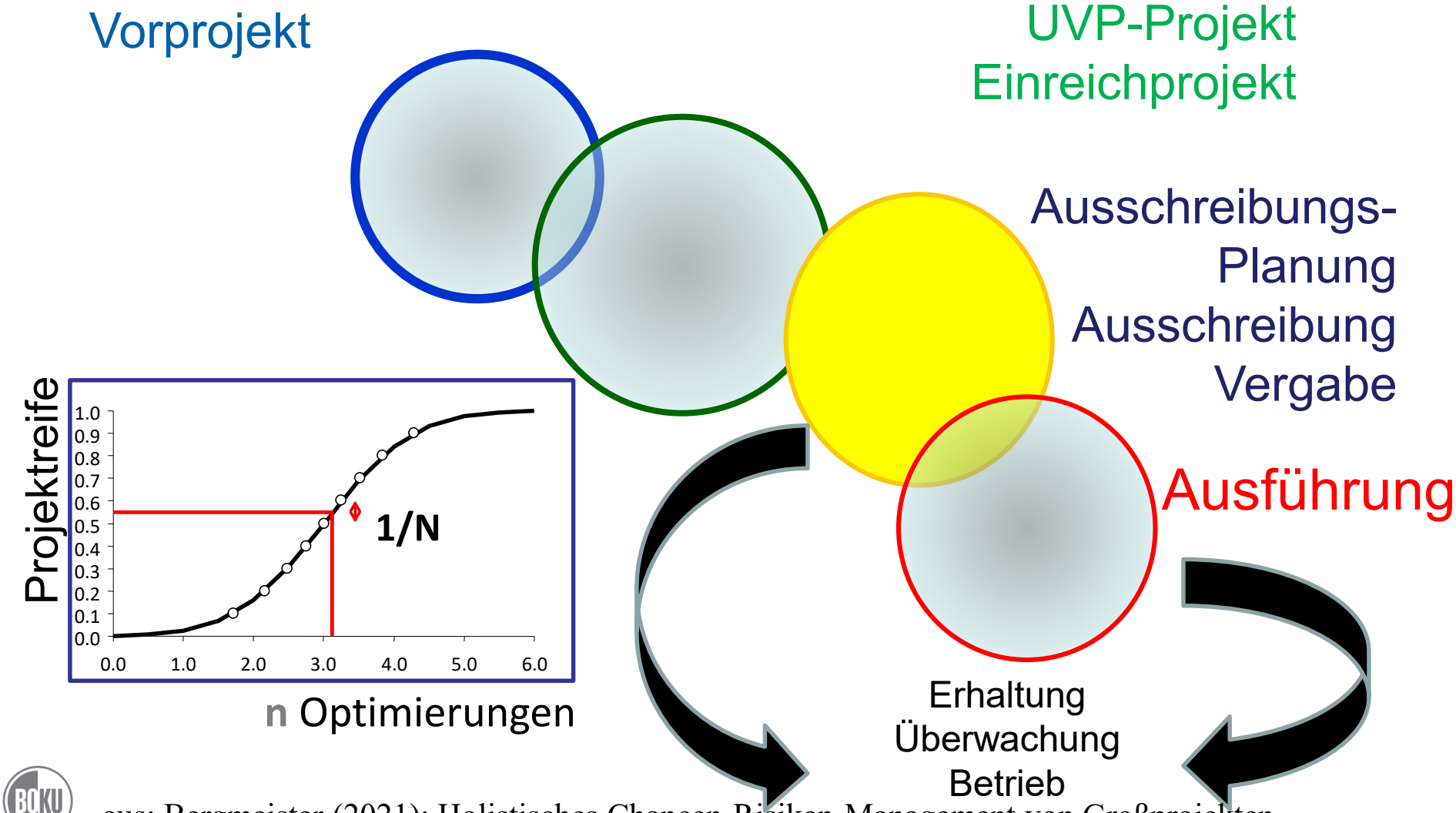
1. Zementart – klimaverträgliche Baustoffe
   - Erforschung, Ausschreibung, Bau
   - Man muss JETZT beginnen
2. Bauverfahren + Baulogistik
   - Kann man NUR mit Zuschlagskriterien klimaverträgliche Lösungen bewerten
   - Innovationen unmöglich während Ausschreibung/Vergabe + Bau

DIGITALE EVOLUTION WELTWEIT



aus: Bergmeister (2021): Holistisches Chancen-Risiken-Management von Großprojekten

WIE SIEHT DER REALE PLANUNGS-GENEHMIGUNGS-BAU-ABLAUF AUS?



aus: Bergmeister (2021): Holistisches Chancen-Risiken-Management von Großprojekten

4. ERKENNTNISSE PLANUNGS-BAUPHASEN

1. Planung: Studie, Vorprojekt, Einreichprojekt 2- 9 Jahre
2. Genehmigungsphase 1-3 Jahre
   - UVP-Bewertung mit Vorprojekt
   - Mehrkosten + -aufwand durch UVP-Maßnahmen
3. Ausschreibung + Vergabe 0,5 – 2 Jahre
4. Bauphase ? – 20 Jahre

Innovationen vor 1 – 14 Jahre: keine Hindernisse, sondern UNMÖGLICH!

Hl.Florian, schütze uns vor Brand + zuvielen Vorschriften!

Internationale “schnelle Sonderprojekte”:

- Plocevera Brücke –Genova: l > 1km
  - 14.08.2018 Einsturz
  - 03.08.2020 Eröffnung

- Magnetschwebebahn –Shanghai: l > 30km
  - 20.11.2000 Machbarkeitsstudie
  - 31.12.2003 Eröffnung

St. Florian - Ikone
+ 304 n.Chr.