

Workshop 2: Study of structural and foundation systems of Wind Turbines

Development of a measuring system for a dynamically stressed flat foundation

Dr.-Ing. Ivo Kimmig



Motivation

Link to YouTube:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=149&v=wywcQzxCj7k&feature=emb_logo

Motivation



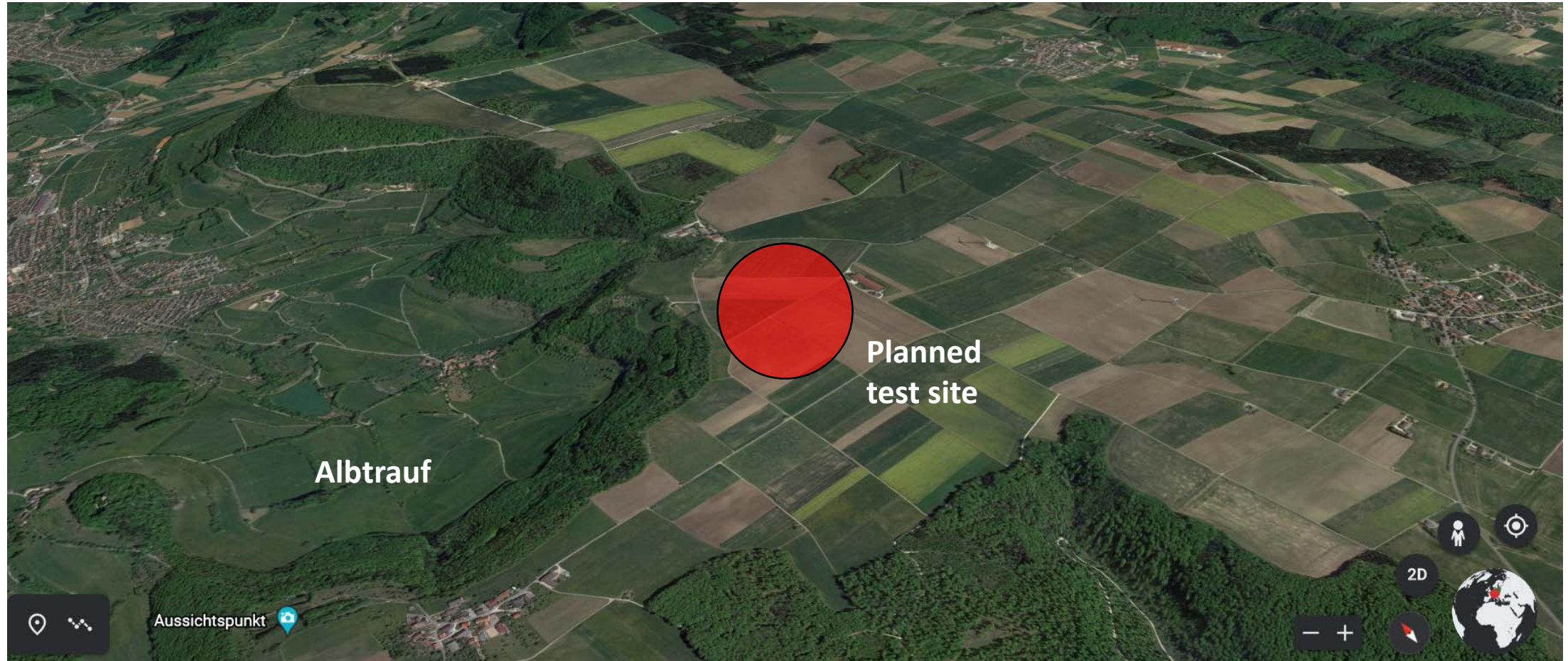
Investigation of the dynamic behavior of wind turbines in complex terrain as well as testing new technologies and control strategies of wind turbines.

The overall project has the three goals:

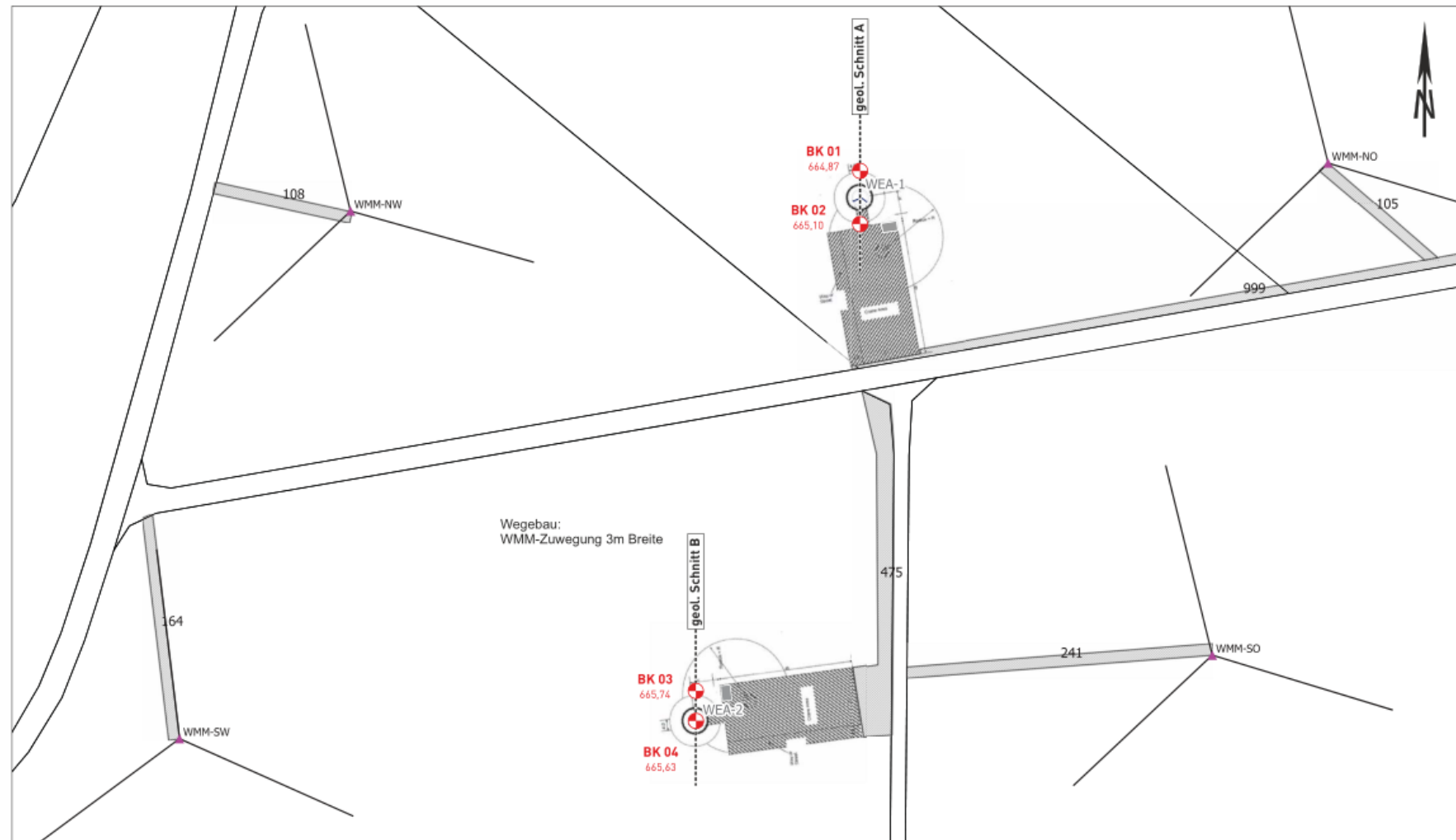
- Organization of setup and operation for the research test field in complex terrain.
- Establishment and validation of a model chain for the simulation of flow conditions from the mesoscale to the flow around the rotor blade
- Definition and construction of a research wind turbine (FWKA)

Dynamic behavior of the foundation is much more complicated and difficult to estimate compared to a foundation in flat topology. The problem concerns the dynamic load propagation under alternating stresses. In particular, a possible change in load distribution, stiffness and wave-radiation in the course of the operation of the wind turbine has been given little attention so far.

Location – Stötten, Germany



Test site

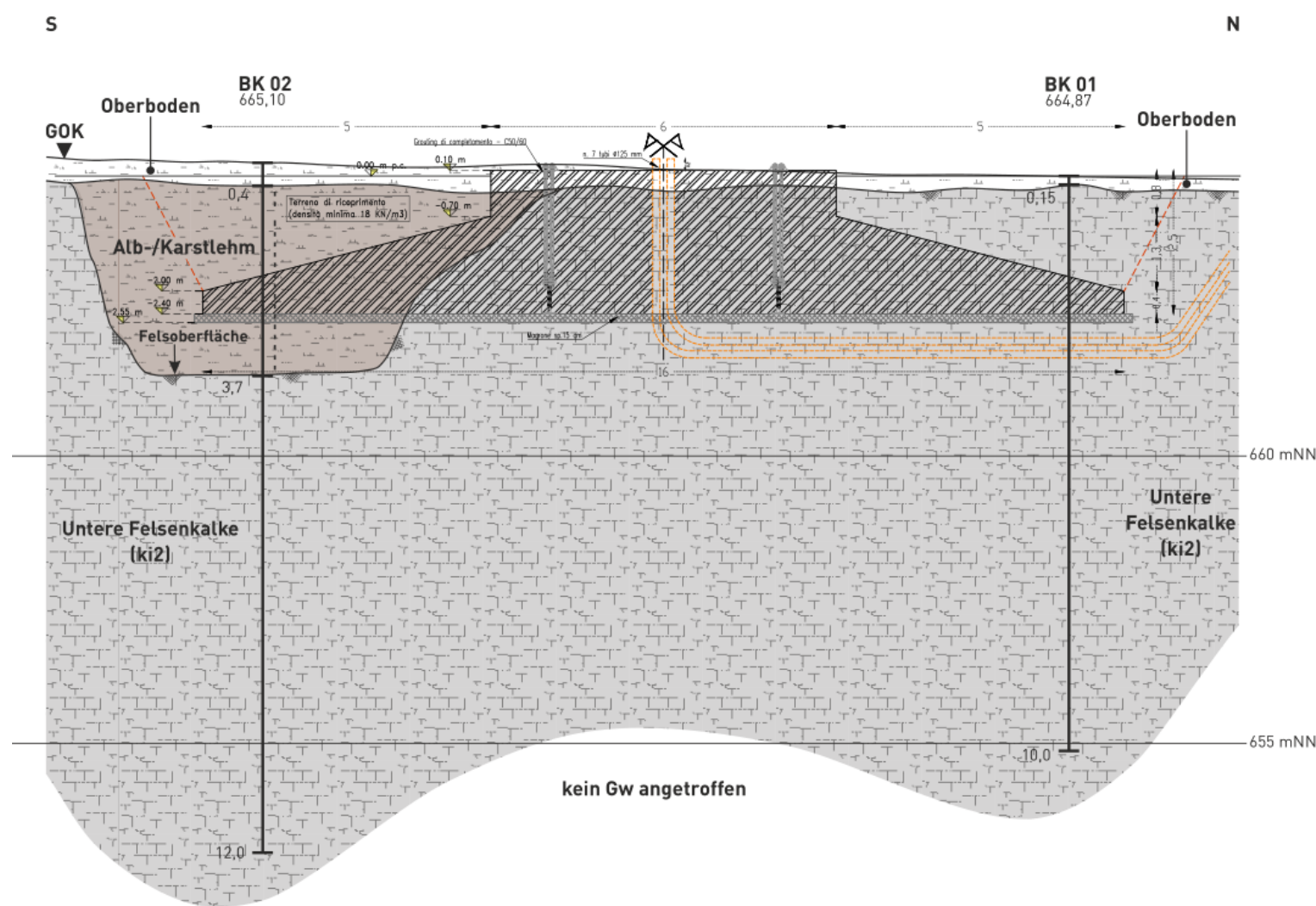


Test site – Ground conditions

WT 1 (North)

Areas and gaps filled with clay

Limestone



Test site – Ground conditions

WT 1 (North)



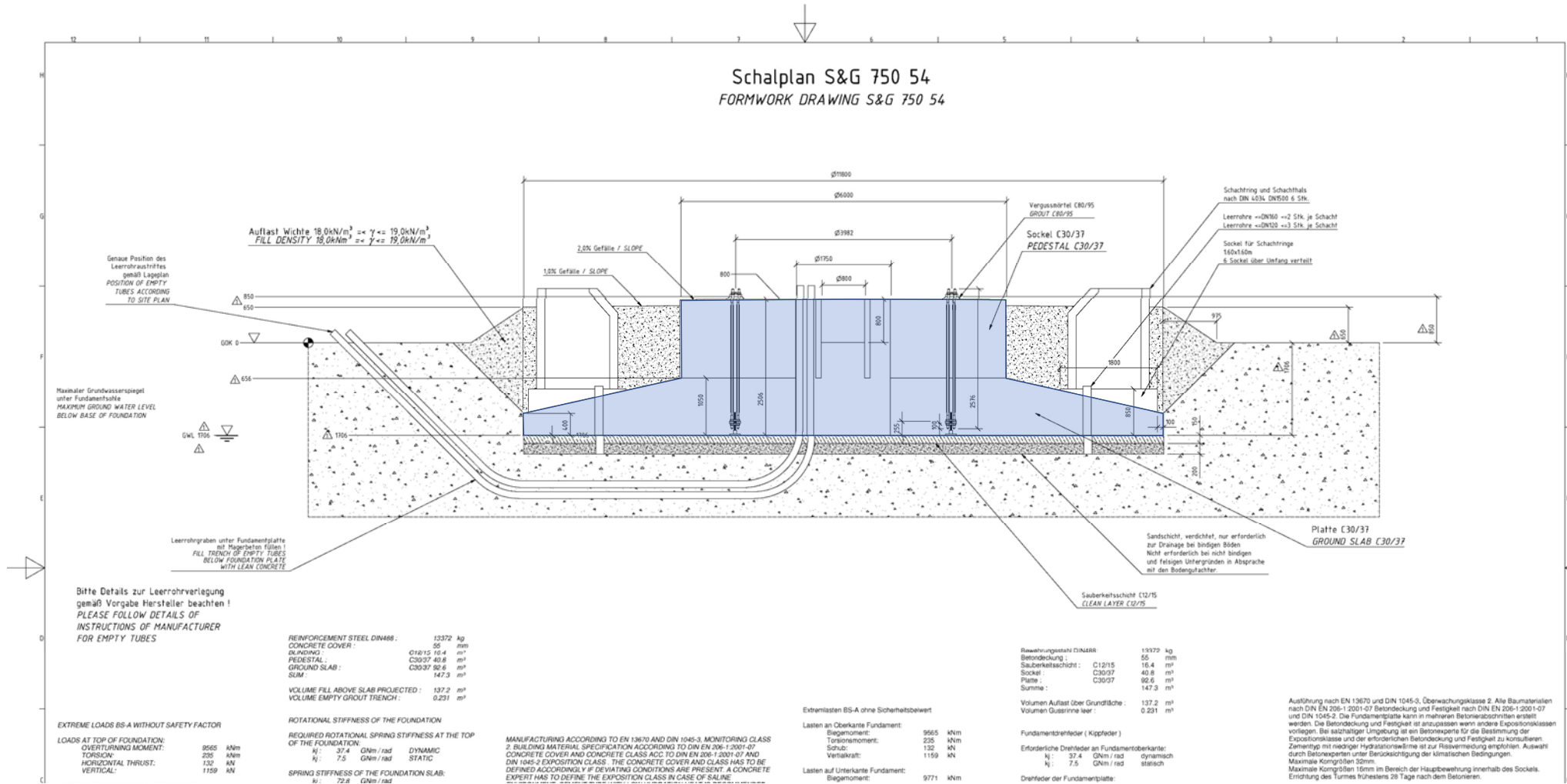
WT 2 (South)



Test site – Ground conditions



Test site – WT foundations



Objectives

Development of a measuring setup for long-time observations

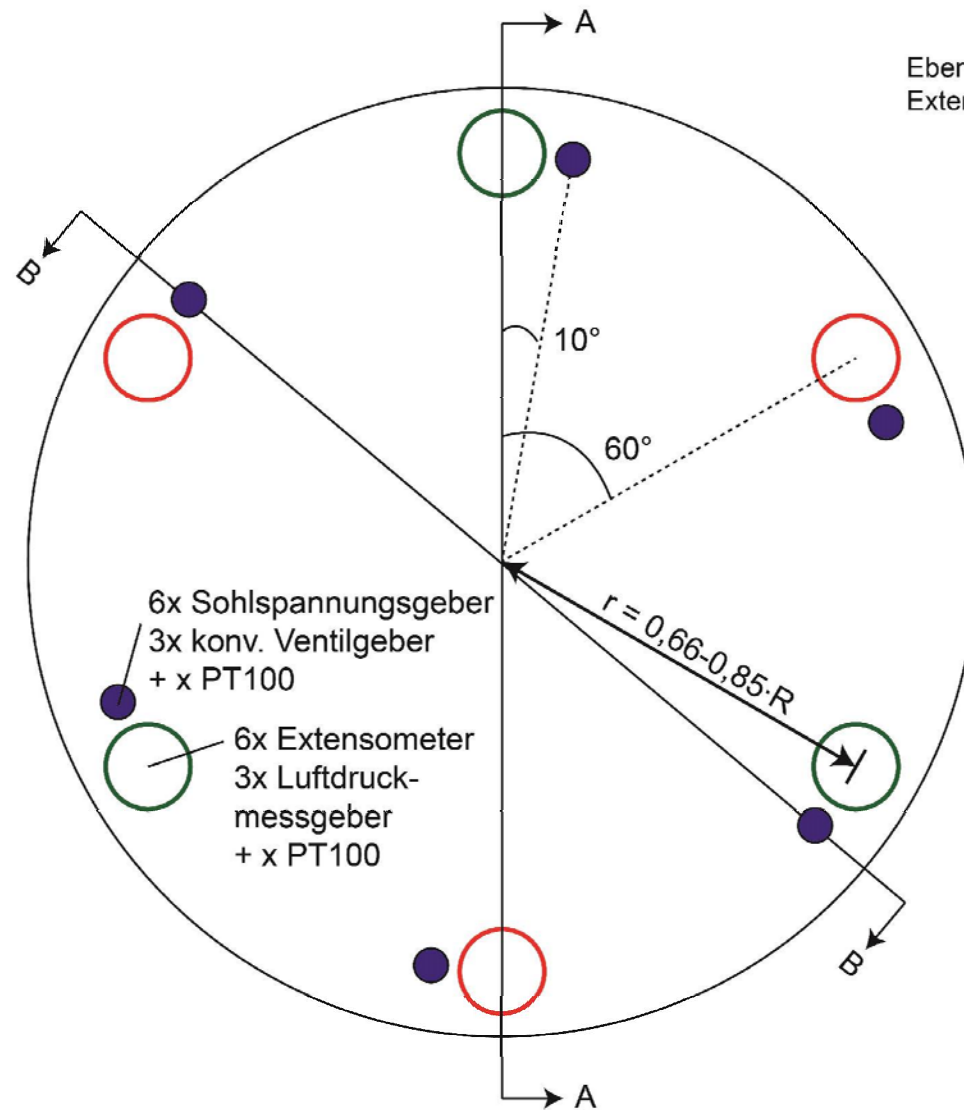
- **Measurement of displacements of the foundation**

- Altogether 6 extensometers, 3 of each with depth 3.5 m and 6 m, 120 degrees shifted
- Prognosis for dynamic displacement amplitudes: 0,015 mm
- 25 mm measuring length for static displacement over time

- **Measurement of vertical stress below the foundation**

- 6 pressure sensors between ground surface and bottom of concrete foundation

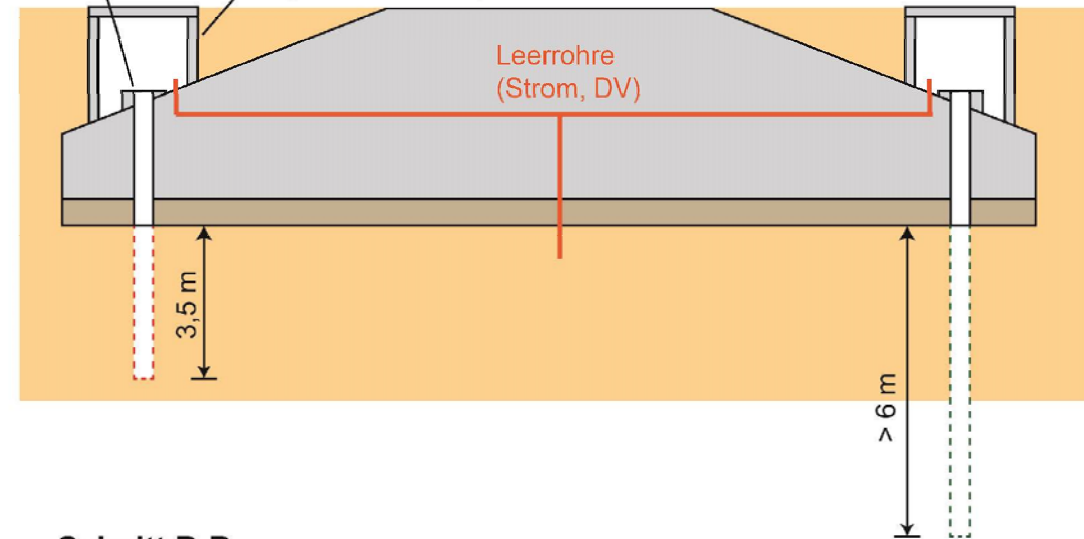
Test setup - Concept



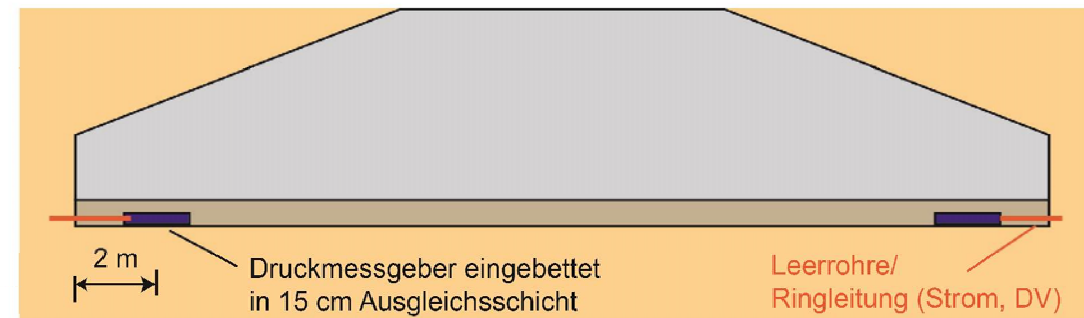
Schnitt A-A

Ebene Installationsfläche
Extensometer-Messtechnik

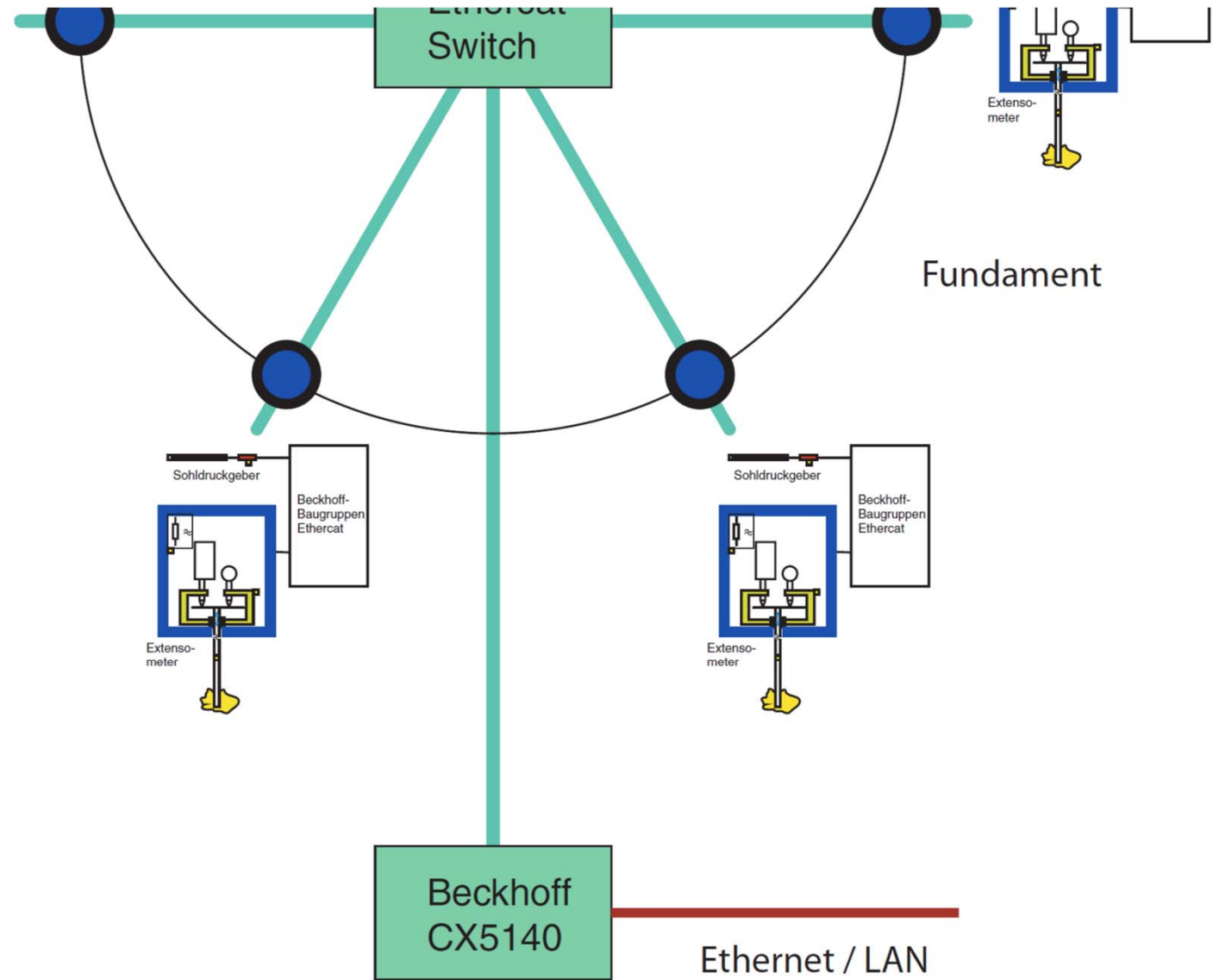
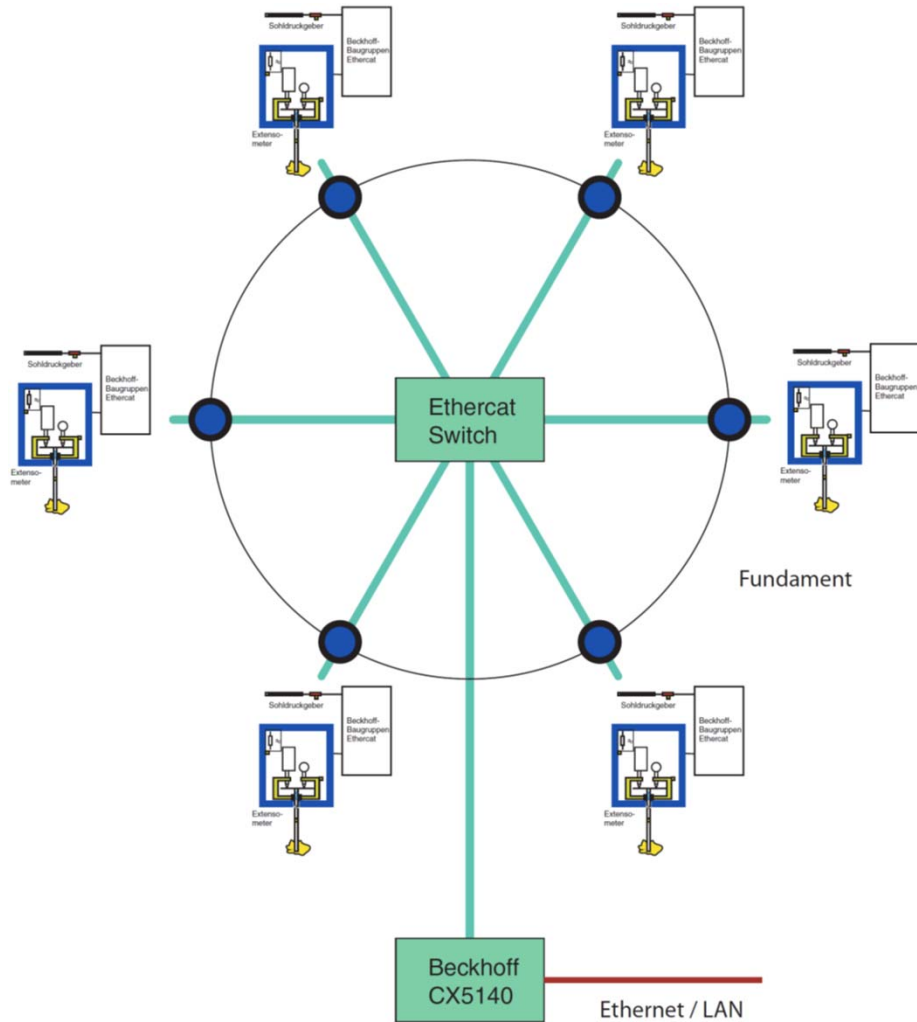
Zugänglichkeit
erforderlich
(Schachtaufbau)



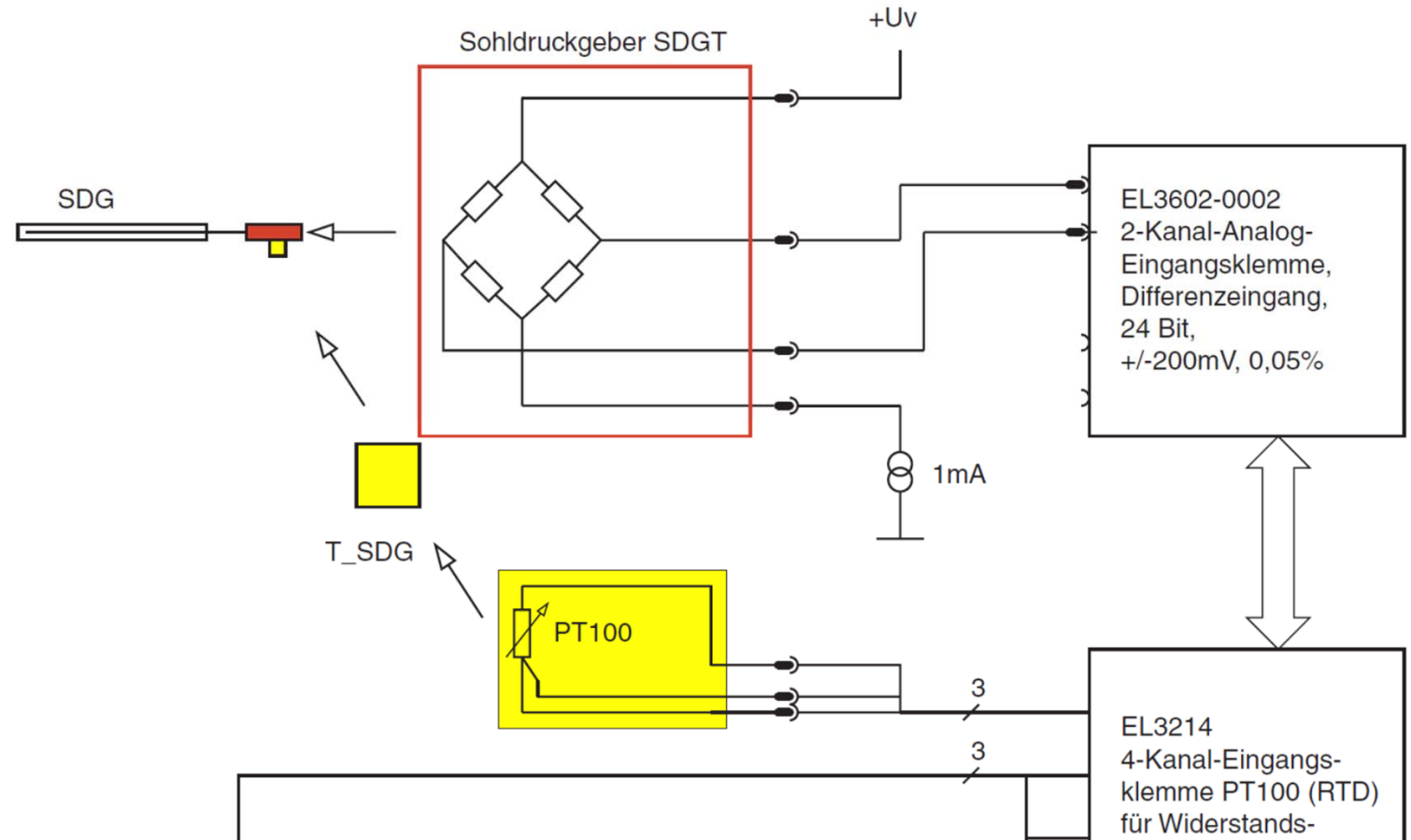
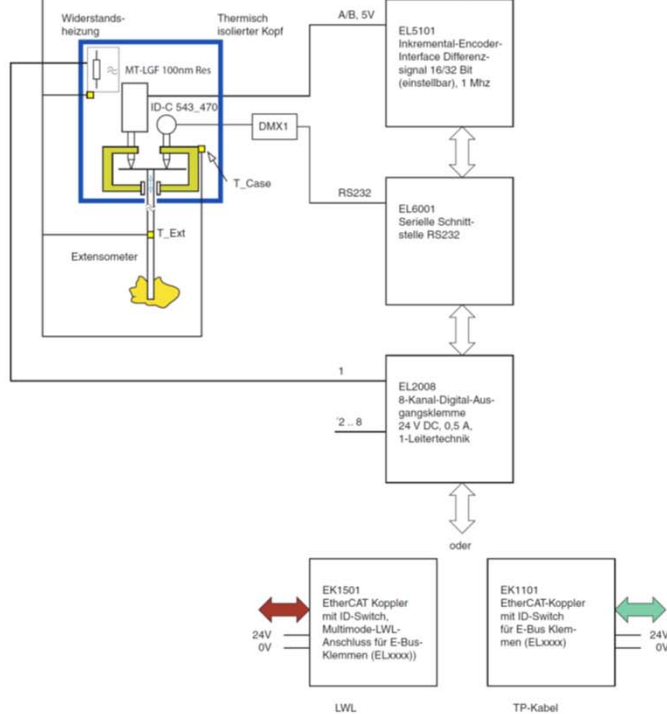
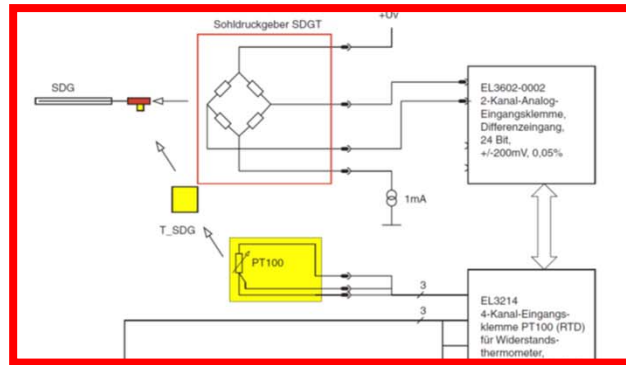
Schnitt B-B



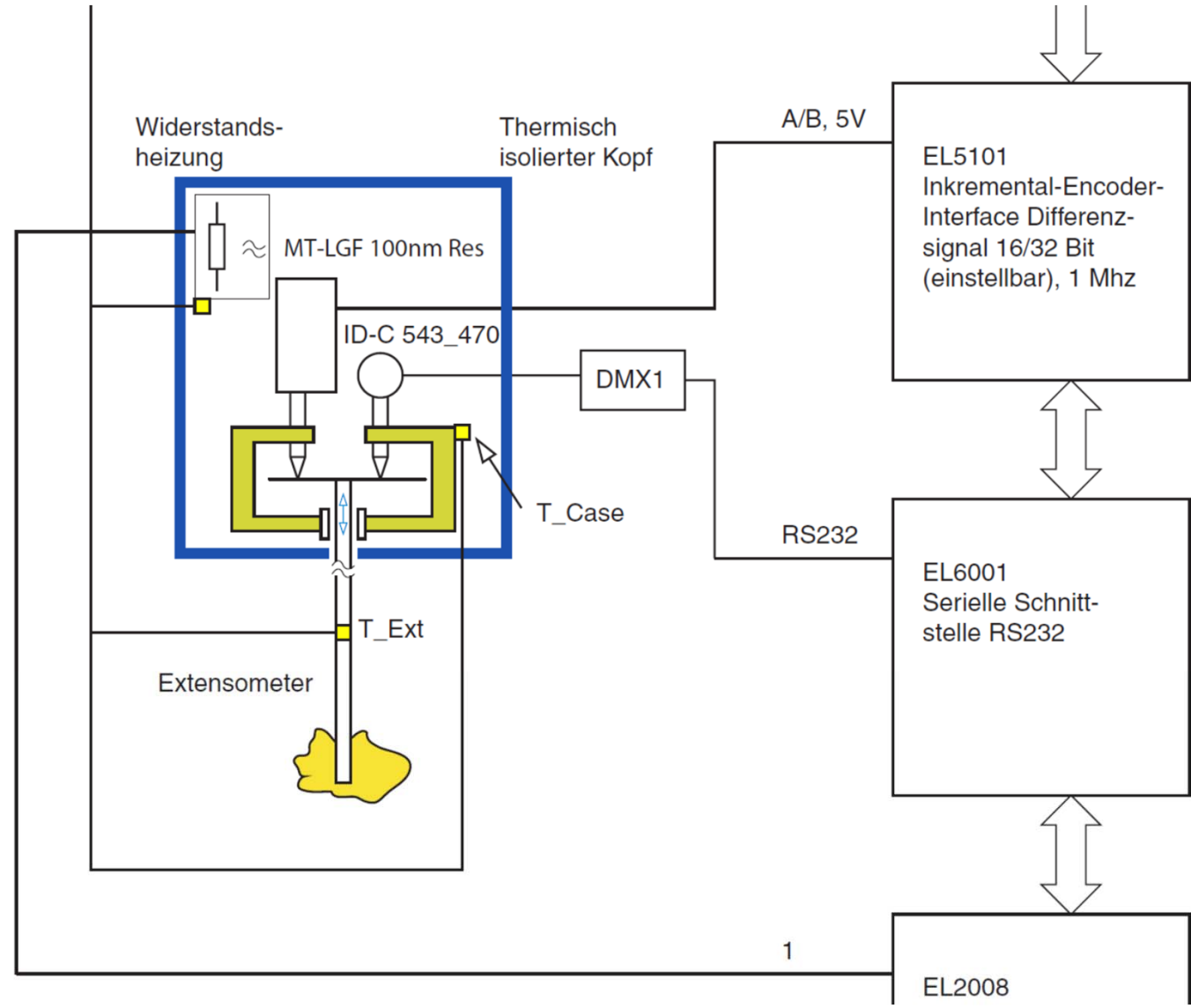
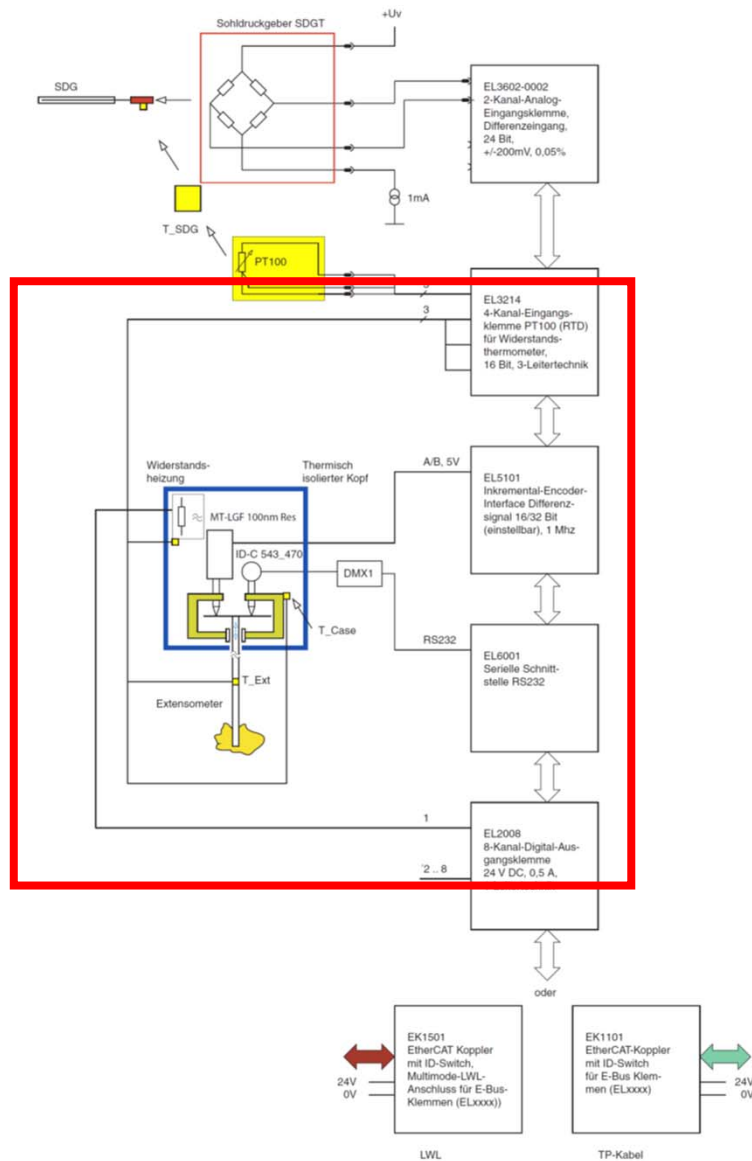
Test setup - Concept



Test setup - Concept



Test setup - Concept



Test setup - Sensors

Mitutoyo

Standard Linear Gauge LGF

25 mm, 0,0001 mm

Artikelnummer: 542-182



Beschreibung

Der LinearGauge in sehr robuster Standardausführung, bietet Ihnen die folgenden Vorteile:

- Der LGF-Taster ist beständig gegen Erschütterungen und Vibrationen
- Der Digital-Rechtecksignal führt ein breites Spektrum von Anwendungen
- Hohe Verschleißfestigkeit durch lineare Kugellager.

Spezifikationen

Messbereich:	0 - 25 mm
Längenmessabweichung:	$\pm 0,001 \text{ mm}$
Messkraft:	4,5 / 4,3 / 4 N
Auflösung:	0,0001 mm
Max. Reaktionsgeschwindigkeit:	400 mm/s
Schaft-Ø:	15 mm
Signallänge:	0,4 µm
Gewicht:	350 g
Maßstab:	Photoelektrischer Durchlicht-Glasmaßstab
Messansatz:	Ø 3 mm Hartmetallbefestigungswinde (M 2,5 x 0,45 mm)
Leitungslänge:	2 m
Leistungsaufnahme:	Max. 120 m A
Spannungsversorgung:	+ 5 V (4,5 V - 5,2 V), Spannung 200 m V p-p max.
Ausgabesignal:	90° Phasenverschiebung, Digital-Rechtecksignal (entspricht RS-422 A)
Umgebungsbedingungen:	0 °C bis 40 °C 20 % bis 80 % rel. Feuchte, ohne Kondensat
Lagerung:	Kugellager

Mitutoyo

Digital Messuhr D-C
25,4 mm, 0,001 mm,
Abschließende Nachschub
Artikelnummer: 543-4708



Beschreibung

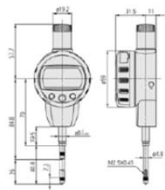
ABSO LUTHE "Digital" Messuhr D-C

- Eine kleine Klammer der Anfangsposition, die dann bis zum nächsten Batteriewechsel der absolute Nullpunkt ist.
- Messen kann auch bei hoher Verfahrensgeschwindigkeit. Messabweichung durch große Displaytemperatur.

Spezifikationen

Messbereich:	25,4
Wiederholbarkeit:	0,001 mm
Max. zu messender Anzeigebereich:	0,003 mm
Systeme:	0,002 mm
Wiederholbarkeit:	0,002 mm
Messkraft:	≤ 1,8 N
Gewicht:	190 g
Maßstab:	Kapazitiver ABSO LUTHE linearer Encoder
Max. Reaktionsgeschwindigkeit:	Unbegrenzt
Schaft-Ø:	8 mm (ISO 28 Modelle)
Messansatz:	Hartmetallkugel, Gewinde M 2,5 x 0,45 mm
Abm:	Niedrige Spannung, Zählfehler, Totzeit, Eingabefehler
Spannungsversorgung:	Batterie SR-44
Batterielebensdauer:	Ca. 7000 Stunden
ZEIT-ABS:	Ja
OO/ANG Bewertung:	Ja
Digital-Datenausgang:	Ja
ON/OFF:	Ja
Tastensysteme:	Ja
PROZESS:	Ja
Berechnungsfunktion:	Ja
Zählrichtung umschaltbar:	Ja
Maximaler Auflösung:	0,001 mm
Modell:	Ja
Zähl-Messbereich:	Messbereich

Abmessungen



Test setup – Channels/Data logging

Variable	Measuring principle, output		
Sole pressure transducer	Brücke 6 Draht, I_const, analog	6	
Temperature at sole pressure transducer	PT100, 4 Draht, analog	6	
Air pressure	analog	2	
Extensometer LGF	Taster A/B 2xRS422, 3x2p S Draht, 5V, digital	6	
Extensometer dial gauge ID-C 543_470	Taster, DIGIMATIC-RS232, Konverter für lange Zuleitung erforderlich, digital	6	
Temperature Extensometer	PT100, 4 Draht, analog	12	
Date / Time	Zeitsynchronisation aus GPS, digital zB. Gude DCF 77	1	
UPS	Status, digital	1	
Wind turbine	Einige Zustandsgrößen	1	

Installation



Installation



Installation





See you next time!