

Messbericht

zur Scannerbefahrung in der Bohrung WBL-02 GWM

Messdatum: 10.09.2025

An den Auftraggeber

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

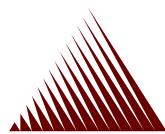


Inhalt

1. Vorwort.....	3
2. Einleitung und Methodik	3
2.1. Bohrungsdaten.....	3
2.2. Sondenparameter.....	3
2.3. Methodik.....	5
3. Ergebnisse.....	5
4. Zusammenfassung.....	9

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-02 GWM 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 10.09.2025 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

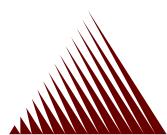
Der Messbezugspunkt für alle Tiefenangaben ist die Geländeoberkante. Die vertikale Bohrung WBL-02 GWM (Solltiefe: 40,00 m) wurde am 10.09.2025 von 4,42 m bis 37,00 m mit dem akustischen Bohrlochscanner ABF befahren. Aufgrund der Wassertrübe war eine Befahrung mit dem optischen Bohrlochscanner ETIBS® nicht möglich. Die Stahlverrohrung stand bis zu einer Tiefe von 4,44 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 2,70 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 aneinander gereihte Abbildung, weshalb die Sonde als Bohrlochscanner bezeichnet wird.

Durch eine rechnerische Entzerrung der Bilder mit Hilfe geometrischer Beziehungen entsteht am Monitor eine abgewickelte 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.

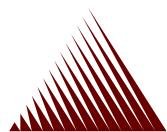
**Tab. 1:** Technische Spezifikation der ETIBS-Sonde

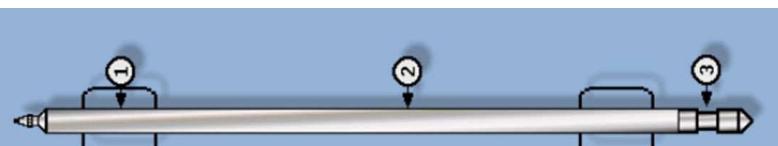
 <p>Komponenten der ETIBS-Sonde: 1) Bohrlochscanner, 2) Computer, 3) Kabelwinde, 4) Schubgestänge, 5) Toolpusher</p>	<p>Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkundung geologischer Bohrungen bis max. 300 m Teufe, • druckdicht bis 30 bar, • Bohrlochdurchmesser bis 200 mm. <p>Abmessungen</p> <p>Kameramodul l = 810 mm, Ø = 96 mm Fixiermodul l = 390 mm, Ø 100 - 147 mm Anschlussteil 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 Bohrlochachse 0,2 mm (abhängig von der Differenz zwischen Bohrloch- und Spiegeldurchmesser) Auflösung über Bohrlochumfang ca. 1200 Punkte</p> <p>Kompass</p> <p>Auflösung ± 0,5 °</p>
---	---

Das akustische Bohrlochfernsehen (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 Televiewer* © von *Century Geophysical Llc*.

Unterschiedliche elastische Eigenschaften des Gesteins, aber auch Klüfte, führen zu unterschiedlichen akustischen Reflexionen. Messprinzip ist hierbei das Impulsechoverfahren, bei dem ein in der Sonde angebrachter, rotierender piezoelektrischer Wandler einen Ultraschallimpuls aussendet und die Reflexionen von der Bohrlochwand wieder empfängt. Durch elektronische Bildbearbeitungstechniken wird für jede Tiefenstufe eine Art „Zeilenbild“ der Bohrlochwand erzeugt und als Abwicklung dargestellt. Durch Bewegen der Sonde im Bohrloch erhält man viele einzelne „Zeilenbilder“, die zu einem Gesamtbild der Bohrlochwand 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 Bohrlochwand zeilenweise von Nord nach Nord orientiert und der Bohrlochverlauf (Einfallen und Azimut) bestimmt werden kann. Die Bildauflösung in Richtung der Bohrlochachse ist von der Geschwindigkeit abhängig, mit der die Sonde im Bohrloch bewegt wird. Neben dem Ultraschallmitter 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, 	schwarz



	Spannungsrichtung, sowie Temperatur	
Schrägenschichtung	<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.

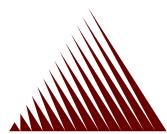
3. ERGEBNISSE

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 nordlicher Richtung einfallen. Die Klüfte zeigen keine derartig eindeutige Vorzugsrichtung.

Insgesamt sind 257 Trennflächen erfasst worden. Auf die gesamte Bohrung betrachtet sind *Klüfte*, z.T. erkennbar die häufigste Trennflächenkategorie ($n = 174$, ca. 67,7% aller Trennflächen). Diese Strukturen besitzen bei stark unterschiedlichem Neigungswinkel mit einem Mittelwert von 50° keine klare Vorzugsorientierung, es treten jedoch Häufungen dieser Trennflächen in Richtung NNE und untergeordnet in Richtung S bis SSW auf.

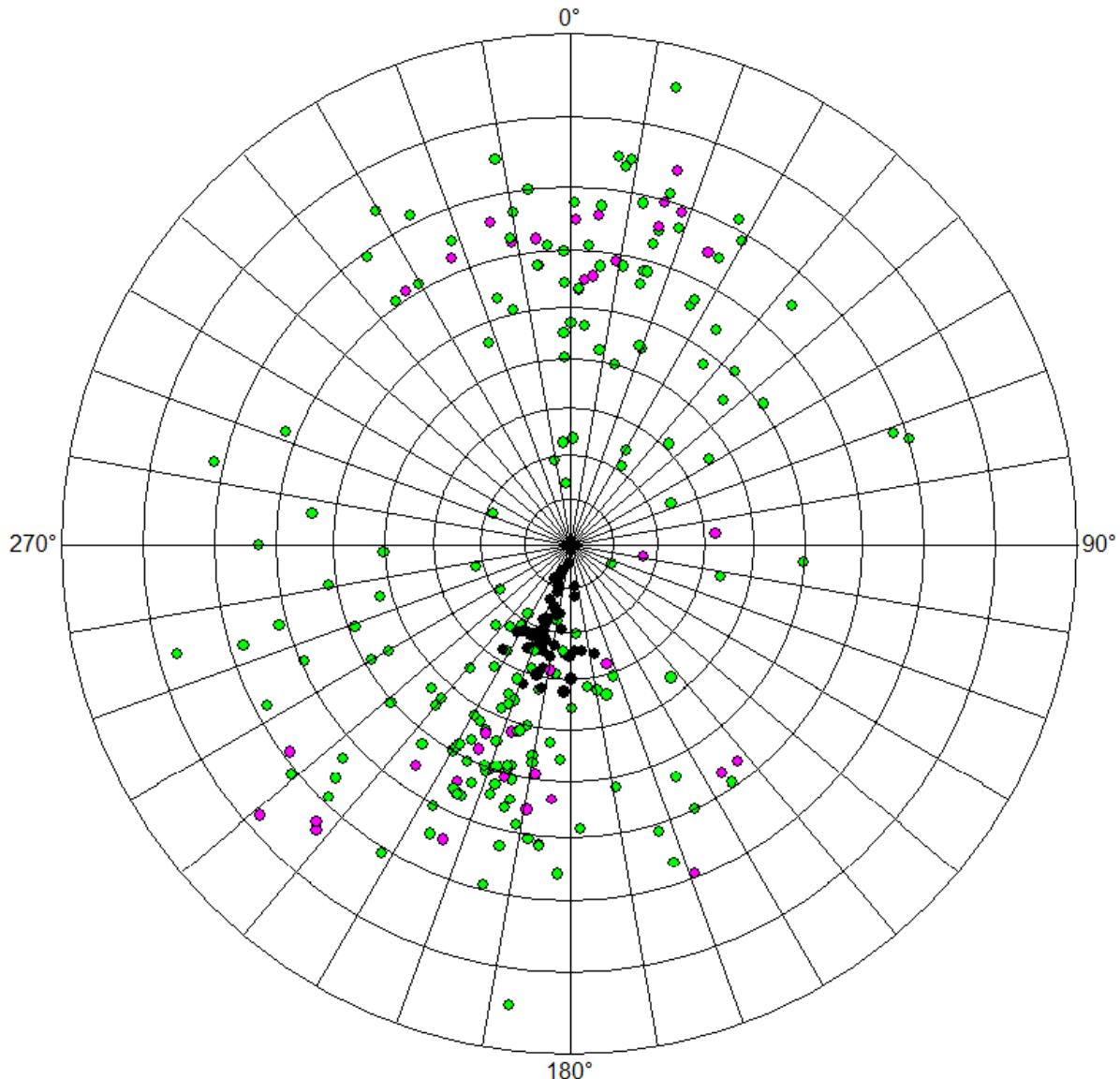
In geringerer Anzahl treten *Schichtungen/Schieferungen* ($n = 45$, ca. 17,5 % aller Trennflächen) auf. Das Einfallen der Schichtungen, bzw. Schieferungen ist bei einem Mittelwert von 20° überwiegend flach bis wenig steil. Die Strukturen zeigen eine deutliche Vorzugsorientierung Richtung NNE.



Mit zu den Schichtungen/Schieferungen vergleichbarer Häufigkeit treten *Klüfte* ($n = 38$, ca. 14,8 % aller Trennflächen) auf. Bei einem mittleren Einfallen von 56° weisen diese Strukturen analog zu den teilweise erkennbaren Klüften zwei wenig deutliche Vorzugsorientierungen auf, welche in Richtung NNE und SSW orientiert sind.

Tab. 4: Häufigkeiten und Vorzugsrichtungen der Trennflächen.

	Schichtung /Schieferung	Kluft, z. T. erkennbar	Kluft
Absoluter Anteil	45	174	38
Relativer Anteil	17,5 %	67,7 %	14,8 %
Azimuth Median	$13^\circ \pm 10^\circ$	$49^\circ \pm 104^\circ$	$25^\circ \pm 118^\circ$
Fallwinkel Median	$20^\circ \pm 7^\circ$	$50^\circ \pm 16^\circ$	$56^\circ \pm 14^\circ$



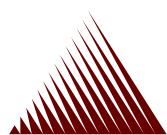
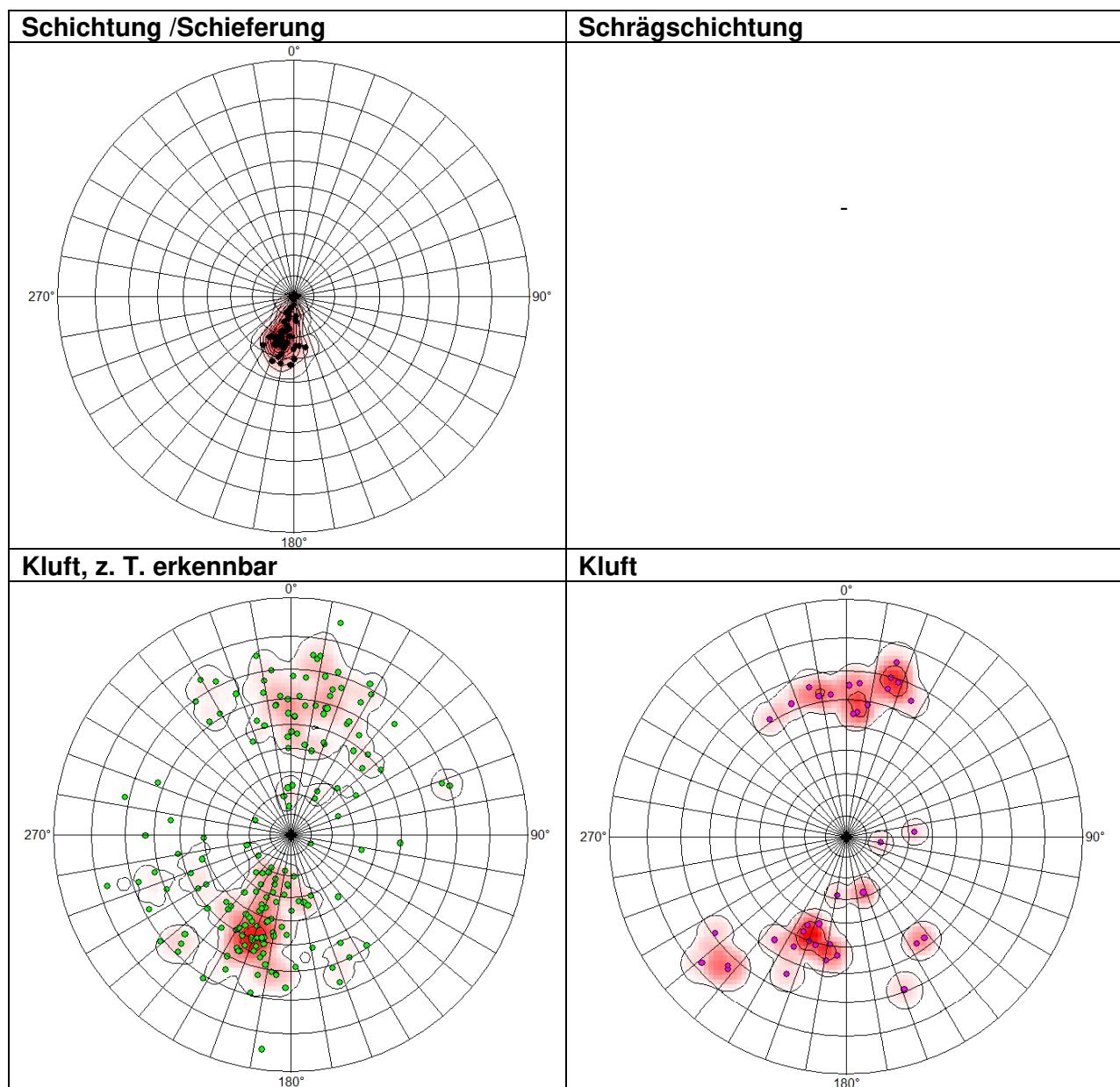
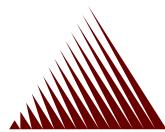


Abb. 1: Abbildung auf der vorherigen Seite. Polpunktdiagramm (Wulff-Plot, südliche/untere Halbkugel) aller Trennflächen der gesamten Bohrung. Der Kreisrand entspricht 90° Neigungswinkel, das Kreiszentrum 0° Neigung. Zur Umwandlung in Gefügeschreibweise sind die abgelesenen Azimute um 180° zu versetzen. 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°.



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



Kluftrosen 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-02 GWM (Solltiefe 40,00 m) wurde zwecks Trennflächenanalyse mit dem akustischen Bohrlochscanner befahren.

Die Trennflächenanalyse ergab eine Gesamtanzahl von 257 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 beiden Cluster durchgehender Klüfte wider, welche nach N-NE mit etwa 40-60° und nach SSE bis SSW mit etwa 75-50° einfallen. Die Schichtungsflächen zeigen einen homogenen Cluster, welcher mit etwa 20° in nördlicher Richtung einfällt.

(ppa. Dr. Alexander Monsees)