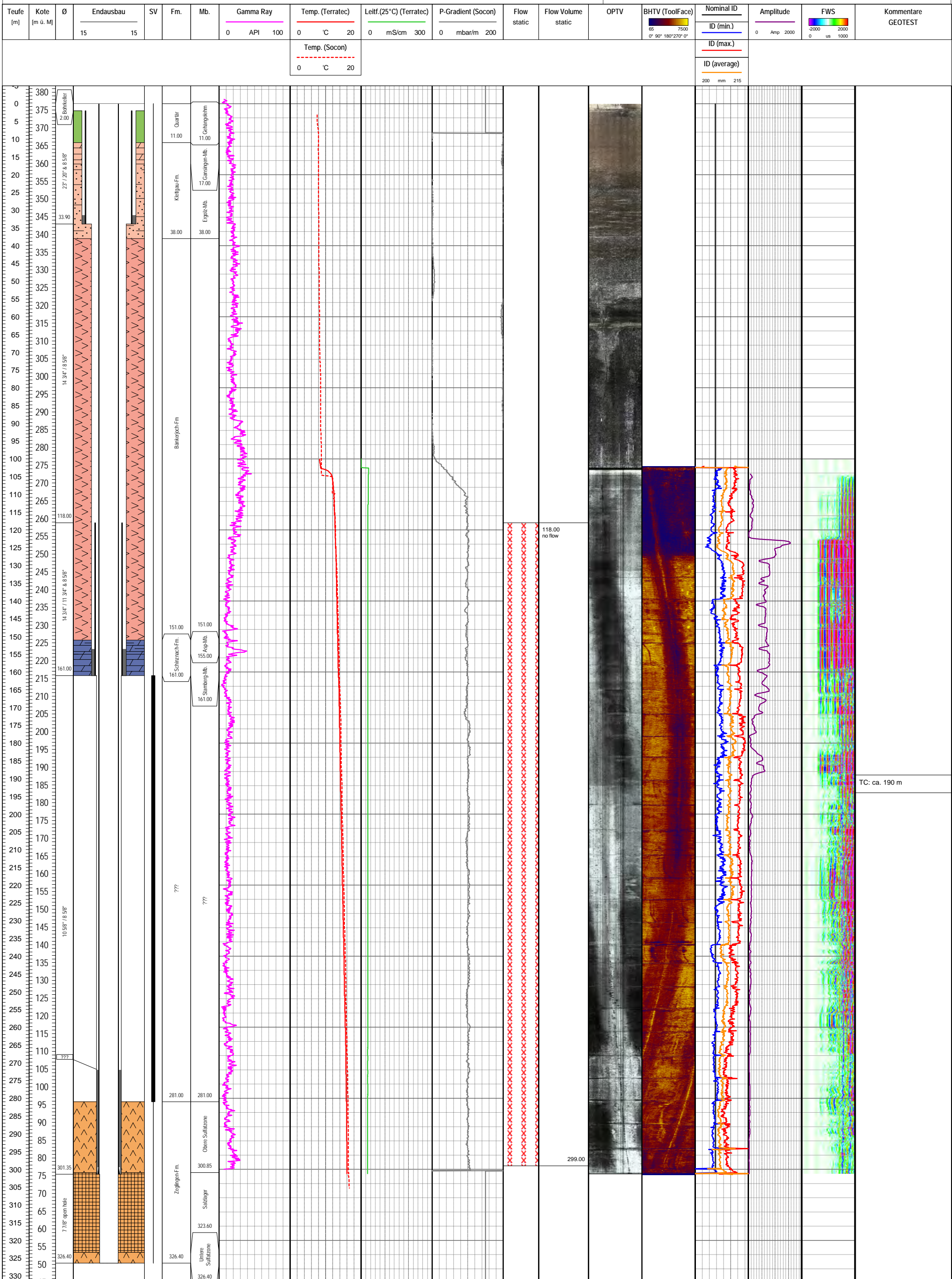


# Bohrung S085

**GEOTEST** GEOLOGEN / INGENIEURE /  
GEOPHYSIKER /  
UMWELTFACHLEUTE

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 301.35 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 301.35 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'524.29 / 1'262'096.90 / 376.79 m ü.M.



TC: ca. 190 m

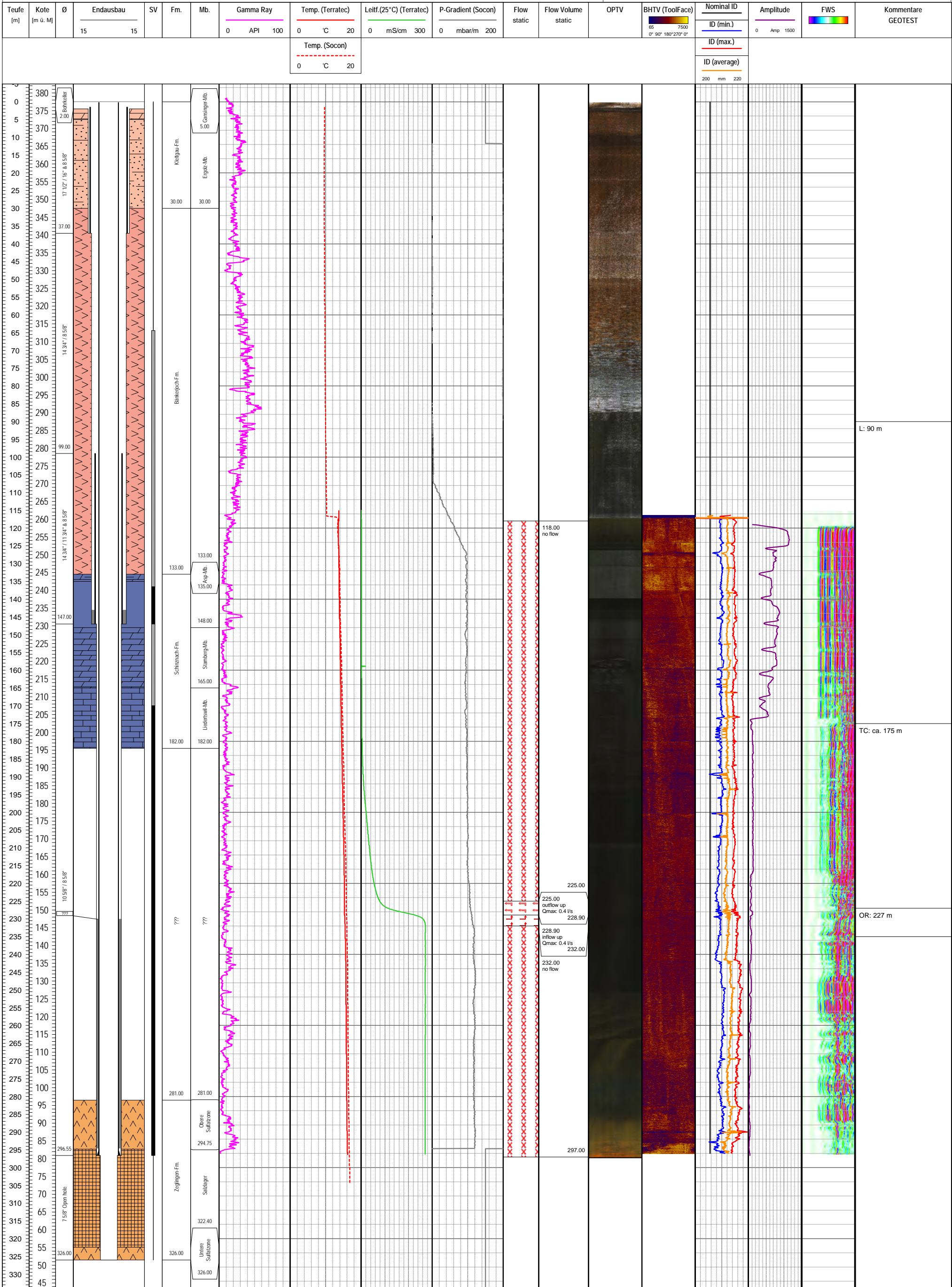


# Bohrung S086

**GEOTEST** GEOLOGEN / INGENIEURE /  
GEOPHYSIKER /  
UMWELTFACHLEUTE

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 296.55 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 296.55 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, MuttENZ, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'581.64 / 1'262'122.50 / 377.49 m ü.M.

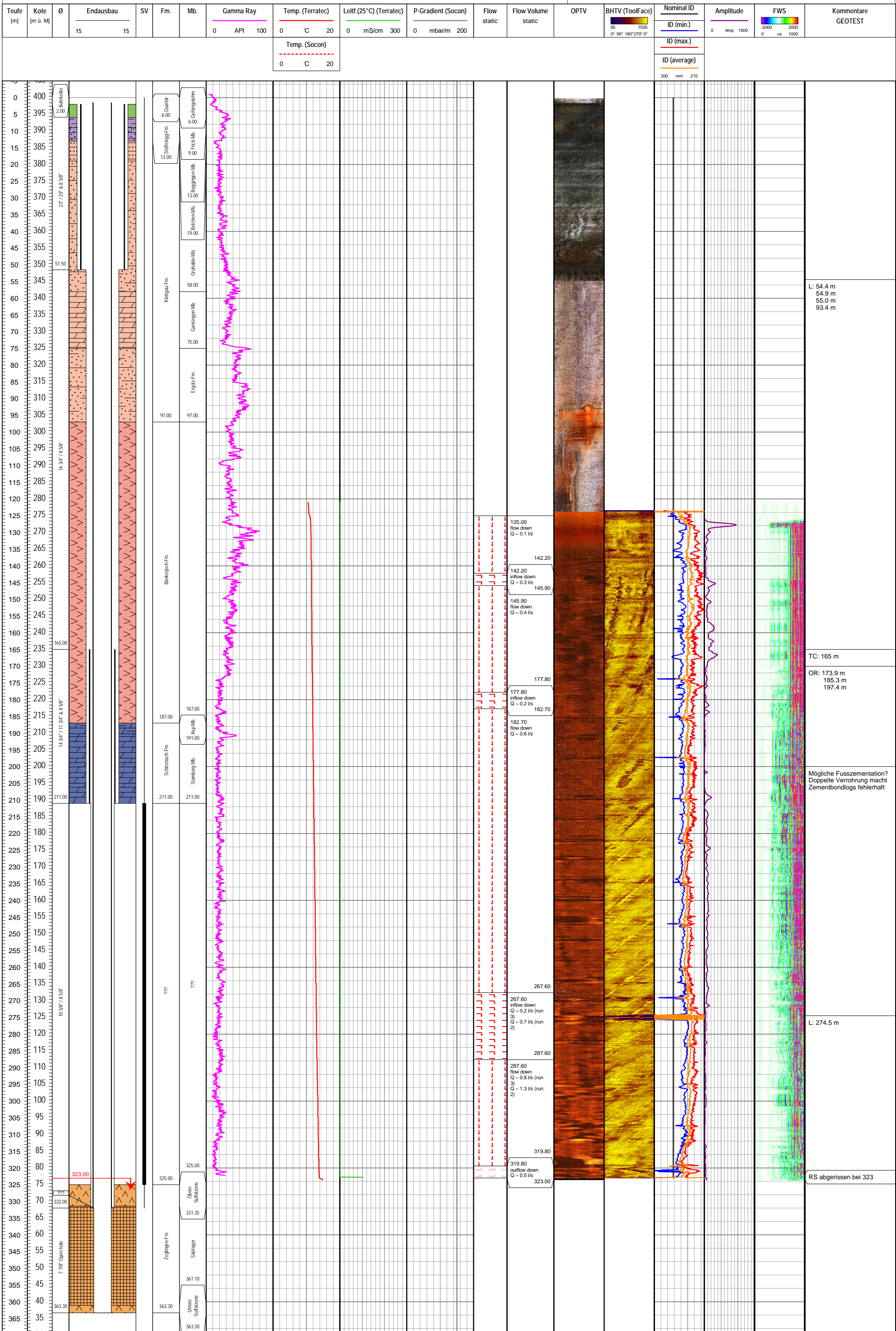




# Bohrung S087

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 332.0 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 323.0 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'671.20 / 1'261'986.28 / 399.61 m ü.M.

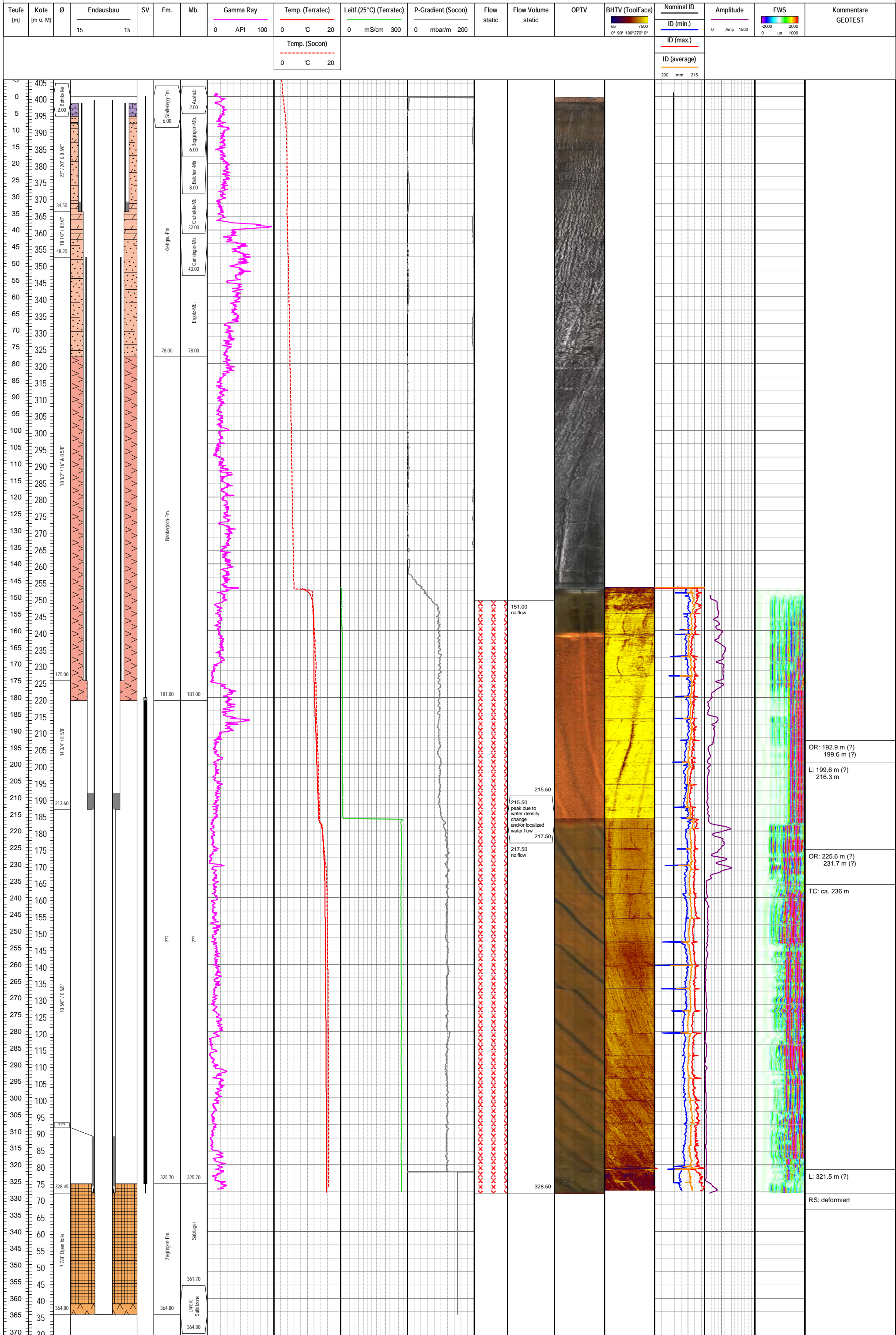




# Bohrung S088

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 328.45 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 328.45 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'737.14 / 1'262'031.25 / 400.93 m ü.M.



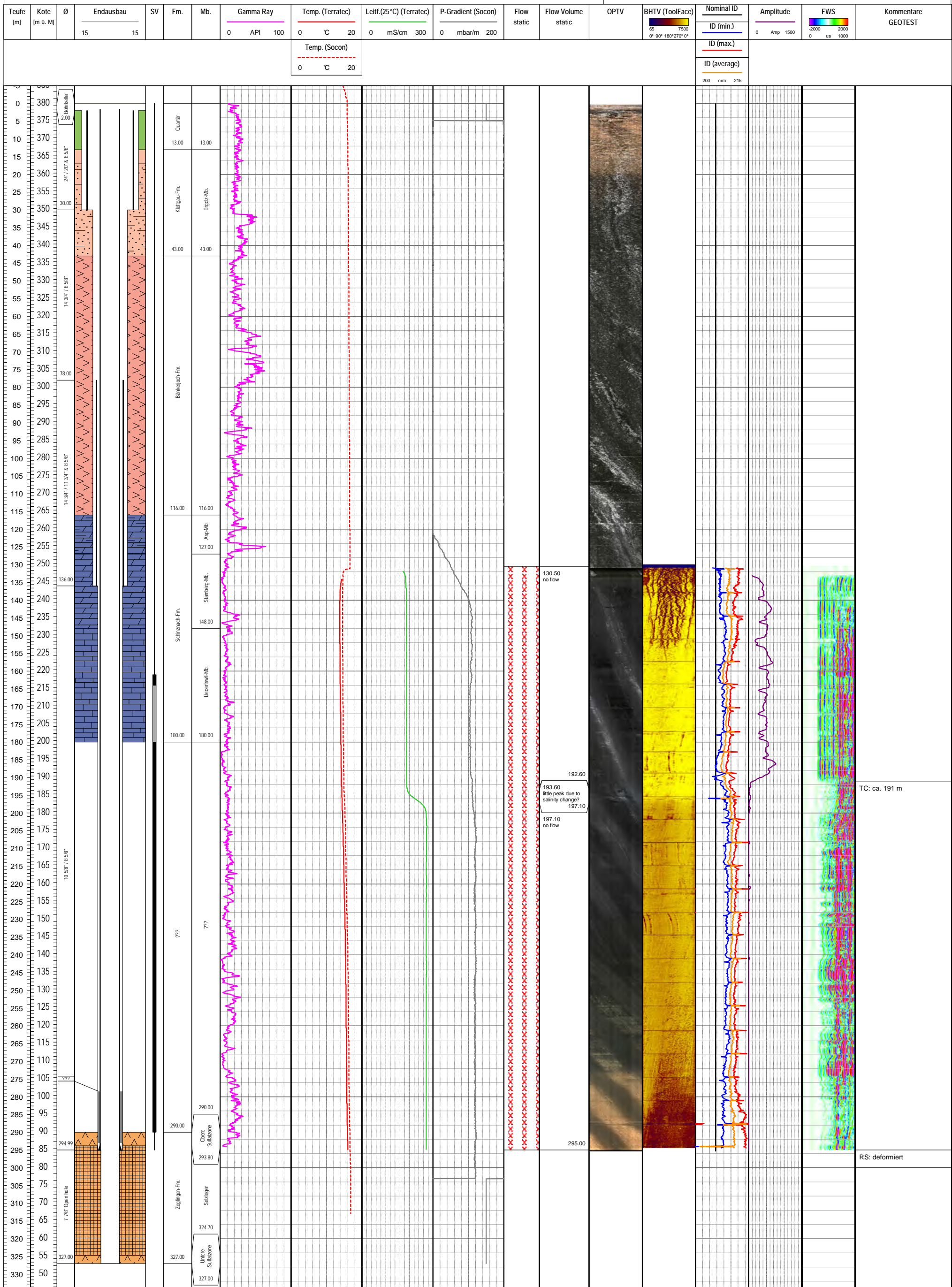


# Bohrung S089

**GEOTEST** GEOLOGEN / INGENIEURE /  
GEOPHYSIKER /  
UMWELTFACHLEUTE

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 294.99 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 294.99 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, MuttENZ, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'664.73 / 1'262'134.06 / 379.58 m ü.M.



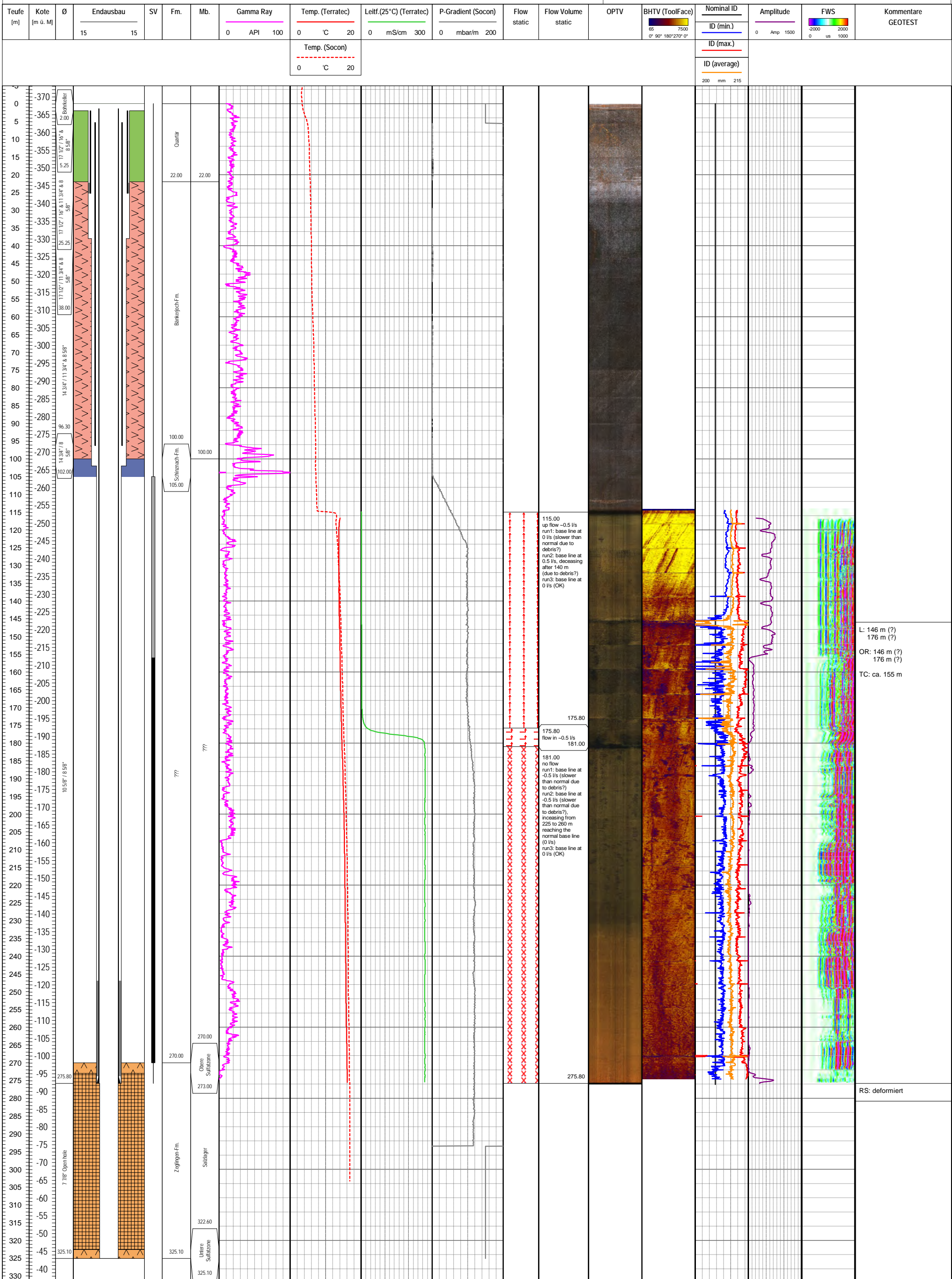
Autor: dii  
 QS: brt  
 Datum: 21.06.2022



# Bohrung S090

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 275.80 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 275.80 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggbrunn, MuttENZ, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'846,32 / 1'262'080.45 / 368.12 m ü.M.



L: 146 m (?)  
 176 m (?)  
 OR: 146 m (?)  
 176 m (?)  
 TC: ca. 155 m

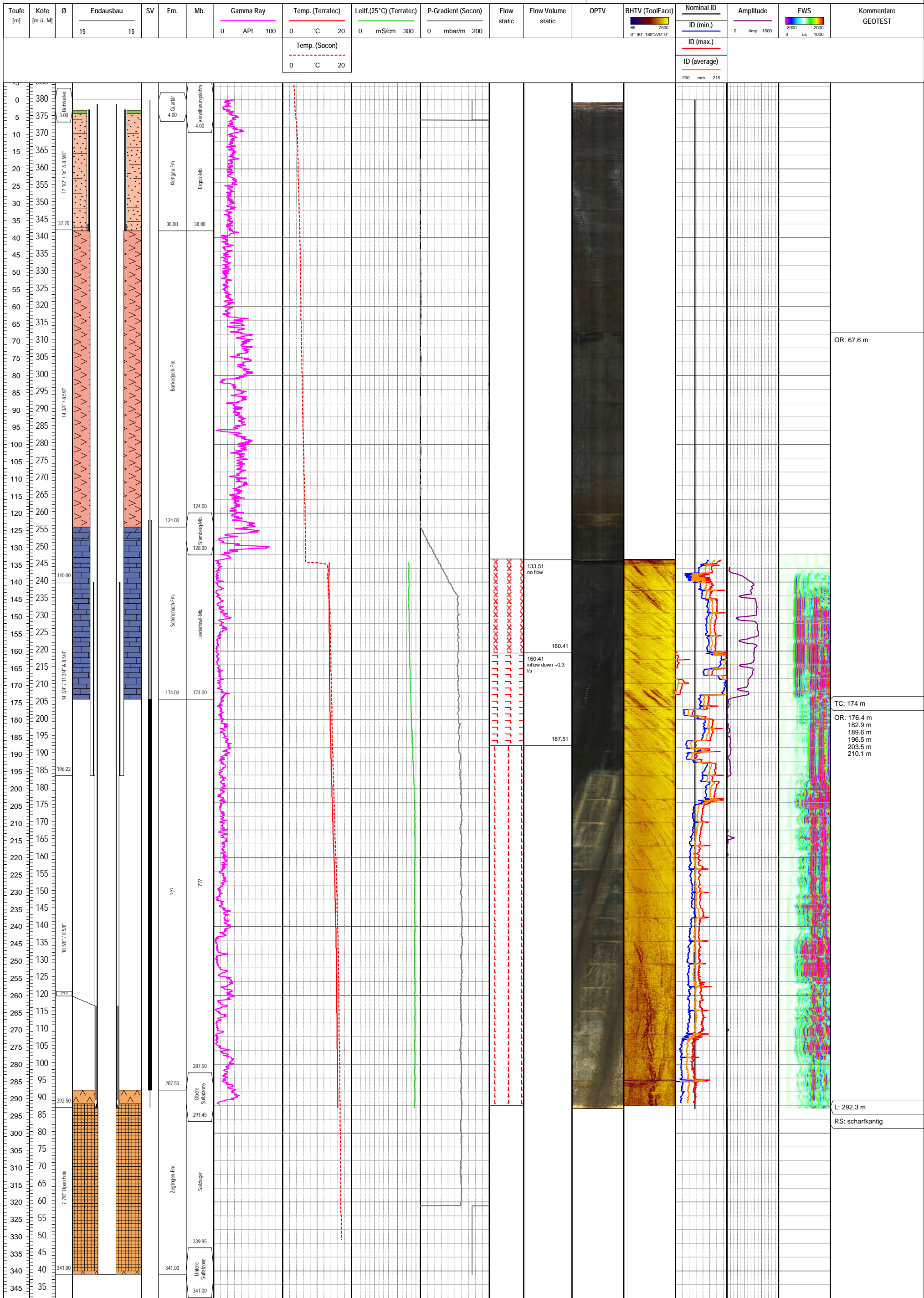
RS: deformiert



# Bohrung S091

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 292.5 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 292.5 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2°616'846.32 / 1°262'080.45 / 379.51 m ü.M.

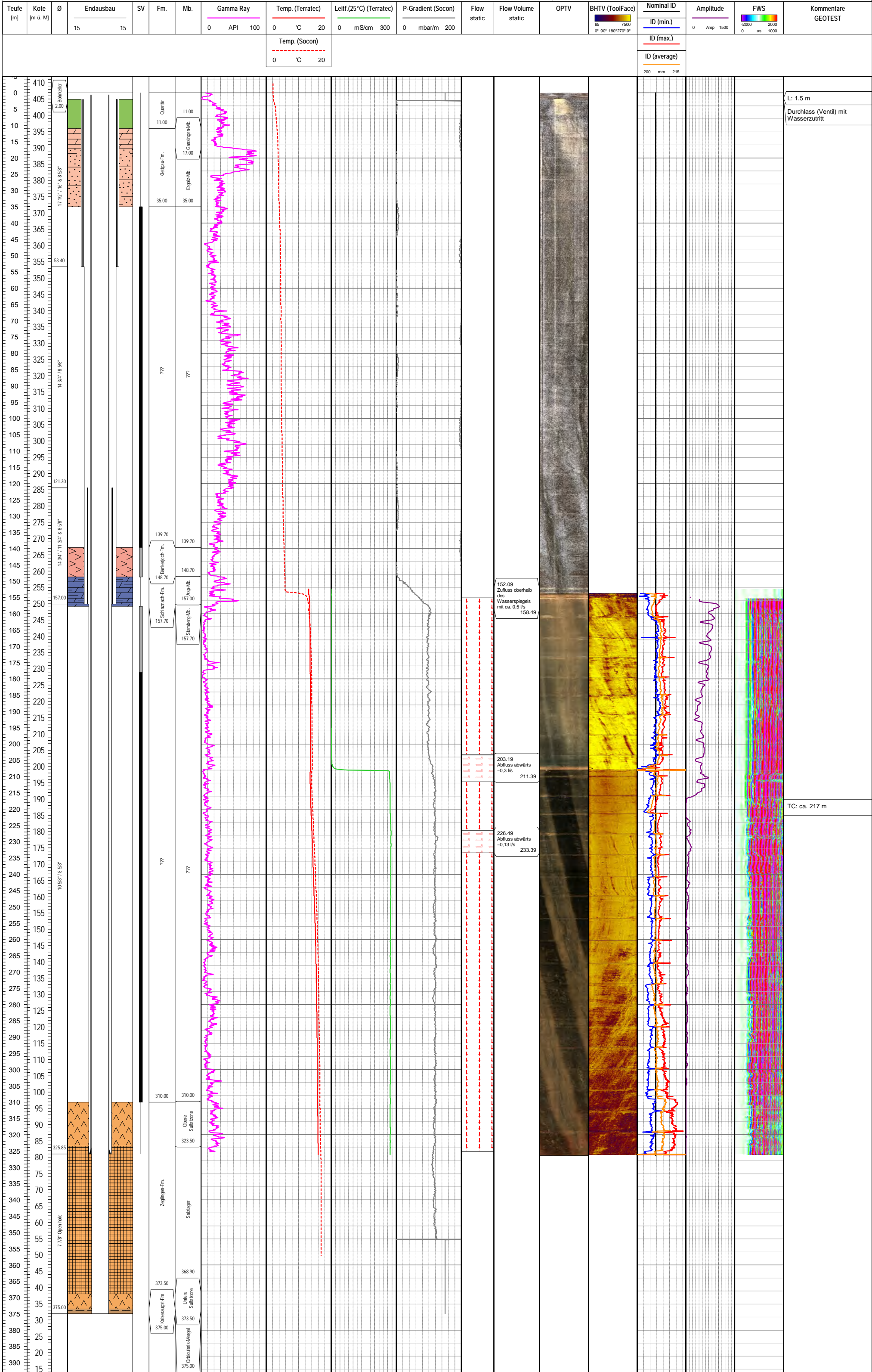




# Bohrung S092

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 325.85 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 325.85 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'953.38 / 1'262'064.75 / 406.91 m ü.M.

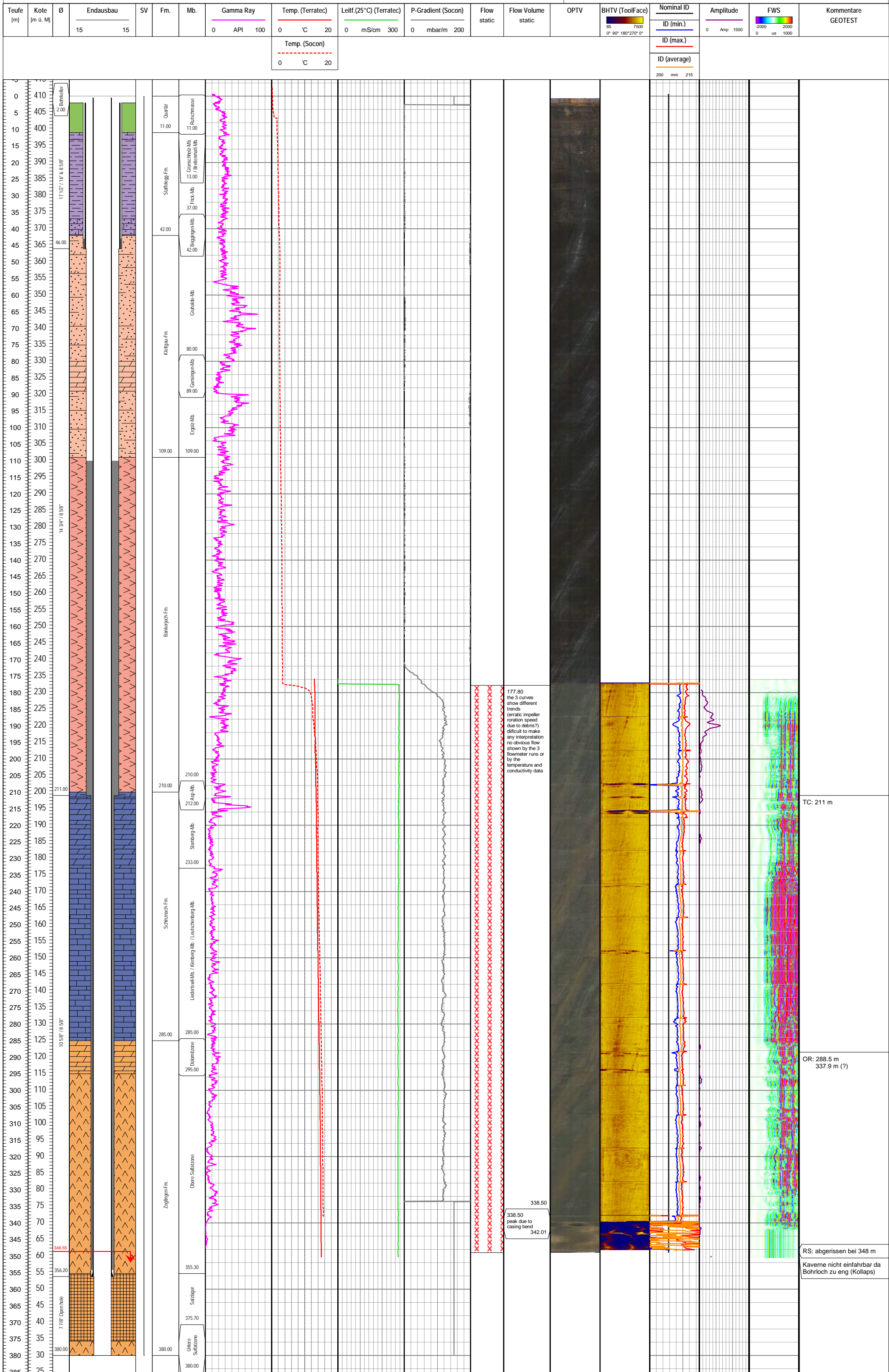




# Bohrung S109

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 356.20 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 348.55 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'786.63 / 1'261'926.45 / 409.56 m ü.M.

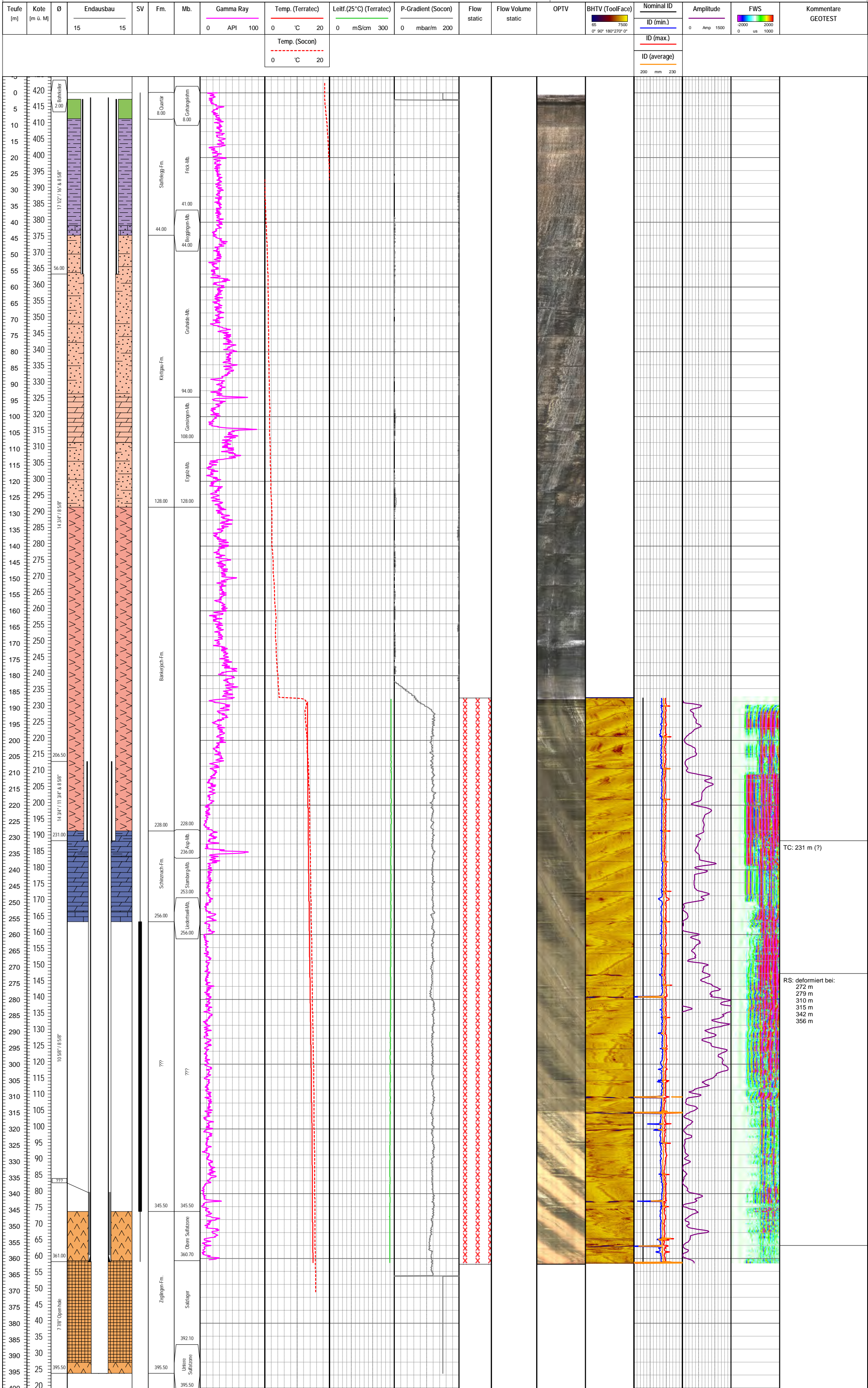




# Bohrung S111

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 361.00 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 361.00 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'616'989.02 / 1'261'808.12 / 419.18 m ü.M.

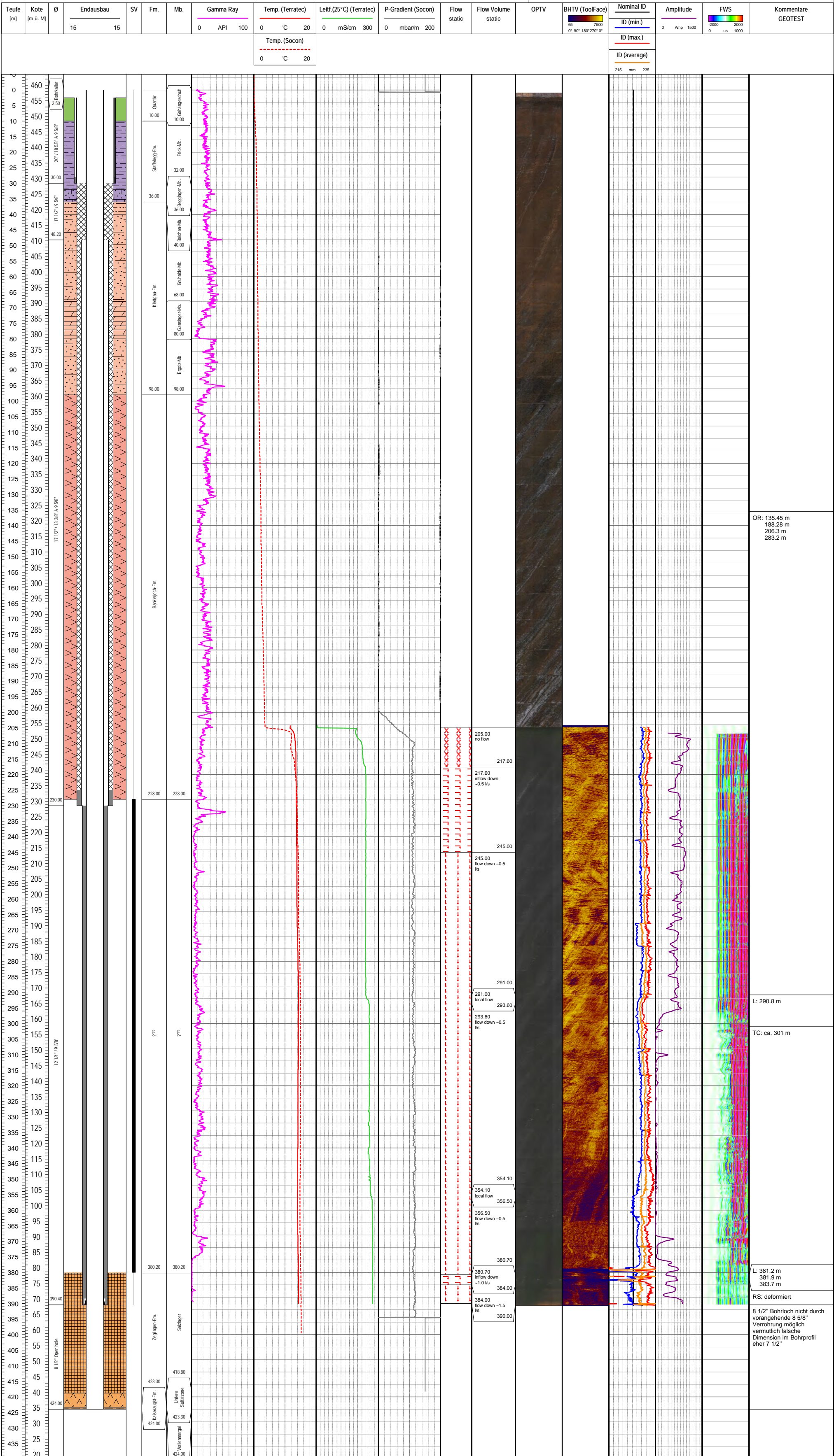




# Bohrung S125

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 390.40 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 390.40 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Masstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'617'297.24 / 1'261'958.80 / 458.55 m ü.M.

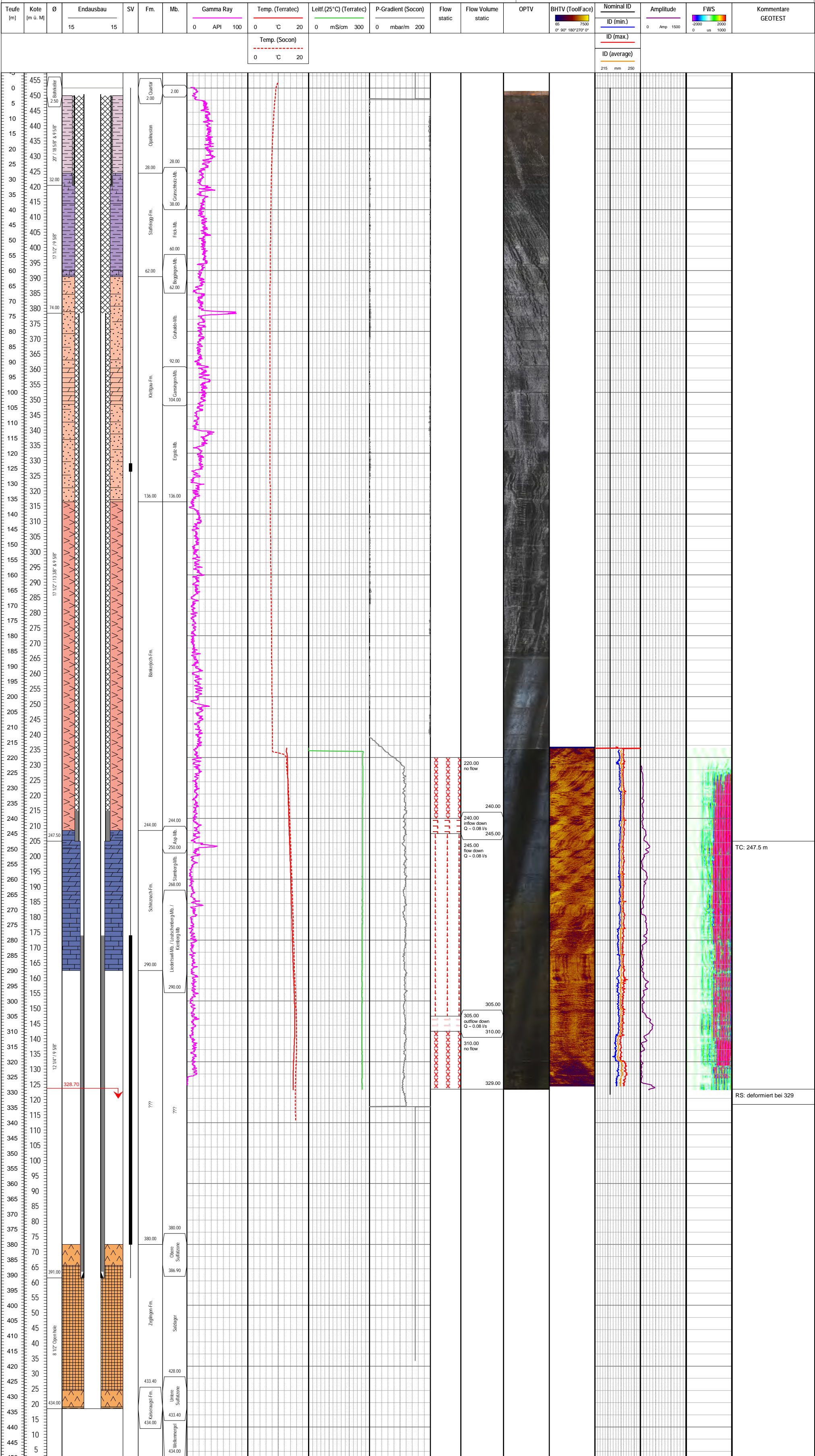




# Bohrung S126

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 391.00 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 328.70 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'617'226.37 / 1'261'861.86 / 452.40 m ü.M.

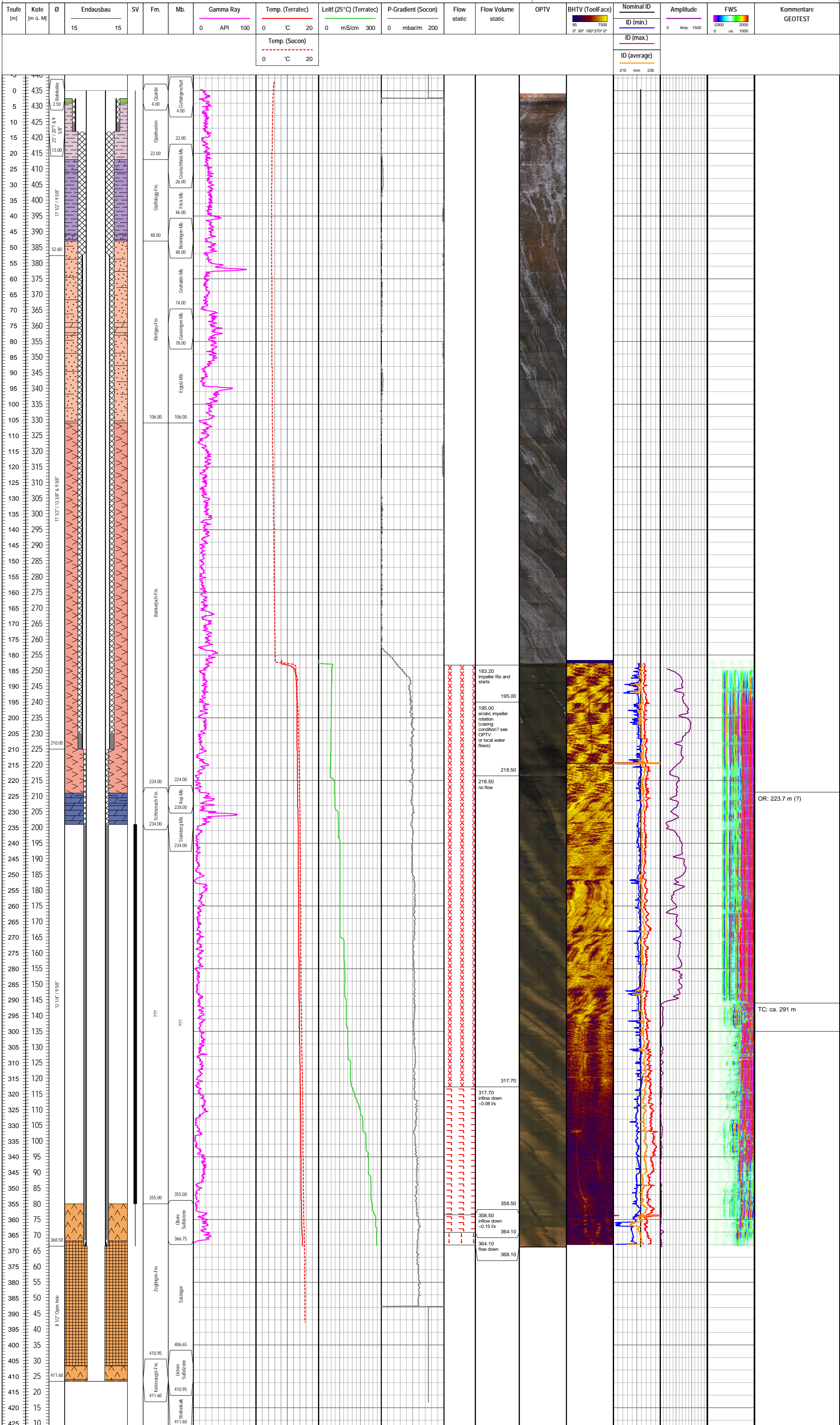




# Bohrung S127

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 368.50 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 368.50 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszingibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'617'116.68 / 1'261'895.09 / 434.85 m ü.M.

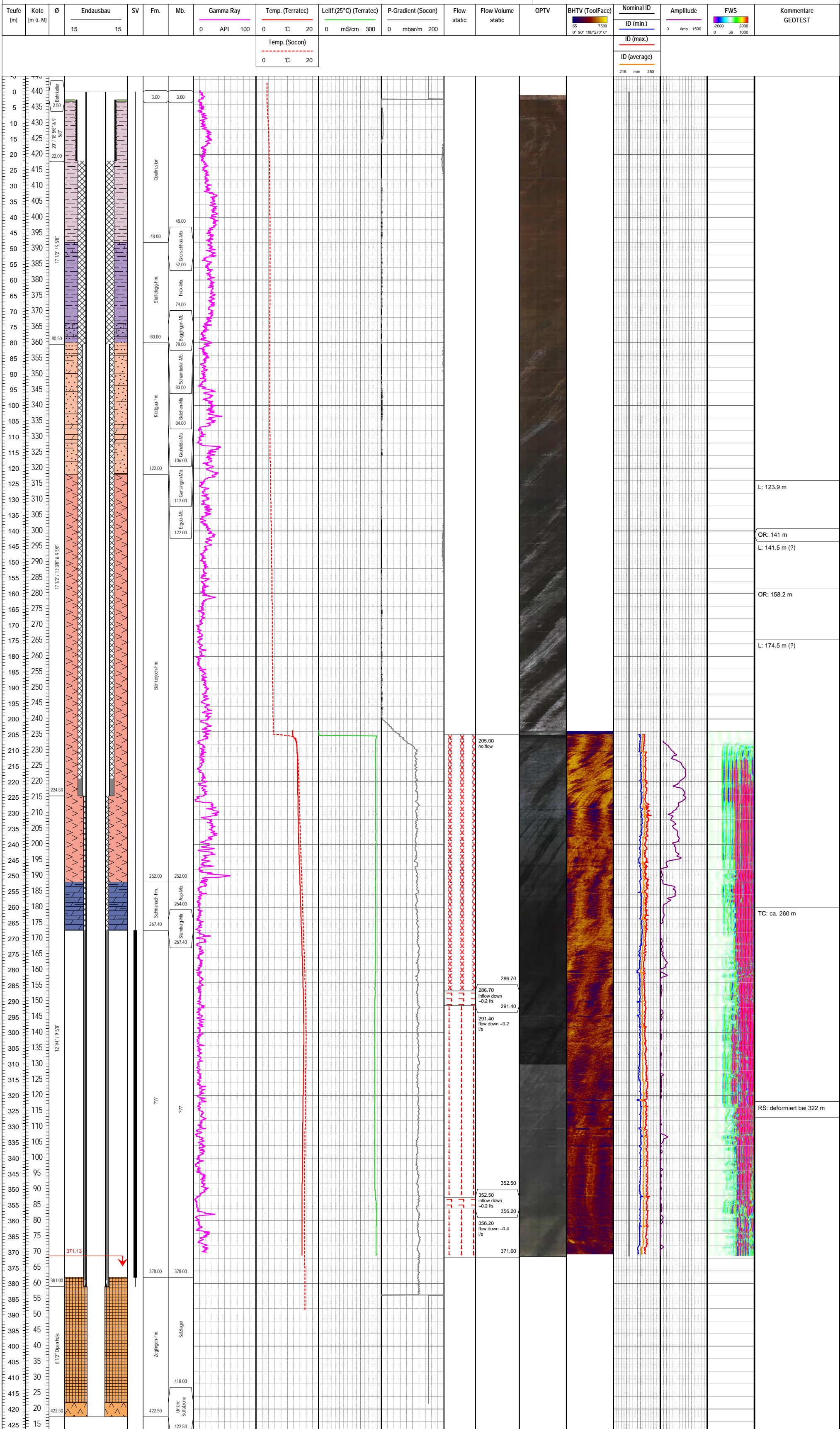




# Bohrung S128

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 381.00 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 371.13 m

Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Massstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'617'149.37 / 1'261'780.85 / 439.71 m ü.M.

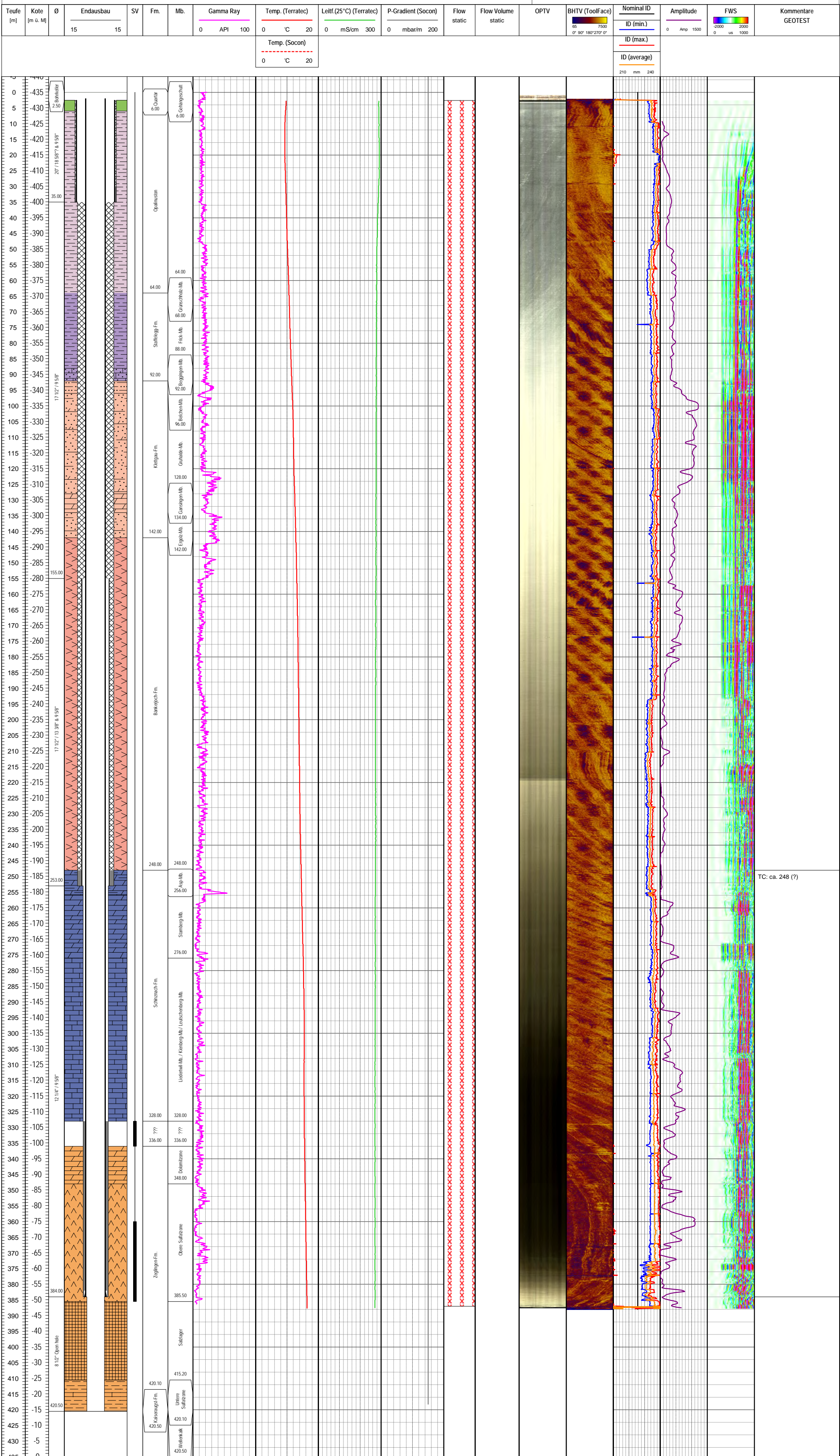




# Bohrung S129

Referenztiefe: OK-Schacht  
 Rohrschuh LZRT, ursprünglich: 384.00 m  
 Rohrschuh LZRT, aktuell: 384.00 m

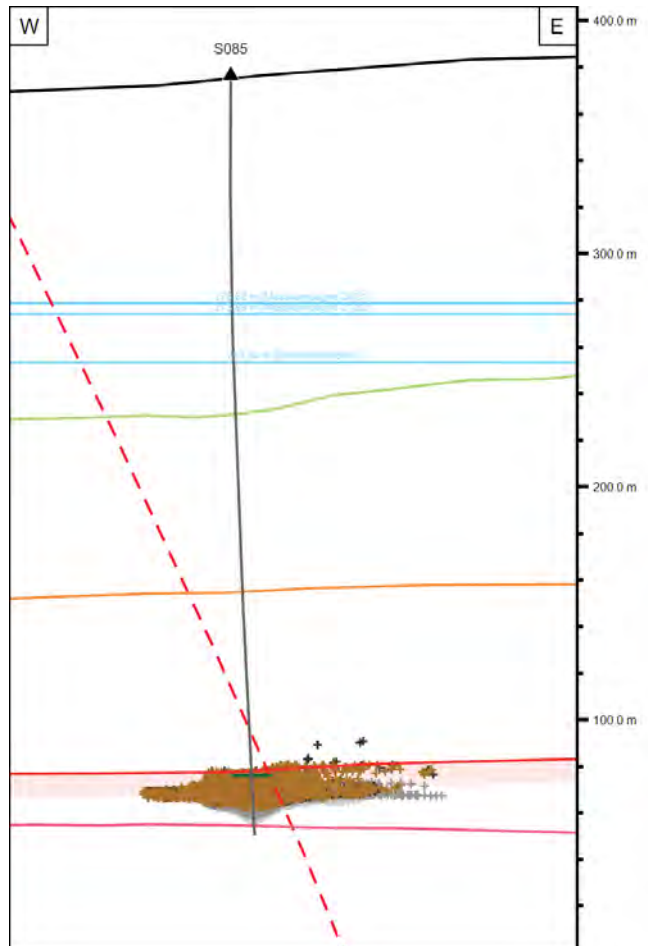
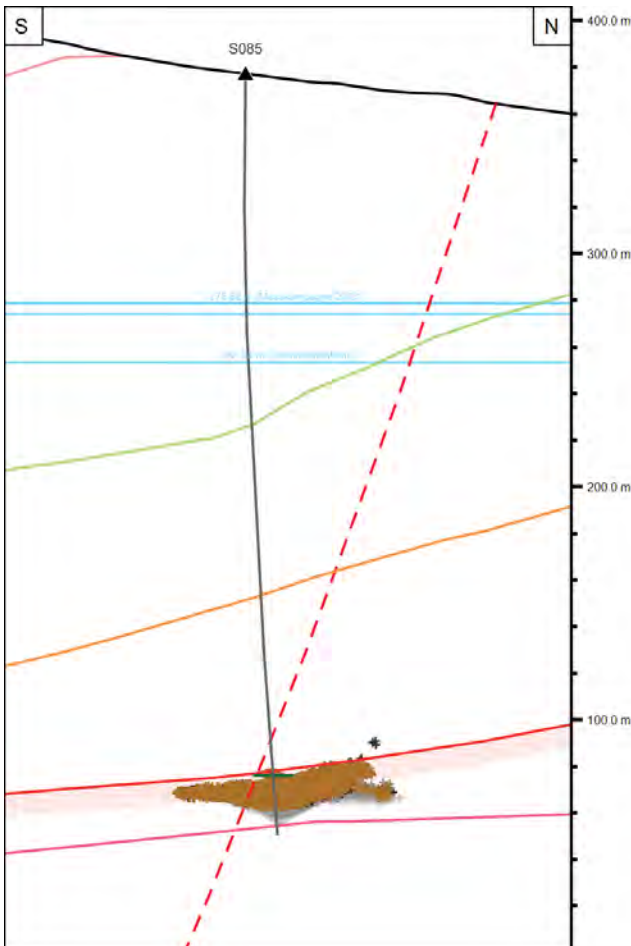
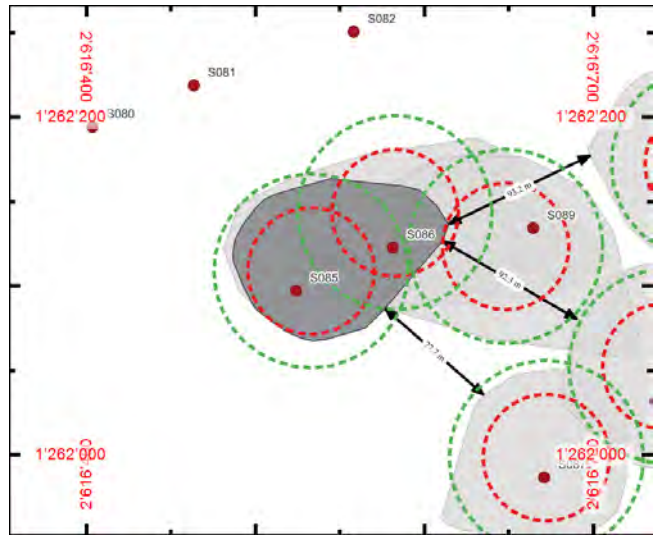
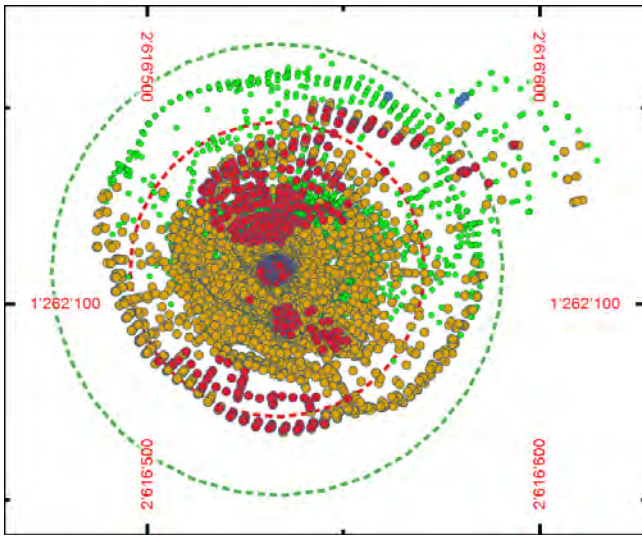
Auftrag Nr.: 27 20 047  
 Ort: Sulz / Grosszinggibrunn, Muttenz, BL  
 Messdatum: Messkampagne 2021-22  
 Masstab: 1:1000  
 Koordinaten: 2'617'073.71 / 1'261'695.94 / 434.87 m ü.M.



TC: ca. 248 (?)



Koordinaten: E 2'616'524.29 m, N 1'262'096.90 m OKT: 376.54 m ü.M. Endteufe: 326.40 m Solfeld: Sulz - Etappe II  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 16.04.1985 Bohrende: 16.04.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

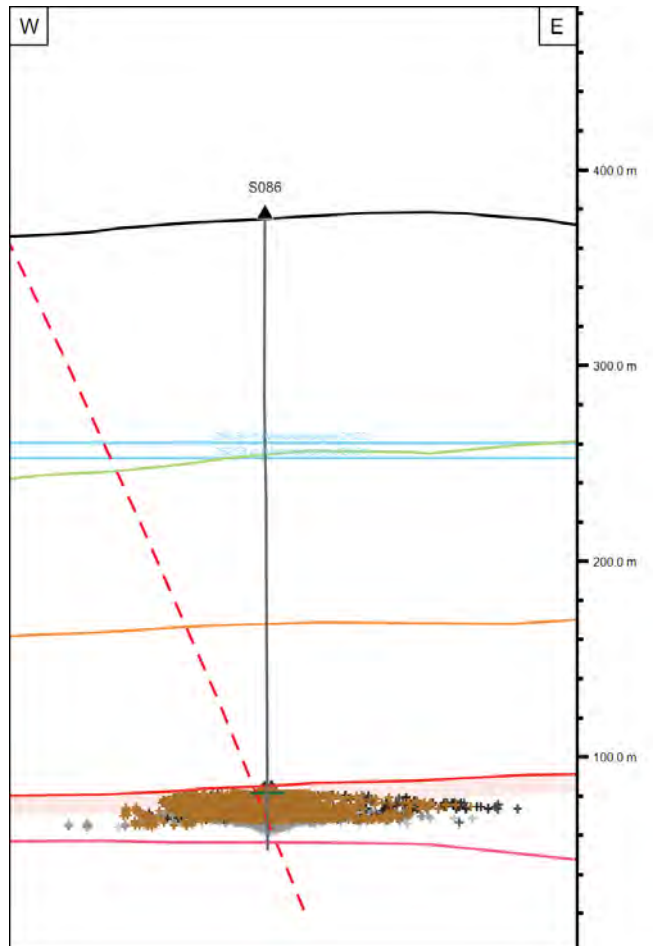
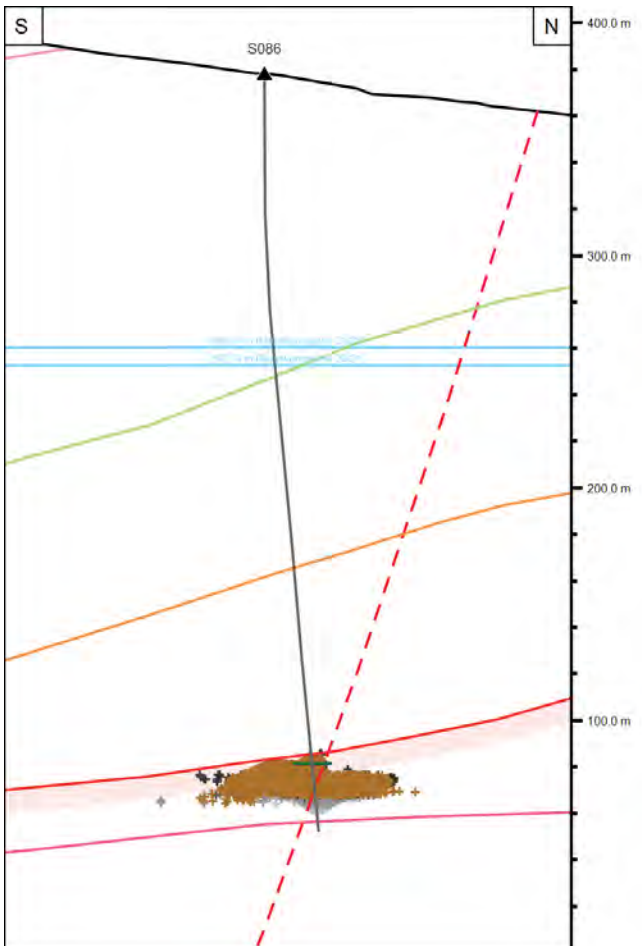
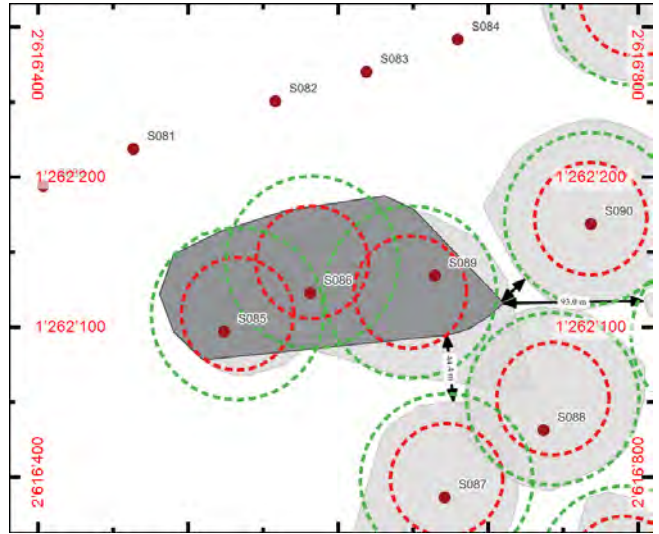
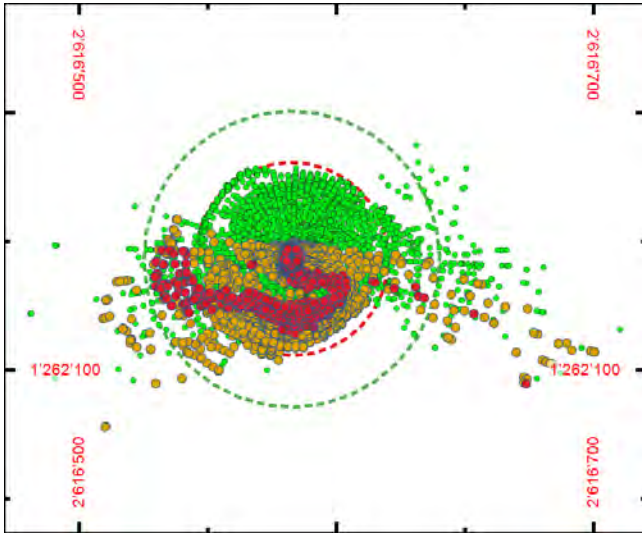
- + + + + + Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



**Koordinaten:** E 2'616'581.65 m, N 1'262'122.50 m **OKT:** 377.49 m ü.M. **Endteufe:** 322.40 m **Solfeld:** Sulz - Etappe II  
**Bohrlochtyp:** Produktionsbohrung **Bohrbeginn:** 20.06.1985 **Bohrende:** 20.06.1985 **Bohrfirma:** Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Pufferzonen Kaverne**

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

**Kavernengeometrie / -vermessung**

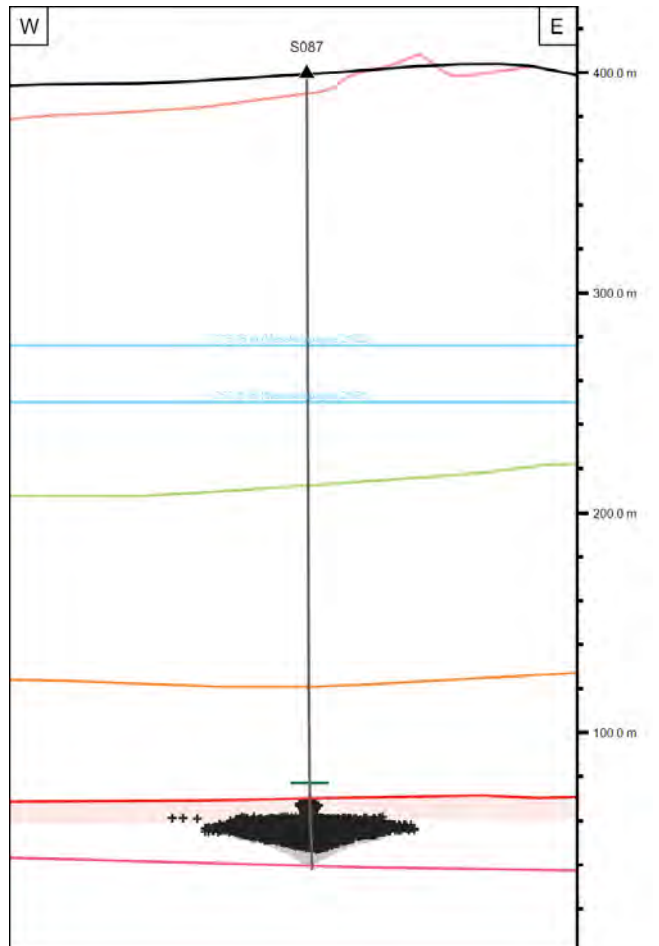
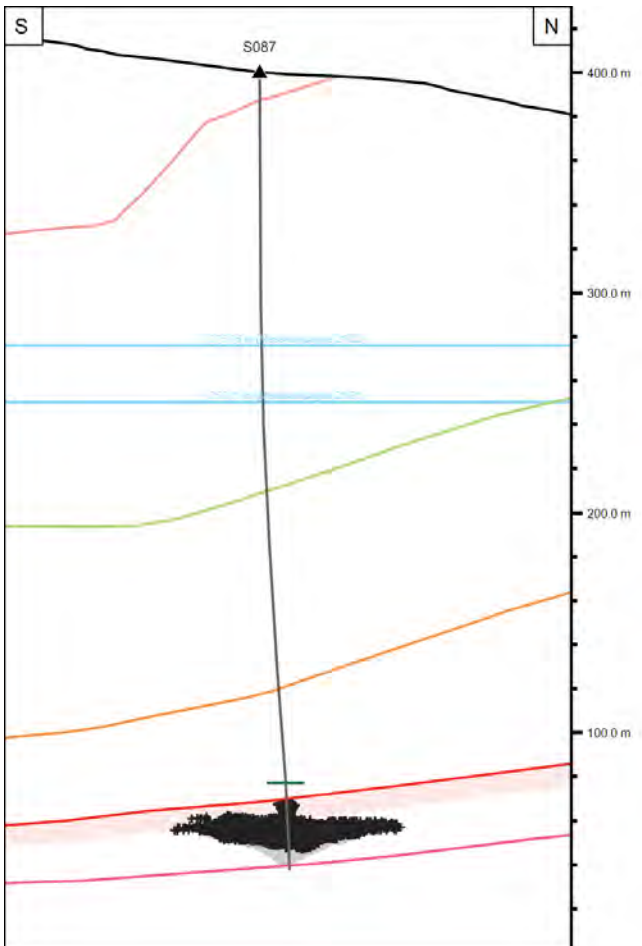
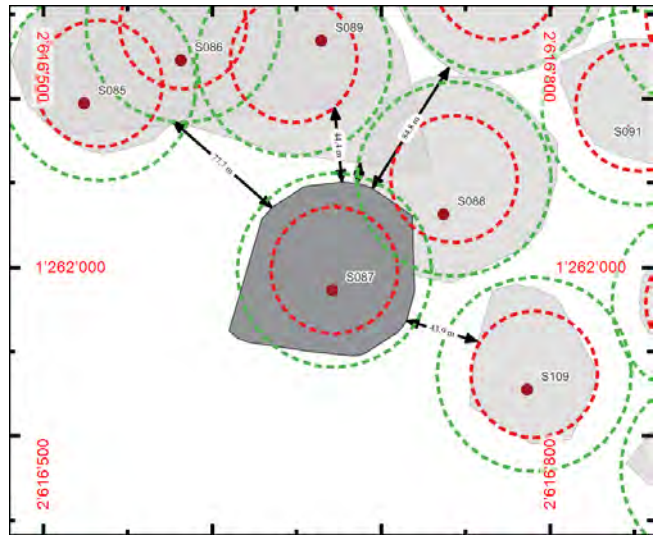
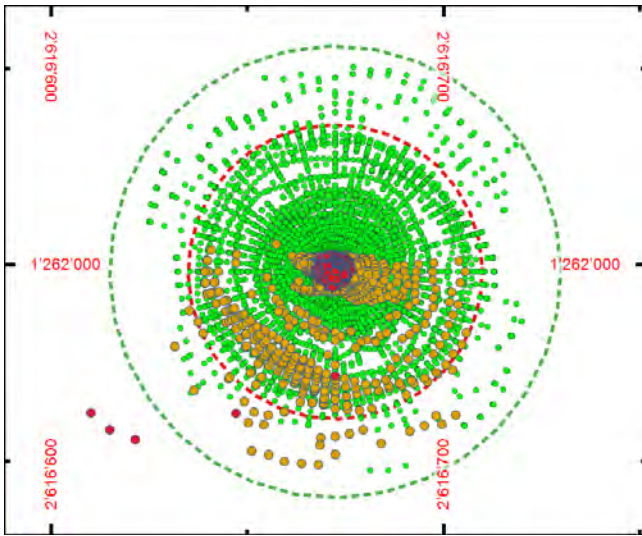
- + + + + + Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'671.20 m, N 1'261'986.28 m OKT: 399.61 m ü.M. Endteufe: 362.10 m Solfeld: Sulz - Etappe II  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 27.06.1985 Bohrende: 27.06.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

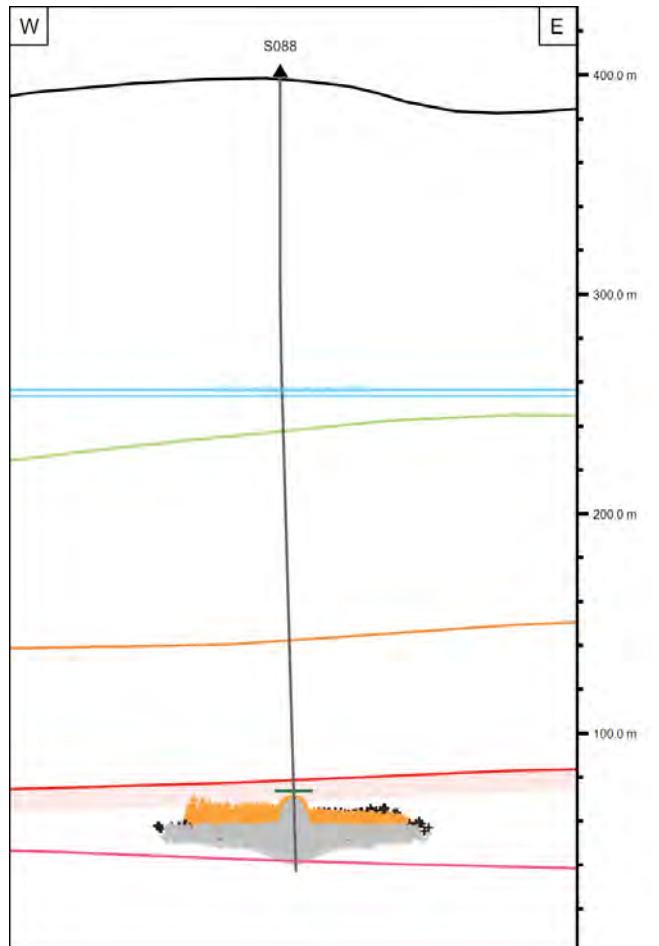
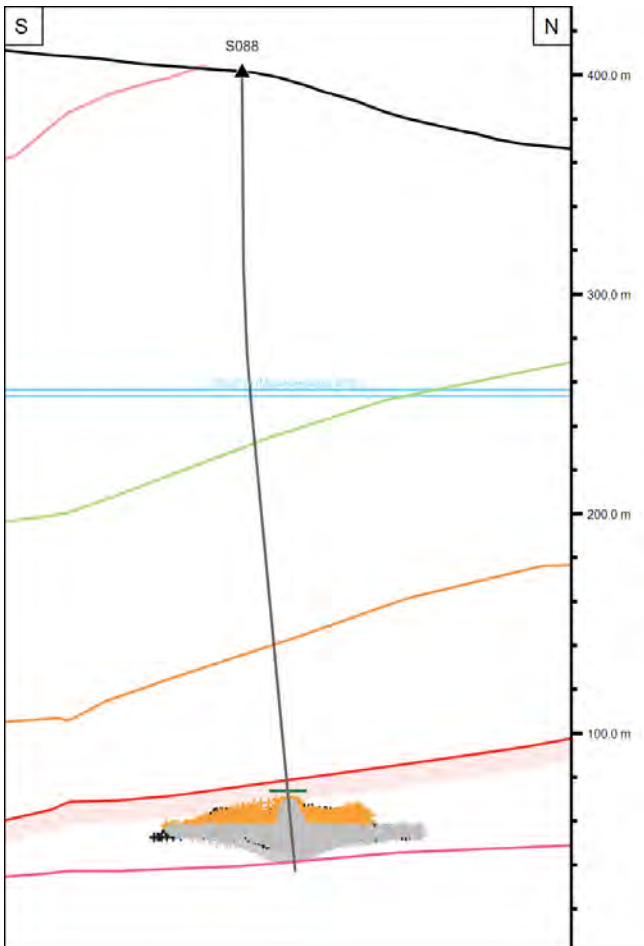
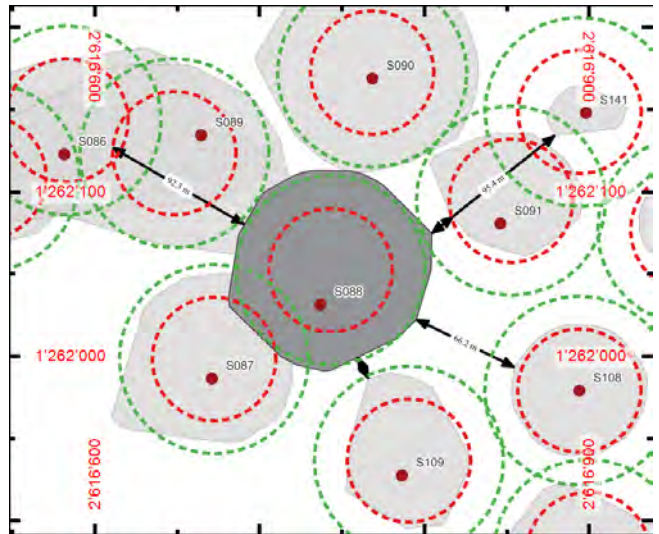
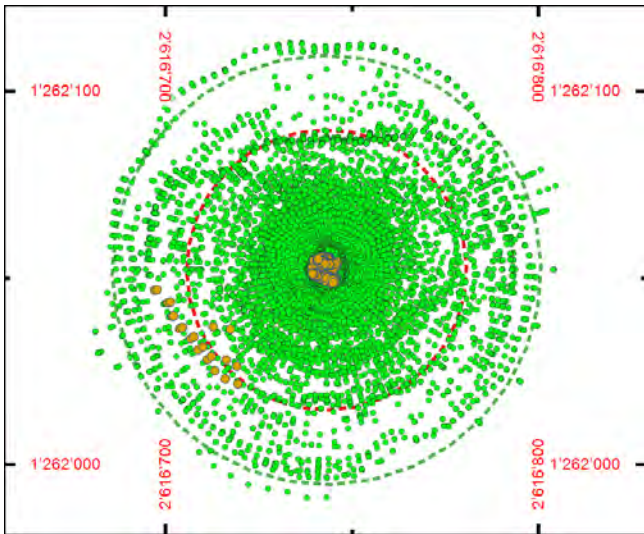
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2°16'737.14 m, N 1°262'031.25 m OKT: 400.93 m ü.M. Endteufe: 364.80 m Solfeld: Sulz - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 09.05.1985 Bohrende: 09.05.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

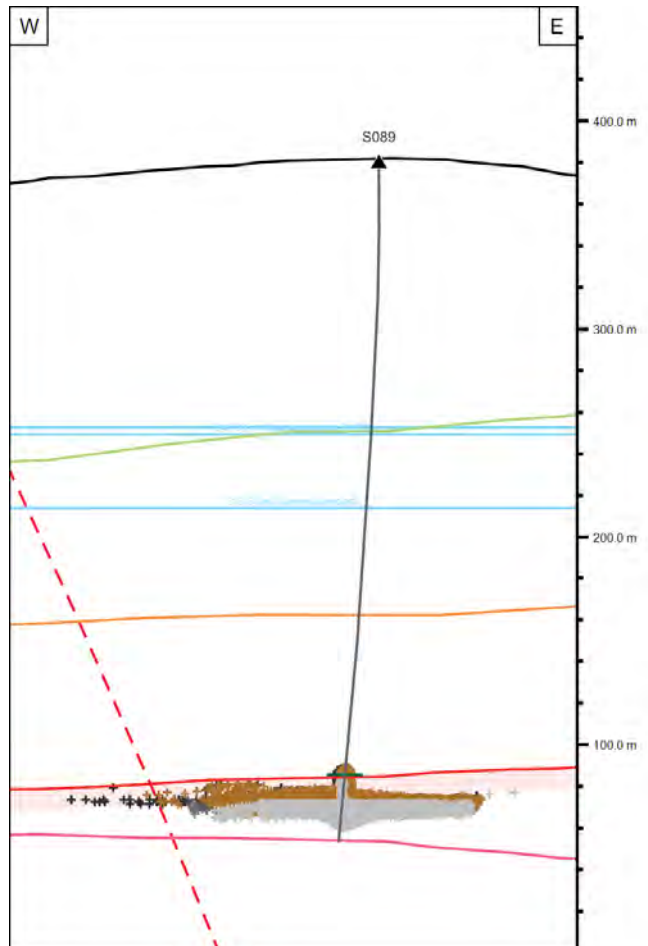
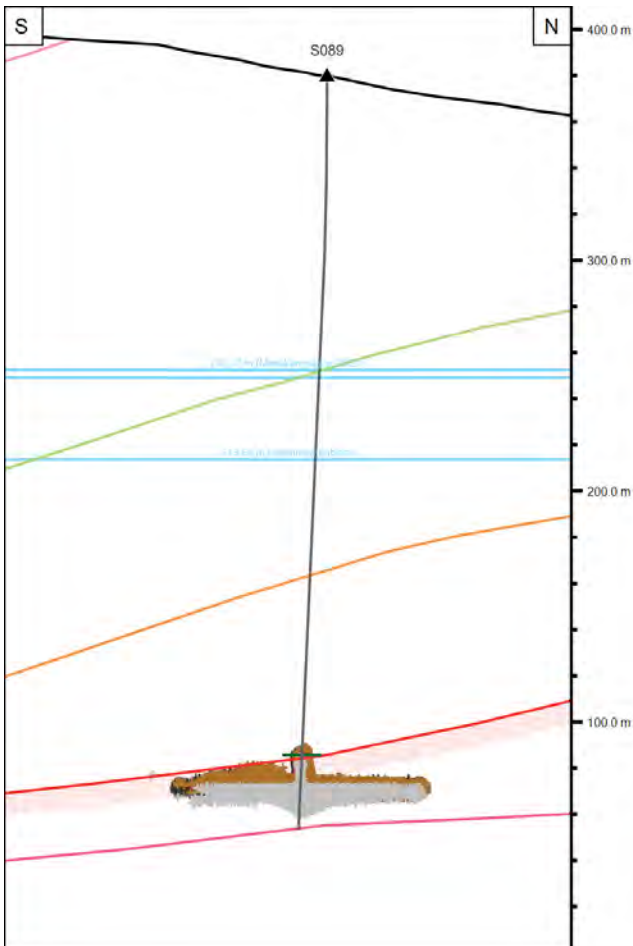
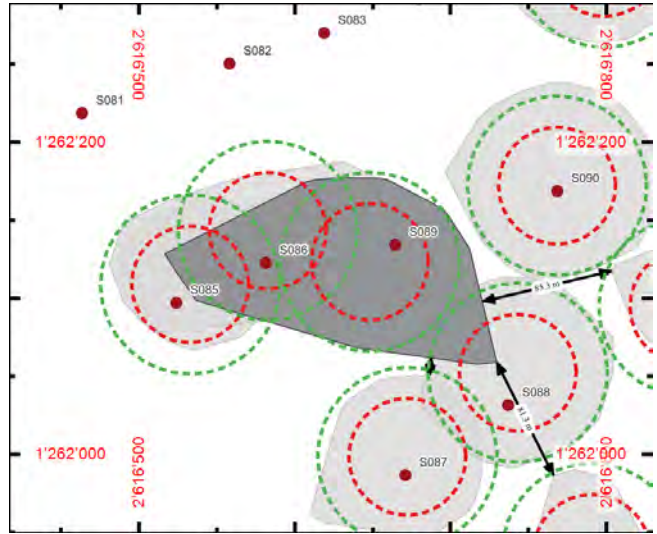
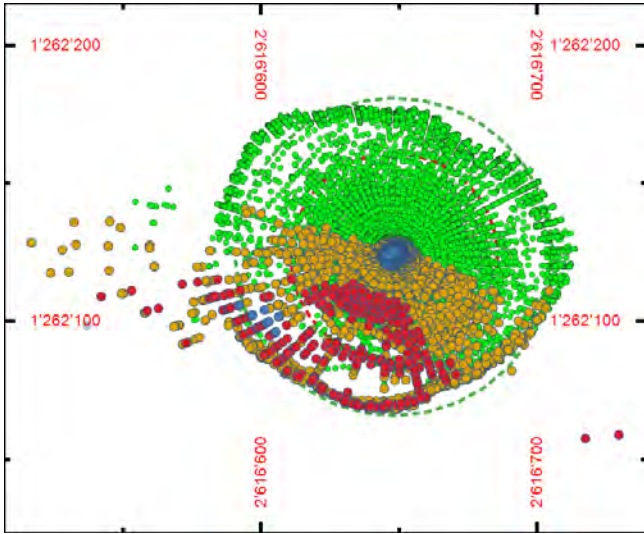
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'664.73 m, N 1'262'134.06 m OKT: 379.58 m ü.M. Endteufe: 327.00 m Solfeld: Sulz - Etappe II  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 23.05.1985 Bohrende: 23.05.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

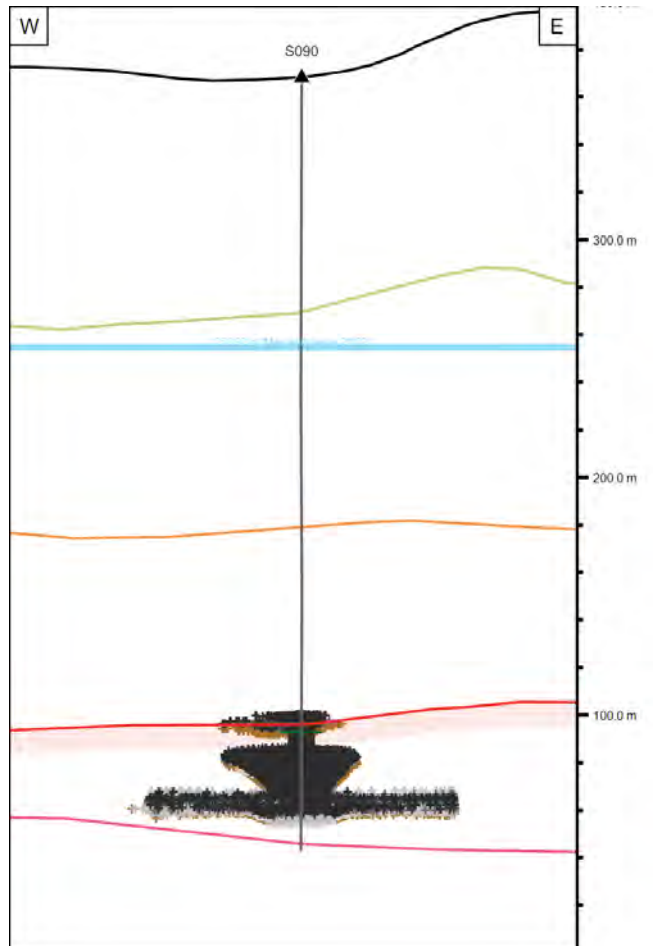
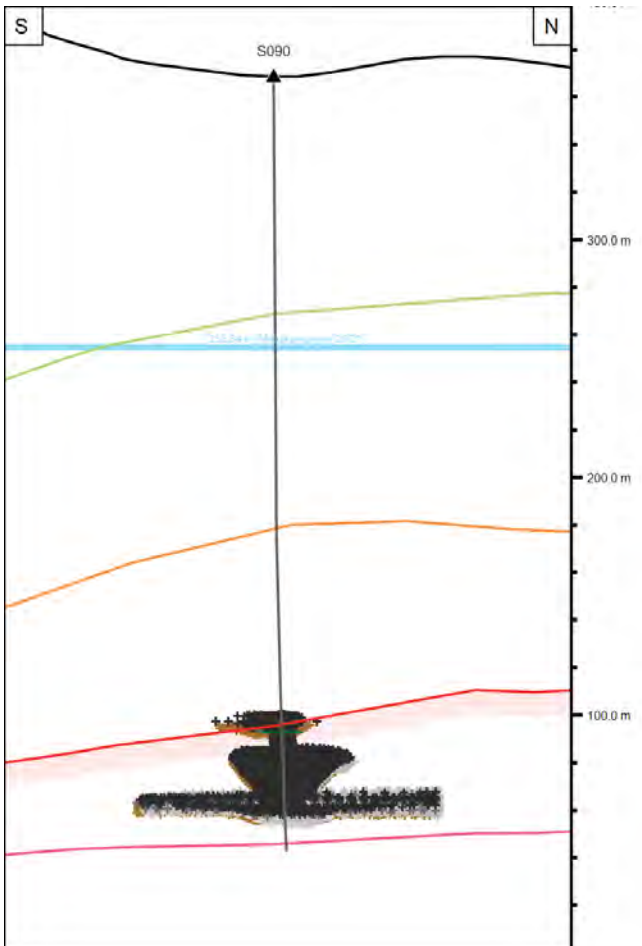
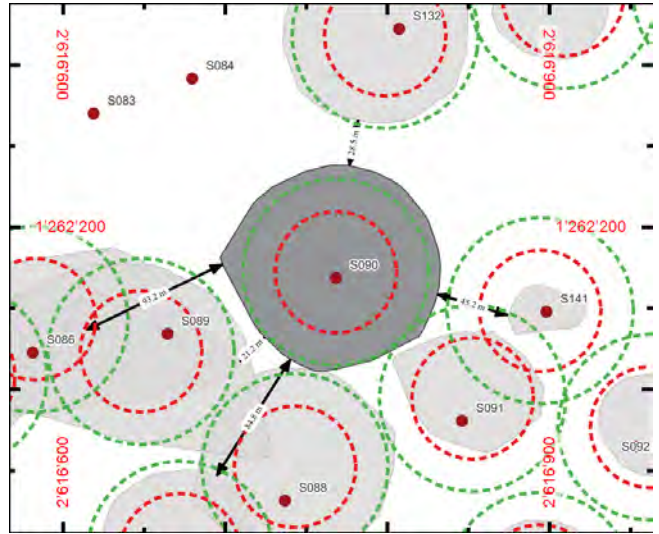
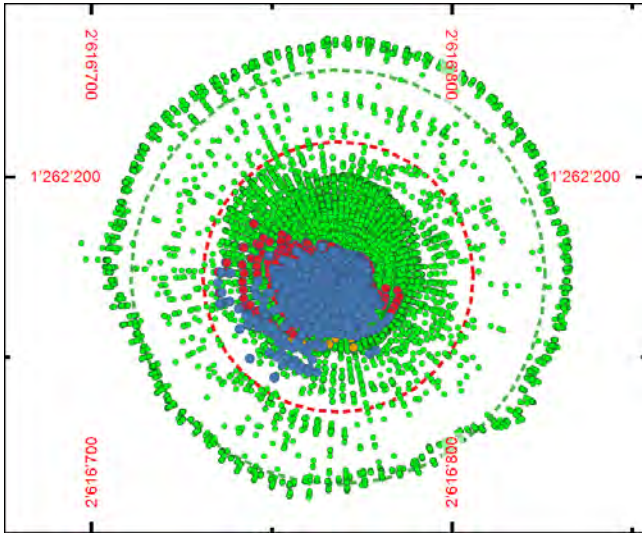
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'768.62 m, N 1'262'168.61 m OKT: 368.12 m ü.M. Endteufe: 325.10 m Solfeld: Sulz - Etappe II  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 23.09.1985 Bohrende: 23.09.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

- Salzschwebe**
- < 0 m
  - 0 - 5 m
  - 5 - 10 m
  - > 10 m

- Pufferzonen Kaverne**
- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
  - minimaler Abstand (Ø 115m)

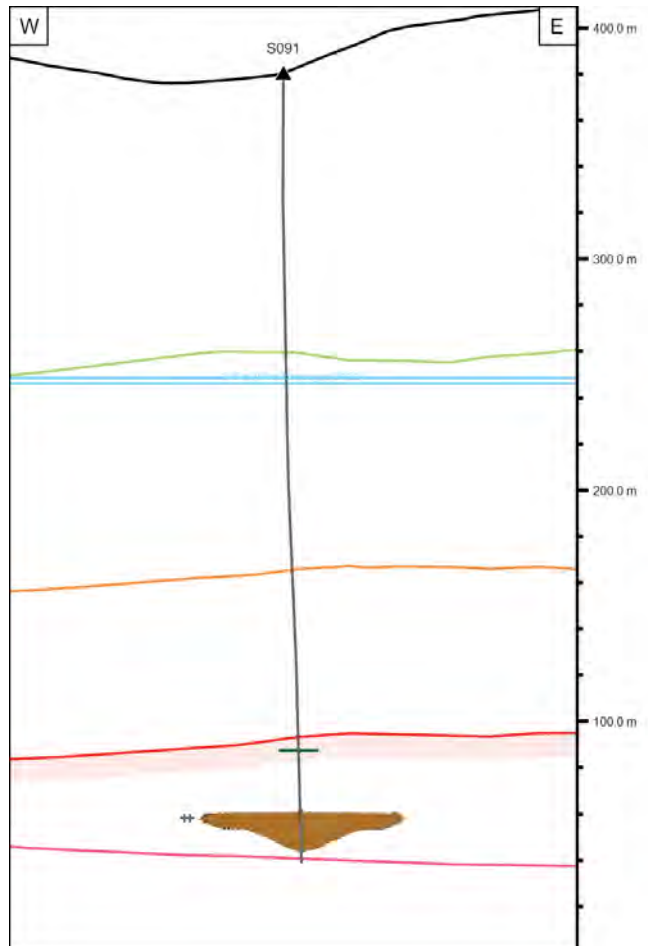
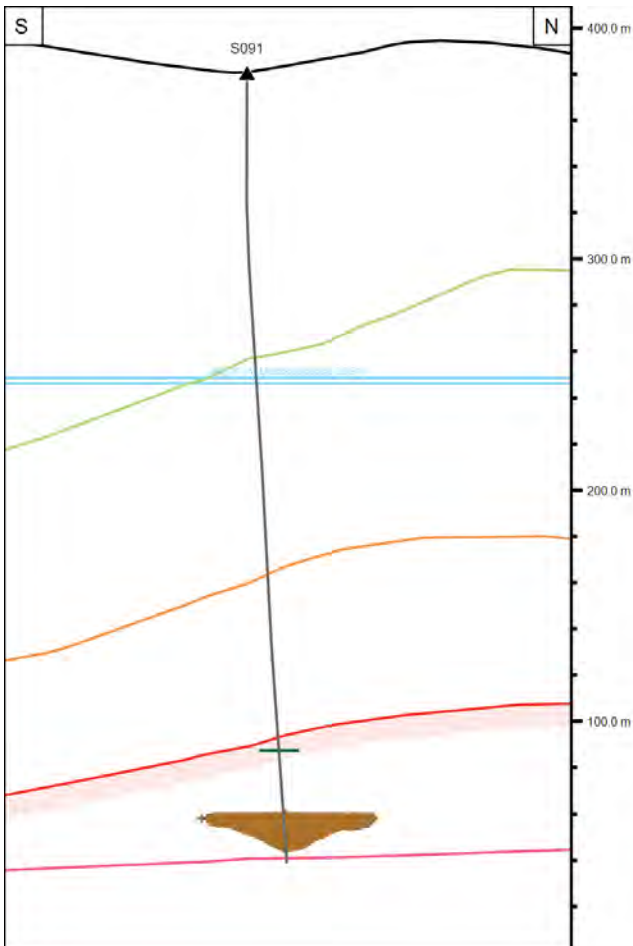
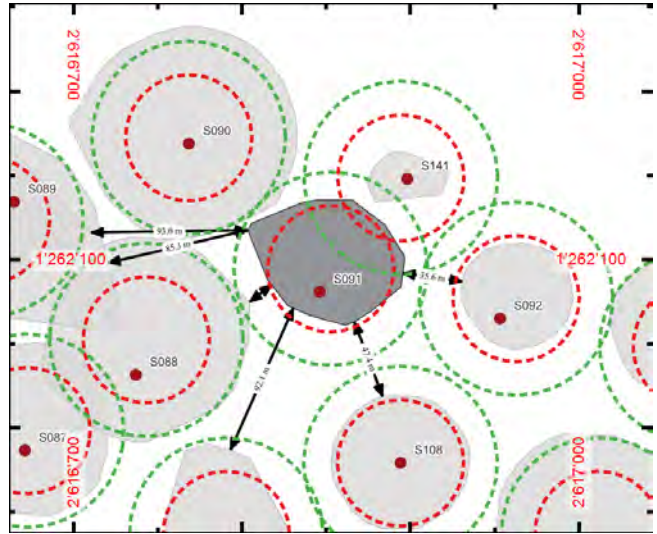
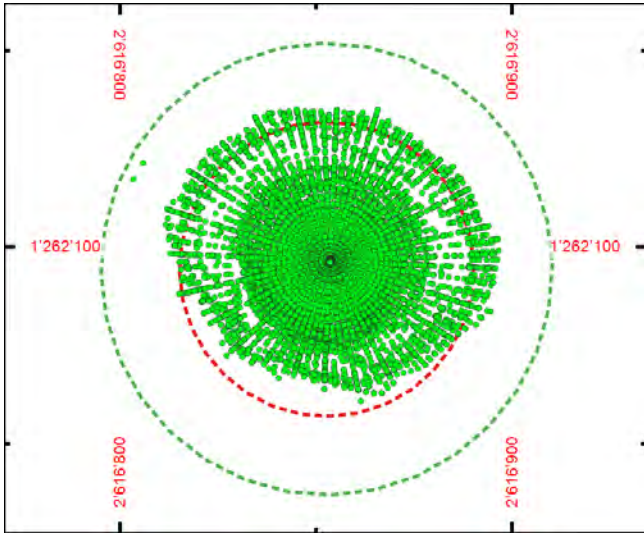
- Kavernengeometrie / -vermessung**
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'846.32 m, N 1'262'080.45 m OKT: 379.51 m ü.M. Endteufe: 341.00 m Solfeld: Sulz - Etappe II  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 15.07.1985 Bohrende: 15.07.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

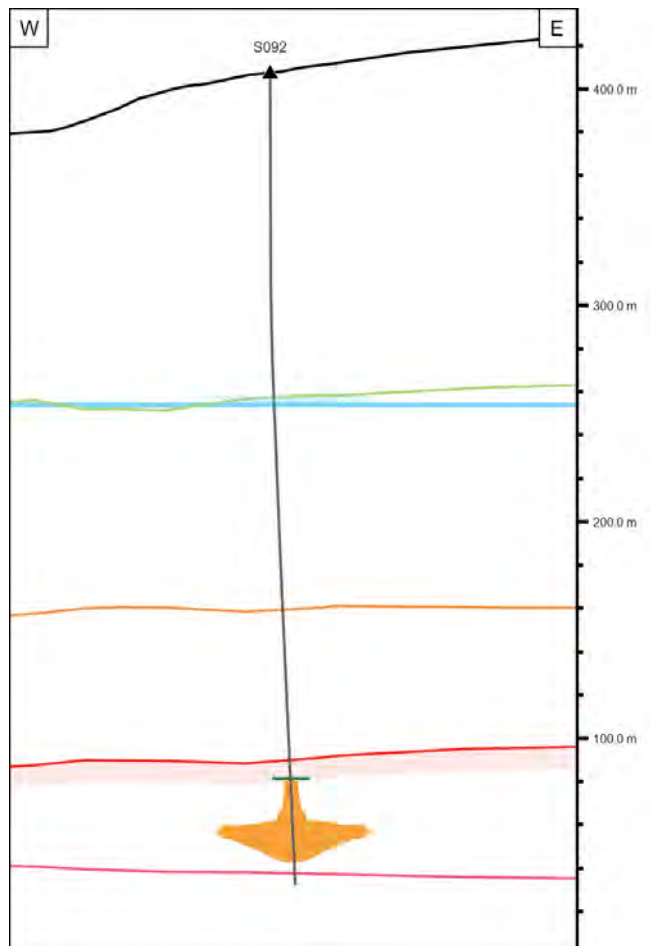
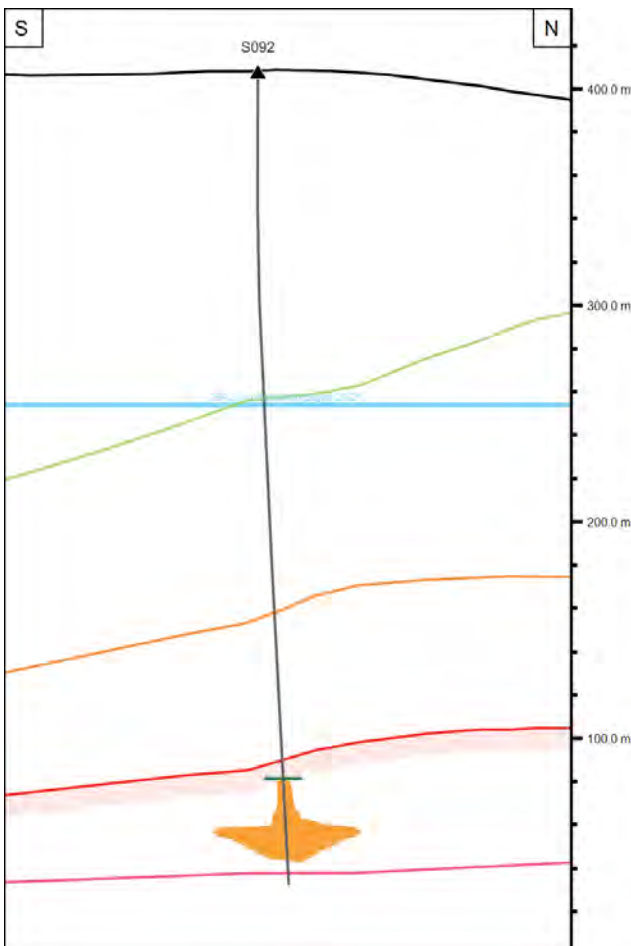
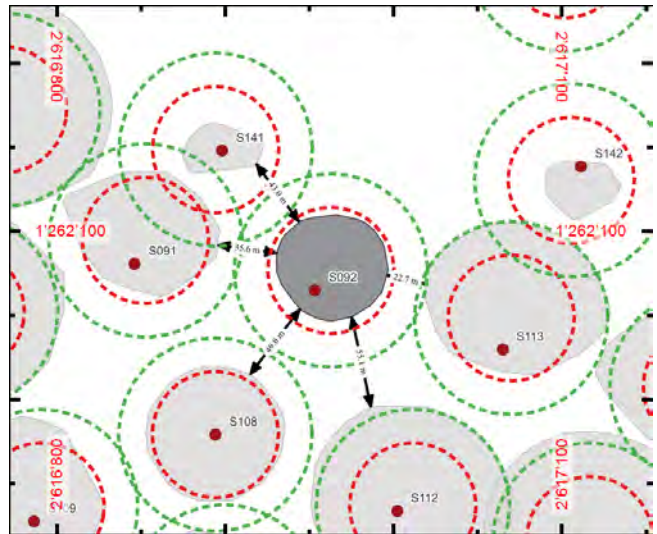
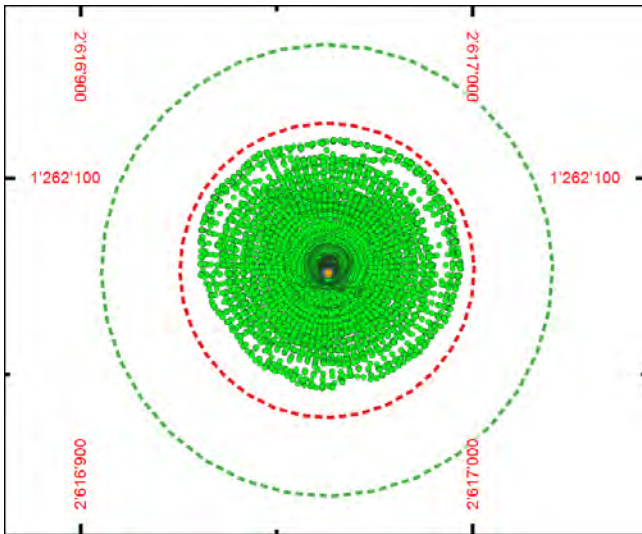
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'953.38 m, N 1'262'064.75 m OKT: 406.91 m ü.M. Endteufe: 375.00 m Solfeld: Sulz - Etappe II  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 01.04.1985 Bohrende: 01.04.1985 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

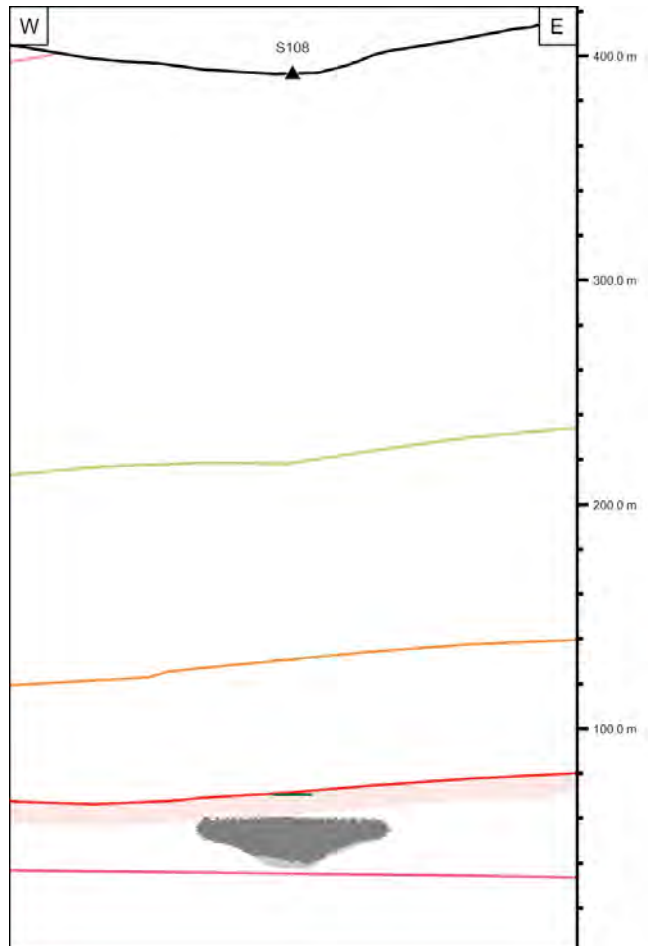
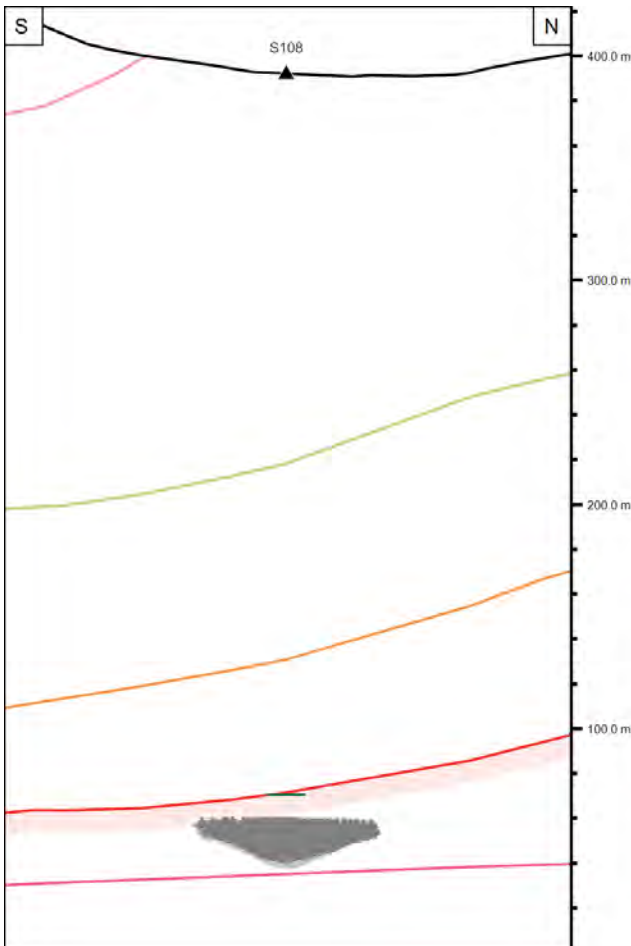
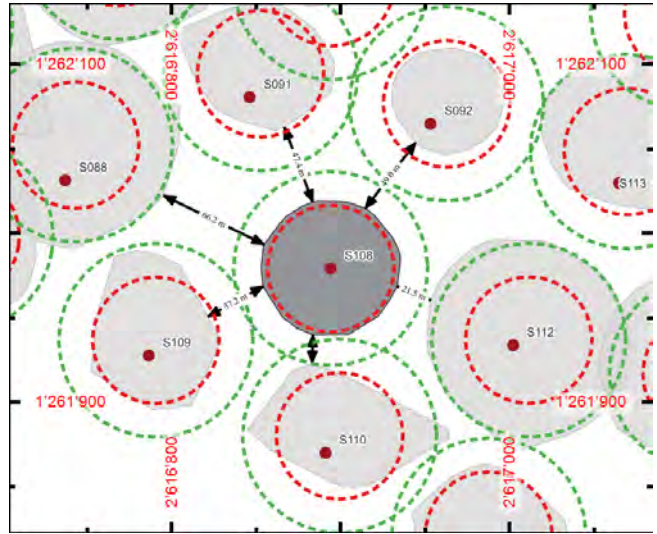
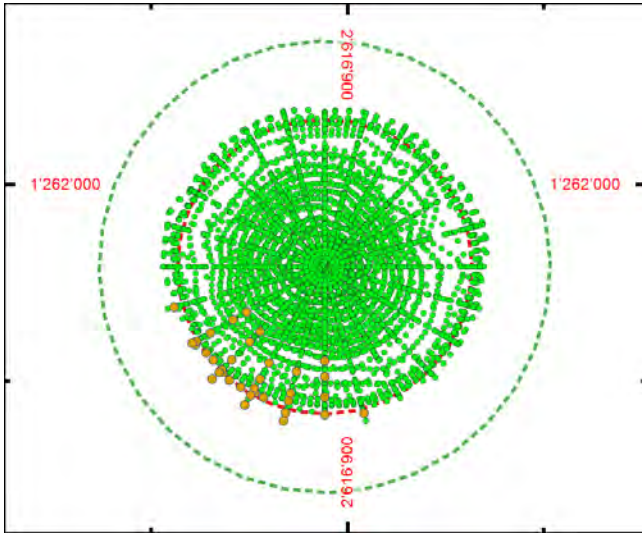
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'894.26 m, N 1'261'978.89 m OKT: 391.84 m ü.M. Endteufe: 362.30 m Solfeld: Sulz - Etappe III

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 10.10.1988 Bohrende: 10.10.1988 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

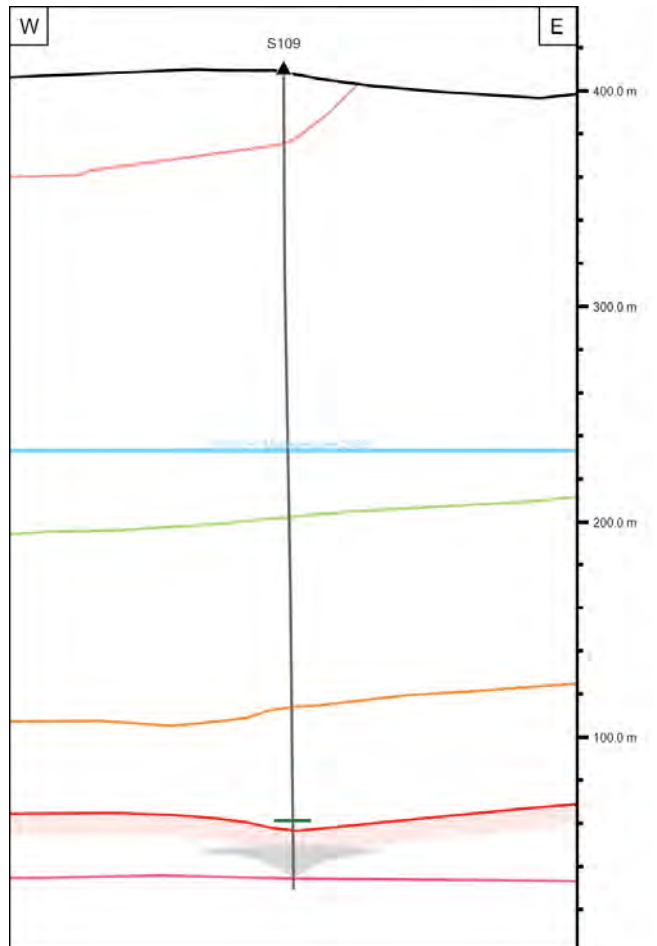
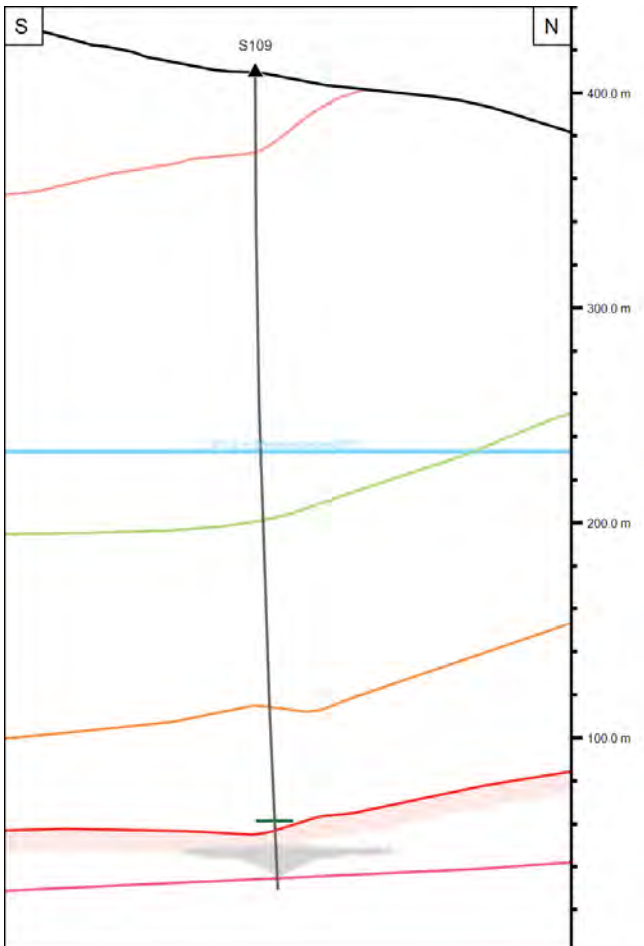
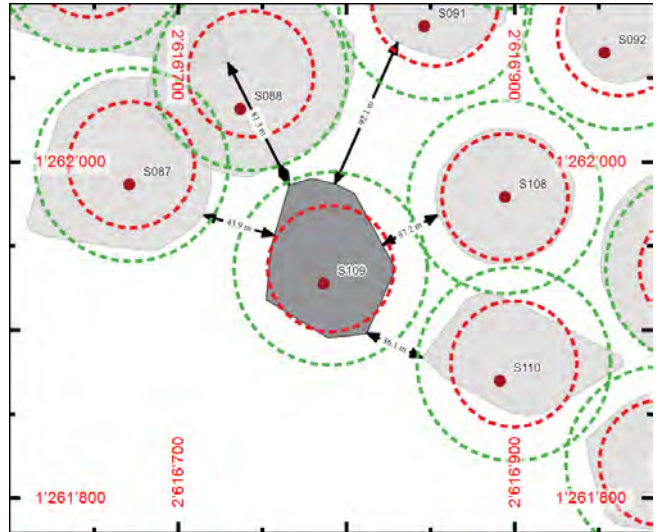
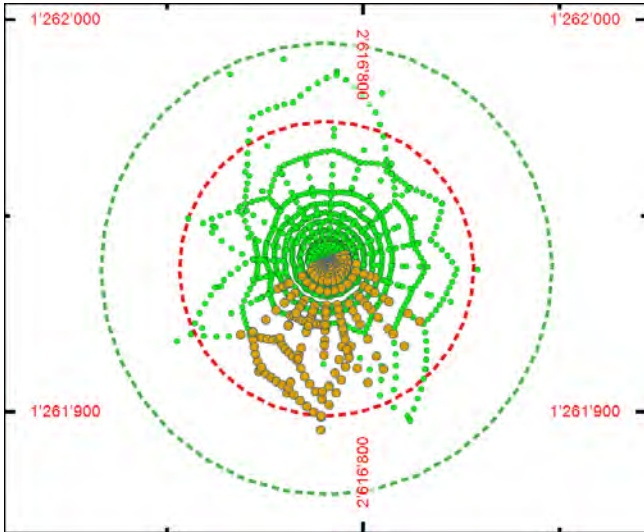
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'786.63 m, N 1'261'927.45 m OKT: 409.56 m ü.M. Endteufe: 380.00 m Solfeld: Sulz - Etappe III

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 18.08.1988 Bohrende: 18.08.1988 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

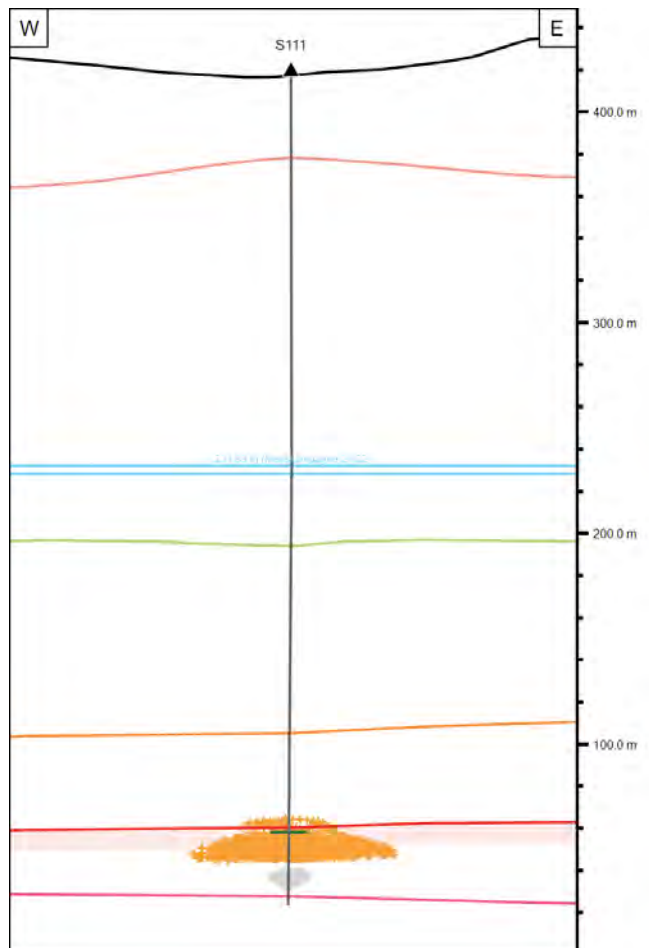
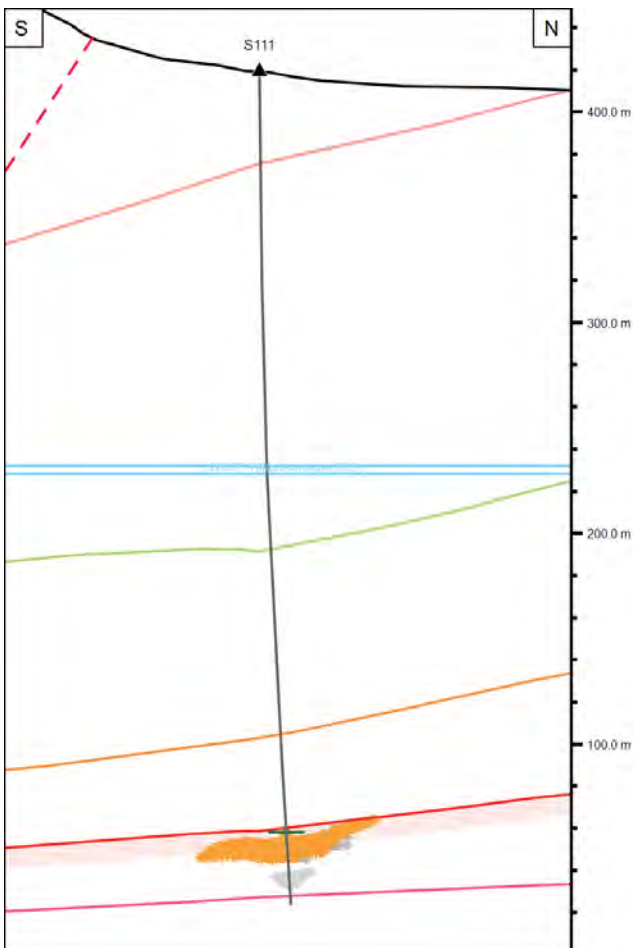
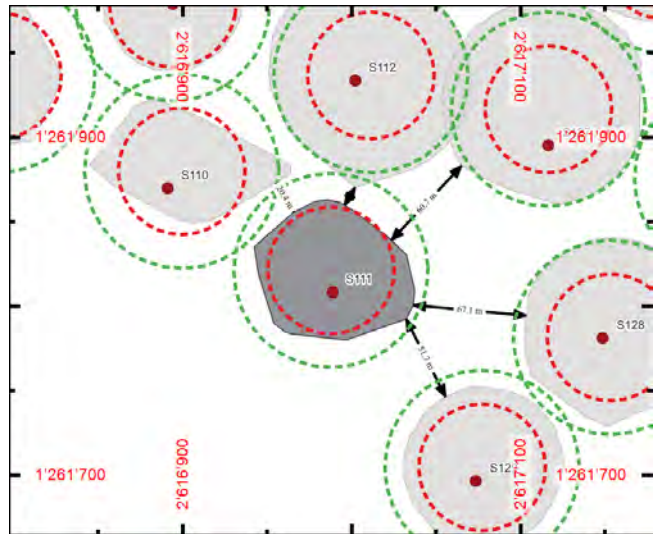
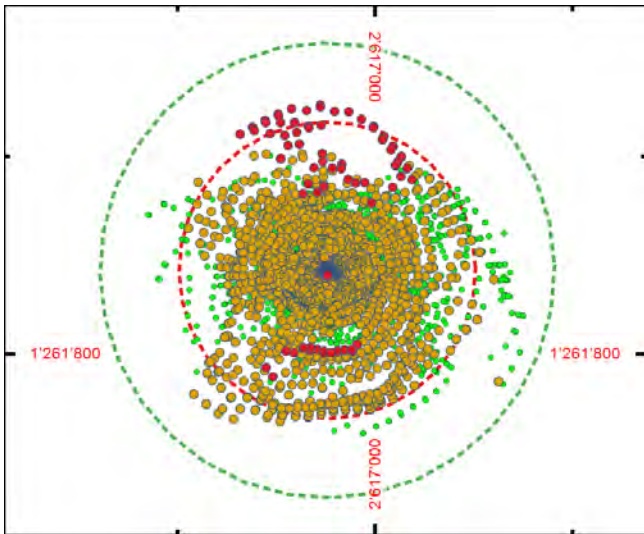






Koordinaten: E 2'616'989.02 m, N 1'261'808.12 m OKT: 419.18 m ü.M. Endteufe: 395.50 m Solfeld: Sulz - Etappe III

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 15.06.1988 Bohrende: 15.06.1988 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- + + + + + Vermessungskampagne (neu -> alt)

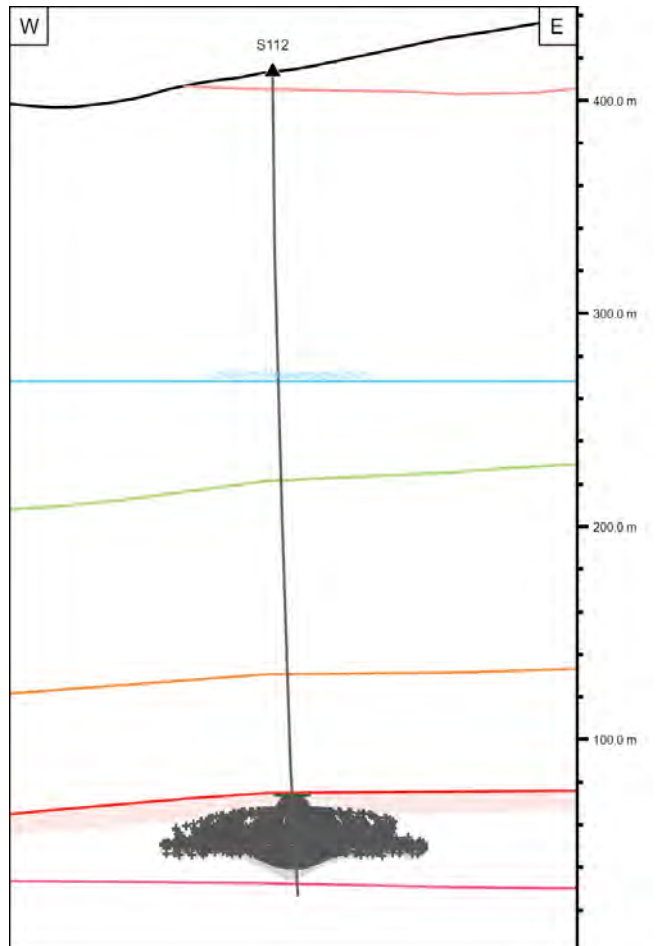
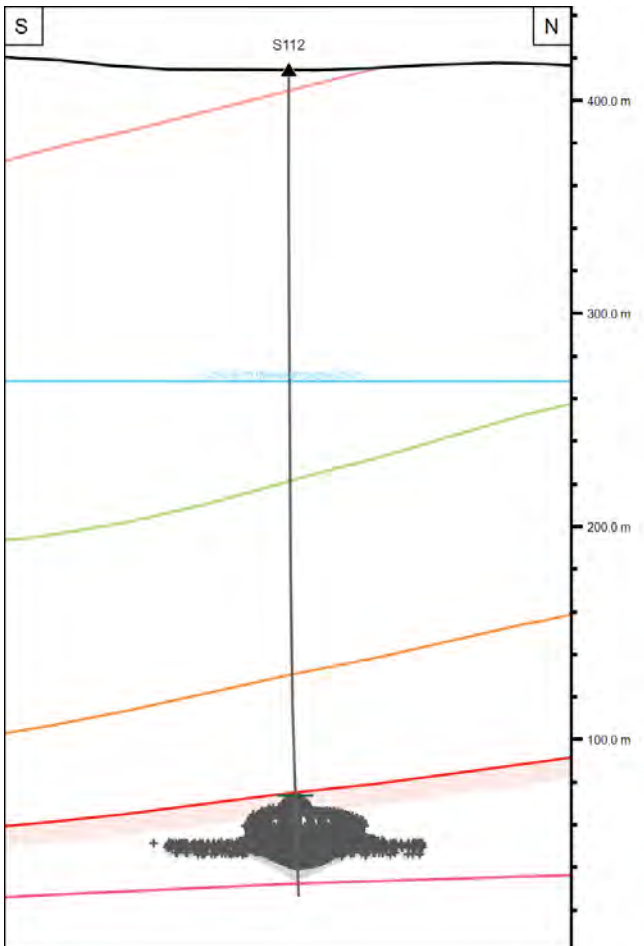
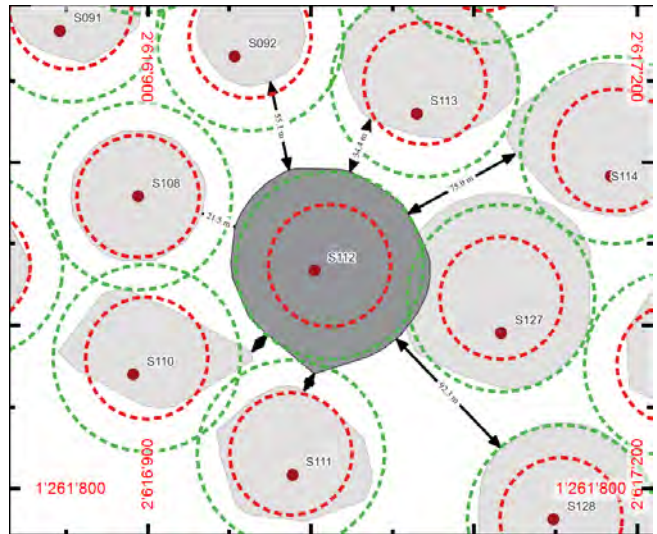
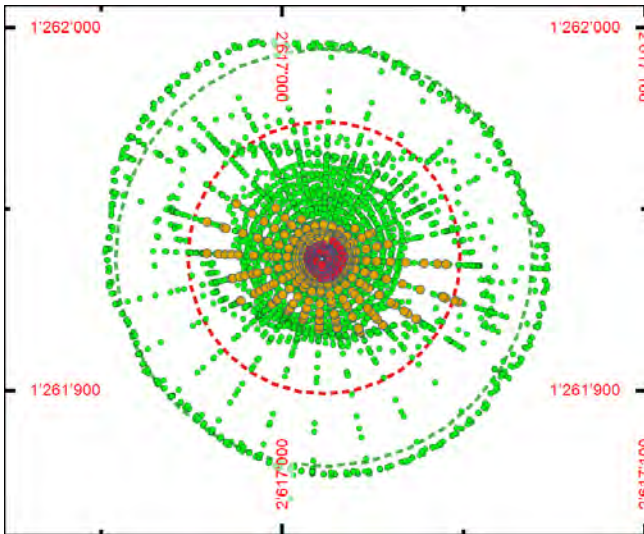
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'002.42 m, N 1'261'933.54 m OKT: 413.58 m ü.M. Endteufe: 387.00 m Solfeld: Sulz - Etappe III

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 10.05.1988 Bohrende: 10.05.1988 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- + + + + + Vermessungskampagne (neu -> alt)

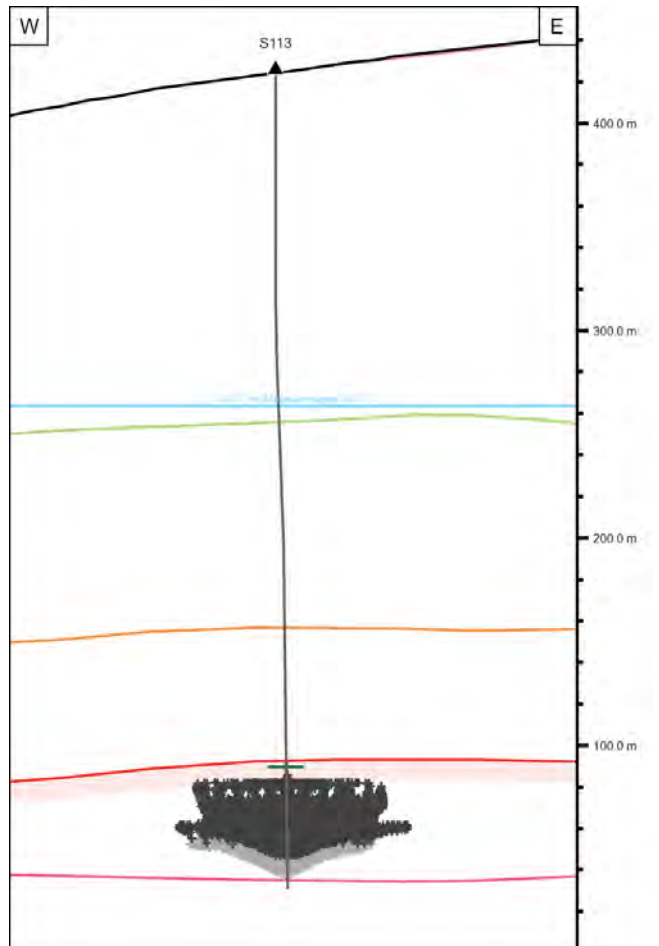
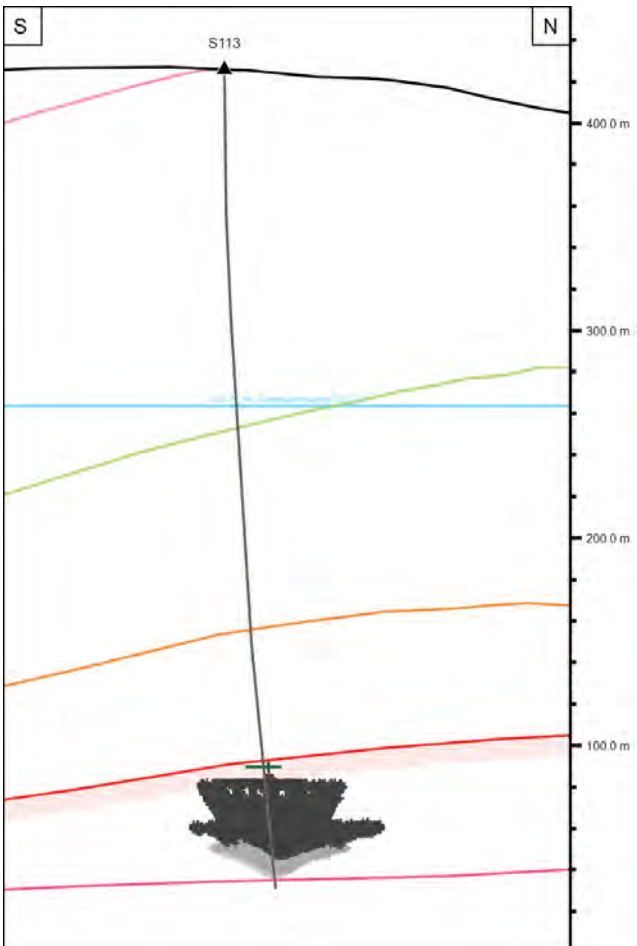
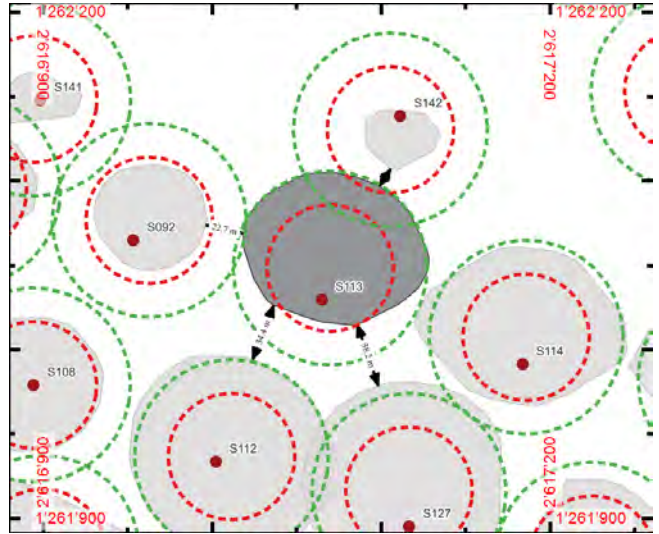
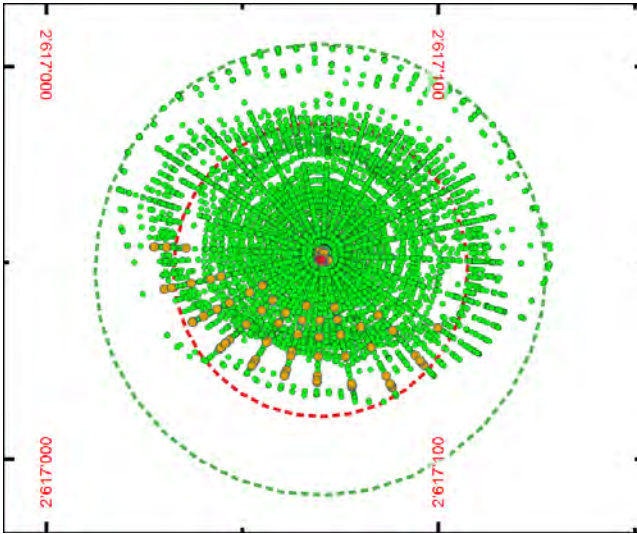
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'065.06 m, N 1'262'029.48 m OKT: 425.66 m ü.M. Endteufe: 395.00 m Solfeld: Sulz - Etappe III

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 06.04.1988 Bohrende: 06.04.1988 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

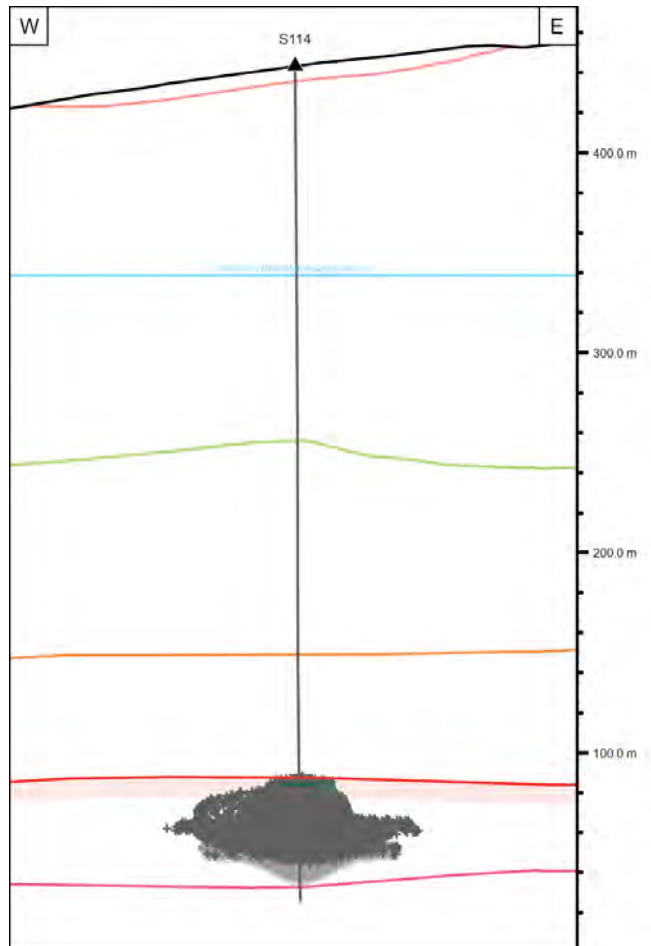
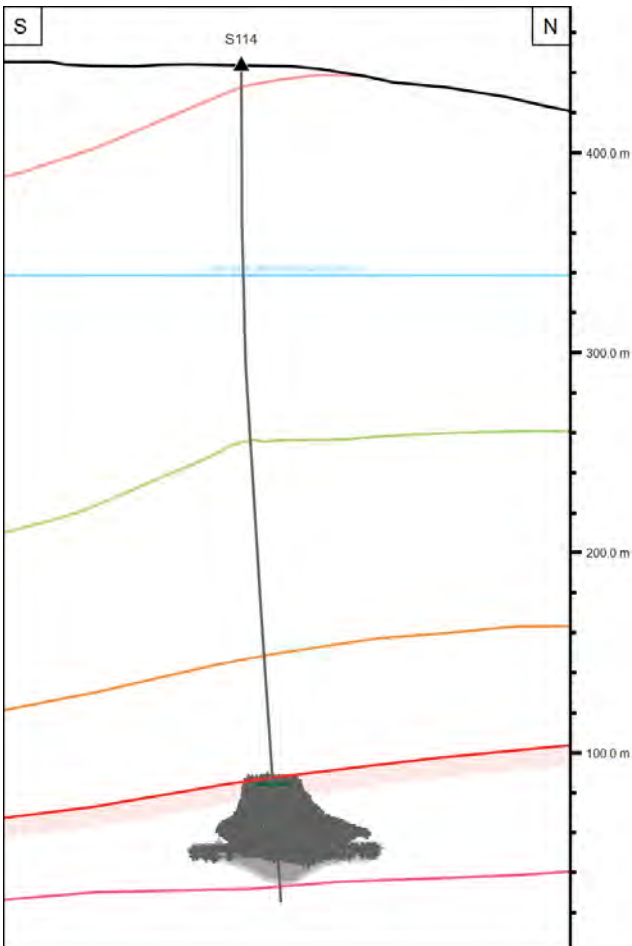
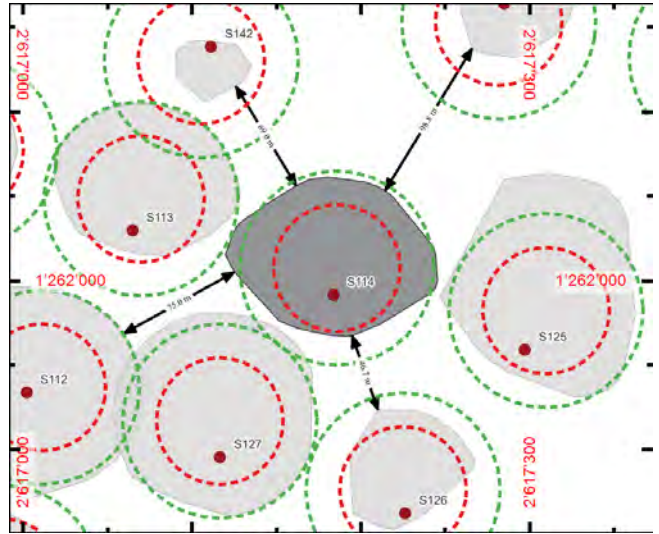
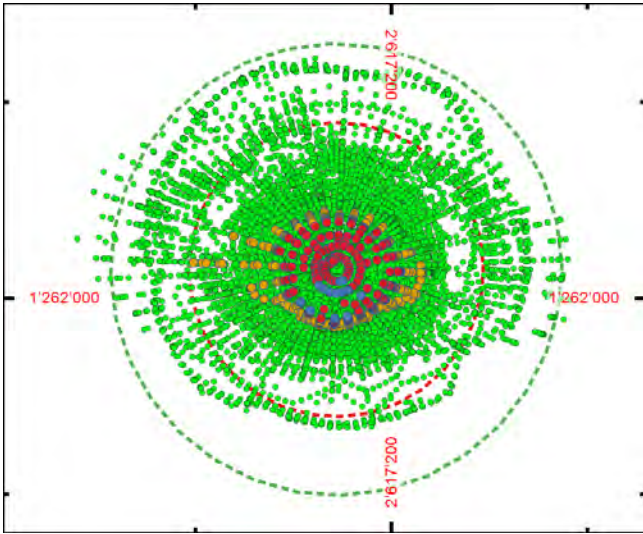
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'184.01 m, N 1'261'991.33 m OKT: 443.50 m ü.M. Endteufe: 418.35 m Solfeld: Sulz - Etappe III

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 18.02.1988 Bohrende: 18.02.1988 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

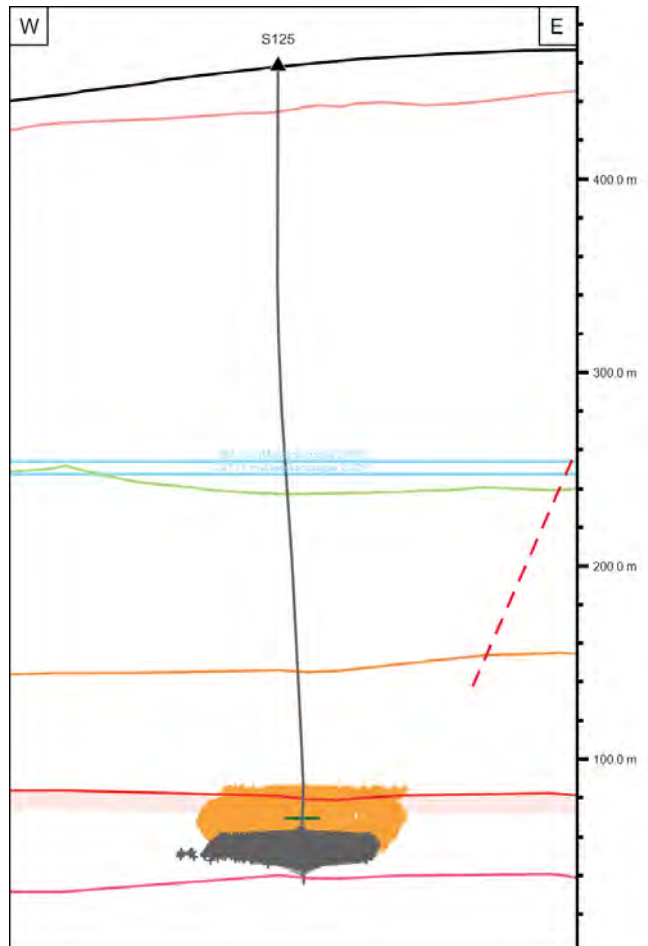
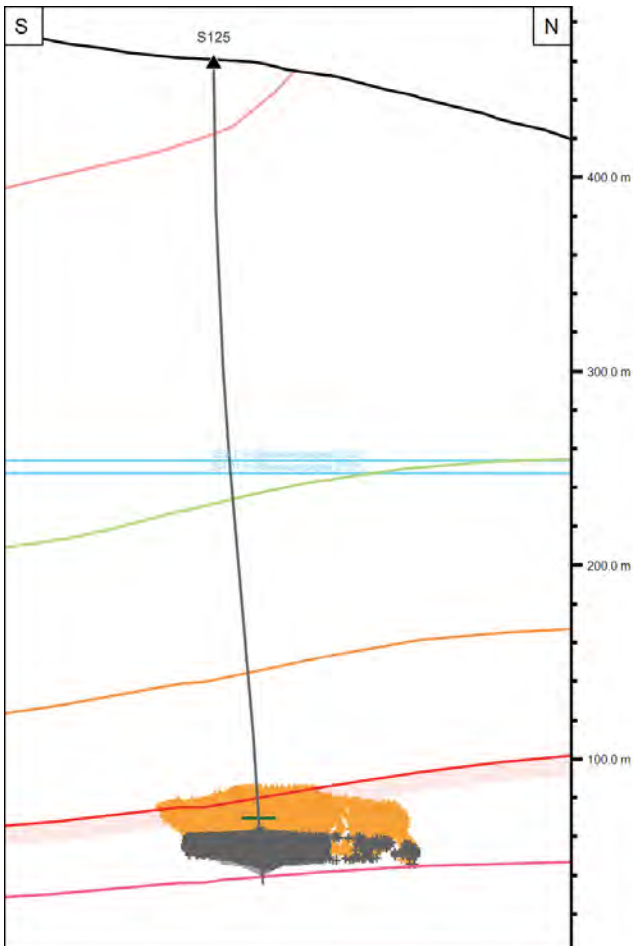
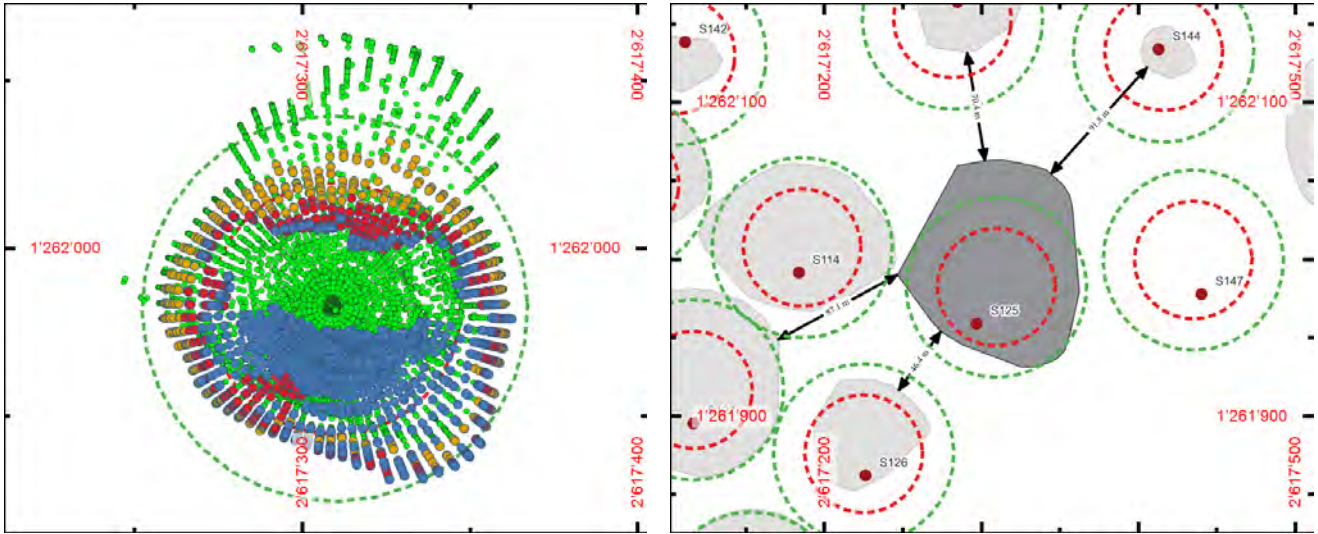
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'297.23 m, N 1'261'958.80 m OKT: 458.55 m ü.M. Endteufe: 424.00 m Solfeld: Sulz - Etappe IV

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 07.05.1999 Bohrende: 07.05.1999 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

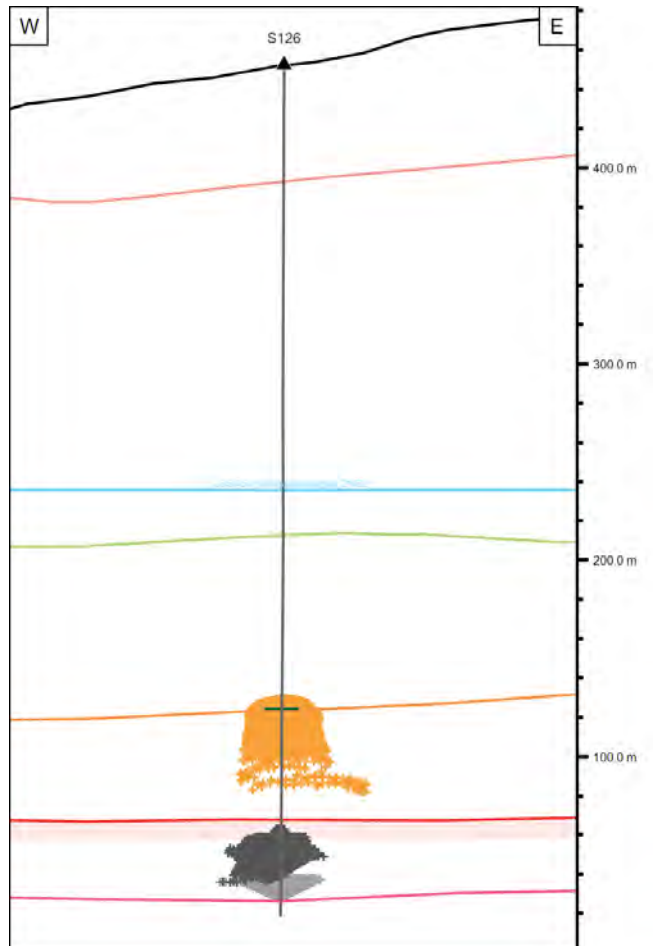
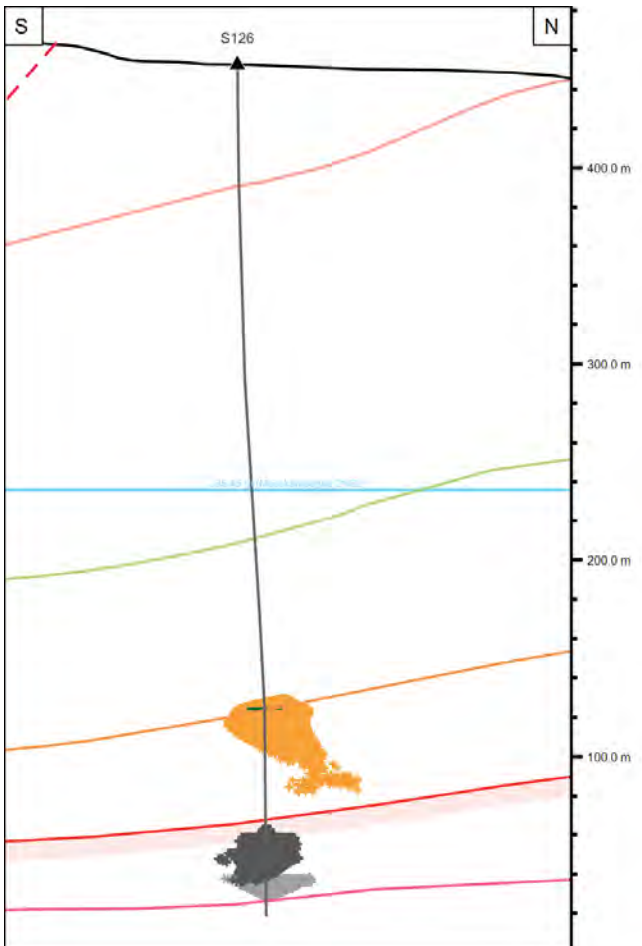
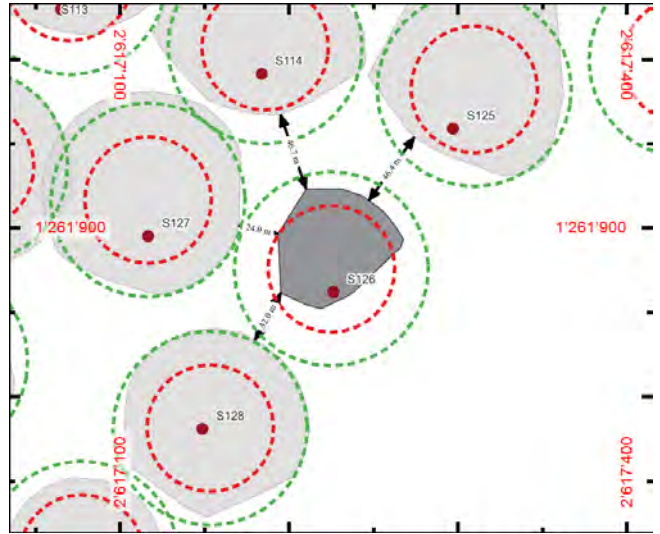
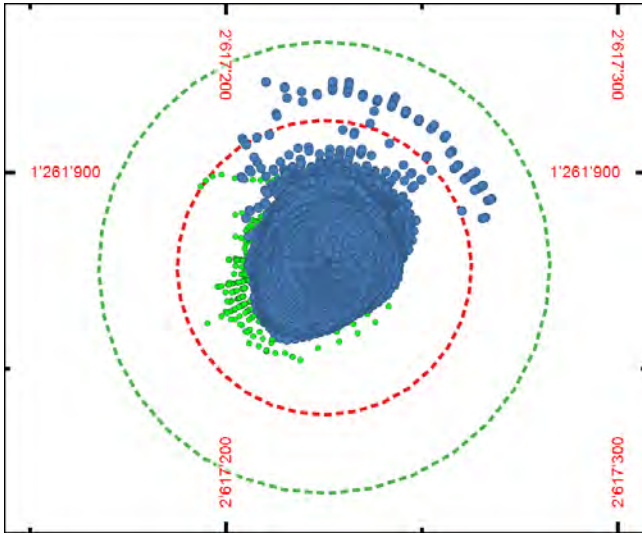
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'226.37 m, N 1'261'861.86 m OKT: 452.40 m ü.M. Endteufe: 434.00 m Solfeld: Sulz - Etappe IV  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 01.03.1999 Bohrende: 01.03.1999 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

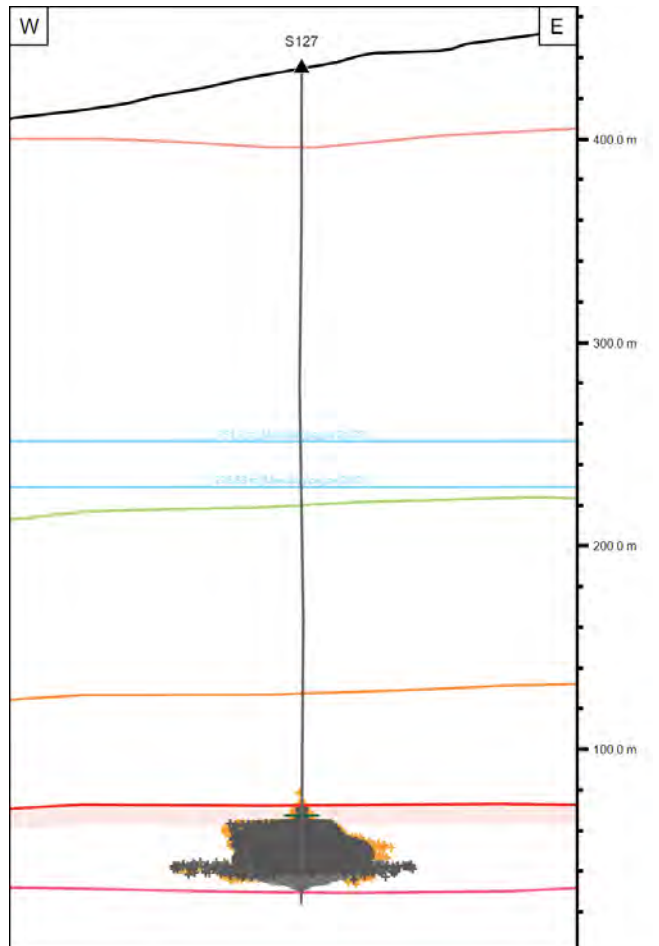
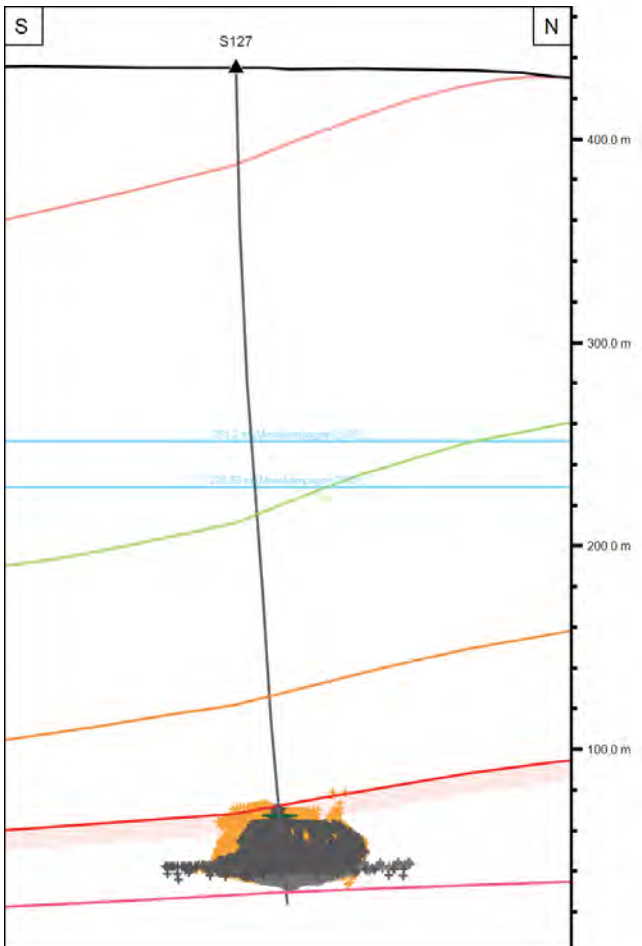
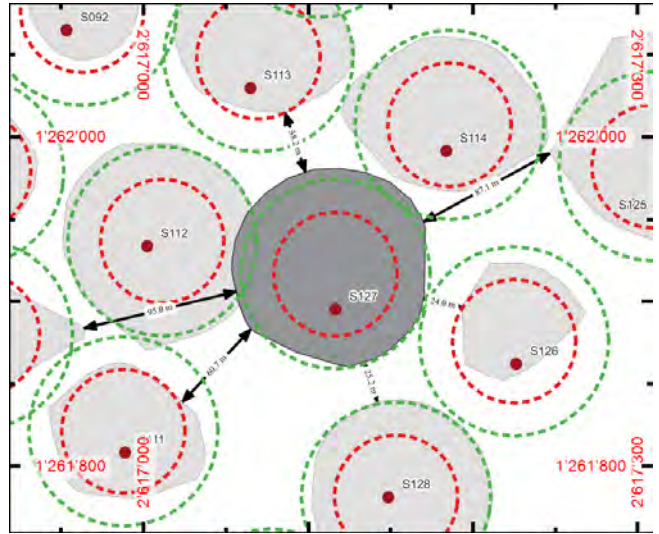
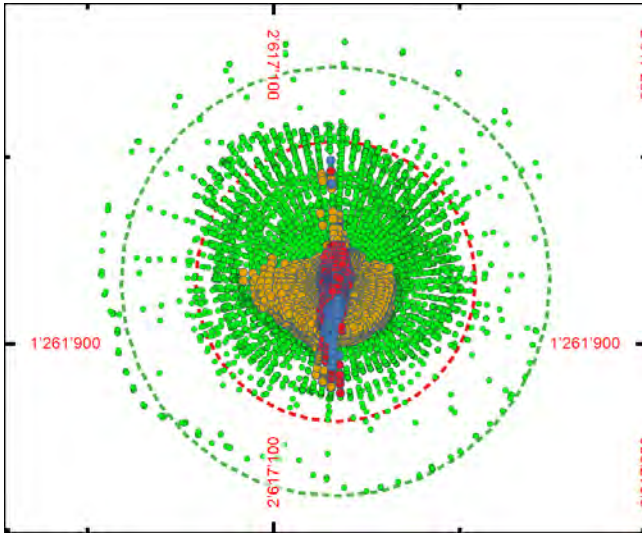
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'116.68 m, N 1'261'895.09 m OKT: 434.85 m ü.M. Endteufe: 411.60 m Solfeld: Sulz - Etappe IV  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 11.12.1998 Bohrende: 11.12.1998 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

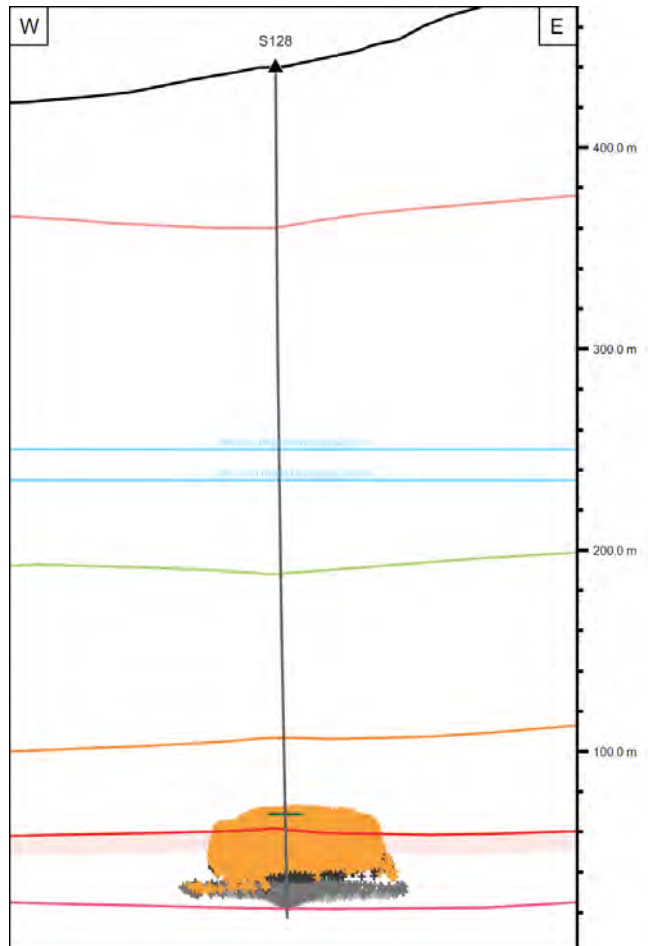
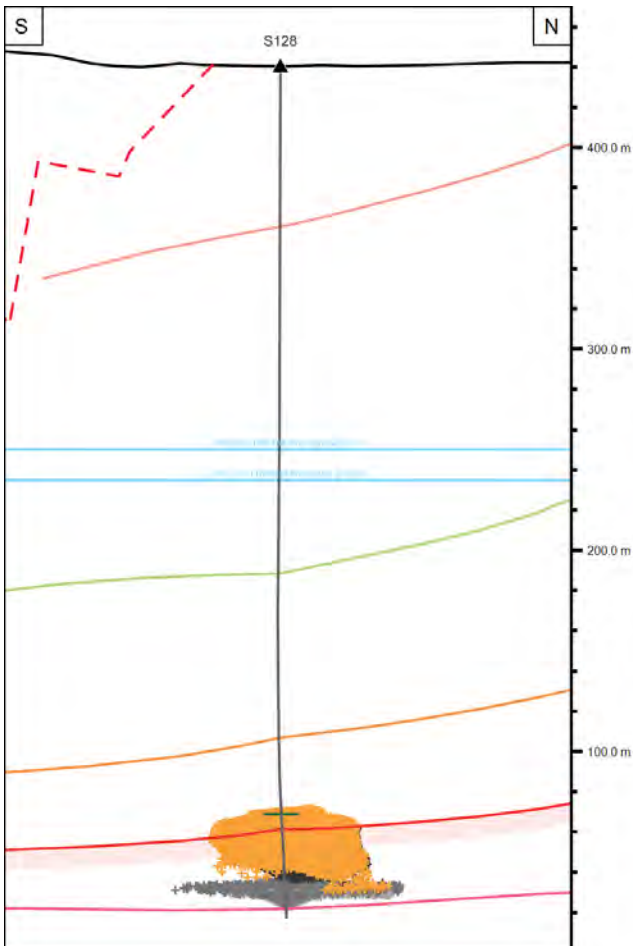
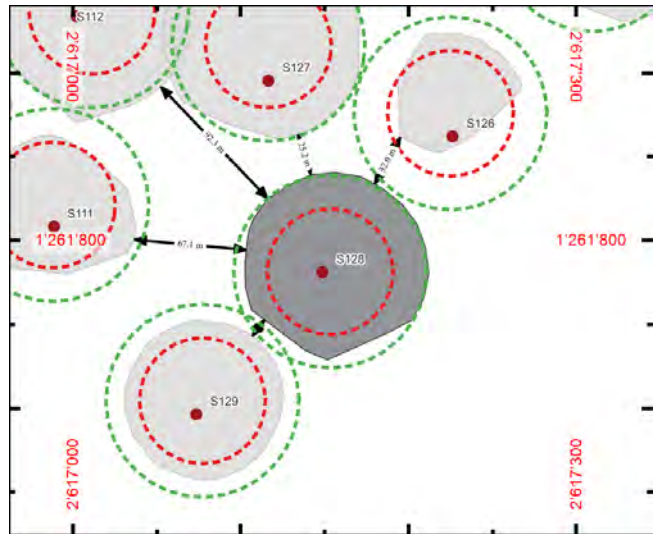
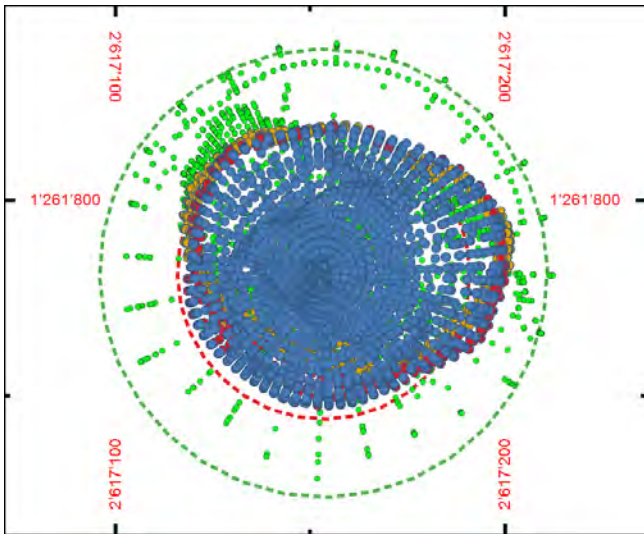
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'148.75 m, N 1'261'780.85 m OKT: 439.71 m ü.M. Endteufe: 422.50 m Solfeld: Sulz - Etappe IV

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 21.10.1998 Bohrende: 21.10.1998 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

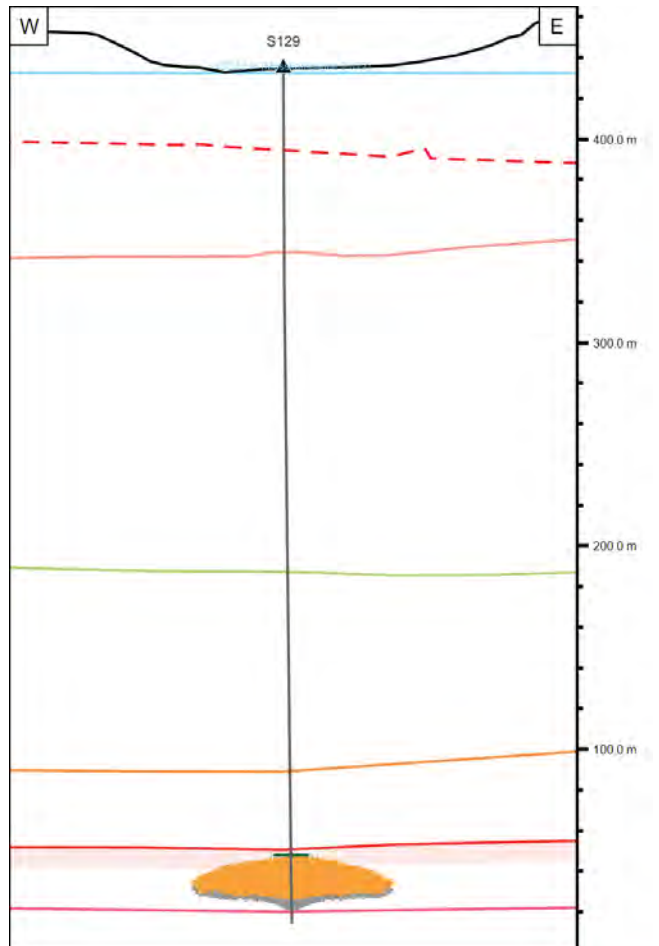
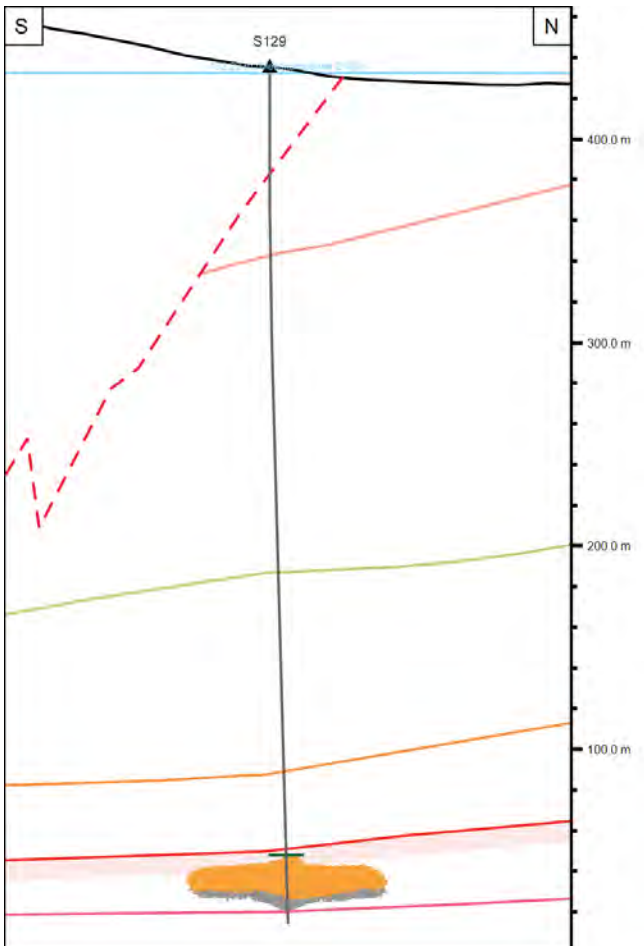
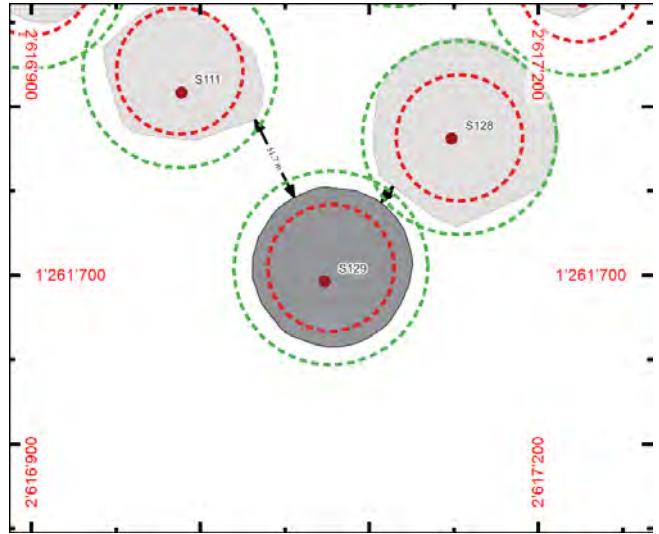
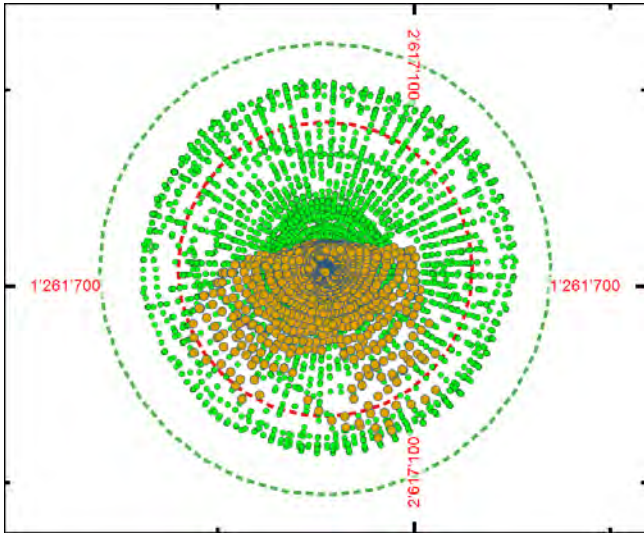
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'073.71 m, N 1'261'696.16 m OKT: 434.87 m ü.M. Endteufe: 420.50 m Solzfeld: Sulz - Etappe IV  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 18.08.1998 Bohrende: 18.08.1998 Bohrfirma: Fehlmann Grundwasserbauten, Zürich



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

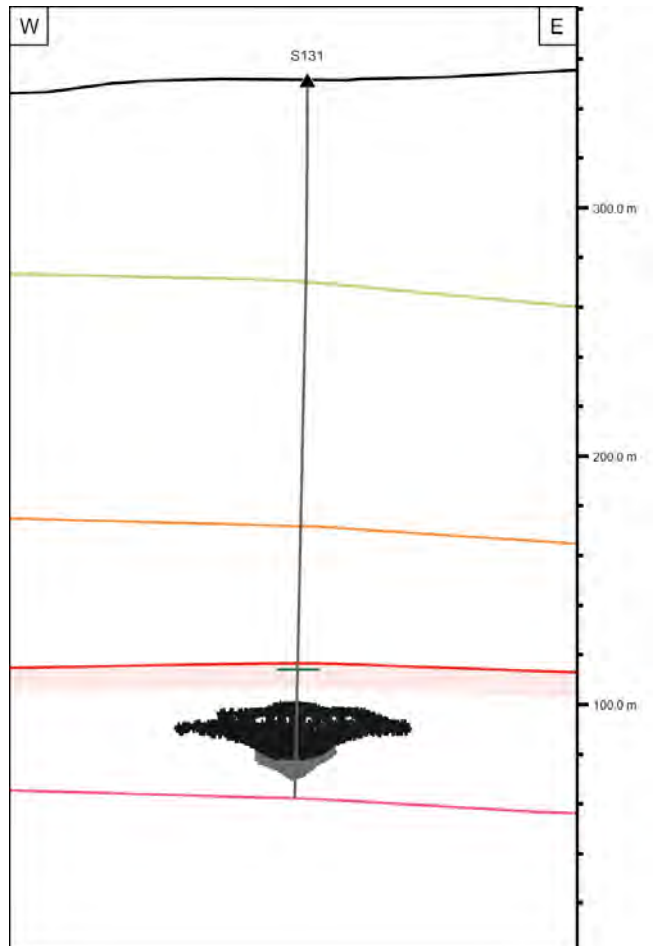
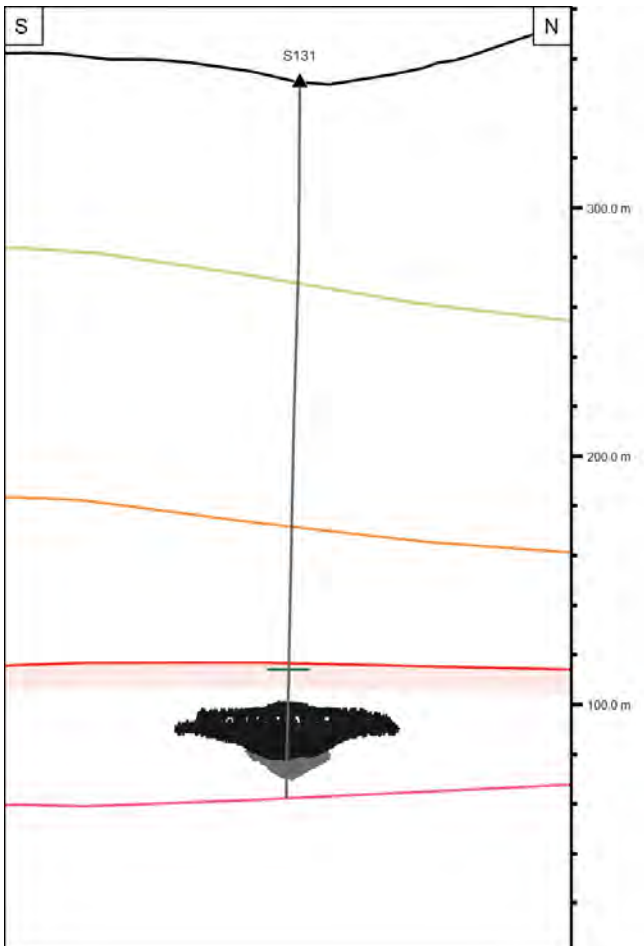
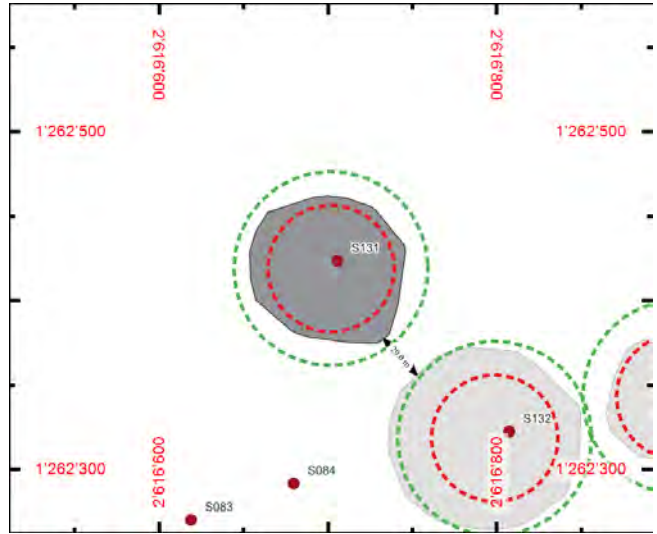
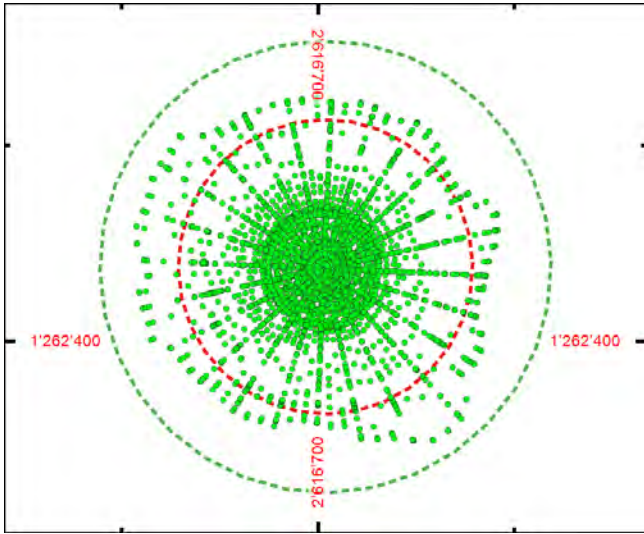
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



**Koordinaten:** E 2'616'705.76 m, N 1'262'423.40 m **OKT:** 350.55 m ü.M. **Endteufe:** 288.10 m **Solfeld:** Grosszinggibrunn - Etappe I  
**Bohrlochttyp:** Produktionsbohrung **Bohrbeginn:** 31.10.2005 **Bohrende:** 31.10.2005 **Bohrfirma:** Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Pufferzonen Kaverne**

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

**Kavernengeometrie / -vermessung**

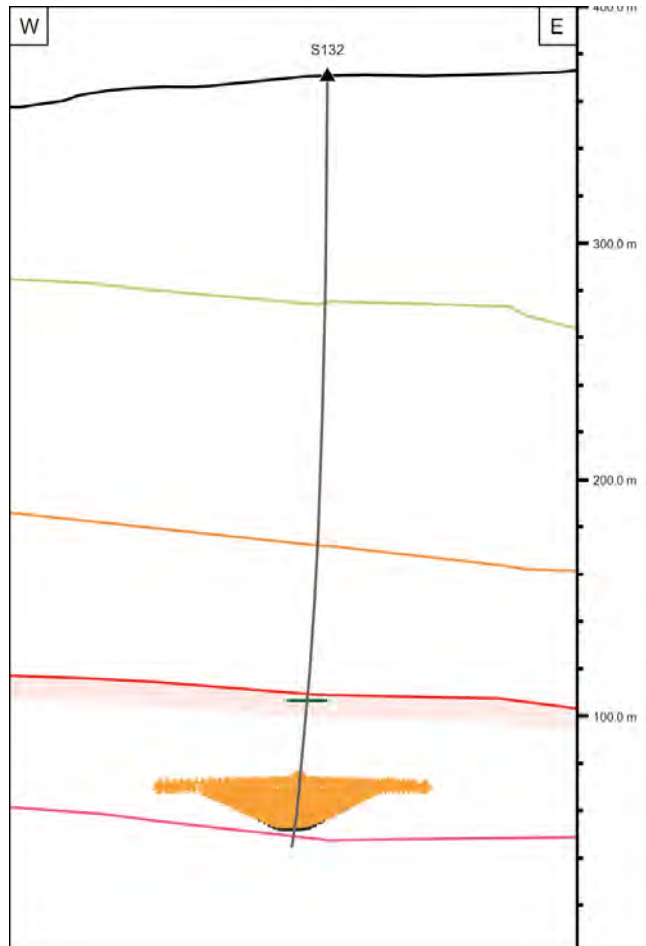
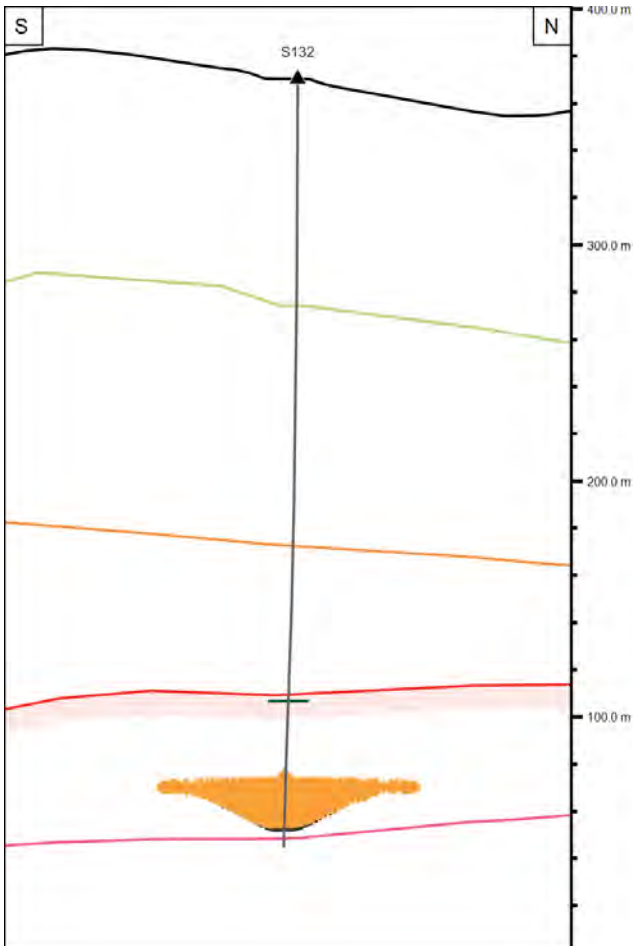
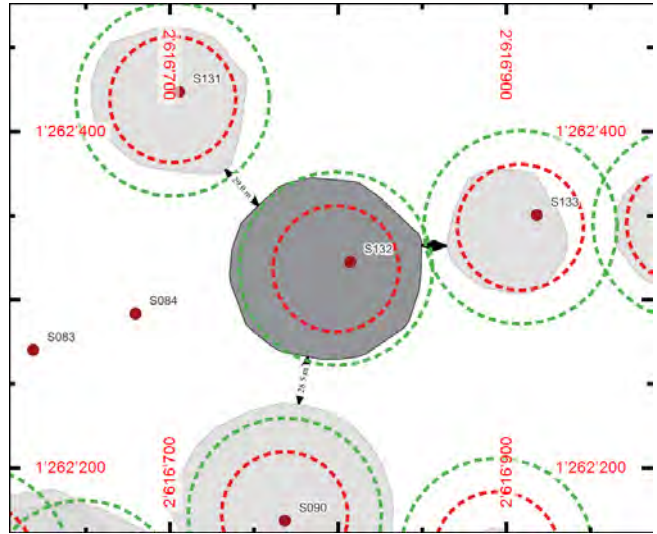
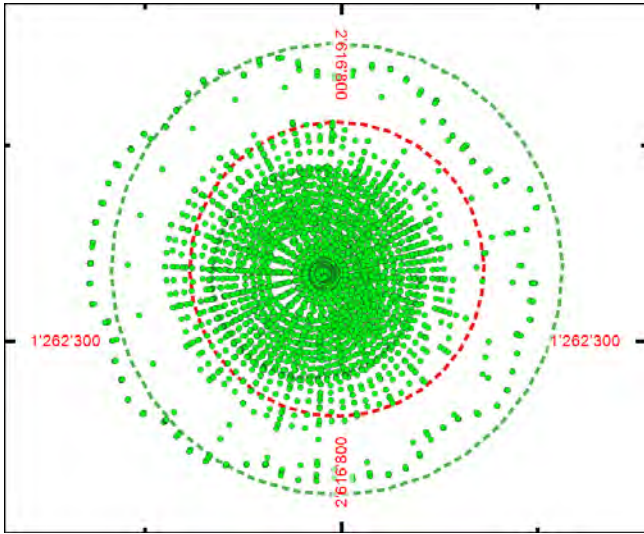
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'616'807.51 m, N 1'262'322.26 m OKT: 370.52 m ü.M. Endteufe: 326.15 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe I  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 20.09.2005 Bohrende: 20.09.2005 Bohrfirma: Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

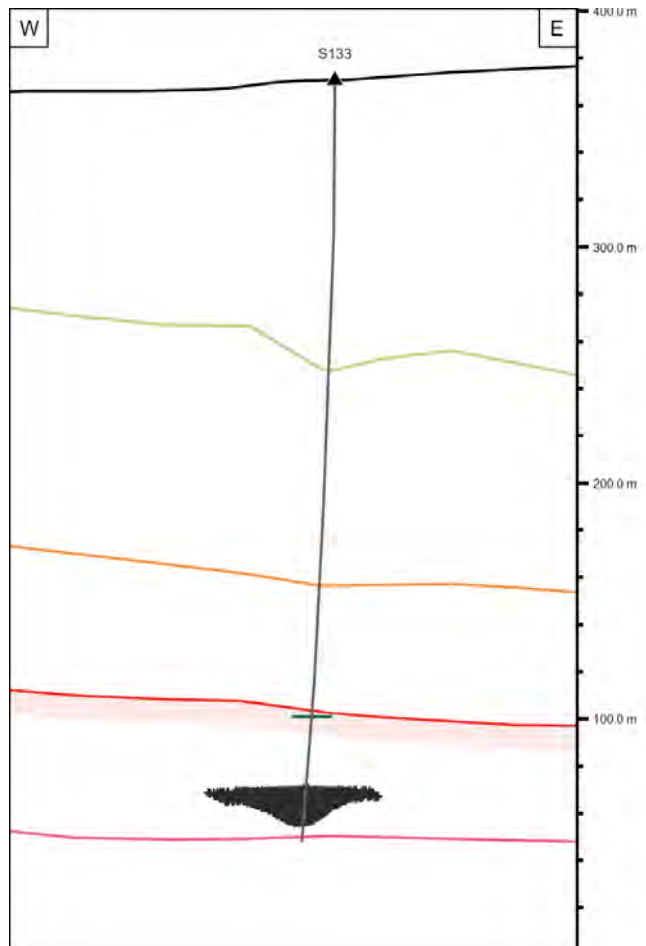
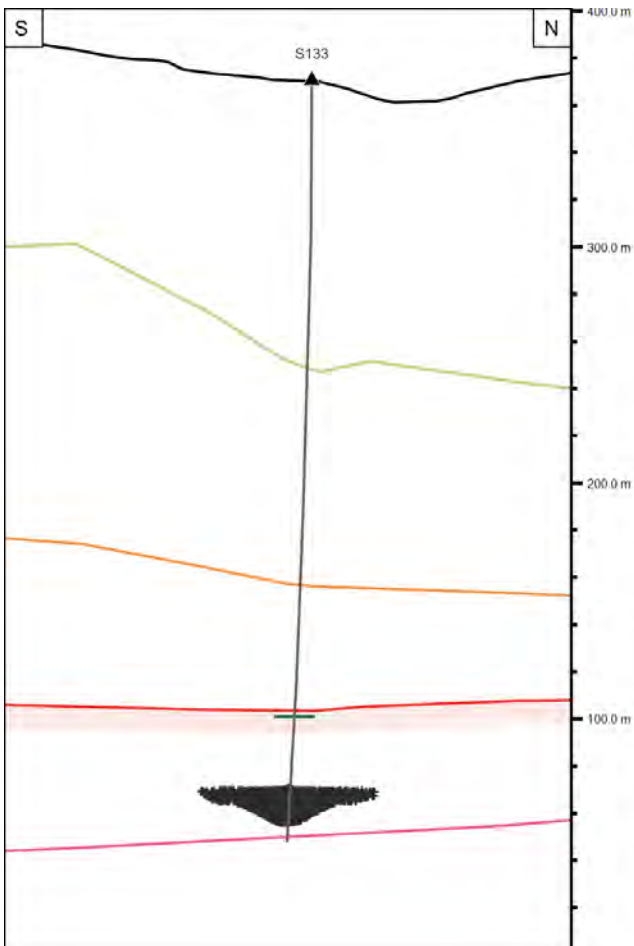
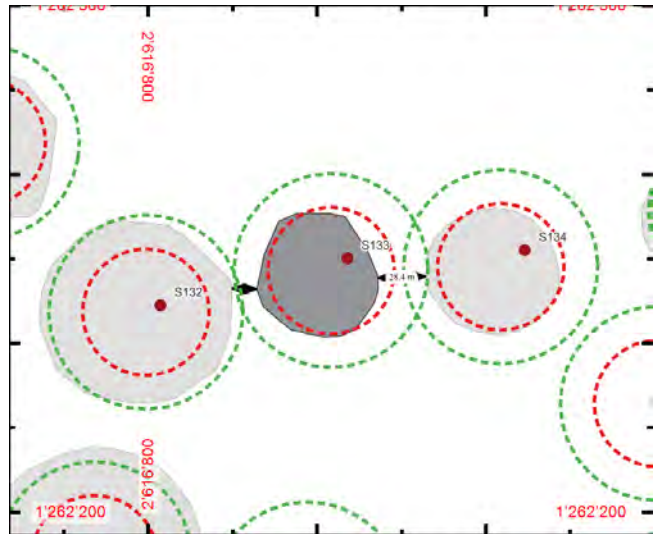
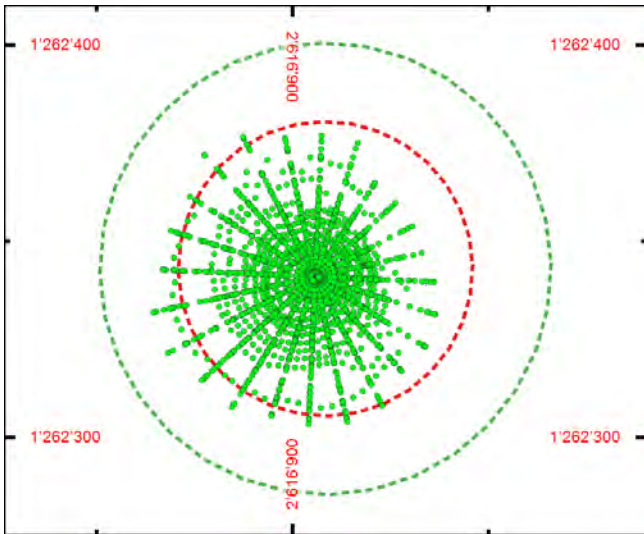
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



**Koordinaten:** E 2'616'918.19 m, N 1'262'350.25 m **OKT:** 370.68 m ü.M. **Endteufe:** 323.20 m **Solfeld:** Grosszinggibrunn - Etappe I  
**Bohrlochtyp:** Produktionsbohrung **Bohrbeginn:** 01.08.2005 **Bohrende:** 01.08.2005 **Bohrfirma:** Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Pufferzonen Kaverne**

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

**Kavernengeometrie / -vermessung**

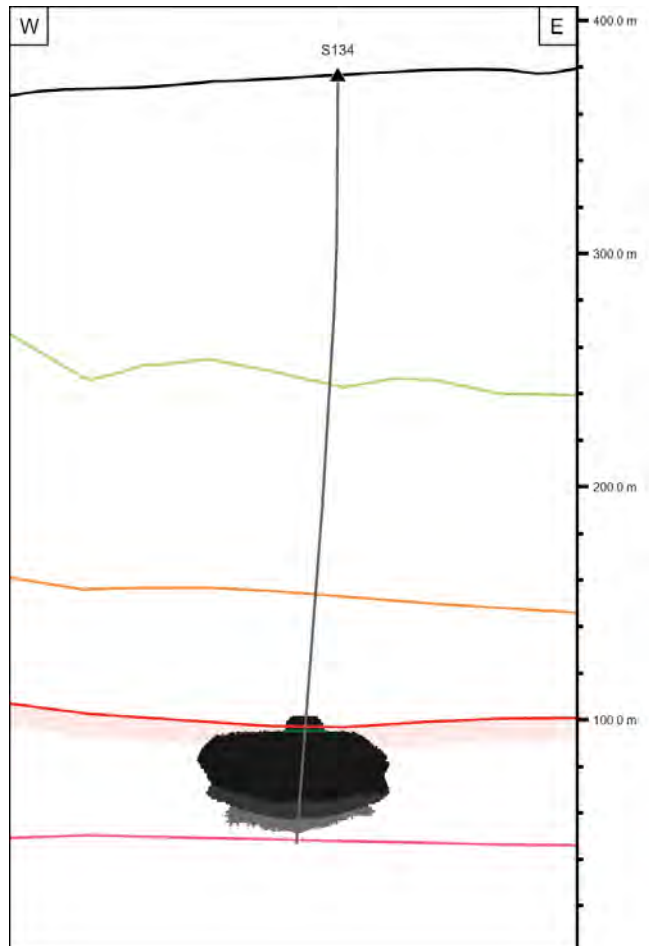
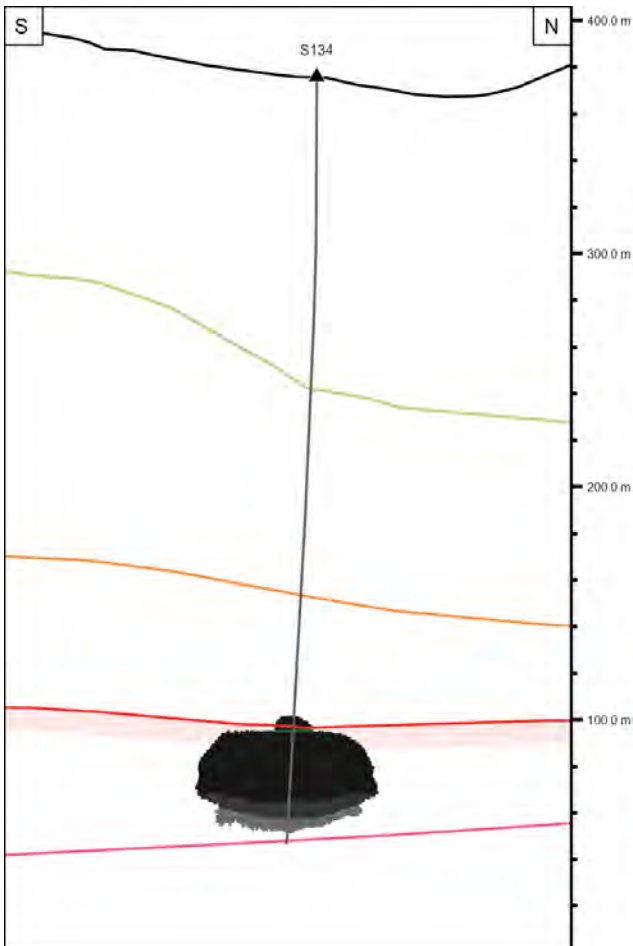
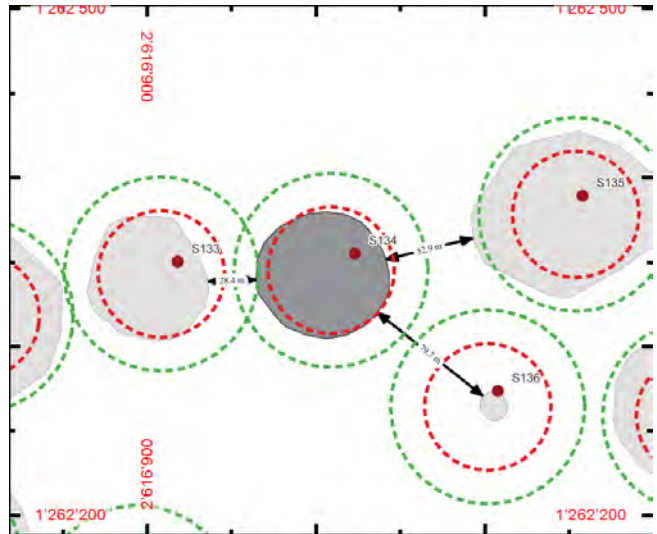
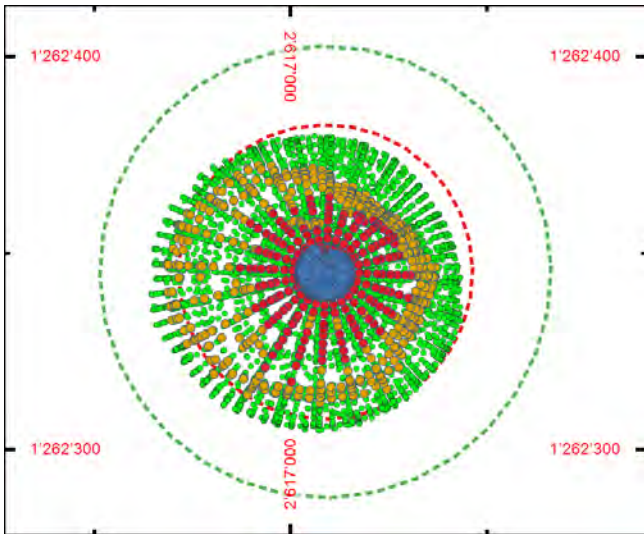
- ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



**Koordinaten:** E 2'617'023.17 m, N 1'262'354.98 m **OKT:** 375.99 m ü.M. **Endteufe:** 330.00 m **Solfeld:** Grosszinggibrunn - Etappe I  
**Bohrlochtyp:** Produktionsbohrung **Bohrbeginn:** 28.06.2005 **Bohrende:** 28.06.2005 **Bohrfirma:** Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Pufferzonen Kaverne**

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

**Kavernengeometrie / -vermessung**

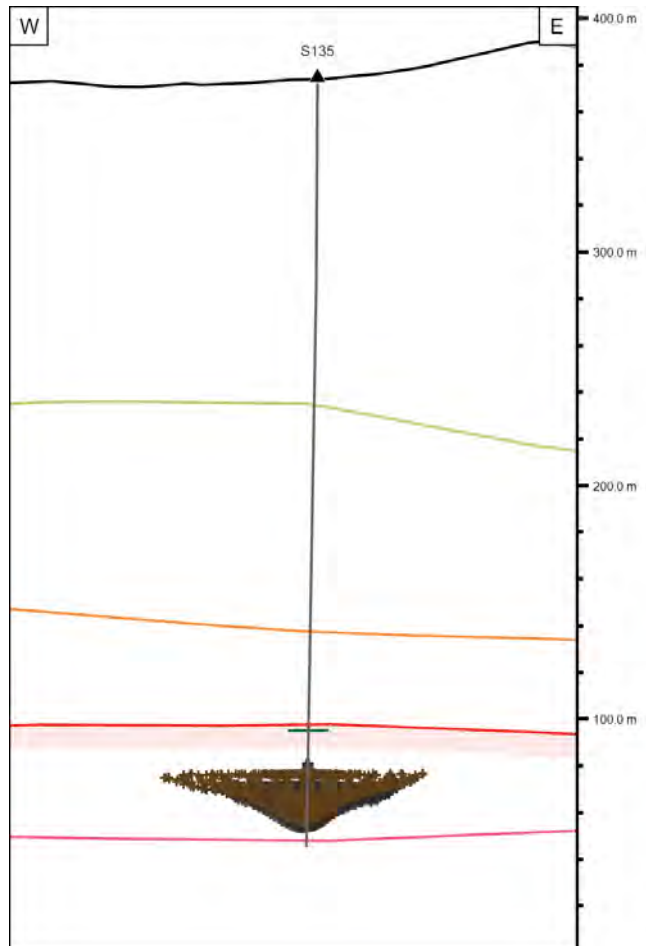
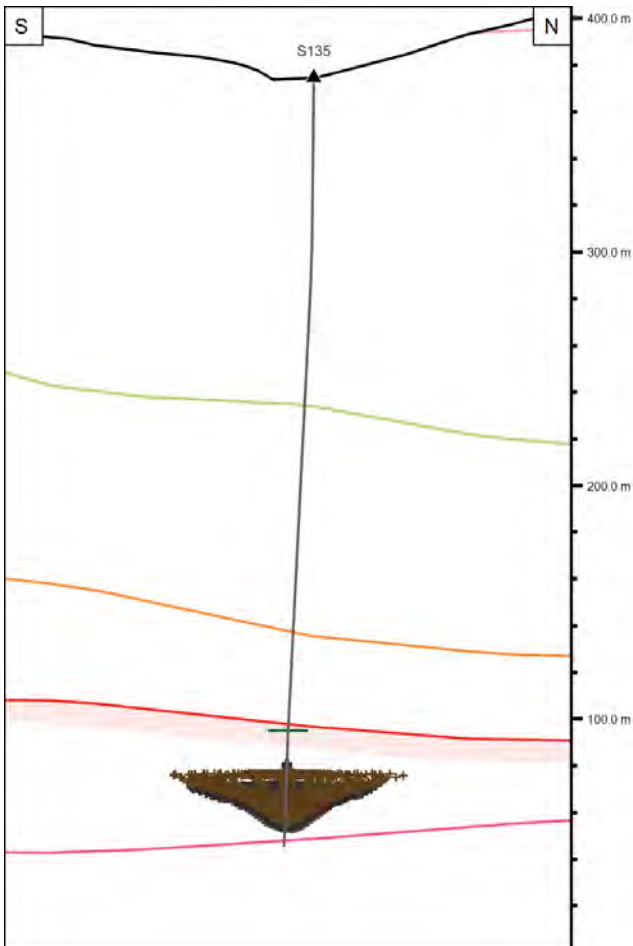
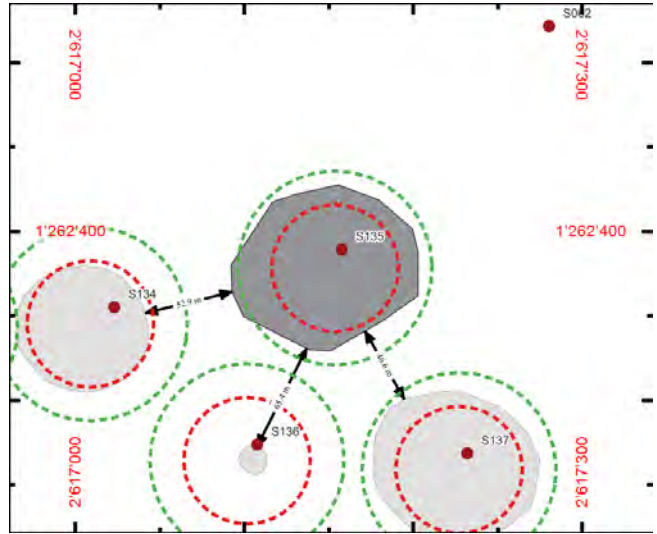
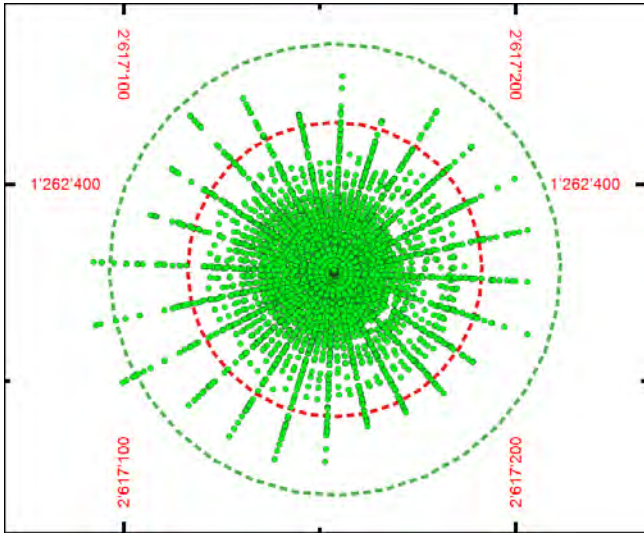
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



**Koordinaten:** E 2'617'157.92 m, N 1'262'389.20 m **OKT:** 374.64 m ü.M. **Endteufe:** 328.50 m **Solfeld:** Grosszinggibrunn - Etappe I  
**Bohrlochtyp:** Produktionsbohrung **Bohrbeginn:** 05.12.2005 **Bohrende:** 05.12.2005 **Bohrfirma:** Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Pufferzonen Kaverne**

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

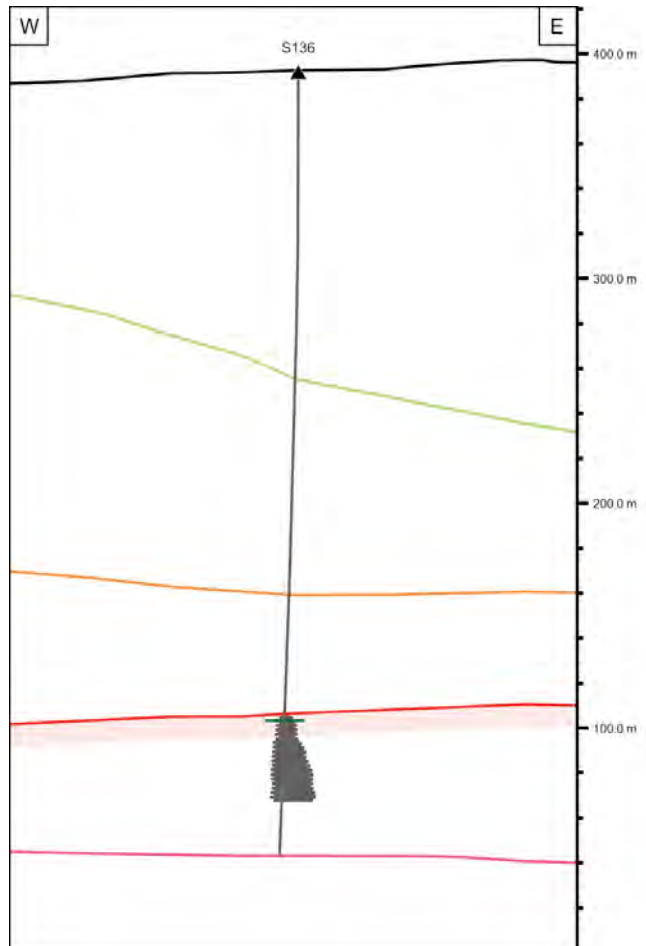
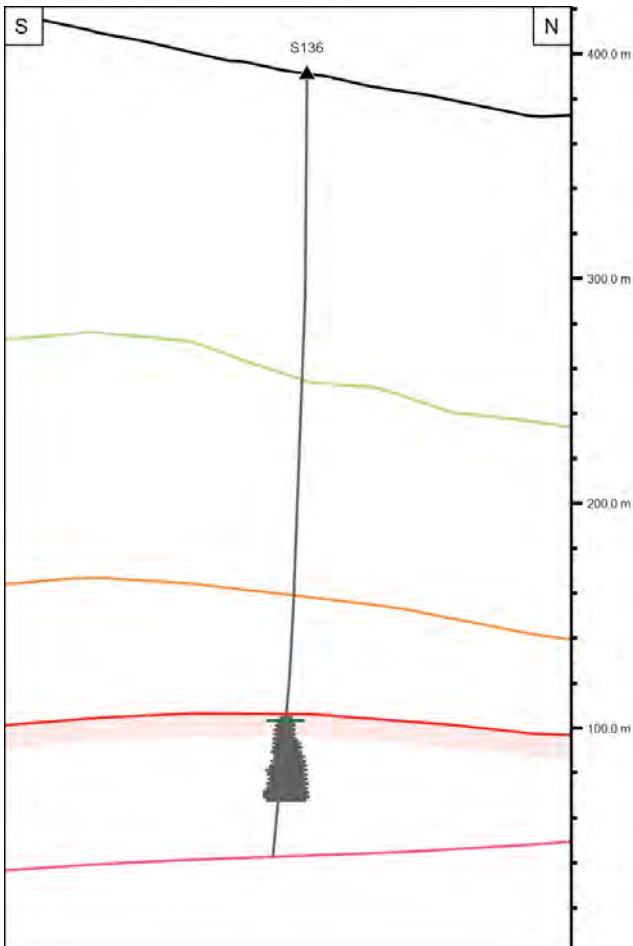
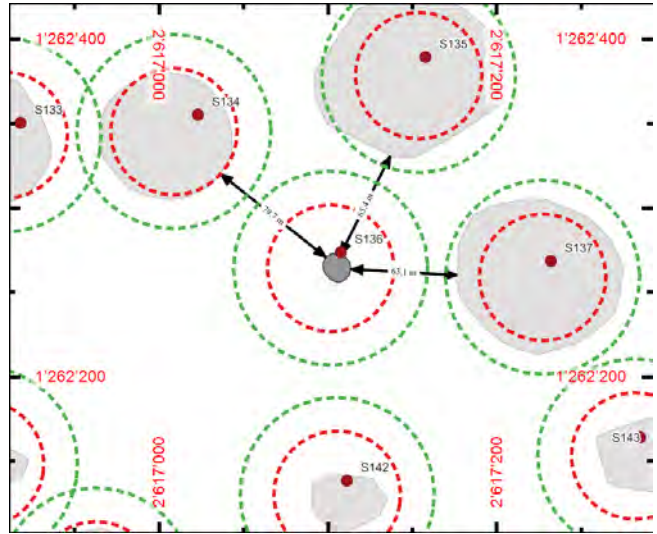
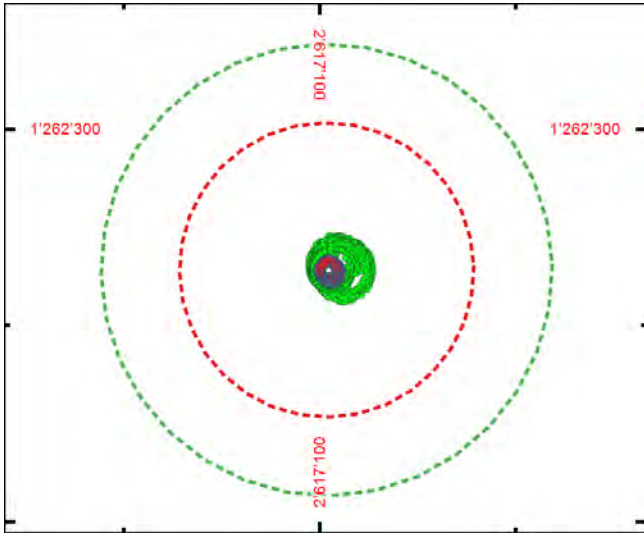
**Kavernengeometrie / -vermessung**

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

Koordinaten: E 2'617'107.81 m, N 1'262'273.56 m OKT: 390.90 m ü.M. Endteufe: 348.30 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe I  
Bohrlochttyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 16.02.2005 Bohrende: 16.02.2005 Bohrfirma: Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

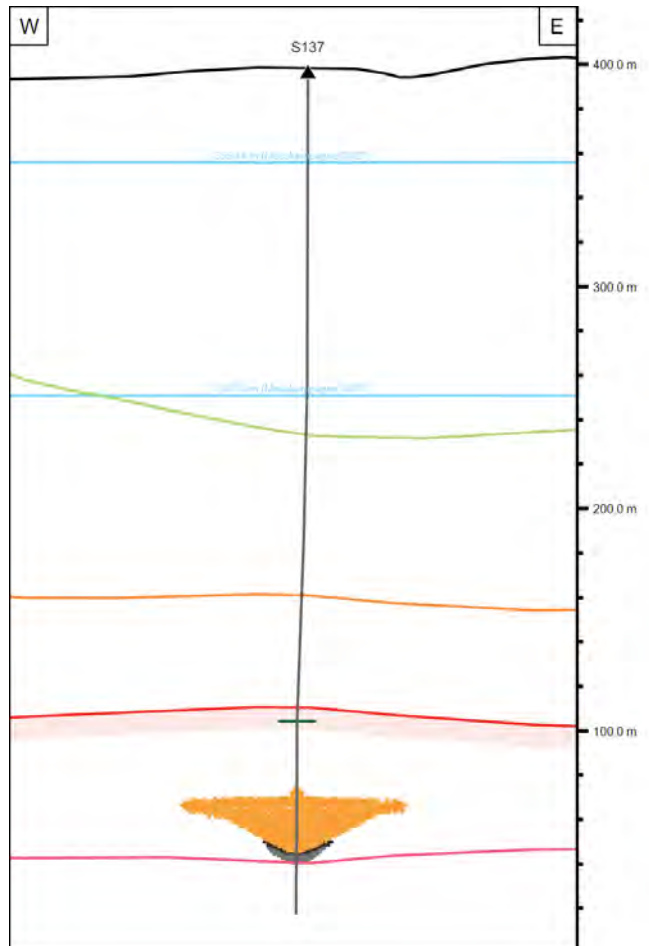
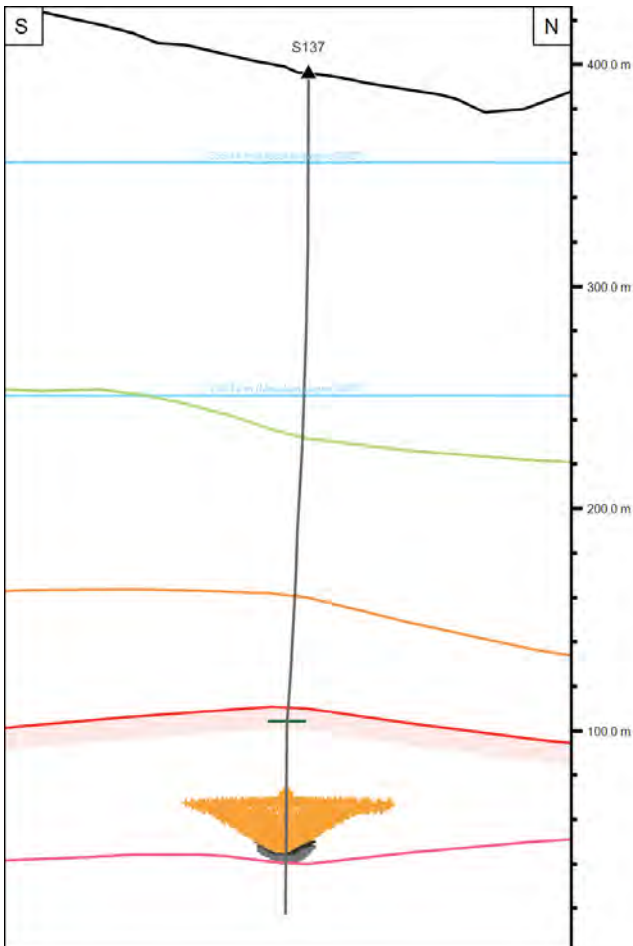
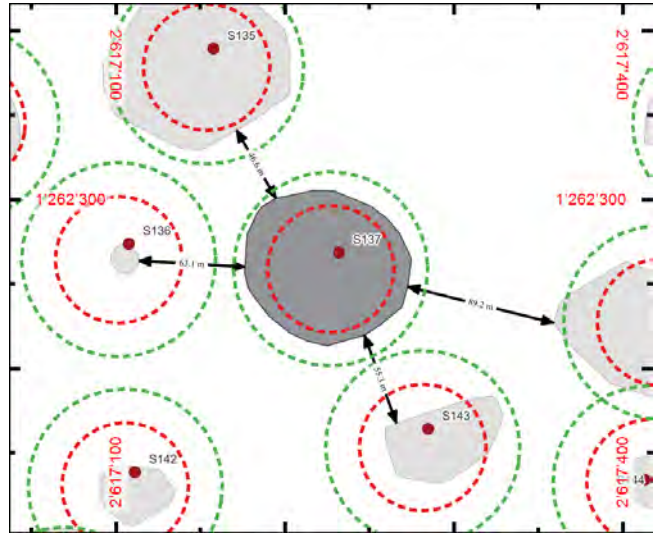
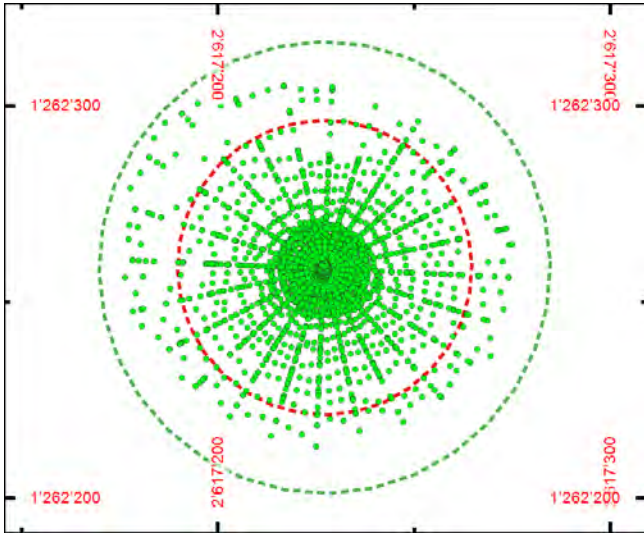
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'232.17 m, N 1'262'268.37 m OKT: 395.74 m ü.M. Endteufe: 378.50 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe I  
Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 09.11.2004 Bohrende: 09.11.2004 Bohrfirma: Anger's Söhne, D - Hess. Lichtenau



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

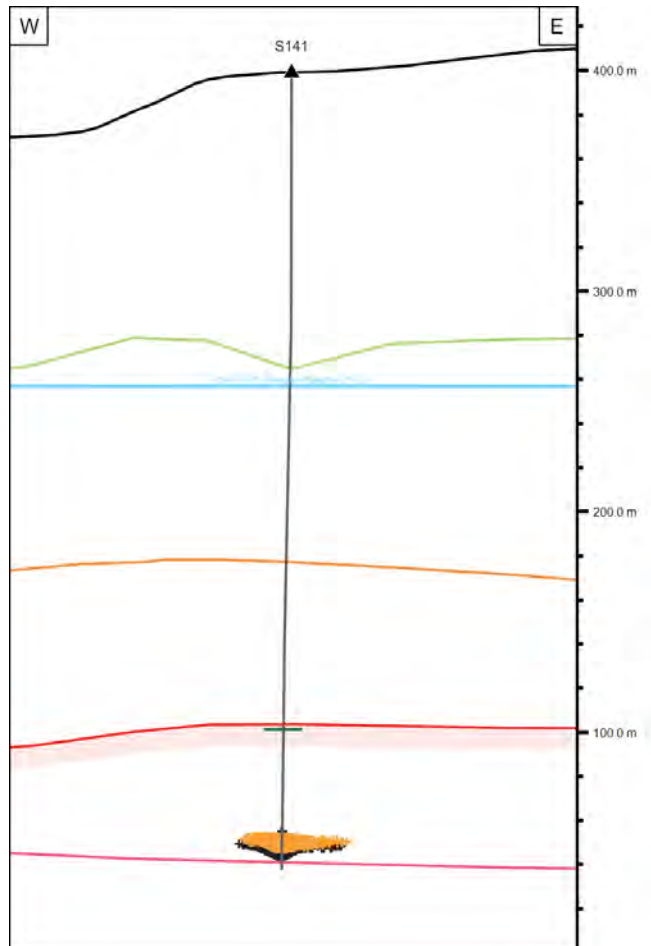
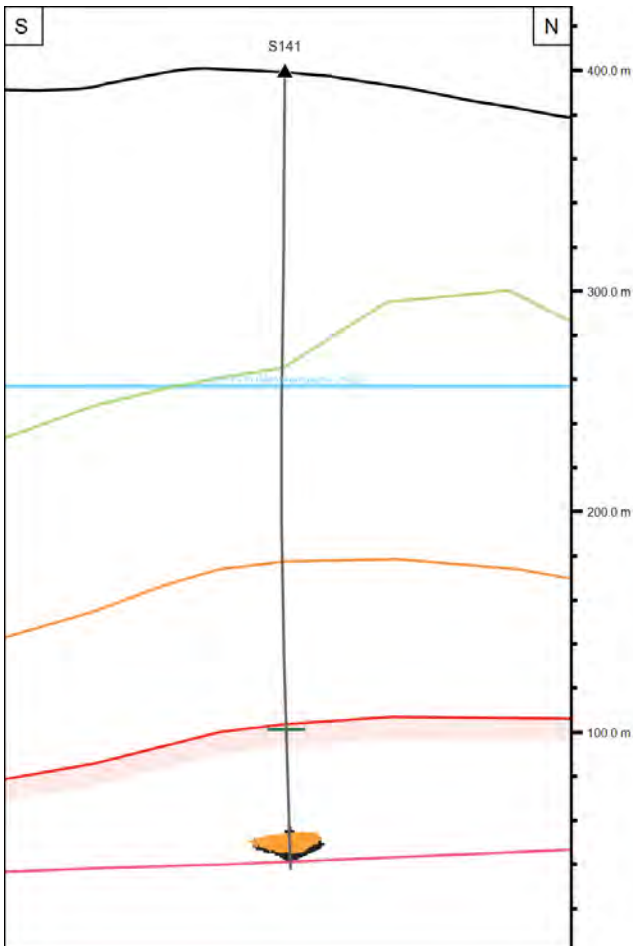
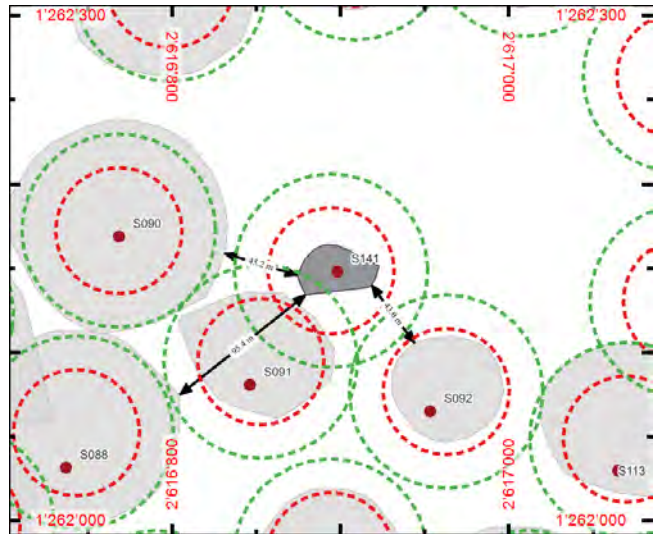
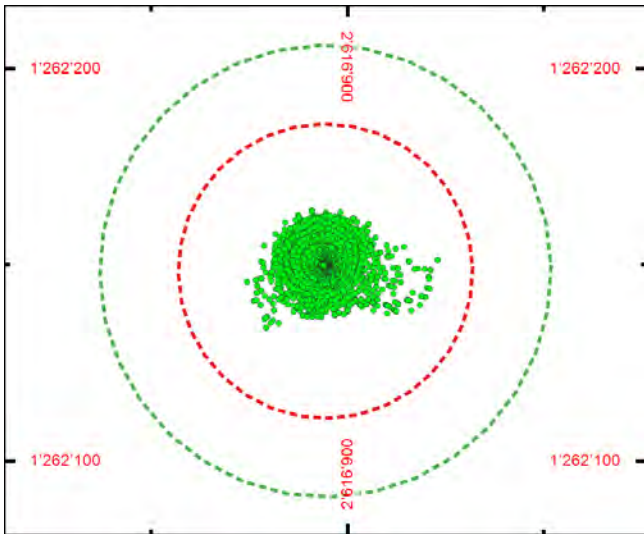
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

Koordinaten: E 2'616'898.33 m, N 1'262'147.73 m OKT: 399.00 m ü.M. Endteufe: 361.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 06.09.2012 Bohrende: 06.09.2012 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

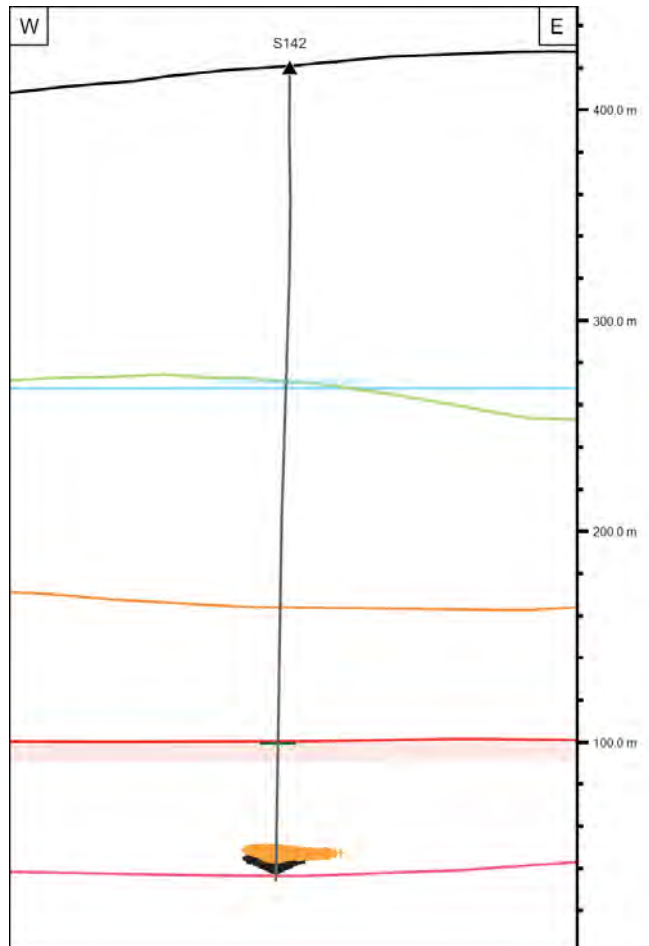
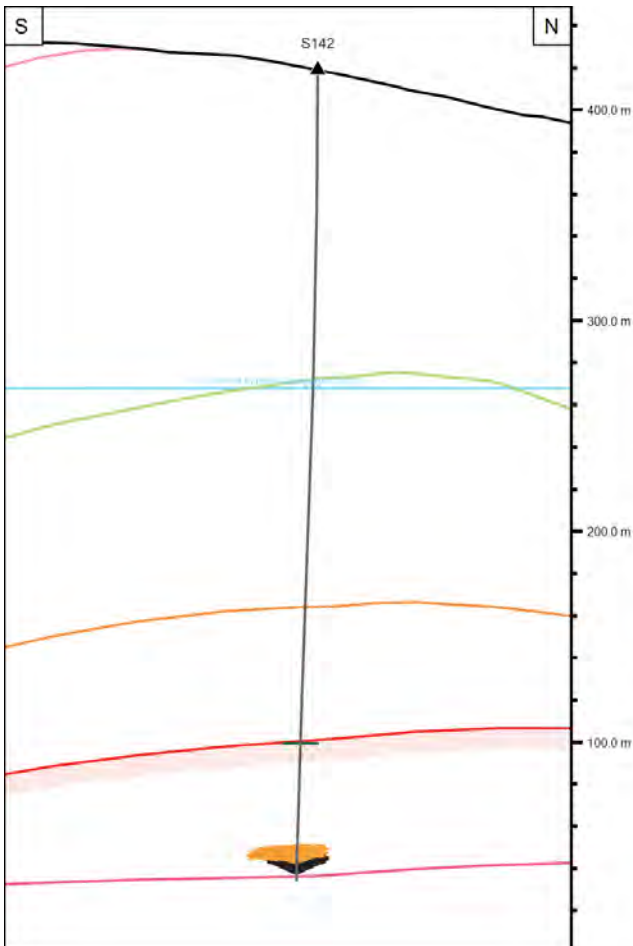
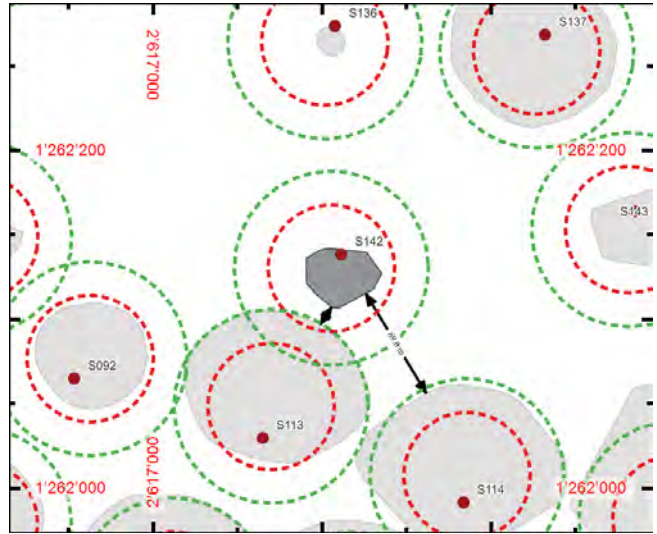
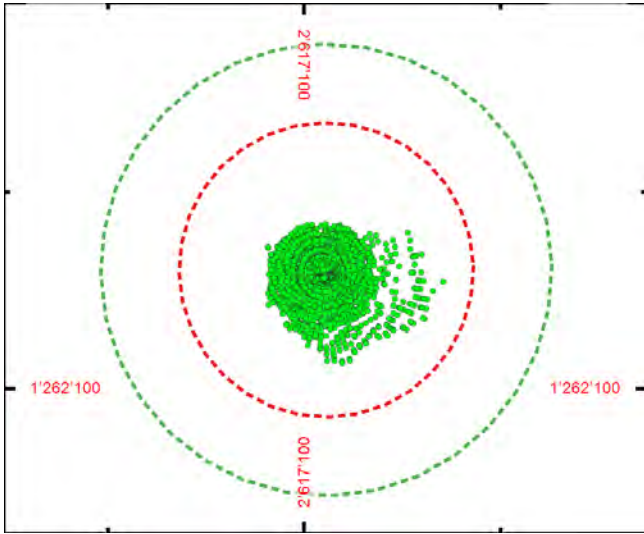
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



**Koordinaten:** E 2'617'111.40 m, N 1'262'138.30 m **OKT:** 419.00 m ü.M. **Endteufe:** 385.00 m **Solfeld:** Grosszinggibrunn - Etappe II

**Bohrlochtyp:** Produktionsbohrung **Bohrbeginn:** 17.07.2012 **Bohrende:** 17.07.2012 **Bohrfirma:** Daldrup & Söhne AG, Baar



**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Pufferzonen Kaverne**

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

**Kavernengeometrie / -vermessung**

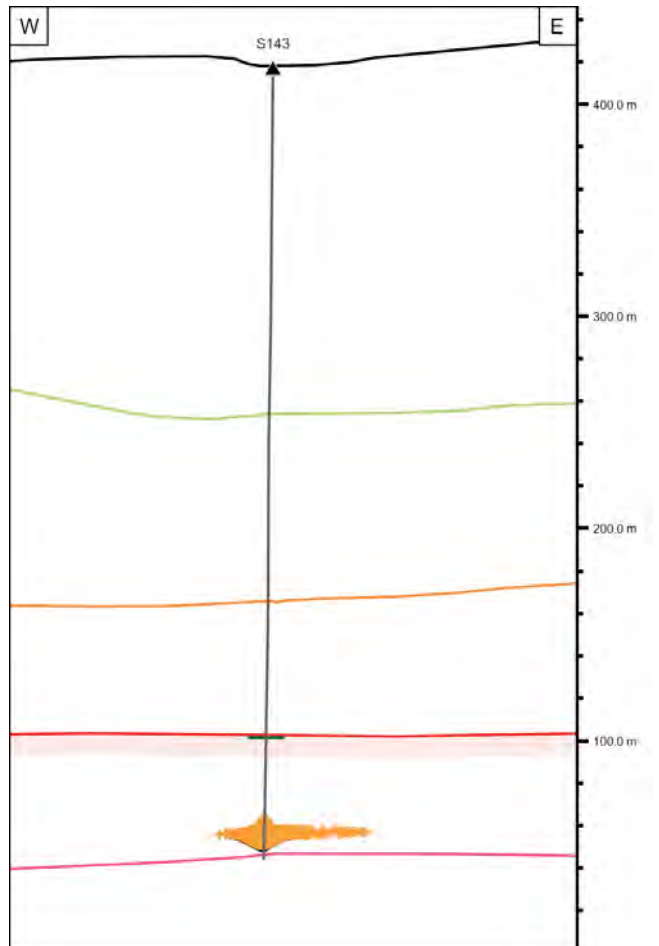
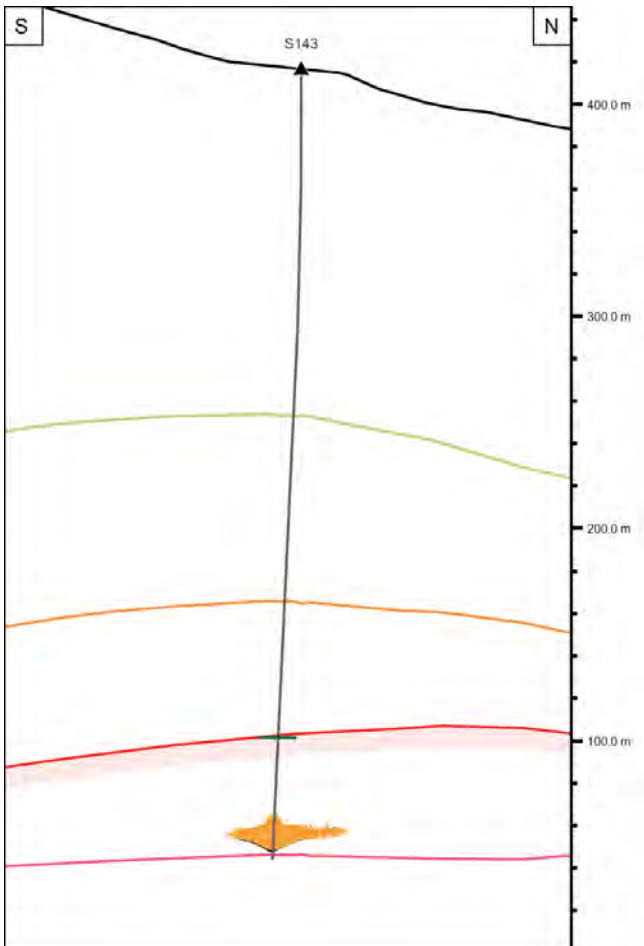
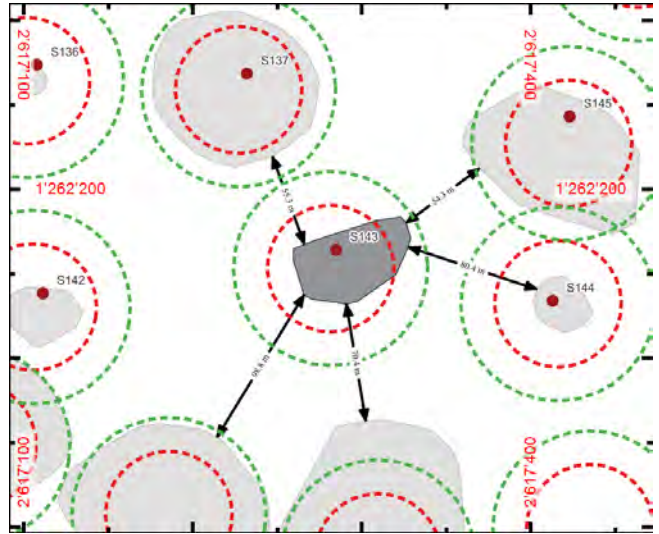
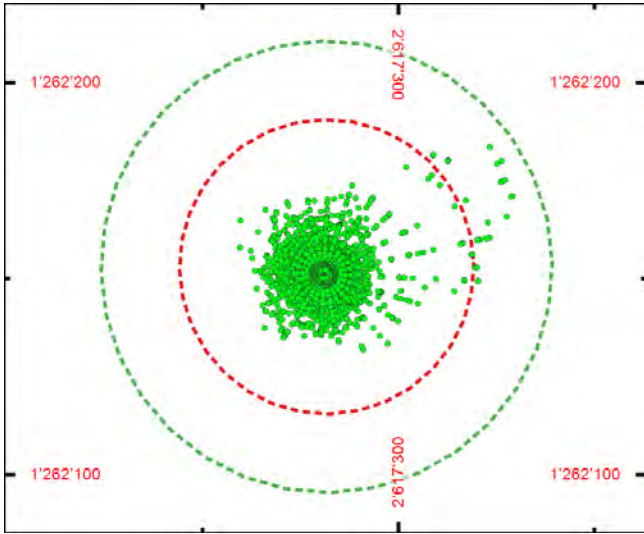
- + + + + + Vermessungskampagne (neu -> alt)

**Geologie / Bohrung**

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

Koordinaten: E 2'617'285.03 m, N 1'262'163.89 m OKT: 416.00 m ü.M. Endteufe: 372.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 13.03.2012 Bohrende: 13.03.2012 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

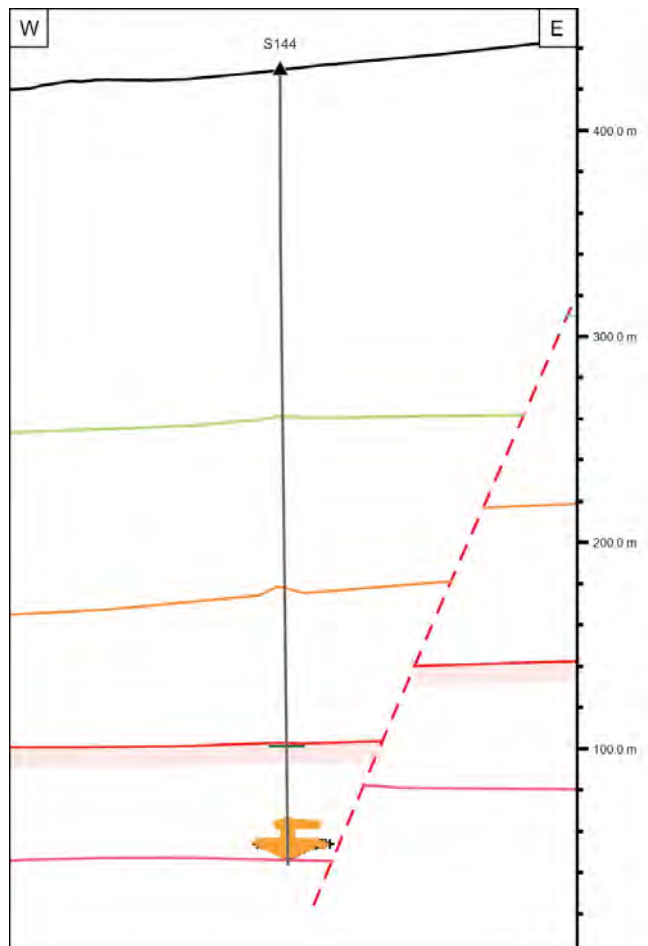
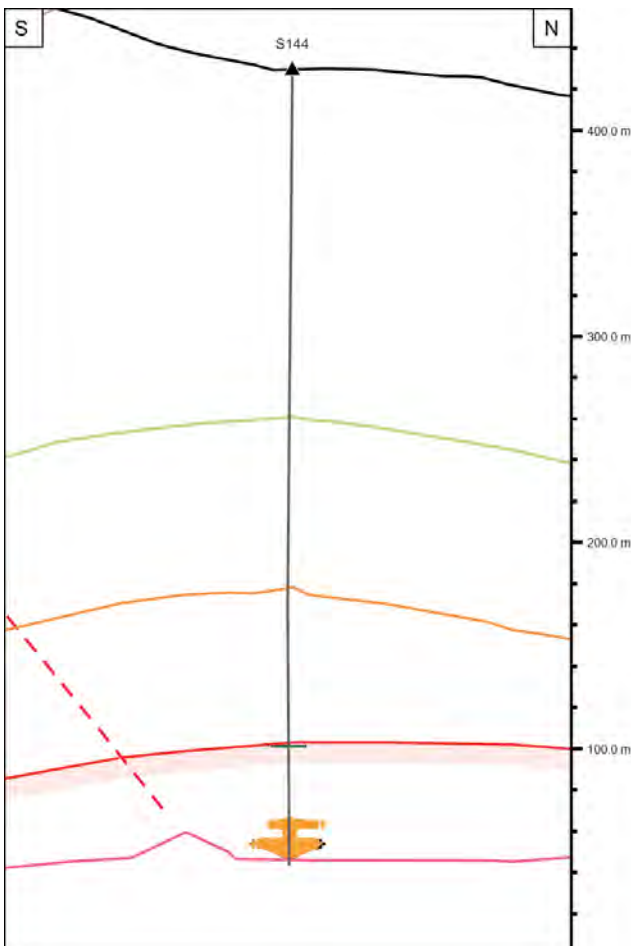
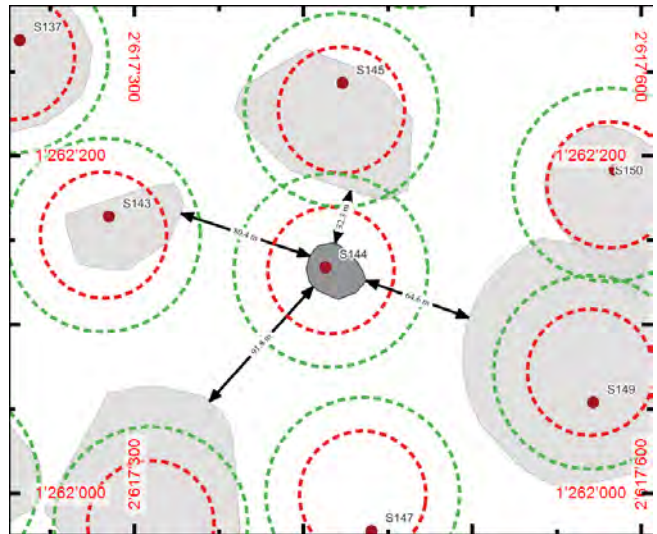
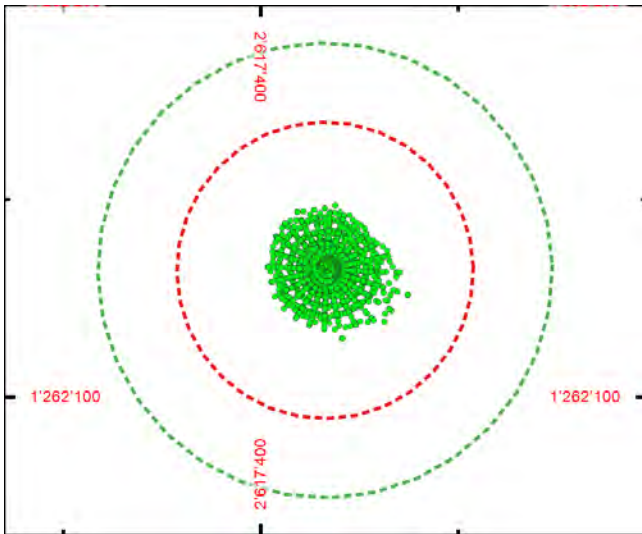
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'413.25 m, N 1'262'133.76 m OKT: 429.00 m ü.M. Endteufe: 385.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 03.05.2012 Bohrende: 03.05.2012 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

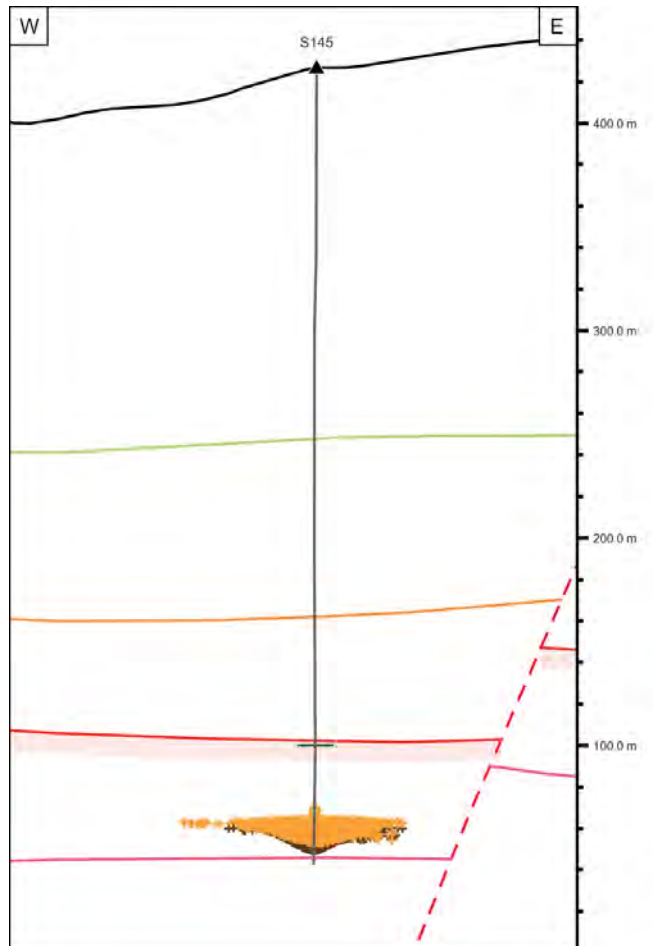
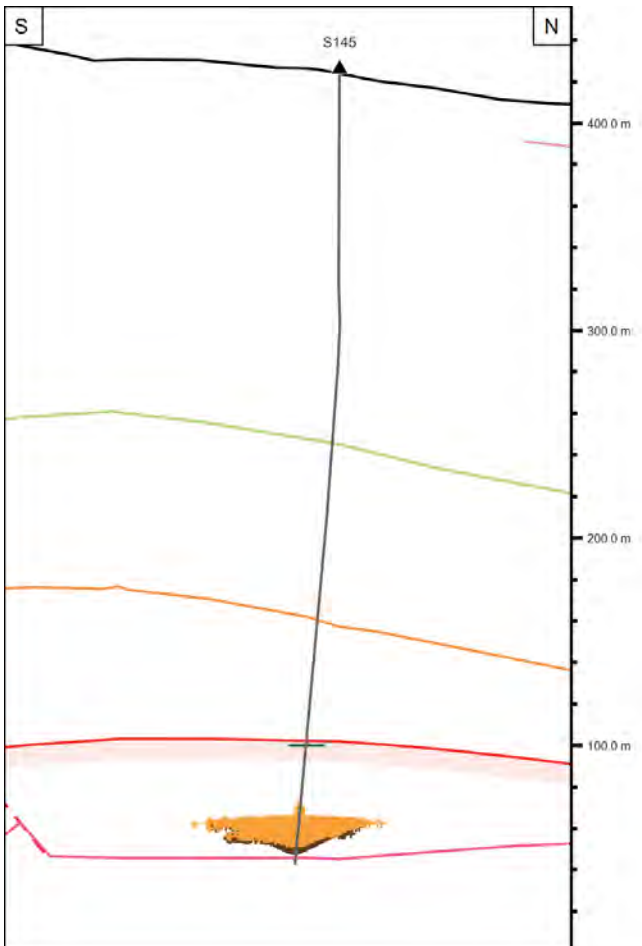
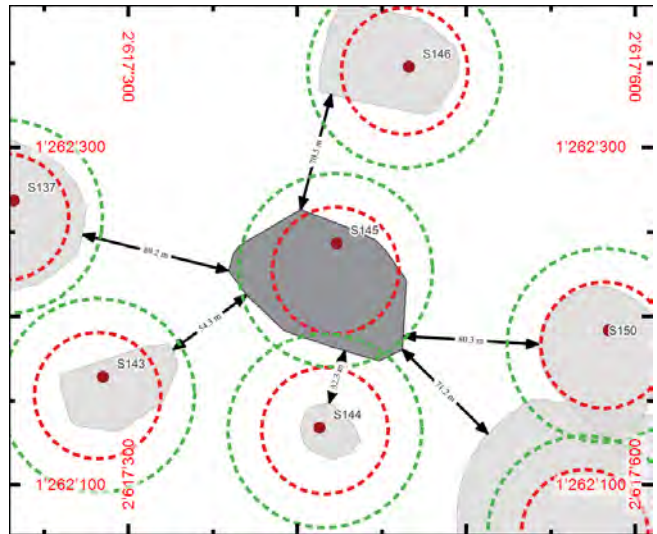
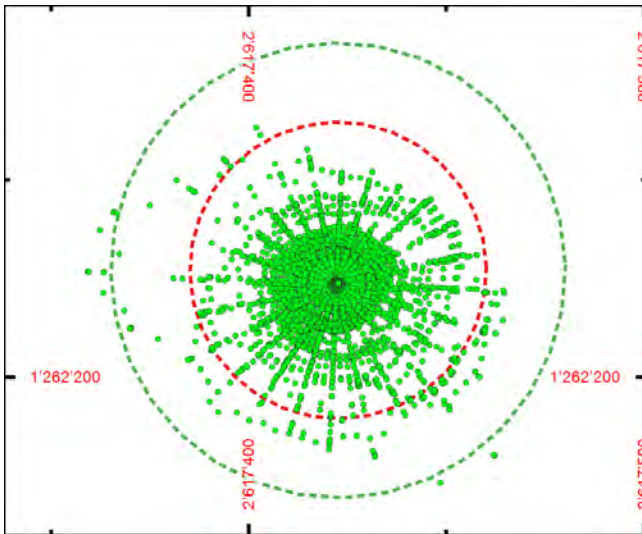
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

Koordinaten: E 2°17'423.31 m, N 1°262'243.05 m OKT: 426.00 m ü.M. Endteufe: 384.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 02.02.2013 Bohrende: 02.02.2013 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

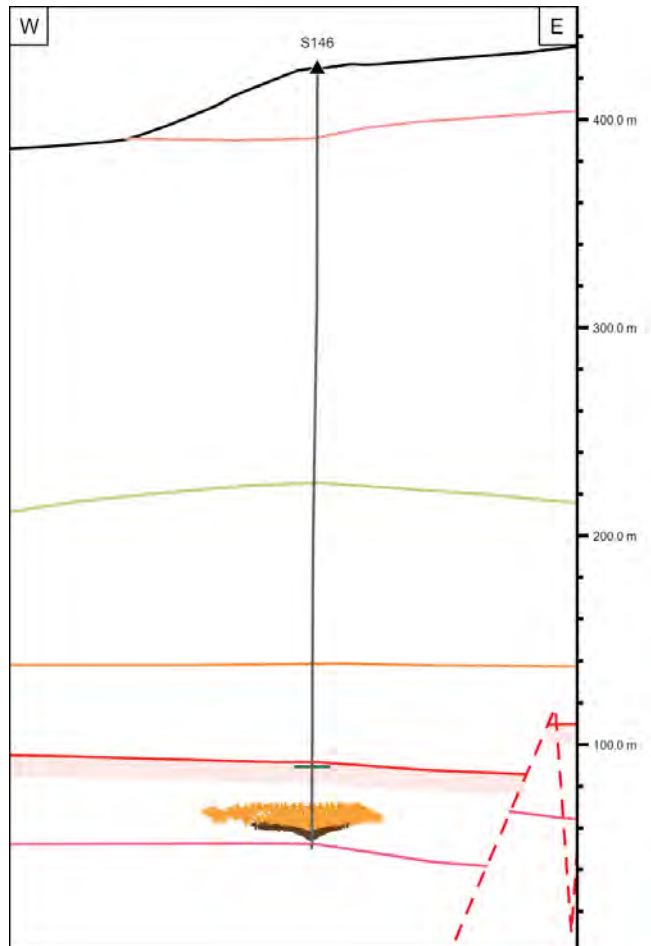
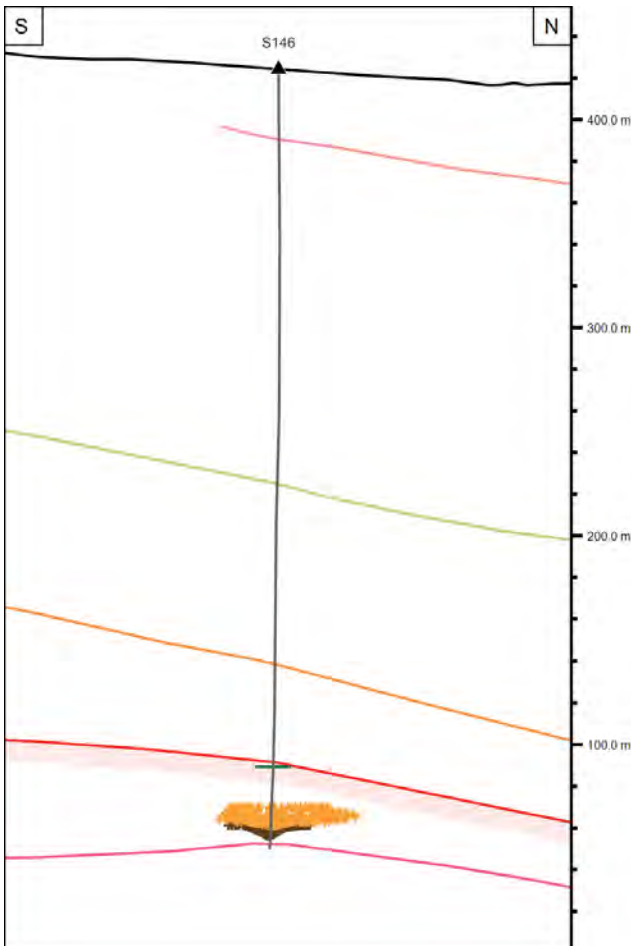
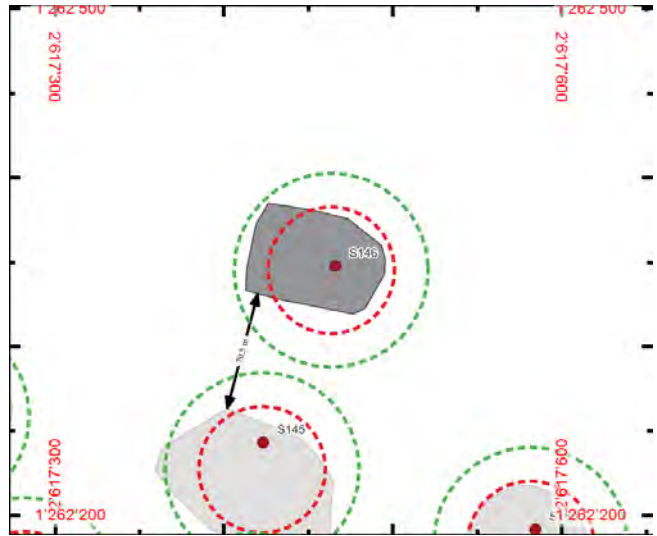
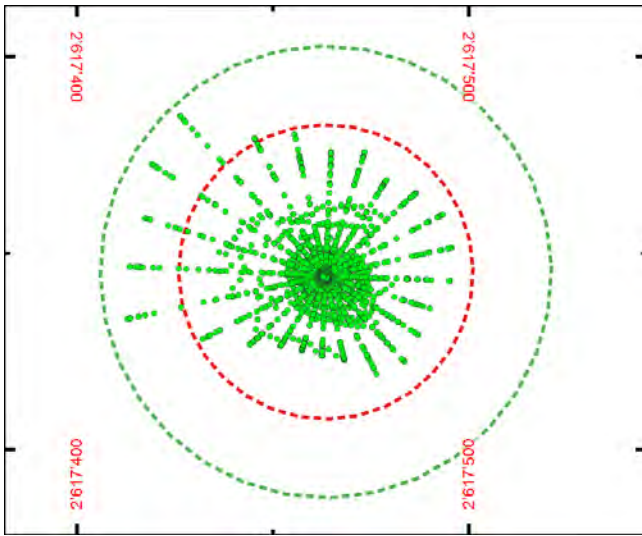
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'466.09 m, N 1'262'347.63 m OKT: 424.00 m ü.M. Endteufe: 374.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 16.02.2012 Bohrende: 16.02.2012 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

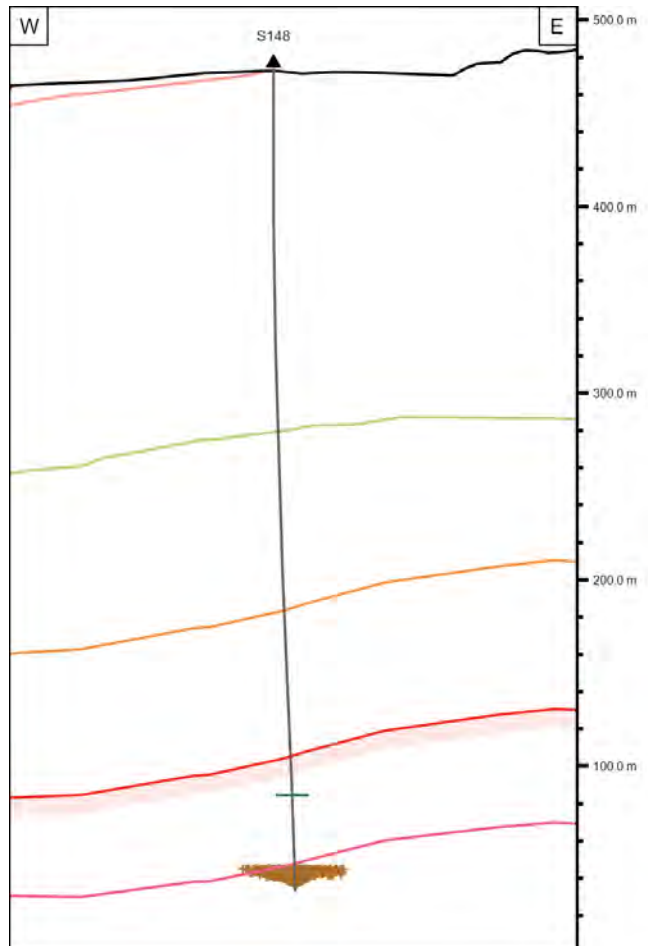
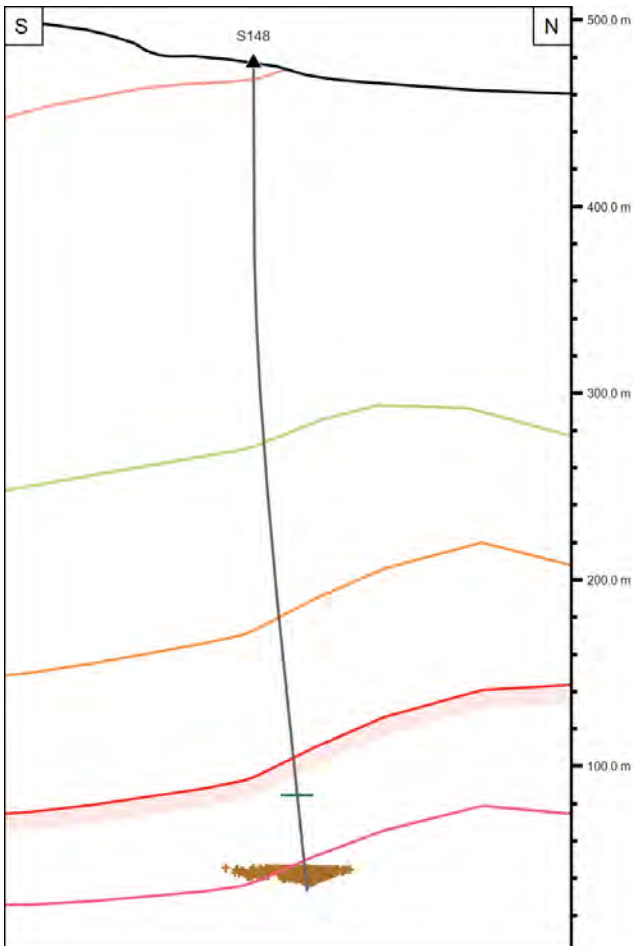
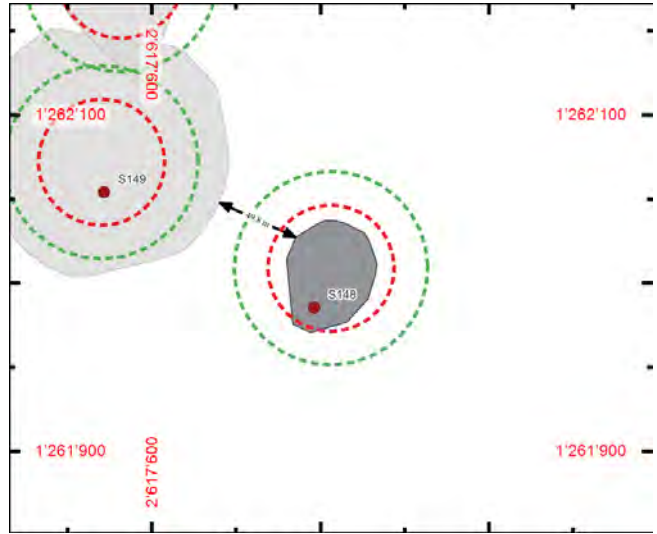
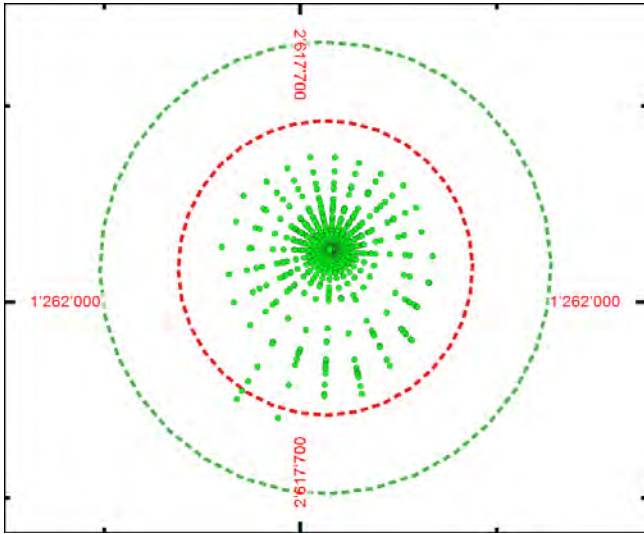
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

Koordinaten: E 2'617'696.50 m, N 1'261'985.15 m OKT: 477.00 m ü.M. Endteufe: 445.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 03.07.2011 Bohrende: 03.07.2011 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

- ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ Vermessungskampagne (neu -> alt)

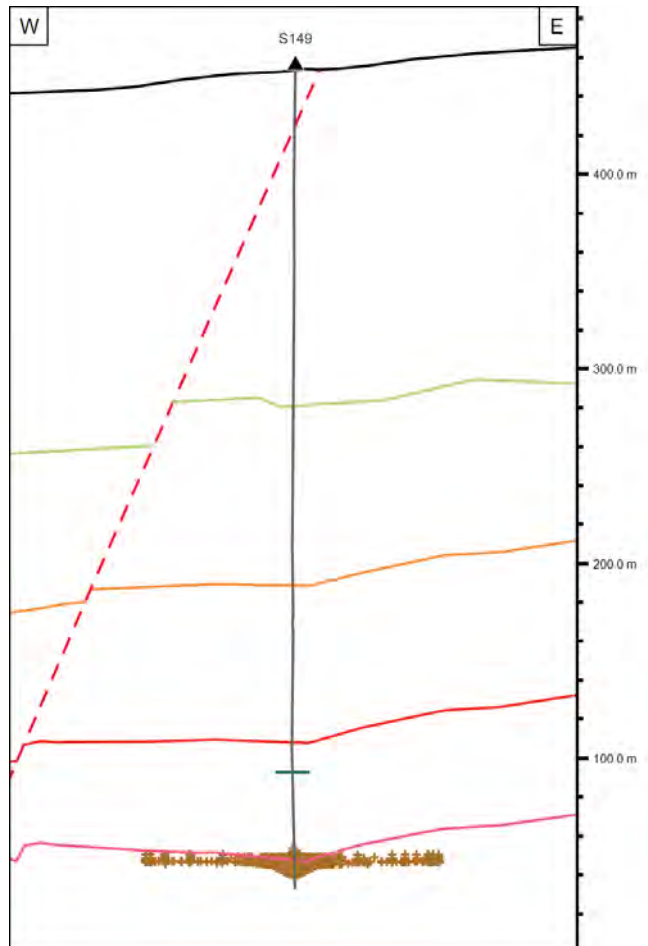
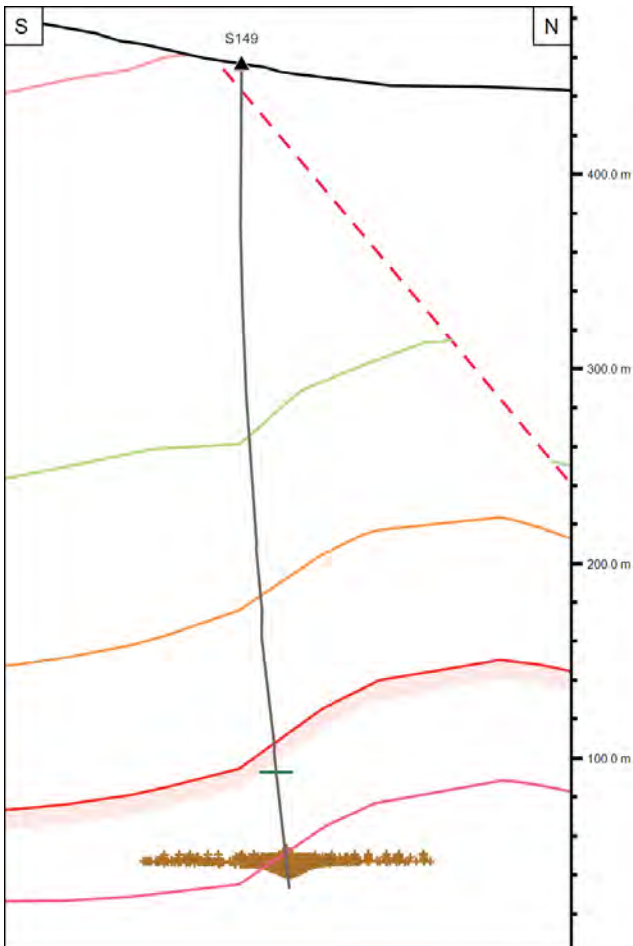
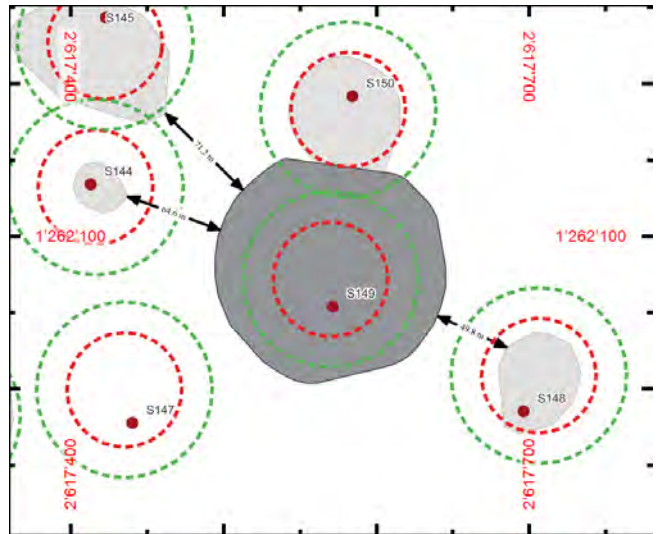
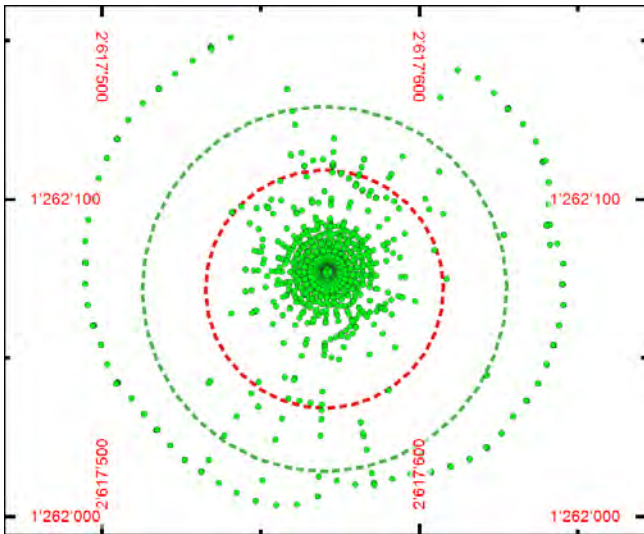
Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe



Koordinaten: E 2'617'571.72 m, N 1'262'053.79 m OKT: 456.00 m ü.M. Endteufe: 424.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 07.11.2012 Bohrende: 07.11.2012 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

Kavernengeometrie / -vermessung

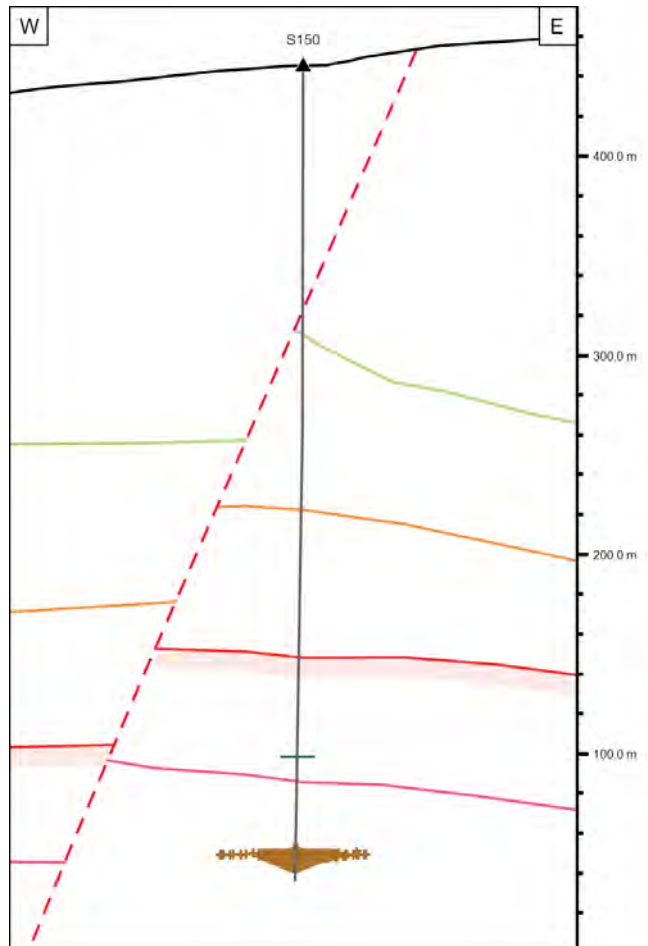
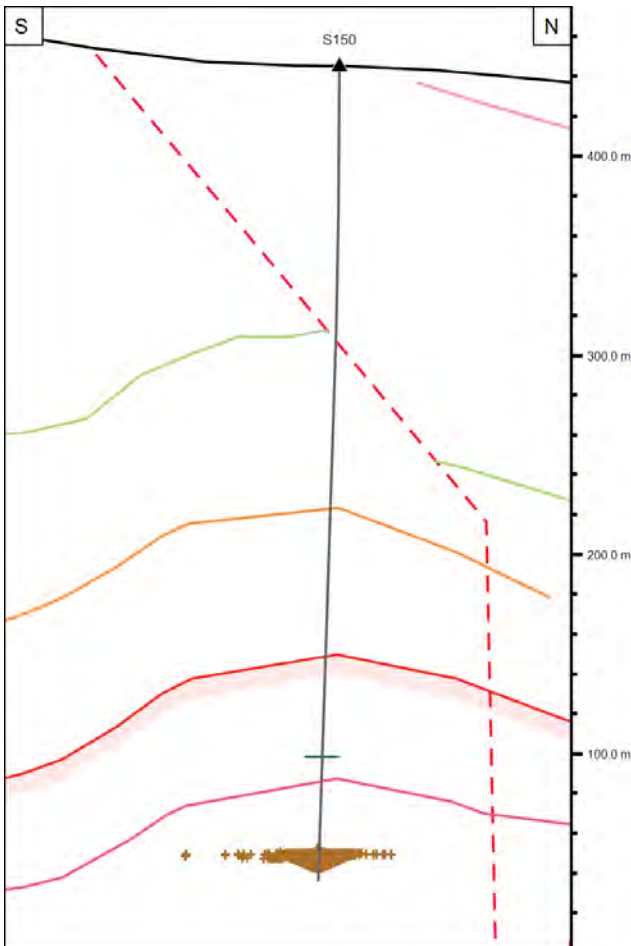
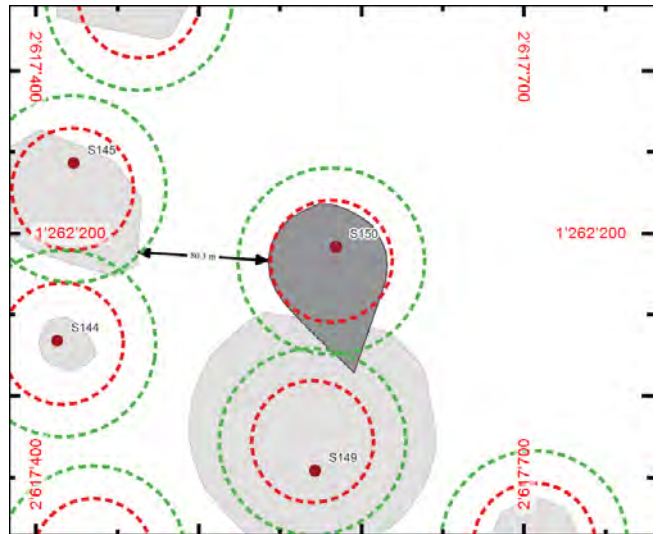
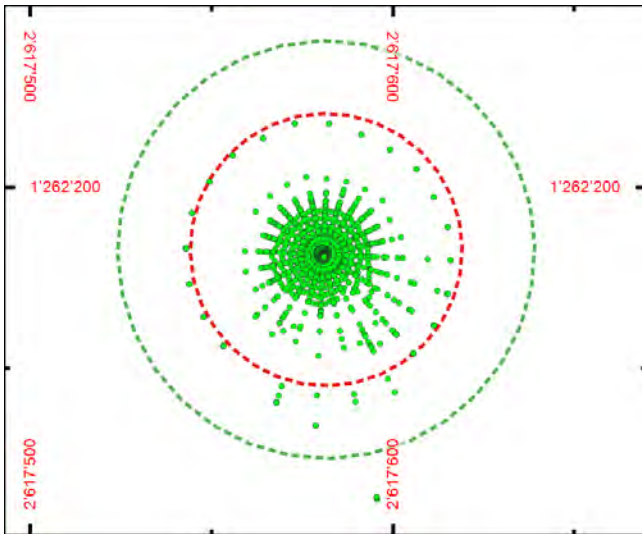
- +++++ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe

Koordinaten: E 2'617'584.54 m, N 1'262'191.52 m OKT: 445.00 m ü.M. Endteufe: 409.00 m Solfeld: Grosszinggibrunn - Etappe II

Bohrlochtyp: Produktionsbohrung Bohrbeginn: 17.11.2012 Bohrende: 17.11.2012 Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG, Baar



Legende

Salzschwebe

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

Pufferzonen Kaverne

- maximale Ausdehnung (Ø 75m)
- minimaler Abstand (Ø 115m)

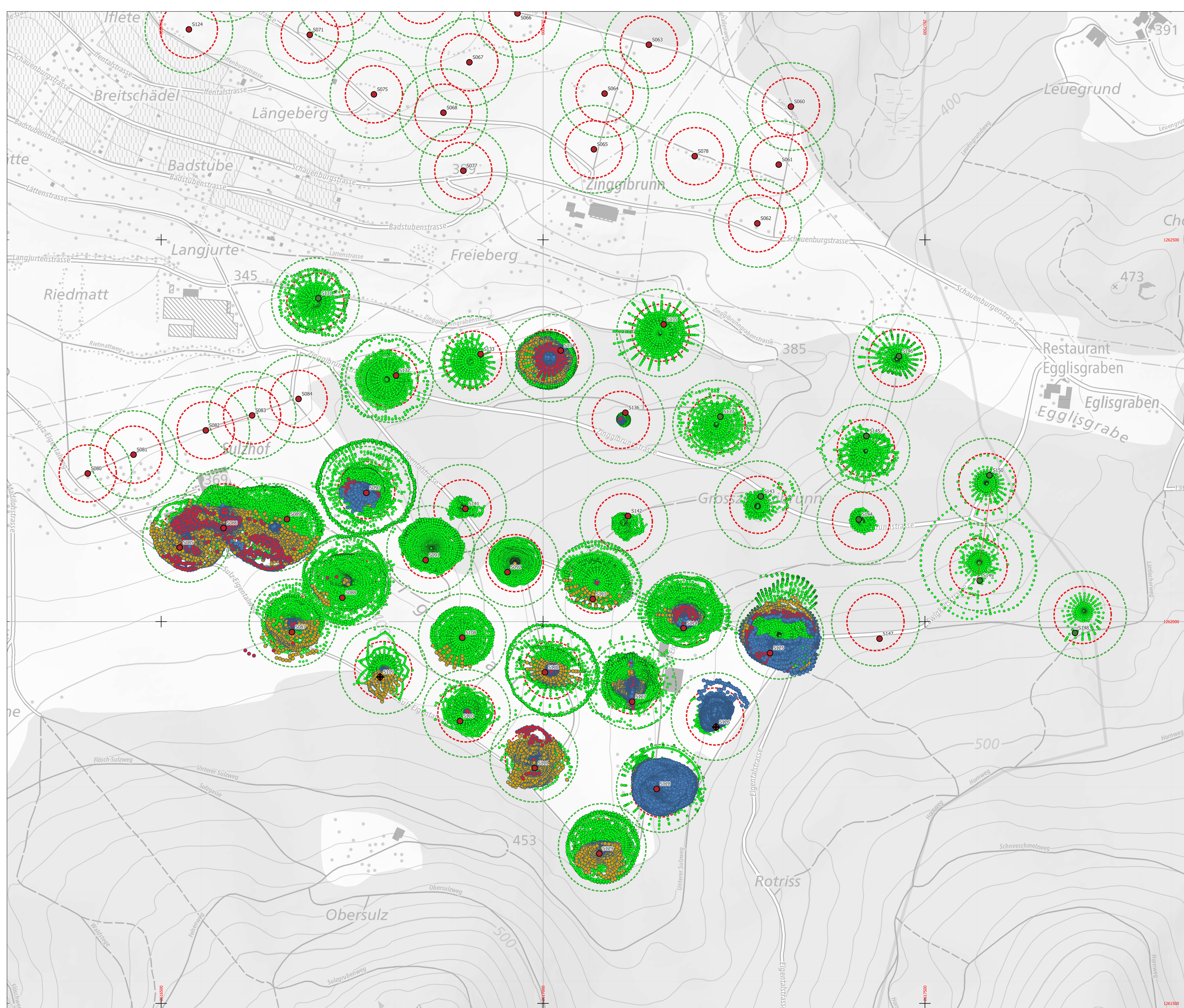
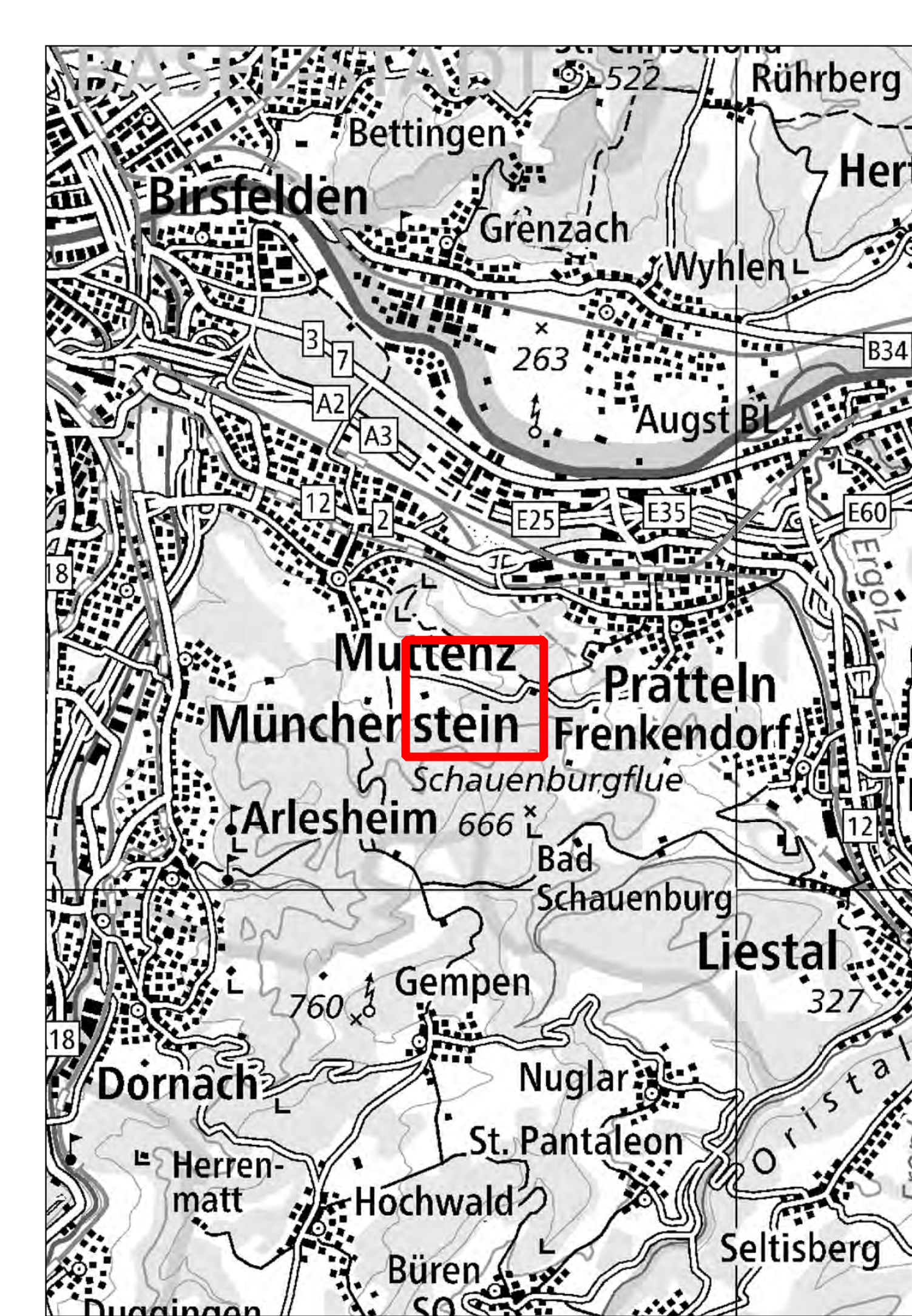
Kavernengeometrie / -vermessung

- ★ ★ ★ ★ ★ Vermessungskampagne (neu -> alt)

Geologie / Bohrung

- Top Keuper
- Top „Muschelkalk“
- Top Obere Sulfatzone
- Sicherheitsschwebe (10 m)
- Top Salzlager
- Basis Salzlager
- - - Bruch, vermutet
- Rohrschuh-Teufe





**Legende**

**Salzschwebe**

- < 0 m
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- > 10 m

**Produktionsbohrung**

- inaktiv
- aktiv

**Teilverbruch**

- +

**Abstands- & Grössenpuffer (relativ zum Rohrschuh)**

- 115 m Puffer (Durchmesser, min. Abstand Nachbarkaverne)
- 75 m Puffer (Durchmesser, max. Kavernengrösse)

Schweizer Salinen AG

**Solfeld Grosszinggibrunn/ Sulz**

**Kavernenbeurteilung**

**Kavernenvermessung mit Salzscheibe**

1:1'500

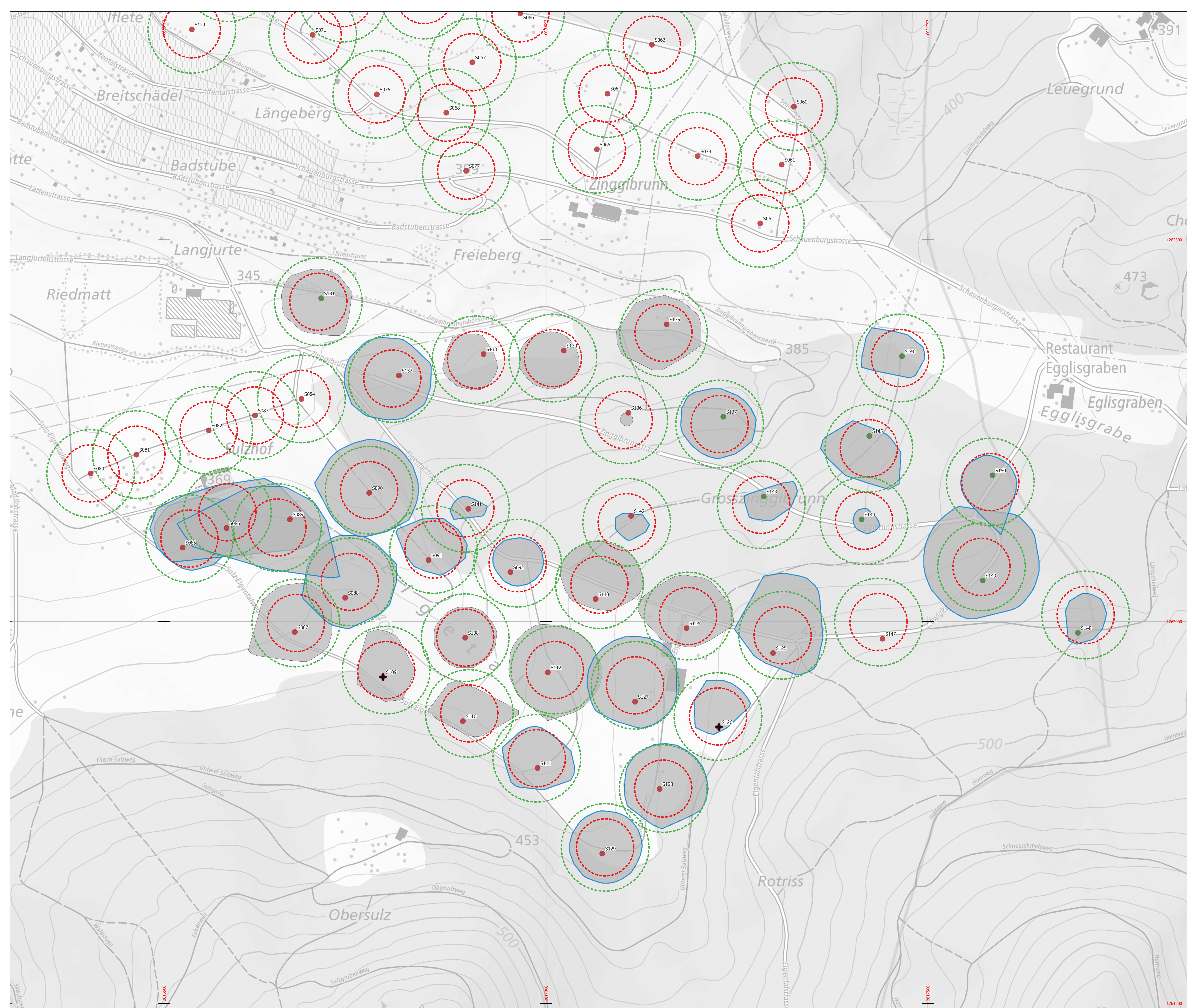
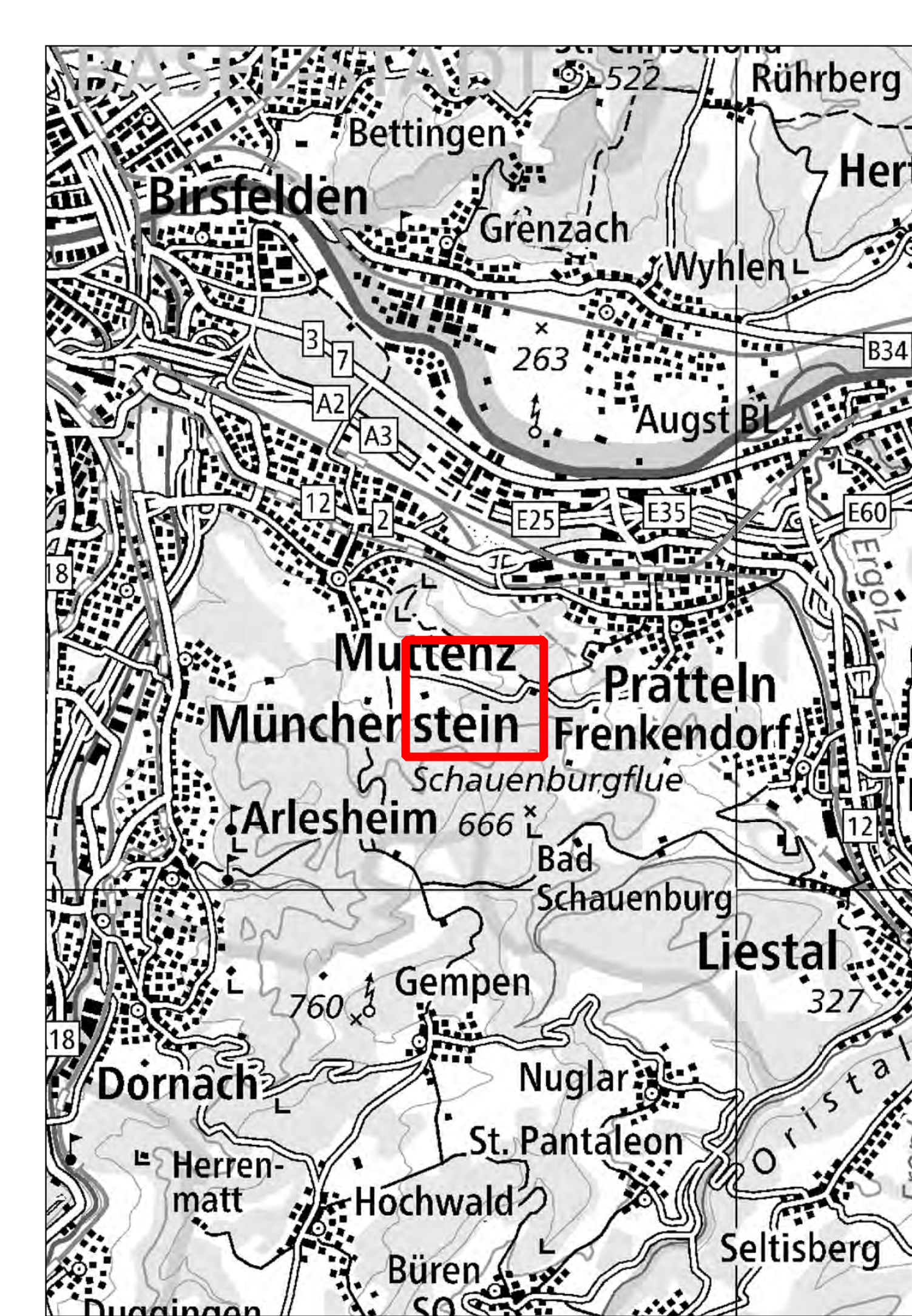
Anzahl	Rev.	Datum	Bezeichnung der Änderung	Ge.	Pl.	Skt.
27.20.047		04.10.2022				
Murtenschwand, Bohrfeldintegrität, Grosszinggibrunn						

**GEOTEST** GEOL. INGENIEUR- u. GEOPHYSIKER / GEODÄSIE

GEOTEST AG  
FRIEDLIGENPLATZ 23  
CH-5400 VERNIEREN  
T +41 (0)41 306 81 00  
F +41 (0)41 306 81 10  
info@geotest.ch  
www.geotest.ch

Formal: DIN EN ISO 9001  
Firmenname: Geotest AG, Schweiz  
DIN EN ISO 9001





**Legende**

- Maximale Kavernenausdehnung (letzte Hohlräumvermessung)
- Maximale Kavernenausdehnung (Hohlräumvermessung Messkampagne 21/22)
- Produktionsbohrung**
- inaktiv
- aktiv
- Teilverbruch
- Abstands- & Grössenpuffer (relativ zum Rohrschuh)**
- 115 m Puffer (Durchmesser, min. Abstand Nachbarkaverne)
- 75 m Puffer (Durchmesser, max. Kavernengrösse)

0 75 150 m

Schweizer Salinen AG

**Solfeld Grosszinggibrunn/ Sulz**

**Kavernenbeurteilung**

**Maximale Kavernenausdehnung (Draufsicht)**

1:1'500

Antrag	Nr.	Datum	Bezeichnung der Änderung	Ge.	Pl.	StB
27.20.047		30.09.2022				
Muttens, Bohrfeldintegrität, Grosszinggibrunn						

GEOTEST AG  
 FRIEDLÄNDERPLATZ 23  
 CH-5000 WIL  
 T +41 (0)51 306 81 00  
 F +41 (0)51 306 81 10  
 info@geotest.ch  
 www.geotest.ch

Formel: DIN EN 911-01  
 FÜR: Kartographie, GIS, Vermessung, 3D-Modellierung, etc.  
 DWA-Nr.:



# Aktennotiz

Autor  
AFRY Schweiz AG  
Phone

Empfänger  
Geotest AG

Mobile

E-Mail  
peter.kirchhofer@afry.com  
Date  
13/10/2022

Status: Entwurf ohne abgeschlossenes internes Review seitens AFRY

## Gebirgsmechanische Modellierungen

### 1 Einleitung

#### 1.1 Auftrag

AFRY Schweiz AG stellt Geotest AG eine Zusammenstellung der Informationen, Daten und Analysen zur Verfügung, die bis zum 12.10.2022 durchgeführt wurden. Diese Zusammenstellung enthält die Annahmen, die vorhandenen Ergebnisse und die nächsten Schritte der gebirgsmechanischen Modellierung, die für das Bohrloch S126 durchgeführt wurde.

### 2 Grundlagen

- Geotest AG, (2022): Excel-Tabelle: Gebirgskennwerte elasto-plastisch final.
- Geotechnisches Institut, (2021): Geologische Profile Sulz GZB Beilage 3.
- Solexperts GmbH, (2020): Hydraulic fracturing Gebirgsspannungsmessungen in der Erkundungsbohrung S156 – Rütihard.
- Socon GmbH, (2022): Echo-Log Sulz S126.
- Geotest AG, (2022): Aktennotiz – S126 Kavernenvermessung.
- Geotest AG, (2020): Aktennotiz – Grosszinggibrunn, Sulz: Undichtigkeiten und Verbindungen zwischen Kavernen – aktueller Kenntnisstand.
- Hauber, L., (1987): Geologischer Bericht über den Einsturztrichter im Neuland (Gde. Rheinfelden) vom 6.12.1986.
- Hauber, L., (1986): Der Einsturztrichter an der Kantonsstrasse Rheinfelden – Möhlin aus der Sicht des Geologen.
- Gruner AG, (2014): Einsturz bei R31.
- Arnet, M., Geotest AG, persönliche Kommunikation, 13.07.2022: Kavernendurchmesser der S126 vor Verbruch.
- Geotest AG, (2022): Factsheet S126
- IUB GmbH, (2013): Gutachterliche Stellungnahme zum Bruchverhalten der Kavernen beim Überschreiten der Auslegungsdaten.



## Aktennotiz

### 2.1 Annahmen

Für die Analyse des mechanischen Verhaltens der Bohrung S126 und deren Verbruch werden verschiedene Annahmen getroffen, die in den nächsten Abschnitten beschrieben werden.

#### 2.1.1 Untersuchungsmethodologie

Das Hauptziel der Untersuchung ist, ein erweitertes Verständnis zum Verhalten des Systems unter Berücksichtigung verschiedener Abbaustadien und variablen In-Situ-Bedingungen zu erlangen.

Darüber hinaus wird eine mögliche Aussage über die Beeinträchtigung und eventuell über die Stabilität der Gesteinsschichten innerhalb und oberhalb des Hauptmuschelkalks und deren mögliche Auswirkungen auf die Oberfläche angestrebt.

Die Untersuchungen werden mit den folgenden Ansätzen durchgeführt:

1. Qualitative Analyse anhand der Erstellung von Gefährdungsbildern.
2. Systematische Untersuchung mit Hilfe von numerischen Modellen.

#### 2.1.2 Geometrie

Abbildung 2-1 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Gebirges. Die Darstellung ist gleichzeitig auch die Basis für das axisymmetrische FE-Modell. Es enthält 19 Gesteinsschichten über eine Höhe von 450 m. Die Modellbreite beträgt 200 m – entspricht real 400 m. Die Kavernenbreite im Modell beträgt maximal 50 m – real 100 m., was dem Vierfachen der maximalen Kavernenbreite von 50 m entspricht. Die Symmetrieachse des axisymmetrischen Modells ist der linke Rand.

Die Anzahl und Mächtigkeit der geologischen Schichten im Bereich der S126 wurden ähnlich der vorgefundenen Anzahl und der Mächtigkeiten der Schichtungen der Bohrung S072 angenommen.

Die Abbildung stellt den Zustand dar, in dem sowohl die Kaverne als auch die Schweben abgebaut sind. Die angedeuteten 4 Sektoren werden für die Bearbeitung der unterschiedlichen Abbauszenarien verwendet, siehe Abschnitt 2.2.3.2. Die Mächtigkeit der Schweben beträgt 5 m.



## Aktennotiz

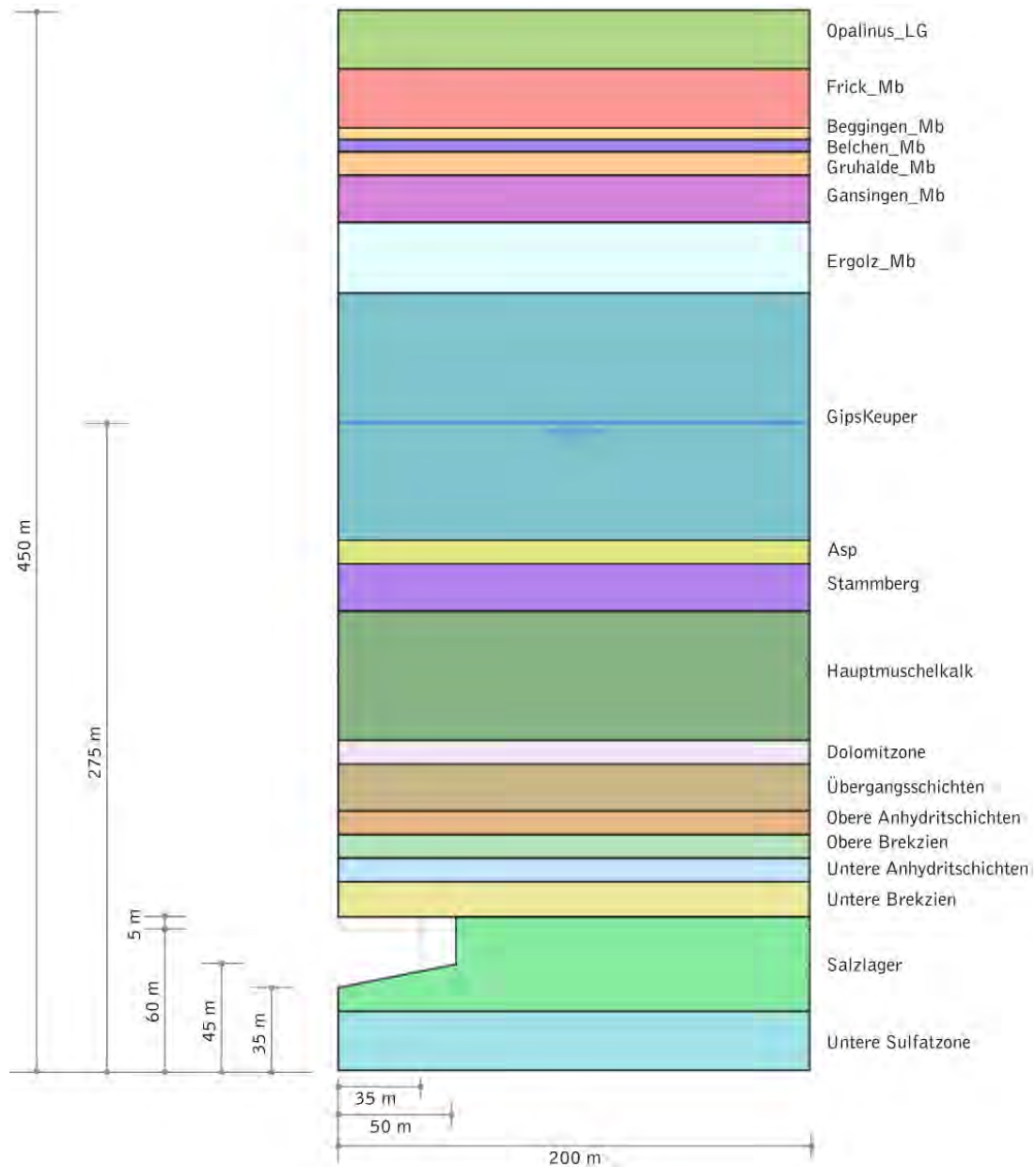


Abbildung 2-1: Analyisierte Geometrie

### 2.1.3 Gebirgsparameter

AFRY wurde von Geotest eine Tabelle mit den Gesteinsparametern der meisten Gesteinsschichten gemäss Abbildung 2-1 zur Verfügung gestellt. Sie repräsentieren die Bandbreite der Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften auf der Skala «Handstück» oder «Laborprobe». Diese Werte wurden in Gebirgsparameter übertragen, um die Eigenschaften auf Skala «Kaverne» oder «Gebirge» zu repräsentieren. Dazu wurde das GSI-Verfahren angewandt, wobei AFRY in erster Näherung den GSI (Geological Strength Index) anhand der Beschreibung des Gebirges geschätzt hat. Die Werte wurden Geotest zur Prüfung übermittelt – siehe unten.



## Aktennotiz

1. GSI gemäss AFRY
  - a. Als Indexwerte betrachtet => best Guess GSI bei mittlerem Bereich der Festigkeit und Steifigkeit (eher konservativ)
  - b. Als Minimalwerte betrachtet => best Guess GSI bei unterem Bereich der Festigkeit und Steifigkeit (sehr konservativ und eigentlich nicht zulässig)
2. GSI gemäss Geotest
  - a. Als Indexwerte betrachtet => gem. Geotest abgeänderter GSI bei mittlerem Bereich der Festigkeit und Steifigkeit (eher konservativ)

Die Parametersets wurden in der Projektierungssitzung PS1 vom 14.09.2022 und im Sprint vom 26.09.2022 vorgestellt und von Geotest bestätigt. Die verwendeten Kennwerte sind in Anhang A zusammengefasst.

### 2.1.4 Grundwasser

Der Grundwasserspiegel wurde erst auf einer Lage von 235 m ü.M. angesetzt. Gemäss Rückmeldung von Geotest vom 16.09.2022 wurde der Grundwasserspiegel auf eine Lage von 275 m ü.M. korrigiert.

Es wurde keine Analyse des Wasserflusses in die Kaverne durchgeführt. Dies bedeutet, dass die Wasserdrücke unter hydrostatischen Bedingungen definiert und für alle durchgeführten Analysen konstant gehalten werden.

### 2.1.5 Kaverneninnendruck

Der Kaverneninnendruck wurde im Modell über die Wasserspiegellage und die Flüssigkeitsdichte definiert. Die Lage Wasserspiegellage wurde bei 235 m ü.M und bei 275 m ü.M angenommen (siehe auch oben).

Die Flüssigkeitsdichte wurde variiert:

- Dichte für Wasser ( $1'000 \text{ kg/m}^3$ )
- Dichte von der Solflüssigkeit ( $1'200 \text{ kg/m}^3$ )

Die Analyse mit den unterschiedlichen Dichten wurden nur für die Wasserspiegellage 275 m ü.M durchgeführt.

## 2.2 Vorgehen

### 2.2.1 Gefährdungsbilder

Um ein Verständnis für das Verhalten des Deckgebirges zu bekommen, wurden mehrere Gefährdungsbilder beschrieben.

Für die Erstellung der Gefährdungen wurden 12 Gefährdungstypen definiert, die teilweise oder vollständig auf jedes der Gefährdungsbilder anwendbar sind. Ausserdem werden für jedes Gefährdungsbild sowohl die Ursache als auch die Wirkung analysiert.

### 2.2.2 Verfüllung Hohlraum

Eine einfache Verfüllungsberechnung wurde durchgeführt. Dafür wurde von einer leeren, radialsymmetrischen Kaverne mit Radius 50 m ohne Salzscheibe ausgegangen, von der aus sich ein kaminartiger Verbruch in vertikaler Richtung ausbreitet.



## Aktennotiz

### 2.2.3 2D-Modellierungen

Als erste Annahme wurde davon ausgegangen, dass das System mit einem zweidimensionalen und axisymmetrischen Modell genügend genau beschrieben werden kann. Für die Berechnungen anhand der Methode der finiten Elemente (FEM) wurde das Programm PLAXIS V22 verwendet. Darüber hinaus wurden Verifikationsberechnungen anhand der Methode der finiten Differenzen (FDM) mit der Software FLAC V8.1 durchgeführt.

#### 2.2.3.1 Einfluss des initialen Spannungszustandes

In einem ersten Schritt wurde für den initialen Spannungszustand  $K_0$  von 0.5 bis 3.0 variiert. Dabei wird klar, dass bei den gegebenen Gebirgsfestigkeiten ab einem  $K_0 > 2.0$  für die schwachen Gesteinsschichten plastische Zonen ausbilden => die Gebirgsfestigkeit ist bereits im initialen Spannungszustand überschritten. Demnach stellt  $K_0 > 2.0$  keine plausible Arbeitshypothese dar. Die weiteren Berechnungen wurden im Spannungsraum  $K_0 = 1.0 - 2.0$  durchgeführt.  $K_0$  wurde pauschal auf alle Schichten im Modell gleich angewandt.

Im axisymmetrischen Modell sind die zwei horizontalen Spannungen identisch.

#### 2.2.3.2 Einfluss der Vergrößerung der Kavernen

Der Einfluss der Verbreiterung der Kaverne von 35 m auf 50 m Radius wurde ebenso untersucht wie der mögliche Verlust der Salzscheibe. Die finale Kavernengeometrie ergibt sich aus dem angenommenen Verbruchverlauf. Drei Verbruchsszenarien werden untersucht:

##### 1. Verbruchsszenario:

- Abbau Kaverne bis Radius 35 m
- Abbau Kaverne bis Radius 50 m
- Abbau Salzscheibe bis Radius 50 m

##### 2. Verbruchsszenario:

- Abbau Kaverne bis Radius 35 m
- Abbau Salzscheibe bis Radius 35 m
- Abbau Kaverne bis Radius 50 m
- Abbau restliche Salzscheibe bis Radius 50 m

##### 3. Verbruchsszenario:

- Abbau Kaverne inkl. Salzscheibe bis Radius 50 m in einem Schritt

#### 2.2.3.3 Einfluss des Stützdrucks in den Kavernen

Nach der Ausbeutung der Salinen wird eine zusätzliche Stützung durch die Versatzflüssigkeit geboten, die zur Stützung der Salinen verwendet wird.

Um den Einfluss des Stützdrucks zu untersuchen, wurden zwei Dichten der Füllflüssigkeit untersucht.

- Dichte von  $1'000 \text{ kg/m}^3$  - Kaverne ausschliesslich mit Süswasser gefüllt
- Dichte von  $1'200 \text{ kg/m}^3$  - Kaverne mit Salzlösung gefüllt



## Aktennotiz

In beiden Fällen wurde angenommen, dass der Flüssigkeitsspiegel dem Grundwasserspiegel entspricht, der auf 275 m ü.M. angesetzt wurde.

### 2.3 Ergebnisse

#### 2.3.1 Gefährdungsbilder

Vierzehn Gefährdungsbilder wurden definiert, die in Tabelle 2-1 zusammengefasst sind.

Die massgebenden Gefährdungsbilder wurden in Absprache mit Geotest zu «Niederbruch» aufgrund von Ablösungen und «Entfestigung» aufgrund von Wasserzutritt definiert.

#### 2.3.2 Verfüllung Hohlraum

Zusätzlich wurde eine einfache Verfüllungsberechnung gemacht. Dafür wurde von einer leeren, radialsymmetrischen Kaverne mit Radius 50 m, ohne Salzscheibe ausgegangen, von der aus sich ein kaminartiger Verbruch Richtung OKT ausbreitet.

- Es zeigt sich, dass sich der Hohlraum durch das niederbrechende Material mit einem Auflockerungsfaktor von 1.1 im Bereich des Gips-Keupers selbst verfüllt.
- Mit einem Auflockerungsfaktor von 1.2 verfüllt sich der Hohlraum früher, im Bereich des Hauptmuschelkalks.

Es bleibt anzumerken, dass in Lösung abgelagertes und aufgelockertes Material im Vergleich zum Ursprungszustand einen deutlich geringeren Stützdruck aufbaut.

#### 2.3.3 2-D Numerische Modellierung

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der 80 Simulationen ist in Anhang B enthalten. Sie sind je nach Art des Kavernenerweiterungsverfahrens in Spalten unterteilt, wie in Abschnitt 2.2.3.2 beschrieben. Jedes dieser Verfahren wurde dann in die entsprechende Anzahl von Phasen unterteilt. Vertikal sind sie entsprechend der Dichte der Flüssigkeit in der Kaverne unterteilt.

Pro Phase werden drei Ergebnisse präsentiert: der nach der c-phi-Reduktionsmethode berechnete Sicherheitsfaktor (FoS), die vertikale Verformung am oberen Ende der Kaverne und schliesslich die Ausdehnung der Plastifizierungszone in m ü.M.

Für die Szenarien, die von einer zunehmenden Kavernengrösse ausgehen, wird ein nahezu linearer Anstieg der vertikalen Verformung der Kaverne mit zunehmender anfänglicher Seitenspannung beobachtet. Die Verformung bei einem Kavernenradius von 50 m ist knapp doppelt so gross wie bei einem Kavernenradius von 35 m. Sobald die Salzscheibe entfernt ist, liegt die Verformung beim Doppelten der Ausgangssituation.

Für das Szenario, bei dem angenommen wurde, dass sich die Kaverne in einem einzigen Schritt auf 50 m (ohne Scheibe) entwickelt (totaler Ausbruch), ist der Trend nicht linear, und der maximale Verformungswert ist sogar niedriger als bei einer Kaverne mit einem Radius von nur 35 m.



## Aktennotiz

In allen Fällen erstreckt sich die plastische Zone bis auf eine ähnliche Lage, z.B. bei  $K_0 = 2.0 \Rightarrow$  Ausdehnung bis 130 m ü.M. Dort befindet sich ungefähr die Abgrenzung zwischen den Übergangsschichten und der Dolomitzone.

Die Berechnungen zeigen, dass der FoS stark vom Versagensmechanismus gesteuert wird. Die Erhöhung des Stützdrucks bewirkt, dass die Schwebelast mehrheitlich in elastischem Zustand verbleibt. Dadurch versagt das Gebirge auf Abscheren und nicht auf Zug. Da die Zugfestigkeit vernachlässigt wird (1 kPa als Rechenwert für die Erhöhung der numerischen Stabilität), ist der berechnete Sicherheitsfaktor deutlich tiefer. Zur Veranschaulichung sind in Abbildung 2-2 die plastifizierten Punkte bei Abbau bis 50 m inkl. Schwebelast dargestellt. Die «inaccurate points» definieren Elemente, bei denen keine zufriedenstellende Gleichgewichtssituation mehr erreicht werden kann. Sie bestimmen in der Regel den Berechnungsabbruch.

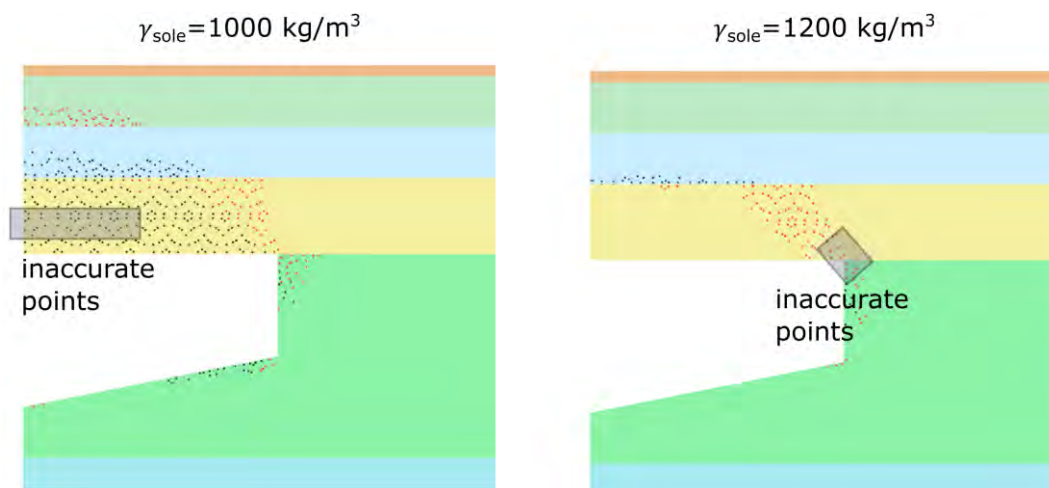


Abbildung 2-2: Plastische Ausdehnung für den Fall mit Radius 50 m und ohne Schwebelast und  $K_0=1.0$

Abbildung 2-3 zeigt einen Vergleich der Verformungen aus den Modellen mit unterschiedlicher Dichte. Im Fall von Wasser wurde eine maximale Verformung von 1.9 m errechnet, während für die Salzlösung eine Verformung von 1.3 m resultiert. Dieser Unterschied in den Verformungen wird auch durch das Verhalten der plastischen Zonen ergänzt. Abbildung 2-4 zeigt, wie eine höhere Dichte das Auftreten von Punkten auf Zugspannung verringert.

Diese Abbildung zeigt auch, dass die Ausdehnung der plastischen Zone für  $K_0 > 1.5$  sehr ähnlich ist. Für  $K_0 < 1.5$  wird die plastische Zone bei höherem Innendruck deutlich kleiner.



## Aktennotiz

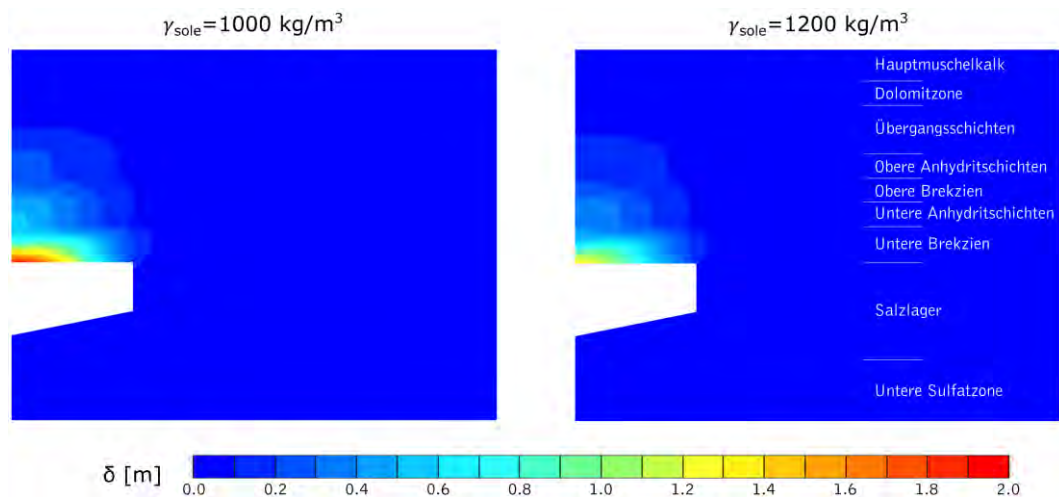


Abbildung 2-3: Verformungskonturen für den Fall mit Radius 50 m und ohne Schwebe und  $KO = 1.0$



## Aktennotiz

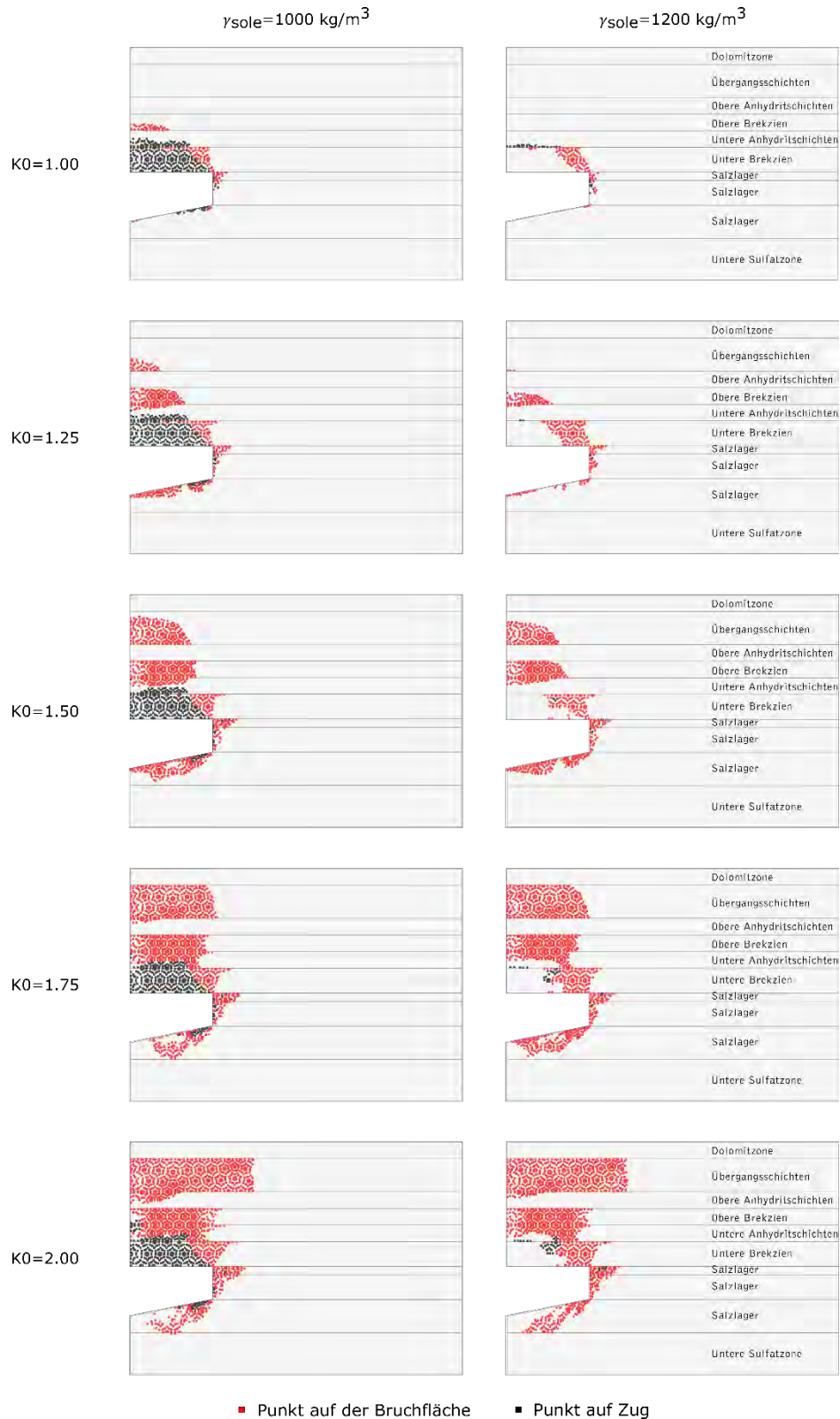


Abbildung 2-4: Plastische Ausdehnung für den Fall mit Radius 50 m ohne Schwebe für verschiedene K0



## Aktennotiz

Tabelle 2-1: Gefährdungsbilder des Gebirges

Gefahr	Gefährdungsbild	Grund	Auswirkung
Ablösungen	Steinfall	Ablösung einzelner Steine am Ausbruchsrund und Bewegung gegen den Hohlraum	Lokale Entfestigung des unteren Teils der Schicht. Verringerter Druckbalken. Vergrösserung Oberfläche für Wasserkontakt.
Ablösungen	Niederbruch	Trennflächenbedingte, spannungsinduzierte, gravitationsbedingte Ablösung resp. Abgleiten von Blöcken gegen den Hohlraum.	Grossflächige Entfestigung des unteren Teils der Schicht. Verringerter Druckbalken. Vergrösserung Oberfläche für Wasserkontakt.
Störzonen	Einbrechen von Deckgestein	Material in Störzonen ist ohne Verbund.	Kompletter Verbruch einer Schicht bzw. mehrerer Schichten über Störzonenlänge
Ablösungen	Auflockerung	Spannungsinduzierte Auflockerung bzw. hervorgerufen durch Bruchvorgänge.	Gebirge am Ausbruchrand kann keine Kräfte übernehmen, Tangentialspannungen am Ausbruchrand bei Null. Plastische Zone verschiebt sich weiter nach oben.
Änderung Porenwasserdruck	Verformungen	Infolge Änderungen des Porenwasserdruckes ändert sich der Verzerrungstensor.	Vergrösserung der plastischen Zone.
Quellen	Deformationen	Gips-/ Anhydrit- /(Ton)quellen und / oder Gipslösung durch Wasserkontakt.	Durch Quellen resultiert ein Druck resp. Verformungen.
Verwitterung	Entfestigung	Entfestigung aufgrund Entspannung bzw. Verwitterung (Nass-Trocken-Zyklen, ...).	Diagenetische Zugspannungen im Fels lösen sich auf, der Fels zerfällt.
maximale Spannbreite	Entfestigung	Zugspannungen im unteren Teil der geologischen Schicht über Hohlraum infolge sehr grosser Spannweite.	Entfestigung in Zugzone und mögliche Überlastung des verbleibenden Druckbalkens.
Karst	Hohlraum Wasserwegigkeit	Karst bildet sich in geologischen Einheiten, die durch eine intensive Zerklüftung und gute Bankung eine hohe Wasserwegigkeit aufweisen. Dadurch können sich über die Zeit auch beschränkt wasserlösliche Stoffe wie Karbonate lösen.	Grössere, offene Hohlräume in einzelnen Schichten oder schichtübergreifend.



## Aktennotiz

Gefahr	Gefährdungsbild	Grund	Auswirkung
Strömungskraft	Erosion Trennflächenfüllung	Gegen den Hohlraum gerichtete Strömungskräfte bzw. Strömungskräfte innerhalb von offenen Trennflächensystemen durch Formationswasser innerhalb bzw. höhergelegenen geologischen Schichten, durch Oberflächenwasser in Karstsystemen.	Erosion des Gesteins bzw. der Trennflächenfüllung.
Wasserwegigkeit	Brücke mit / ohne Versatz	Über Versatz oder sonstige Störungen kann Wasser bzw. Sole in wasserempfindliche Schichten gelangen.	Soleverlust --> Druckverlust in Kaverne. Entfestigung in wasserempfindlichen Schichten.
Soleverlust	Soleverlust	Offene Trennflächen- bzw. Trennflächensysteme.	Entweichen der Sole aufgrund offener, durchgehender Trennflächen bzw. Karstsystemen.
Grundwasser / Bergwasser	Verunreinigung durch Sole	Austretende Sole vermischt sich mit Grundwasser bzw. Bergwasser.	Verunreinigung des Grundwassers.
Oberflächensetzungen	Oberflächensetzungen infolge Grundwasserabsenkung bzw. Veränderung des Porenwasserdrucks.	Durch die Grundwasserabsenkung verändert sich der effektive Porenwasserdruck, die Auftriebskraft wird kleiner und es resultieren Setzungen.	Setzungen an der Oberfläche.



## Aktennotiz

### 2.4 Schlussfolgerungen

Alle Gesteinsschichten oberhalb der Kaverne S126 wurden in der Analyse vereinfacht berücksichtigt. Folgende Parameter wurden betrachtet:

- Seitendruckkoeffizient:  $K_0 = (0.5), 1.0 - 2.0, (2.5, 3.0)$
- Grundwasserspiegellage / Stützdruck: 235 m ü.M. & 275 m ü.M.
- Dichte der Stützflüssigkeit: 1'000 kg/m<sup>3</sup> & 1'200 kg/m<sup>3</sup>
- Steifigkeit / Festigkeit der einzelnen Schichten: (AFRY minimal & AFRY Index), Geotest Index
- Radius der Kaverne: 35 m /50 m
- Salzscheibe: Präsent / ausgelöst
- Berechnungsmodell: PLAXIS & FLAC

Als Referenzmodell zur Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter – ceteris paribus - wurde erst folgende Konfiguration gewählt:

- Seitendruckkoeffizient:  $K_0 = 1.5$
- Grundwasserspiegellage / Stützdruck: 235 m ü.M.
- Dichte der Stützflüssigkeit: 1'000 kg/m<sup>3</sup>
- Steifigkeit / Festigkeit: AFRY Index
- Radius der Kaverne: 50 m
- Salzscheibe: Ausgelöst
- Berechnungsmodell: PLAXIS

Nach Rücksprache mit Geotest wurde das Referenzmodell folgendermassen abgeändert:

- Seitendruckkoeffizient:  $K_0 = 1.5$
- Grundwasserspiegellage / Stützdruck: 275 m ü.M. (weniger konservativ)
- Dichte der Stützflüssigkeit: 1'000 kg/m<sup>3</sup>
- Steifigkeit / Festigkeit: Geotest Index (konservativer)
- Radius der Kaverne: 50 m
- Salzscheibe: Ausgelöst
- Berechnungsmodell: PLAXIS

Aufgrund der Anpassung des Referenzmodells, wurden nicht mehr alle Szenarien konsequent berechnet.

Die Variation der einzelnen Parameter zeigt folgendes:

- $K_0$ : Gegenüber dem Referenzmodell zeigt sich, dass bei einer Annahme von  $K_0 > 2.0$  keine eindeutigen Ergebnisse mehr berechnet werden können, da die schwachen Schichten – z.B. die sog. Übergangsschicht - bereits im in-situ Spannungszustand vor Auslösen der Kaverne plastifizieren. Bei den gegebenen Festigkeiten ist ein solcher Spannungszustand kaum zulässig. Bei grösserem  $K_0$  steigen generell die Ausdehnung der plastischen Zone und auch die Verschiebungen. Der ermittelte FoS sinkt ab. Bei  $K_0 <$  dem Idealzustand von  $K_0 = 1$  steigen die Ausdehnung der plastischen Zone und die Verschiebungen ebenfalls wieder an. Die vertikale Ausdehnung der plastischen Zone ist bei gegebener Festigkeit limitiert.



## Aktennotiz

- Grundwasserspiegellage: Die Absenkung des Stützdrucks bei Änderung der Grundwasserspiegellage von 275 m ü.M. auf 235 m ü.M. beträgt ca. 15%. Obwohl elasto-plastische Systeme generell nicht linear reagieren, ist der Einfluss der Absenkung eher gering. Dabei ist zu beachten, dass bei Annäherung an einen FoS von 1 die Ergebnisse auch von der verwendeten Software abhängig sind. Wie schon oben demonstriert, kann eine Änderung der Spiegellage auch eine Änderung des massgebenden Versagensmechanismus nach sich ziehen.
- Dichte der Stützflüssigkeit: Der Unterschied der Dichten beträgt 20%. Dementsprechend liegt der Einfluss der Dichte auf die Stabilität resp. weitere betrachtete Skalare ebenfalls bei ca. 20%. Wie auch bei der Grundwasserspiegellage wird auch hier offensichtlich, dass bei Annäherung an einen FoS von 1 die Ergebnisse auch von der verwendeten Software abhängig sind. Der Einfluss des Versagensmechanismus wurde bereits beschrieben.
- Steifigkeit / Festigkeit: Die Annahme der Gebirgsparameter ist entscheidend für eine realistische Einschätzung des Gebirgsverhaltens. Werden günstige Werte eingesetzt, weitet sich der Raum für alle anderen Parameter der Berechnung auf. Bei sehr konservativer Annahme der Gebirgseigenschaften werden bereits die in-situ Spannungszustände kritisch.
- Radius der Kaverne: Wie zu erwarten ist, wirkt die Vergrößerung der Kaverne sowohl auf den berechneten FoS, als auch auf die Ausdehnung der plastischen Zone und die Verschiebungen ungünstig. Daraus kann auch gefolgert werden, dass bei Erhöhung des Durchmesser auch weitere ungünstig wirkende Prozesse im Gebirge wie z.B. Rissbildung und weitere Ablösungen beschleunigt werden.
- Salzscheibe: Wie bereits beim Radius wirkt sich das Auslösen der Salzscheibe negativ auf das Gesamtverhalten aus. Neben der bereits oben erwähnten Auswirkung auf die Rissbildung und weitere Ablösungen werden hier speziell die bereits relativ schwachen unteren Brekzien der direkten Spannungsumlagerung und weiteren destabilisierenden Prozessen ausgesetzt.
- Berechnungsmodell: Die Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass vor allem in Bezug auf den berechneten FoS Plaxis bei Annäherung an einen Wert von 1 deutlich empfindlicher reagiert als FLAC. Das hat bei gleichem Modell und gleichen Eingangsparametern zum einen mit den unterschiedlichen Berechnungsalgorithmen zu tun – FEM vs. FDM. Eine Diskussion über Vor- und Nachteile der einen oder anderen Methode ist müssig, da in der Literatur bereits zur Genüge geführt. PLAXIS scheint bei der Implementierung der Stoffgesetze vorteilhaft, wobei die Stärke von FLAC bei der Berechnung von grosser Deformation liegt. Dementsprechend ist der berechnete FoS in FLAC bei Annäherung an 1 und/oder grossflächiger Plastifizierung weniger empfindlich.

=> Einschätzung der einzelnen Parameter

- Die Variabilität von  $K_0$  ist hoch, da die Anzahl Messungen limitiert ist und auch diverse weitere Annahmen in die Ermittlung der Werte einfließen. Ein  $K_0$  von 1.0 bis maximal 2.0 liefert in erster Näherung plausible Ergebnisse. Für Werte von  $K_0 < 1$  und  $K_0 > 2$  muss z.B. die Festigkeit / Steifigkeit günstiger gewählt



## Aktennotiz

werden, um noch nachvollziehbare Ergebnisse zu erhalten. Der Referenzwert von  $K_0 = 1.5$  scheint eine vernünftige Arbeitshypothese.

- Die Grundwasserspiegellage und die Dichte der Stützflüssigkeit kann im Rahmen weitere Messungen relativ genau bestimmt werden. Da der Einfluss gering ist können die Werte aus dem Referenzmodell bis auf weiteres weiterverwendet werden.
- Eine weitere Eingrenzung des Parameterraums in Bezug auf die Festigkeit und die Steifigkeit des Gebirges würde die Zuverlässigkeit der Aussagen stark erhöhen. AFRY hat im Sinne der Modellierung bereits Vorschläge für zusätzliche Untersuchungen gemacht.
- Jede Vergrößerung der Kaverne erzeugt eine Verschlechterung des geomechanischen Gesamtverhaltens. Ob die Erweiterung des Radius von 35 m auf 50 m die beobachteten Verbruchphänomene monokausal verursacht haben lässt sich nicht abschliessend sagen, da alle Messungen und Beschreibungen zeitlich zu weit auseinander liegen. Die hier erarbeiteten Ergebnisse gelten für die spezifischen Verhältnisse und können nicht ohne weiteres auf andere Standorte übertragen werden.
- Der Abbau der Salzscheibe wirkt auf das Gesamtverhalten ungünstig. Dabei sind auch Phänomene zu berücksichtigen, die Modelltechnisch nicht abgebildet werden können: Schutz der schwachen Brekzien im Hangenden & Abdichtung der Kaverne zum zuverlässigen Garantieren des Stützdrucks.

### 2.5 Ausblick

Die ausgearbeiteten Modelle stellen einen Zwischenstand dar. Anhand der bestehenden Informationen wurde ein Parameterraum definiert und die einzelnen Abhängigkeiten untersucht. Unter Berücksichtigung des gegebenen Wissenstands und unter Diskussion der bereitgestellten Ergebnisse kann der Parameterraum eingegrenzt und damit die Zuverlässigkeit der Ergebnisse weiter gesteigert werden.

Für weitere und eingehendere Untersuchungen am Modell wird auf das Untersuchungsprogramm verwiesen. Nach deren Auswertung kann die Aussagekraft der numerischen Modelle weiter gesteigert werden.

Als Zwischenschritte ist folgendes vorgesehen:

- Unterscheidung der Ergebnisse nach Versagensmechanismen
- Es besteht die Möglichkeit, in den verschiedenen Gesteinsformationen unterschiedliche  $K_0$ -Werte anzusetzen. Die Werte wären in Zusammenarbeit mit Geotest zu klären.
- Der stützende Einfluss des verbleibenden plastifizierten Materials oder deren Entfernung aus dem Modell wird weiter untersucht.
- Die Berücksichtigung der Diskontinuitäten im Gebirge ist vorgesehen.
- Um ein besseres Verständnis der Situation im und oberhalb des Hauptmuschelkalks zu erhalten, werden die Modelle unter Berücksichtigung der aktuell vermuteten Hohlraumgeometrie durchgeführt.
- Aufgrund der Einschränkungen der 2D-Modelle ist geplant, den Umfang der Simulationen auf 3D zu erweitern