



# Europäisches Institut für Klima und Energie

11. Internationale Konferenz

Düsseldorf

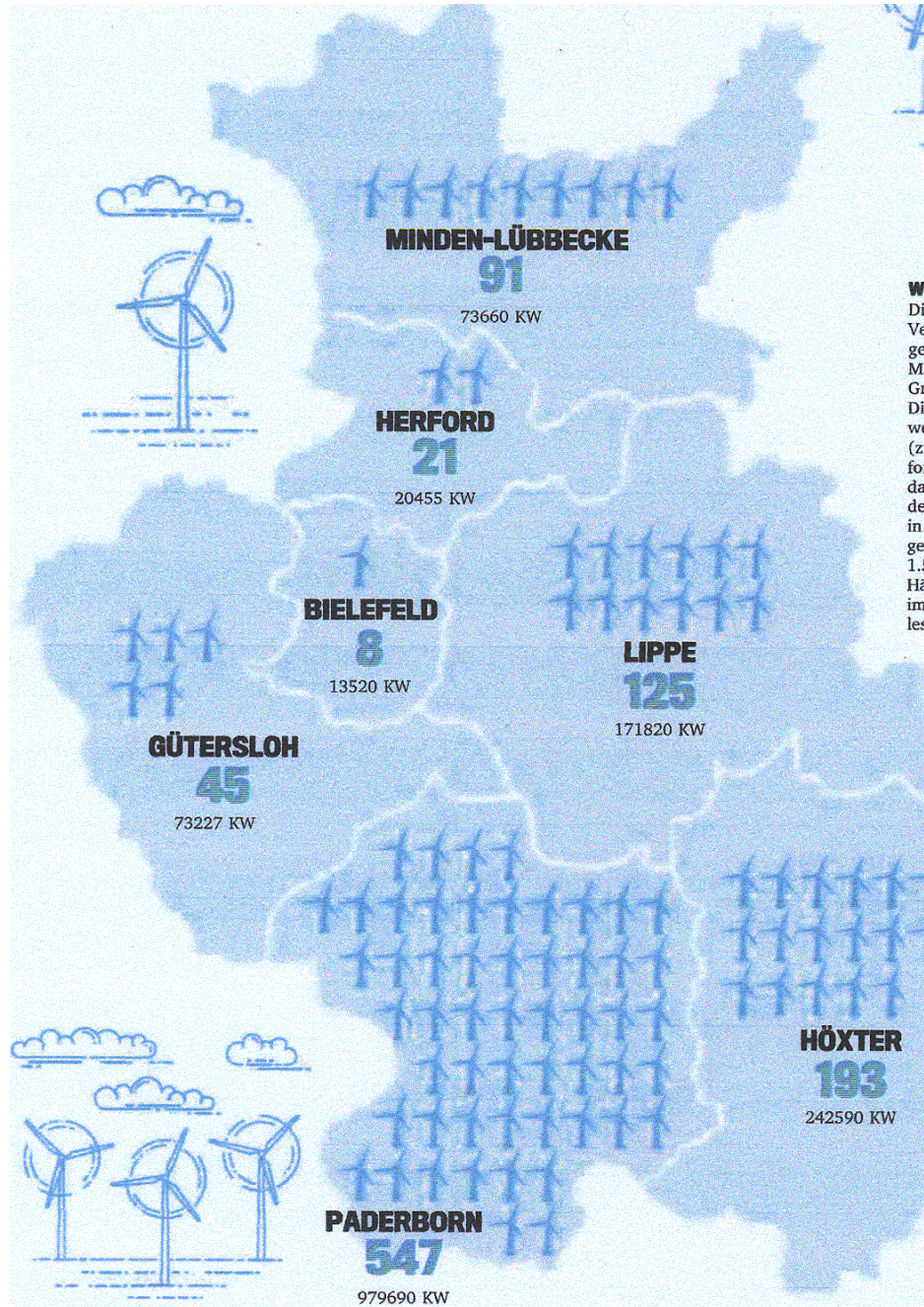
*9.-+10.. November 2017*

## **Baugrunduntersuchungen für Windenergieanlagen im Paderborner Land, Beispiel WEA 12, Gebiet Hassel**

*Vortrag von*

*Friedrich-Karl Ewert*

*ewert.fk@t-online.de*



## Windenergie in Ostwestfalen-Lippe (OWL)

Die Karte zeigt die Anzahl und Verteilung der Windenergieanlagen in Ostwestfalen-Lippe (Stand März 2017).

Ein Windrad in der Grafik entspricht 10 Anlagen. Die absolute Zahl steht in Blau jeweils in der zugehörigen Region.

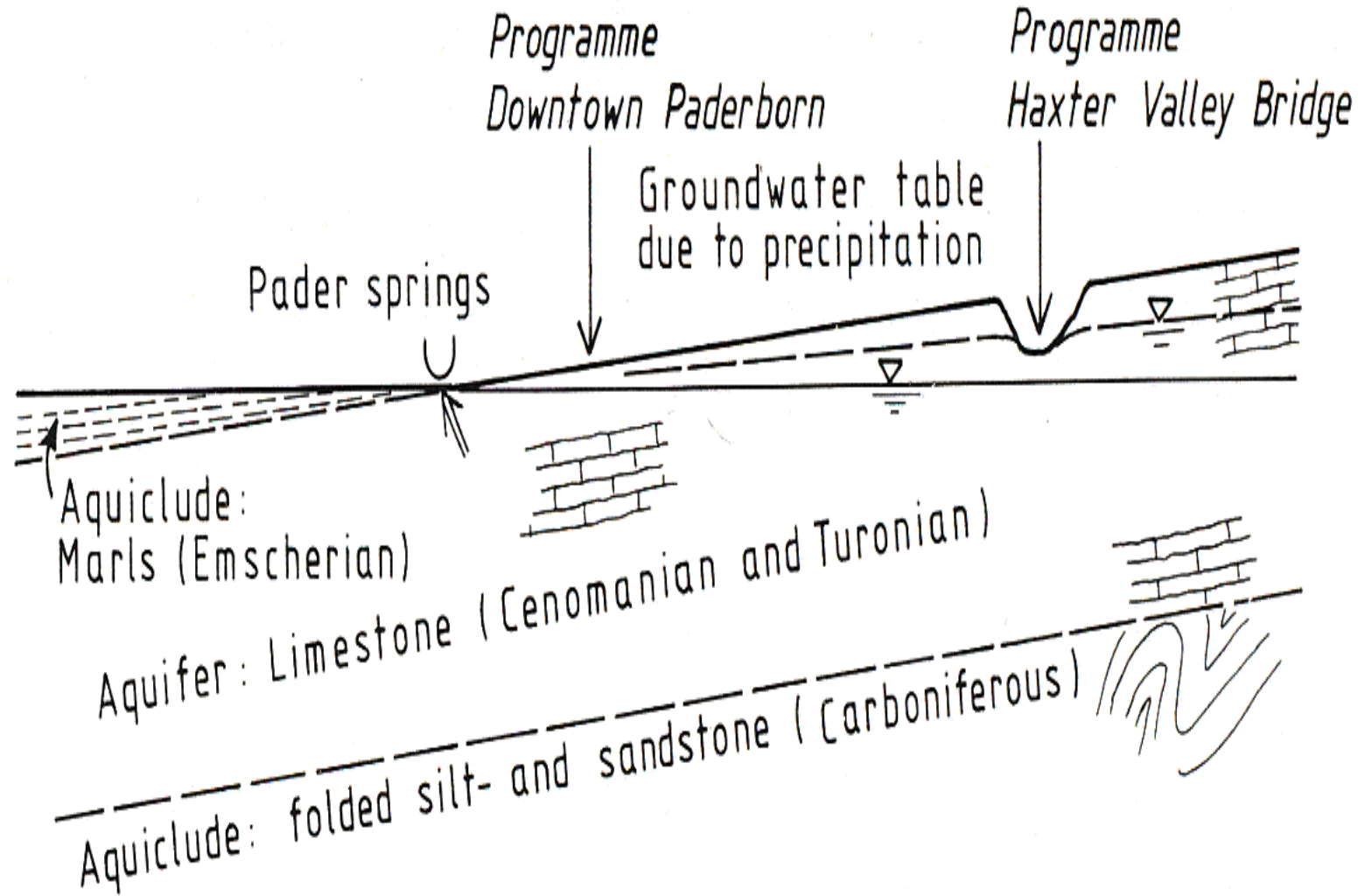
In der östlichen und südlichen  
Umgebung Paderborns  
– Egge und Haarstrang –  
besteht der Untergrund aus Kalkstein

Kalkstein ( $\text{CaCO}_3$ ) ist löslich

Kalkstein-Landschaften sind verkarstet



# Hydrogeologie der Paderborner Hochfläche





Verkarsteter Baugrund bedarf  
besonderer Untersuchungen seiner  
Tragfähigkeit

Schon geringe Verkarstungen erfordern  
aufwendige Abdichtungen

Beispiele für Karstformen:























**Baugrund im Karst  
wird  
konventionell  
mit  
Kernbohrungen  
untersucht.**

## Deutsche Norm **DIN EN 1997-1** (Auszüge)

### 3.3.8 Güte und Eigenschaften von Gestein und Fels

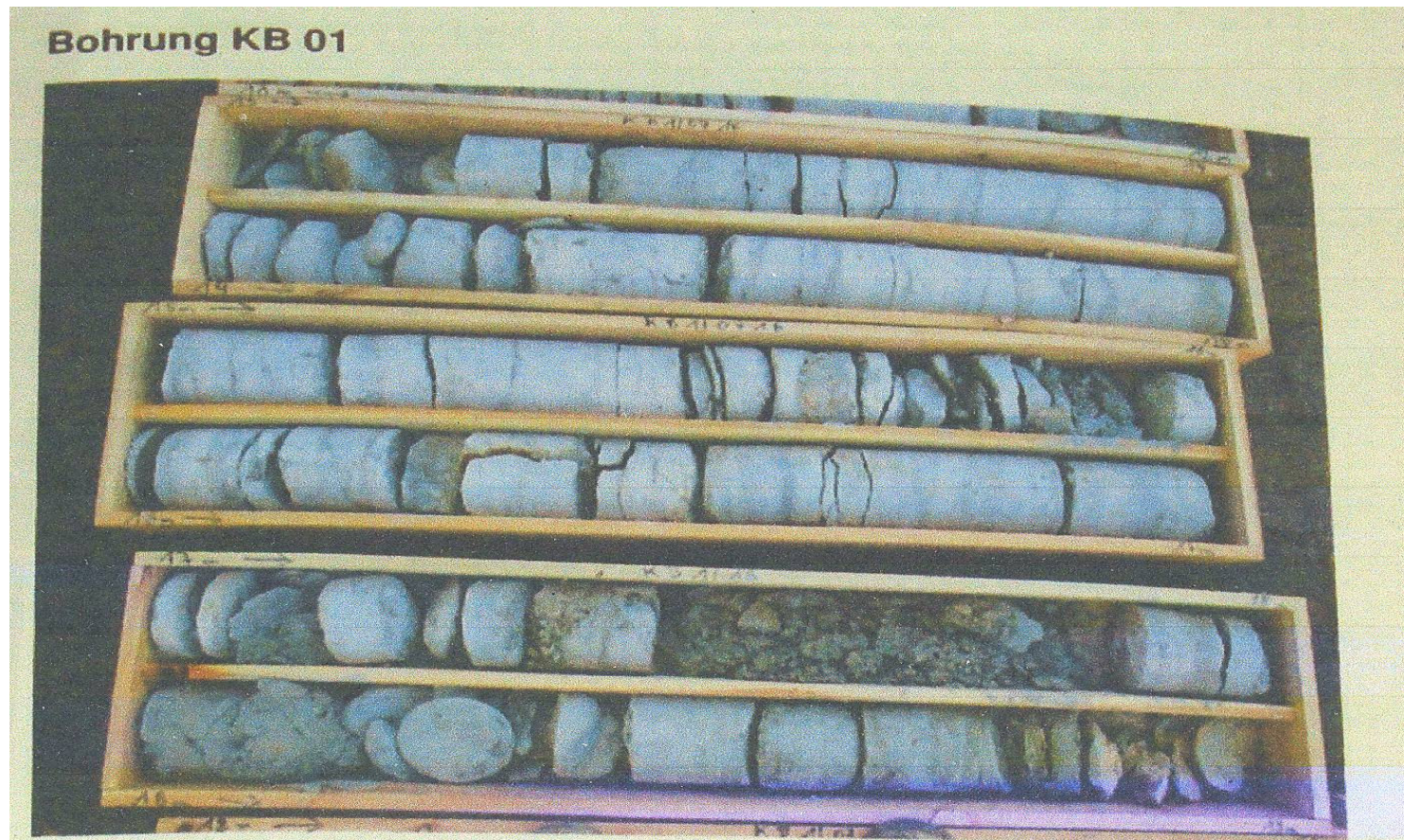
Eigenschaften sind an ungestörten Bohrkernen zu ermitteln.

Beispiele: Charakteristische Merkmale der Klüfte:

- Kluftabstand,
- Kluftfüllung,
- Öffnungsweite,
- Durchgängigkeit,
- Dichtigkeit,
- Rauigkeit, frühere Bewegungen auf Klüften

**Beispiel zu DIN EN 1997-1:** Baugrund ist auf Hohlräume zu untersuchen, die abzudichten sind. Benötigt werden dazu

**1) Kernbohrungen mit Durchlässigkeitstests**



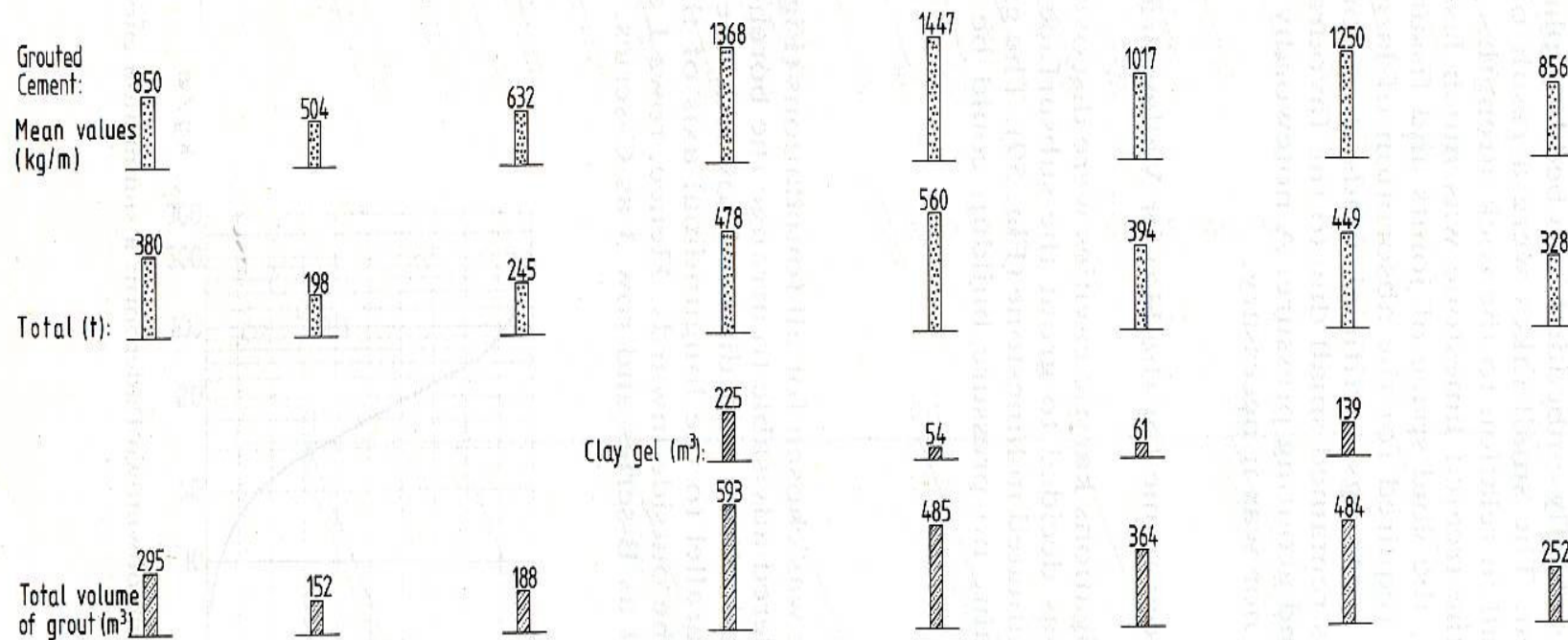
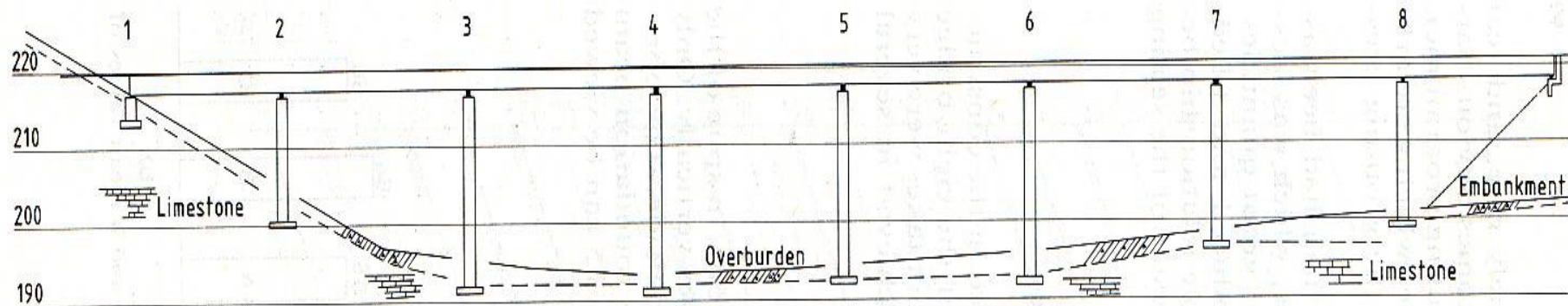


**Beispiel zu DIN EN 1997-1:** Baugrund ist auf Hohlräume zu untersuchen, die abzudichten sind. Benötigt werden dazu

## **2) Zement- (Feststoff-) Injektionen**



# Bauen auf verkarstetem Kalkstein der Region Paderborn: Abdichtung des Baugrundes der Haxter-Grund-Brücke, um Tragfähigkeit zurück zu gewinnen





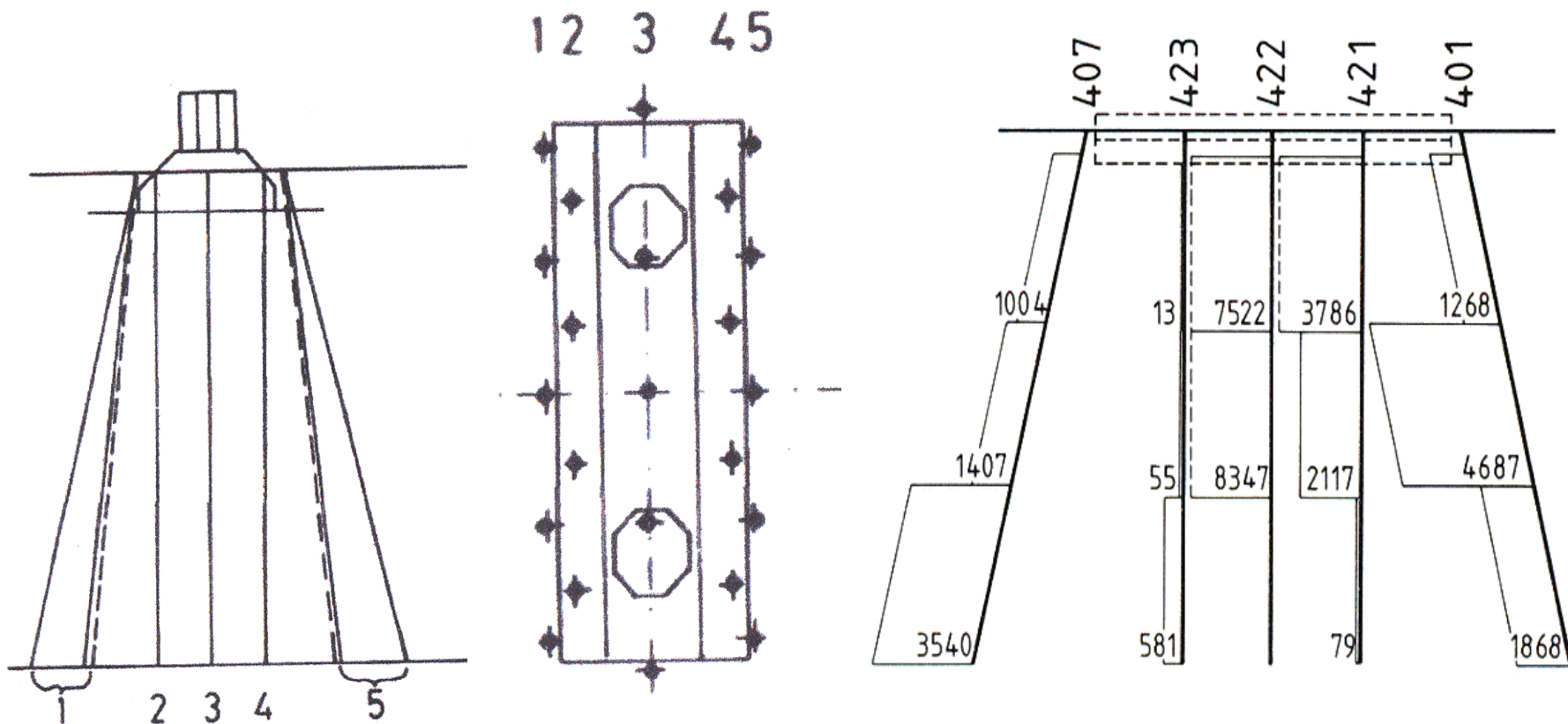
Untergrundabdichtung mittels Injektionen von Zement:

-> je Pfeiler mit 23 Bohrungen in 5 Reihen (5-4-5-4-5),

-> mit 3 Tiefenstufen je Bohrung 1–6m, 6–11m, 11–16m

-> und z.T. sehr großen Verpressmengen, z.B. 3540 kg/m

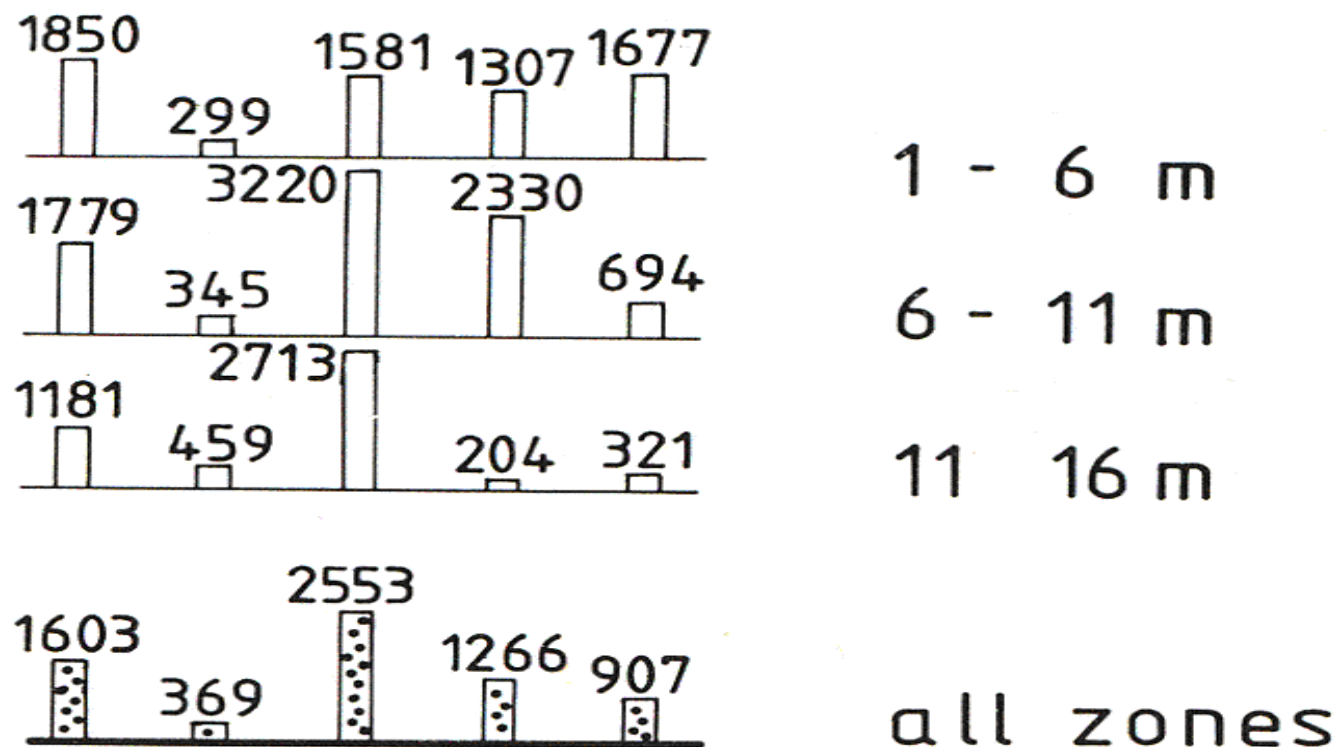
### Beispiel Pfeiler 4





# Abdichtung des Baugrundes für die Haxter-Grund-Brücke

Verpressmengen in kg/m für alle Reihen und Tiefenstufen



**Pfeiler 4:** durchschnittliche Verpressmenge: **1.339 kg/m**

# **Karst-Erscheinungen an der Oberfläche im Gebiet Hassel**



# Karst im Gebiet Hassel, Geländeoberfläche



Aufnahme 26.09.2004



# Karst im Gebiet Hassel, Geländeoberfläche



Aufnahme 26.09.2004



# Karst im Gebiet Hassel, Geländeoberfläche





# Karst im Gebiet Hassel, Geländeoberfläche





# Karst im Gebiet Hassel, Doline





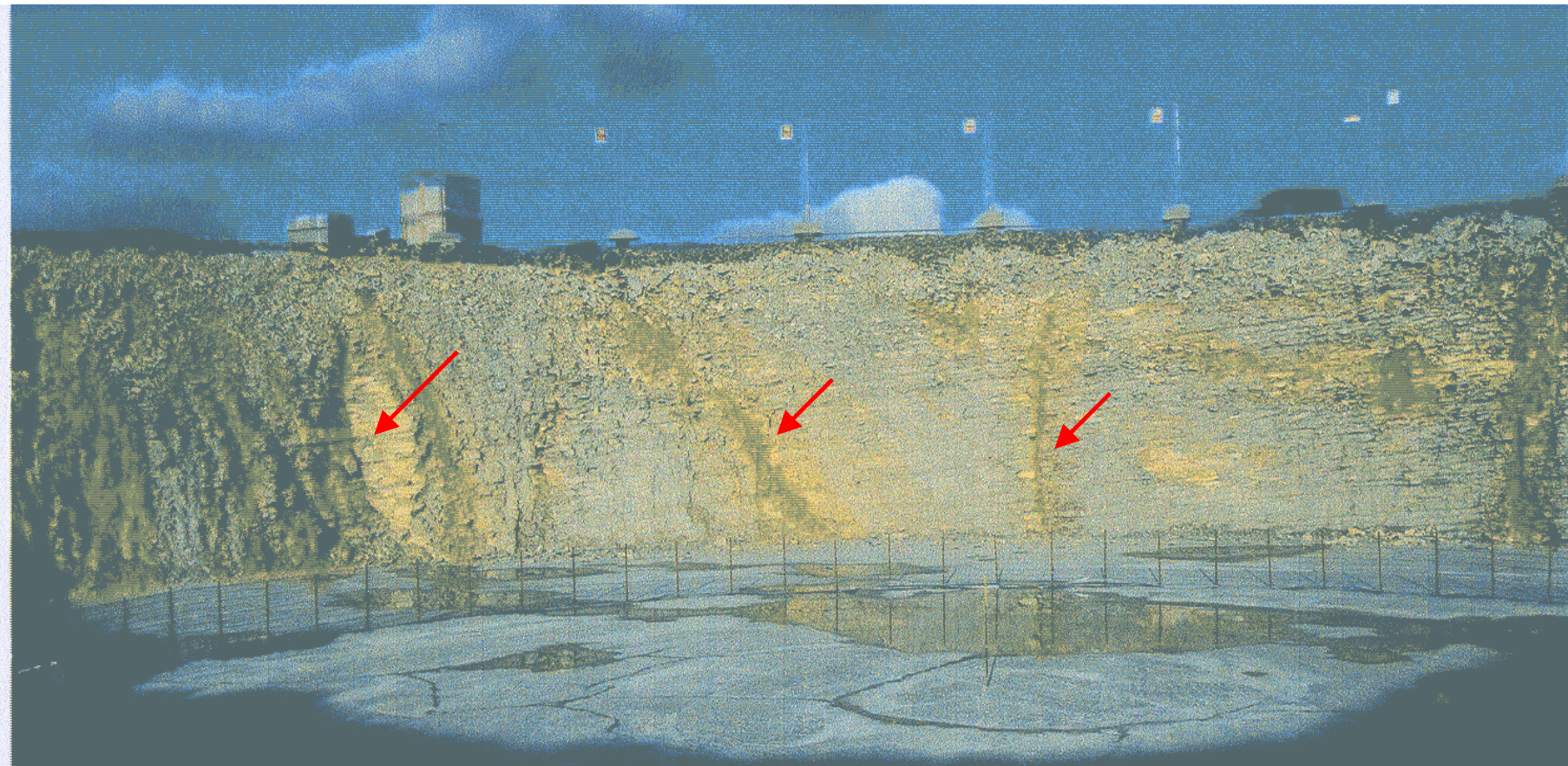
Karst im Gebiet Hassel, Doline: „Spielmannskuhle“  
Ø: 30 m, Tiefe:14 m, 1982 bis 1992:1,4 m Absenkung,





**Karst-Erscheinungen  
in der Baugrube für  
WEA 12**

Auf verkarstetem Kalkstein zu gründende Windkraftanlagen erfordern eine genaue Untersuchung des Baugrundes: Karstzonen sind individuell zu behandeln





Abstand der Verwitterungszonen als Beginn der  
Verkarstung jeweils wenige Meter





Karstzonen sind teils offen und wegsam, teils mit Lehm und Gesteinsschutt gefüllt





**Auch im Karst erfolgen  
Baugrunduntersuchungen  
neuerdings mit**

**geoelektrischen  
Widerstandsmessungen**

**Angewendet auch für  
WEA 12 in Hassel**

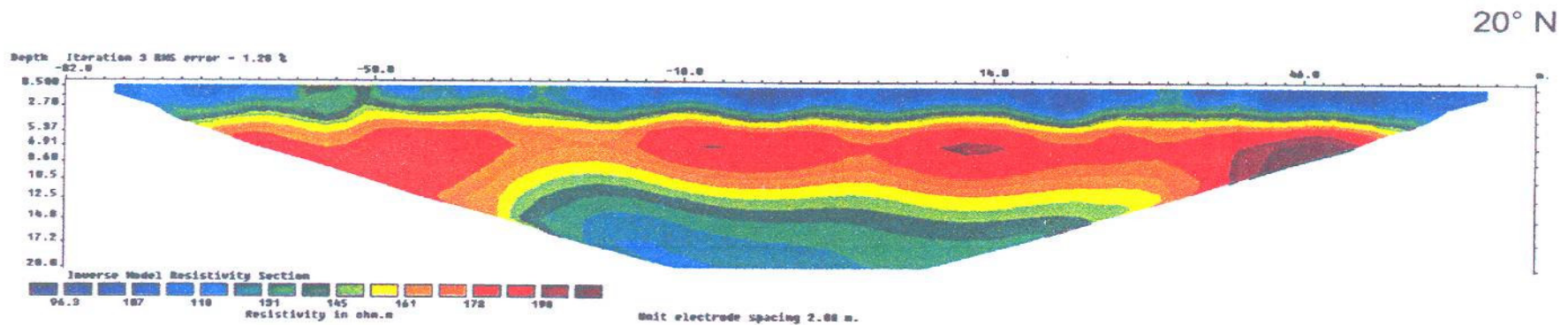


Zwei sich kreuzende Profile:

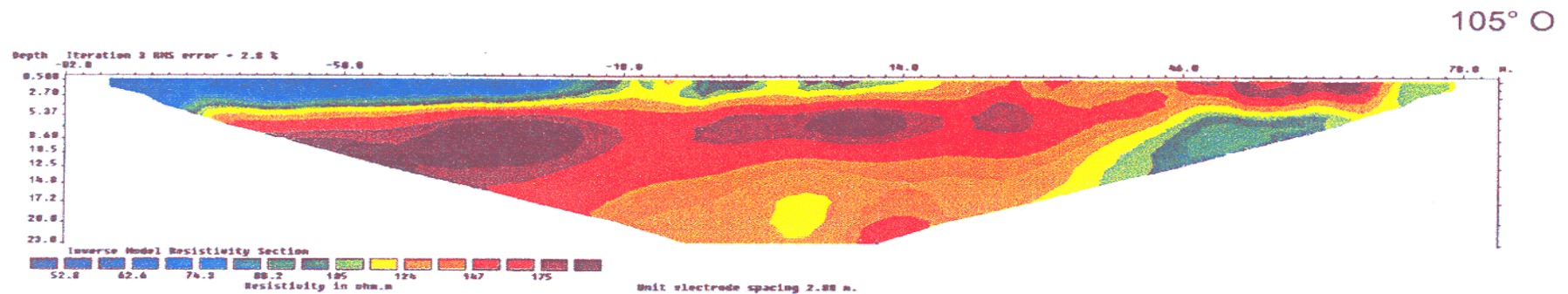
*WEA 12: 20° Nord, 140 m lang, 23 m tief*

*WEA 12-T: 105° Ost, 140 m lang, 22 m tief*

### Profil WEA 12



### Profil WEA 12-T



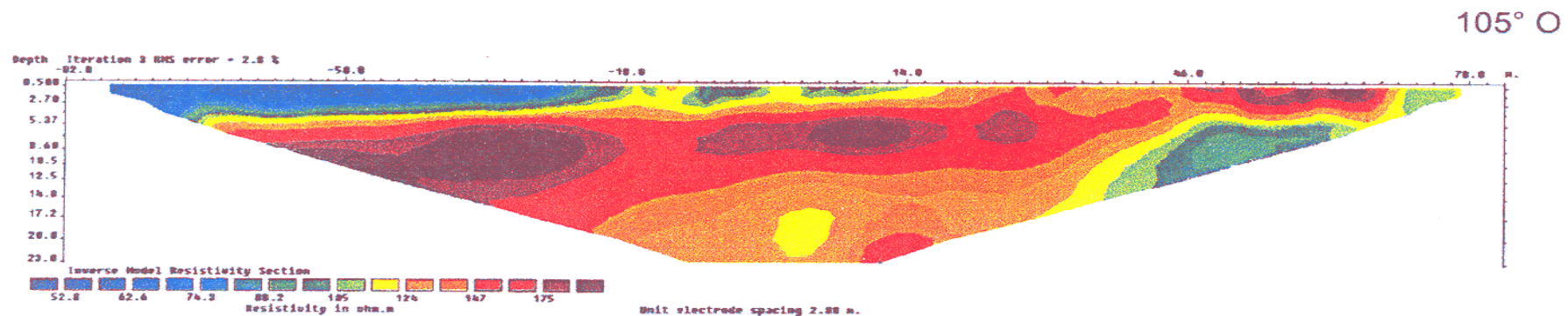


Der Gutachter folgert in seiner Zusammenfassung:

→ „Am Standort wurden in geringer Tiefe homogen gelagertes Festgestein ohne Auffälligkeiten oder Störungen im Fundamentbereich entdeckt“

→ Weitere geotechnische Untersuchungen zur Beschaffenheit des Baugrundes wurden nicht durchgeführt.

### Profil WEA 12-T



Die Folgerungen sind falsch, denn tatsächlich sind Störungen vorhanden und gut zu erkennen; sie hätten zusätzliche Untersuchungen erfordert.



## **Folgerungen:**

Karst-Hohlräume wachsen und ihre Gefahr für Bauwerke beginnt nicht erst im Stadium von Tropfsteinhöhlen. Schon zentimeter-enge Karstkanäle können mit der Zeit Schäden verursachen. Sie werden von den Widerstandsmessungen nicht erfasst, nicht dargestellt und bleiben unerkannt – wie schon die beiden Profile beweisen. Geoelektrische Widerstandsmessungen können deshalb keine Kernbohrungen ersetzen. Die für solche Bauwerke nötigen Untersuchungen sind in den Bestimmungen der DIN EN 1997-1 spezifiziert.



## **Empfehlungen**

Die hier vorgenommene Bewertung gilt für die Gründung der WEA 12. Auch in anderen Fällen wurde die Baugrunduntersuchung nur mittels Schürfen und geoelektrischen Widerstandsmessungen durchgeführt, so dass der wirkliche Zustand des Baugrundes nicht bekannt sein kann. Dort empfiehlt sich eine Nachuntersuchung. Die Erkenntnisse würden aussagen, ob der Baugrund in seinem gegenwärtigem Zustand tatsächlich belastbar ist oder ob der Untergrund nachträglich mit Injektionen verfestigt werden sollte.