



Probleme und Chancen des DTS Monitoring eines Erdwärmesondenfeldes am Beispiel des E.ON ERC Gebäudes der RWTH Aachen

Norbert Klitzsch, Mario Ramirez, Alexis Lamparski

Ziele von MPC Geothermie

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Projekt:
**Einbindung von Erdwärmesonden in die Gebäudesteuerung
mittels Model Predictive Control (MPC)**
 - Förderkennzeichen: 03ETW006
- **Ziele**
 - Entwicklung einer automatisierten Regelung für Geothermiefelder
 - und dadurch:
 1. Nachhaltige Nutzung von Erdwärmesonden
 2. Optimierung der Betriebsführung – Effizienzsteigerung

MPC Geothermie Projektgruppe



- Geophysik und Geothermische Energie:
- Gebäude- und Raumklimatechnik:
- Geotechnik im Bauwesen:

Norbert Klitzsch, Alexis Lamparski, Mario Ramirez, Elisa Heim
Alexander Kümpel, Phillip Stoffel
Stefan Düber



Renate Pechnig, Dominique Knapp, Daniel Wägerle



Martin Beckmann, Bernd Klostermann

Demonstrationsgebäude

= Hauptgebäude des
E.ON Energy Research Center (E.ON ERC) der RWTH Aachen

- Multifunktionales Bürogebäude (7222 m²) mit Büro-, Labor-, Server- und Konferenzräumen
- 250 KWth Wärmepumpe + Brennwertkessel und BHKW für Spitzenlastdeckung
- Erdwärmesondenfeld mit 41 Sonden à 100 m
- umfangreiches Monitoring:
8000 Datenpunkte zur Erfassung von Raumklima-, Lüftungs- und Betriebsdaten des Heiz- und Kühlsystems

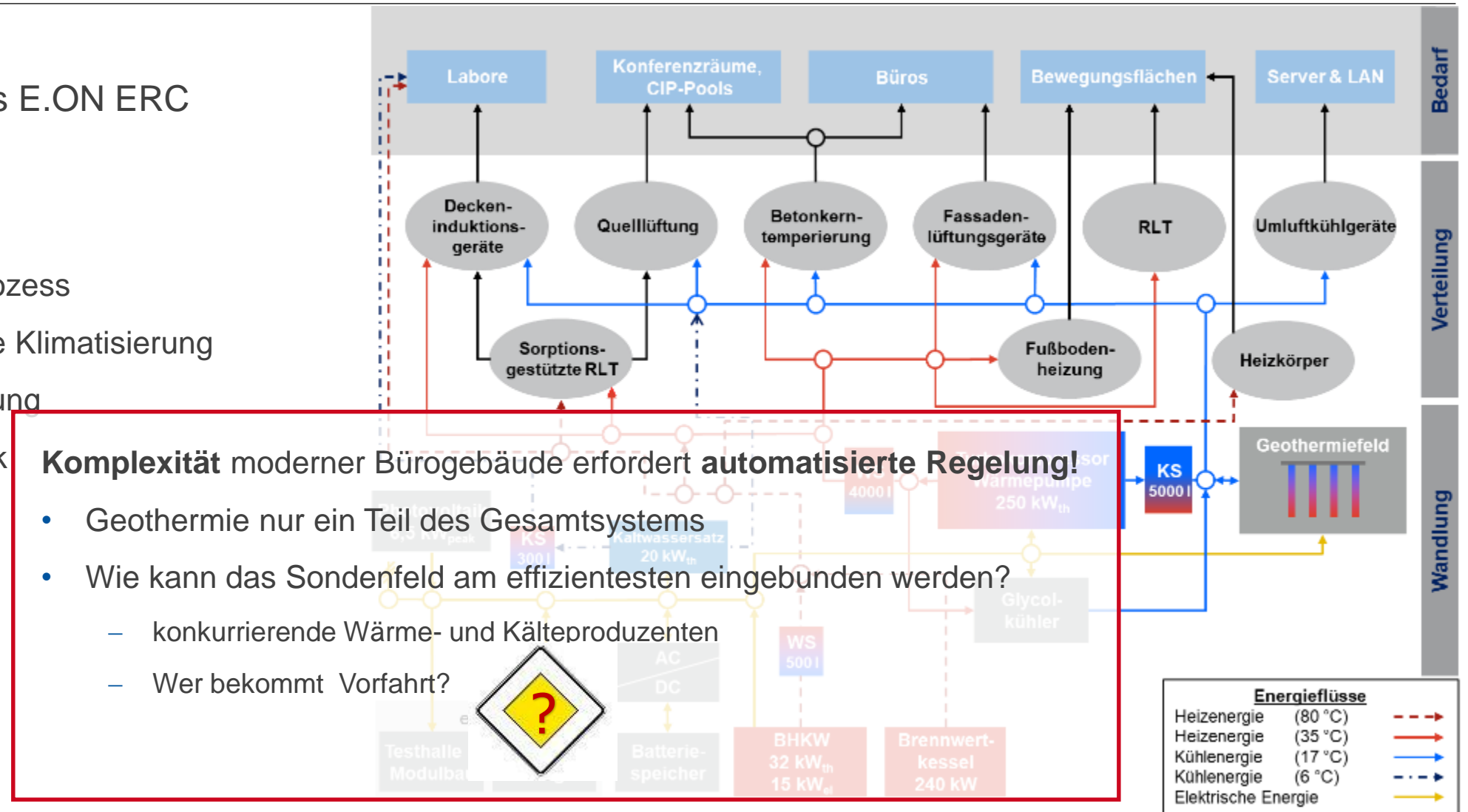


Demonstrationsgebäude

= Hauptgebäude des E.ON ERC

- Energiekonzept

- Wärmepumpenprozess
- Sorptionsgestützte Klimatisierung
- Betonkernaktivierung
- Blockheizkraftwerk
- Geothermiefeld

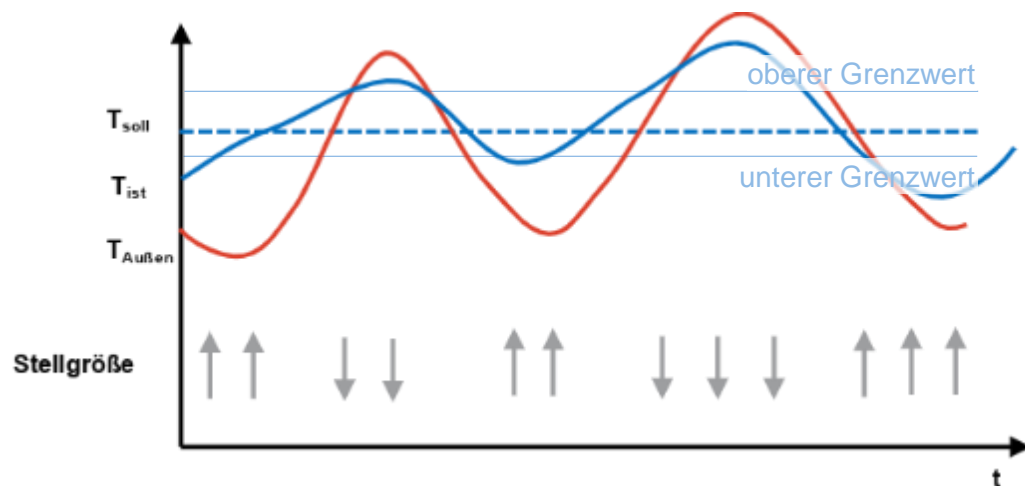


Modellprädiktive Regelung (MPC)

Worin besteht der Unterschied zur normalen Regelung?

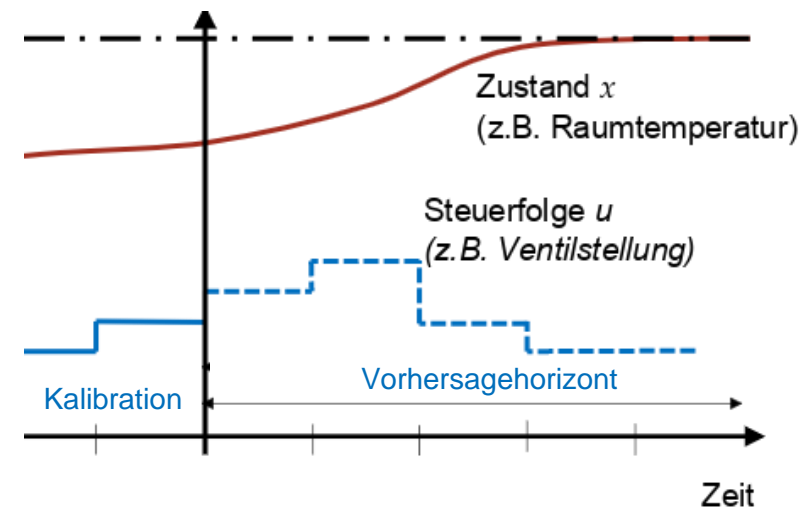
Normale Regelung

- Regelung reagiert auf einen Grenzwert (Messwert)



Model Predictive Control

- Regelung basierend auf Vorhersage des Systemverhaltens
 - ständiger Abgleich mit Messwerten
 - Optimierung unter Berücksichtigung vieler Bedingungen



Modellprädiktive Regelung (MPC)

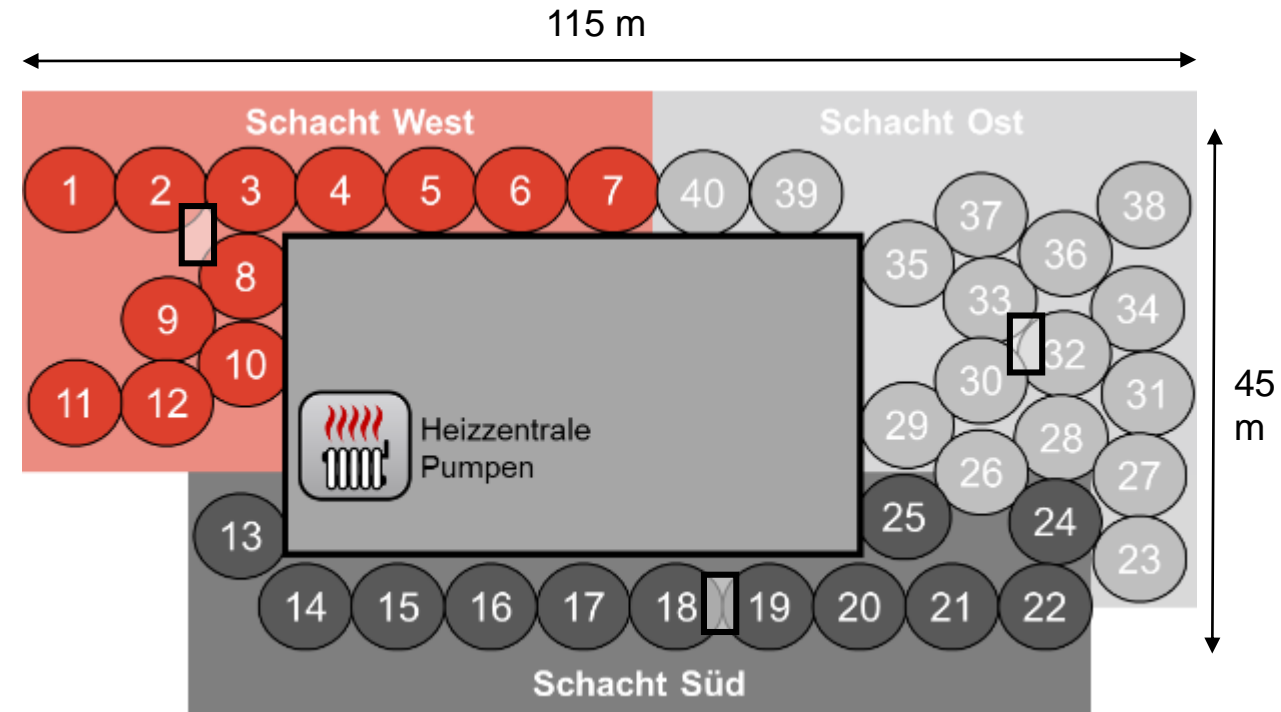
- des **Geothermiefeldes** benötigt Vorhersagemodelle und Monitoringdaten
- Vorhersagemodell
 - = Prozessmodell zur Vorhersage der Sondenleistung für verschiedene Zeithorizonte
 - Regelgröße: Sondenleistung (Rücklauf­temperatur und Volumenstrom)
 - Randbedingungen: Kühl- und Heizbedarf für unterschiedliche Zeithorizonte (Jahreszeit, Wetter, Nutzerverhalten)
 - Input: Vorlauf­temperatur, Bodentemperatur
Monitoringdaten des Geothermiefelds

Geothermiefeld des E.ON ERC

- 40+1 Doppel-U Sonden a 100 m Sondentiefe
 - 2 hydraulische Pumpen mit 6 kW_{el} , max. 1200 l/min
 - Belimo Kugelhähne, einzeln ansteuerbar

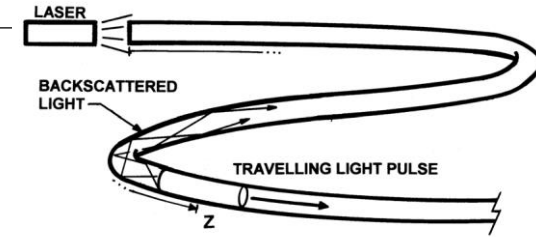


- Monitoring:
 - Temperatursensoren, Volumenstromsensor, alle 30s
 - **DTS Temperaturmessungen** entlang aller Sonden
 - Auflösung: 0,2 m (Ort) und 4 min (Zeit)
 - Hybridkabel an 2 Sonden (Thermal Response Tests)



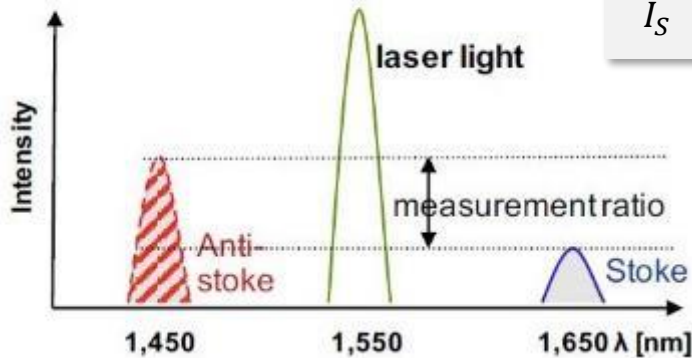
Distributed Temperature Sensing (DTS)

- Was ist DTS?
 - orts aufgelöste Temperaturmessung entlang optischer Leiter

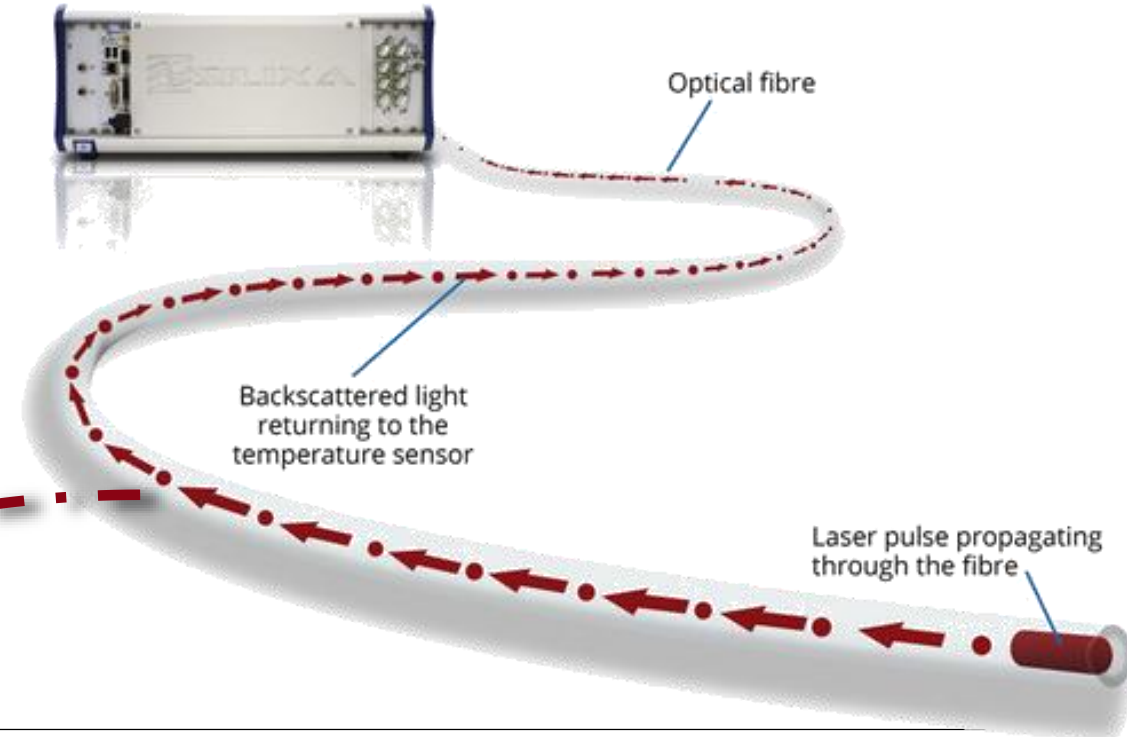


- Wie funktioniert es?
 1. Laserpuls in Glasfaserkabel
 2. Rückstreuung (Raman Streuung) in der Glasfaser
 3. Intensitätsverhältnis des rückgestreuten Lichts \Rightarrow **Temperatur**

Principle of the Raman effect

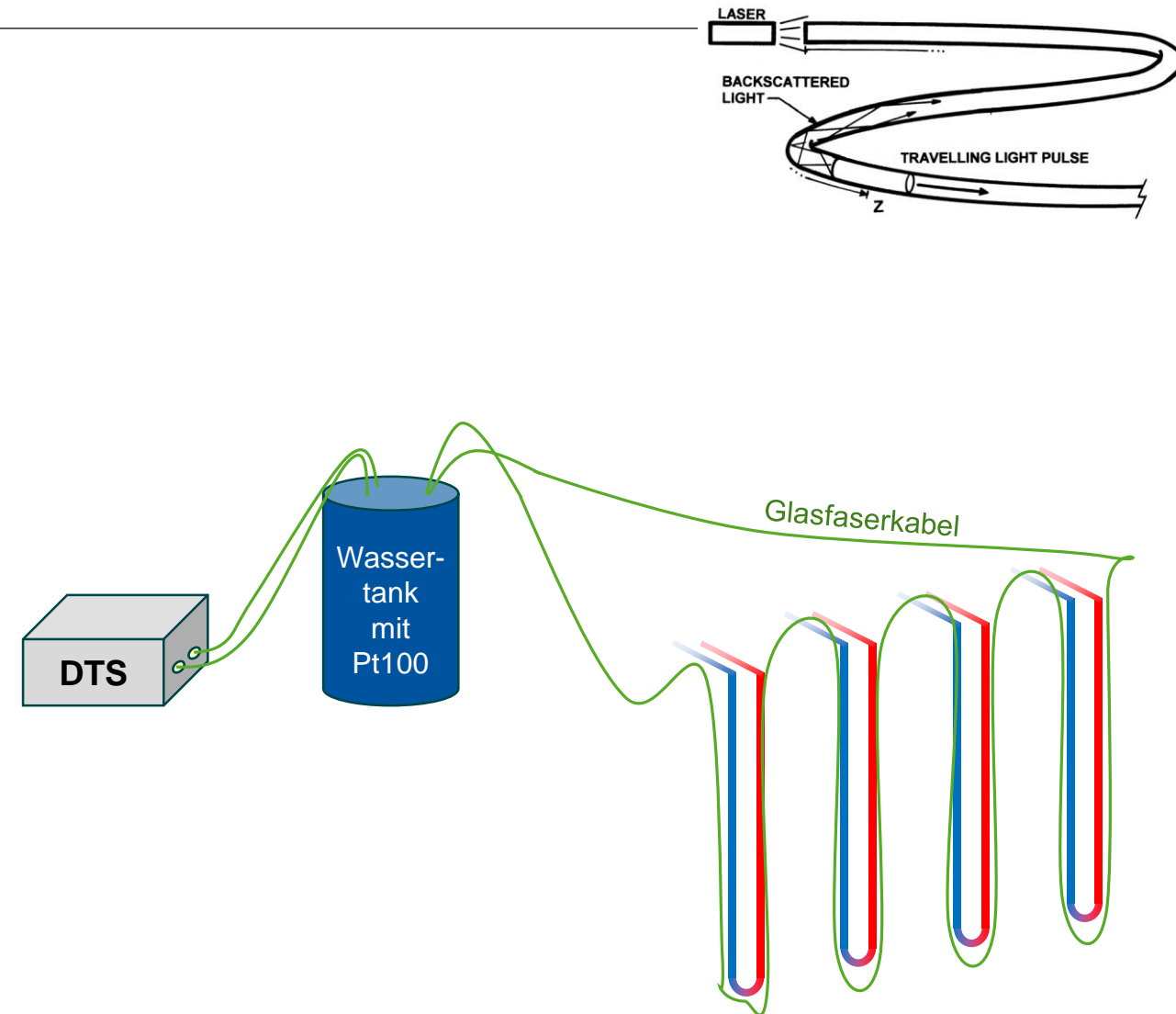


$$\frac{I_{aS}}{I_S} = \left(\frac{\lambda_S}{\lambda_{aS}} \right)^4 \exp\left(\frac{-h c \Delta\nu}{k T} \right)$$



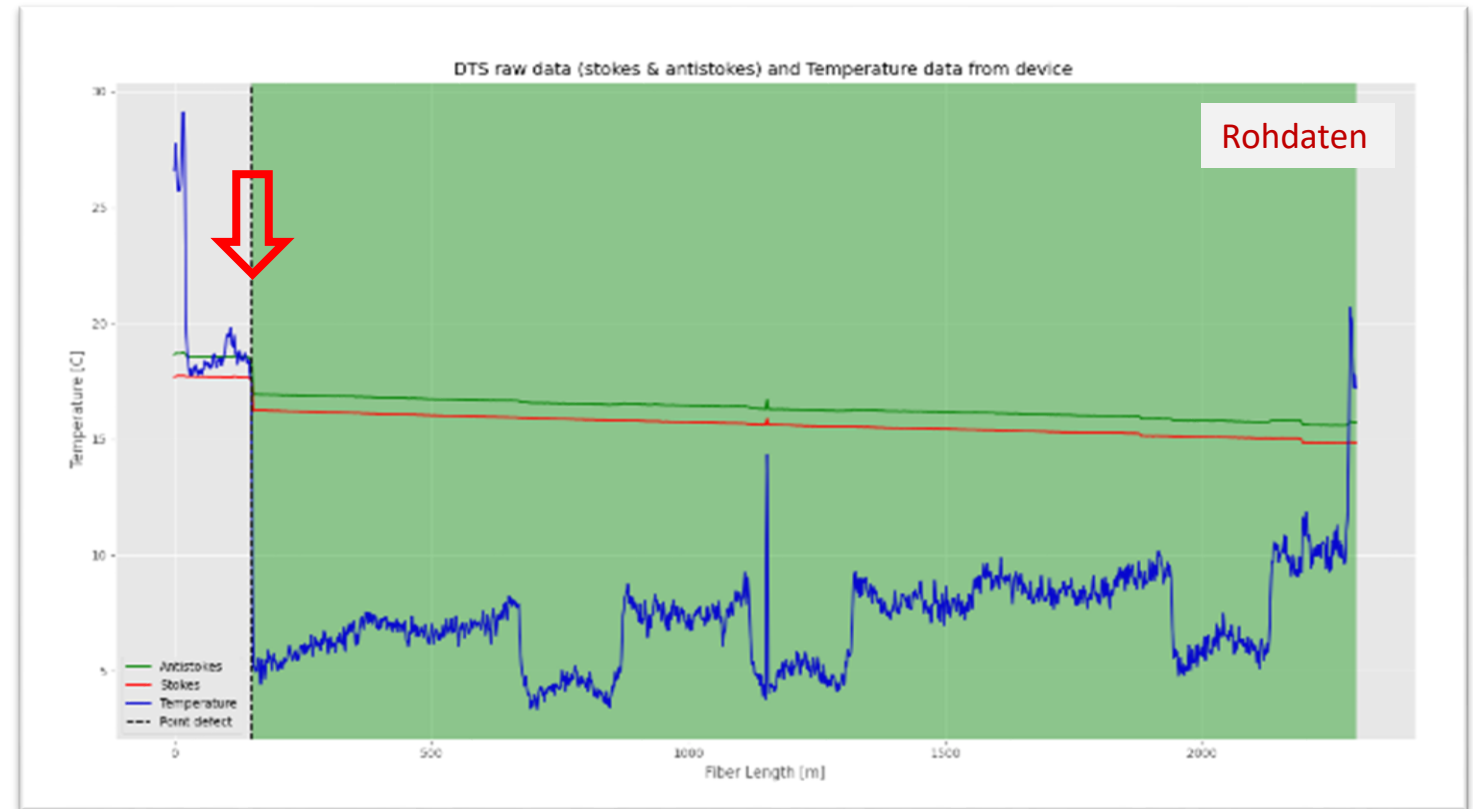
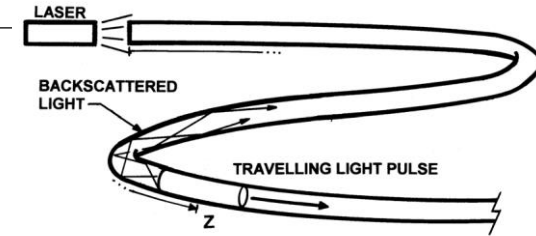
DTS Probleme

- Was ist alles schief gelaufen?
 1. viele DTS Kabel bei Installation beschädigt
 2. **keine Kalibration (Wasserbad + Pt100)**
 3. keine Rohdaten (Stokes und Anti-Stokes)
 4. keine Prozessierung der Daten – Temperaturen von Messgerät
 - enthalten Sprünge und
 - Trends entlang Messstrecke
 5. schlechte Dokumentation
 6. Datenausfälle
 7. ...



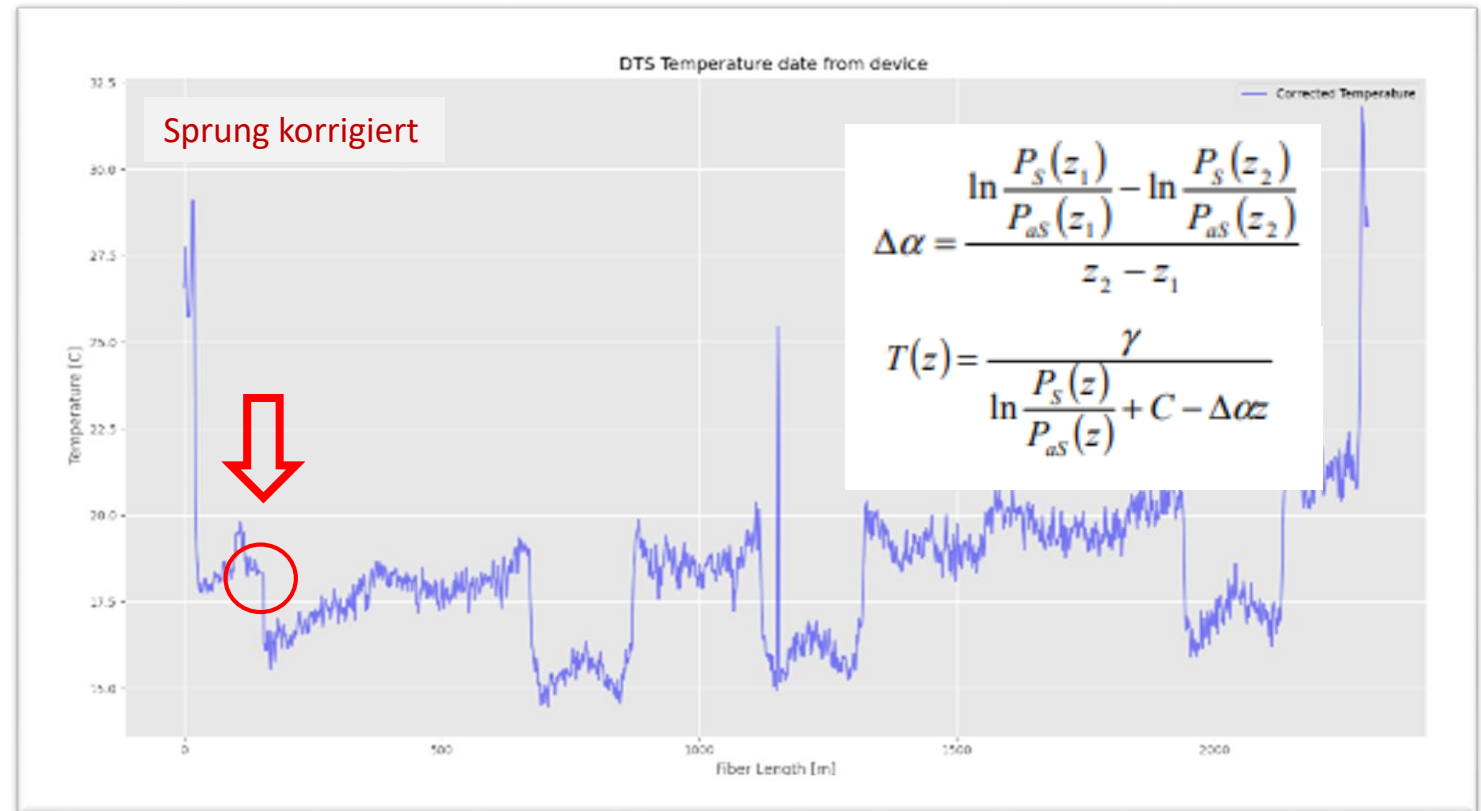
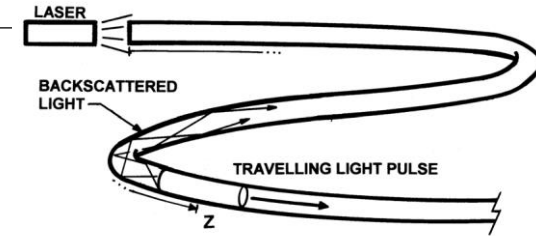
DTS Probleme

- Was ist alles schief gelaufen?
 1. viele DTS Kabel bei Installation beschädigt
 2. keine Kalibration (Wasserbad + Pt100)
 3. keine Rohdaten (Stokes und Anti-Stokes)
 4. keine Prozessierung der Daten – Temperaturen von Messgerät
 - enthalten Sprünge und
 - Trends entlang Messstrecke
 5. schlechte Dokumentation
 6. Datenausfälle
 7. ...



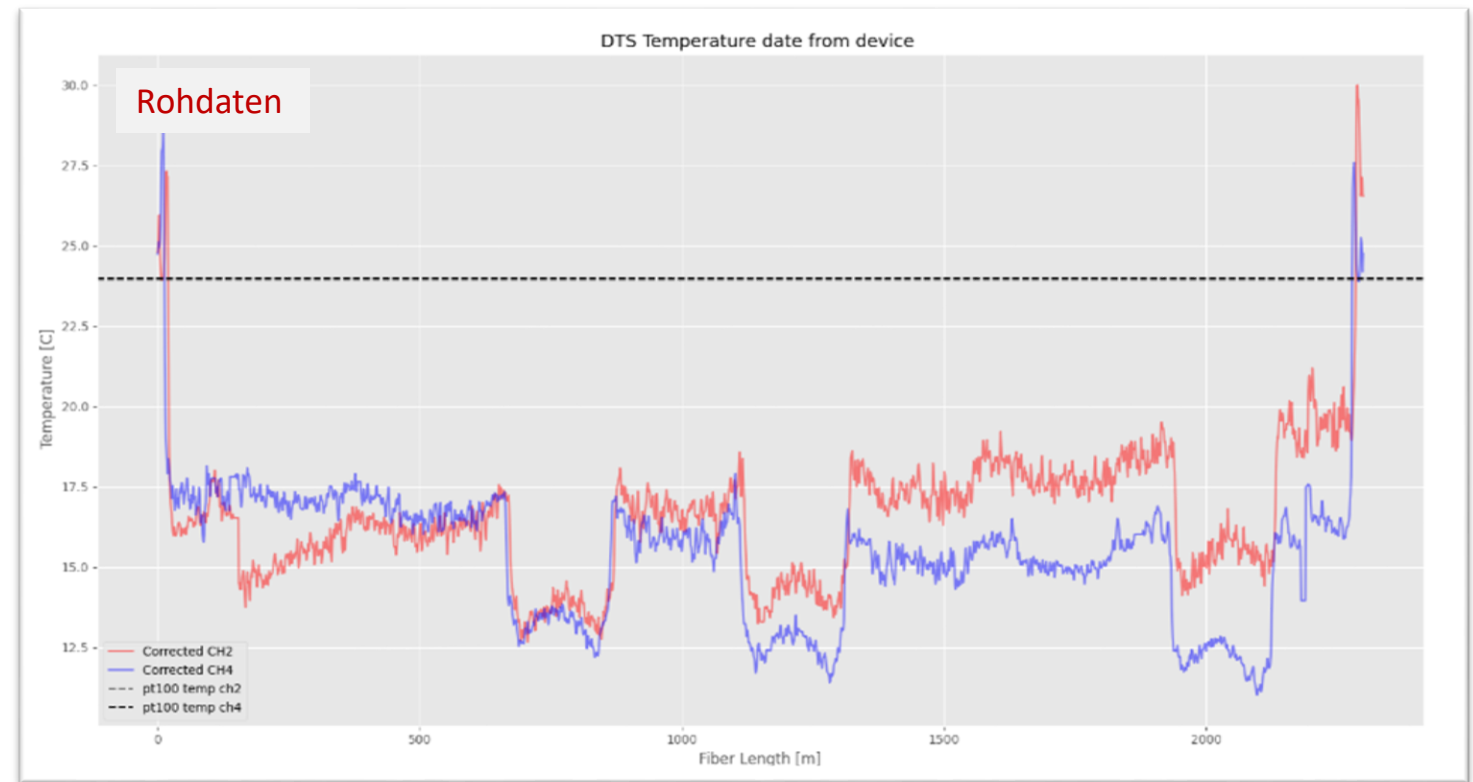
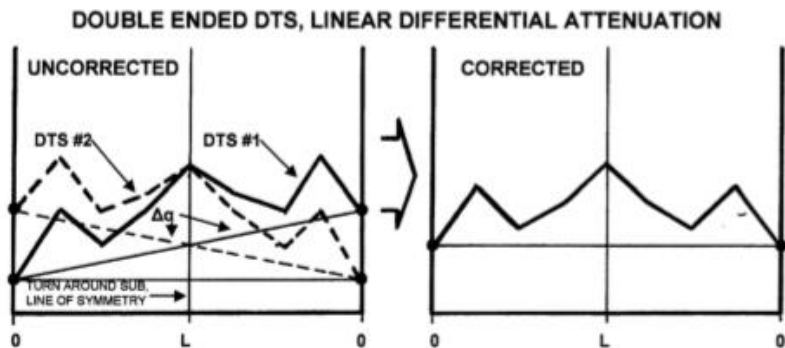
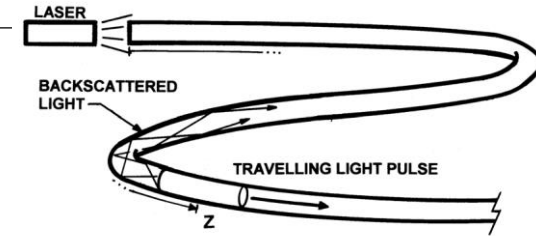
DTS Probleme

- Was ist alles schief gelaufen?
 1. viele DTS Kabel bei Installation beschädigt
 2. keine Kalibration (Wasserbad + Pt100)
 3. keine Rohdaten (Stokes und Anti-Stokes)
 4. keine Prozessierung der Daten – Temperaturen von Messgerät
 - **enthalten Sprünge** und
 - Trends entlang Messstrecke
 5. schlechte Dokumentation
 6. Datenausfälle
 7. ...



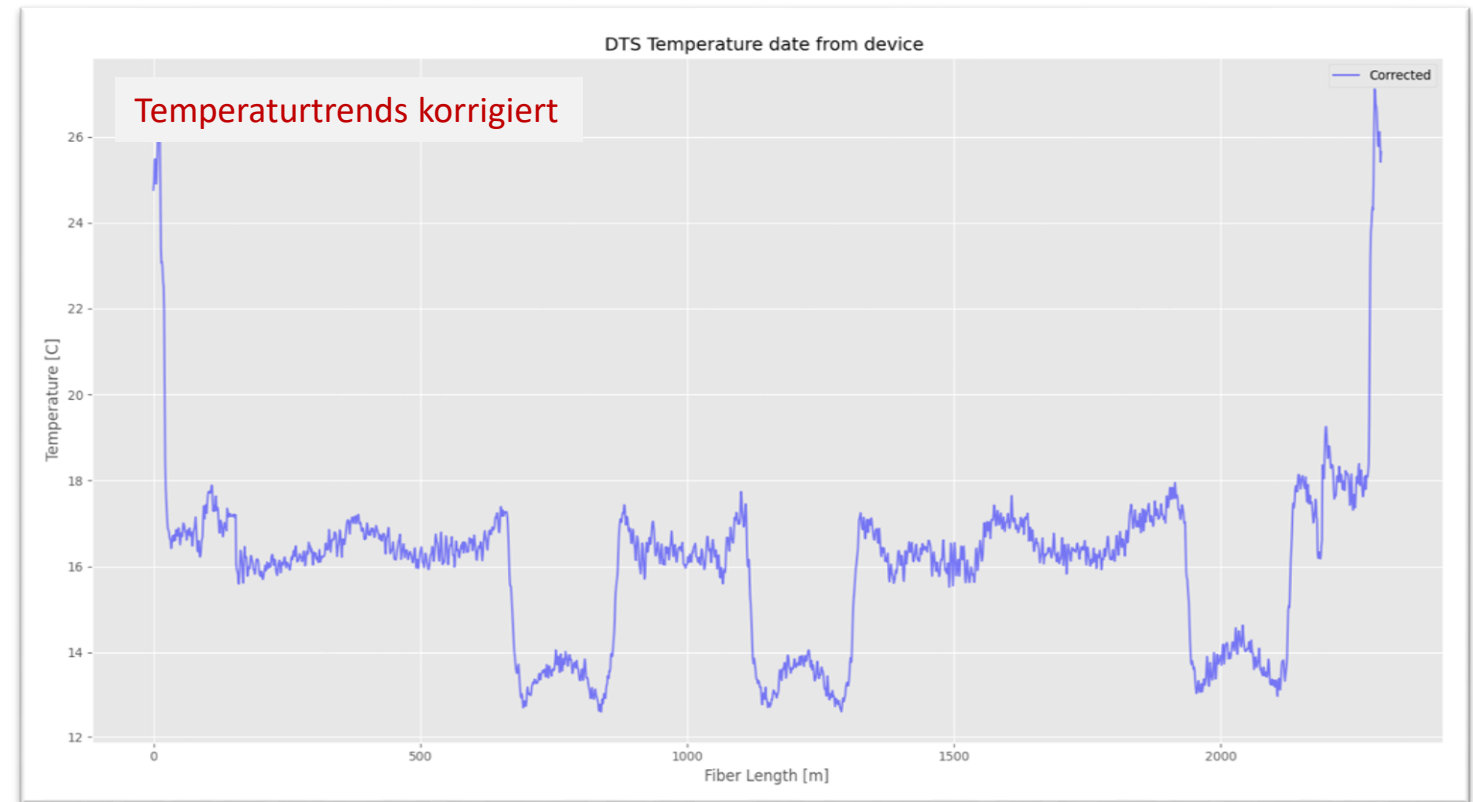
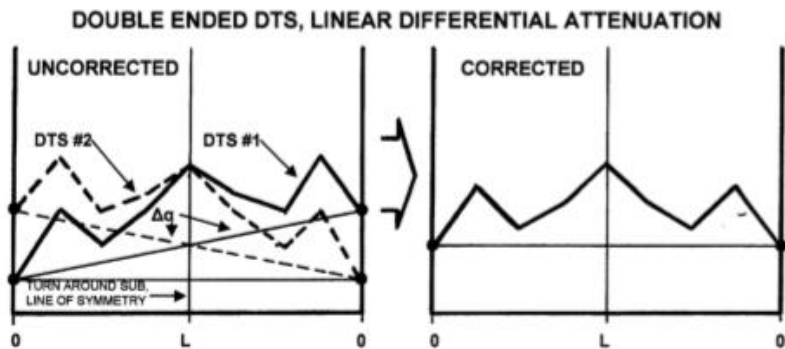
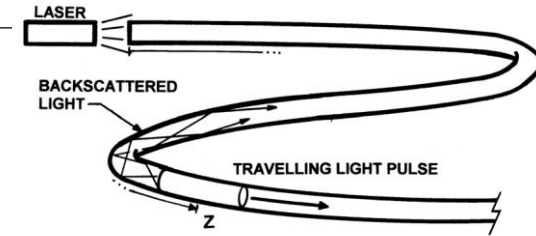
DTS Probleme

- Was ist alles schief gelaufen?
 1. viele DTS Kabel bei Installation beschädigt
 2. keine Kalibration (Wasserbad + Pt100)
 3. keine Rohdaten (Stokes und Anti-Stokes)
 4. keine Prozessierung der Daten – Temperaturen von Messgerät
 - enthalten Sprünge und
 - Trends entlang Messstrecke



DTS Probleme

- Was ist alles schief gelaufen?
 1. viele DTS Kabel bei Installation beschädigt
 2. keine Kalibration (Wasserbad + Pt100)
 3. keine Rohdaten (Stokes und Anti-Stokes)
 4. keine Prozessierung der Daten – Temperaturen von Messgerät
 - enthalten Sprünge und
 - **Trends entlang Messstrecke**



DTS Anwendungen

- **Monitoring der Temperatur der**
 - Sonden
 - horizontalen Rohre
 - oberflächennahen Bodentemperatur
- **Wozu?**
 - Funktionieren die Sonden?
 - Ankopplung i.O.?
 - ...

