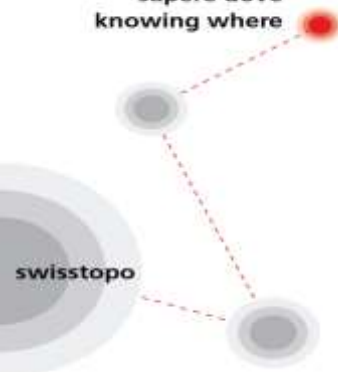




Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra



wissen wohin  
savoir où  
sapere dove  
knowing where



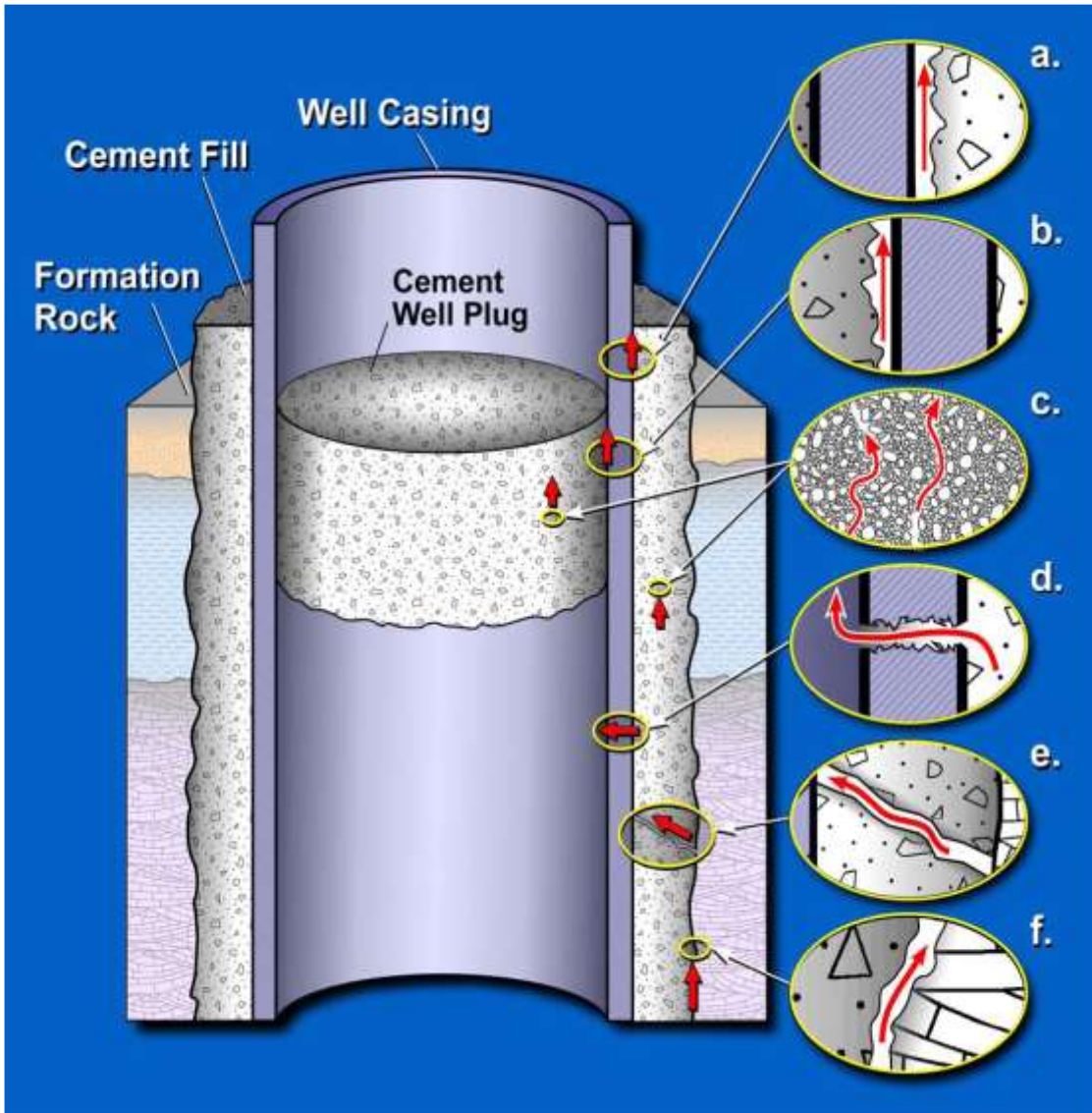
# CS-A Experiment: können undichte Bohrungen saniert werden?

Swisstopo Kolloquium 31.1.2020

Christian Minnig



# Denkbare Leckagen entlang Bohrungen



a. Übergang Verrohrung-Zement

b. Übergang Zementplug-Verrohrung

c. Mikro-channeling durch Zement

d. Riss in Verrohrung

e. Riss in Zement

f. Übergang Zement-Formation



# Ziel des Experiments

- a) Identifikation und Charakterisierung von Fliesswegen, entlang welchen CO<sub>2</sub> in einer Bohrung aufsteigen kann.
- b) Entwicklung von Gegenmassnahmen zur Behebung von leckenden Bohrungen



# Zu testende Abdichtmittel



- “Smart Gel”: Mikropartikel in Suspension
- pH sensitiv → Hydratation & Volumenzunahme → Abdichten



- Polymer-Gel: Polyacrylsäure in wässriger Lösung
- pH sensitive → Wasseraufnahme und Koagulation der Polymere → Abdichten



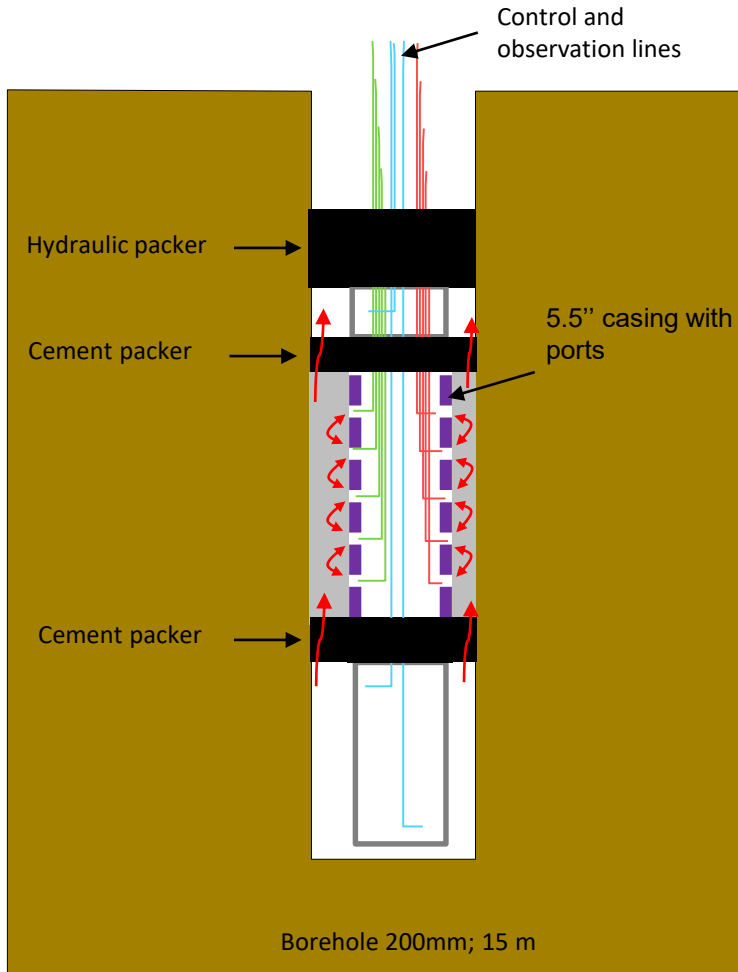
- Silikat-Gel: Alkalische Silikat-Lösung
- pH sensitive → Ausfällung von Silikat-Gel → Abdichten



- Harz: niedrigviskoses polymerbasiertes Harz
- Mischen Einzelkomponenten → Zeitverzögerte Polymerisation → Aushärtung



# Konzept und Systemdesign

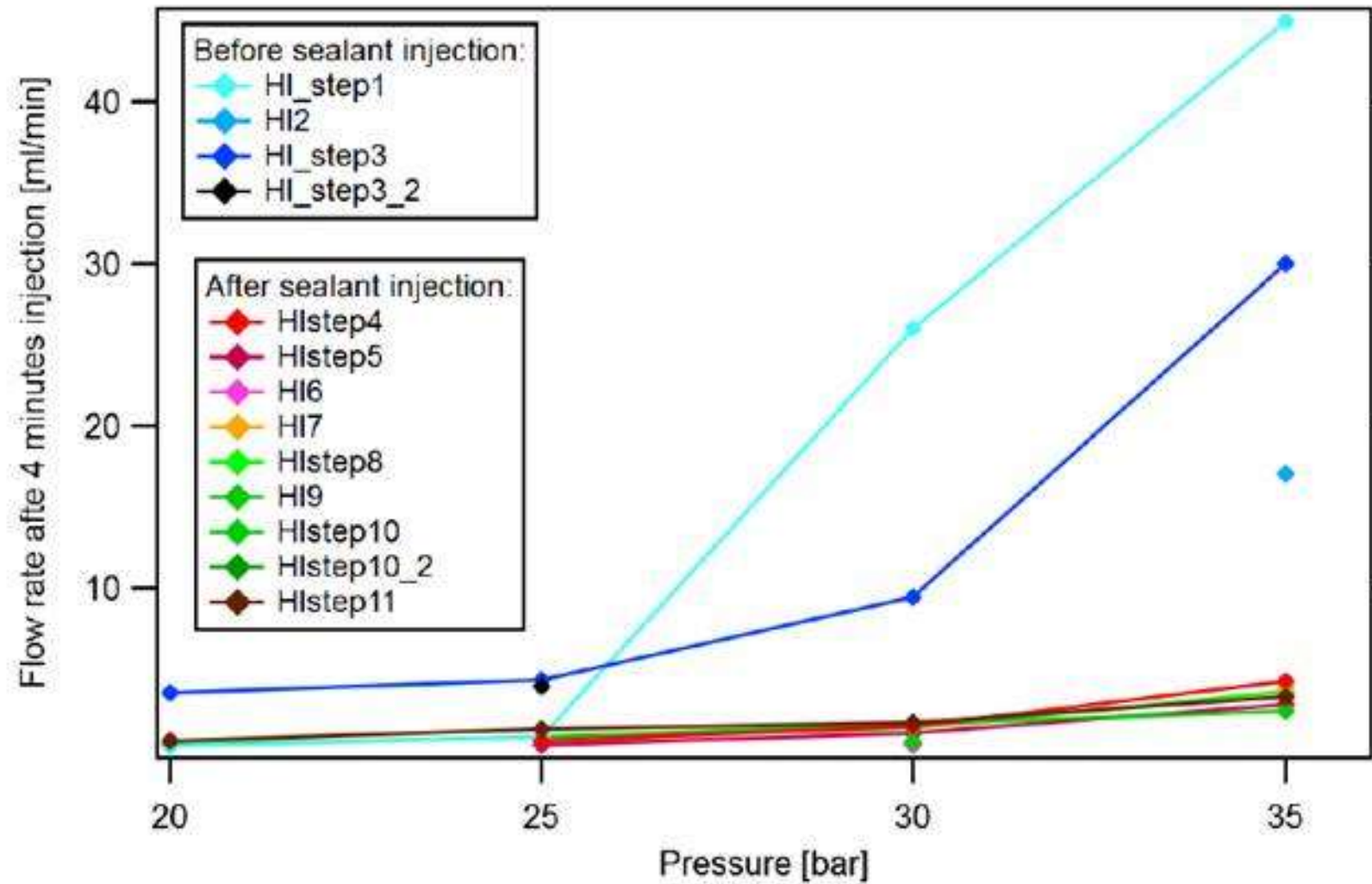


- Bohrloch, 15 m tief, 200 mm  $\varnothing$
- Testabschnitt 6 m, verrohrt & zementiert, mit 6 Testmodulen → Replika einer “richtigen” Bohrung
- Leitungen zu allen 6 Testintervallen und den unvementierten Intervallen ober- und unterhalb
- Provokation von Leckagen durch zyklisches Heizen und Wasserinjektion unter hohem Druck
- Hydraulische Tests zur Charakterisierung (Referenzwerte)
- Injektion der zu testenden Dichtungsmittel in Intervalle des Testabschnitts
- Hydraulische Tests zur Charakterisierung (Performance Dichtungsmittel)

Not to scale



# Beispiel von hydraulischen Performance Tests

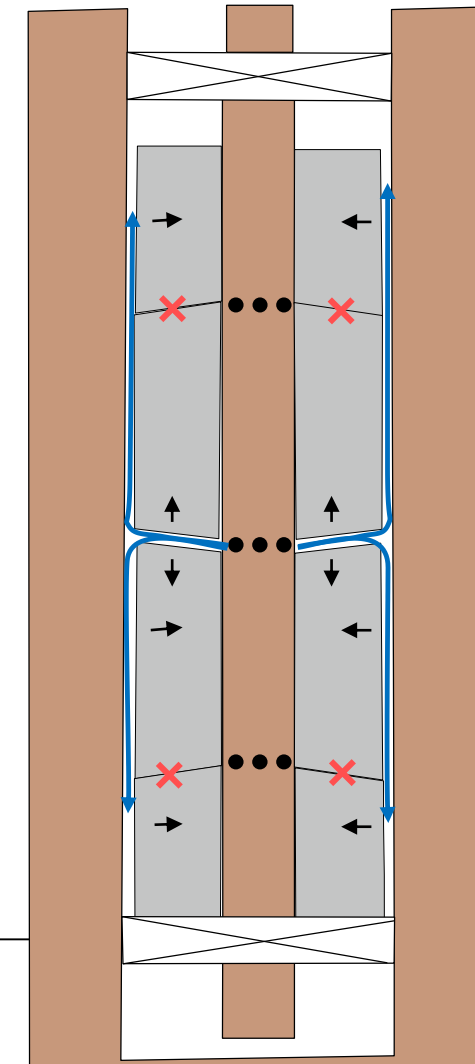




# Offene Fragen nach den hydraulischen Performance-Tests

- Richtigkeit des konzeptionellen Modells? Genau Geometrie und Charakteristik der Fliesswege. Wie Risse? Channels? Mikroannulus?
- Penetrationstiefe der Abdichtmittel?
- Reaktionen zwischen Abdichtmittel und Zement, Verrohrung, Gestein?
- Status/Degradation von Abdichtmittel, Zement, Verrohrung, Gestein

Konzeptionelles Modell





# Überbohrung des Experiments

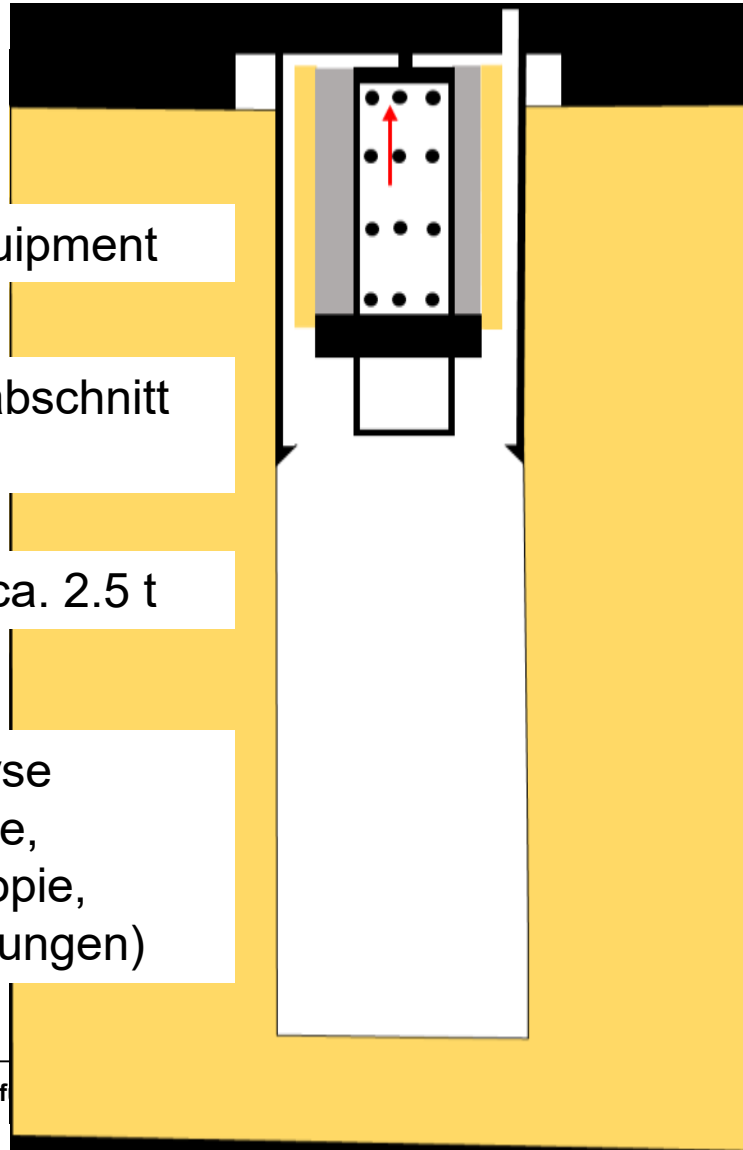
1) Ausbau oberes Equipment

2) Überbohrung Testabschnitt  
450mm Durchmesser

3) Ziehen des Kerns ca. 2.5 t

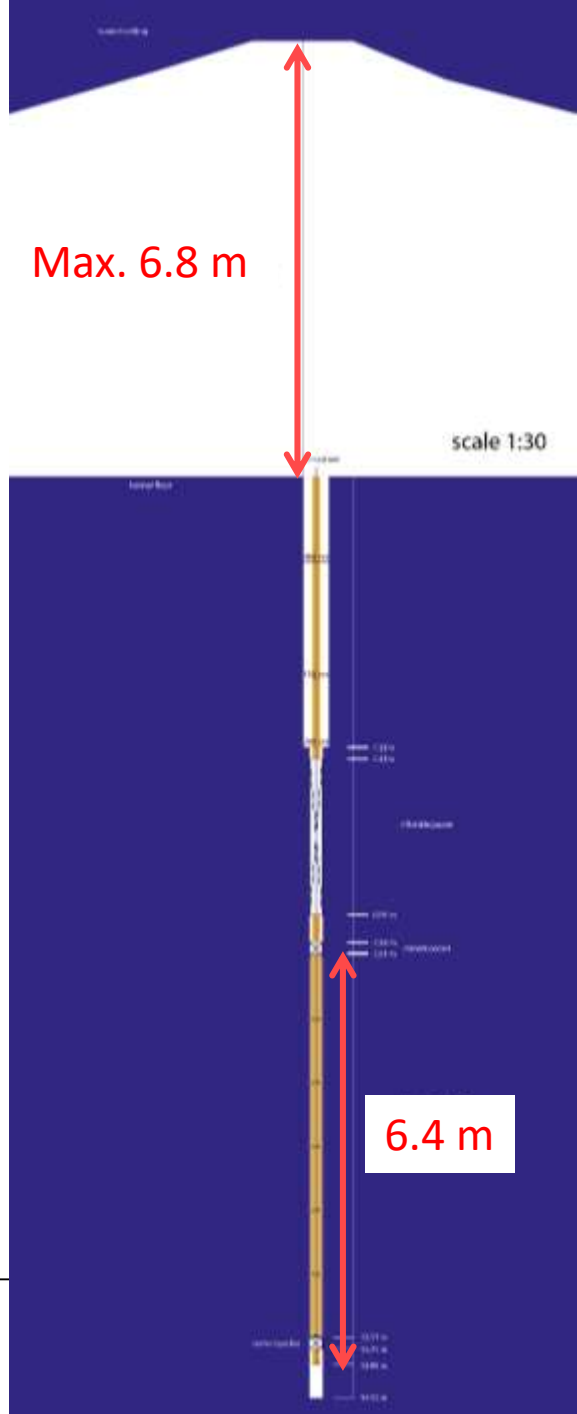
4) Post-Mortem Analyse  
(CT-Scanning, Chemie,  
Petrophysik, Mikroskopie,  
numerische Modellierungen)

Bundesamt f



## Herausforderungen:

- **Raumhöhe!!**
- **Arbeitssicherheit**
- **Kernqualität**







# Persönliches Fazit

- Einige Abdichtmittel haben grosses Potenzial zur sicheren Abdichtung von leckenden Bohrungen. Grossskaliger, industrieller Feldversuch als nächsten Schritt.
- Fruchtbare Zusammenarbeit mit der Petroleumindustrie. Unverzichtbares technisches Know-How.
- Mont Terri Felslabor als «Sprungbrett» vom kleinskaligen Laborversuch zum grossskaligen industriellen Feldversuch

