

# NEUBAU ALBULATUNNEL II ABSCHNITT III RAIBLER-RAUWACKE

VORTRIEBSSICHERUNG  
DURCH BAUGRUNDVEREISUNG

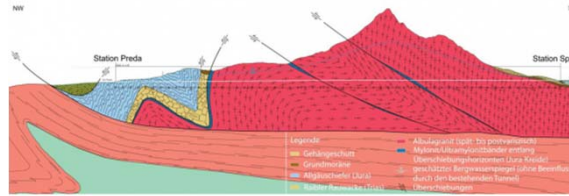


**ZUBLIN**

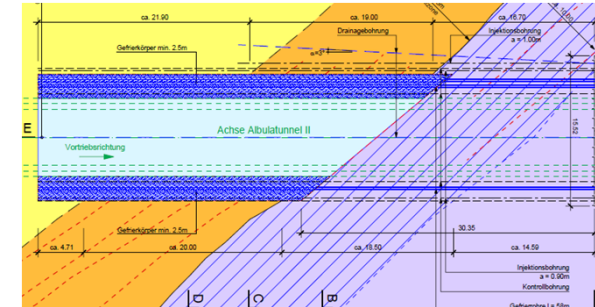
TEAMS WORK.



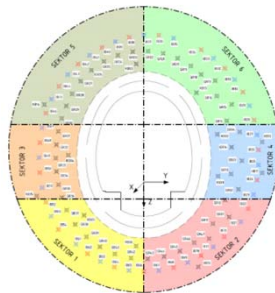
**1 ALBULATUNNEL, HISTORIE**



**2 ABSCHNITT III RAIBLER - RAUWACKEN**



**3 SICHERUNGSKONZEPT RAIBLER - RAUWACKE**



**4 BAUABLAUF**



**5 BESONDERHEITEN IN DER AUSFÜHRUNG**



**6 BILDDOKUMENTATION IM ZEITRAFFER**

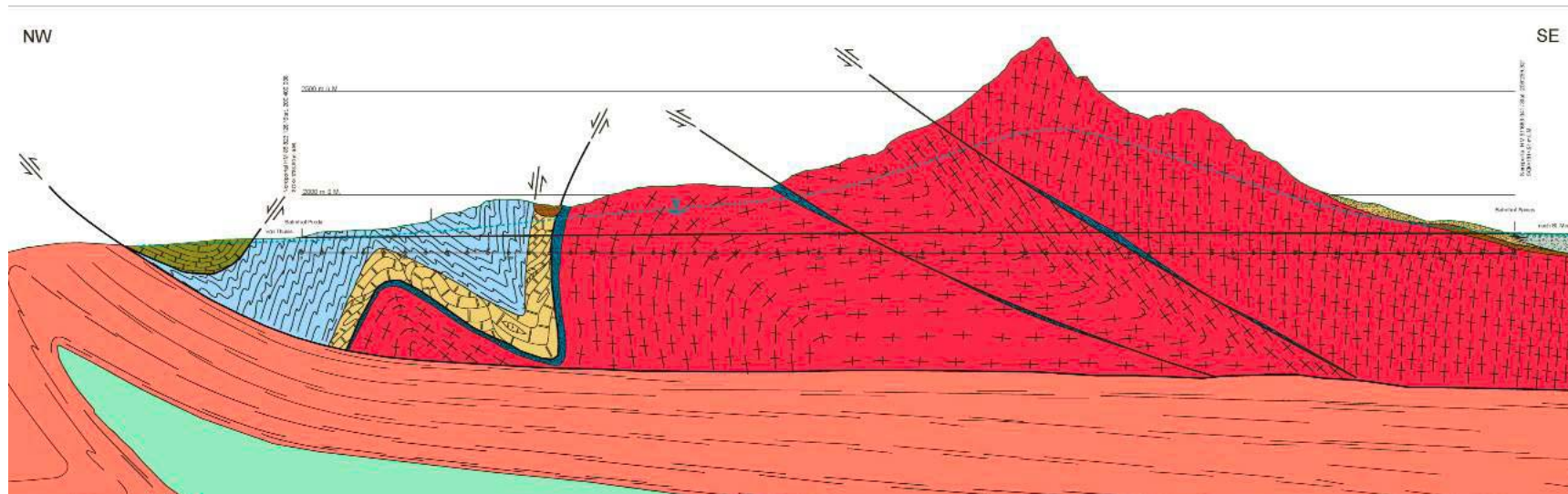
# 1 ALBULATUNNEL HISTORIE

Albula - Tunnel  
5865 m



TEAMS WORK.

# VERBRUCH RAIBLER - RAUWACKE

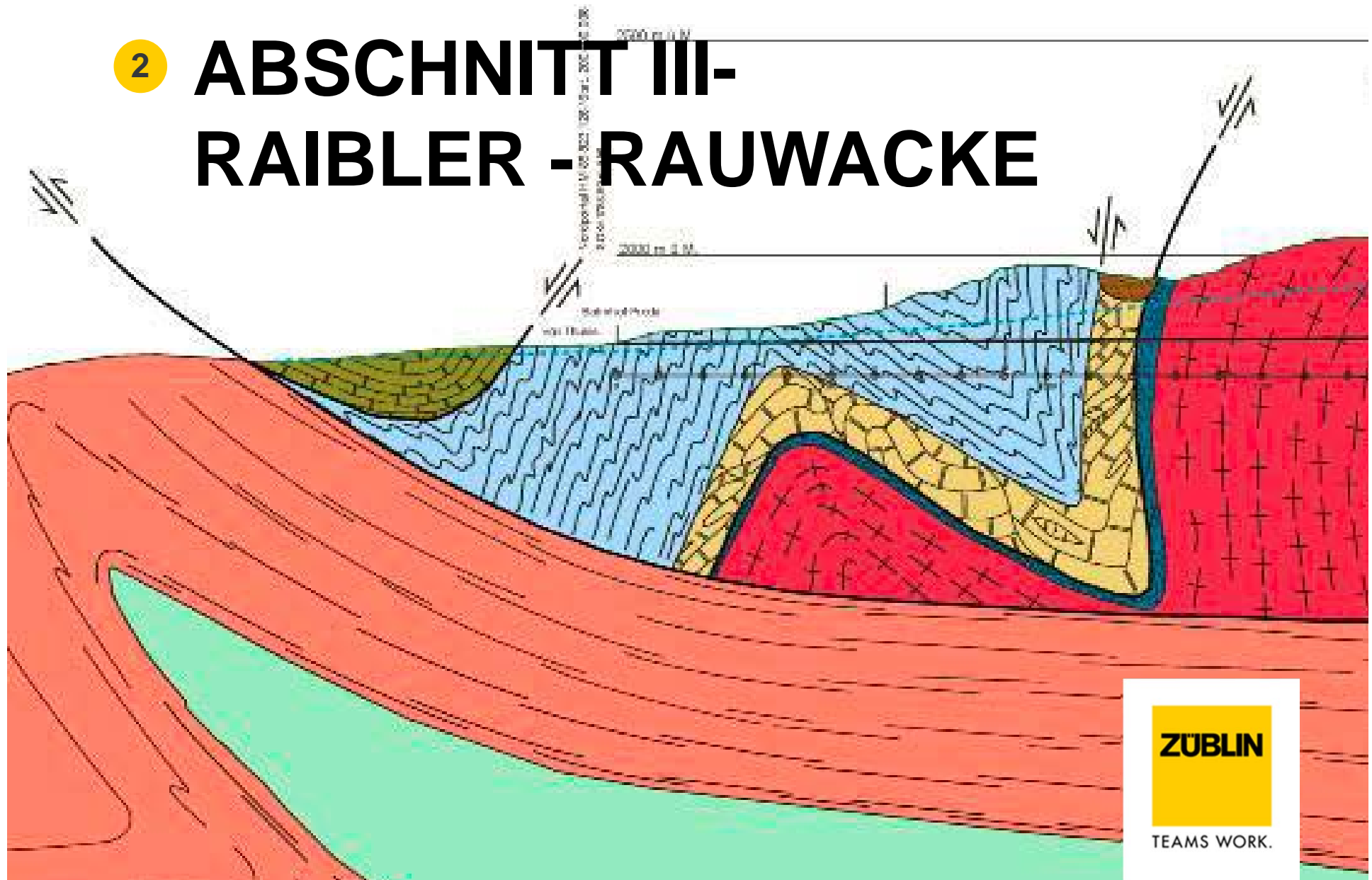


- Einbruch bei TM 1192
- Stillstand des Tunnelvortriebs
- Überwindung der Störzone ~ 1 Jahr
- Umgehungsstollen blieben ohne Erfolg
- Entfestigte, stark wasserführende Zone mit Feinsand gefüllten Hohlräumen



NW

## 2 ABSCHNITT III- RAIBLER - RAUWACKE

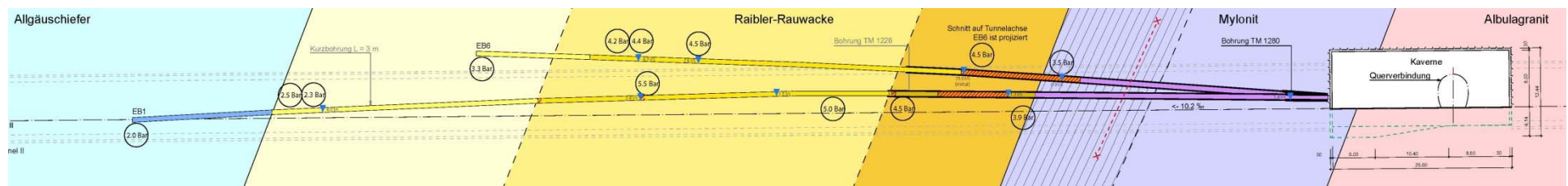


# ERKUNDUNG RAIBLER-RAUWACKE

- „Die Durchfahrung der Raibler-Rauwackenschichten ist auch nach den neuen Untersuchungen für den Albulatunnel II das zentrale Problem. Die Beherrschung dieses Abschnittes ist wenig erprobt und zählt nicht zum üblichen Stand der Tunnelbautechnik.“

Zitat: Sieber Cassina + Handke AG, Erkundung Raibler-Rauwacke

- Programm zur Erkundung der Raibler-Rauwacke erfolgte 2012 / 2013
- 3 Stk. Kernbohrungen (Seilkernverfahren) durch die Raibler-Formation zur Erkundung und Lagerversicherung der Störzone



- Bohrungen erfolgten nahezu horizontal in den Dimensionen NQ und HQ
- Mehrfaches Injizieren und Wiederaufbohren sowie die Verwendung von Verrohrungen waren erforderlich

# GLIEDERUNG RAIBLER-RAUWACKE

## SCHWIMMENDE RAIBLER-FORMATION

- ca. 21,0 m mächtig und als schwimmendes Gebirge bezeichnet
- Vorstellung: viele mächtige Klüfte mit wasser- u. schlammgefüllten Hohlräumen
- Sehr instabil – Ausfließen von siltigem Feinsand in großen Mengen



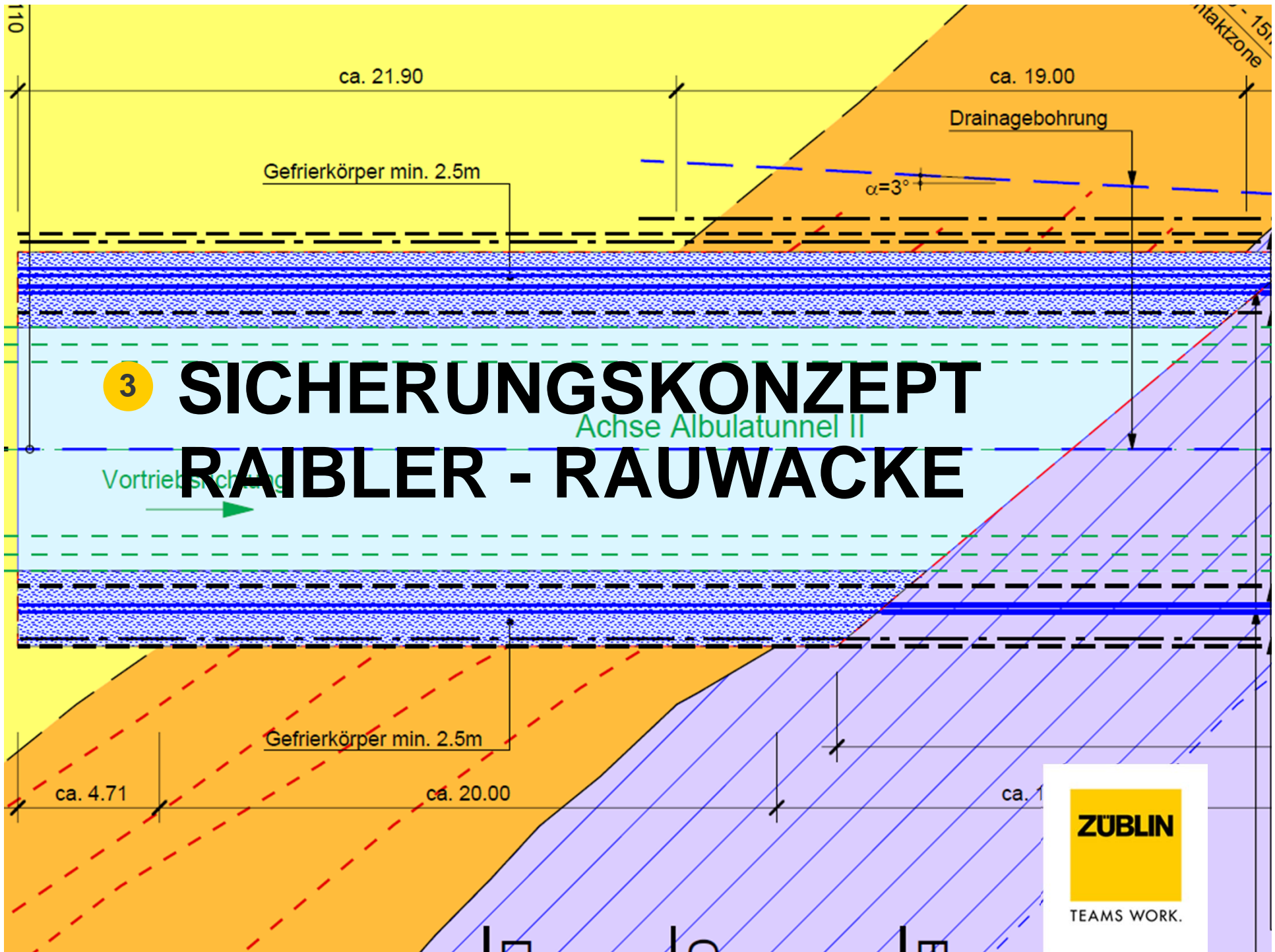
## SCHWACH VERFESTIGTE RAIBLER-FORMATION

- 40,0 – 50,0 m mächtig und tragfähiger
- feinsandreiche Zellendolomite



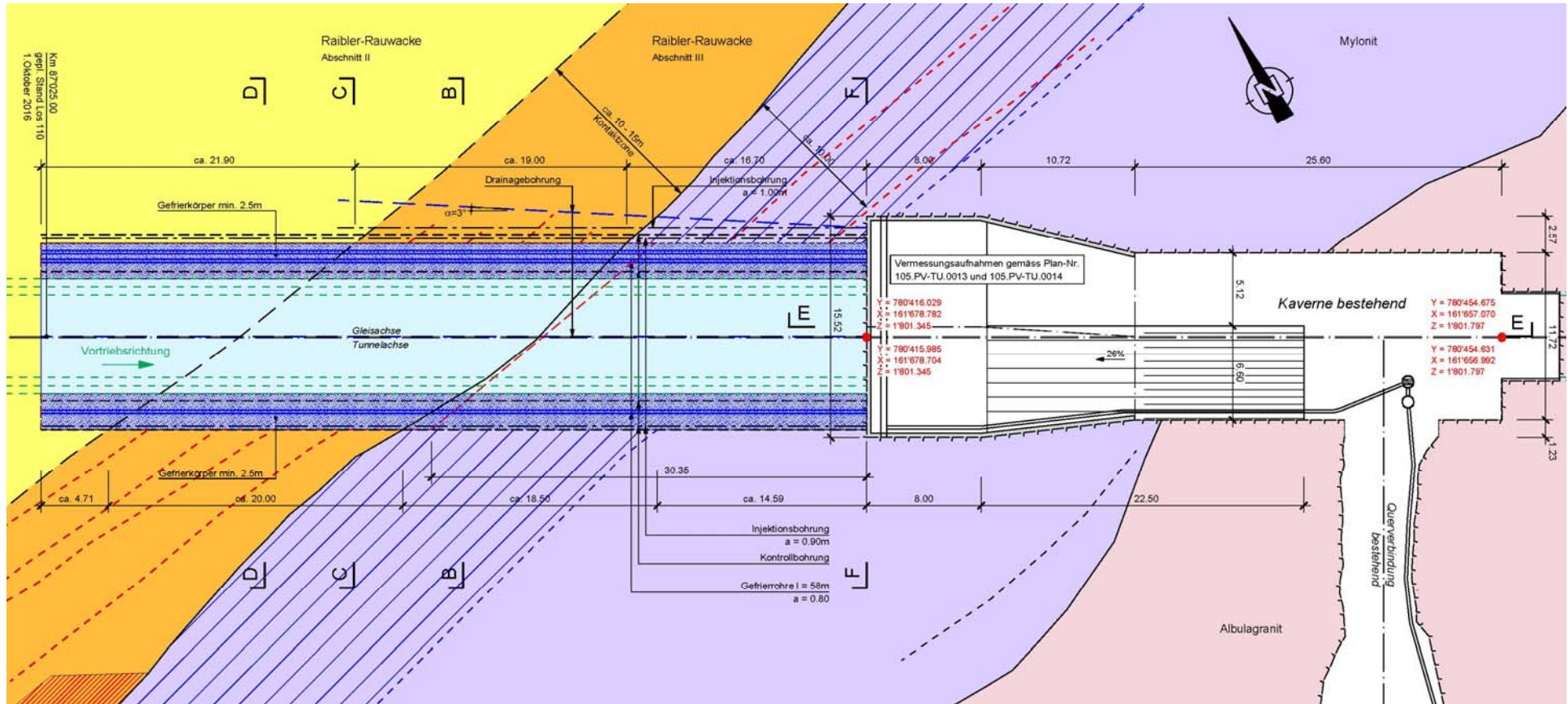
## PORÖSE, SCHWACH GEKLÜFTETE RAIBLER-FORMATION

- Ca. 36 m mächtig
- verfestigte, poröse und geklüftete Gesteine
- wasser- aber nicht schlammführend



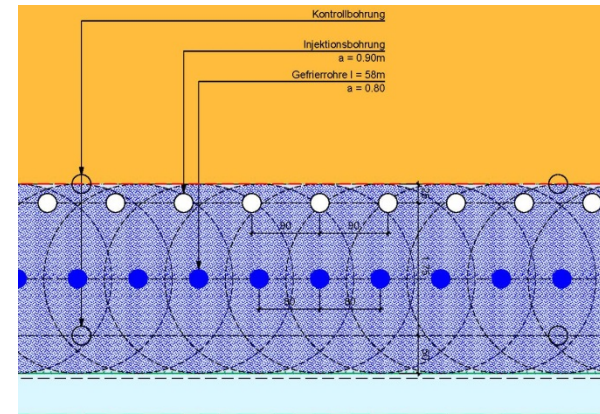
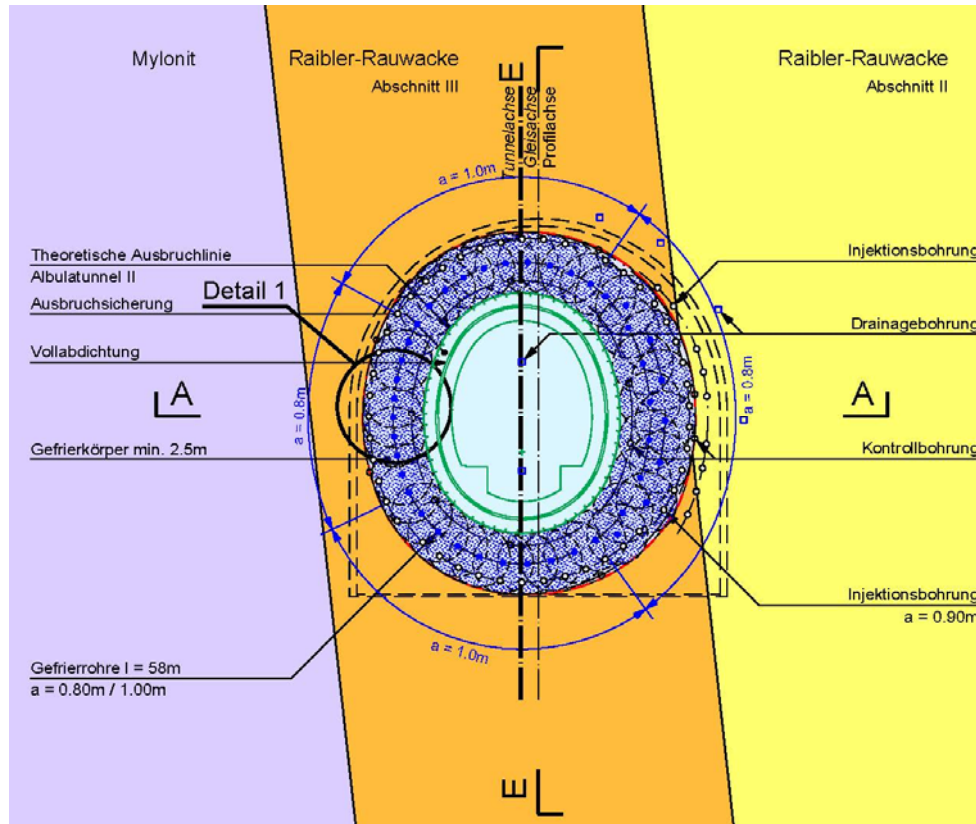


# SICHERUNGSKONZEPT



Sicherungskonzept – Kaverne und Lage zur Raibler-Rauwacke

# SICHERUNGSKONZEPT



## GEOMETRIE

- GR-Abstand: 0,80 / 1,00 m
- IB-Abstand: 0,80 / 1,00 m
- Längsneigung: 0,60 °
- Orientierung: parallel z. Gleisachse
- KB / DB: nach Berechnung  
Spezialist Vereisung

Sicherungskonzept – Querschnitt und Detail

# SICHERUNGSKONZEPT - ÜBERSICHT

## INJEKTIONSBOHRUNGEN IB

---

- CSK Ø 146; Ø 139,7
- 46 Stk., 58 m Bohrtiefe
- Reduktion der Fließgeschwindigkeit des Wassers in der Störzone
- Einbau von Manschettenrohren 2"
- Injektionsschema aufgrund Ergebnisse WAP
- BL-Vermessung: Drill-Pilot

## KONTROLLBOHRUNGEN KB

---

- CSK Ø 146; Ø 139,7
- 12 Stk., 58 m Bohrtiefe
- Temperatur- u. Deformationkontrolle
- BL-Vermessung: Drill-Pilot

## GEFRIERROHRBOHRUNGEN GR

---

- CSK Ø 146; Ø 139,7
- 42 Stk., 58 m Bohrtiefe
- Einbau Gefrierrohre Ø 101,6 mm
- BL-Vermessung: Drill-Pilot

## DRAINAGEBOHRUNGEN DB

---

- CSK Ø 146; Ø 139,7
- 6 Stk., 58 m Bohrtiefe
- Kontrolle Druckanstieg (Begrenzung)
- Temperaturkontrolle
- BL-Vermessung: Drill-Pilot



# BAUABLAUF – DETAIL

- Unterteilung des Profils in Sektoren
  - Notwendig durch Anordnung der Behelfsgerüste
  - Herstellung der Bohrungen eines Sektors komplett inkl. Ausbauten
  - Abfahren der Manschettenrohre mit Wasserdruckversuchen
  - gezielte / systematische Injektion während der Bohrarbeiten im benachbarten Sektor
- Herstellung der Bohrungen eines Sektors komplett inkl. Ausbauten
- Abfahren der Manschettenrohre mit Wasserdruckversuchen
  - Auffinden der Bereiche mit hoher Durchlässigkeit
- Gezielte / systematische Injektion
  - Injektion über Manschettenrohre und Doppelpacker
  - Prinzipiell Verwendung von hydraulischen Bindemittelsuspensionen

# BAUABLAUF – ÜBERSICHT (WERKVERTRAG)

- Baubeginn: **3. August 2015**
  - Beginn der Installationsarbeiten am Bahnhof Preda sowie Untertage
  - Beginn der Bohr- und Injektionsarbeiten
- Zwischentermine
  - Bohr- und Injektionsarbeiten Bereiche mit hoher Durchlässigkeit abgeschlossen:  
04. Dezember 2015
  - Gefriereinrichtung betriebsbereit / Beginn Vereisung: **08. April 2016**
  - Aufbau des Gefrierkörpers: **bis 01. September 2016**
- Verspätete Übergabe der Kaverne an Züblin
  - Bohr- und Injektionsarbeiten werden auch in den Wintermonaten stattfinden

# BAUABLAUF – DETAIL

## Neubau Albulatunnel II Raibler Rauwacke - Gefrierkörper Abschnitt III

Stand der Arbeiten  
17.02.2016 08:00

### Injektionsbohrungen

- Menschleihen versetzt
- Injektion 1. Phase Feinzeiment
- Injektion 2. Phase Zement
- Injektion 3. Phase Feinzeiment
- Injektion 3. Phase Zement
- Injektion 4. Phase Feinzeiment
- Injektion 4. Phase Zement

### Gefrierbohrungen

- Gefrierrohr versetzt
- Gefrierrohr für Temperaturmessung
- Gefrierrohr für Temperatur und Deformationsmessung

### Drainagebohrungen

- Drainagerohr versetzt

Injektionsbohrungen  
46 Sik. + (zus. 9 Sik.)

IB01	IB21	IB37	IB53
IB02	IB22	IB38	IB54
IB03	IB23	IB39	IB55
IB04	IB24	IB40	IB56
IB05	IB25	IB41	IB57
IB06	IB26	IB42	IB58
IB07	IB27	IB43	IB59
IB08	IB28	IB44	IB60
IB09	IB29	IB45	IB61
IB10	IB30	IB46	IB62
IB11	IB31	IB47	IB63
IB12	IB32	IB48	IB64
IB13	IB33	IB49	IB65
IB14	IB34	IB50	IB66
IB15	IB35	IB51	IB67
IB16	IB36	IB52	IB68
IB17	IB37	IB53	IB69
IB18	IB38	IB54	IB70
IB19	IB39	IB55	IB71
IB20	IB40	IB56	IB72
IB21	IB41	IB57	IB73
IB22	IB42	IB58	IB74
IB23	IB43	IB59	IB75
IB24	IB44	IB60	IB76
IB25	IB45	IB61	IB77
IB26	IB46	IB62	IB78
IB27	IB47	IB63	IB79
IB28	IB48	IB64	IB80
IB29	IB49	IB65	IB81
IB30	IB50	IB66	IB82
IB31	IB51	IB67	IB83
IB32	IB52	IB68	IB84
IB33	IB53	IB69	IB85
IB34	IB54	IB70	IB86
IB35	IB55	IB71	IB87
IB36	IB56	IB72	IB88
IB37	IB57	IB73	IB89
IB38	IB58	IB74	IB90
IB39	IB59	IB75	IB91
IB40	IB60	IB76	IB92
IB41	IB61	IB77	IB93
IB42	IB62	IB78	IB94
IB43	IB63	IB79	IB95
IB44	IB64	IB80	IB96
IB45	IB65	IB81	IB97
IB46	IB66	IB82	IB98
IB47	IB67	IB83	IB99
IB48	IB68	IB84	IB100
IB49	IB69	IB85	IB101
IB50	IB70	IB86	IB102
IB51	IB71	IB87	IB103
IB52	IB72	IB88	IB104
IB53	IB73	IB89	IB105
IB54	IB74	IB90	IB106
IB55	IB75	IB91	IB107
IB56	IB76	IB92	IB108
IB57	IB77	IB93	IB109
IB58	IB78	IB94	IB110
IB59	IB79	IB95	IB111
IB60	IB80	IB96	IB112
IB61	IB81	IB97	IB113
IB62	IB82	IB98	IB114
IB63	IB83	IB99	IB115
IB64	IB84	IB100	IB116
IB65	IB85	IB101	IB117
IB66	IB86	IB102	IB118
IB67	IB87	IB103	IB119
IB68	IB88	IB104	IB120
IB69	IB89	IB105	IB121
IB70	IB90	IB106	IB122
IB71	IB91	IB107	IB123
IB72	IB92	IB108	IB124
IB73	IB93	IB109	IB125
IB74	IB94	IB110	IB126
IB75	IB95	IB111	IB127
IB76	IB96	IB112	IB128
IB77	IB97	IB113	IB129
IB78	IB98	IB114	IB130
IB79	IB99	IB115	IB131
IB80	IB100	IB116	IB132
IB81	IB101	IB117	IB133
IB82	IB102	IB118	IB134
IB83	IB103	IB119	IB135
IB84	IB104	IB120	IB136
IB85	IB105	IB121	IB137
IB86	IB106	IB122	IB138
IB87	IB107	IB123	IB139
IB88	IB108	IB124	IB140
IB89	IB109	IB125	IB141
IB90	IB110	IB126	IB142
IB91	IB111	IB127	IB143
IB92	IB112	IB128	IB144
IB93	IB113	IB129	IB145
IB94	IB114	IB130	IB146
IB95	IB115	IB131	IB147
IB96	IB116	IB132	IB148
IB97	IB117	IB133	IB149
IB98	IB118	IB134	IB150
IB99	IB119	IB135	IB151
IB100	IB120	IB136	IB152
IB101	IB121	IB137	IB153
IB102	IB122	IB138	IB154
IB103	IB123	IB139	IB155
IB104	IB124	IB140	IB156
IB105	IB125	IB141	IB157
IB106	IB126	IB142	IB158
IB107	IB127	IB143	IB159
IB108	IB128	IB144	IB160
IB109	IB129	IB145	IB161
IB110	IB130	IB146	IB162
IB111	IB131	IB147	IB163
IB112	IB132	IB148	IB164
IB113	IB133	IB149	IB165
IB114	IB134	IB150	IB166
IB115	IB135	IB151	IB167
IB116	IB136	IB152	IB168
IB117	IB137	IB153	IB169
IB118	IB138	IB154	IB170
IB119	IB139	IB155	IB171
IB120	IB140	IB156	IB172
IB121	IB141	IB157	IB173
IB122	IB142	IB158	IB174
IB123	IB143	IB159	IB175
IB124	IB144	IB160	IB176
IB125	IB145	IB161	IB177
IB126	IB146	IB162	IB178
IB127	IB147	IB163	IB179
IB128	IB148	IB164	IB180
IB129	IB149	IB165	IB181
IB130	IB150	IB166	IB182
IB131	IB151	IB167	IB183
IB132	IB152	IB168	IB184
IB133	IB153	IB169	IB185
IB134	IB154	IB170	IB186
IB135	IB155	IB171	IB187
IB136	IB156	IB172	IB188
IB137	IB157	IB173	IB189
IB138	IB158	IB174	IB190
IB139	IB159	IB175	IB191
IB140	IB160	IB176	IB192
IB141	IB161	IB177	IB193
IB142	IB162	IB178	IB194
IB143	IB163	IB179	IB195
IB144	IB164	IB180	IB196
IB145	IB165	IB181	IB197
IB146	IB166	IB182	IB198
IB147	IB167	IB183	IB199
IB148	IB168	IB184	IB200
IB149	IB169	IB185	IB201
IB150	IB170	IB186	IB202
IB151	IB171	IB187	IB203
IB152	IB172	IB188	IB204
IB153	IB173	IB189	IB205
IB154	IB174	IB190	IB206
IB155	IB175	IB191	IB207
IB156	IB176	IB192	IB208
IB157	IB177	IB193	IB209
IB158	IB178	IB194	IB210
IB159	IB179	IB195	IB211
IB160	IB180	IB196	IB212
IB161	IB181	IB197	IB213
IB162	IB182	IB198	IB214
IB163	IB183	IB199	IB215
IB164	IB184	IB200	IB216
IB165	IB185	IB201	IB217
IB166	IB186	IB202	IB218
IB167	IB187	IB203	IB219
IB168	IB188	IB204	IB220
IB169	IB189	IB205	IB221
IB170	IB190	IB206	IB222
IB171	IB191	IB207	IB223
IB172	IB192	IB208	IB224
IB173	IB193	IB209	IB225
IB174	IB194	IB210	IB226
IB175	IB195	IB211	IB227
IB176	IB196	IB212	IB228
IB177	IB197	IB213	IB229
IB178	IB198	IB214	IB230
IB179	IB199	IB215	IB231
IB180	IB200	IB216	IB232
IB181	IB201	IB217	IB233
IB182	IB202	IB218	IB234
IB183	IB203	IB219	IB235
IB184	IB204	IB220	IB236
IB185	IB205	IB221	IB237
IB186	IB206	IB222	IB238
IB187	IB207	IB223	IB239
IB188	IB208	IB224	IB240
IB189	IB209	IB225	IB241
IB190	IB210	IB226	IB242
IB191	IB211	IB227	IB243
IB192	IB212	IB228	IB244
IB193	IB213	IB229	IB245
IB194	IB214	IB230	IB246
IB195	IB215	IB231	IB247
IB196	IB216	IB232	IB248
IB197	IB217	IB233	IB249
IB198	IB218	IB234	IB250
IB199	IB219	IB235	IB251
IB200	IB220	IB236	IB252
IB201	IB221	IB237	IB253
IB202	IB222	IB238	IB254
IB203	IB223	IB239	IB255
IB204	IB224	IB240	IB256
IB205	IB225	IB241	IB257
IB206	IB226	IB242	IB258
IB207	IB227	IB243	IB259
IB208	IB228	IB244	IB260
IB209	IB229	IB245	IB261
IB210	IB230	IB246	IB262
IB211	IB231	IB247	IB263
IB212	IB232	IB248	IB264
IB213	IB233	IB249	IB265
IB214	IB234	IB250	IB266
IB215	IB235	IB251	IB267
IB216	IB236	IB252	IB268
IB217	IB237	IB253	IB269
IB218	IB238	IB254	IB270
IB219	IB239	IB255	IB271
IB220	IB240	IB256	IB272
IB221	IB241	IB257	IB273
IB222	IB242	IB258	IB274
IB223	IB243	IB259	IB275
IB224	IB244	IB260	IB276
IB225	IB245	IB261	IB277
IB226	IB246	IB262	IB278
IB227	IB247	IB263	IB279
IB228	IB248	IB264	IB280
IB229	IB249	IB265	IB281
IB230	IB250	IB266	IB282
IB231	IB251	IB267	IB283
IB232	IB252	IB268	IB284
IB233	IB253	IB269	IB285
IB234	IB254	IB270	IB286
IB235	IB255	IB271	IB287
IB236	IB256	IB272	IB288
IB237	IB257	IB273	IB289
IB238	IB258	IB274	IB290
IB239	IB259	IB275	IB291
IB240	IB260	IB276	IB292
IB241	IB261	IB277	IB293
IB242	IB262	IB278	IB294
IB243	IB263	IB279	IB295
IB244	IB264	IB280	IB296
IB245	IB265	IB281	IB297
IB246	IB266	IB282	IB298
IB247	IB267	IB283	IB299
IB248	IB268	IB284	IB300
IB249	IB269	IB285	IB301
IB250	IB270	IB286	IB302
IB251	IB271	IB287	IB303
IB252	IB272	IB288	IB304
IB253	IB273	IB289	IB305
IB254	IB274	IB290	IB306
IB255	IB275	IB291	IB307
IB256	IB276	IB292	IB308
IB257	IB277	IB293	IB309
IB258	IB278	IB294	IB310
IB259	IB279	IB295	IB311
IB260	IB280	IB296	IB312
IB261	IB281	IB297	IB313
IB262	IB282	IB298	IB314
IB263	IB283	IB299	IB315
IB264	IB284	IB300	IB316
IB265	IB285	IB301	IB317
IB266	IB286	IB302	IB318
IB267	IB287	IB303	IB319
IB268	IB288	IB304	IB320
IB269	IB289	IB305	IB321
IB270	IB290	IB306	IB322
IB271	IB291	IB307	IB323
IB272	IB292	IB308	IB324
IB273	IB293	IB309	IB325
IB274	IB294	IB310	IB326
IB275	IB295	IB311	IB327
IB276	IB296	IB312	IB328
IB277	IB297	IB313	IB329
IB278	IB298	IB314	IB330
IB279	IB299	IB315	IB331
IB280	IB300	IB316	IB332
IB281	IB301	IB317	IB333
IB282	IB302	IB318	IB334
IB283	IB303	IB319	IB335
IB284	IB304	IB320	IB336
IB285	IB305	IB321	IB337
IB286	IB306	IB322	IB338
IB287	IB307	IB323	IB339
IB288	IB308	IB324	IB340
IB289	IB309	IB325	IB341
IB290	IB310	IB326	IB342
IB291	IB311	IB3	

**5** **BESONDERHEITEN IN  
DER AUSFÜHRUNG**

**ZÜBLIN**

TEAMS WORK.





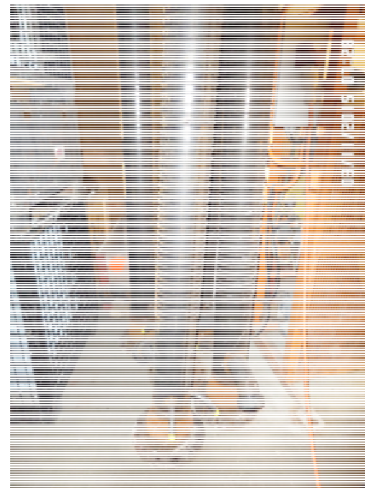
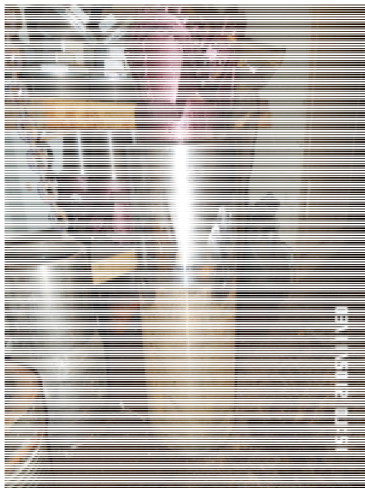
# BAUSTELLENLOGISTIK

- Erreichbarkeit der Baustelle im Winter
  - Wintersperre Albulapass, Wintersperre Veja Megstra (Schlittelbahn Preda Bergün)
  - Personal- und Materiallogistik ausschließlich gleisgebunden
  - Schneehöhen > 2,0 m möglich
- Materialtransporte BE-Fläche – Kaverne
  - Erfolgt wöchentlich mittels eigener Materialtransporte (Bauzüge) in der Nacht
- Zugang zur Kaverne
  - während laufendem Bahnbetrieb nur in definierten Zeitfenstern möglich
  - SCP: Sicherheitschef Privat, ohne SCP kein Begehen des Tunnels erlaubt
- Gerüstbau
  - Höhe des Querschnittes erfordert Arbeitsebenen in 3 verschiedenen Höhenstufen
  - Aufwendiger Gerüstbau erforderlich, da geplante Lage der verbleibenden Berme nicht genutzt werden konnte

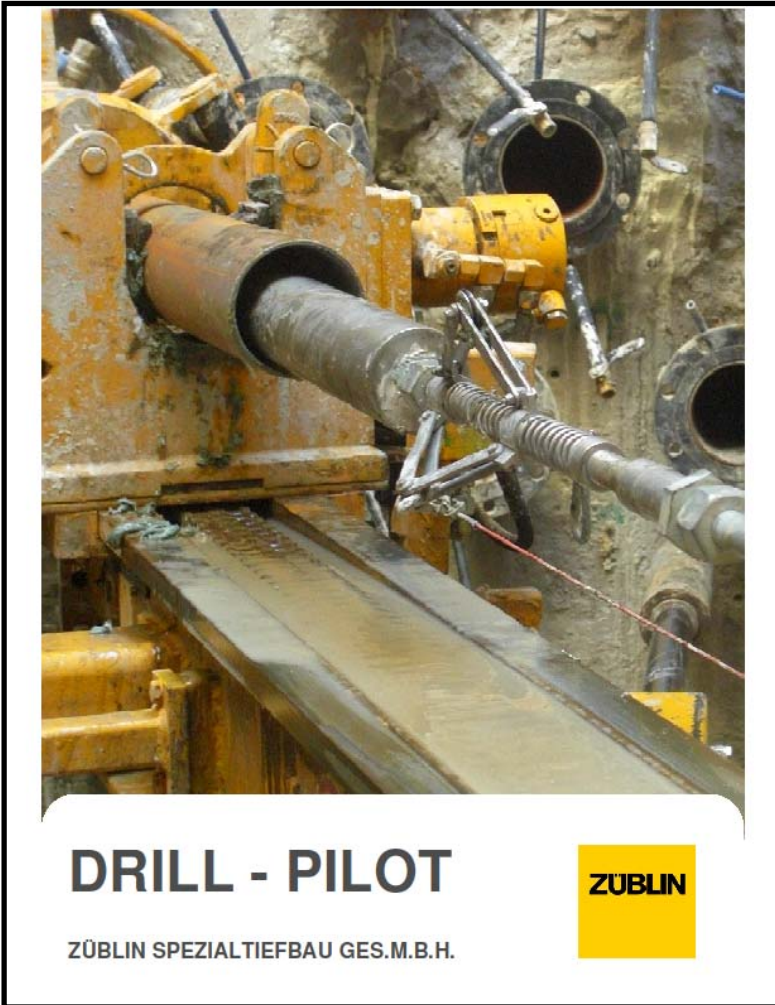
# BOHRTECHNIK



- Geschlossenes Bohrsystem mit Standrohr, Preventer und Absperrschieber (Abflussschleuse)
- Mylonit – Störzone: Seilkernbohrung
- Störzone – Zellendolomit: Rollenmeißelbohrung
- » Verlorene Bohrkronen «
  - Ausklinken des Rollmeißels bei Erreichen der Endteufe (mit Hilfe von Manschetten- oder Gefrierrohr)



# BOHRLOCHVERMESSUNG

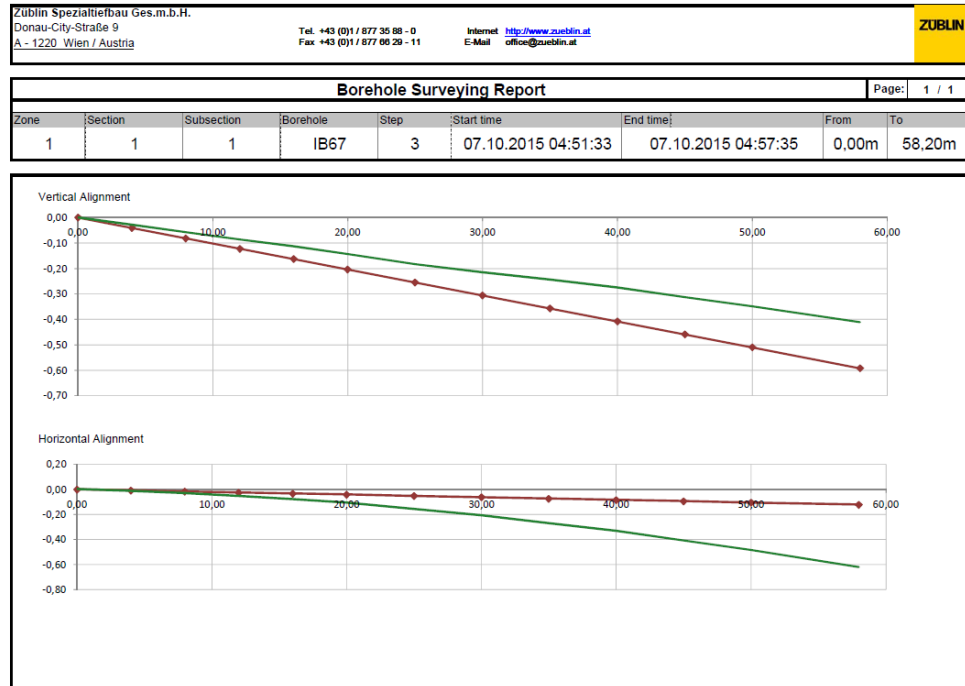


**DRILL - PILOT**

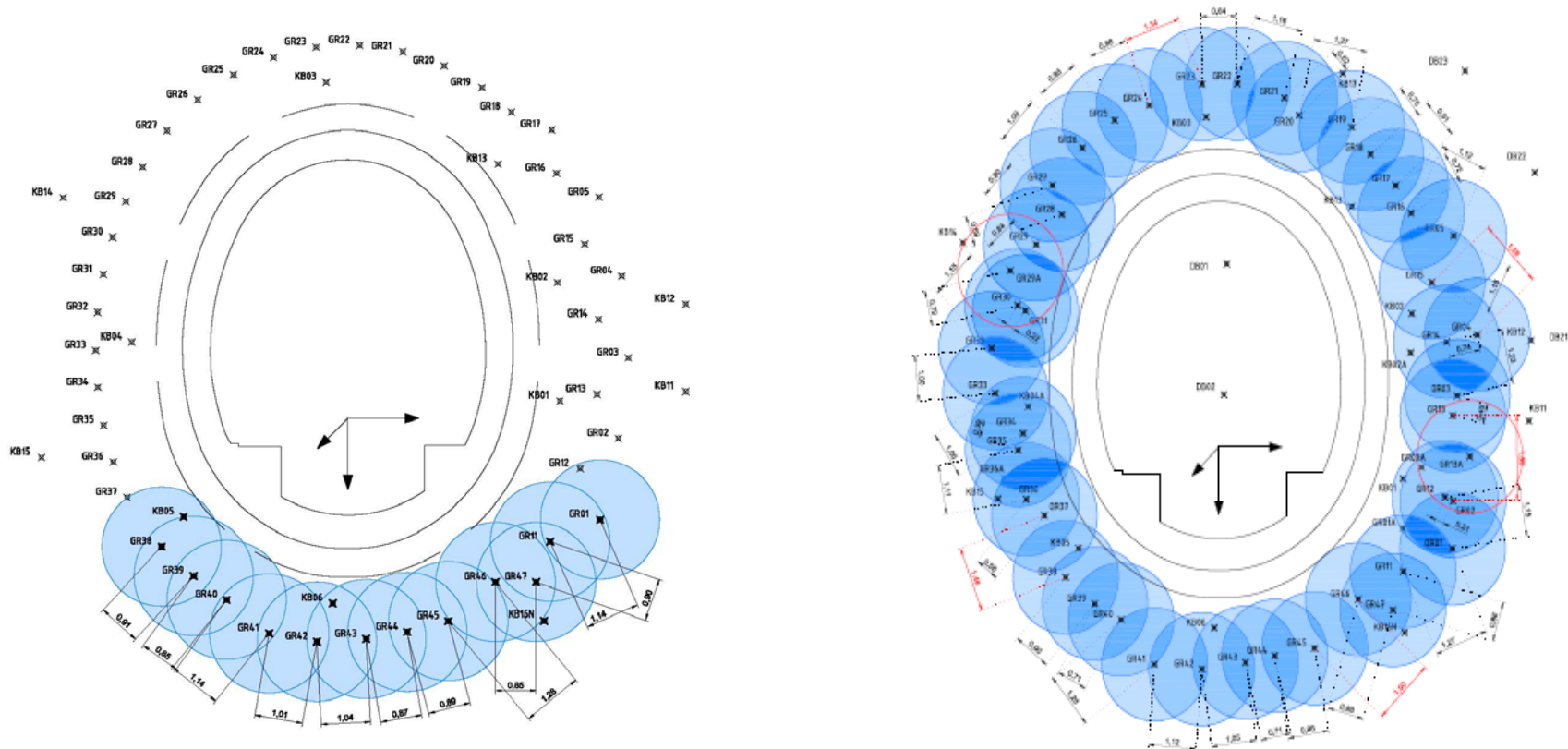
ZÜBLIN SPEZIALTIEFBAU GES.M.B.H.



- Vermessung des Bohrlochverlaufes mit dem „Drill –Pilot“ (Eigenentwicklung einer Gyro – Messsonde)



# MASSHALTIGKEIT - VEREISUNG



- Anforderungen an BL-Abstand
- Geschlossener Eiskörper bei planl. BL-Abstand + 40,0 cm

Bohrachsen gemessen bei Z: 25,0 m u. 45,0 m, Darstellung Eiskörper D=2,50 m

## 6 ZEITRAFFER ALBULATUNNEL II STAND 24.8.2015



1. Besichtigung mit ARGE BIANCHO, 1 Woche vor Übernahme

6

ZÜBLIN Spezialtiefbau Ges.m.b.H., 10.05.2016  
Seite 22



TEAMS WORK.

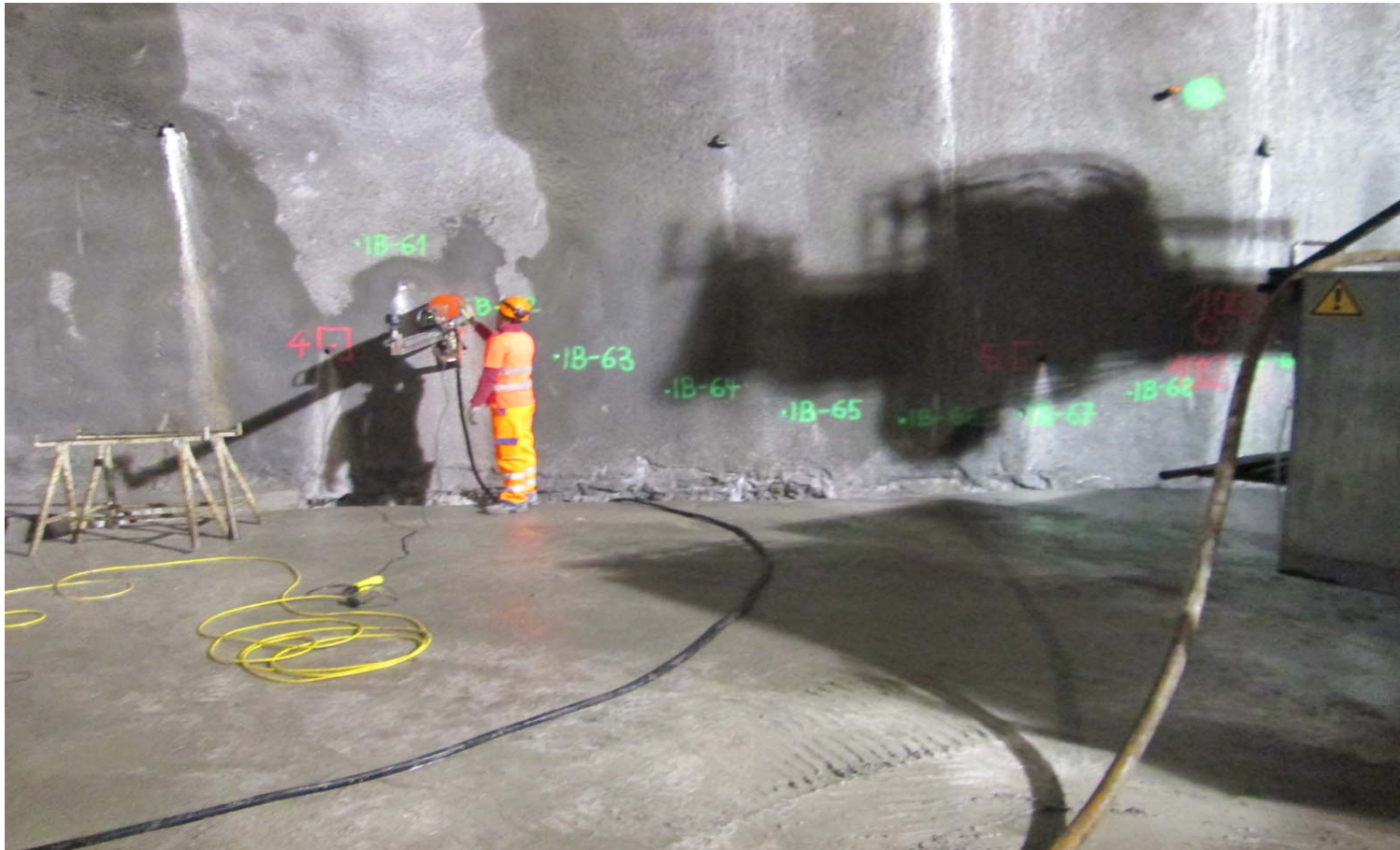
# BE EINRICHTEN START 1.9.2015



Reine Zugversorgung, BE Einrichtung

# STANDROHR BOHREN

## 4.9.2015



Standrohrbohrungen Segment 1 und 2



# IB BOHRUNGEN BEGINN 16.9.2015



Bohrbeginn IB Bohrungen

3

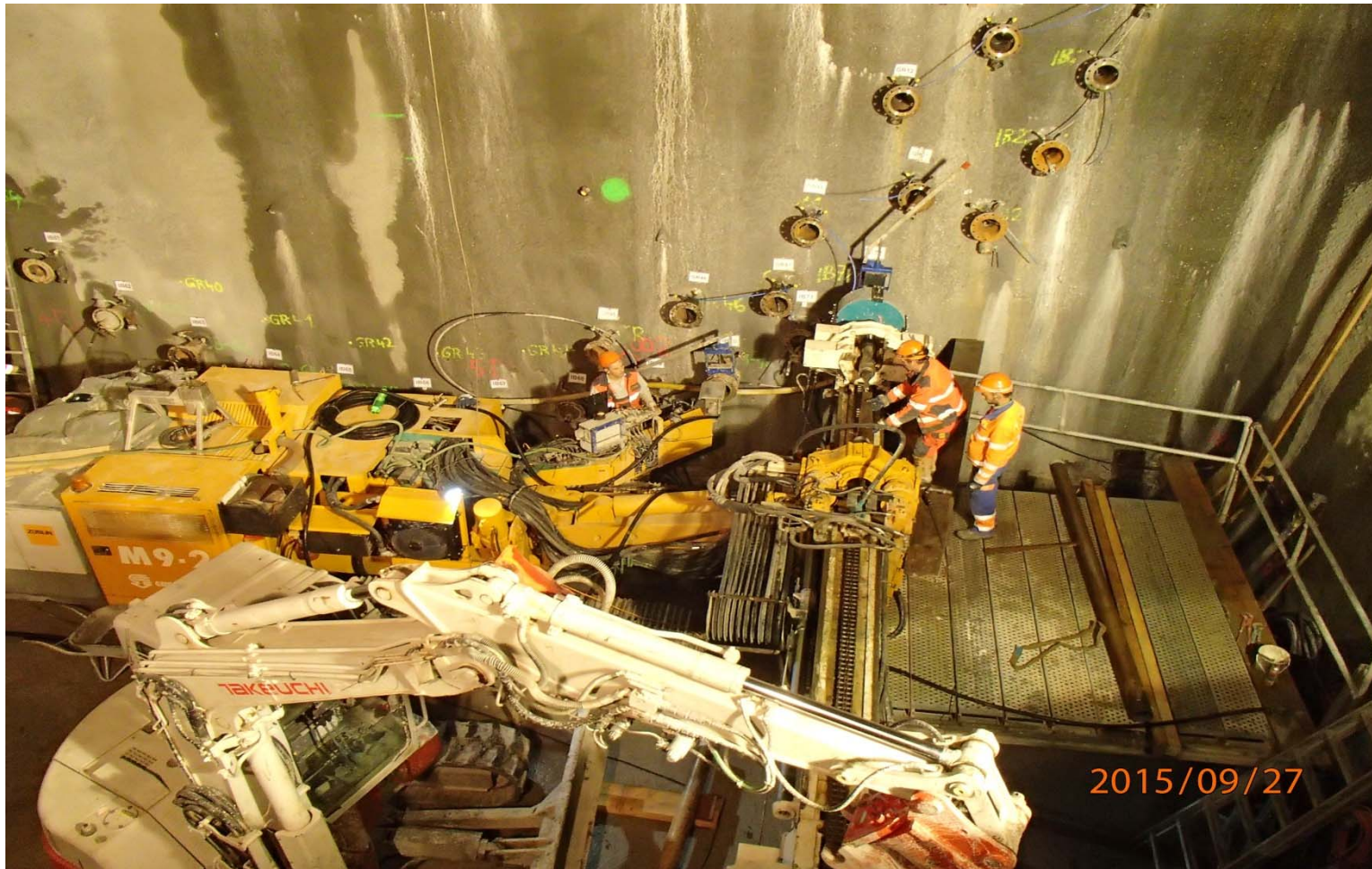
ZÜBLIN Spezialtiefbau Ges.m.b.H., 10.05.2016  
Seite 25



TEAMS WORK.

# IB BOHRUNGEN

## 27.9.2015



# EBENE 0

## 30.10.2015



Segment 1 und 2 der IB Bohrungen und GR Bohrungen beendet

3

ZÜBLIN Spezialtiefbau Ges.m.b.H., 10.05.2016  
Seite 27



TEAMS WORK.

# 1.GERÜSTEBENE, AUFBAU



# GERÜSTEBENE 1 WIEDERAUFNAHME IB / GR BOHRUNGEN



# GERÜSTEBENE 2, AUFBAU

## 18.11.2015



# GERÜSTEBENE 2, AUFBAU

## 21.11.2015



# GERÜSTEBENE 2, WIEDERAUFNAHME IB / GR BOHRUNGEN 23.11.2015





# GERÜSTEBENE 3, AUFBAU

15.12.2015



# GERÜSTEBENE 3

## 15.12.2015



# GERÜSTEBENE 3

14.01.2016



# GLÜCK AUF!

