

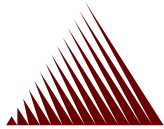
Messbericht

zur Scannerbefahrung in der Bohrung WBL-07

Messdatum: 16.10.2025

An den Auftraggeber

ARGE Nammen/Wesergebirge
c/o BOG Bohr- und Umwelttechnik GmbH
Eselsteig 17
07586 Caaschwitz



Inhalt

| | |
|----------------------------------------|-----------|
| 1. Vorwort..... | 3 |
| 2. Einleitung und Methodik..... | 3 |
| 2.1. Bohrungsdaten..... | 3 |
| 2.2. Sondenparameter..... | 3 |
| 2.3. Methodik..... | 5 |
| 3. Ergebnisse..... | 6 |
| 4. Zusammenfassung..... | 10 |

Anlagen

| | |
|-----------|------------------------------|
| Anlage 1: | Messplot 1:10 mit Pseudokern |
| Anlage 2: | Messplot 1:50 |
| Anlage 3: | Trennflächenauswertung |



1. VORWORT

Das Geotechnische Ingenieurbüro Prof. Fecker & Partner GmbH, fortan GIF, führt seit den 1980er Jahren geotechnische Messungen im Fels in Deutschland, sowie im europäischen und interkontinentalen Ausland durch.

Thema dieses Berichts ist die Bohrung WBL-07 im Rahmen des Projektes Wesergebirge, ABS/NBS Hannover-Bielefeld. Die Firma GIF wurde von der ARGE Wesergebirge / Nammen beauftragt, orientierte Bohrlochscans mit Trennflächenauswertung mit optischen Bohrlochsonden (ETIBS) und akustischen Bohrlochsonden (ABF) durchzuführen, sowie Verlaufsmessungen in Bohrungen im Bergwerk durchzuführen. Der Bohrpunkt dieses Berichts befand sich außerhalb des Bergwerks. Die Befahrung des o.g. Bohrlochs fand am 16.10.2025 statt.

Ausdrücklich nicht Gegenstand dieses Berichts sind gutachterliche Leistungen wie der Vergleich der im Folgenden beschriebenen Messergebnisse mit jeglichen Messdaten, die nicht von der Firma GIF erhoben wurden, sowie die Bewertung und Interpretation der hier vorgestellten Ergebnisse im Kontext der lokalen Geologie oder etwaiger Fachliteratur.

2. EINLEITUNG UND METHODIK

2.1. Bohrungsdaten

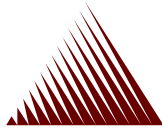
Der Messbezugpunkt für alle Tiefenangaben ist die Geländeoberkante. Die vertikale Bohrung WBL-07 (Solltiefe: 100,00 m) wurde am 16.10.2025 von 17,44 m bis 19,16 m mit dem optischen Bohrlochscanner ETIBS © und von 19,16 m bis 99,00 m mit dem akustischen Bohrlochscanner ABF befahren. Aufgrund der Wassertrübe unterhalb des Wasserspiegels war eine Befahrung mit dem optischen Bohrlochscanner nur in den obersten 1,5 m unterhalb der Verrohrung möglich. Die Stahlverrohrung stand bis zu einer Tiefe von 17,46 m. Die Bohrung befindet sich im Ortsteil Nammen der Stadt Porta Westfalica.

Der Bohrlochdurchmesser im befahrenen Abschnitt betrug 146 mm. Der Wasserspiegel zum Befahrungszeitpunkt stand bei 19,00 m. Die Befahrung wurde in einem Verrohrungsabschnitt durchgeführt. Die Befahrung wurde im Folgenden ausgewertet.

2.2. Sondenparameter

Der Bohrlochscanner ETIBS® (Ettlinger Total Image Borehole System, Tab. 1) wird zur optischen Untersuchung von geologischen Erkundungs- oder verrohrten Brunnenbohrungen eingesetzt und ist eine Eigenentwicklung der GIF. Der Tiefenzähler ist in das Kabel integriert. Die Kegelstumpfbilder, welche beim Befahren der Bohrung aufgenommen werden, ergeben eine verzerrte, in Querstreifen aneinandergereihte Abbildung, weshalb die Sonde als Bohrlochscanner bezeichnet wird.

Durch eine rechnerische Entzerrung der Bilder mit Hilfe geometrischer Beziehungen entsteht am Monitor eine abgewinkelte Abbildung der Bohrlochwand. Durch die gleichzeitige Messung des



Azimuts, bezogen auf die Sonde, und der Neigung der Bohrung ist die Raumstellung der Abbildung bekannt und die Abwicklung kann mit geographischen Koordinaten versehen werden.

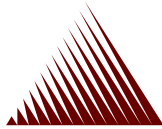
Tab. 1: Technische Spezifikation der ETIBS-Sonde

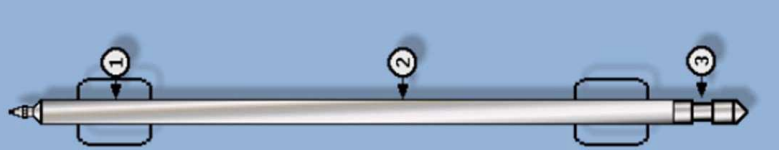
| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Komponenten der ETIBS-Sonde: 1) Bohrlochscanner, 2) Computer, 3) Kabelwinde, 4) Schubgestänge, 5) Toolpusher</p> | <p>Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkundung geologischer Bohrungen bis max. 300 m Teufe, • druckdicht bis 30 bar, • Bohrlochdurchmesser bis 200 mm. <p>Abmessungen</p> <p>Kameramodul l = 810 mm, Ø = 96 mm Fixiermodul l = 390 mm, Ø 100 - 147 mm Anschlusssteil l = 125 mm, Ø = 96 mm Sonde komplett l = 1325 mm Kegelstumpfspiegel Ø 80 x Ø 30 x 25 mm</p> <p>Gewicht</p> <p>Sonde komplett ca. 25 kg</p> <p>Optik</p> <p>Max. Auflösung entlang Bohrlachachse 0,2 mm (abhängig von der Differenz zwischen Bohrlach- und Spiegeldurchmesser) Auflösung über Bohrlachumfang ca. 1200 Punkte</p> <p>Kompass</p> <p>Auflösung $\pm 0,5^\circ$</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Das akustische Bohrlachfernsehen (ABF, Tab. 2) kann nur unterhalb des Wasserspiegels eingesetzt werden, und bietet den Vorteil, in trübem Wasser ebenfalls aufzeichnen zu können. Bei der eingesetzten Sonde handelt es sich um eine *9804 Series Acoustic Televiwer* © von *Century Geophysical Llc*.

Unterschiedliche elastische Eigenschaften des Gesteins, aber auch Klüfte, führen zu unterschiedlichen akustischen Reflexionen. Messprinzip ist hierbei das Impulseechoverfahren, bei dem ein in der Sonde angebrachter, rotierender piezoelektrischer Wandler einen Ultraschallimpuls aussendet und die Reflexionen von der Bohrlachwand wieder empfängt. Durch elektronische Bildbearbeitungstechniken wird für jede Tiefenstufe eine Art „Zeilenbild“ der Bohrlachwandung erzeugt und als Abwicklung dargestellt. Durch Bewegen der Sonde im Bohrlach erhält man viele einzelne „Zeilenbilder“, die zu einem Gesamtbild der Bohrlachwand zusammengesetzt werden, welches als Abwicklung oder als virtueller Bohrkern in 3D dargestellt werden kann.

Dazu ist eine Tiefenmesseinrichtung sowie ein magnetisches und auf Schwerkraft basierendes Orientierungssystem in der Sonde eingebaut, mit dessen Hilfe die Abwicklung der Bohrlachwand zeilenweise von Nord nach Nord orientiert und der Bohrlachverlauf (Einfallen und Azimut) bestimmt werden kann. Die Bildauflösung in Richtung der Bohrlachachse ist von der Geschwindigkeit abhängig, mit der die Sonde im Bohrlach bewegt wird. Neben dem Ultraschallemitter sind außerdem ein natürlicher Gamma-ray Sensor sowie ein Deviometer verbaut.

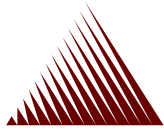
**Tab. 2:** Technische Spezifikation der ABF-Sonde

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Schematische Skizze des 9804 Series Acoustic Televiewer® aus dem Produktdatenblatt des Herstellers Century Geophysical Llc. 1) Natürlicher Gamma-ray Sensor, 2) Deviometer, 3) Ultraschallemitter und Ultraschallempfänger</p> | <p>Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkundung geologischer Bohrungen bis max. 300 m Teufe • Druckdicht bis 100 bar • Bohrlochdurchmesser von 74 bis 230 mm <p>Abmessungen</p> <p>Sondenlänge 193 cm Außendurchmesser 50,8 mm</p> <p>Gewicht</p> <p>Sonde komplett 14 kg</p> <p>Orientierungssystem</p> <p>Auflösung für Neigung $\pm 0,5^\circ$ Auflösung für Azimuth $\pm 2,0^\circ$</p> <p>Bildauflösung</p> <p>Auflösung entlang Bohrlochachse 5 mm Auflösung über Bohrlochumfang 254 Bildpunkte</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2.3. Methodik

Optische und/oder akustische Logs werden orientiert in die Verarbeitungssoftware WellCAD 4.3 importiert und ggf. in Helligkeit, Kontrast und Farbsättigung angepasst. Abschnittsweise Befahrungen werden mit Überlappung miteinander verschnitten und in Übergangsbereichen zur Verrohrung werden Kompassdreher entfernt. Im Falle einer größeren Überlappung des optischen und akustischen Logs wird auf Basis des aussagekräftigeren Logs ausgewertet.

Trennflächen werden in die Kategorien *Schichtung/Schieferung*, *Schrägschichtung*, *Klüfte* z. T. *erkennbar* und *Klüfte* eingeteilt und nachgezeichnet (Tabelle 3). Die Darstellung der Trennflächen als Sinuskurve ist bedingt durch den Umstand der Abwicklung eines 360°-Bildes in eine zweidimensionale, rechteckige Form.

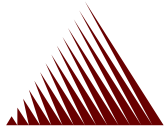
**Tab. 3:** Arten und Kriterien der verwendeten Trennflächen

| Trennflächenkategorie | Beschreibung / Kriterium | Farbe |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Schichtung / Schieferung | <ul style="list-style-type: none"> - Durchgehende oder nahezu durchgehende Trennfläche ohne Ausbruch entsprechend der vorherrschenden Lamination des Gesteins - Schichtungen: ablagerungsbedingte Gefüge- und Mineralogieunterschiede, nur in Sedimentgesteinen und schwachmetamorphen Gesteinen sedimentären Ursprungs - Schieferung: zumeist tektonikbedingte Mineral-Neuausrichtung und Alteration des verfestigten Gesteins, abhängig von Spannungsbetrag, Spannungsrichtung, sowie Temperatur | schwarz |
| Schrägschichtung | <ul style="list-style-type: none"> - Durchgehende oder nahezu durchgehende Trennfläche ohne Ausbruch, die rasch wechselnde und übereinander gestapelte Azimuth und/oder Neigungswechsel der Lamination aufweist. - Primär in Sandsteinen auftretend, seltener in Siltsteinen und Kalksandsteinen möglich. | blau |
| Kluft, z. T. erkennbar | <ul style="list-style-type: none"> - Teilweise durchgehende Trennfläche, ggf. mit sichtbarer Apertur - Schichtparalleler, unvollständiger Ausbruch | hellgrün |
| Kluft | <ul style="list-style-type: none"> - Durchgehende Trennfläche, ggf. mit sichtbarer Apertur - Schichtparalleler, vollständiger Ausbruch | magenta |

Als Anlagen zu diesem Bericht dienen die Bohrlochabwicklung als Detailansicht im Maßstab 1:10 mit Pseudokern, Trennflächen-Abwicklung, Trennflächen-Nummerierung und Bemerkungen, sowie die Strukturauswertung im Maßstab 1:50 mit Trennflächen-Abwicklung, Fallrichtungs-Diagramm, Polpunktdiagramm, Richtungsrosen-Diagramm und Trennflächen pro Laufmeter. Beide Dateien werden im PDF-Format übergeben. Außerdem werden alle Trennflächen tabellarisch nummeriert nach Wendepunkt der Trennfläche der Sinuskurve mit Fallrichtung, Fallwinkel und Trennflächenkategorie als Excel-Datei zur Verfügung gestellt.

3. ERGEBNISSE

Die Art und Beschreibung der verwendeten Trennflächen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Eine grobe Übersicht der ausgewerteten Trennflächen, deren absoluter Häufigkeit sowie ihres vorwiegenden Azimuths und Fallwinkels ist in Tabelle 4 zu finden. In Anlage 2 sind Polpunktdiagramme und Kluftrosendiagramme für alle 10 m zur Bohrlochabwicklung mit allen Strukturen zu finden. Abbildung 1 zeigt ein Polpunktdiagramm mit allen Trennflächen der Bohrung. Diese Trennflächen werden nach Kategorie in Tabelle 5 getrennt und die Clusterbildung von Vorzugsrichtungen mit Hilfe von Konturlinien und farblicher Visualisierung herausgearbeitet.



Das befahrene Bohrloch besteht aus einem Fels, der stellenweise gehäuft von subhorizontalen Schichtungen durchzogen wird, die überwiegend in nördlicher Richtung einfallen. Die Klüfte zeigen keine derartig eindeutige Vorzugsrichtung.

Insgesamt sind 293 Trennflächen erfasst worden. Auf die gesamte Bohrung betrachtet sind *Klüfte*, z.T. *erkennbar* die häufigste Trennflächenkategorie ($n = 164$, ca. 56 % aller Trennflächen). Diese Strukturen besitzen bei unterschiedlichen Neigungswinkeln, zumeist zwischen 35° und 65° und breit streuendem Azimut keine klare Vorzugsorientierung. Es tritt jedoch eine Häufung dieser Trennflächen in einem breiten Richtungsband von Südwesten bis Südosten mit einer überwiegenden Neigung von 40° bis 70° auf, siehe auch Tab. 5.

In geringerer Anzahl treten *Klüfte* auf ($n = 89$, ca. 30 % aller Trennflächen) auf. Der Neigungswinkel der Klüfte ist bei einem Median von 50° in einer ähnlichen Größenordnung wie der der nur z. T. erkennbaren Klüfte, allerdings ist die Neigungswinkel-Varianz etwas geringerer. Außerdem zeigen die Klüfte eine deutliche Vorzugsrichtung nach Süden bis Südwesten (vgl. Tab. 5).

Schichtungen/Schieferungen sind die am seltenste vorkommende Trennflächenkategorie ($n = 40$, ca. 14 % aller Trennflächen) mit der geringsten Varianz in Azimut und Fallwinkel. Diese Strukturen fallen allesamt mit etwa 10° bis 20° in nördlicher Richtung ein. Dabei ist die hohe Standardabweichung des Azimuts in Tab. 4 irreführend, denn es handelt sich hierbei um eine rein mathematische Betrachtung (überwiegend 330° bis 50°), resultierend in hoher Standardabweichung trotz eindeutiger Vorzugsrichtung (Tab. 5).

Tab. 4: Häufigkeiten und Vorzugsrichtungen der Trennflächen.

| | Schichtungen/ Schieferungen | Klüfte, z. T. erkennbar | Klüfte |
|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Absoluter Anteil | 40 | 164 | 89 |
| Relativer Anteil | 13.6 % | 56,0 % | 30,4 % |
| Azimuth Median | $3^\circ \pm 51^\circ$ | $189^\circ \pm 62^\circ$ | $198^\circ \pm 34^\circ$ |
| Fallwinkel Median | $14^\circ \pm 6^\circ$ | $49^\circ \pm 14^\circ$ | $50^\circ \pm 12^\circ$ |

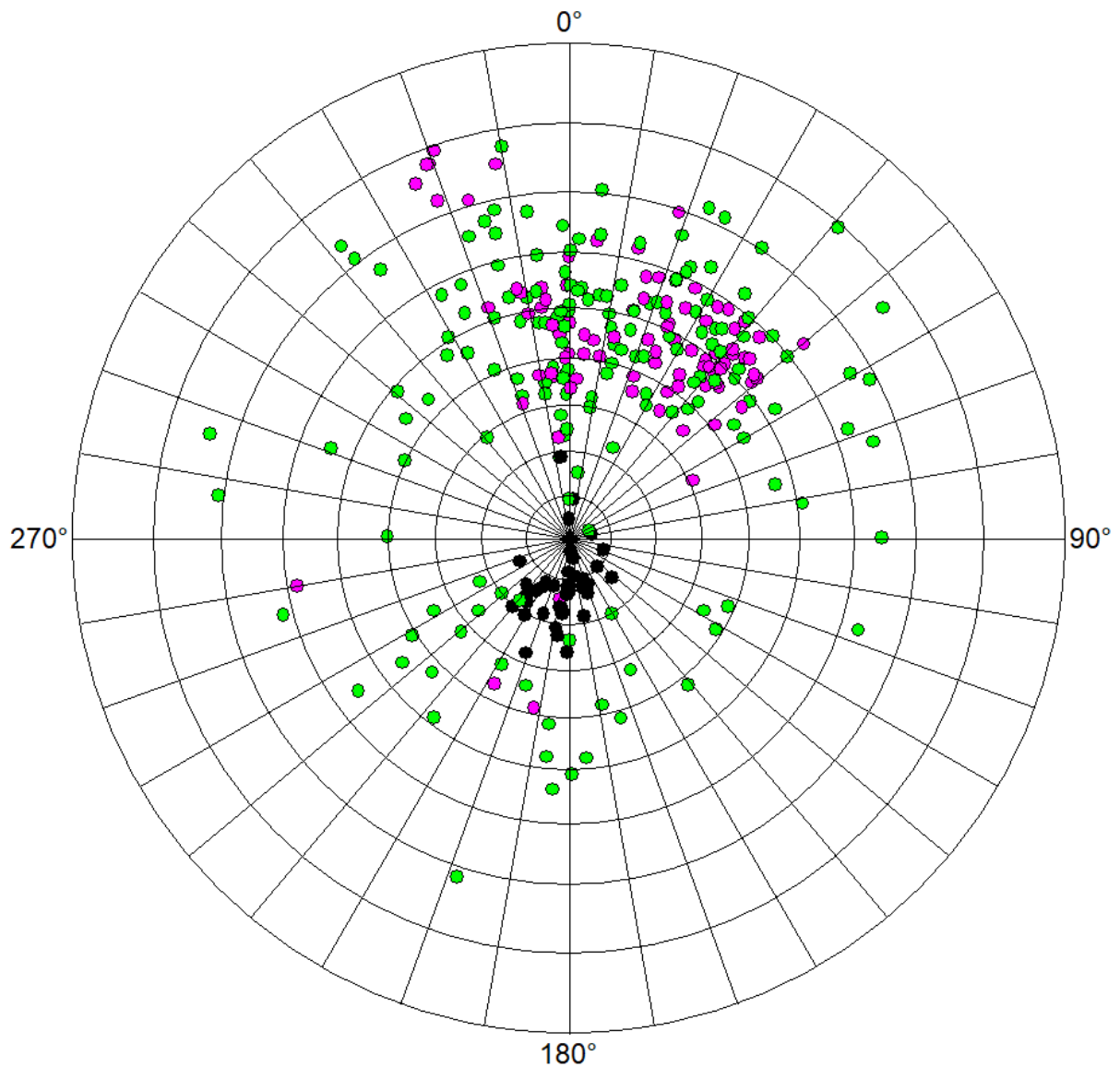
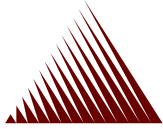
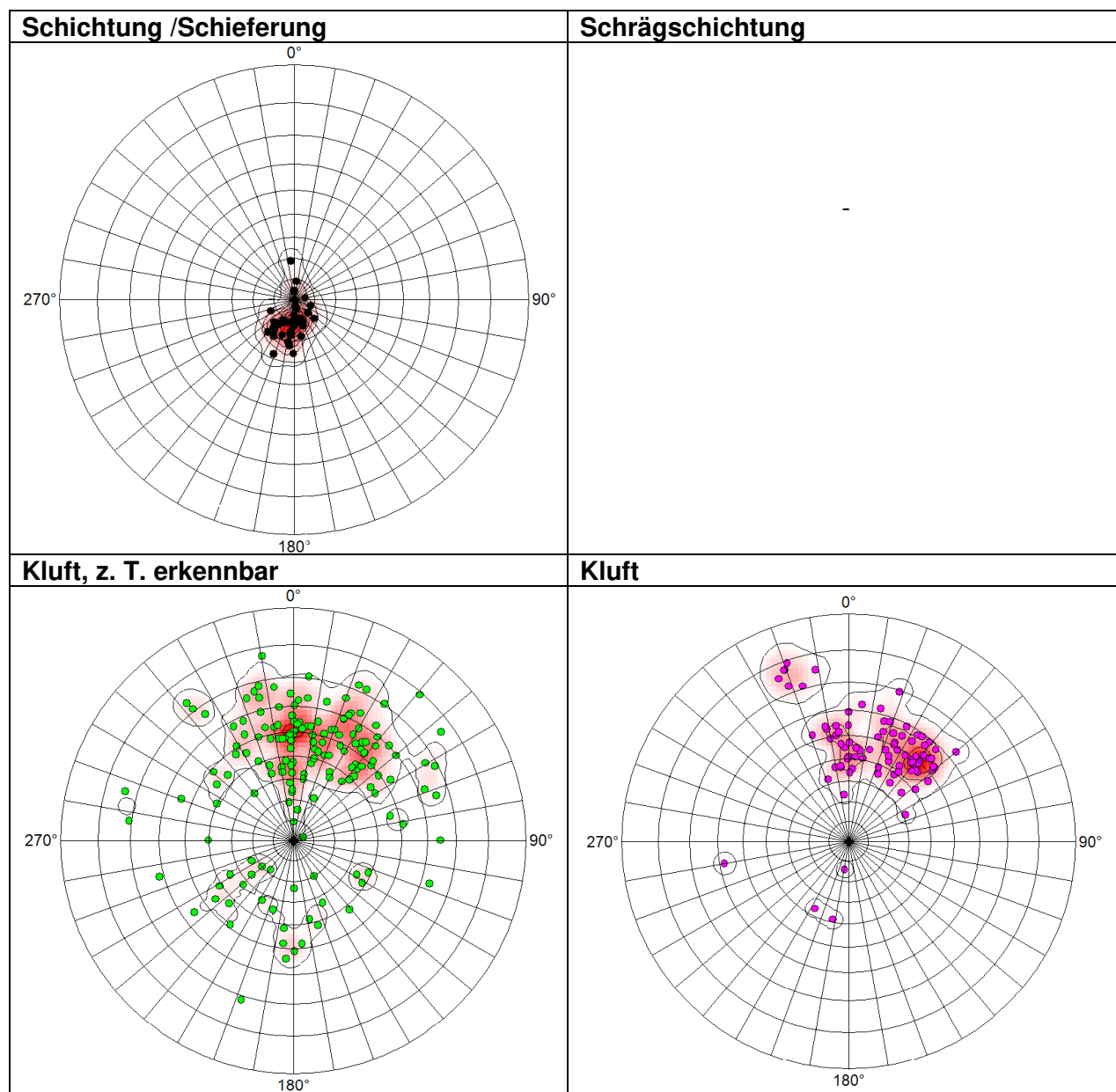


Abb. 1: Polpunktendiagramm (Wulff-Plot, südliche/untere Halbkugel) aller Trennflächen der gesamten Bohrung. Der Kreisrand entspricht 90° Neigungswinkel, das Kreiszentrum 0° Neigung. Zur Umwandlung in Gefügeschreibweise sind die abgelesenen Azimute um 180° zu versetzen. Radiale Linien und umlaufende Linien alle 10°.



Tab. 5: Polpunktdiagramme der Trennflächen-Großkreise mit Konturlinien und roter Farbdarstellung zur Visualisierung der statistischen Signifikanz, projiziert auf die südliche Halbkugel eines Wulff-Diagramms. Radiale Linien und umlaufende Linien alle 10°.



Aus Tabelle 5 lassen sich anhand der Konturlinien und Datenhäufung direkt die Datenqualität und Datenkontinuität ableiten. Abgesehen vereinzelter Ausreißer zeigen die Schichtungen eine sehr homogene Richtungs- und Neigungsverteilung.

Die Klüfte zeigen eine nicht ganz so eindeutig ausgeprägte Vorzugsrichtungsbildung, bei der es Interpretationssache ist, ob diese in eine Vorzugsrichtung (S bis SE, 40-60° Neigung) oder zwei Vorzugsrichtungen (S, 40 bis 60° Neigung, und SE, 40-60° Neigung) unterteilt wird. Darüber



hinaus sticht eine kleine Gruppierung steiler Klüfte zwischen 70° und 80° Neigung nach SSW hervor.

Die nur zum Teil erkennbaren Klüfte zeigen die bei weitem größte Datenstreuung. Jedoch plotten die Vorzugsgruppen in die gleichen Azimut- und Fallwinkelbereiche wie die Klüfte (Tab. 5), so dass zumindest basierend auf der Datenintegrität auch diese als repräsentative Strukturen angesehen werden können. Die Signifikanz nicht gehäuft auftretender nur zum Teil erkennbarer Klüfte sollte nicht überbewertet werden.

Eine detaillierte textliche Auflistung der lokalen Trennflächen-Trends jedes kürzeren Abschnitts würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen, kann jedoch aus den alle 10 m segmentierten Klüftrosen und Polpunktdiagrammen in der 1:50er Strukturauswertung entnommen werden. Ebenso ist die digital les- und editierbare Excel-Trennflächenliste dazu gedacht, dass der Berichtsempfänger und/oder Gutachter ohne Hürden die Messdaten weiter statistisch auswerten kann, sollte er dies wünschen.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die Bohrung WBL-07 (Solltiefe 100,00 m) wurde zwecks Trennflächenanalyse mit dem akustischen Bohrlochscanner befahren.

Die Trennflächenanalyse ergab eine Gesamtanzahl von 293 Trennflächen. Zum Teil erkennbare Klüfte sind die häufigste Trennflächenart. Obwohl die Streuung der Daten dieser Trennflächenkategorie sehr breit ist, so spiegelt die häufigste Gruppierung doch den Messdatenbereich der Vorzugsrichtung durchgehender Klüfte weitgehend wider, welche in der Interpretation einer Vorzugsrichtung mit 40-60° Neigung in südlicher bis südöstlicher Richtung einfallen. Die Schichtungsflächen zeigen einen homogenen Cluster, welcher mit etwa 10-20° in nördlicher Richtung einfällt.

(ppa. Dr. Alexander Monsees)