



TÜVNORD

Justierbare WEA-Flachgründung in einem locker gelagerten Tagebau

Christian Schümann, TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, Essen

Inhalte der Präsentation

- 1. Einführung und Projektvorstellung**
- 2. Historie der Lokalität Winscales Moor**
- 3. Ausgeführte Untersuchungen und deren Ergebnisse**
- 4. Probleme, die gelöst werden mussten**
- 5. Realisiertes WEA-Fundamentdesign**
- 6. Fotos des Baustellenablaufes**
- 7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**

1. Einführung und Projektvorstellung

- **Winscales Moor liegt in der Grafschaft Cumbria und war in den 1970er Jahren ein etwa 90 ha großer offener Tagebau, in dem Kohle abgebaut wurde. 1980/81 erfolgte die Verfüllung, die 1986 abgeschlossen wurde.**
- **Aufzeichnungen in den britischen Archiven belegen, dass der Kohleabbau etwa bis in 60 – 70 m Tiefe erfolgte.**
- **Die Verfüllung erfolgte vorrangig mit dem Abraummaterail, aber auch andere Bodenmassen, inkl. organische Böden, wurden eingelagert.**
- **Die Verfülltiefe war anfangs unbekannt.**

Scale 1:100,000
0 1 2 3km



Figure: 1.1
Site Location Plan



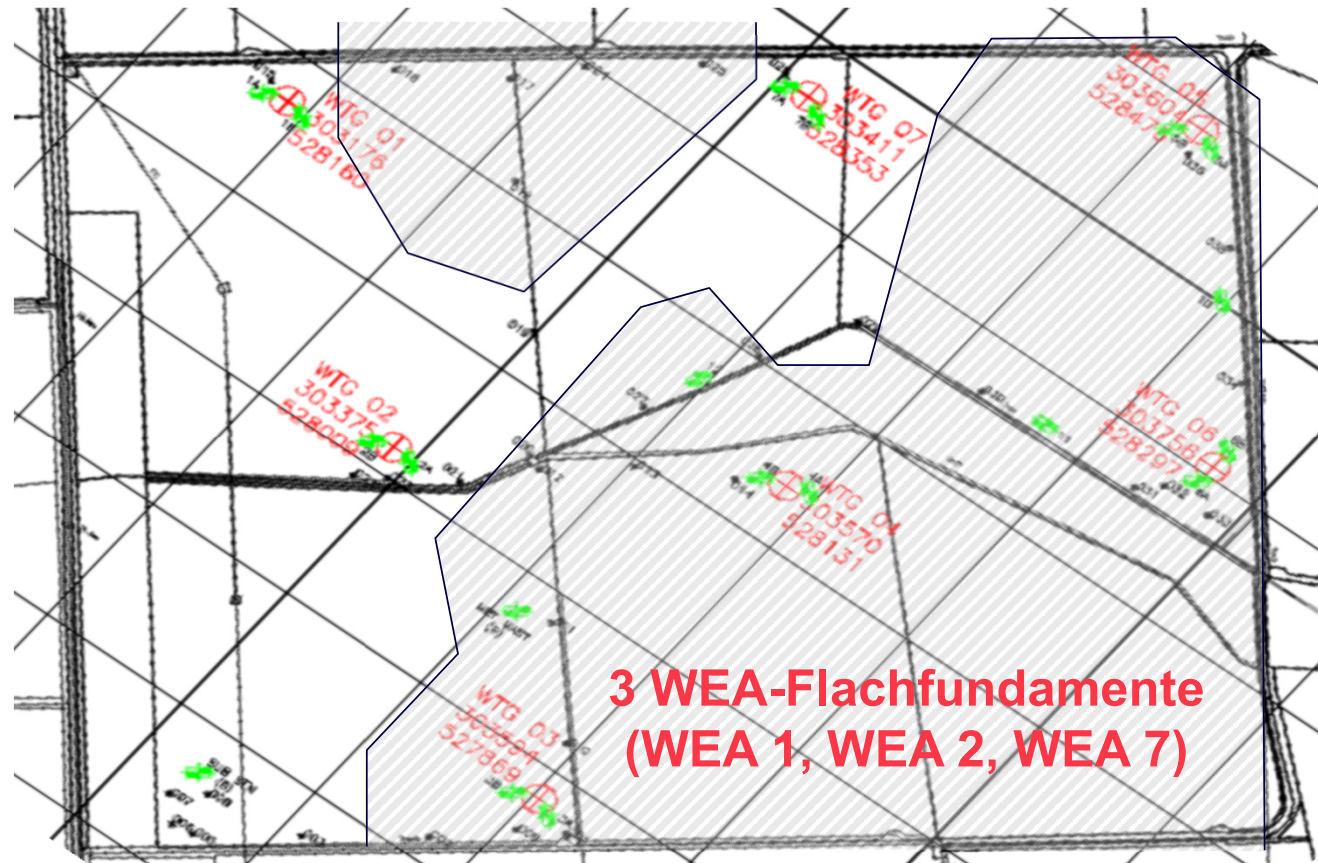
1. Einführung und Projektvorstellung

- Das Areal wurde nach der Verfüllung als Weideland genutzt. Es wurden keinerlei Lasten aufgebracht.
- Im Jahr 2007 begann die Planung des Windparks Winscales Moor (7 WEA). Die Fläche des Windparks umfasst 5 landwirtschaftliche Flächen (mit kleineren Gehölzen). Die Ausdehnung beträgt etwa 550 m x 700 m. Neben den 7 WEA, musste die Zuwegung, ein Windmessmast und die Trafostation errichtet werden.



2. Historie der Lokalität Winscales Moor

- Historischer Plan des Tagebaus



2. Historie der Lokalität Winscales Moor

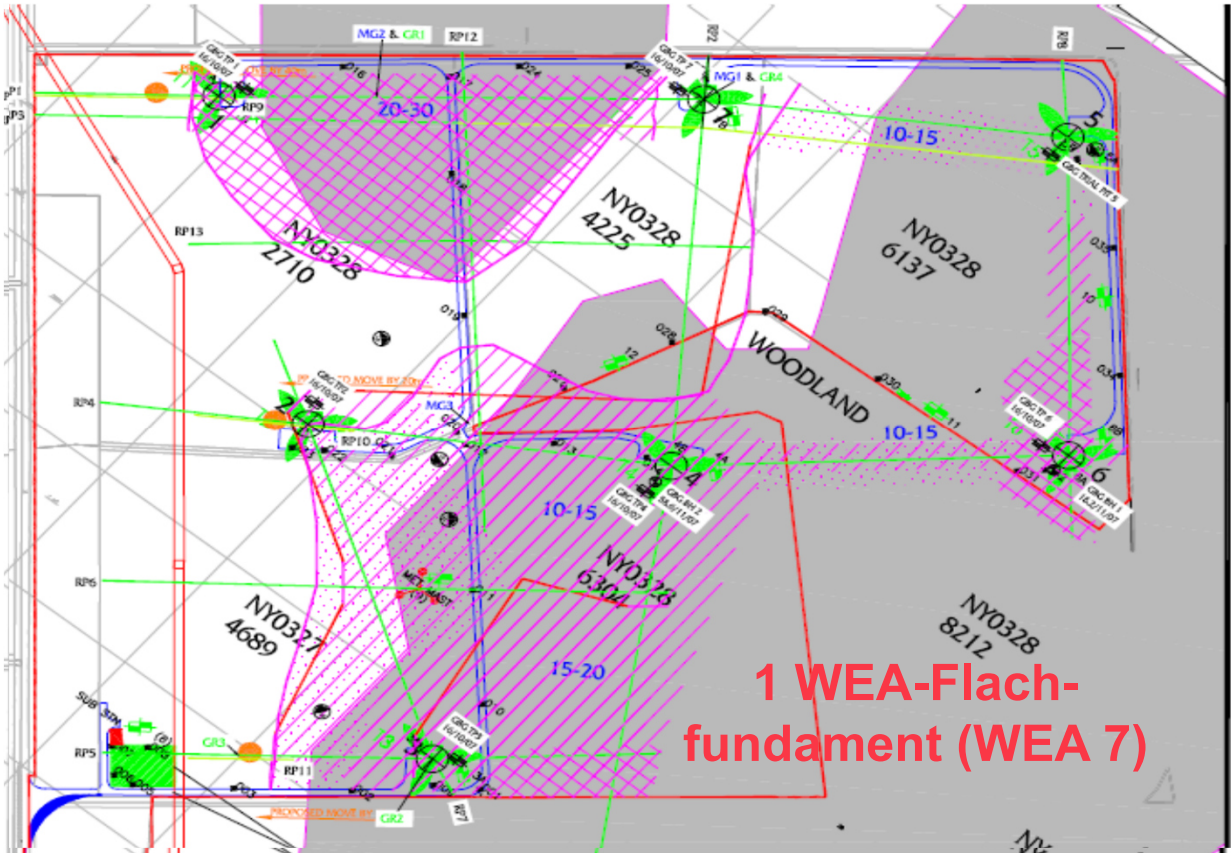
- **Tatsächlicher Plan des Kohleabbaus**



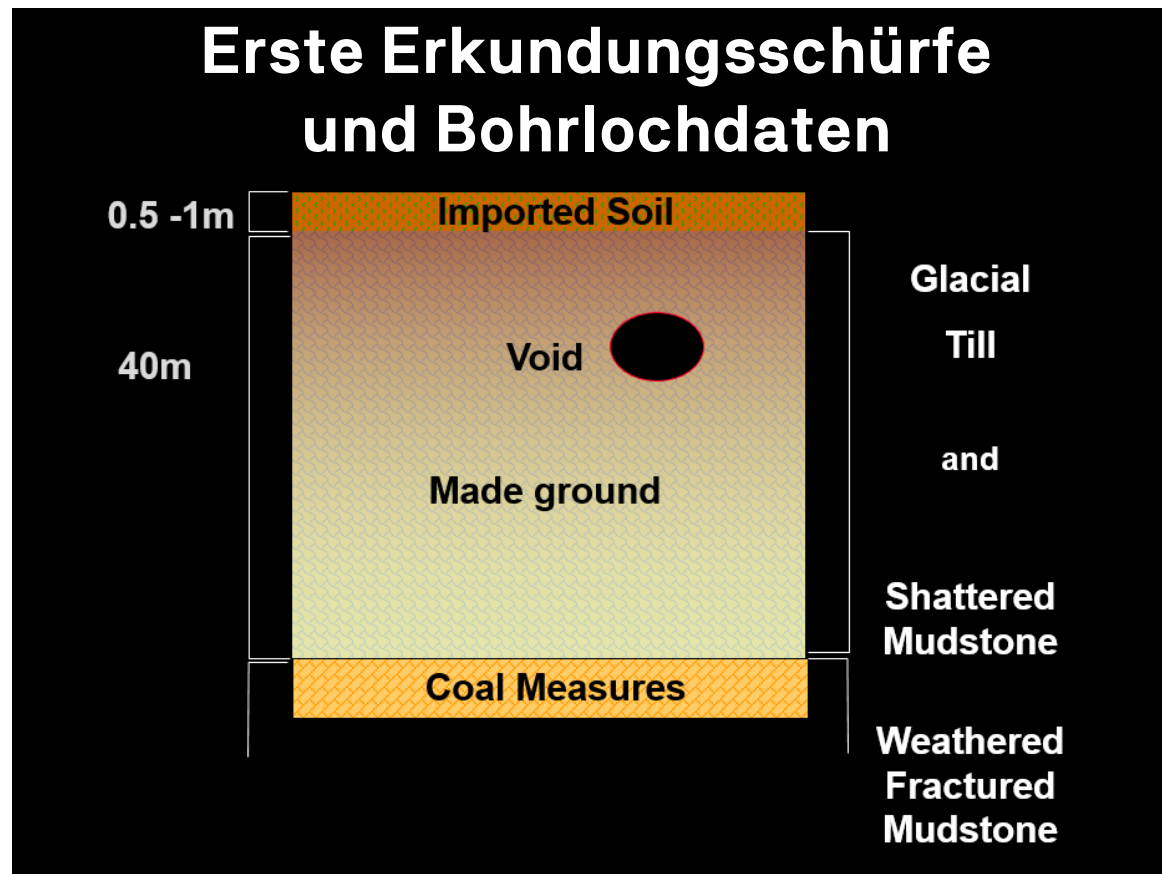
Historischer Tagebauplan



Tagebauplan basierend auf geophysikalischen Ergebnissen



3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse



3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse

Erkundungsschürfe



▪ **Locker gelagerte Auffüllung**



▪ **Eingelagerte Geschiebeblöcke**

3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse

Große Blöcke



3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse

In-situ Auffüllung



Best Estimate
Cohesive component
~ 20-30 kPa

Over all compaction:
Low

Large void spaces

3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse

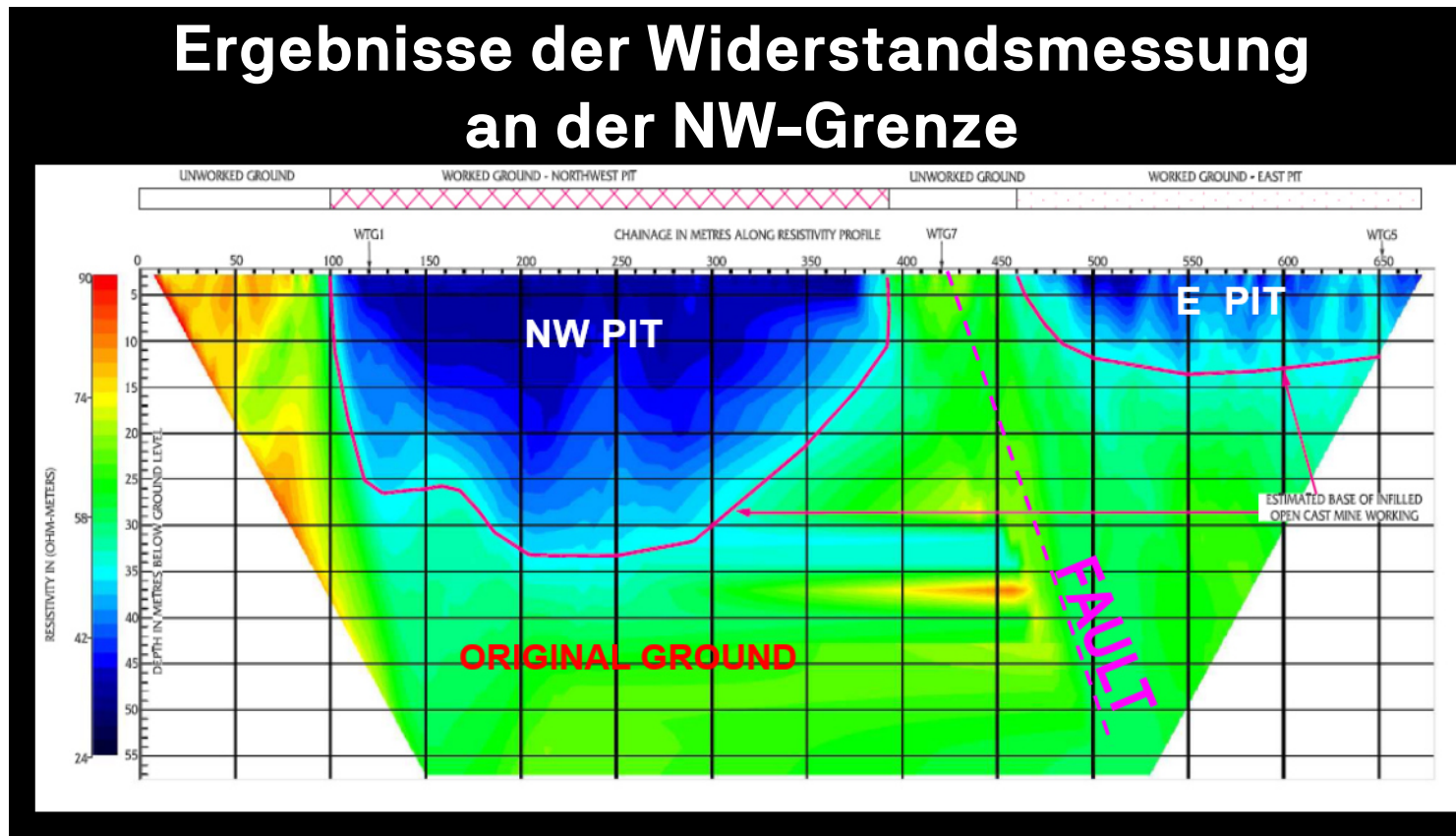
Erweiterte Erkundung

- Reconsider Borehole programme
- Introduce geophysical mapping of:
 - Depth to bedrock
 - Consistency of fill
 - Density

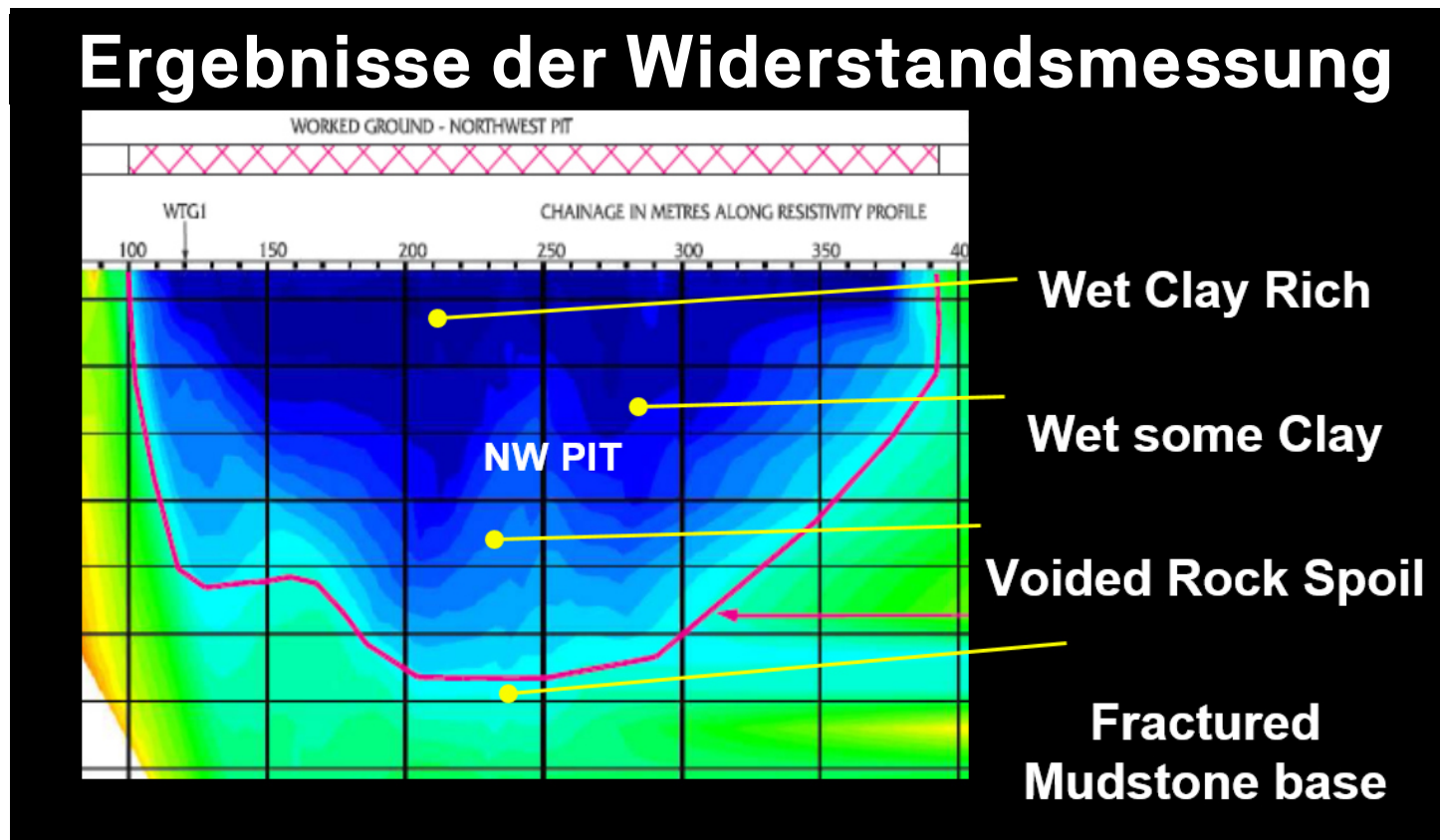
= Resistivity and Microgravity



3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse



3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse



3. Ausgeführte Erkundungen und deren Ergebnisse

Endgültige Ergebnisse

Table: Estimates of Pile +/- 1.5m

Base	Depth to Rockhead m	Characteristic Shear Strength (est . MPa)	Foundation Type	Basic Pile Length m	Possible Excess m
1	25	20	Cast Pile	25	3
2	7	20	do.	10	2
3	18-20	20	do.	18	3
4	10-15	20	do.	15	3
5	11	20	do.	11	3
6	30-35	20	?	35	5
7	2.5	>250	Gravity Foundation	0	0

4. Probleme, die gelöst werden mussten

**Ungeeignetes Material
für Flachgründung?**

Excessive settlements

No rotational stiffness

**No long term stability
for gravity bases**

4. Probleme, die gelöst werden mussten

Unwirtschaftliche Pfahllänge bis zum Erreichen des Grundgebirges?

- **Piles excessively long in weak material**
 - **Risk of obstructions**
 - **Uncertain Bedrock**

4. Probleme, die gelöst werden mussten

Optimiertes Gründungssystem

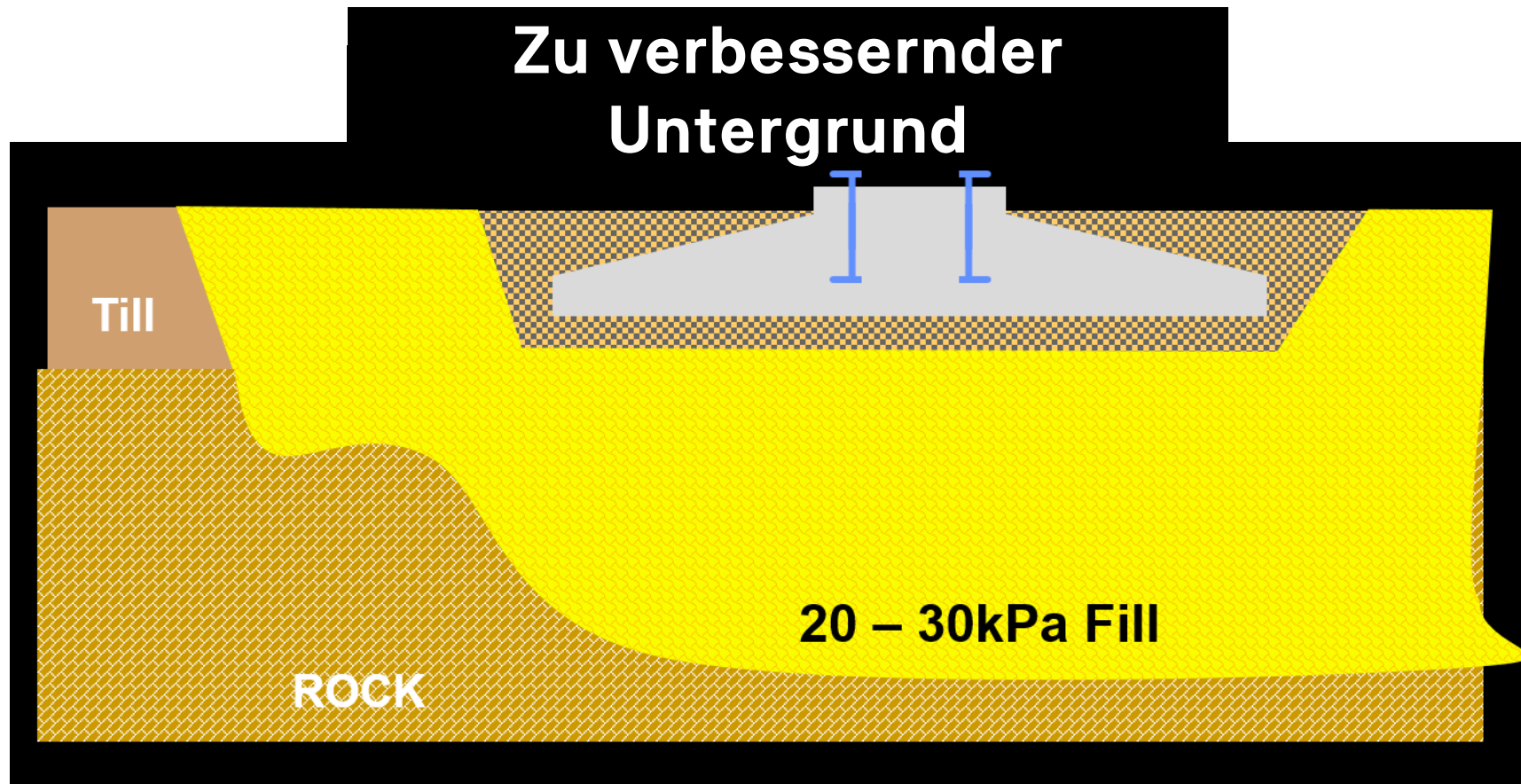
- **Soil Improvement – To achieve:**

Minimise Differential Settlements

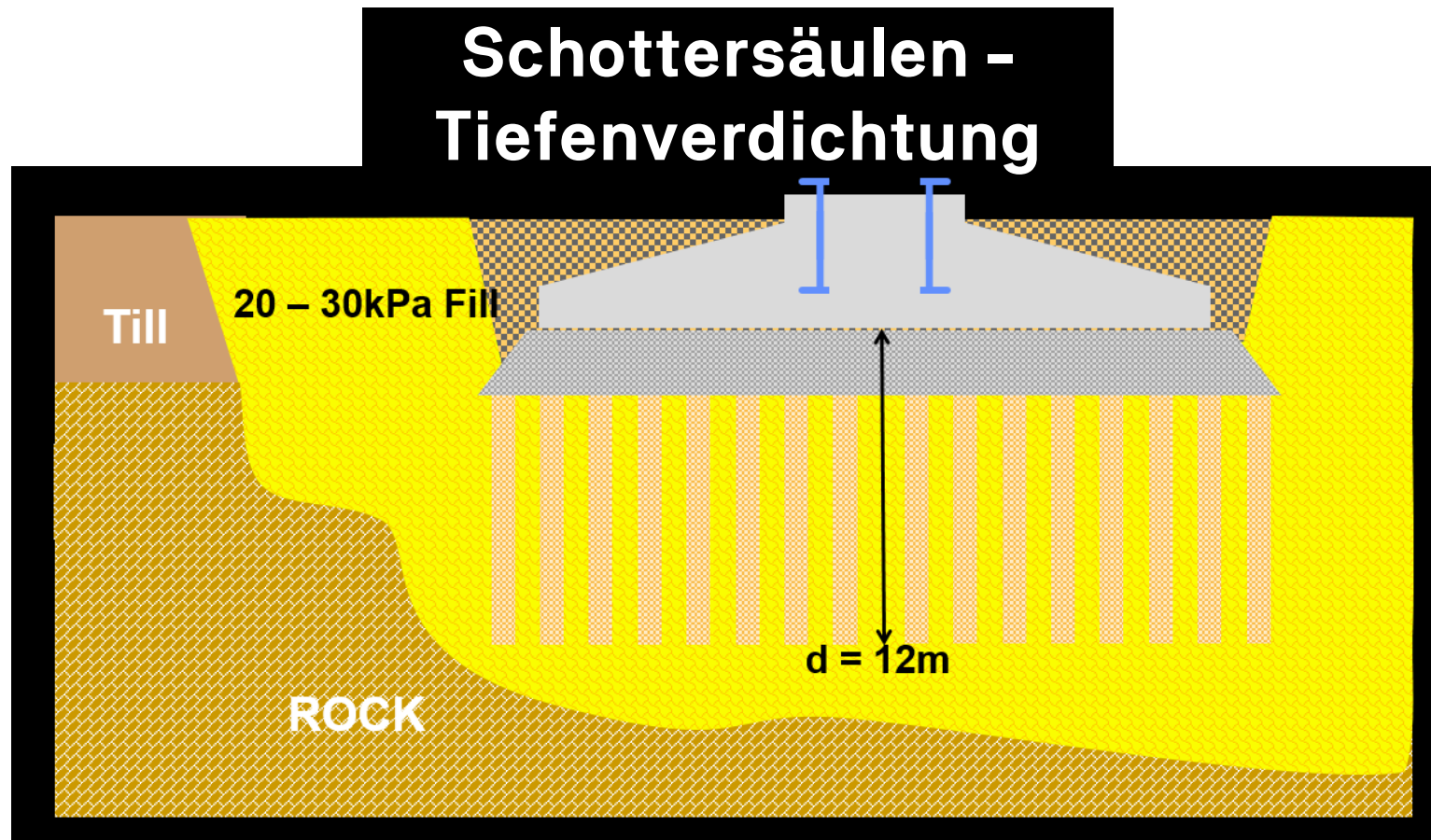
Maximise Dynamic Stiffness

Secure rotational stiffness

4. Probleme, die gelöst werden mussten



5. Realisiertes WEA-Fundamentdesign



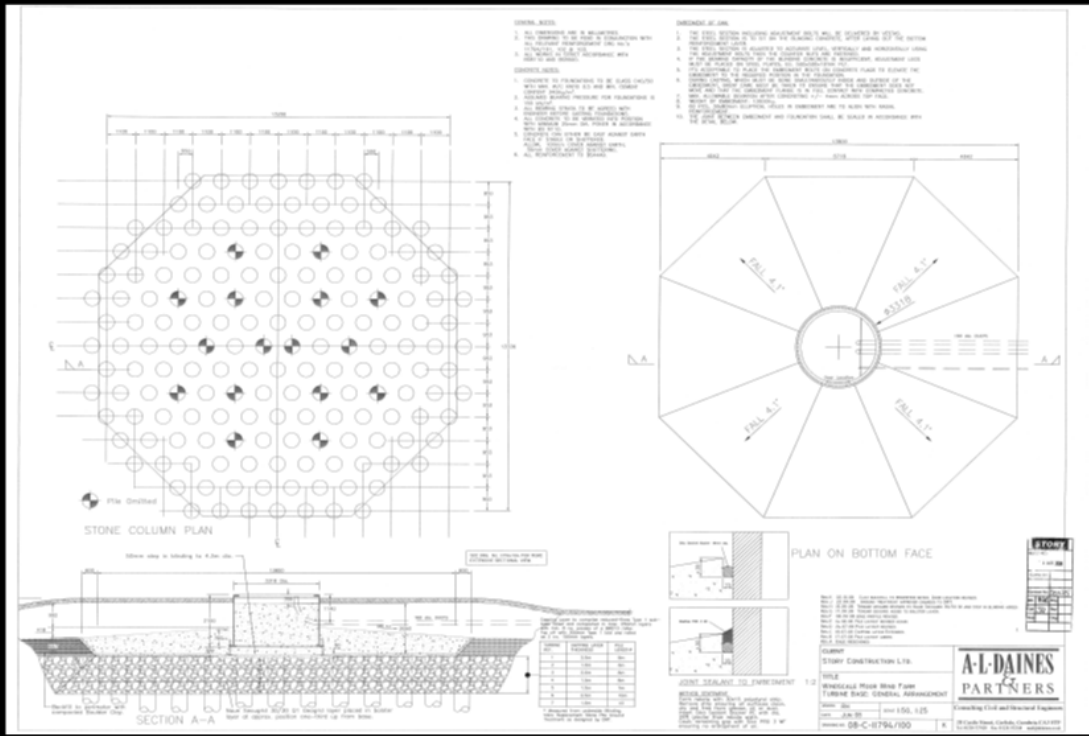
5. Realisiertes WEA-Fundamentdesign

Schottersäulen

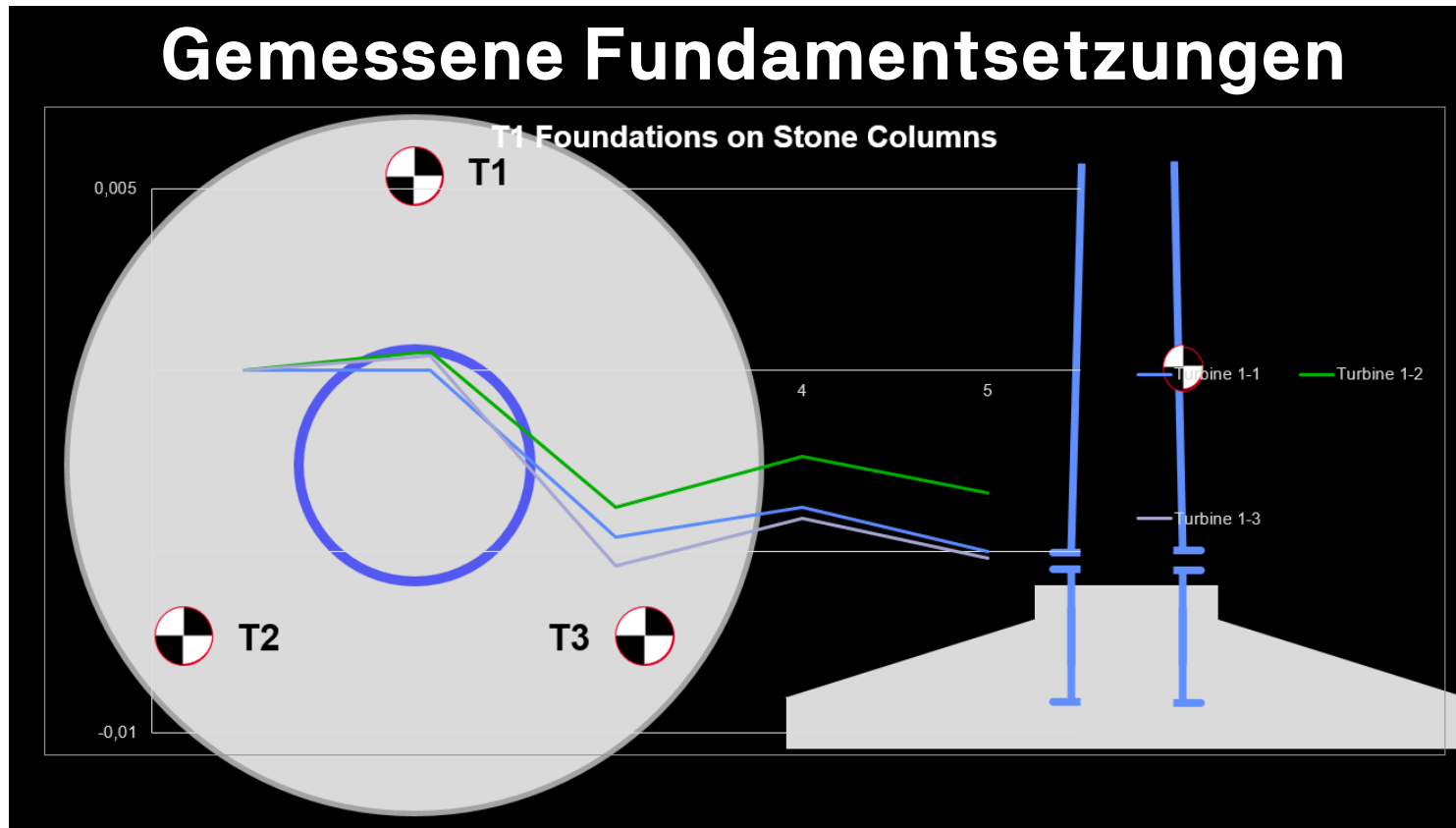
- **Stable against rotation**
- **Low Differential Settlement**
- **Probable vertical Settlement -
but goes with the land**
- **Monitoring Programme**

5. Realisiertes WEA-Fundamentdesign

Schottersäulen

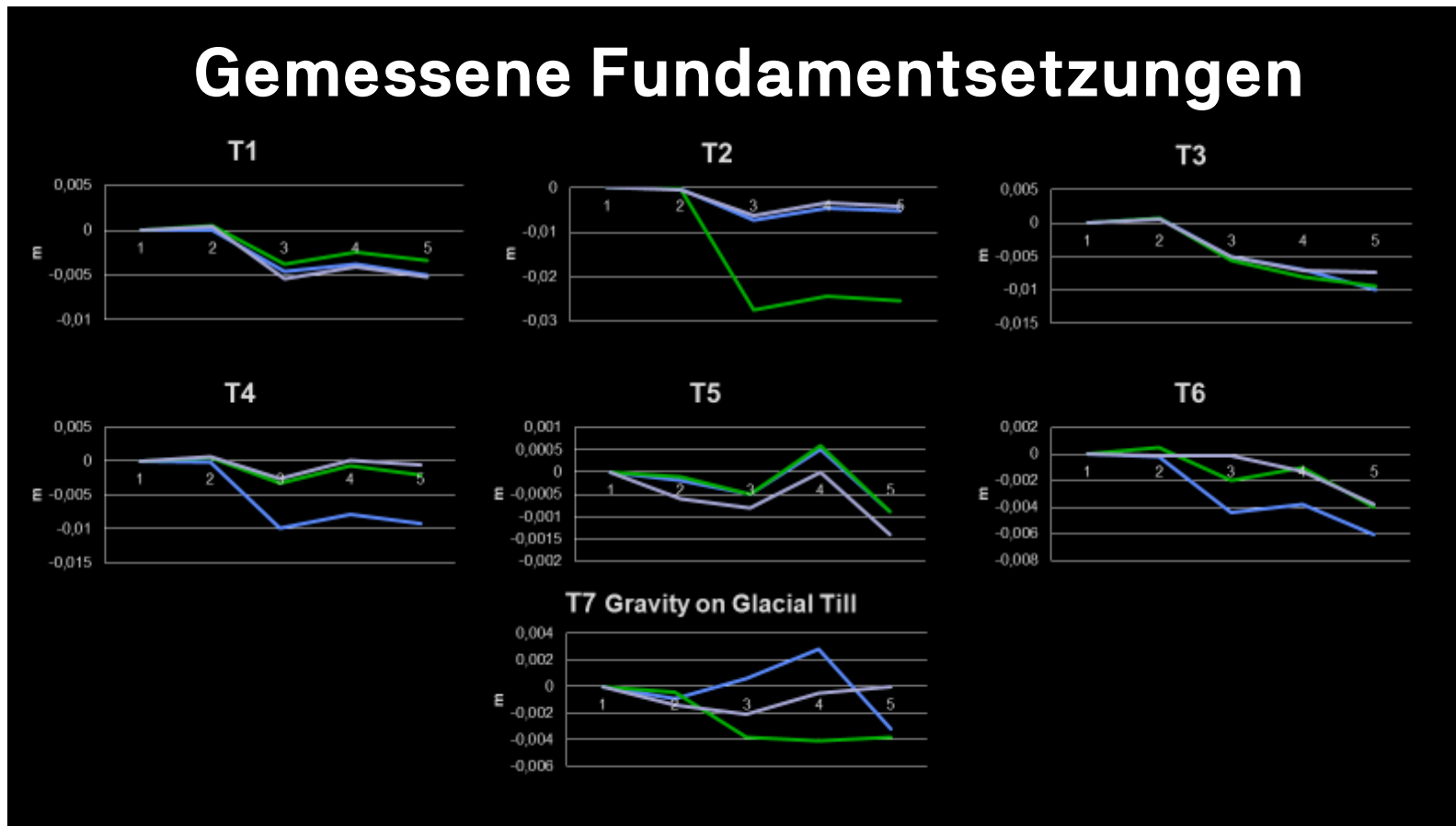


5. Realisiertes WEA-Fundamentdesign



5. Realisiertes WEA-Fundamentdesign

Gemessene Fundamentsetzungen



6. Fotos des Baustellenablaufes

1. Schneckenbohrgerät zur Herstellung der Schottersäulen
2. Zwei Bohrgeräte im Einsatz auf einem WEA-Standort
3. Detailbild der hergestellten Schottersäulen
4. WEA-Fundament mit 40 installierten Injektionsrohren



6. Fotos des Baustellenablaufes

1. Statische Probelastung mit doppelter Gebrauchslast (300 kN/m²)



2. Setzungen zwischen 7 – 10 mm wurden unter der doppelten Gebrauchslast gemessen



3. WEA-Fundament mit 40 Injektionsrohren für Expansionsharze zur Nachjustierung des Fundamentes bei unzulässig hohen Setzungsdifferenzen



6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- **924 Schottersäulen (insgesamt 8.800 m) wurden installiert**
- **Der Anteil der Schottersäulen umfasst knapp 30 % der Fundamentfläche**
- **Unter der doppelten Gebrauchslast (300 kN/m²) wurden Setzungen von nur 7 - 10 mm gemessen**
- **Das System zur Justierung der WEA-Fundamente erlaubt Hebungen bis 20 cm**
- **Fundamentherstellung dauerte 3 Monate**
- **Zusatzkosten: ca. 295 T Euro (für 6 WEA)**

Fazit:

Auch auf sehr gering tragfähigen Böden können sichere und wirtschaftliche Fundamentlösungen entwickelt werden

TÜVNORD

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Geol. Christian Schümann

Wind & Technical Site Assessment

T.: +49 201 825-2790

M.: +49 170 76 47 430

E.: cschuemann@tuev-nord.de

tuev-nord.de