

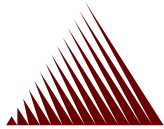
Messbericht

zur Scannerbefahrung in der Bohrung WBL-09

Messdatum: 12.11.2025

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-09 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 12.11.2025 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

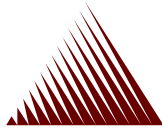
Der Messbezugspunkt für alle Tiefenangaben ist der Bohrlochmund. Die horizontale Bohrung WBL-09 (Solltiefe: 31,00 m) befindet sich im Bergwerk und wurde am 12.11.2025 von 0,00 m bis 31,2 m mit dem optischen Bohrlochscanner befahren. Der Bohrlochverlauf wurde mit Hilfe einer eigens entwickelten Verlaufssonde bestimmt, da die im optischen Bohrlochscanner ETIBS © verbauten Neigungssensoren keine belastbaren Werte in flachen Bohrungen liefern. Das Bohrloch hat am Bohrlochmund einen Azimut von 193° und steigt mit 1° aus der Horizontalen an. Diese Werte wurden verwendet, um das scheinbare Einfallen des Strukturlogs aus Anlage 1 in das wahre Einfallen in Anlage 2 zu konvertieren. Die Bohrung befand sich im Ortsteil Nammen der Stadt Porta Westfalica.

Der Bohrlochdurchmesser im befahrenen Abschnitt betrug 146 mm. Die Befahrung wurde in einem Abschnitt 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

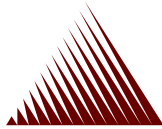
	<p>Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkundung geologischer Bohrungen bis max. 300 m Teufe, • druckdicht bis 30 bar, • Bohrllochdurchmesser bis 200 mm. <p>Abmessungen</p> <p>Kameramodul l = 810 mm, Ø = 96 mm Fixiermodul l = 390 mm, Ø 100 - 147 mm Anschlusssteil l = 125 mm, Ø = 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 Bohrllochachse 0,2 mm (abhängig von der Differenz zwischen Bohrlloch- und Spiegeldurchmesser) Auflösung über Bohrllochumfang ca. 1200 Punkte</p> <p>Kompass</p> <p>Auflösung ± 0,5 °</p>
--	--

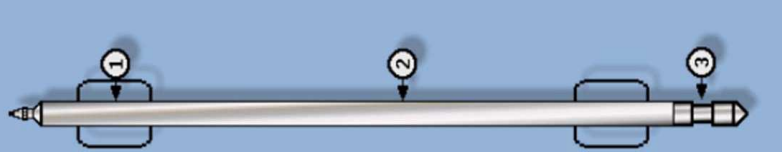
Komponenten der ETIBS-Sonde: 1) Bohrllochscanner, 2) Computer, 3) Kabelwinde, 4) Schubgestänge, 5) Toolpusher

Das akustische Bohrllochfernsehen (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 Bohrllochwand wieder empfängt. Durch elektronische Bildbearbeitungstechniken wird für jede Tiefenstufe eine Art „Zeilenbild“ der Bohrllochwandung erzeugt und als Abwicklung dargestellt. Durch Bewegen der Sonde im Bohrlloch erhält man viele einzelne „Zeilenbilder“, die zu einem Gesamtbild der Bohrllochwand 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 Bohrllochwand zeilenweise von Nord nach Nord orientiert und der Bohrllochverlauf (Einfallen und Azimut) bestimmt werden kann. Die Bildauflösung in Richtung der Bohrllochachse ist von der Geschwindigkeit abhängig, mit der die Sonde im Bohrlloch bewegt wird. Neben dem Ultraschallmitter sind außerdem ein natürlicher Gamma-ray Sensor sowie ein Deviometer verbaut.

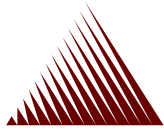
**Tab. 2:** Technische Spezifikation der ABF-Sonde

 <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.

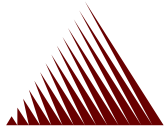
**Tab. 3:** Arten und Kriterien der verwendeten Trennflächen

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-Neuorientierung 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 durchgängigen Klüfte verlaufen überwiegend etwa schichtparallel und zeigen folglich eine ähnliche Vorzugsrichtung.

Insgesamt sind 84 Trennflächen erfasst worden.

Die bei weitem häufigste der erfassten Trennflächen wurden der Kategorie Schichtung/Schieferung zugeordnet ($n = 59$, ca. 70 % aller Trennflächen). Hierbei fallen diese Strukturen in einer weit gefassten Vorzugsgruppe mit etwa $15^\circ - 30^\circ$ in nördlicher bis nordöstlicher Richtung ein (Tab. 5). Vereinzelt *Klüfte* und *Klüfte*, z. T. *erkennbar* zeigen ebenfalls etwa schichtungsparallel auf.

Auf die gesamte Bohrung betrachtet sind *Klüfte*, z. T. *erkennbar* die zweithäufigste Trennflächenkategorie ($n = 14$, ca. 17 % aller Trennflächen). Allein durch die geringe Anzahl von Strukturen ist es schwierig, belastbare Aussagen über die Trennflächen dieser Kategorie zu treffen. Diese Strukturen streuen relativ breit in Neigung und Azimut, allerdings scheint sich eine Vorzugsrichtung mit südwestlichem Einfallen zwischen 60° und 80° hervor zu heben, siehe auch Tab. 5.

In geringer Anzahl treten *Klüfte* auf ($n = 11$, ca. 13 % aller Trennflächen) auf. Vergleichbar zu den nur zum Teil erkennbaren Klüften ist eine aussagefähige Trennflächenstatistik mit so geringer Probenanzahl kaum möglich. Am häufigsten sind sehr steil nach Süd-Südosten einfallende Strukturen, auch vereinzelt z. T. erkennbare Klüfte weisen diese Richtung auf (siehe Tab. 5).

Tab. 4: Häufigkeiten und Vorzugsrichtungen der Trennflächen.

	Schichtungen/ Schieferungen	Klüfte, z. T. erkennbar	Klüfte
Absoluter Anteil	59	14	11
Relativer Anteil	70,2 %	16,7 %	13,1 %
Azimuth Median	$26^\circ \pm 25^\circ$	$167^\circ \pm 78^\circ$	$141^\circ \pm 84^\circ$
Fallwinkel Median	$23^\circ \pm 4^\circ$	$57^\circ \pm 21^\circ$	$59^\circ \pm 14^\circ$

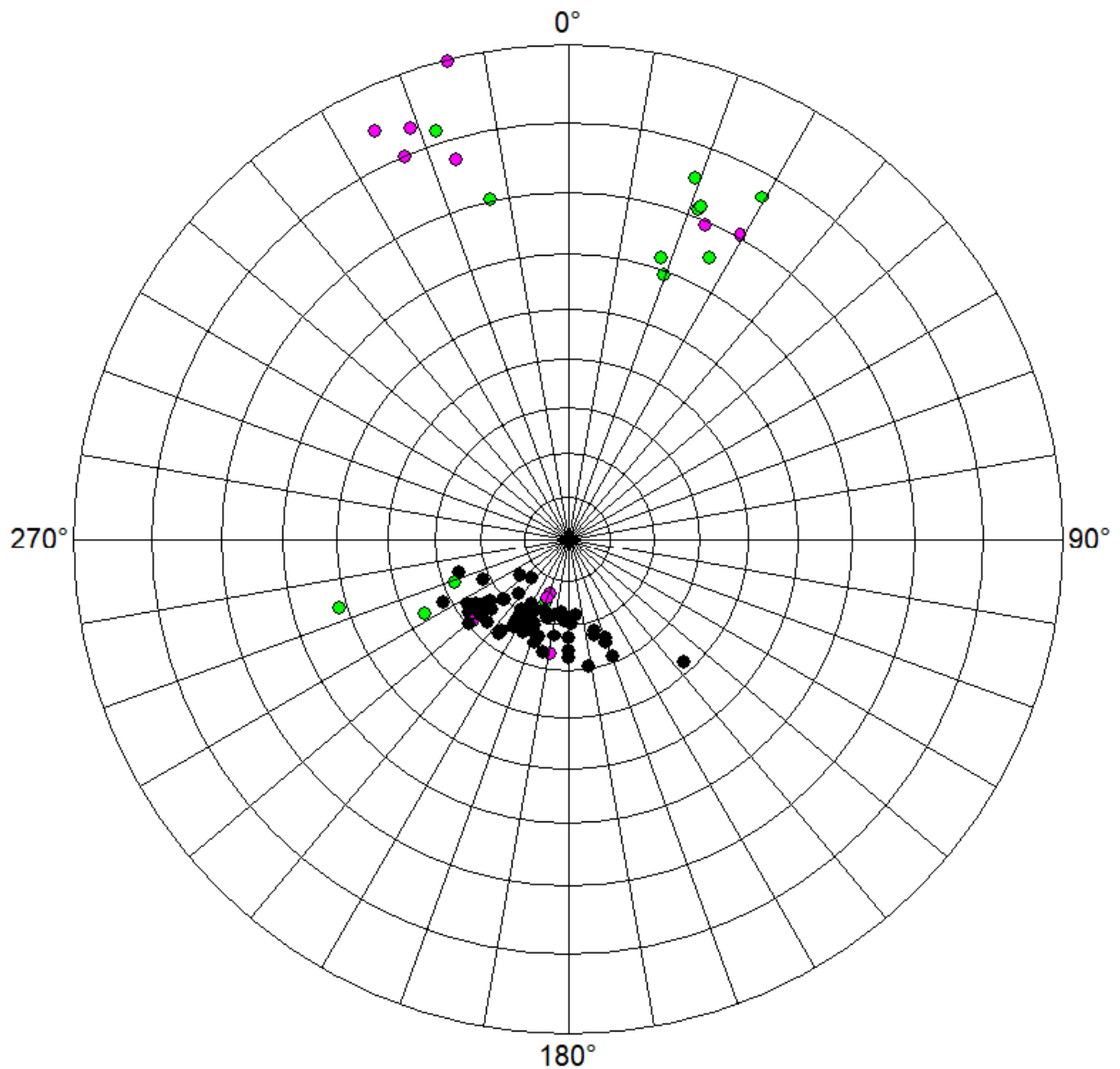
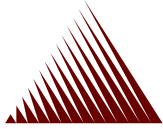
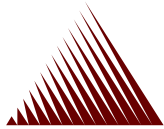
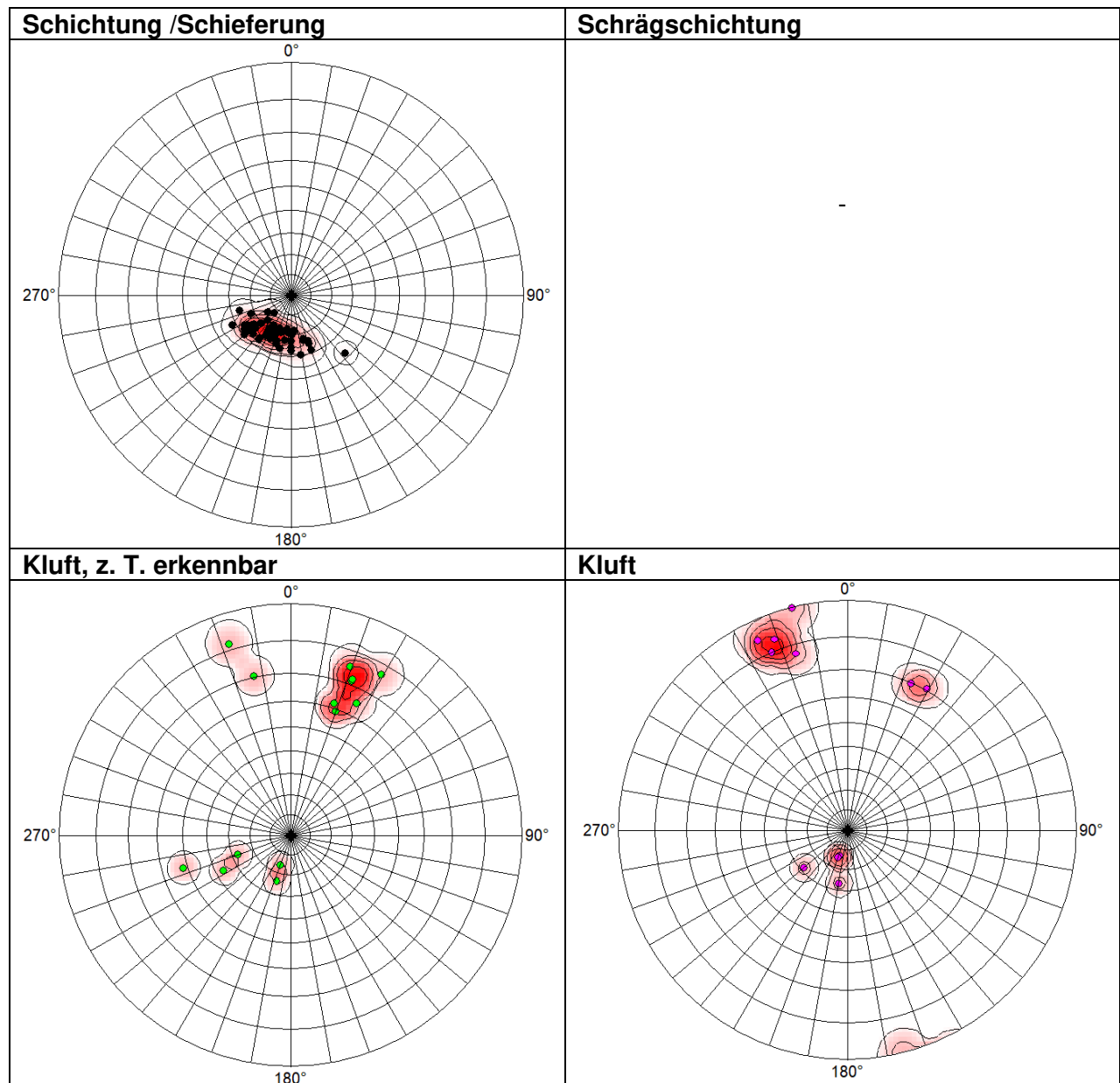


Abb. 1: Polpunktdiagramm (Wulff-Plot, südliche/untere Halbkugel) aller Trennflächen der gesamten Bohrung. Der Kreisrand entspricht 90° Neigungswinkel, das Kreiszentrum 0° Neigung. Zur Umwandlung in Gefügeschreibweise sind die abgelesenen Azimute um 180° zu versetzen. Radiale Linien und umlaufende Linien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



Aus Tabelle 5 lassen sich anhand der Konturlinien und Datenhäufung direkt die Datenqualität und Datenkontinuität ableiten.

Die Neigung der Vorzugsgruppierung der Schichtungen/ Schieferungen, welche relativ flach grob in nördliche Richtung einfallen, entspricht den bisher untersuchten Vorzugsrichtungen in anderen Bohrlöchern, die außerhalb des Bergwerks abgeteuft worden sind.. Insgesamt sind Azimut und Neigungswinkel der Vorzugsgruppe etwa im Wertebereich der bisherigen Bohrlochscans, wenn auch der Neigungswinkel etwas steiler als zuvor ausfällt.



Die größte Häufung der nur zum Teil erkennbaren Klüfte, nach Südwesten mit ca. 70° einfallend, entspricht der der bereits vorher untersuchten Bohrungen.

Die Häufung besonders steil (um 80°) einfallender Klüfte in süd-südöstlicher Richtung wurde bisher so nicht beobachtet. Da es sich bei der WBL-09 um eine Horizontalbohrung handelt, ist es jedoch erwartbar gewesen, besonders steile Strukturen zu erfassen, die in vertikalen Bohrungen nicht angetroffen werden konnten.

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 Horizontalbohrung WBL-09 (Solltiefe 31,0 m) wurde zwecks Trennflächenanalyse mit dem optischen Bohrlochscanner befahren.

Die Trennflächenanalyse ergab eine Gesamtanzahl von 84 Trennflächen. Schichtungen/Schieferungen sind hierbei die mit Abstand häufigste Trennflächenart, die mit etwa 15° bis 30° überwiegend nach Norden bis Nordosten einfällt. Aufgrund der geringen Anzahl der beiden Klüftkategorien (durchgehend & z. T. erkennbar) sind belastbare Aussagen zu Vorzugsrichtungen kaum möglich, allerdings zeigt sich drei Häufungen: a) Klüfte in südwestlicher Richtung mit 60-80° Neigungswinkel, b) sehr steile Klüfte über 80° Neigung in süd-südöstlicher Richtung und c) grob schichtungsparellele Klüfte.

(ppa. Dr. Alexander Monsees)