

Das Mont Terri Felslabor: Organisation, Geologie & Übersicht Experimente

Medienreise Nuklearforum

31.10.2014

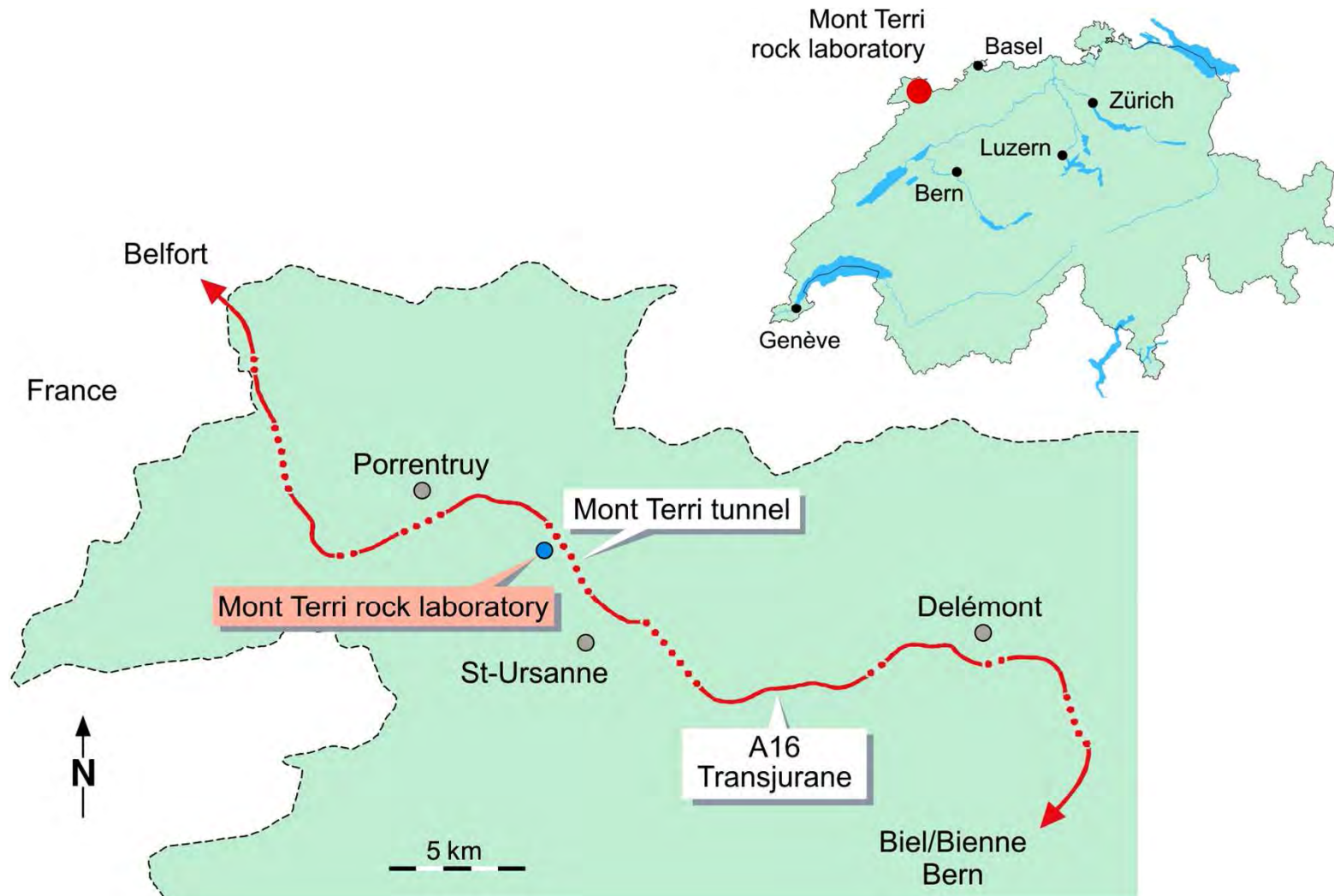
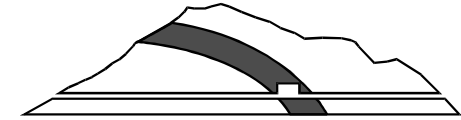


www.mont-terri.ch

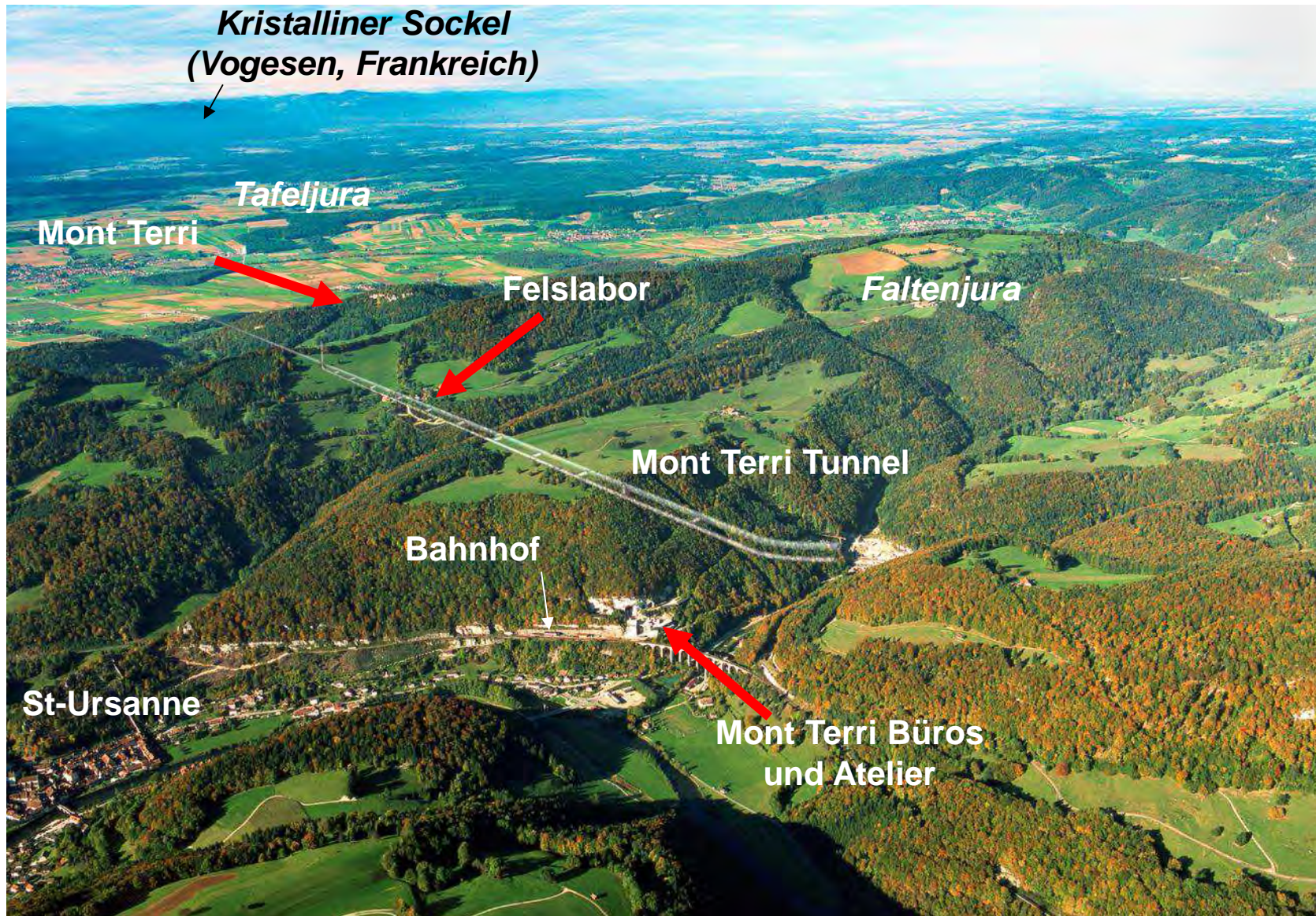
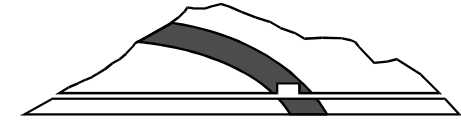
Paul Bossart



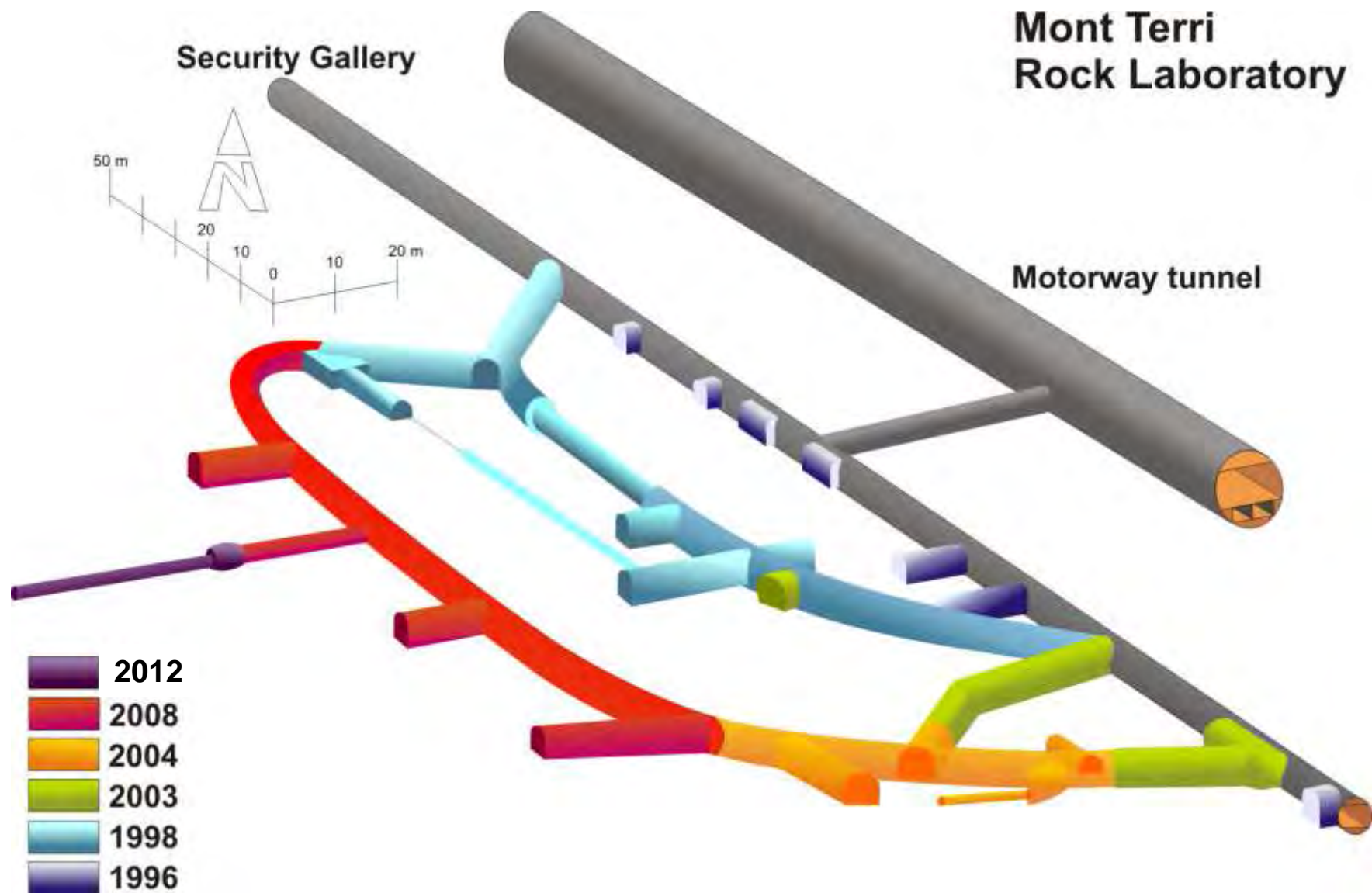
Wo sind wir?



Lage des Felslabors



Das Felslabor



Die Partner



swisstopo
nagra
ENSI

swisstopo Bundesamt für Landestopografie
NAGRA Nationale Genossenschaft für die Lagerung von radioaktivem Abfall
ENSI Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat



ANDRA Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
IRSN Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire



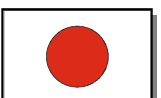
BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
GRS Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbh



ENRESA Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.



SCK•CEN Studiecentrum voor Kernenergie, Mol



JAEA Japan Atomic Energy Agency
OBAYASHI Obayashi Corporation
CRIEPI Central Research Institute of Electric Power Industry



NWMO Nuclear Waste Management Organisation, Toronto



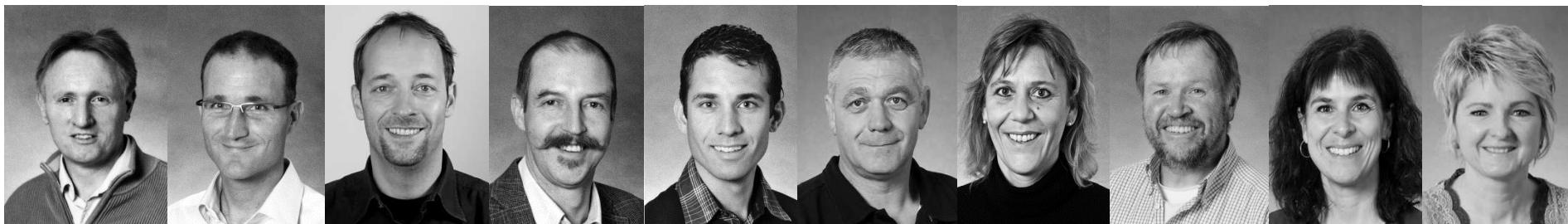
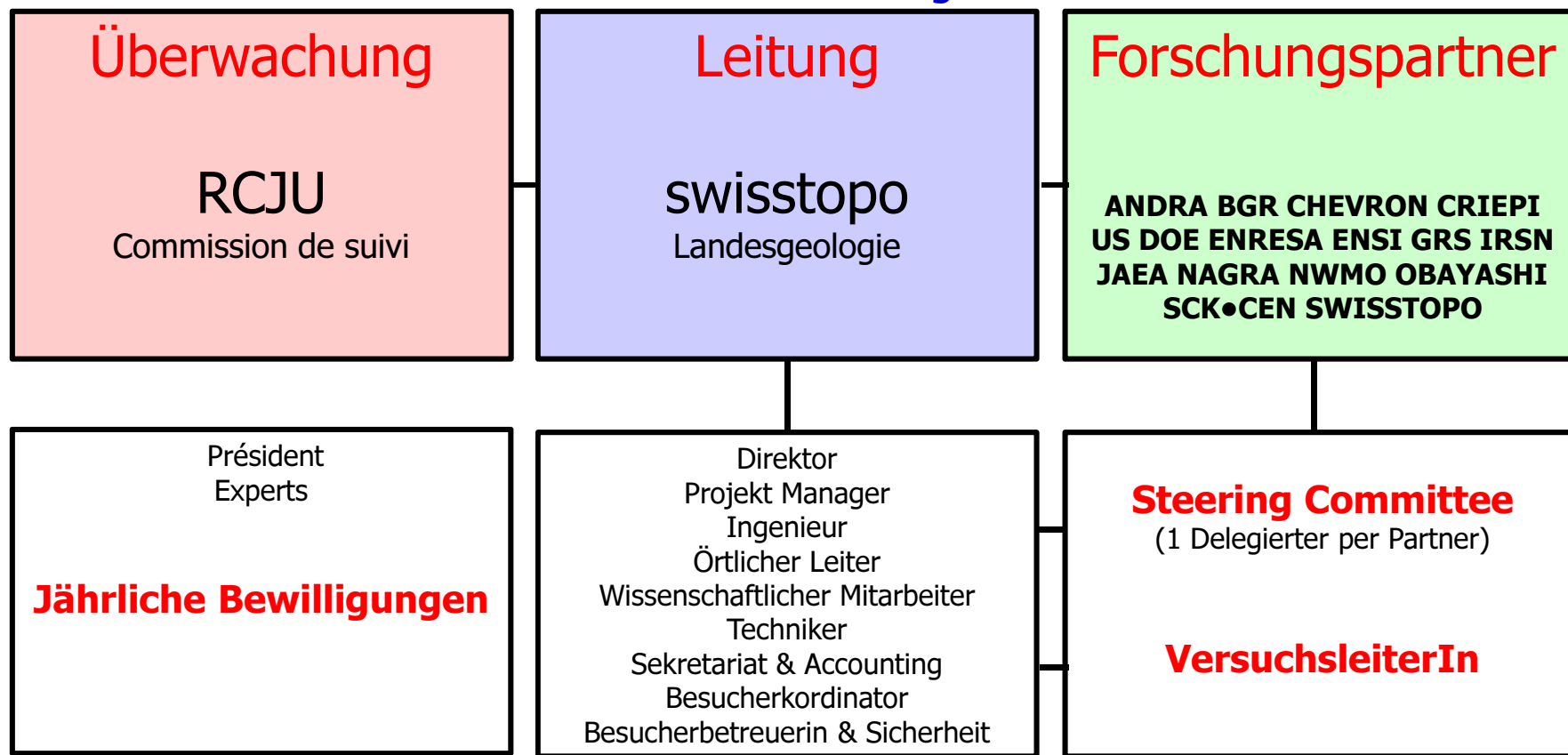
U.S. DOE Department of Energy, Washington DC
Chevron Chevron Energy Technology Company, Houston

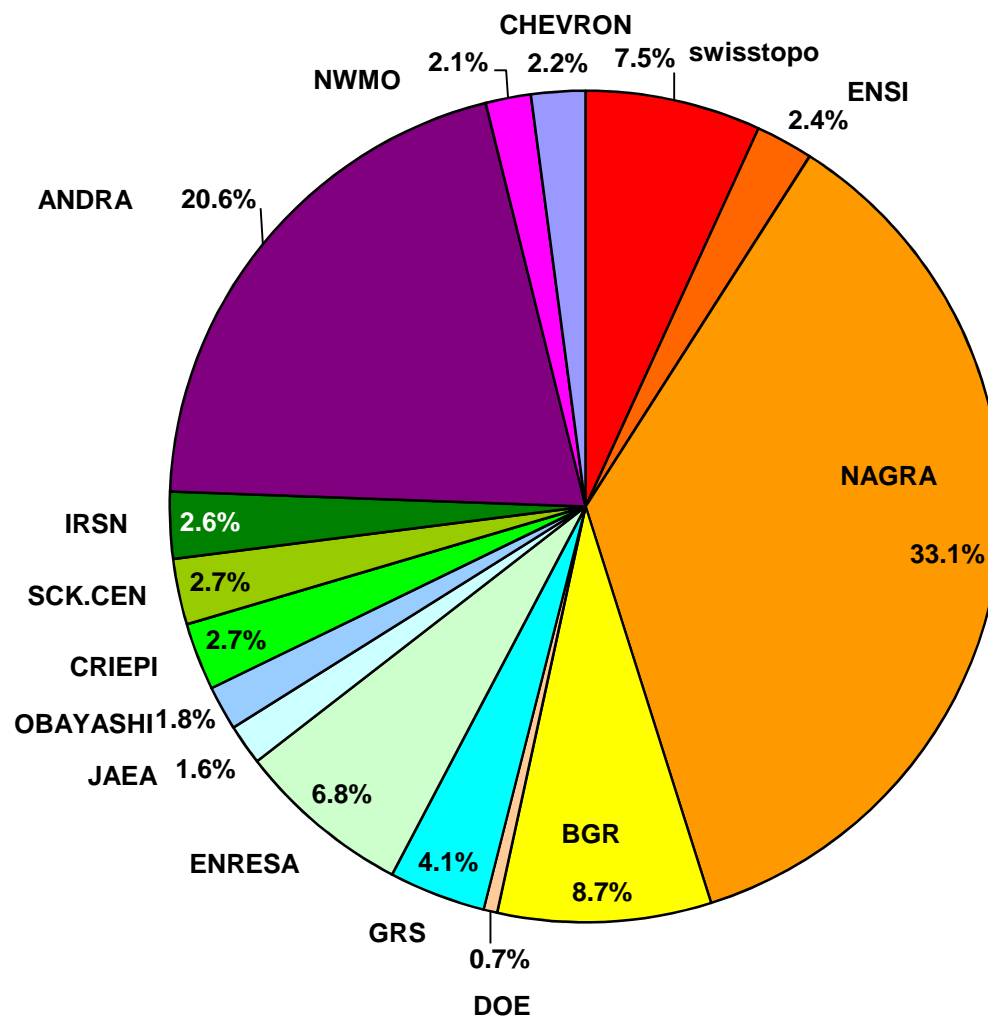
Organisation



Convention 2009

Agreement 2001

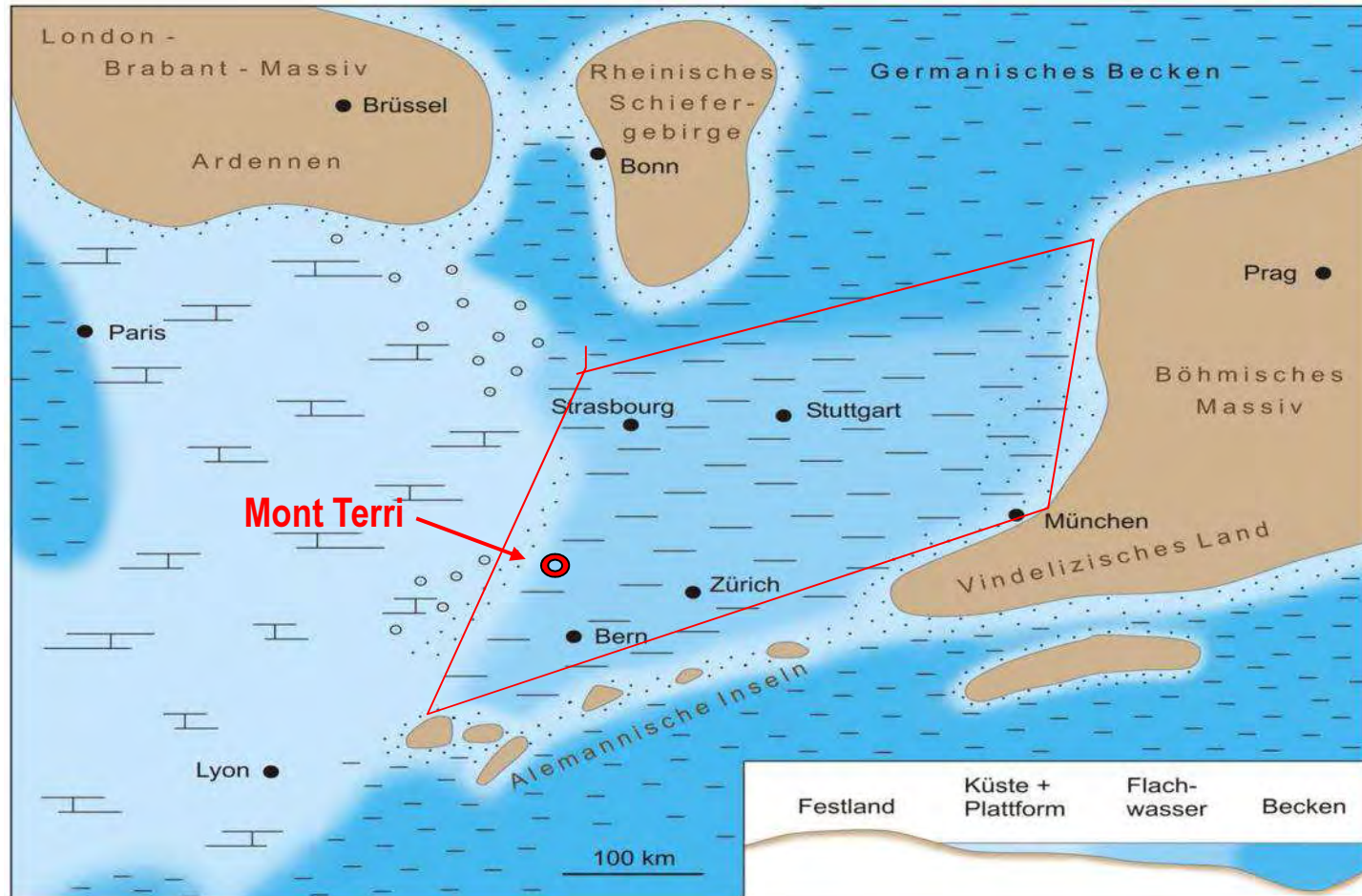
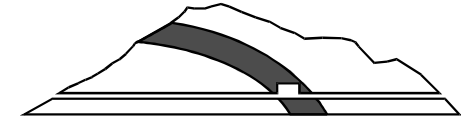




1996-mid 2015
73.5 Mio. CHF

**20% remain in
Canton of Jura**

Geologie - Paläogeografie



 Plattformkarbonate
(Kalke)

 Eisenooide

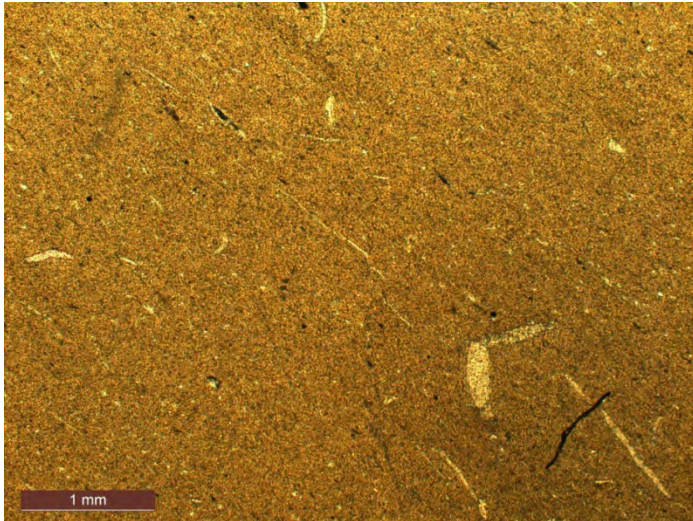
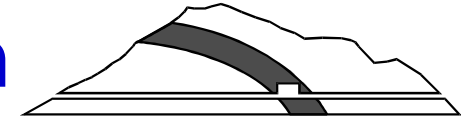
 Sande

 Tone/Opalinuston

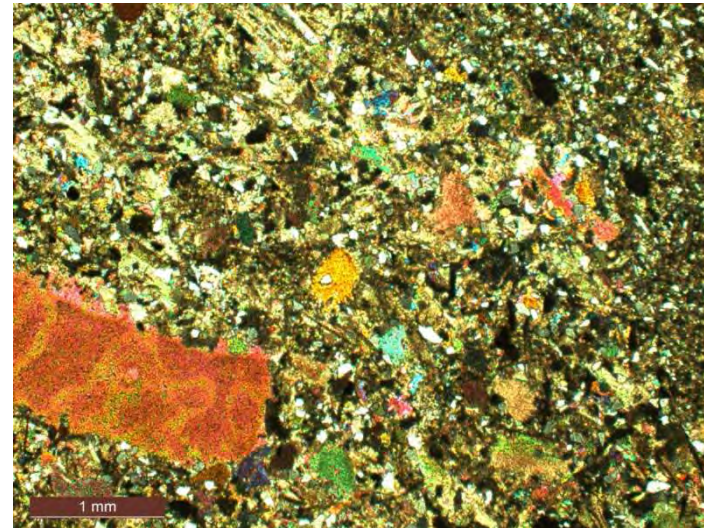
Mitteleuropa vor 174 Mio Jahren



Geologie- Ton ist nicht gleich Ton



Tonige Fazies

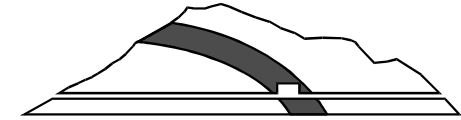


Sandig Karbonatreiche
Fazies



Sandige Fazies

Geologie – 3 Faziestypen



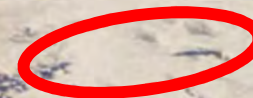
	Tonige Fazies	Sandige Fazies	Sandig- karbonatreiche Fazies
Ton	28-93	6-62	8-30
Quarz	10-32	21-52	22-36
Kalk	4-29	7-66	33-49

Tonminerale	Illit, Illit-Smektit-mixed-layers, Chlorit, Kaolinit
Kalkminerale	Kalzit, Dolomit, Ankerit, Siderit
Weitere Mineralien	Feldspat, Coelestin, Barit, Pyrit und organisches Material



20 km

Mont Terri Felslabor



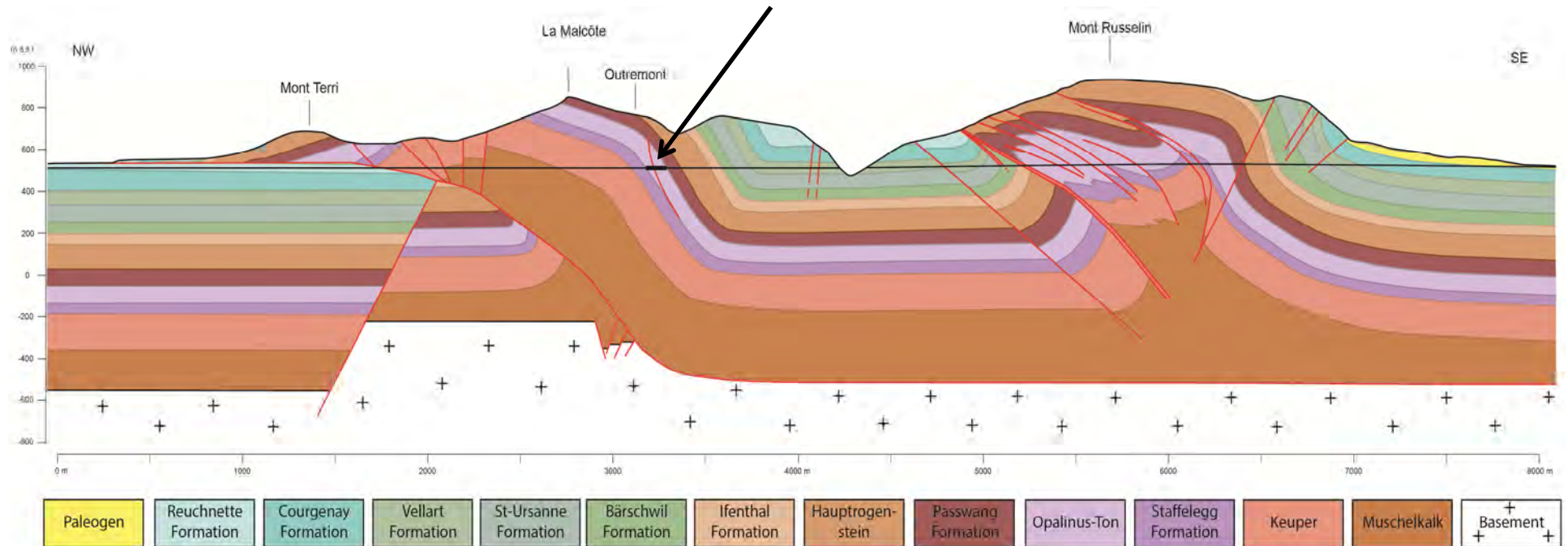
Mögliche
Standortgebiete





Geologisches Profil

Felslabor



drawn by N. Kern after Freivogel & Huggenberger (2003), Caer (in preparation) J. Norbert & B. Schindler (1988) and J. Norbert (1992)

Alter
Opalinus-Ton
174 Millionen Jahre

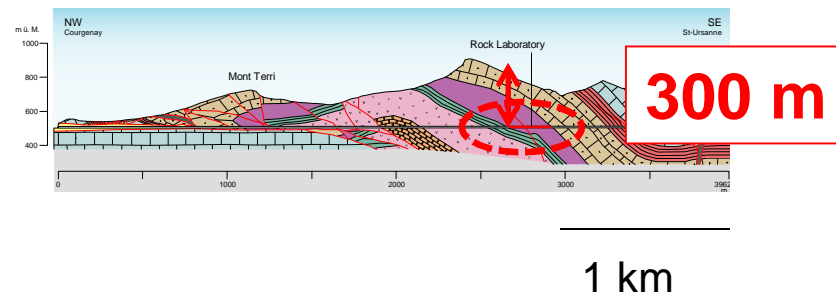
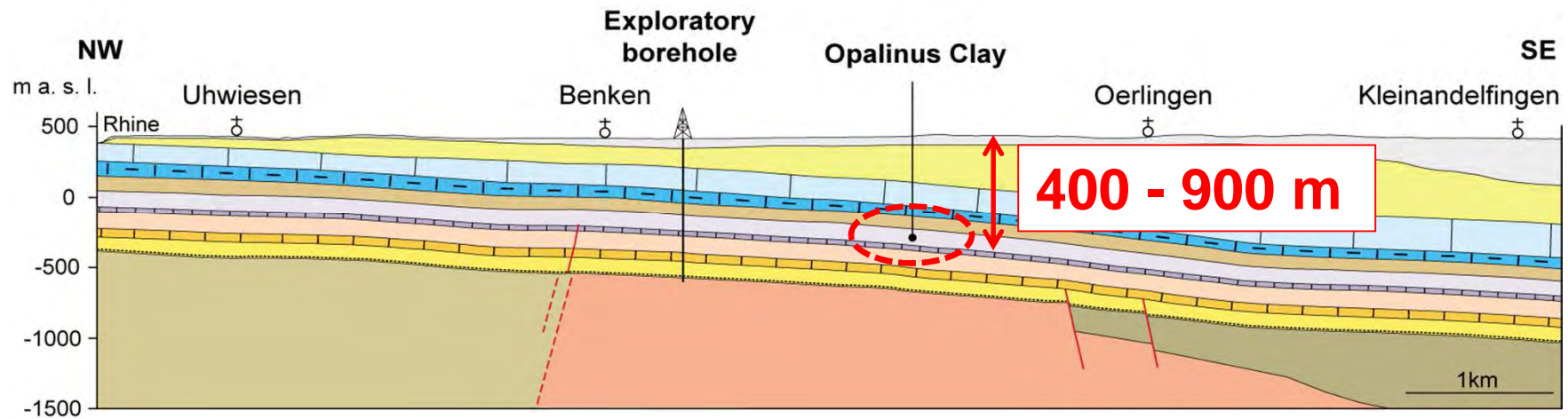
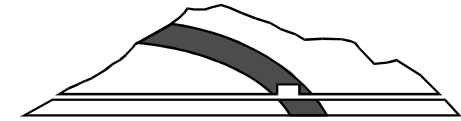


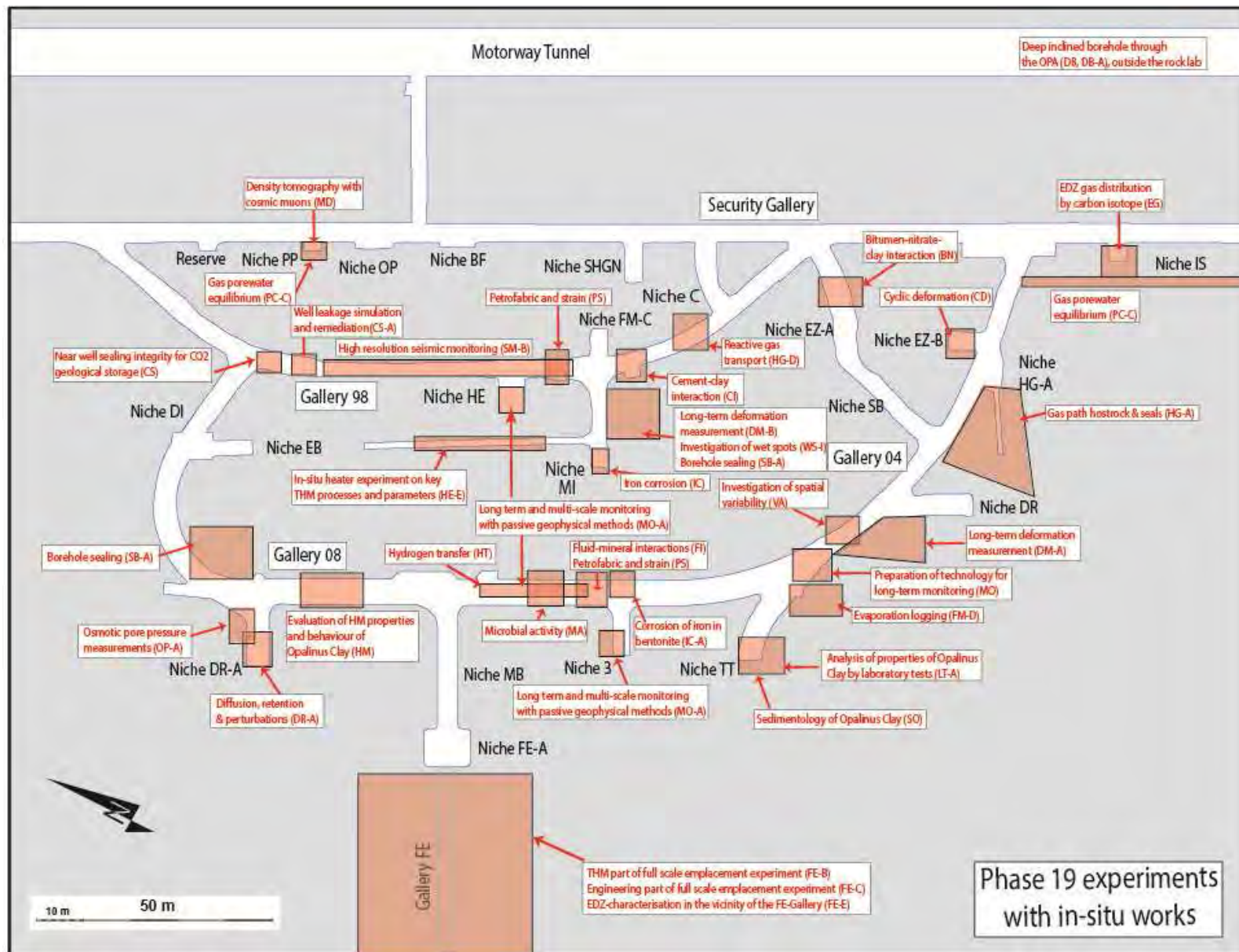
**Pleydellia
leura**



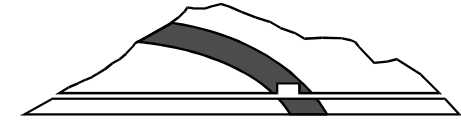
**Leioceras
opalinum**

Geologie – Vergleich zu potentiellen Standorten





Ziele der Experimente



- **Evaluierung von Technik und Methodik**

Bohrmethoden, Exkavierungsmethoden, Ausbauarten
Probennahme und Druckmessungen bei Porenwasser
Konvergenzmessungen
Mechanische und hydraulische Versuche

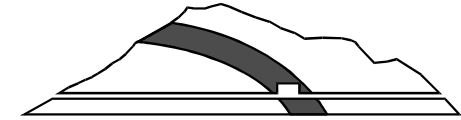
- **Charakterisierung eines Tons (Opalinuston)**

Identifizierung der Prozesse (z.B. Stofftransport, Deformationen)
Schätzung von Parametern (hydraulisch, mechanisch, chemisch)
Thermische Eigenschaften
Entstehung und Verhalten der Auflockerungszone (EDZ)
Selbstabdichtung von Klüften innerhalb der EDZ

- **Demonstrations-Experimente**

Technische Barrieren (Stahlbehälter, Bentonit), Performance Tiefenlager
THMC (Thermo-Hydraulische-Mechanische-Chemische Koppelung)

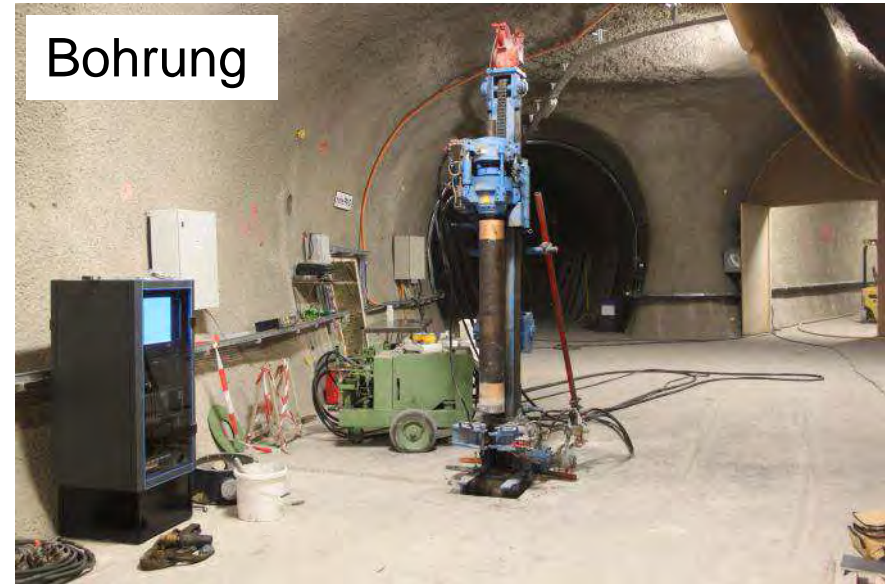
Evaluierung von Technik und Methodik (1/4)



Exkavation



Bohrung

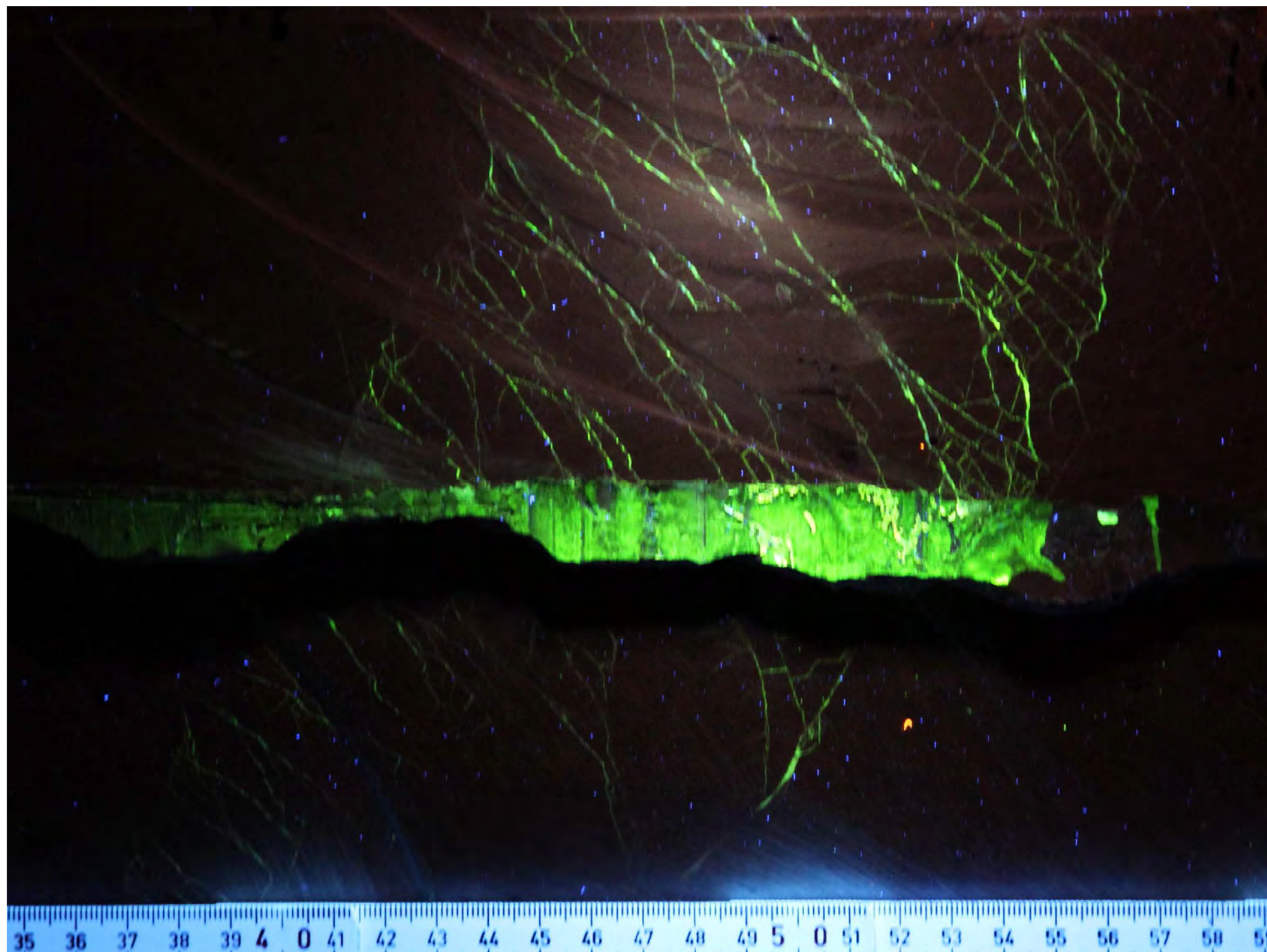


Harzinjektion

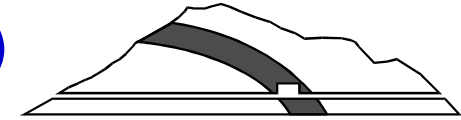


Bohrung/Sampling





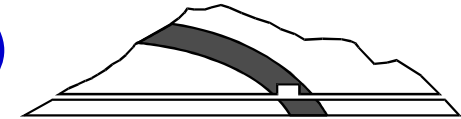
Evaluierung von Technik und Methodik (2/4) Langzeit-Monitoring: Alterung Faseroptischer Leiter





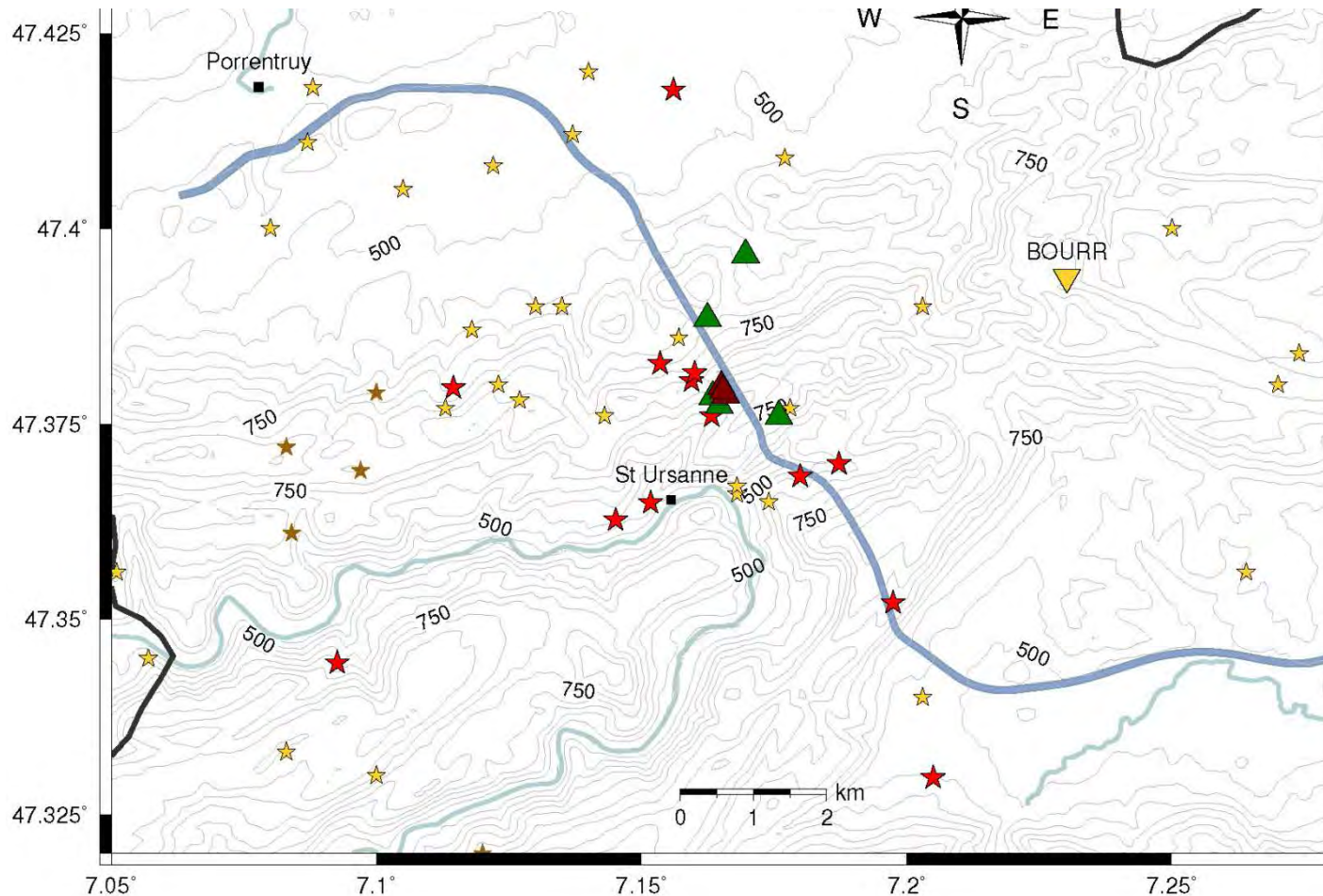
Evaluierung von Technik und Methodik (3/4)

Neues Experiment: Nanoseismic Monitoring



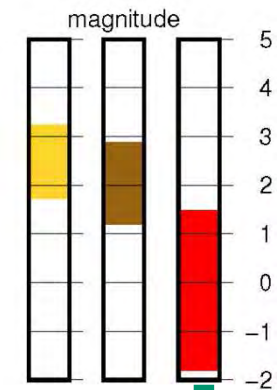
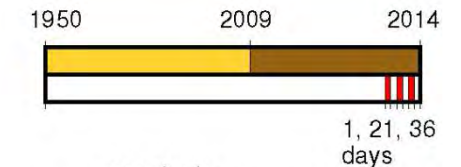
47.45°

Local seismicity in the Mont Terri region recorded by
SED (microseismics: 30 events in 30 years) and Uni
Stuttgart (**nanoseismics: 13 events in 4 weeks**)



- SED 3C
- RéNaSS 3C
- NSM surface SNS
- NSM underground SNS
- NSM events CI, CII, CIII
- SED 1950–2009 ECOS–09
- SED 2009–2013/09 from www.seismo.ethz.ch

Highway
Rivers

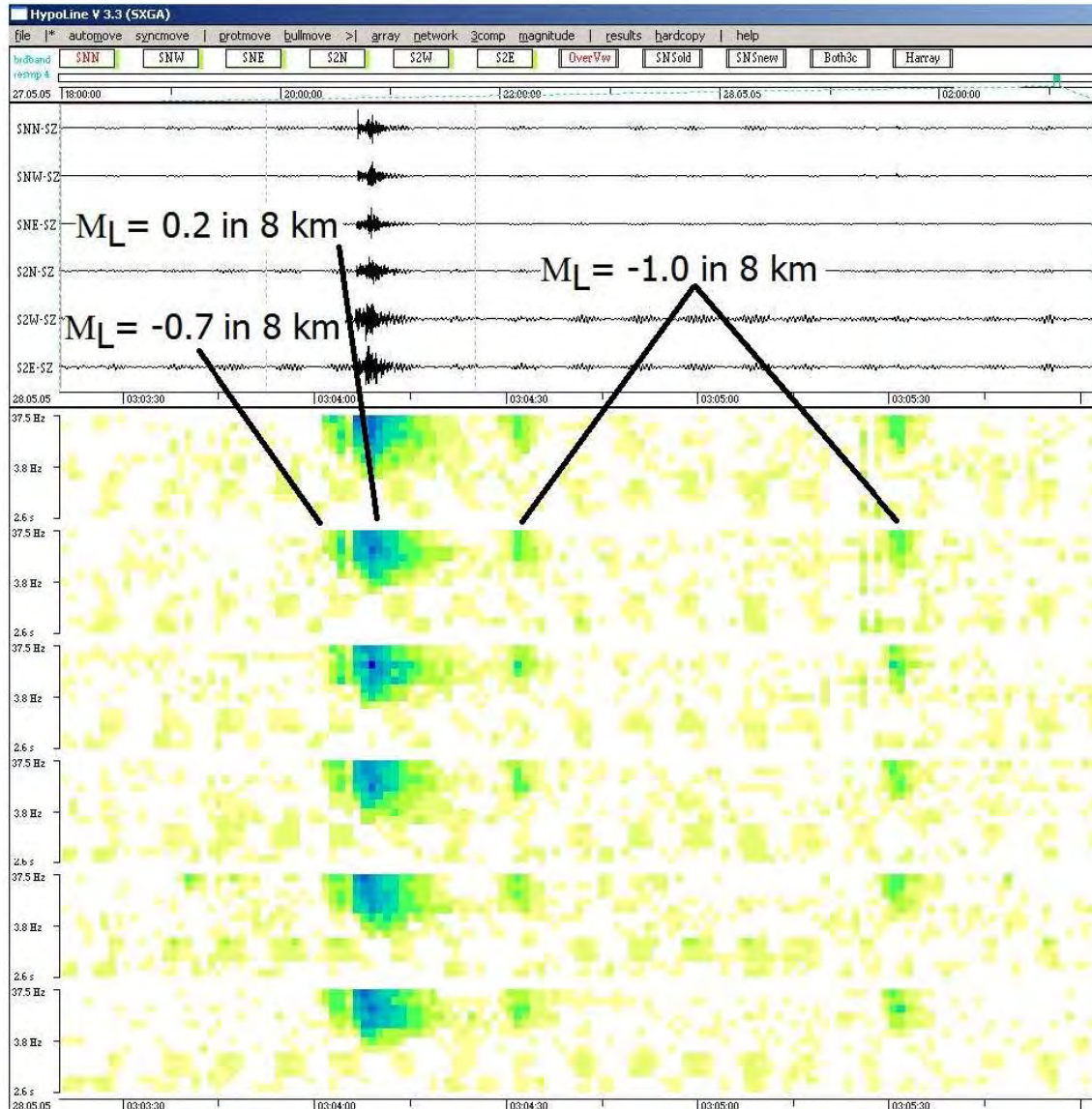
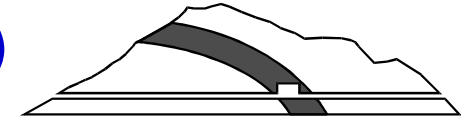


Nanoseismic

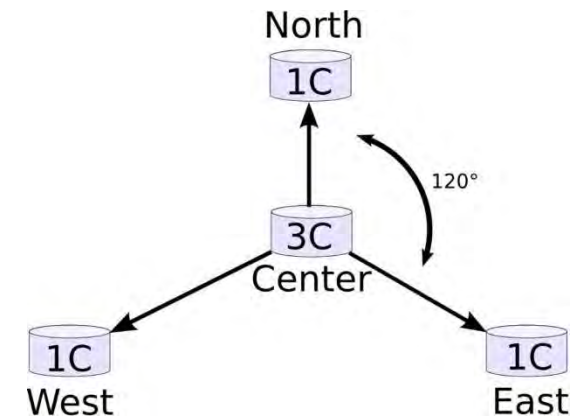


Evaluierung von Technik und Methodik (4/4)

Neues Experiment: Nanoseismic Monitoring

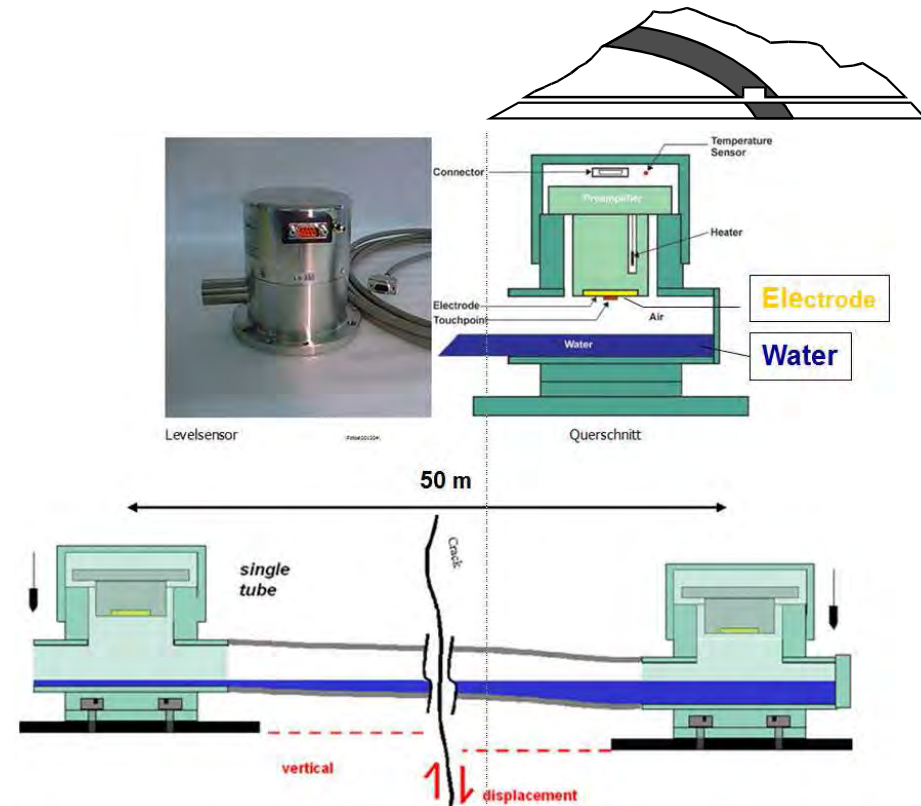
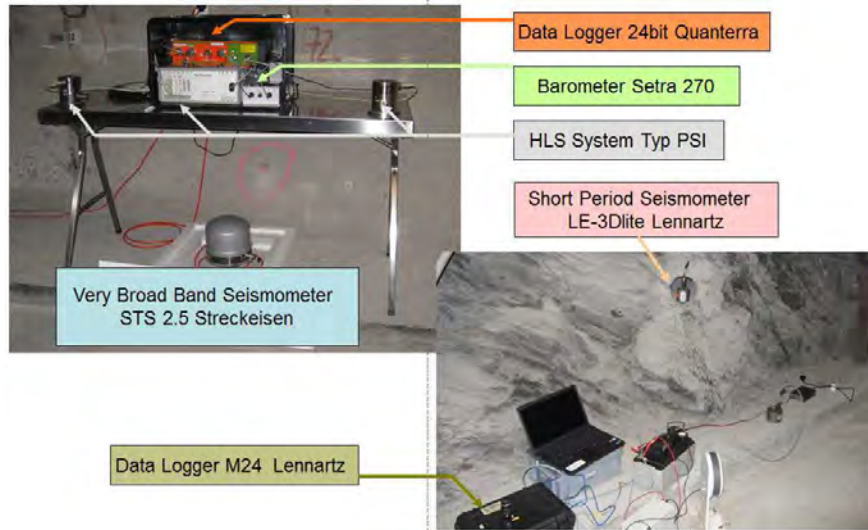


**Seismogram vs.
Sonogram: detection
of real events of very
low magnitudes
(nanoeathquakes)**



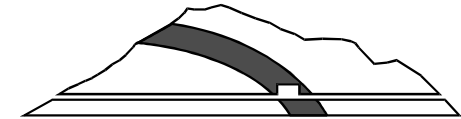
**Mini-array composed
of 4 seismometers**

Seismic Equipment



Charakterisierung OPA (1/4)

Kennwertermittlung, Abschätzung der Unsicherheit



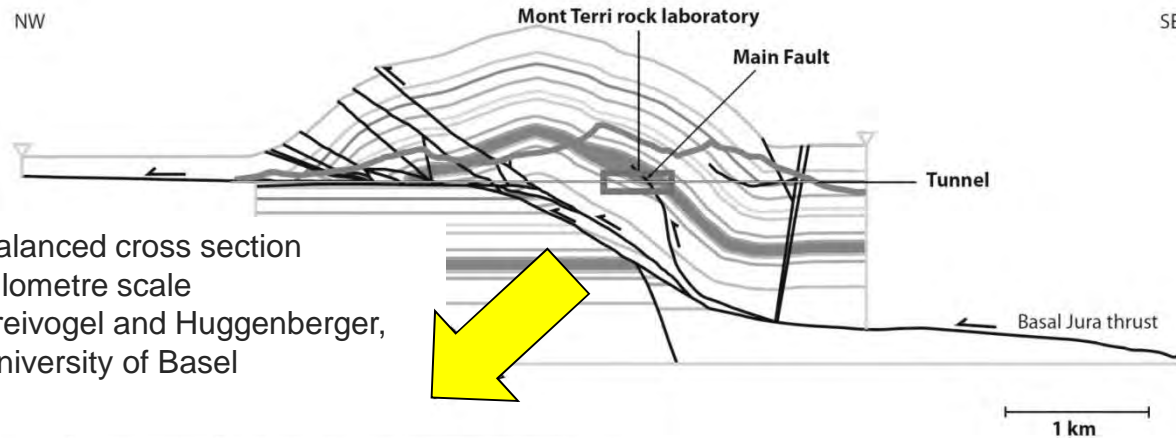
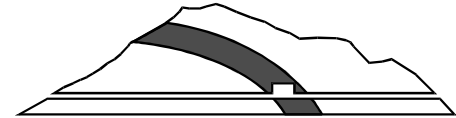
PARAMETRES	RANGE	BEST ESTIMATE
Bulk density, sat. (g cm^{-3})	2.40 – 2.53	2.45
Water content (wt%)	5.5 – 8.9	6.6
Total (physical) porosity (vol%)	14 – 25	18
Water loss porosity at 105°C (vol-%)	13 – 21	16
Hydraulic conductivity (ms^{-1})	*2E-14 – 1E-12	2E-13
Thermal Conductivity ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)	*1.0 – 3.1	1.7
Heat capacity ($\text{J Kg}^{-1}\text{K}^{-1}$)	750 – 1000	860
Total dissolved solids in pore water (g/l)	5 - 20	12
Uniaxial compressive strength (MPa)	*4 – 28	11
Young's modulus (MPa)	*6000 – 12000	9000
Poisson's ratio (-)	*0.16 – 0.38	0.25
Shear modulus (MPa)	*800 – 1600	1200

* Values are dependant on bedding anisotropy

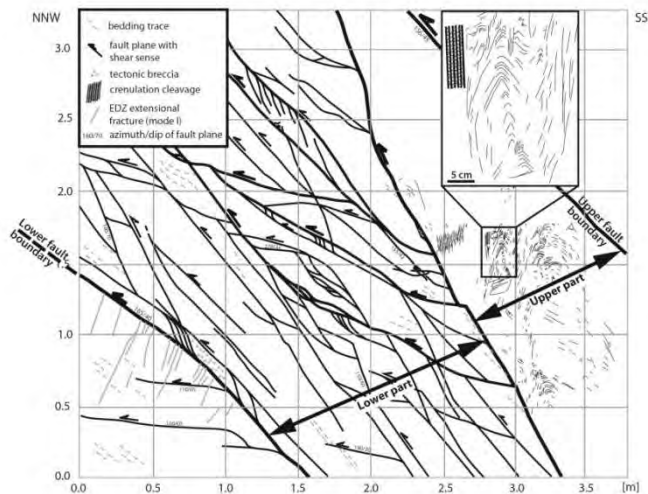


Charakterisierung OPA (2/4)

Sind Störzonen im Ton dicht?



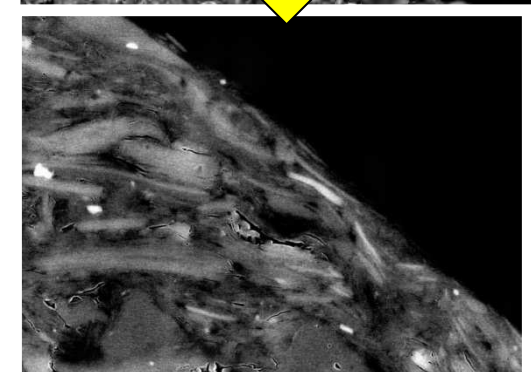
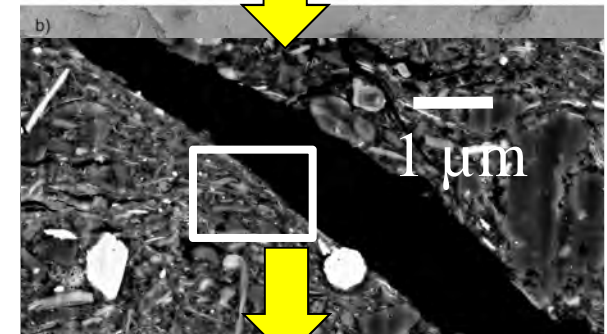
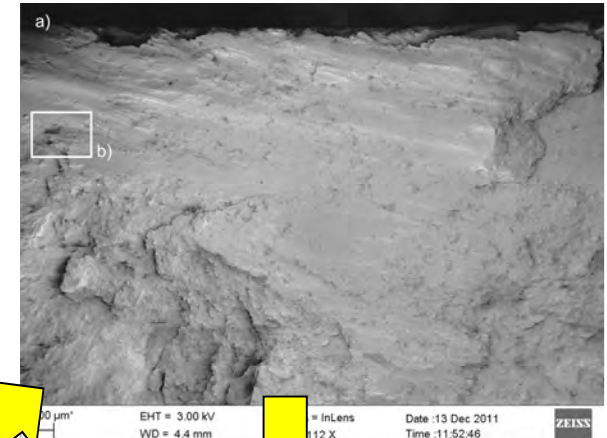
Balanced cross section
Kilometre scale
Freivogel and Huggenberger,
University of Basel



Small scale mapping
Metre scale



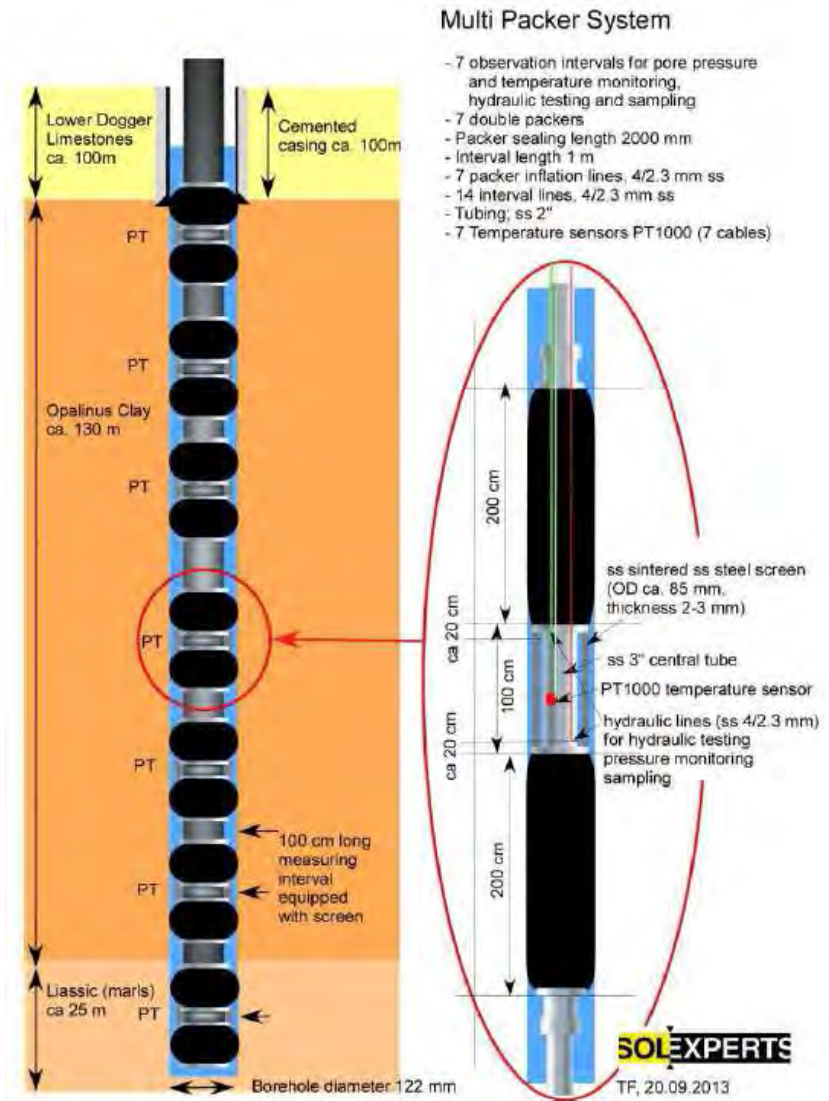
Illite foliation in main fault
Micrometre scale



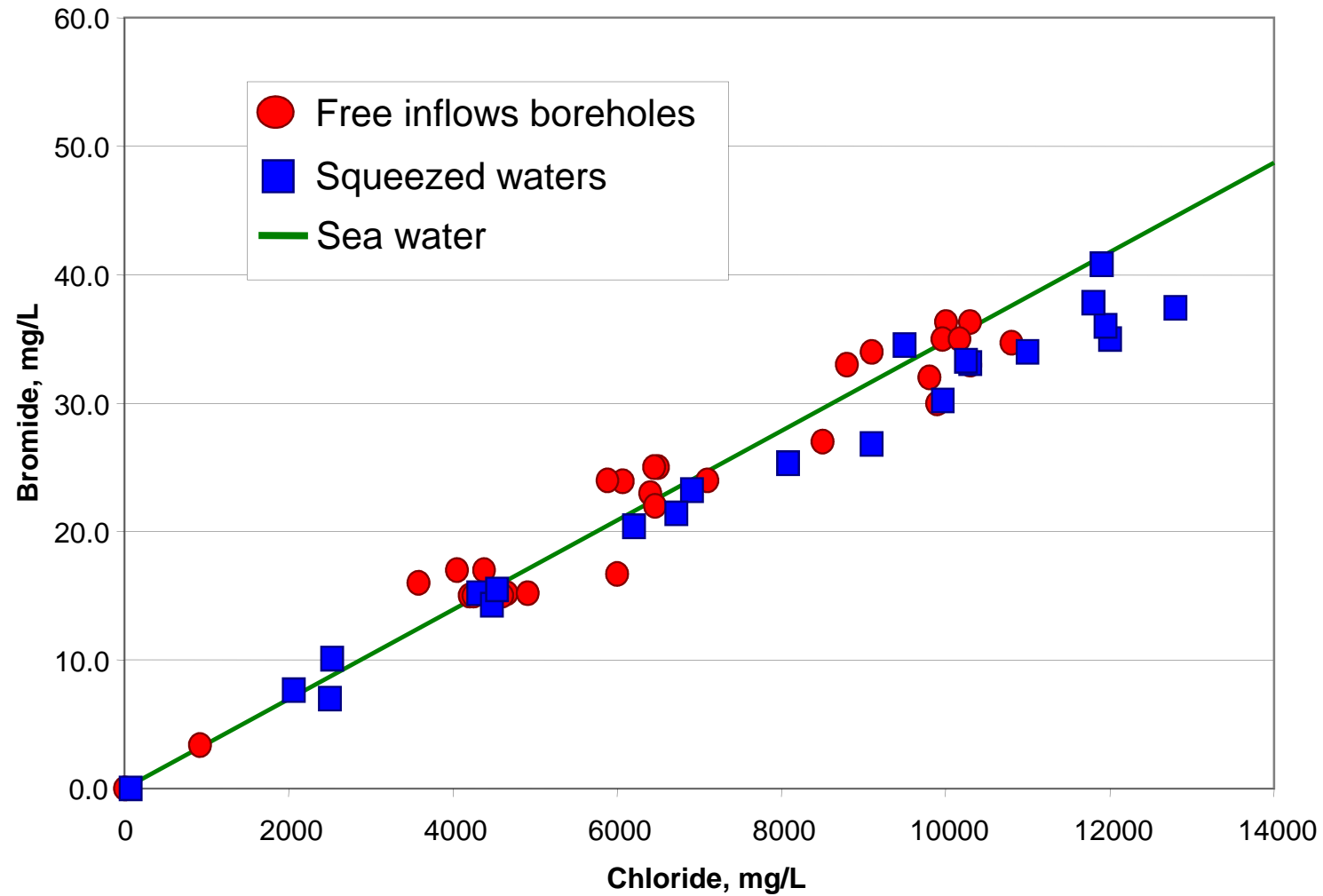
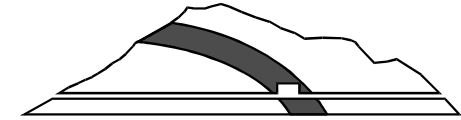
Charakterisierung OPA (3/4)



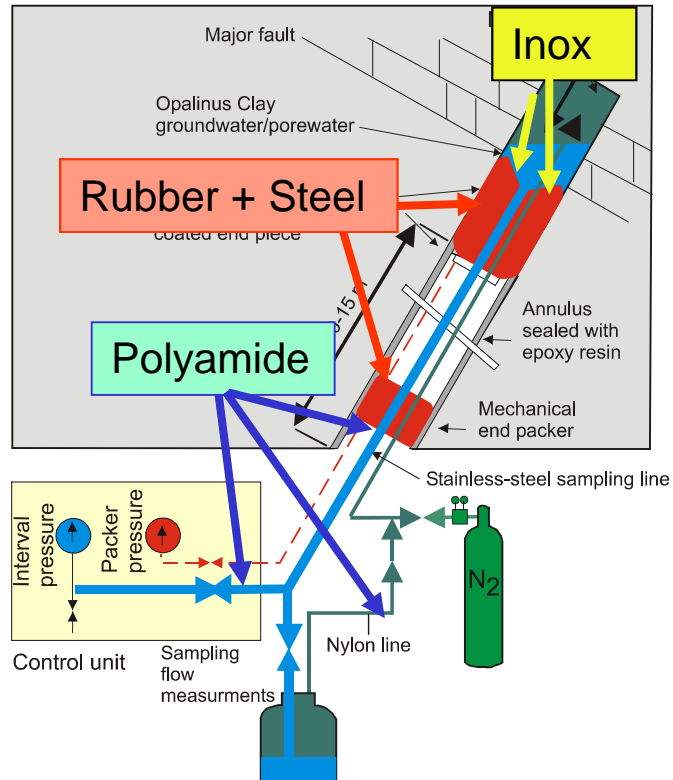
- 6 Doppelpacker, Einfachpacker, Intervallport
- Intervalldruck, Intervalltemperatur, Packerdruck
- Systemlänge 5 m, \varnothing 88 mm
- 27 Leitungen und Kabel (total ca. 4 km)
- Totale Systemlänge 250 m



Charakterisierung OPA (4/4)

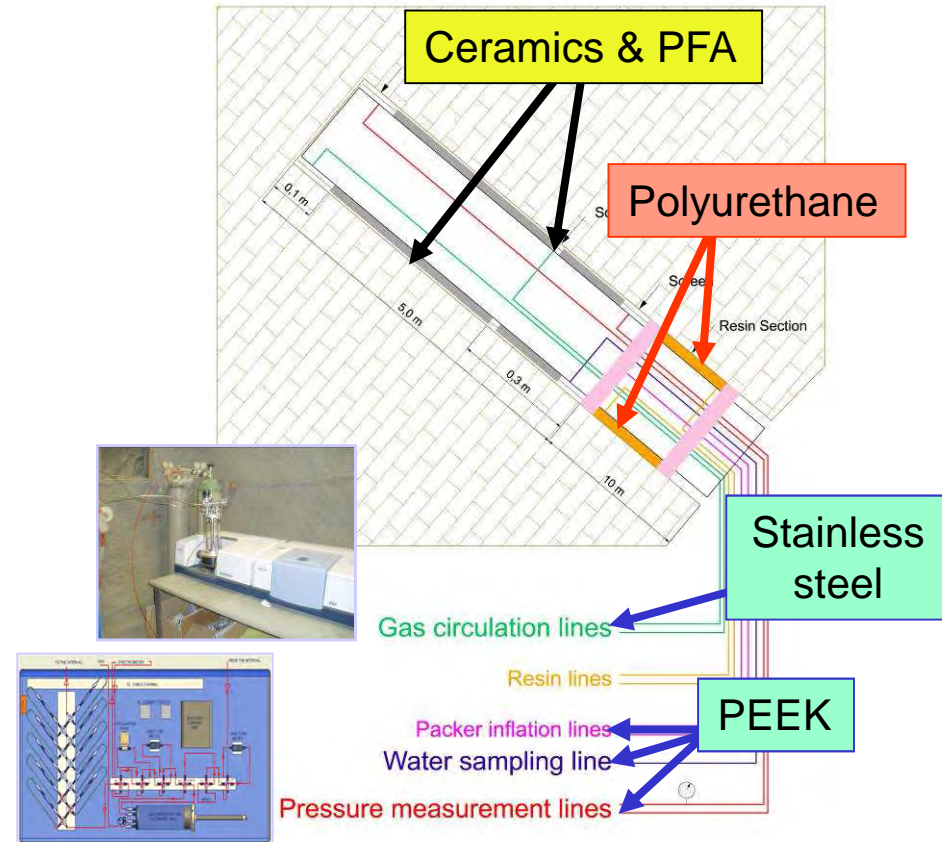


Water sampling Equipment



Water sampling
(einst...

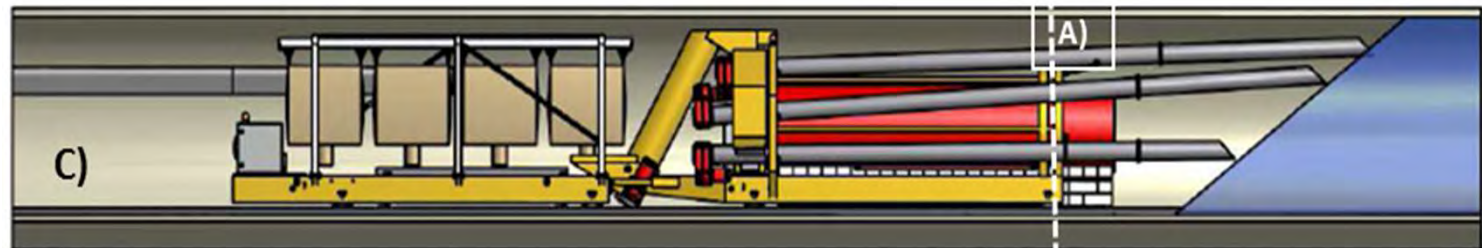
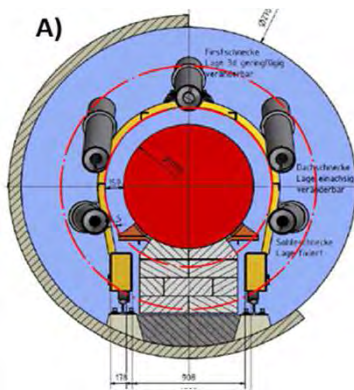
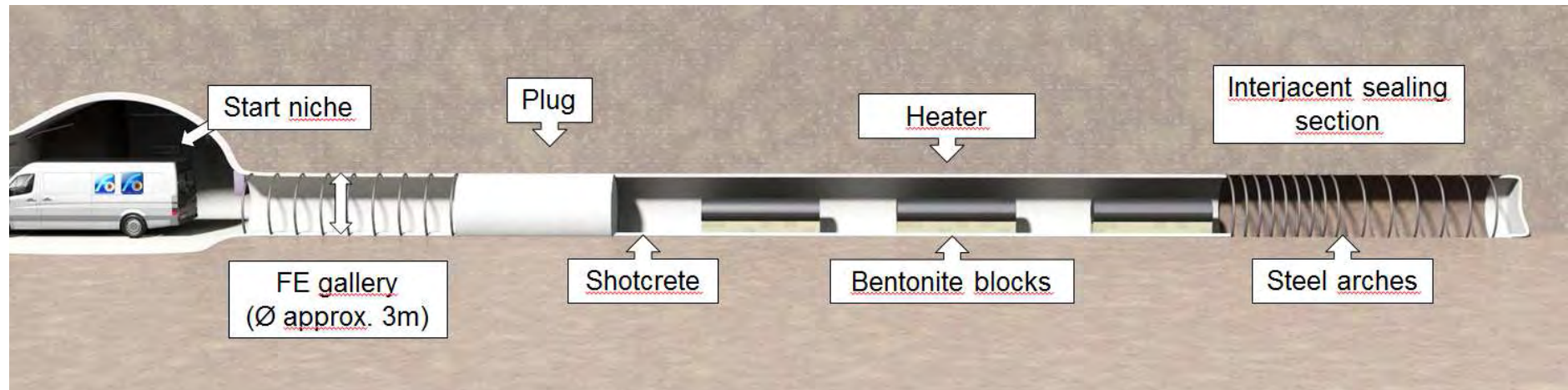
15'000 Euros



Pore water and gas equilibration
und heute)

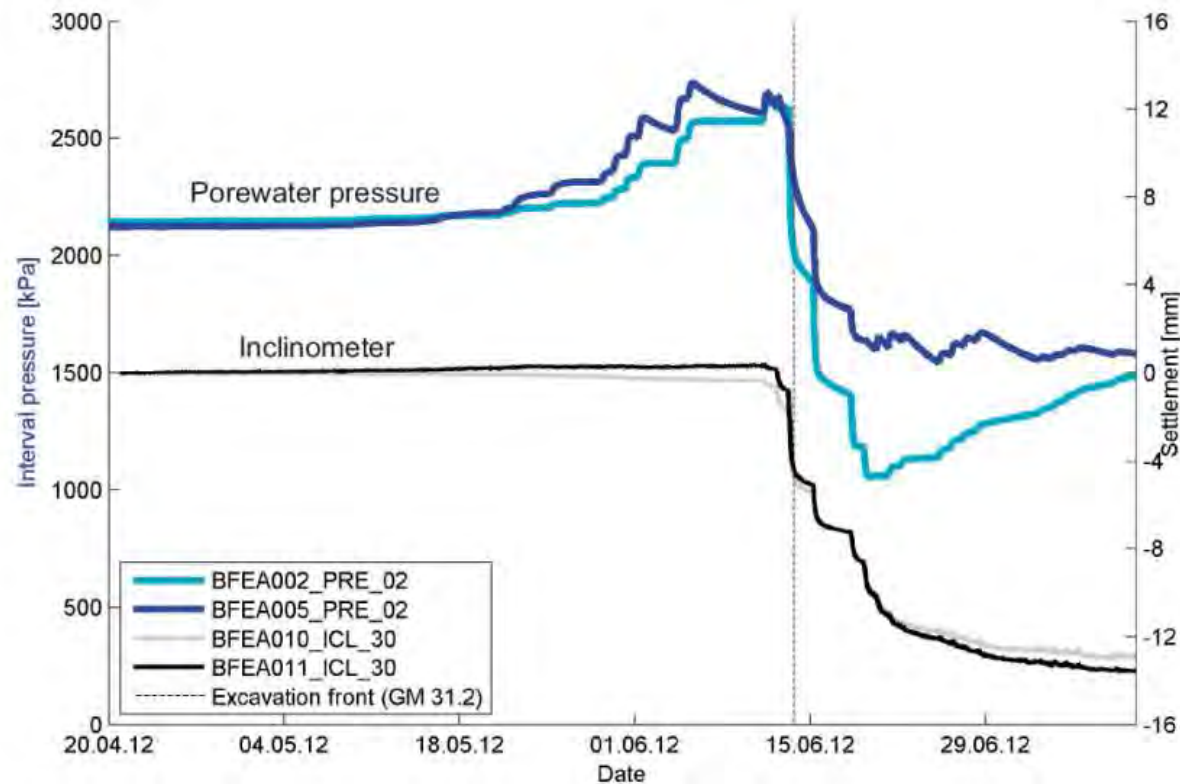
200'000 Euros

+ Demonstrations-Experimente (1/2)



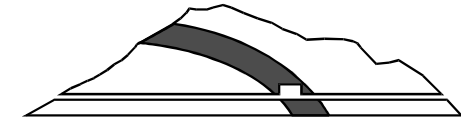
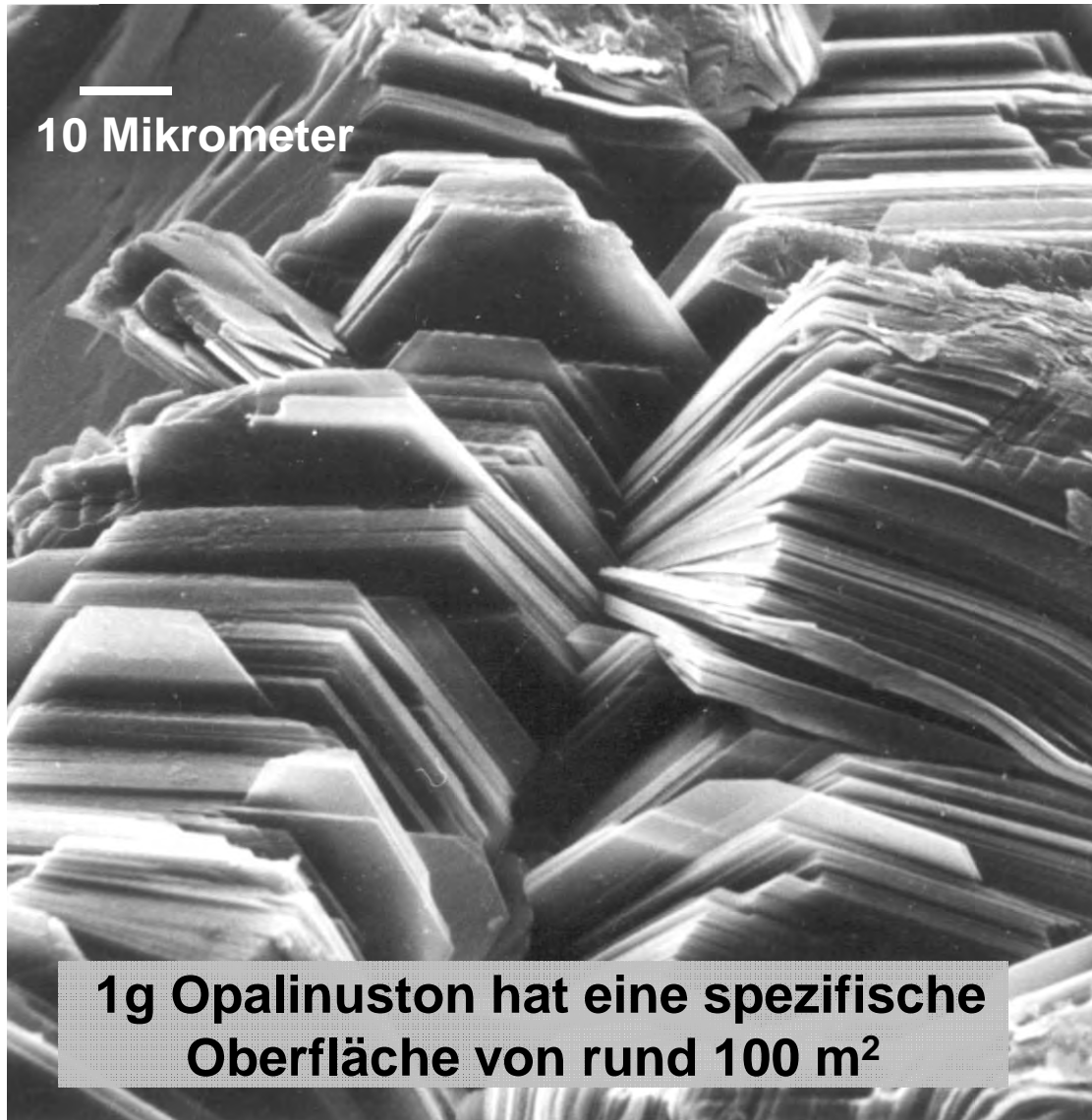
- 1:1 full-scale Experiment, 3 m \varnothing , 50 m Länge
- 3 Heizer à 1500 W (T an Bentonit-OPA-Grenze $< 90^{\circ}\text{C}$)
- THM (thermisch, hydraulisch, mechanisch)-gekoppeltes System
- Experimentdauer > 15 Jahre

Demonstrations-Experimente (2/2)



- Ca. 3'000 Sensoren (inkl. fiberoptischen Sensoren)
- Temperaturen, Porenwasserdrucke, Quelldrucke, Deformationen (Inklinometer, Extensometer), Relative Feuchtigkeit, chemische Parameter
- Messbeginn bereits vor dem Ausbruch des Tunnels im Jahre 2012

Warum Forschung im Ton?

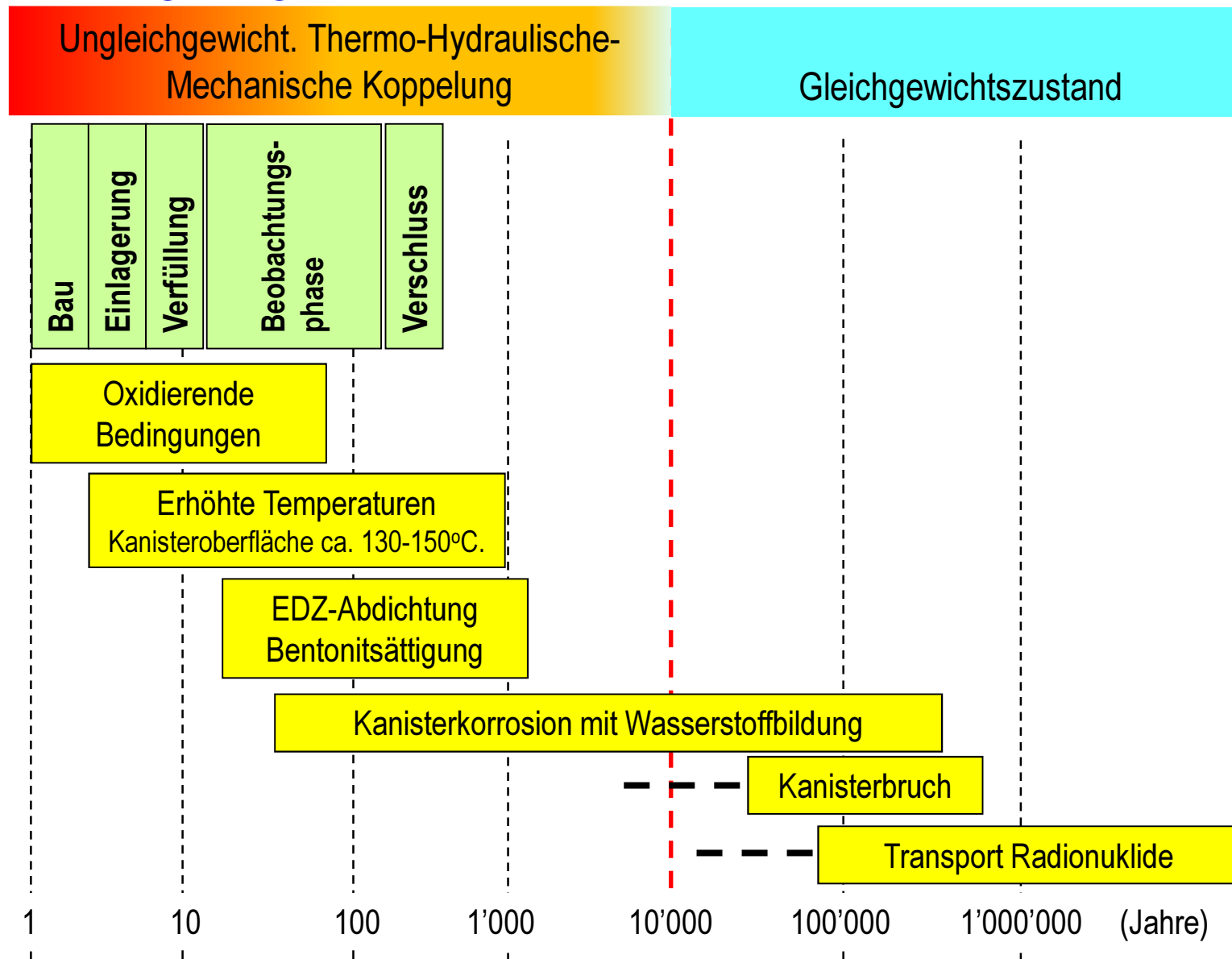
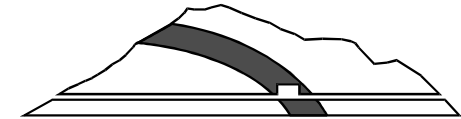


„Key-Results“

- Hervorragende Sorptionseigenschaften
- Sehr geringe Durchlässigkeit
- Porenwasser marinen Ursprungs
- Molekulare Diffusion
- Selbstabdichtung von Rissen
- Bautechnische Machbarkeit

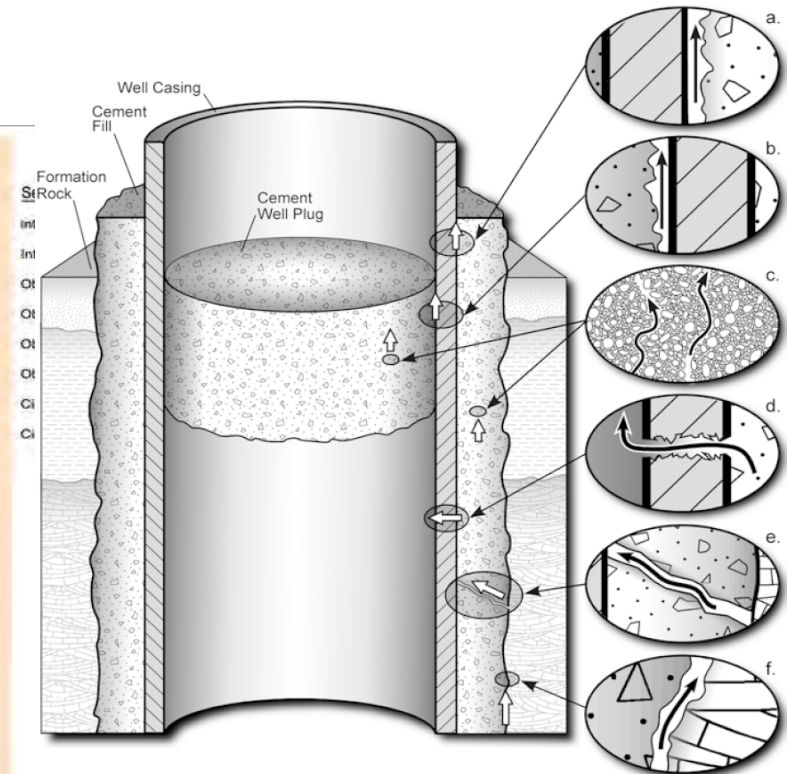
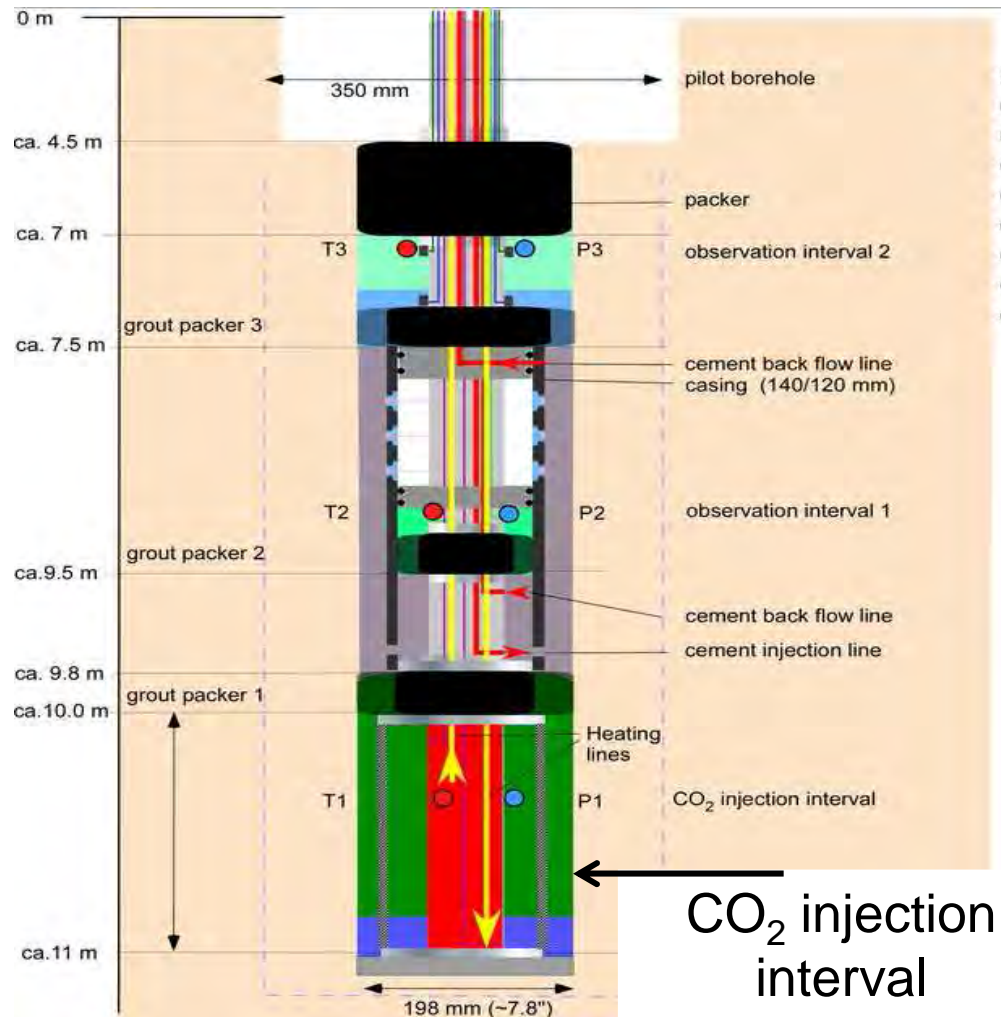


Verhält sich ein Tiefenlager so wie vorausgesagt?





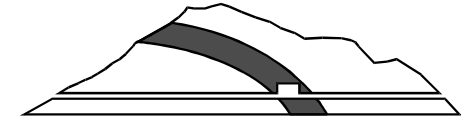
CO₂ Speicherung



OBYASHI, SWISSTOPO
(BRGM, EC co-financed)



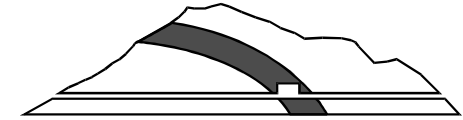
Auf den Punkt gebracht



- Mont Terri Projekt: International führend in der Tiefenlager Tonforschung.
- 15 Partner aus CH, EU, Japan, Kanada und der USA, unter der Leitung des Bundes (swisstopo). Die Arbeiten werden von 50 Universitäten und Forschungsinstituten sowie von über 50 Spezialfirmen ausgeführt.
- Das Felslabor Mont Terri trägt wesentlich zur Sicherheit und der technischen Machbarkeit eines Geologischen Tiefenlagers im Opalinus-Ton bei. Methodik-Charakterisierung-Demonstration
- Swisstopo führt selber Experimente durch (Beispiel: CO₂-Lagerung, Überprüfung der Dichtigkeit von Gestein und Bohrungen).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit





Paul Bossart
Direktor Mont Terri Projekt
swisstopo
Fabrique de Chaux
2882 St-Ursanne
Tel +41 79 414 0459
www.mont-terri.ch