Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU

Geologische Untersuchungen von Baugrundhebungen im Bereich des Neubaugebiets „Im Kiesel“ in Rudersberg-Zumhof - Sachstandsbericht -

Aktenzeichen: 4764//13 6551
Datum: 30. September 2013

Bearbeiter: [redacted]
Durchwahl: [redacted]

Seitenzahl: 97
Anlagen: 18

Auftraggeber: Landratsamt Rems-Murr-Kreis

Bezug: Sitzung des Arbeitskreises „Hebungen in Rudersberg-Zumhof“ im Landratsamt Waiblingen vom 24.06.2013

Betreff: Geologische Untersuchungen von Baugrundhebungen im Bereich des Neubaugebiets „Im Kiesel“ in Rudersberg-Zumhof

Gemeinde: Rudersberg-Zumhof
Kreis: Rems-Murr-Kreis
TK 25: 7123

Mehrfertigungen an: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Referat 41

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkungen und Veranlassung 6
1.1 Antrag und Anzeigen zum Bau der Erdwärmesonden 8
1.2 Fachtechnische Beurteilung durch das RPF/LGRB gemäß Geothermie-Leitfaden Baden-Württemberg 8
1.3 Erlaubnis-Bescheid, Anzeige des Bohrbeginns 8
1.4 Erste Schadensmitteilungen 10
1.5 Einrichtung des Arbeitskreises 10
2. Arbeitshypothese 11
2.1 Entwicklung der Arbeitshypothese 11
2.2 Erkundungsprogramm 13
2.3 Geologische Grundlagen und Stand der Untersuchungen zum Phänomen des „Gipskeuperquellens“ 14
3 Geologischer, hydrogeologischer und ingenieurgeologischer Überblick im Raum Rudersberg-Zumhof 14
4 Geländehebungen 20
4.1 Messpunktnetz 20
4.2 Ergebnisse der geodätischen Messungen (Hebungsfigur) 22
5 Erkundungsmaßnahmen 28
5.1 Erkundungsbohrung EKB 1/12 28
5.1.1 Stammdaten, Ausbauhinweise 29
5.1.2 Geologische Schichtabfolge EKB 1/12 32
5.2 Grundwassermessstelle GWM 1/13 37
6 Grundwasserverhältnisse 37
6.1 Grundwasserstandsmessungen 37
6.2 Pumptests 41
6.3 Flowmeter-Messungen 45
6.4 Hydrochemische Ergebnisse 45
6.4.1 Gipskeuper-Grundwasserstockwerk 47
6.4.2 Unterkeuper-Grundwasserstockwerk 51
6.4.3 Oberer Muschelkalk-Grundwasserstockwerk, Tiefbrunnen Rudersberg 54
6.5 Mineral-Sättigungszustände 58
7 Untersuchungen im Bohrloch der EKB 1/12 59
7.1 Geophysikalische Bohrlochmessungen 60
7.1.1 Optischer Bohrlochscanner (ETIBS) 61
7.1.2 Akustischer Scanner (BHTV) 61
7.1.3 Kalibermessung 62
7.1.4 Messung von Neigung und Richtung 62
7.1.5 Natürliche Gammastrahlung 62
7.2 Ergebnisse der geophysikalische Bohrlochmessungen in EKB 1/12 62
8 Laborergebnisse an Bohrkernproben der EKB 1/12 und der Havarierten Bohrung ([redacted]) 66
8.1 Gliederung der Erkundungsbohrung EKB 1/12 in Homogenbereiche 71
9. Geologische und technische Angaben sowie Raumlagen (Inklination und Azimut) der Erdwärmesonden [redacted] bis [redacted] 76
9.1 Raumlagemessungen der Erdwärmesonden 77
9.2 Ruhetemperaturprofile in den Erdwärmesonden 80

9.2.1 Vorbemerkungen zu Temperaturmessungen in Erdwärmesonden.....80
9.2.2 Temperaturprofilmessungen in den Erdwärmesonden [redacted] bis [redacted].81
9.3 Bohrlochgeophysikalische Messungen in den Erdwärmesonden.....84
10 Prüfung und Einleitung schadensbegrenzender Maßnahmen.....87
10.1 Abdichtung der Havarierten Bohrung.....88
10.2 Abdichtung undichter Erdwärmesonden.....92
11. Zusammenfassung.....92
Literatur.....97

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 4.1: Darstellung der im Zeitraum 2007 bis Mai 2012 ermittelten absoluten Hebungsbeträge
Abb. 4.2: Übersicht über die installierten geodätischen Messpunkte in Rudersberg-Zumhof
Abb. 4.3: Hebungsfigur August – September 2012
Abb. 4.4: Hebungsfigur September – November 2012
Abb. 4.5: Hebungsfigur November 2012 – April 2013
Abb. 4.6: Hebungsfigur April – Juni 2013
Abb. 4.7: Absolutbeträge im Zeitraum 07. August 2012 - 11. Juni 2013 eingetretenen Hebungen
Abb. 4.8: Profildarstellung in N-S- und W-E-Richtung der nachgewiesenen Hebungen (mm) im Zeitraum 07. Aug. 2012 bis 11. Juni 2013 durch den Bereich der größten Hebungsgeschwindigkeit
Abb. 4.9: Hebungsfigur 07. August 2012 - 11. Juni 2013 mit Eintrag horizontaler Verschiebungsvektoren
Abb. 5.1: Lageplan der EKB 1/12 sowie der Erdwärmesonden im Baugebiet „Im Kiesel“
Abb. 5.2: Vereinfachte zusammenfassende Geologische Profilsäule der Erkundungsbohrung EKB 1/12 mit Angaben zum Ausbau
Abb. 6.1: Wasserstandsganglinien der Grundwasserstockwerke Gipskeuper (GWM 1/13 und Unterkeuper (EKB 1/12).
Abb. 6.2: Wasserstandsganglinie der GWM 1/13 in Relation zu Niederschlägen (Station Welzheim)
Abb. 6.3: Wasserstandsganglinie der EKB 1/12 in Relation zu Niederschlägen (Station Welzheim)
Abb. 6.4: GW-Standsänderungen nach Datenloggeraufzeichnung in EKB 1/12 und GWM 1/13 in Bezug zu den Bohraktivitäten
Abb. 6.5: Piper-Diagramm, Hydrochemische Typisierung von Gipskeuper-Grundwässern aus unterschiedlichen Tiefen in der EKB 1/12 und GWM 1/13
Abb. 6.6 : Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 20,23 - 27 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-HCO_3-Typ)
Abb. 6.7: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 27 - 42 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)

Abb. 6.8: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 37 - 45 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-SO_4-Typ)
Abb. 6.9: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 31 m Tiefe in der GWM 1/13 (Mg-Ca-HCO_3-Typ)
Abb. 6.10: Schoeller-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwässern aus unterschiedlichen Tiefen in der EKB 1/12 und GWM 1/13
Abb. 6.11: Piper-Diagramm: Hydrochemische Typisierung von Unterkeuper-Grundwasser in der EKB 1/12
Abb. 6.12: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser aus 73 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-SO_4-HCO_3-Typ)
Abb. 6.13: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser aus 75 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-SO_4-Typ)
Abb. 6.14: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser aus 78 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-SO_4-HCO_3-Typ)
Abb. 6.15: Schoeller-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser in der EKB 1/12
Abb. 6.16: Piper-Diagramm: Hydrochemische Typisierung von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg
Abb. 6.17: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (27.05.1991, Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)
Abb. 6.18: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (03.06.1991, Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)
Abb. 6.19: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (10.06.1991, Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)
Abb. 6.20: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (Ca-Mg-HCO_3-Typ)
Abb. 6.21 : Schoeller-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg
Abb. 7.1: Polpunkte der in den Bohrlochscans in EKB 1 ermittelten Trennflächen (Fa. Terratec)
Abb. 7.2: Gamma-Messungen in EKB 1/12 in Abhängigkeit zum jeweiligen Bohrfortschritt.
Abb. 9.1: Messsonde des RPF/LGRB für die Raumlagemessungen in den EWS-Schläuchen.
Abb. 9.2: Grundrissdarstellung der EWS-Raumlagemessungen
Abb. 9.3:. Synoptische Darstellung der Ruhetemperaturprofilmessungen
Abb. 9.4: Ruhetemperaturprofil EWS [redacted] S1, mit Erläuterung der erkennbaren Temperaturanomalien

Abb. 9.5: Gamma-logs der Fa. Terratec, Heitersheim, in den EWS [redacted] mit Korrelation zur geologischen Schichtenfolge erkundet in EKB 1/12
Abb. 10.1: Inklinationsmessung der Fa. Voutta, Herrenberg, im Druckluftgestänge der havarierten Bohrung
Abb. 10.2: Geophysikalische Bohrlochmessung der Fa. Voutta, Herrenberg, in der havarierten Bohrung nach Bergen des Imlochhammers und Bohrgestänges

Tabellenverzeichnis:

Tab. 3.1: Mächtigkeiten der einzelnen Schichtfolgen des Gipskeupers (Grabfeld-Formation).
Tab. 3.2: Schichten und Mächtigkeiten in der Umgebung von Rudersberg.
Tab. 5.1: Stammdaten der Erkundungsbohrung EKB 1/12.
Tab. 5.2: Bohrtechnische Besonderheiten beim Abteufen der EKB 1/12.
Tab. 5.3: Zusammenstellung der in der EKB 1/12 eingebauten Standrohr-/Sperrrohrtouren.
Tab. 5.4: Stammdaten der Grundwassermessstelle GWM 1/13 [redacted].
Tab. 6.1: Übersicht über durchgeführte Pumptests in EKB 1/12.
Tab. 6.2: Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen in der EKB 1/12.
Tab. 6.3: Übersicht über durchgeführte Flowmeter-Messungen in EKB 1/12.
Tab. 6.4: Übersicht der Grundwasserbeprobung in EKB 1/12.
Tab. 6.5: Übersicht der Grundwasserbeprobung in GWM 1/13.
Tab. 6.6: Mineral-Sättigungszustände von Grundwässern in Rudersberg-Zumhof.
Tab. 7.1: Übersicht über die eingesetzten geophyikalischen Untersuchungsmethoden in EKB 1 (nach Bericht Terratec).
Tab. 8.1: Übersicht über Art und Anzahl der durchgeführten Laboruntersuchungen.
Tab. 8.2: Gliederung der EKB 1/12 in Homogenbereiche.
Tab. 9.1: Zusammenstellung der EWS-Bohrbeschreibungen.
Tab. 9.2: Befahrbarkeit der EWS im Juli 2012 mit der LGRB-Messsonde zur Bestimmung der Temperatur und Raumlage.
Tab. 9.3: Übersicht über erfolgte Gamma-Profilmessungen der Fa. Terratec, Heitersheim, in den Erdwärmesonden.

Anlagenverzeichnis:

1. Lageplan i. M. 1 : 15 000
2. Ausschnitt aus der Geologischen Karte i. M: 1 : 25 000 mit Eintrag der Schnittspur des Geologischen Längsschnittes
3. Geologischer Längsschnitt mit Detailvergrößerung
   3.1 Geologischer Längsschnitt Leutenbach (W) und Ruderberg-Zumhof (E)

3.2 Geologischer Längsschnitt Hydrogeologischer Schnitt Rudersberg
4. Bauzeitenplan (4 Blätter)
5. Geologisches Schichtenverzeichnis EKB 1/12 (7 Blätter)
6. Bohrkernfotos EKB 1/12 (8 Blätter)
7. Ausbauzeichnung EKB 1/12 (wurde dem LGRB vom LRA noch nicht übermittelt)
8. Ausbauzeichnung GWM 1/13 (wurde dem LGRB vom LRA noch nicht übermittelt)
9. Ausbauzeichnung Havarierte Bohrung (wurde dem LGRB vom LRA noch nicht übermittelt)
10 Zusammenstellung der Laborergebnisse an Bohrproben (2 Tabellen)
   10.1 Probenspiegel EKB 1/12 Rudersberg-Zumhof
   10.2 Probenspiegel Havarierte Bohrung Rudersberg-Zumhof
11. Synoptische Darstellung der Laborergebnisse von EKB 1/12, der Havarierten Bohrung sowie ausgewählter geophysikalischer Bohrlochmessungen
12. Zusammenstellung hydrochemischer Laborergebnisse an Grundwasserproben (14 Blätter)
13. LGRB-Ruhetemperaturprofilmessungen in den Erdwärmesonden (20 Blätter)
14. Bohrlochgeophysikalische Messungen der Fa. Terratec in EKB 1/12
   14.1 Fa. Terratec: Report Zumhof EKB 1/12 (04.10.2012-21.01.2013)
   14.2 Fa. Terratec: EKB 1/12 Gamma-Log, Raumlage
   14.3 Fa. Terratec: EKB 1/12 Bohrlochscans, Strukturdaten
   14.4 Fa. Terratec: EKB 1/12 Temperatur, Leitfähigkeit, Flowmeter
   14.5 Fa. Terratec: EKB 1/12 Ausbaukontrolle
15: Bohrlochgeophysikalische Messungen der Fa. Terratec in GWM 1/13
16. Bohrlochgeophysikalische Messungen in der Havarierten Bohrung
   16.1 Fa. Terratec: Gamma- und Akustik-Log in Havarierter Bohrung
   16.2 Fa. Voutta: Kaliber-Log nach Bergung des Bohrgestänges der Havarierten Bohrung
17. Bohrlochgeophysikalische Messungen in den Erdwärmesonden
   17.1 Fa. Terratec: Messungen in EWS1, EWS2 und EWS3 in Rudersberg/Zumhof 01. Juni 2012
   17.2 Fa. Terratec: Messungen [redacted] S1; [redacted], S1,S2 [redacted], S3-S6, [redacted], S1 in Rudersberg/Zumhof 04. September 2012
18. Chronologie LRA Rems-Murr-Kreis zur Sanierung der Havarierten Bohrung (11 Blätter)

1. Vorbemerkungen und Veranlassung

Baden-Württemberg setzt im Hinblick auf den Klimaschutz und zur Schonung fossiler Energieträger auf die verstärkte Nutzung regenerativer Energien. Einen wichtigen Beitrag hierzu liefert die oberflächennahe Geothermie. Im Ortsteil Rudersberg-Zumhof, Neubau-

gebiet „Im Kiesel“ (Anlage 1) , werden deshalb neu entstandene Einfamilienhäuser mit Erdwärmetechnologie beheizt. Hierzu wurden ab September 2007 bis 2009 Bohrungen für insgesamt sieben Erdwärmesonden-Anlagen (insgesamt 20 Erdwärmesondenbohrungen mit Tiefen zwischen 38 m und 70 m) im Imlochbohrhammerverfahren mit Luftspülung ausgeführt.

Drei der Erdwärmesondenanlagen wurden im Jahre 2007, eine im Jahre 2008 und weitere drei im Jahre 2009 gebohrt. Alle Erdwärmesondenbohrungen im Neubaugebiet „Im Kiesel“ wurden von derselben Firma hergestellt. Eine Differenzierung nach dem Jahr der Bohrarbeiten ist insofern von Belang, als dass seitens des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) eine Auflagenempfehlung an die Unteren Wasserbehörden erging (Rundmail an die Umweltämter der Stadt- und Landkreise, LGRB-Az.: 94-4763//09-942 En/Pop vom 03.02.2009), wonach spätestens nach Erreichen von Gips die Bohrarbeiten für Erdwärmesonden einzustellen sind (sogenannte „Gipsspiegelbegrenzung“). Demnach unterliegen die im Jahre 2009 gebohrten Erdwärmesondenbohrungen bereits der Gipsspiegelbegrenzung.

Im Gefolge der weiteren Ereignisse (s.u.) wurde bekannt, dass sich in einer Erdwärmesondenbohrung bei Ausbau des Bohrgestänges der Imlochbohrhammer (Ø 120/160 mm Außendurchmesser) vermutlich durch Verengung des Bohrloches (verursacht entweder durch Nachfall und/oder auf Grund von Quellerscheinungen) nicht mehr aus dem Bohrloch bergen ließ. Nach vergeblichen Zugversuchen der Bohrfirma verblieb das Druckluftbohrgestänge (Ø 89 mm Außendurchmesser) mit Bohrhammer im Untergrund. Die Bohrfirma hat das Bohrloch unabgedichtet hinterlassen, eine Schadensmeldung an die Genehmigungsbehörde erfolgte nicht.

Wie die weiteren Untersuchungen zeigen, ist mindestens eine der insgesamt 20 Erdwärmesondenbohrungen dahingehend auffällig, dass die zwischenzeitlich in allen EWS gemessenen Ruhetemperaturprofile in einer EWS einen vertikalen Temperaturverlauf aufweisen. Dieser untypische Temperaturverlauf muss als Hinweis auf eine misslungene Ringraumabdichtung angesehen werden.

Die Havarierte Bohrung sowie mindestens eine der 20 EWS stehen heute im Verdacht, im Untergrund Prozesse auszulösen, die zu den im Ortsteil Rudersberg-Zumhof zunehmenden Geländeverformungen sowie den Verformungen und Schäden an Gebäuden und Infrastruktur führen.

1.1 Antrag und Anzeigen zum Bau der Erdwärmesonden

Für den Bau und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen sind wasserrechtliche Genehmigungen einzuholen. Die Anträge auf Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis wurden beim zuständigen Landratsamt Rems-Murr-Kreis gestellt. Für die zugehörigen Bohrungen bestehen auch außerhalb des Wasserrechts Anzeigepflichten. Da alle beantragten Bohrungen weniger als 100 m in den Untergrund eindringen sollten, bestand gegenüber dem Regierungspräsidium Freiburg, Landesbergdirektion, keine Anzeigepflicht nach § 127 BBergG.

Allerdings besteht nach § 4 Lagerstättengesetz gegenüber dem Geologischen Dienst am RPF/LGRB Anzeigepflicht und die Pflicht zur Überlassung der Bohrergebnisse für die Zwecke der Landesaufnahme. Von den angezeigten Erdwärmesondenbohrungen im Baugebiet „Im Kiesel“ wurden die Dokumentationen der fünf Bohrungen [redacted], der beiden Bohrungen [redacted] und der beiden Bohrungen [redacted] dem LGRB nicht übermittelt.

1.2 Fachtechnische Beurteilung durch das RPF/LGRB gemäß Geothermie-Leitfaden Baden-Württemberg

Aufgrund der Tatsache, dass die Bohrungen weniger als 100 m tief beantragt wurden, war gemäß "Geothermie-Leitfaden des Landes Baden-Württemberg (UM 2005)“ keine weitere fachtechnische Prüfung im Kontext des wasserrechtlichen Verfahrens durch das LGRB vorgesehen und wurde durch das LRA auch nicht gesondert angefordert.

Die Bohrlokationen in Rudersberg-Zumhof liegen nach Leitfaden in der Zone B3, wonach die „Untergrundverhältnisse für den Bau und Betrieb von Erdwärmesonden hydrogeologisch nur bis zu begrenzten Tiefen unter 100 m günstig“ sind und „Einzelprüfung erforderlich ist“.

1.3 Erlaubnis-Bescheid, Anzeige des Bohrbeginns

Das LRA Rems-Murr-Kreis hat im Zeitraum zwischen 2007 bis 2009 wasserrechtliche Erlaubnisse für den Bau und Betrieb der Erdwärmesonden-Anlagen im Baugebiet „Im Kiesel“

im vereinfachten Verfahren nach § 108, Abs. 4 des Wassergesetzes für Baden-Württemberg erteilt.

Die Erlaubnisse beinhalten die grundsätzlichen Auflagen, dass die Erdwärmesondenanlage entsprechend der eingereichten Anzeige unter Beachtung der nachfolgenden Nebenbestimmungen, der allgemein anerkannten Regeln der Technik, insbesondere der VDI 4640, sowie des "Leitfadens zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt und Verkehr vom Mai 2005, 4. überarbeitete Auflage, auszuführen, zu betreiben und zu unterhalten ist. Weiter ist die Auflage enthalten, dass eine nach DVGW zertifizierte Bohrfirma zu beauftragen ist. Was die Überwachung durch einen Geologen betrifft, wurde gleich lautend die Aufnahme der geologischen Schichtenfolge der ersten Bohrung vor dem Einbau der ersten Sonde durch einen Sachverständigen, die ständige Überwachung des Einbaus und der Verpressung der Wärmesonde/n durch einen Sachverständigen zur Auflage gemacht. Bei Problemen seien auch die weiteren Bohrungen zu überwachen.

Ferner beinhalten sie Hinweise auf den als verbindlich erklärten Leitfaden, dass vor Inbetriebnahme, spätestens jedoch drei Monate nach Fertigstellung die Dokumentation der Ringraumverfüllung vorzulegen ist sowie sulfatbeständiger Zement bei betonangreifenden Wässern (DIN 4030) zu verwenden ist.

Im Falle der 2009 beantragten Erdwärmesondenanlagen [redacted] und [redacted] wurde bereits die Auflage ausgesprochen, dass die Bohrung durch einen mit der regionalen Geologie vertrauten Geologen überwacht und beim Antreffen des Gipsspiegels die Bohrung eingestellt werden muss. Diese Auflage trägt der sogenannten Gipsspiegelbegrenzung (s.o.) Rechnung, da die Bohrungen vermutlich in Gips-/Anhydritbereiche reichen.

Alle Erdwärmesondenbohrungen wurden von der gleichen Bohrfirma ausgeführt. Da die Bohrfirma entgegen den Vorgaben des Geothermie-Leitfadens Baden-Württemberg nicht nach DVGW W120 zertifiziert war, wurde seitens des LRA vorgegeben, die Erdwärmesondenbohrungen durch einen sachverständigen Geologen überwachen zu lassen.

Besonderheiten oder Probleme beim Bohren, beim Ausbau und beim Abdichten der Erdwärmesondenbohrungen wurden nicht gemeldet.

1.4 Erste Schadensmitteilungen

Nach der vom LRA am 27.04.2012 aufgestellten Tischvorlage (LRA REMS-MURR-KREIS 2012) gab es im Jahre 2010 einen ersten Hinweis auf Bauschäden, die östlich des Neubaugebiets „Im Kiesel“ aufgetreten sind und die man zunächst noch nicht mit der Errichtung der Erdwärmesondenanlagen in Verbindung brachte. Im März 2012 gab es im Gemeinderat Rudersberg eine kleine Anfrage, ob der Gemeindeverwaltung Schäden im Baugebiet bekannt seien. Im Gefolge dieser Anfrage hat die Gemeinde Rudersberg ein privates Vermessungsbüro damit beauftragt, Kanaldeckelhöhen, die zuletzt bei den Erschließungsarbeiten 2007 vermessen wurden, erneut zu messen. Dabei ergaben sich Hebungsbeträge bis 40 cm. Die Qualität der dieser Vermessung zu Grunde liegenden Messpunkte war zu diesem Zeitpunkt noch als sehr heterogen einzustufen, zumal auch im Zuge erfolgter Neuasphaltierungen an der Burgstraße teils signifikante Höhenveränderungen nicht auszuschließen waren. Diese Unschärfe wurde durch das vom LGRB angeregte Messpunktenetz (s.u.) alsbald beseitigt.

Am 24.04.2012 erhielt die Gemeindeverwaltung Rudersberg einen anonymen Hinweis, dass bei einer der im Jahre 2008 niedergebrachten Erdwärmesondenbohrungen [redacted] das Bohrgestänge abgerissen und nahezu vollständig im Bohrloch verblieben sei.

1.5 Einrichtung des Arbeitskreises

Zur Koordinierung aller Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen hat das Landratsamt Rems-Murr-Kreis am 12. Juni 2012 den Arbeitskreis „Hebungen in Rudersberg-Zumhof“ einberufen, an dem neben Vertretern des Fachbereichs Vermessung und Geoinformation sowie des Umweltamts des LRA, des Umweltministeriums Baden-Württemberg, des Regierungspräsidiums Stuttgart auch das Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RPF/LGRB), angehören.

Die Aufgaben dieses Arbeitskreises bestehen darin, ein Erkundungsprogramm zu erarbeiten und dessen Durchführung fachlich zu begleiten, auf der Basis der Erkundungsergebnisse Sanierungsvarianten zu bewerten, konkrete Maßnahmen zur Schadensbegrenzung zu beschließen und diese über das LRA zu veranlassen. Der Arbeitskreis berichtet der betroffenen Bevölkerung sowie der Presse in regelmäßigen Abständen vom jeweiligen Sachstand der Erkundung.

Die bislang gewonnenen Erkenntnisse werden im vorliegenden Sachstandsbericht durch das LGRB zusammengefasst. Die hierfür verwendeten Unterlagen wurden dem umfangreichen Email-Verkehr (bis 17.09.2013 insgesamt 318 Emails mit und ohne Anlagen) des LRA Rems-Murr-Kreis gerichtet an das LGRB entnommen.

2. Arbeitshypothese

2.1 Entwicklung der Arbeitshypothese

Zur Planung der im vorliegenden Bericht vorgestellten Untersuchungen hat das RPF/LGRB auf Grundlage aller bis dahin verfügbaren Einzelhinweise die nachstehende Arbeitshypothese aufgestellt:

a) Die Gebäudeschäden werden durch Quellvorgänge im Untergrund verursacht. Spätestens ab April 2012 war auf Grund der feinnivellitischen Messungen eindeutig belegt, dass ein Teilbereich in der Ortslage Rudersberg-Zumhof einer anhaltenden Hebungsbewegung unterworfen ist.

Bemerkung: Zunächst anders lautende Vermutungen von Seiten Dritter einer Schadensursache z.B. in Folge großräumiger, teils rotationsförmig im Schadensgebiet aufwölbender Rutschbewegungen im Hanggelände konnten aufgrund eingehender Geländebegehungen rasch als unplausibel ausgeschlossen werden.

b) Die beobachteten Hebungen sind auf Quellvorgänge im Gipskeuper (sogenanntes "Gipskeuperquellen") zurückzuführen (s. u.). Für die Hebungen verantwortlich sind eingelagerte quellfähige sulfatführende Abschnitte (Anhydrit) und ggf. begleitende quellfähige Tonminerale.

Bemerkung: Im Fall von Rudersberg-Zumhof wie auch in dem bereits zuvor vom LGRB untersuchten Erdwärmesonden-Schadensfall Staufen sind abweichend zu allen bislang bekannten, untersuchten und teils modellierten Fällen (z. B. WITTKE et al. 2007) Hebungsprozesse zu untersuchen und zu bewerten, die völlig unabhängig von Straßeneinschnitten oder von Tunnelbaumaßnahmen auftreten.

c) Die räumliche Nähe sowie die zeitliche Abhängigkeit der eingetretenen Verformungen legen einen Zusammenhang mit den im Neubaugebiet „Im Kiesel“ niedergebrachten Erd-

wärmesonden-Bohrungen sowie einer als havariert zu bezeichnenden Erdwärmesondenbohrung nahe.

Bemerkung: Im fraglichen Zeitraum wurden vom RPF/LGRB, Ref. 98 Landeserdbebendienst, keine Erdbeben aufgezeichnet, die eine natürlich bedingte, plötzliche Wasserwegsamkeit hätten verursachen können. Das hinsichtlich der Magnitude am stärksten gemessene Erdbeben im Umkreis von 30 km fand im Zeitraum zwischen 2000 bis 2013 am 11.11.2010 in Wüstenrot (Entfernung 22 km) mit einer Magnitude von 3,0 in einer Tiefe von 19 km statt. Erdbeben dieser Stärke sind auf Grund ihrer geringen Intensität und der gemessenen Tiefe nicht geeignet, Veränderungen der Wasserwegsamkeiten hervorzurufen. Mikrobeben, also solche, deren Magnituden vom Landeserdbebendienst nicht aufgezeichnet werden, bzw. neotektonische Bewegungen, wie sie teilweise an bestimmten Verwerfungen in Baden-Württemberg bekannt und messtechnisch nachgewiesen sind, kommen aufgrund ihrer geringen und schon seit geologischen Zeiträumen ablaufenden Bewegungsbeträge ebenfalls nicht als kausal für eine eingetretene Wasserwegsamkeit in Frage.

d) Die Quellungsvorgänge im Gipskeuper werden aktiviert, wenn Wasser in vormals "trockene" quellfähige Abschnitte des Gipskeupers eindringt. Wichtig ist daher zu klären, auf welche Weise das Wasser zutritt und wie es zu einer flächenhaften Ausbreitung im Bereich der bekannten Hebungsfigur kommt.

Bemerkung: Zunächst vorgetragene Vermutungen eines ursächlichen Zusammenhanges mit einer weiter im südlichen Unterhang in Richtung Brunnenbach gelegenen Regenrückhalteanlage (bestehend aus drei kleinen Teilbecken) als möglicher Wasserzulieferant für den in der Tiefe anstehenden quellfähigen Gebirgsabschnitt konnten ausgeschlossen werden. Das oberflächennah anstehende Gipskeupergestein ist in seinem natürlichen Verwitterungsprofil zuoberst zu bindigem Boden aufgewittert und von daher nur sehr gering durchlässig. Darüber hinaus sind die Böden in den Rückhaltebecken soweit kolmatiert, dass der talwärts gerichtete Oberflächenwasser- wie auch ein möglicher Zwischenwasserabfluß in jedem Fall die bevorzugte Wasserwegsamkeit darstellen wird. Ein Vordringen von Oberflächenwasser bis in große Tiefe als Ursache für das dann einsetzende „Gipkskeuperquellen“ ist daher nicht möglich.

e) Einen wichtigen Baustein bei der Formulierung der Arbeitshypothese stellen die im Juli 2012 erstmals vom LGRB in den Erdwärmesonden gemessenen Temperaturprofile dar (Abb. 9.3 und Anl. 13).

Den Temperaturprofilen der EWS [redacted] und [redacted] gemeinsam ist eine ausgeprägte positive Temperaturanomalie generell in einer Tiefe zwischen 50 m und 65 m, die deutlich von dem zu erwartenden geothermischen Gradienten abweicht und auf eine exotherme Reaktion in diesem Abschnitt hindeutet. Es wird angenommen, dass die Temperaturanomalie durch freigesetzte Wärme bei der Hydratation von Anhydrit in Gips hervorgerufen wird. Wahrscheinlich führt der Zutritt von Oberflächen- oder Grundwasser über nicht oder unzureichend abgedichtete Bohrlochringräume in quellfähige Abschnitte des Gipskeupers zu den beobachteten Quellvorgängen.

2.2 Erkundungsprogramm

Nachdem die den Behörden vorgelegte unzureichende geologische Dokumentation keine Hinweise auf quellfähiges Gebirge zeigte, wurde zur Überprüfung der Arbeitshypothese im Arbeitskreis entschieden, den Untergrund im Bereich des Neubaugebiets „Im Kiesel“, dem zentralen Bereich der Hebung, geologisch-hydrogeologisch eingehend zu erkunden. Mit einer zunächst auf ca. 90 m Bohrtiefe projektierten Kernbohrung sollten der genaue geologische Schichtenaufbau, die petrographische Ausbildung der einzelnen Schichtglieder, die tektonischen Verhältnisse, der hydrogeologische Stockwerksbau einschließlich der angetroffenen Druckpotenziale sowie die Beschaffenheit der Grundwässer als belastbare Daten- und Bewertungsgrundlage für schadensbegrenzende Maßnahmen erhoben werden.

Im quellenden Untergrund ist das Abteufen einer Kernbohrung nur unter ständiger geologischer Betreuung und unter Einhaltung strengster bohrtechnischer Sicherheitsvorkehrungen möglich und zulässig. Die erwartete hydrogeologische Stockwerkstrennung musste im Zuge der Bohrarbeiten durch eine entsprechende Teleskopierung der Bohrung mit Einbau von Sperrverrohrungen dauerhaft erhalten werden. Die Erkundungsbohrung war so zu konzipieren, dass in ihr gegebenenfalls ein Abwehrbetrieb gefahren werden kann, um einen Druckspiegel bei stark gespanntem Grundwasser im Unterkeuper mindestens bis unter den in Quellung befindlichen quellfähigen Profilabschnitt im Gipskeuper abzusenken.

2.3 Geologische Grundlagen und Stand der Untersuchungen zum Phänomen des „Gipskeuperquellens“

Unter dem Eindruck teils spektakulärer Gebirgsverformungen, wie sie insbesondere im Einflussbereich von Untertage-Bauwerken in den sulfatführenden Gesteinen des Gipskeupers zu verzeichnen waren und dort sowohl zu Bauverzögerungen als auch zu erheblichen Kostensteigerungen und Folgekosten geführt haben, wurde in Baden- Württemberg bereits seit den 1970er Jahren dem Thema "Gipskeuperquellen" in zahlreichen Untersuchungen intensive Beachtung gewidmet.

In einem interdisziplinären Forschungsprojekt "Sohlhebungen beim Tunnelbau im Gipskeuper" wurden die Ursachen und Mechanismen untersucht und in einem 1975 erschienenen Bericht, herausgegeben vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg, veröffentlicht (HENKE et al. 1975). Auch in der Schweiz hat man sich mit dem Thema "Tonminerale und Sulfate als Ursache für druckhaftes Verhalten von Gesteinen – Ursachen und Wirkungen des Quellvorganges" in einem Forschungsvorhaben des Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation / Bundesamt für Straßen befasst (HAUBER et al. 2005). In den Arbeiten von ANAGNOSTOU (1992), HAUBER et al. (2005), WITTKE et. al. (2007) sowie RAUH (2009) sind die Ursachen und Mechanismen zum Quellungsverhalten von Anhydrit und Tongesteinen im Tunnelbau unter Einbezug zahlreicher Einzelarbeiten, insbesondere für Großbauvorhaben (z. B. Freudenstein-Tunnel, Engelberg-Basistunnel, Stuttgart 21) zusammengestellt, so dass auf diese Ergebnisse im Hinblick auf den bisherigen allgemeinen Kenntnisstand zum Themenkomplex Quellhebungen verwiesen werden kann.

3 Geologischer, hydrogeologischer und ingenieurgeologischer Überblick im Raum Rudersberg-Zumhof

Geologie und Morphologie

Morphologisch befindet sich das Untersuchungsgebiet „Im Kiesel“ im Ortsteil Rudersberg-Zumhof (Anl. 1) auf einem plateauartigen, etwa 500 m breiten Geländesporn, der sich etwa 30 bis 40 Höhenmeter über dem Tal der Wieslauf erhebt. Die Hänge fallen flach nach Westen zur Wieslauf und etwas steiler nach Süden zu dem dort fließenden Brunnenbach hin ab.

Der generelle Aufbau des geologischen Untergrunds ist auf Grundlage der Geologischen Karte GK 25, Bl. 7123 Schorndorf (Ausschnitt Anl.2) im Geologischen Längsschnitt (Anl. 3) dargestellt. Demnach baut sich der Untergrund Rudersbergs und Umgebung im Wesentlichen aus Schichten des Keupers auf, die von unterschiedlich mächtigen quartären Deckschichten überlagert werden. Im tiefen Untergrund folgen die Gesteine des Muschelkalks.

In der Talaue der Wieslauf (Kernstadt Rudersberg) besteht der Untergrund aus jungen, teils setzungsempfindlichen **Talablagerungen** unterschiedlicher Beschaffenheit. Lehmige Kiese und Sande werden von Auenlehm überlagert. Zwischengeschaltet sind auch organische Ablagerungen. Im Untersuchungsbereich Rudersberg-Zumhof bestehen demgegenüber die quartären Ablagerungen ausschließlich aus geringmächtigen **Fließerden** und lokalen **Auffüllungen**.

Die Hänge auf beiden Seiten des Wieslauftals bauen sich aus Gesteinen des **Gipskeupers** (Grabfeld-Formation) auf, die aus einer Folge von Gips-, Anhydrit-, Tonstein-, Mergelstein- und Dolomitsteinschichten bestehen, deren Mächtigkeiten und Gliederung aus Tab. 3.1 hervorgeht.

Tab. 3.1: Mächtigkeiten der einzelnen Schichtfolgen des Gipskeupers (Grabfeld-Formation).

Schichtenbezeichnung	**Mächtigkeit**
Obere Bunte Estherienschichten (OBE)	8 - 10 m
Graue Estherienschichten (GES)	15 - 20 m
Untere Bunte Estherienschichten (UBE)	10 - 15 m
Engelhofen-Horizont (Acrodus-Corbula-Horizont, EH)	1 m
Mittlerer Gipshorizont (MGH)	30 m
Weinsberg-Horizont (Bleiglanzbank, WEH)	0,3 m
Dunkelrote Mergel (DRM)	13 - 20 m
Bochingen Horizont (BH)	2 - 5 m
Grundgipsschichten (GI)	10 - 15 m

Über dem Gipskeuper (Grabfeld-Formation) folgt der **Schilfsandstein** (Stuttgart-Formation). Es handelt sich dabei um eine Folge von feinsandigen Tonsteinen (Normalfazies) bis mittelkörnigen Sandsteinen (Flutfazies). Die Schilfsandstein-Ablagerungen sind

bereichsweise in die Schichten des Gipskeupers eingetieft. Ihre Mächtigkeit variiert zwischen 1 m und 30 m.

Über dem Schilfsandstein (Stuttgart-Formation) folgt hangaufwärts die **Bunte Mergel-Formation** (Steigerwald-, Hassberge- und Mainhardt-Formation). Diese Schichtenfolge besteht aus zum Teil dolomitischen Tonsteinen mit Gipsknollen und -linsen, karbonatischen Lagen und aus Schichten von oft kieselig gebundenem Sandstein (Kieselsandstein, Hassberge-Formation) von insgesamt etwa 40 m Mächtigkeit.

Über der Bunte Mergel-Formation folgt die **Stubensandstein-Formation** (Löwenstein-Formation), eine Folge von meist mittel- bis grobkörnigen, zum Teil feldspatreichen Sandsteinen mit Tonsteinlagen. In der näheren Umgebung von Rudersberg bildet diese Schichtfolge die oberen Hangabschnitte beiderseits des Wieslauftals.

Die darüber folgende **Knollenmergel-Formation** (Trossingen-Formation) schließt den Mittelkeuper ab und besteht aus einer Folge von 15 - 22 m mächtigen, braunroten Tonsteinen mit Kalkknollen. Diese Schichtenfolge ist in der Umgebung von Rudersberg nur noch in den höheren Hangabschnitten östlich von Rudersberg vorhanden.

Die Ton- und Sandsteine der **Oberkeuper-, Rhät-Formation** (Exter-Formation) zwischen der Trossingen-Formation und dem Schwarzen Jura erreichen nur wenige Meter Mächtigkeit und sind, wie auch in der Umgebung von Rudersberg, nicht flächig vorhanden bzw. bereits vollständig abgetragen.

Die Schichten des überlagernden **Unterjura** sind in der Umgebung von Rudersberg weitgehend abgetragen. Nur östlich des Wieslauftals bilden sie die stark zergliederten Hochflächen. Die Restmächtigkeit dieser Schichtenfolge beträgt bis ca. 20 m und besteht aus der Psilonotenton- und der Angulatensandstein-Formation. Es handelt sich hierbei um eine Abfolge von Tonsteinen mit Sandstein- und Kalksteinbänken.

Nicht zutage anstehend sind in der unmittelbaren Umgebung von Rudersberg die unter dem Gipskeuper (Grabfeld-Formation) folgenden Schichten. Es handelt sich dabei um den **Unterkeuper** (Erfurt-Formation), welcher zum Teil knapp unter den Talablagerungen der Wieslauf folgt. Der Unterkeuper (Erfurt-Formation) besteht aus einer Folge von Dolomit-, Ton-, Mergel- und Sandsteinen.

Unter dem Unterkeuper folgt der **Obere Muschelkalk**. Es handelt sich dabei um eine Folge von Kalksteinen mit feinen bis mächtigeren Ton- und Mergelsteinlagen. Im oberen Abschnitt des Oberen Muschelkalks befindet sich der Trigonodusdolomit (Rottweil-Formation), der häufig stark verwittert und verkarstet ist. Im unteren Abschnitt ist eine Folge von Tonmergelsteinschichten (Haßmersheim-Schichten) eingeschaltet.
Unter dem Oberen Muschelkalk folgt der **Mittlere Muschelkalk**, der aus einer Folge von Dolomit-, Ton- und Mergelsteinen (Obere und Untere Dolomit-Formation), sowie Anhydrit- und ggf. Steinsalzschichten (Salinar-Formation) besteht.

Die beschriebenen Schichten weisen in der Umgebung von Rudersberg ungefähr folgende Mächtigkeiten auf (Tab. 3.2):

Tab. 3.2: Schichten und Mächtigkeiten in der Umgebung von Rudersberg.

Schichtenbezeichnung	**Mächtigkeit**
Talablagerungen des Wieslauftals	bis ca. 13 m
Hangschutt, Fließerde	1 - 5 m
Unterjura	ca. 20 m (Restmächtigkeit)
Oberkeuper, Rhät (Exter-Formation)	-
Knollenmergel-Formation (Trossingen-Formation)	15 - 22 m
Stubensandstein-Formation (Löwenstein-Formation)	90 - 100 m
Bunte Mergel-Formation (Steigerwald-, Hassberge- und Mainhardt-Formation)	60 - 65 m
Schilfsandstein-Formation (Stuttgart-Formation)	1 - 30 m
Gipskeuper-Formation (Grabfeld-Formation)	75 - 100 m
Unterkeuper (Erfurt-Formation)	19 m
Oberer Muschelkalk	78 m
Mittlerer Muschelkalk	66 m

Das Untersuchungsgebiet liegt im Südwestdeutschen Schichtstufenland, welches bruchtektonisch entlang von rezent inaktiven Störungen zerlegt ist. Im Ausschnitt der Geologischen Karte GK 25 (Anl. 2) sind die flächenhaften Verbreitungen der beschriebenen geologischen Einheiten zusammen mit den bekannten und vermuteten Störungen dargestellt. In einer W-E orientierten Schnittlinie verdeutlicht ein überhöhter geologischer Längsschnitt (Anl. 3.1 und 3.2) den geologischen Aufbau im Untersuchungebiet. Dabei wurden die Er-

gebnisse der im Zuge der Untersuchungen abgeteuften Erkundungsbohrung EKB 1/12 mit verwandt. Zusammen mit den Bohrbefunden aus dem nicht weit entfernten Tiefbrunnen der Gemeinde Rudersberg ergibt sich der Hinweis auf das Vorhandensein einer weiteren, bislang in der Geologischen Karte nicht verzeichneten Störung, die eine tektonisch verursachte grabenartige, ggf. aber auch nur flexurartige Einsenkung im Bereich Rudersberg-Zumhof nahe legt.

Im Schichtstufenland ist grundsätzlich von einem geringen Schichtfallen (wenige Grad) nach Südosten auszugehen. Im Untersuchungsgebiet ergibt sich davon abweichend eine um wenige Grad nach West bis Südwest geneigte Schichtlagerung (vgl. bohrlochgeophysikalische Untersuchungen, Kap. 7).

Grundwasserverhältnisse

Neben den Talablagerungen des Wieslauftals sind auch die Festgesteine der Umgebung Rudersbergs zum großen Teil grundwasserführend.

Die **Stubensandstein-Formation** (Löwenstein-Formation) ist aufgrund der bereichsweise ausgeprägten Klüftung und der schichtigen Gliederung als schichtig gegliederter Kluftgrundwasserleiter zu bezeichnen.

In der darunter folgenden Gesteinsfolge der **Untere Bunte Mergel** (Steigerwald-Formation)**, Kieselsandstein** (Hassberge-Formation)**, Obere Bunte Mergel-** und **Mainhardt-Formation**, früher insgesamt als **Bunte Mergel-Formation** bezeichnet, wirkt hauptsächlich der Kieselsandstein als Kluftgrundwasserleiter. Die über- und unterlagernden Schichtpakete wirken meist grundwasserstauend.

Die Schichtenfolge des **Gipskeupers** (Grabfeld-Formation) führt leicht wasserlösliche Sulfatgesteinsschichten und ist daher als Kluft- und Karstgrundwasserleiter ausgebildet. Die mächtigen Grundgipsschichten sind bei Rudersberg in der Talaue des Wieslauftals zum großen Teil bereits weitgehend oder vollständig weggelöst ("ausgelaugt"). Die Schichtenfolge ist daher aufgrund der Hohlraumbildung nicht selten verstürzt. Stärker schüttende Quellen sind im Bereich der Grabfeld-Formation, vor allem an der Basis, nicht selten. Der Grenzdolomit, die oberste Schicht des unterlagernden **Unterkeupers** (Erfurt-Formation), stellt meist den Quellhorizont dar. Die gering durchlässigen Grünen Mergel des Unterkeupers (Erfurt-Formation) bilden die Basis des grundwasserleitenden unteren Abschnitts des

Gipskeupers (Grabfeld-Formation). Die Druckhöhe des Grundwassers im Gipskeuper (Grabfeld-Formation) ist in der Regel deutlich höher als diejenige im tieferen Grundwasserstockwerk des Oberen Muschelkalks.

Der **Unterkeuper** (Erfurt-Formation) stellt mit seinen Mergel-, Dolomit- und Sandsteinbänken einen Kluftgrundwasserleiter meist geringer Ergiebigkeit dar. In der Regel bildet der Unterkeuper eine hydraulisch wirksame Trennschicht zwischen den Grundwasserleitern Grabfeld-Formation und Oberer Muschelkalk.

Der **Obere Muschelkalk** bildet einen Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Vor allem der obere Abschnitt, die Rottweil-Formation (Trigonodusdolomit), hat aufgrund der starken Verkarstung eine sehr hohe Durchlässigkeit. Die Hohlraumbildung im Muschelkalk führt bereichsweise auch zum Nachbruch der überlagernden Schichten des Unterkeupers und des Gipskeupers (Dolinen). Die Verbruchzonen füllen sich mit der Zeit wieder durch eingeschwemmte Massen unterschiedlicher Korngröße und Zusammensetzung, so dass meist auch wieder eine natürliche Abdichtung erfolgt.

Der **Mittlere Muschelkalk** bildet in seinem oberen Abschnitt (Diemel-Formation, Obere Dolomite) einen Kluft- und Karstgrundwasserleiter, der mit dem Grundwasser im Oberen Muschelkalk zusammenhängen kann. Die darunter folgende Salinar-Formation (Heilbronn-Formation) wirkt grundwasserstauend und bildet die Basis des Grundwasserleiters.

Baugrundverhältnisse

Die Baugrundeigenschaften im Untersuchungsbereich Rudersberg-Zumhof werden oberflächennah von tonigen und tonig-schluffigen Verwitterungsbildungen des Keupers sowie deren Umlagerungsprodukten (Fließerden) bestimmt. Tonige, bzw. tonig-schluffige, skelettfreie Böden im Untersuchungsgebiet neigen je nach Witterung zu erheblichen Volumenänderungen durch Schrumpfen bei Austrocknung oder durch Quellen bei Wiederbefeuchtung. Diese meist ungleichen Bodenverformungen können bei flach gegründeten Bauteilen zu Bauwerksschäden führen und je nach vorhandener Hangneigung auch Kriechvorgänge in den bindigen Deckschichten begünstigen. Letzteres ist instruktiv in Hanglage an talseitigen Banketten vorhandener asphaltierter Wege oder Randsteinen beobachtbar.

In tonig-schluffigen Verwitterungsbildungen treten bei Abnahme des Wassergehalts Kapillarspannungen auf, die Volumenverminderungen (d.h. eine Schrumpfung) des Bodens zur Folge haben. Die feinen Wasserfilme, welche die Bodenteilchen zunächst umhüllen, schwinden bei Austrocknung, die Bodenteilchen werden dadurch aneinander gepresst, der Boden wird im Zuge der weiteren Austrocknung fest und schließlich hart. Die Schrumpfgrenze eines schluffigen Tons liegt bei einem Wassergehalt von etwa 7%, unterhalb der Schrumpfgrenze erfährt der Boden keine weitere Volumenverminderung mehr. Bei Wiederbefeuchtung ist dieser Prozess reversibel; um die Bodenteilchen bilden sich wiederum Wasserfilme, die Bodenteilchen rücken wieder auseinander, der Boden erfährt eine Volumenzunahme und quillt. Gebäudeschäden durch Schrumpfen können besonders an nur flach auf Einzel- oder Streifenfundamenten gegründeten Gebäuden oder Bauteilen auftreten und sind besonders dort zu erwarten, wo sich mehrere Einflussfaktoren summieren. Als derartige Einflussfaktoren gelten z.B. Niederschlagsarmut, Sonneneinstrahlung, Wärmeeintrag und/oder die Absenkung der Grundwasseroberfläche. In den tonig-schluffigen Böden des Schichtstufenlandes können oberflächennah Schrumpfbeträge bis 20-30 Vol. % auftreten.

Untergeordnet können auch die in größerer Tiefe stattfindenden Prozesse einer natürlichen Gipsauslaugung (Gipskarst) die Baugrundeigenschaften beeinflussen und lokale Setzungen hervorrufen.

4 Geländehebungen

4.1 Messpunktnetz

Nach den von der Gemeinde veranlassten geodätischen Nachmessungen ergeben sich in Rudersberg, Ortsteil Zumhof, im Baugebiet "Im Kiesel" für den Zeitraum 2007 bis 2012 Hebungen um bis zu etwa 40 cm (Werte und Dimension wurden eingehend überprüft). Die anhand der nur sehr heterogenen Datenbasis (z.T. Kanaldeckel-Höhen, Straßenpunkte etc.) vom LGRB ausgewertete erste Hebungsfigur ist in Abb. 4.1 dargestellt. Hinweise über vermeintlich „alte“ Hebungen, die bereits bis in das Jahr 1991 zurückreichen sollen und in einer Übersichtsgrafik der EnBW für den Zeitraum 1991-2005 dargestellt wurden, haben sich als nicht gegeben herausgestellt.

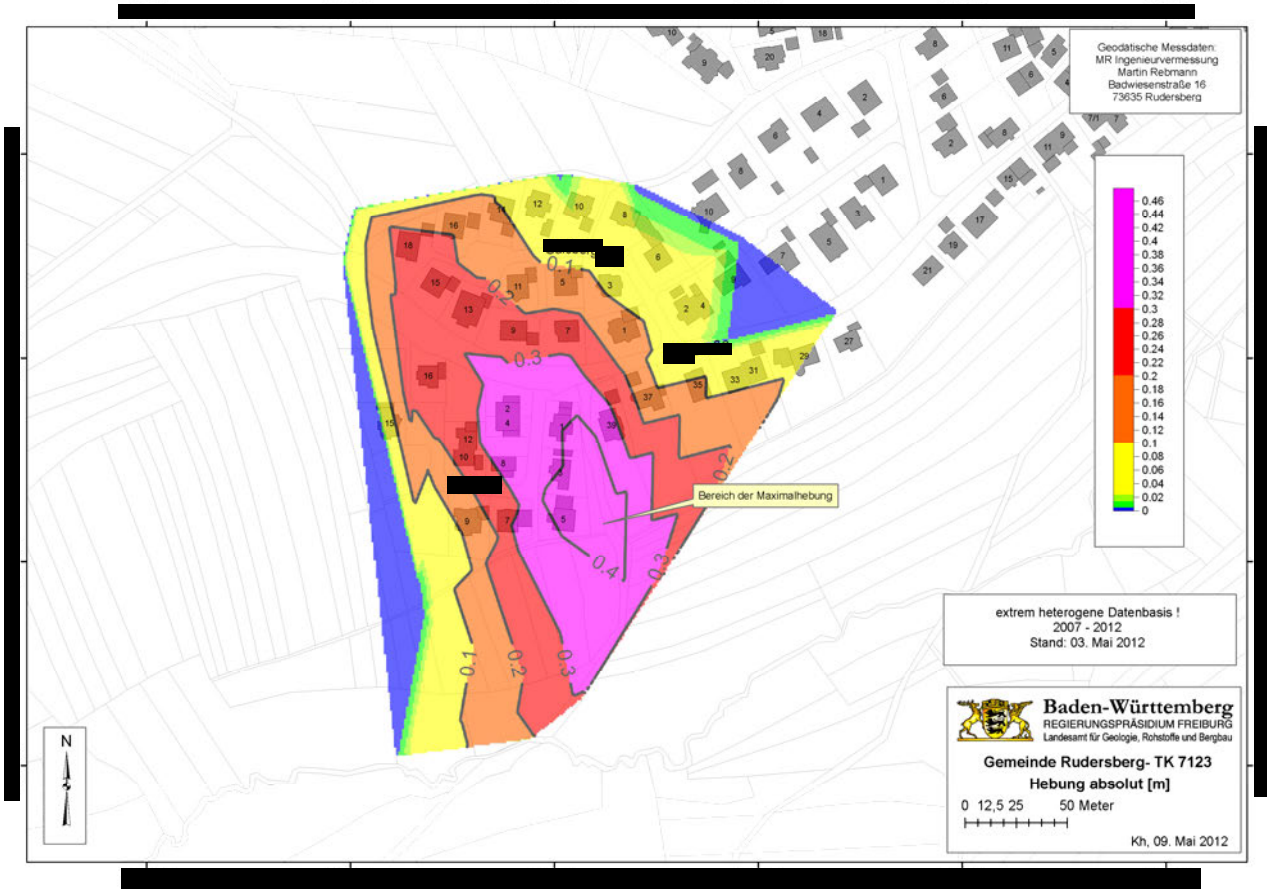


Abb.4.1: Darstellung der im Zeitraum 2007 bis Mai 2012 ermittelten absoluten Hebungsbeträge

Inzwischen wurde in Abstimmung mit dem Landratsamt Rems-Murr-Kreis im Untersuchungsbereich Rudersberg-Zumhof ab April 2012 ein eigenes, in den späteren Monaten sukzessive erweitertes Messpunktnetz aufgebaut. An zunächst 75 Messpunkten, mit dem 10. April 2013 nunmehr an 80 Messpunkten, werden die Geländehebungen in ihrer zeitlichen Entwicklung millimetergenau in üblicherweise zweimonatigem Turnus bestimmt. Bei den Messpunkten handelt es sich um Gebäude-Messbolzen sowie um bis zu 2 m tief (d.h. tiefer als saisonale Volumenschwankungen in Folge von Frosteinwirkung sowie Austrocknung und Wiederbefeuchtung) unter Gelände gegründete Messpunkte auf freiem Feld bzw. in Feldwegen. In Abb. 4.2 ist die Lage der geodätischen Messpunkte (Stand Juli 2013) im Untersuchungsgebiet dargestellt. Vom LRA mit übermittelt werden auch Höhendaten von knapp 50 weiteren Messpunkten (Überwachung der Gasleitungen im Auftrag der EnBW (17-19 MP), technische Umsetzpunkte), die jedoch auf Grund der Messpunktkonstruktion nicht die zur Auswertung in der Hebungsfigur erforderlichen Genauigkeiten aufweisen können.

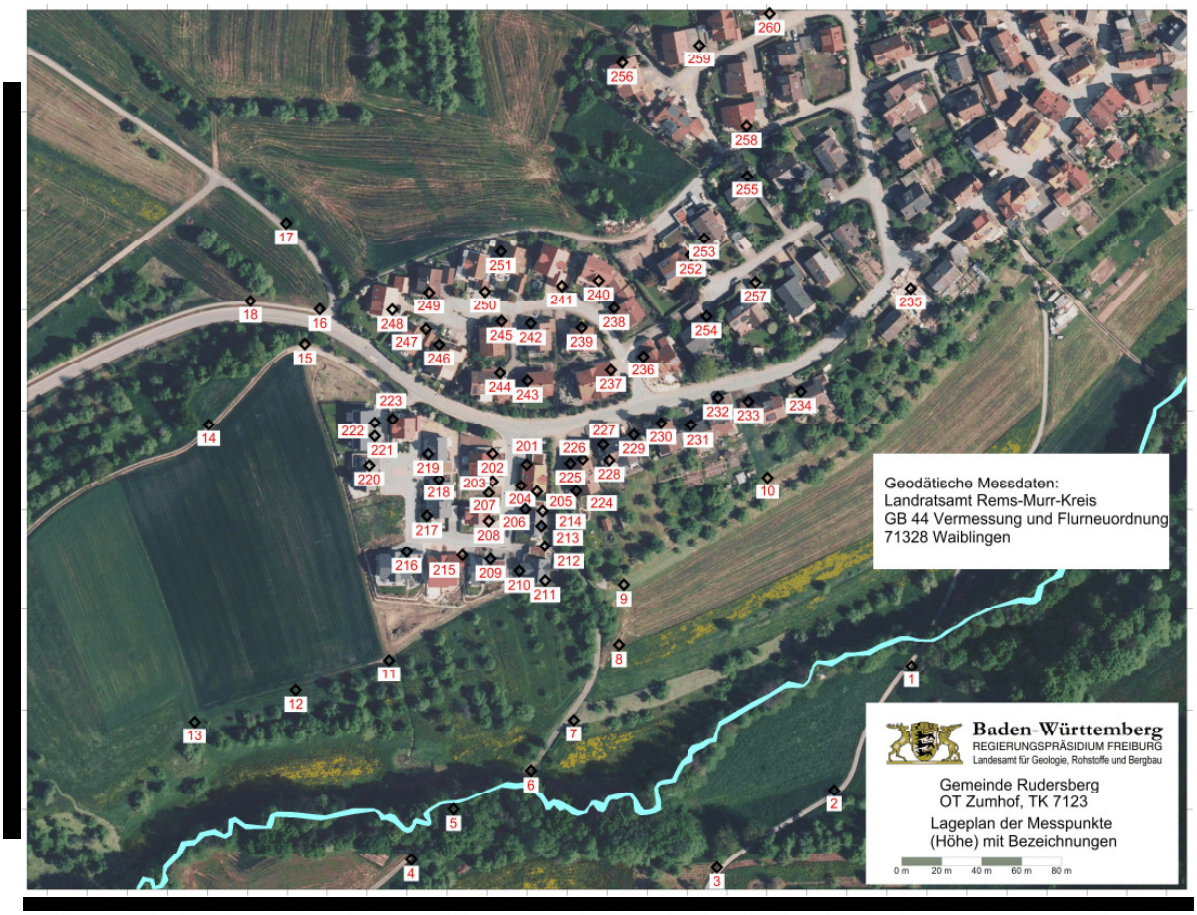


Abb. 4.2: Übersicht über die installierten geodätischen Messpunkte in Rudersberg-Zumhof

4.2 Ergebnisse der geodätischen Messungen (Hebungsfigur)

Anhand der seit August 2012 regelmäßig durchgeführten geodätischen Höhenmessungen hat das RPF/LGRB die Hebungsgeschwindigkeit flächenhaft mit einem Geographischen Informationssystem ausgewertet und die zeitliche Entwicklung in Hebungsfiguren dargestellt (vgl. nachfolgende Abbildungen Abb. 4.3 - 4.6).

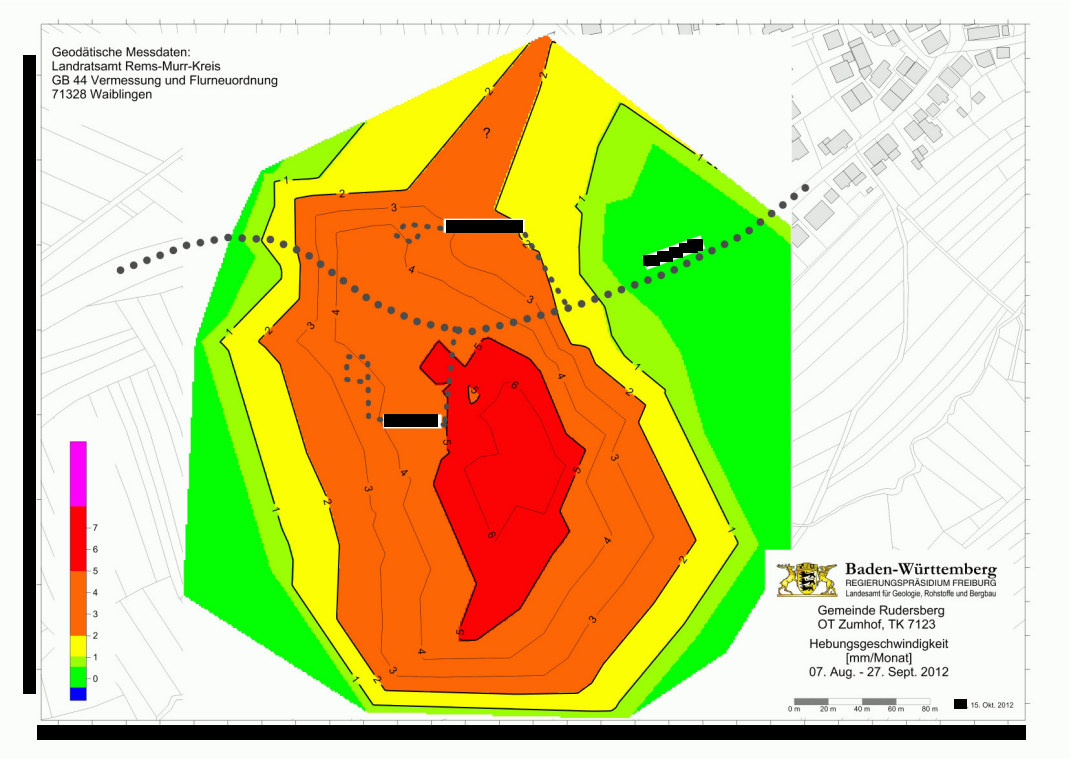


Abb. 4.3: Hebungsfigur August – September 2012

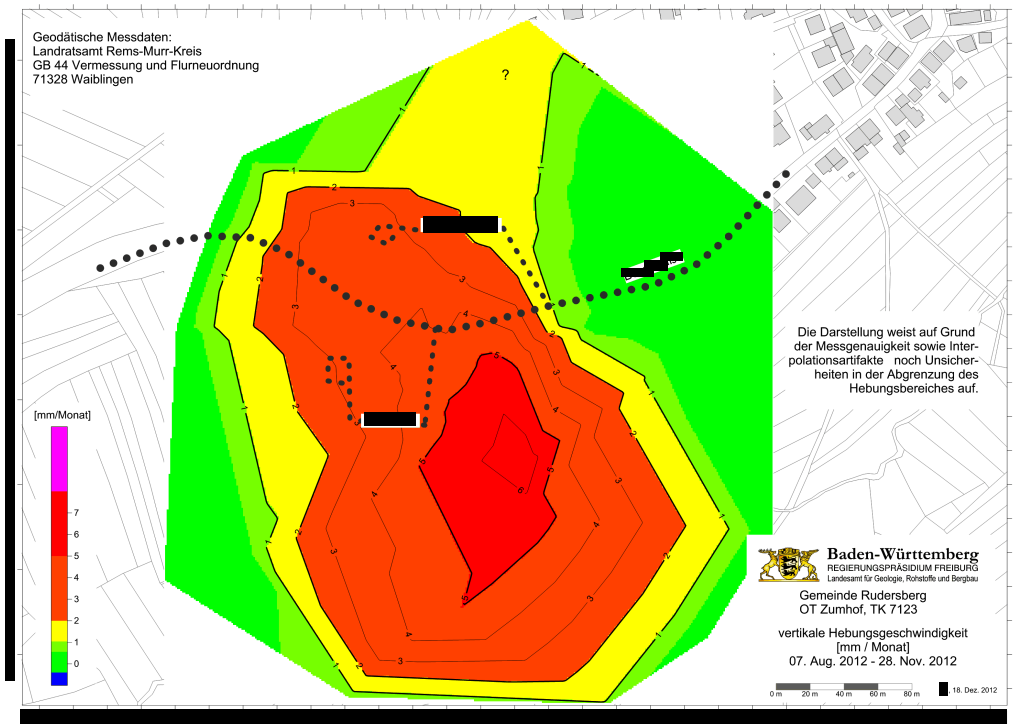


Abb. 4.4: Hebungsfigur September – November 2012

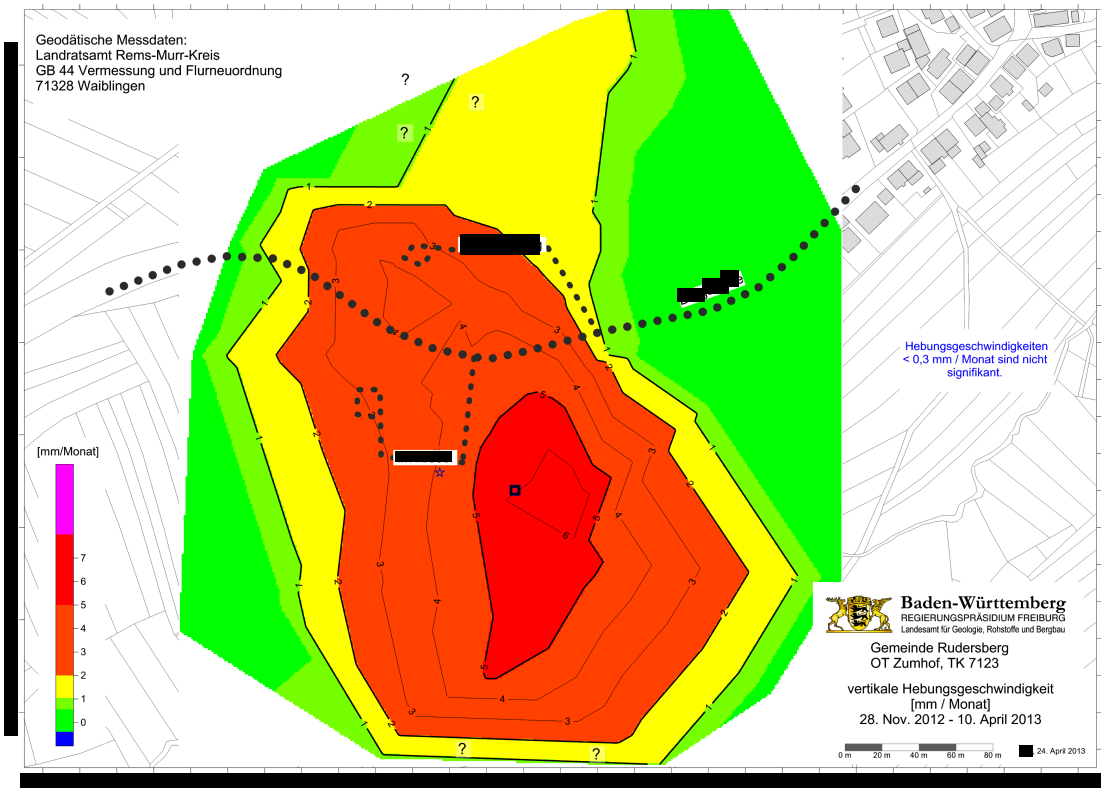


Abb. 4.5: Hebungsfigur November 2012 – April 2013

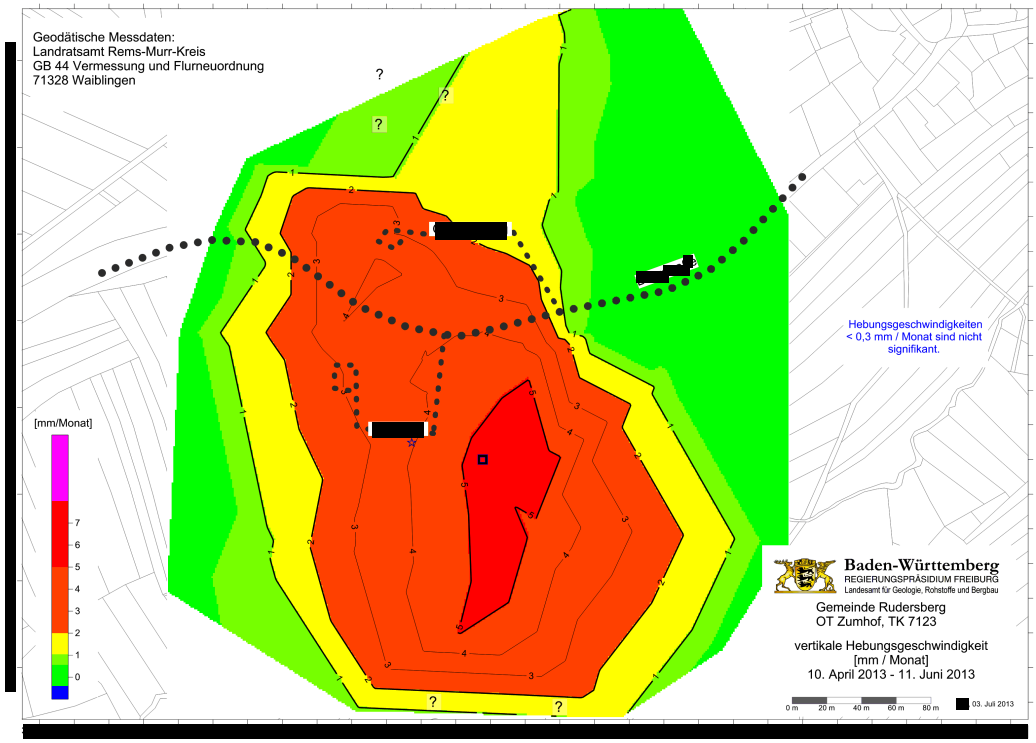


Abb. 4.6: Hebungsfigur April – Juni 2013

Wie die Abb. 4.3 bis Abb. 4.6 zeigen, scheint die Hebungsfigur weitgehend ortsfest zu sein und zeigt hinsichtlich ihrer Lage seit Aufnahme der Messungen nur geringfügige, eher von auswertebedingten Rundungseffekten beeinflusste Veränderungen. Bei den Hebungsfiguren fällt jeweils eine schnabelförmige Ausweitung in nördliche Richtung auf. Dort ist die Begrenzung der Hebungen bislang mangels Messpunkten nicht hinreichend bekannt. Eine Installation von Messpunkten würde aufgrund der topographischen Verhältnisse einen erheblichen Mehraufwand bedeuten, welcher angesichts der dort vorhandenen Wald- und Wiesenflächen unverhältnismäßig wäre. In abgeschwächter Form gilt diese Unsicherheit auch für die südliche Begrenzung des Hebungsgebiets, in der ebenfalls nur Wald- und Wiesenflächen liegen.

Die bislang größte gemessene Hebungsgeschwindigkeit mit 6,9 mm/Monat bildet sich am Messpunkt 9 im Intervall August bis September 2012 ab (Abb. 4.3), im Intervall April bis Juni 2013 hat sich die Hebungsgeschwindigkeit auf 5,9 mm/Monat geringfügig verlangsamt. Hier werden erst die weiteren Kontrollmessungen zeigen, ob sich diese Verlangsamung der Hebungsgeschwindigkeiten weiterhin bestätigt.

In Abb. 4.7 sind die im Zeitraum vom 07. August 2012 bis 11.Juni.2013 eingetretenen absoluten Hebungsbeträge graphisch dargestellt.

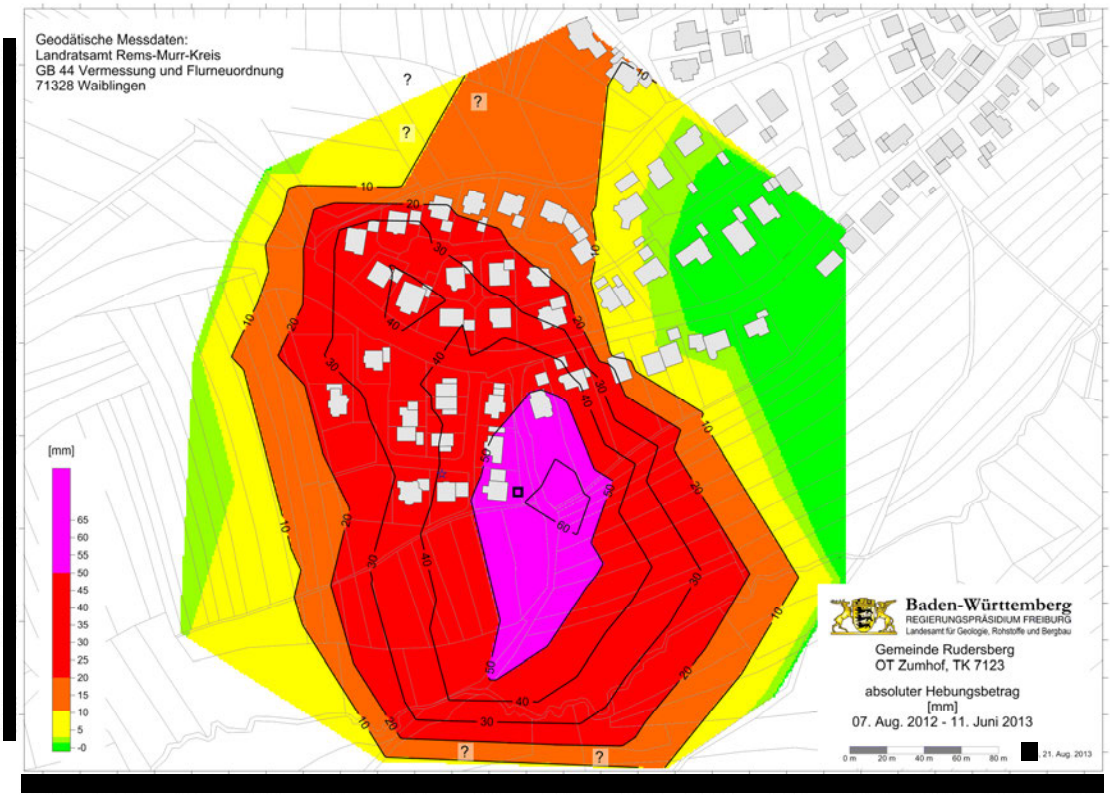


Abb. 4.7: Absolutbeträge der im Zeitraum 07. August 2012 - 11. Juni. 2013 eingetreteten Hebungen

Die Hebungsfigur weist eine elliptische Form auf, deren etwa 450 m lange Längsachse annähernd Nord-Süd-orientiert ist und eine Breite bis zu 300 m aufweist. Das gemessene Hebungszentrum (MP 9) befindet sich in Nähe der Havarierten Bohrung. Bei der Bewertung der Hebungsbeträge ist zu beachten, dass das natürliche Gelände nach Norden und nach Süden abfällt.

In der Abb. 4.8 sind die absoluten Hebungsbeträge im Zeitraum 07. August 2012 bis 11. Juni 2013 in Schnitten entlang der Ellipsen-Achsen dargestellt. Die Schnitte wurden hinsichtlich vorhandener Interpolationseffekte, die in einer geringen Messpunktdichte begründet sind, geringfügig bereinigt. Unter Berücksichtigung der wenig gesicherten nördlichen und südlichen Randbereiche (s.o.) zeigen die Schnitte eine in West-Ost-Richtung grundsätzlich symmetrische Hebungsfigur, wohingegen in Nord-Süd-Richtung eine deutliche Asymmetrie erkennbar ist.

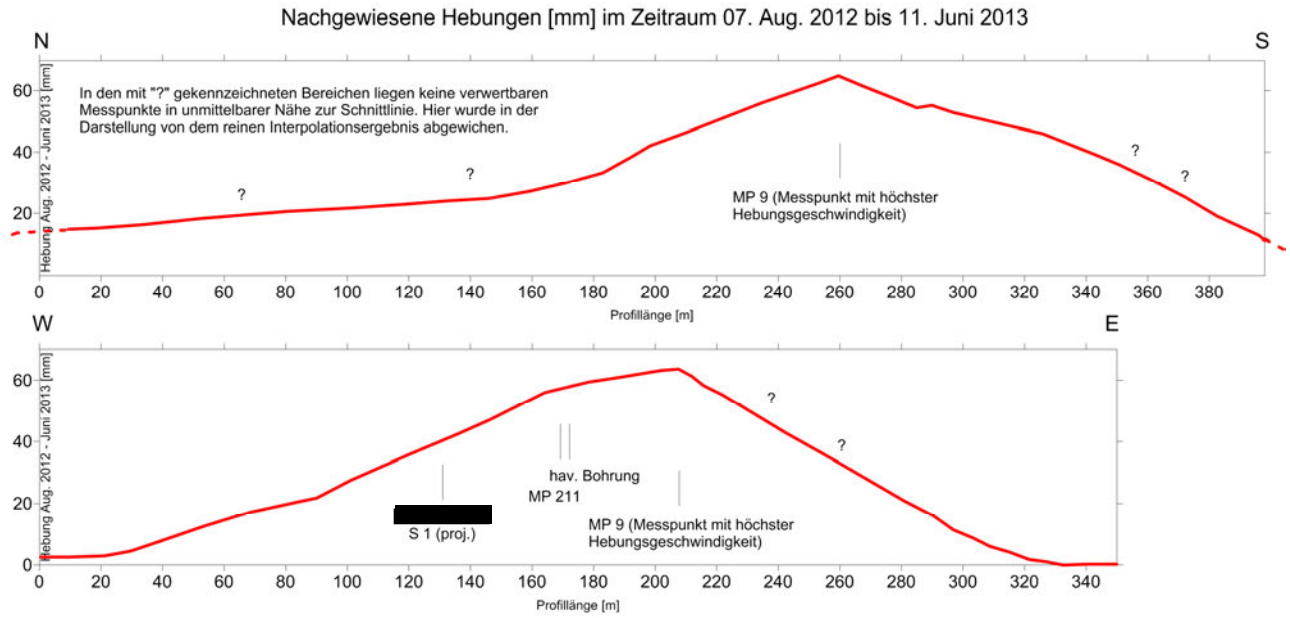


Abb. 4.8: Profildarstellung in N-S und W-E- Richtung der nachgewiesenen Hebungen (mm) im Zeitraum 07. Aug.2012 bis 11. Juni 2013 durch den Bereich der größten Hebungsgeschwindigkeit

Wie bereits aus dem Fall Staufen bekannt, sind die an der Geländeoberfläche gemessenen Verformungen zusammengesetzt aus einer messtechnisch hochgenau (< 1 mm) zu bestimmenden Vertikalkomponente wie aus einer messtechnisch weitaus ungenauer und insgesamt aufwändiger zu bestimmenden Horizontalkomponente. In der unten stehenden Abbildung Abb. 4.9 sind die horizontalen Verschiebungsvektoren in die Hebungsfigur vom Juni 2013 eingetragen. Daraus ist ersichtlich, dass die horizontalen Verschiebungen bis-

her einen Betrag von über 20 mm einnehmen und die Richtungen der Horizontalverschiebungen ausgehend von einem Hebungszentrum erwartungsgemäß grundsätzlich radial gerichtet sind. Die größten Horizontalverschiebungen ergeben sich im Nahbereich zum Hebungszentrum. Die größeren Horizontalverschiebungen im äußersten Nordwesten der Hebungsfigur dürften von einem dort sichtbar vorhandenen oberflächennahen Hangkriechen in der Hangkante überlagert sein.

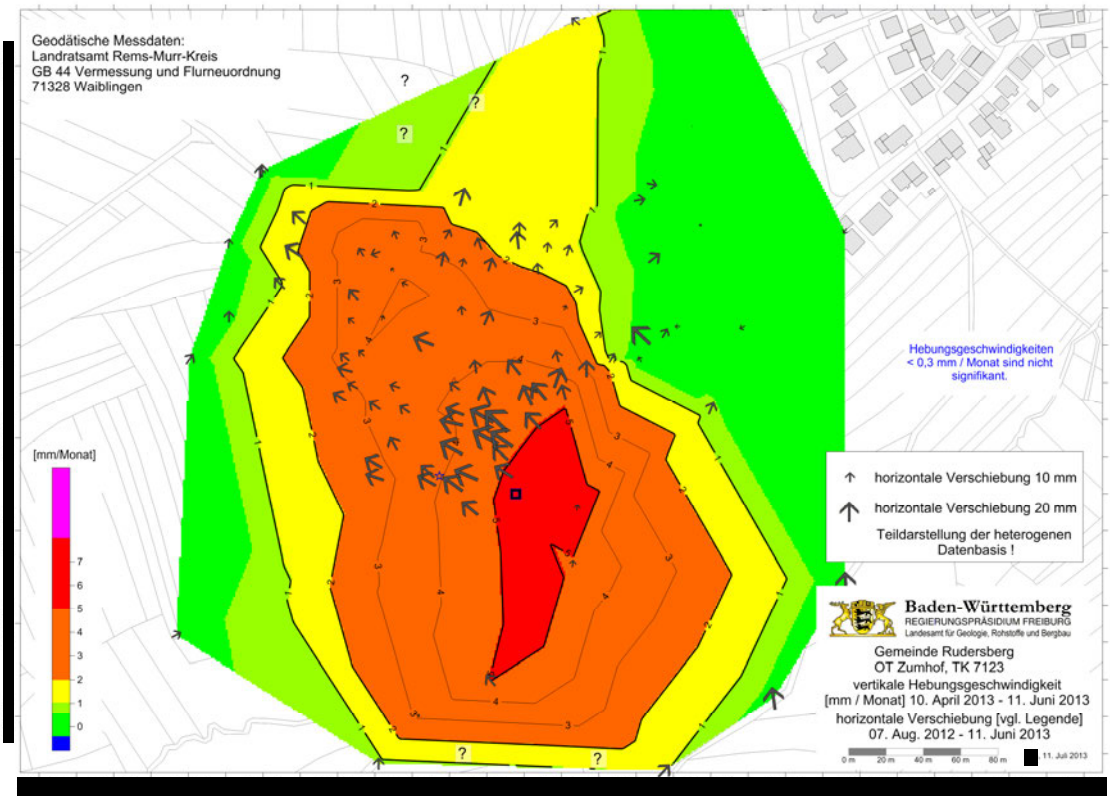


Abb. 4.9: Hebungsfigur 07. August 2012 - 11. Juni 2013 mit Eintrag horizontaler Verschiebungsvektoren

Die Messungen horizontaler Verschiebungsbeträge erfolgten bislang am 07. Aug. 2012, 28. Nov. 2012 und am 11. Juni 2013 an etwa 95 Messpunkten sehr unterschiedlicher Qualität (Straße, Höhenmesspunkte).

Die gemessene Form der Hebungsfigur ist von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen die morphologische Situation (Variation der geostatischen Auflast), das maßgebende Trennflächengefüge, Wasserzutritte in den quellfähigen Gebirgsabschnitt, vorhandene Primärspannungsverhältnisse, die natürliche Variation der Sulfatführung sowie die Verteilung von Gips und Anhydrit. Die Mehrzahl dieser genannten limitierenden Faktoren ist nicht näher bekannt und auch mit hohem Untersuchungsaufwand nicht näher quantifi-

zierbar. Es darf als gesichert gelten, dass der eigentliche Quellhebungsbereich im Untergrund deutlich kleiner ist als die an der Geländeoberfläche zu messenden Auswirkungen.

Die Messungen der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Hebungsverlaufs stellen die wesentliche Grundlage zum Nachweis der Wirksamkeit eingeleiteter schadensbegrenzender Maßnahmen dar und werden fortgesetzt.

5 Erkundungsmaßnahmen

5.1 Erkundungsbohrung EKB 1/12

Im Zeitraum vom 17. September 2012 bis 18. April 2013 erfolgte in Rudersberg-Zumhof die geologische Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der Erdwärmesonden im Baugebiet „Im Kiesel“.

Ziel war es, mittels einer zunächst auf ca. 90 m Bohrtiefe konzipierten Kernbohrung und den geplanten Begleituntersuchungen einen belastbaren geologischen, mineralogischen und hydrogeologischen Datensatz zu gewinnen, die in Kap. 2 beschriebene Arbeitshypothese zu überprüfen, sowie parallel zu den Erkundungen geeignete Maßnahmen zur Schadensbegrenzung prüfen und einleiten zu können.

Die Untersuchungsmaßnahmen wurden vom RPF/LGRB sowie dem Landratsamt Rems-Murr-Kreis und dessen Ingenieurbüro BWU, Kirchheim/Teck, fachtechnisch begleitet. In einem Bauzeitenplan (Anl. 4) der BWU Kirchheim sind die einzelnen Arbeitsabläufe der im Zuge der geologischen Erkundung erbrachten Leistungen synoptisch dargestellt.

Die im Zuge der Erkundungsbohrung wie auch der Sanierung der Havarierten Bohrung angefallenen Bohrproben wurden im mineralogisch-bodenmechanischen Labor des LGRB analysiert (s.u.). Insgesamt wurden 91 Kernstücke (EKB 1/12) sowie 32 Cutting-Proben (Havarierte Bohrung) analysiert. Die Laborergebnisse sind in Anlage 11 synoptisch zusammen mit dem Bohrprofil wie auch gemessenen Gamma-Logs dargestellt. Die Einzelergebnisse sind in Anlage 10 aufgelistet. Ferner wurden insgesamt sieben Grundwasserproben im Hydrochemischen Labor des LGRB analysiert (Anl. 12).

Die Ergebnisse der Erkundungsmaßnahmen werden im Folgenden beschrieben.

5.1.1 Stammdaten, Ausbauhinweise

Die Fa. Anger´s Söhne, Hessisch Lichtenau, hat im Auftrag des Landratsamts Rems-Murr-Kreis die Erkundungsbohrung EKB 1/12 in Rudersberg-Zumhof im südöstlichen Bereich des Baugebietes „Im Kiesel“ abgeteuft. Der Bohrpunkt der EKB 1/12 wurde gewählt, um einerseits möglichst nahe am geodätisch gemessenen Hebungszentrum zu liegen und um andererseits noch einen engen Bezug zur Havarierten Bohrung aufzuweisen.

Im Lageplan der Abb. 5.1 ist der Bohransatzpunkt der EKB 1/12, der Grundwassermessstelle GWM 1/13 (s.u.) zusammen mit den vorhandenen Erdwärmesonden sowie der Havarierten Bohrung dargestellt. Die Stammdaten zur Erkundungsbohrung EKB 1/12 sind in Tab. 5.1 zusammengestellt.

Abb. 5.1: Lageplan der EKB 1/12 sowie der Erdwärmesonden im Baugebiet „Im Kiesel“

Tab. 5.1: Stammdaten der Erkundungsbohrung EKB 1/12

.

Bezeichnung	**LGRB-ARNUM**	**Rechtswert**	**Hochwert**	**Geländeoberkante** (nach DGM)
Erkundungsbohrung Rudersberg-Zumhof	7123-917	[redacted]	[redacted]	315,3 [m NN]

Nach Fertigstellung der Baustelleneinrichtung konnte am 17. September 2012 mit den Bohrarbeiten begonnen werden. Dabei wurde bis 17,00 m u. GOK zunächst mit der Zahnfräse Ø 147 mm und bis zur Endteufe im Seilkernbohrverfahren (SK 6 L) bei annähernd vollständigem Kerngewinn gebohrt.

In der unten stehenden Tabelle Tab. 5.2 sind die bohrtechnischen Besonderheiten zusammengefasst, welche den Bohr- und Ausbaufortschritt der EKB 1/12 bestimmten.

Tab. 5.2: Bohrtechnische Besonderheiten beim Abteufen der EKB 1/12

Datum	**Uhrzeit**	**Teufe (m)+**	**Beobachtung**
08.11.2012	7:00-16:00	44,40	Spülverlust inhibierter Spülung
10.11.2012	7:00-12:30	55,00	inhibierte Spülung nachgebessert
12.11.2012	07:00-12:30	61,00	inhibierte Spülung nachgebessert
13.11.2012	07:00-14:00	65,60	inhibierte Spülung nachgebessert
13.11.2012	18:00-19:00	65,60	**Innenrohr stecken geblieben**, 30 m Gestänge ausgebaut
14.11.2012	07:00-14:00	67,60	inhibierte Spülung nachgebessert
17.11.2012	18:00-20:00	44,00	**nach Zementage 178er-Verrohrung nicht mehr ziehbar**
22.11.2012	16:00	44,00	Bohranlage defekt
27.11.2012	16:30-19:00		neue Bohranlage in Betrieb
11.02.2013	15:00-19:00	81,00	von 79,50-81,00 m mehrfach Spülverluste
22.02.2013	18:00-21:00	33,50	Nachfall im Bohrloch beim Aufweiten mit Rollenmeißel

Die Erkundungsbohrung EKB 1/12 wurde überwiegend im Seilkernbohrverfahren SK 6 L (Ø 146 mm) abgeteuft. Im Bereich einzelner Grundwasserhorizonte sowie im Quellungsbereich des Gipskeupers wurde das Bohrloch mit dem (Stufen-) Rollenmeißel entspre-

chend aufgeweitet und mit zwei Stand-/Sperrrohren teleskopiert ausgebaut (Tab. 5.3), um die hydrogeologische Stockwerkstrennung beim Bohren aufrecht zu erhalten. Die einzelnen Rohrtouren wurden dabei mit hochsulfatbeständigem Spezialzement (Slagstar) bzw. sulfatbeständigem Brunnendämmer hinterfüllt.

Tab. 5.3: Zusammenstellung der in der EKB 1/12 eingebauten Standrohr-/Sperrrohrtouren.

1. Sperrrohr bis	44 m	Bohrloch Ø 584 mm	Sperrrohrtour Ø 473 mm
2. Sperrrohr bis	66 m	Bohrloch Ø 444 mm	Sperrrohrtour Ø 356 mm
3. Messstellenausbau	80 m	Bohrloch Ø 273 mm	Hart-PVC Ø 150

Wie in der Ausschreibung vorgesehen, wurde oberhalb des Gipsspiegels mit Klarwasser gespült, ab Erreichen des Gipsspiegels durfte im gesamten Abschnitt des Sulfatgebirges (d.h. bis zur Zementation des 2. Sperrrohres) ausschließlich mit inhibierter Bohrspülung gearbeitet werden. Die inhibierte Bohrspülung besteht aus Trinkwasser mit organischen und mineralischen Zusätzen (vgl. Tab. 5.4). Mit dem Einsatz der inhibierten Bohrspülung wurde einer unerwünschten Auslaugung von Sulfatgestein sowie einem Quellen quellfähiger Tonmineralen vorgebeugt. Die inhibierte Bohrspülung führte zu einer merklichen Verlangsamung des Bohrfortschrittes.

Tab. 5.4: Zusätze und Parameter der inhibierten Bohrspülung.

Inhibierte Bohrspülung
PacElv CMC Carboxylmethylcellulose ..... 30 kg/m³
KaliumCarbonat (Degussa) ..... 60 kg/m³
Zitronensäure (wegen pH-Wert) ohne Bentonit-
Zusatz ..... 2,5 kg/m³
Gemessene Parameter am 09. Juni 2009:
Spülungsdichte ..... 1,09 g/cm³
pH 9,988
Temperatur ..... 20,4 °C
Leitfähigkeit LF ..... 54 660 µS/cm
Salinität 36,745

Mit Erreichen des Oberen Anhydritspiegels (Beginn des quellfähigen Gebirgsabschnittes) bei 46,1 m unter GOK wurde zunehmend ein hoher Umschließungsdruck bemerkbar, welcher dazu führte, dass es zu einer Verlangsamung des Bohrfortschrittes und zeitweise auch zu einem wiederholten Festsitzen des Bohrgestänges kam. Die Bohrmannschaft wurde daher angewiesen, das Bohrwerkzeug bei längeren Bohrunterbrechungen in die oberhalb des quellfähigen Gebirgsabschnitts abgesetzte Verrohrung hochzuziehen. Der gesamte von Quellungserscheinungen betroffene bzw. gefährdete Bohrabschnitt wurde durch Einbau des 2. Sperrrohres gesichert. Nach Durchörtern des sulfatführenden Gebirges im Gipskeuper, dessen unterer Anhydritspiegel bei 63,6 m unter GOK liegt, konnte ab Erreichen des Unterkeupers wieder auf Klarwasserspülung umgestellt werden, was sich in einem rascheren Bohrfortschritt bemerkbar machte. Nach Vertiefung der Bohrung durch den Unterkeuper (Basis 83,75 m unter GOK) bis knapp 10 Meter in den Oberen Muschelkalk (ET 94 m), wurde das Bohrloch bis auf 85 m unter GOK aufgekiest und bis auf 79,50 m mit Ton abgedichtet. Damit wurde das Grundwasserstockwerk im Oberen Muschelkalk hydraulisch abgesperrt.

Die geologische Aufnahme der Bohrkerne der EKB 1/12 erfolgte vor-Ort durch den betreuenden Geologen des Büros BWU, Kirchheim, sowie im Detail durch das LGRB. Das geologische Schichtenverzeichnis der EKB 1/12 ist dem Bericht in Anlage 5 beigefügt.

Der Zwischen- und Endausbau der EKB 1/12 kann der Ausbauzeichnung der Fa. H. Anger´s Söhne entnommen werden (Anl. 7). Die Bohrzeit (Kernbohrung incl. Aufweitungsarbeiten mit Fräsrohr bzw. Rollenmeißel) für die EKB 1/12 betrug 47 Tage.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurde die Erkundungsbohrung EKB 1/12 zu einer 6“-Grundwassermeßstelle im Unterkeuper ausgebaut. Bei Festlegung des Meßstellenausbaus wurde der Tatsache Rechnung getragen, dass sich das Gebirge noch weiter heben wird und es dabei zu keiner Undichtigkeit über den Meßstellenausbau kommen darf. Hierzu wurden insgesamt vier Injektionsrohre eingebaut, über die im Falle einer eintretenden hebungsbedingten Fehlstelle nachträglich Abdichtungsmaterial im Fußbereich des 2. Sperrrohres verpresst werden kann.

5.1.2 Geologische Schichtabfolge EKB 1/12

In Abb.5.2 ist das Bohrprofil der Erkundungsbohrung EKB 1/12 (graphische Darstellung mit geologischer Gliederung, erkundete GW-Druckpotenziale, Sulfatführung) vereinfacht

dargestellt. Die Fotodokumentation der Erkundungsbohrung EKB 1/12 ist in Anlage 6 enthalten, die technische Ausbauzeichnung der Fa. Angers ist in Anlage 7 beigefügt.

Die in der Erkundungsbohrung EKB 1/12 erbohrte geologische Schichtabfolge lässt sich im Einzelnen wie folgt untergliedern:

Kurzprofil (mit stratigr. Deutung):

Quartär:

0 - 0,65 m: Künstliche Auffüllung, qhy

Mittlerer Keuper:

- 0,90 m: Engelhofen-Horizont, kmEH (?)
- 30,70 m: Mittlere Grabfeld-Formation (Mittlerer Gipshorizont), kmGrm
- 33,05 m: Weinsberg-Horizont, kmWEH
- 46,19 m: Dunkelrote Mergel, kmDRM
- 49,65 m: Bochingen-Horizont, kmBH
- 64,40 m: Grundgipsschichten, kmGI

Unterkeuper:

- 65,00 m: Grenzdolomit, kuD
- 67,90 m: Grüne Mergel, kuGRM
- 70,20 m: Linguladolomit-Horizont, kuLd
- 70,95 m: Obere Graue Mergel, kuOGM
- 73,15 m: Anoplophoradolomit-Horizont, kuAd
- 74,30 m: Untere Graue Mergel, kuUGM
- 74,95 m: Anthrakonitbank-Horizont, kuHAk
- 75,55 m: Sandige Pflanzenschiefer, kuSPS
- 76,31 m: Albertibank-Horizont, kuHAb
- 77,63 m: Hauptsandsteinschichten, kuHSS
- 81,45 m: Estherienton, kuES
- 83,75 m: Basisschichten, kuB

Oberer Muschelkalk:

- 84,80 m: Sphärocodienkalk, moSPH
- 85,90 m: Trigonodusdolomit, moD
- 94,00 m: Künzelsau-Schichten, moK

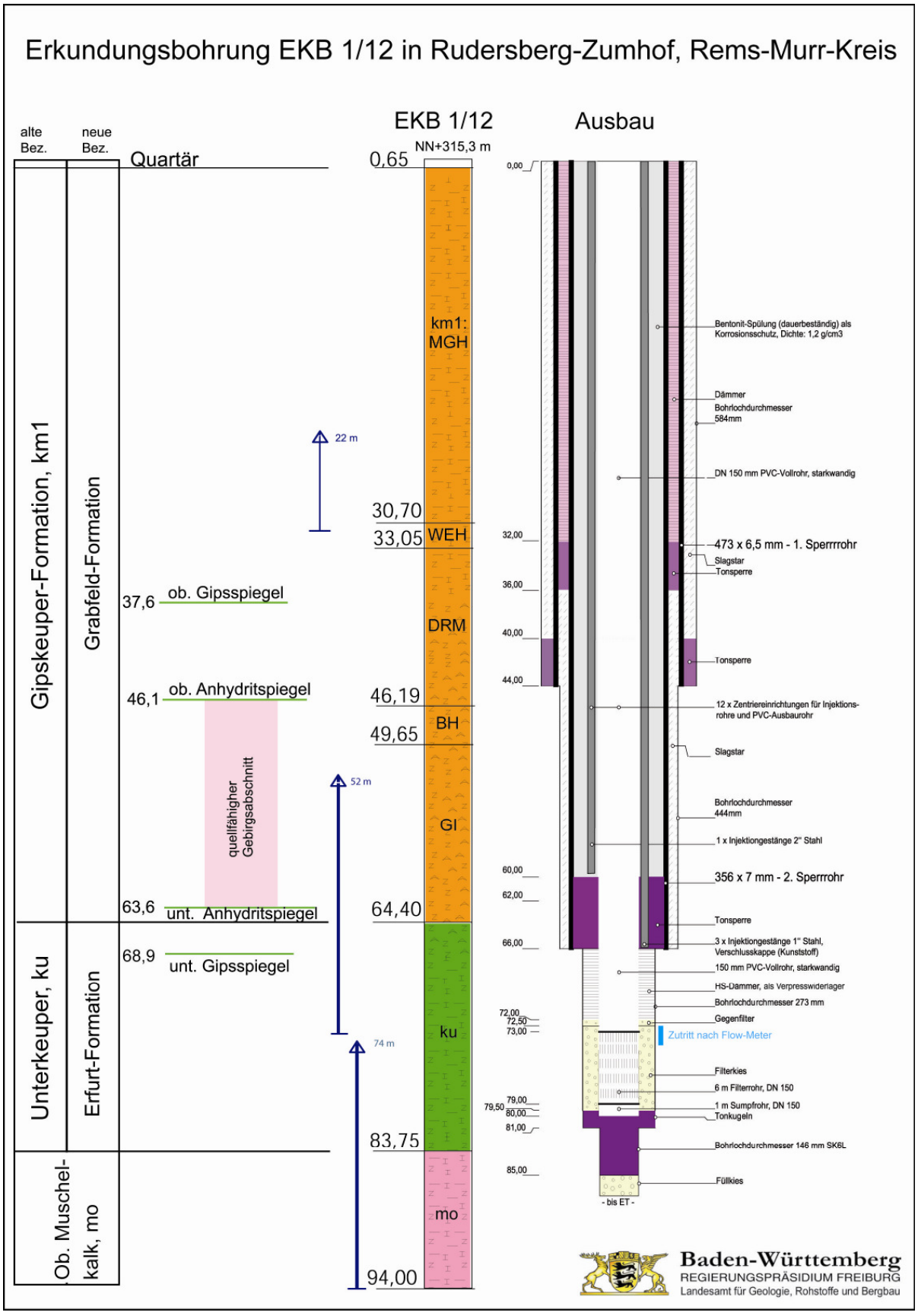


Abb. 5.2: Vereinfachte zusammenfassende Geologische Profilsäule der Erkundungsbohrung EKB 1/12 mit Angaben zum Ausbau

Unter einer 0,65 m mächtigen kiesig-steinigen, teils schluffigen **anthropogenen Aufschüttung (yA)** folgen bis 64,40 m u. GOK die Gesteinsabfolgen der **Gipskeuper-Formation** (Grabfeld-Formation) des **Mittelkeupers**, die sich im Einzelnen wie folgt untergliedern.

Bis 0,90 m unter GOK wurde ein toniger, grünlichgrauer und braungrauer Schluff angetroffen, in den zahlreiche Bröckchen aus Schlufftonstein, tonigem Dolomitstein und Dolomit eingemengt waren. Vermutlich handelt es sich dabei um die Reste des **Engelhofen-Horizonts**, welcher in der Geologischen Karte im näheren Untersuchungsgebiet mit dessen Oberflächenausstrich kartiert wurde.

Der **Mittlere Gipshorizont** (Mittlere Grabfeld-Formation**,** 0,90 m u. GOK bis 30,70 m u. GOK) besteht aus grüngrauem und rotviolettem Tonstein mit Lagen von Dolomitstein. Bei der Bohrkernaufnahme wurden bei 9,00-9,30 m, bei 12,00-12,20 m und bei 12,50 m Verunreinigungen des Bohrguts mit Recycling-Material der Bohrplatzauffüllung angetroffen. Ab 4,70 m sind im Mittleren Gipshorizont (Mittlere Grabfeld-Formation) immer wieder einzelne geringmächtige, gelbliche bis grünlich-graue Gipsauslaugungsreste (GAR) der früher in diesem Formationsabschnitt vorhandenen Sulfatführung anzutreffen. In den Abschnitten zwischen 17,20 m u. GOK bis 19,25 m u. GOK, 19,90 m u. GOK bis 20,00 m u. GKO, 20,50 m u. GOK bis 22,20 m u. GOK sowie 22,95 m u. GOK bis 23,00 m u. GOK traten Kernverluste auf, die ebenfalls auf lokale Auslaugungsphänomene („Gipskarst“) hindeuten.

Im **Weinsberg-Horizont** (30,30 m u. GOK bis 33,05 m u. GOK) tritt die **Bleiglanz-Bank** (30,70 m u. GOK bis 30,92 m u.GOK) auf, eine z.T. tonige, graue und braungraue, harte Dolomitsteinbank, die an Klüften stückig zerlegt ist. Darunter folgt grauer, graugrüner und grauvioletter geklüfteter Tonstein.

Die **Untere Gipskeuper-Formation** (Untere Grabfeld-Formation**,** 33,05 m u. GOK bis 64,40 m u. GOK) setzt mit den **Dunkelroten Mergel** (33,05 m u. GOK bis 46,19 m u. GOK) ein. Es dominieren violette, graugrüne, teils dolomitische Tonsteine, die auf Klüften vielfach rostfarbene Fe(O)OH-Beläge aufweisen. Fasergipslagen ab 37,56 m u. GOK und darunter zwischen 38,00 m u. GOK bis 38,10 m u. GOK künden die in der Unteren Gipskeuper-Formation (Untere Grabfeld-Formation) vorhandene Sulfatführung an (*Oberer Gipsspiegel*), die zur Tiefe hin zunimmt und ab 46,13 m u. GOK bereits eine erste Anhydritführung (*Oberer Anhydritspiegel*) nachweisen lässt.

Der **Bochingen-Horizont** (46,19 m u. GOK bis 49,65 m u. GOK) besteht aus einer Wechsellagerung von grauem, grauviolettem und grüngrauem Tonstein mit einer Sulfatführung aus Anhydritstein und untergeordnet aus Gipsstein und Fasergipslagen.

Die **Grundgipsschichten** (49,65 m u. GOK bis 64,40 m u. GOK) bestehen überwiegend aus einer Wechsellagerung von grauem Tonstein mit grauem und hellgrauem Anhydrit- und Gipsstein. Untergeordnet kommen Dolomitsteinlagen vor. Die Anhydritführung ist ab 63,55 m u. GOK beendet (*Unterer Anhydritspiegel*), darunter folgt bis zur Basis der Grundgipsschichten grauer und hellgrauer Gipsstein, z.T. mit Lagen aus Marienglas und Fasergips.

Der **Unterkeuper (ku)** erstreckt sich zwischen 64,40 m u. GOK und 83,75 m u. GOK.

Der **Grenzdolomit** (64,40 m u. GOK bis 65,00 m u. GOK) ist hell gelblichgrau bis grau, hart, und weist eine senkrechte, mit weißem Fasergips verheilte ca. 1 cm starke Kluft auf. Die darunter folgenden **Grünen Mergel** (65,00 m u. GOK bis 67,90 m u. GOK) bestehen aus dunkelgrauem und grüngrauem Tonstein, der zwischen 65,90 bis 67,00 m u. GOK weiße Gipsknollen und Fasergipslagen enthält. Die Grünen Mergel schließen mit einer 0,50 m mächtigen Gipssteinlage ab. Die beobachtete Gipsführung in den Grünen Mergeln entspricht dem sogenannten „Böhringen-Sulfat“.

Das Bohrprofil setzt sich mit den Dolomitsteinen und dünnen Tonsteinlagen des **Lingula-dolomit-Horizonts** (67,90 m u. GOK bis 70,20 m u. GOK) fort. Bei 68,90 m u. GOK wurde im Bohrprofil der EKB 1/12 der *Untere Gipsspiegel* festgelegt Darunter folgt grauer und hellgrünlich grauer Tonstein der **Oberen Grauen Mergel** (70,20 m u. GOK bis 70,95 m u. GOK). Der im Anschluss erbohrte **Anoplophoradolomit-Horizont** (70,95 m u. GOK bis 73,15 m u. GOK) wird durch eine Wechsellagerung von grauem und gelblichgrauem Dolomitstein und grauen bis grüngrauem Tonstein vertreten und darunter folgen dunkelgraue Tonsteine mit einer Dolomitbank der **Unteren Grauen Mergel** (73,15 m u. GOK bis 74,30 m u. GOK) sowie der graue Dolomitstein des **Anthrakonitbank-Horizonts** (74,30 m u. GOK bis 74,95 m u. GOK).

Der untere Abschnitt des Unterkeupers wird vertreten durch dunkelgraue Tonsteine mit kohligen Pflanzenresten der **Sandigen Pflanzenschiefer** (74,95 m u. GOK bis 75,55 m u. GOK), einer grauen, harten Dolomitsteinbank des **Albertibank-Horizonts** (75,55 m u. GOK bis 76,31 m u. GOK) , der **Hauptsandsteinschichten** (76,31 m u. GOK bis 77,63 m u. GOK) als einem Wechsel von Feinsandstein, Tonstein und Schlufftonstein. Es folgen Tonsteine mit einer Dolomitbank des **Estherientons** (77,63 m u. GOK bis 81,45 m u. GOK), grauer Dolomitstein und Kalkstein der **Basisschichten** (81,45 m u. GOK bis 82,90 m u. GOK), graue Kalksteine der **Blaubank** (82,90 m u. GOK bis 83,17 m u. GOK) sowie zuunterst graue Tonsteine der **Vitriolschiefer** (83,17 m u. GOK bis 83,75 m u. GOK).

Der **Obere Muschelkalk** (83,75 m u. GOK bis 94,00 m u. GOK) setzt das Profil zur Tiefe fort mit der **Oberen Hauptmuschelkalk-Formation.** Zuoberst liegt der graue Kalkstein

des **Sphärocodienkalk** (83,75 m u. GOK bis 84,80 m u. GOK) und der graue bis hellgelblich grauer Dolomitstein des **Trigonodusdolomit** (84,80 m u. GOK bis 85,90 m u. GOK). Bis zur Endteufe durchfährt die Bohrung die **Künzelsau-Schichten** (hier: Region der Terebratelbänke, 85,90 m u. GOK bis 94,00 m u. GOK), welche durch einer Abfolge grauer bioklastischer Kalksteine vertreten ist.

5.2 Grundwassermessstelle GWM 1/13

Nur wenige Meter abseits der Erkundungsbohrung EKB 1/12 wurde zur Beobachtung der Grundwasserstände im Gipskeuper im Zeitraum vom 21.-23.02.2013 eine 5“-Grundwassermeßstelle (GWM 1/13) im Vollbohrverfahren hergestellt.

Tab. 5.4: Stammdaten der Grundwassermessstelle GWM 1/13 [redacted]

Bezeichnung:	**LGRB-ARNUM**	**Rechtswert**	**Hochwert**	**Geländeoberkante** (nach DGM)
GWM 1/13 Rudersberg-Zumhof	7123-926	[redacted]	[redacted]	315,3 [m NN]

Die GWM 1/13 weist eine Bohrtiefe von 33,50 m unter GOK auf und wurde zwischen 27,00 m und 32,00 m unter GOK verfiltert (vgl. Anl. 8).

6 Grundwasserverhältnisse

6.1 Grundwasserstandsmessungen

Sowohl die zur Grundwassermessstelle ausgebaute EKB 1/12 (Unterkeuper) als auch die Grundwassermessstelle GWM 1/13 (Gipskeuper) wurden mit Datenloggern ausgestattet, um stockwerksbezogen Grundwasserstandshöhen aufzuzeichnen. In Abb. 6.1 sind die bisher aufgezeichneten Grundwasserstandsganglinien dargestellt. Um den Einfluss der Niederschläge auf die Ganglinien bewerten zu können, wurden Niederschlagsdaten der Station Welzheim herangezogen (Abb. 6.2 und 6.3). Seitens des Ing.-Büros BWU wurde

eine Zuordnung einzelner GW-Standsänderungen zu den Bohraktivitäten an der havarierten Bohrung auf dem Grundstück [redacted] vorgenommen (Abb. 6.4).

Für die GWM 1/13 zeigen die Wasserstandsaufzeichnungen mittels Datenlogger deutliche Schwankungen von ca. 20,8 - 22,3 m u. Gel. (März bis August 2013, Abb. 6.1).

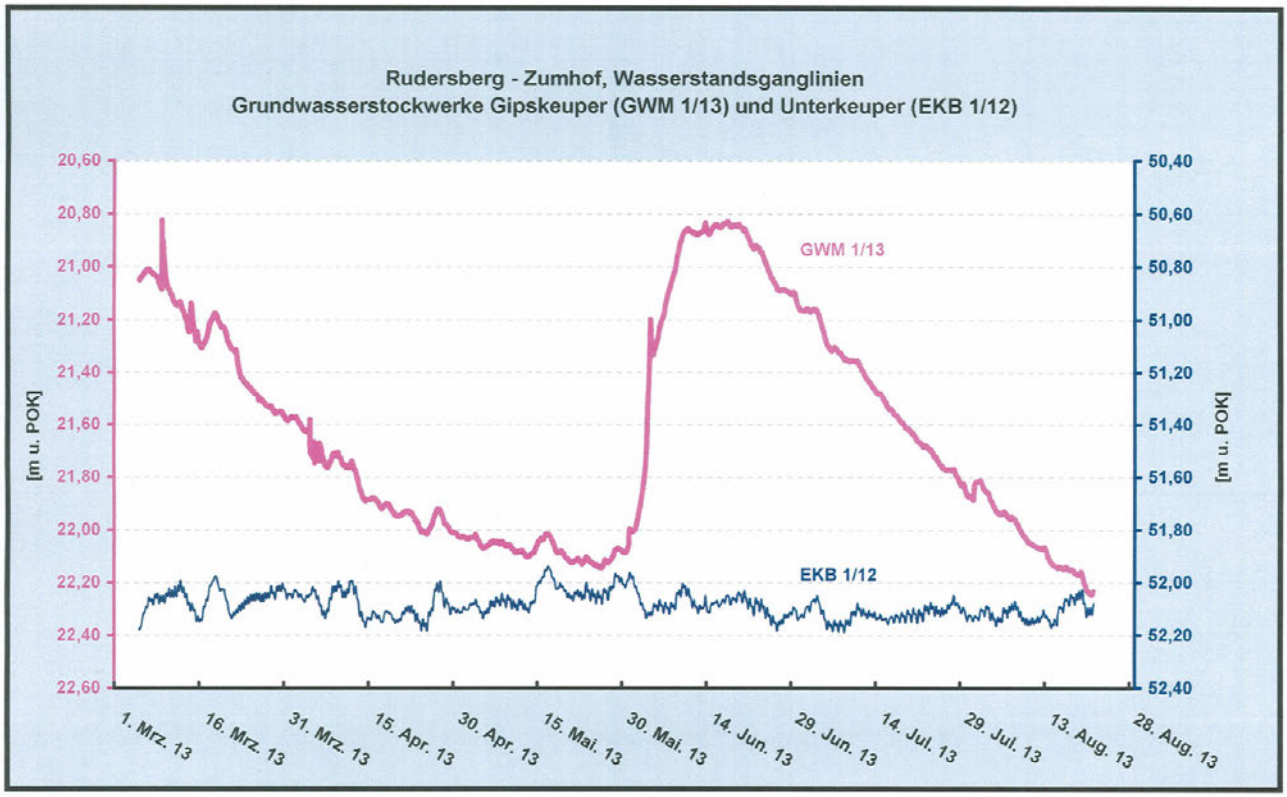


Abb. 6.1: Wasserstandsganglinien der Grundwasserstockwerke Gipskeuper (GWM 1/13) und Unterkeuper (EKB 1/12).

Starke Niederschläge (Ende Mai 2013) zeichnen sich durch einen Anstieg des Grundwasserspiegels ab, der allerdings deutlich verzögert erfolgt (Abb. 6.2).

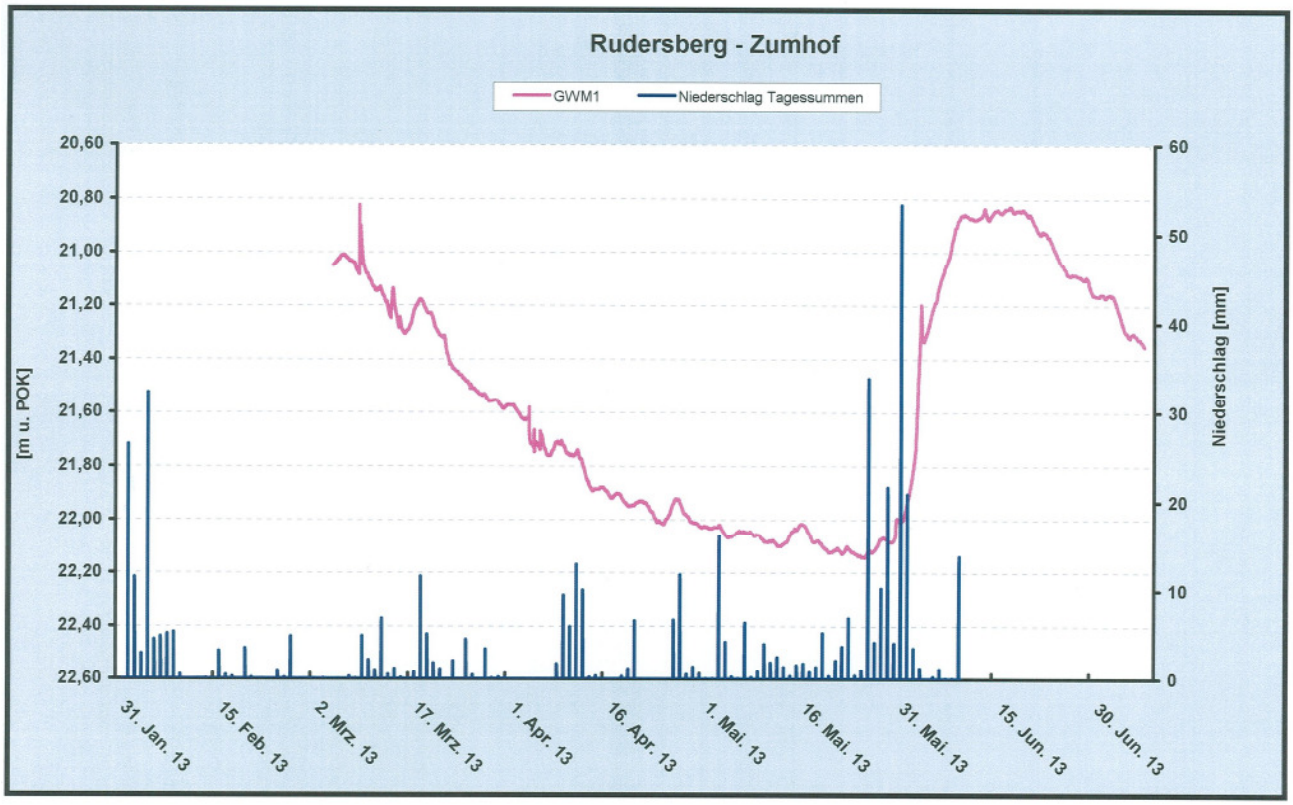


Abb. 6.2: Wasserstandsganglinie der GWM 1/13 in Relation zu Niederschlägen (Station Welzheim).

Die Wasserstandsaufzeichnungen mittels Datenlogger in der im Unterkeuper verfilterten EKB 1/12 zeigen im gleichen Messzeitraum dagegen nur geringe Schwankungen von ca. 51,9 - 52,5 m u. Gel. (Abb. 6.1).

In der Ganglinie sind Gezeitenschwankungen sowie Luftdruckschwankungen ersichtlich. Eine barometrische Aufzeichnung im Messzeitraum für Vergleichszwecke liegt nicht vor.

Niederschlagsereignisse zeichnen sich kaum bzw. sehr stark gedämpft ab (Abb. 6.3). Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, dass die Schichten des Unterkeupers noch weiträumig von jüngeren, teils sehr gering durchlässigen Schichten überlagert sind. Die nächstgelegenen Unterkeuper-Ausstriche befinden sich ca. 6 - 7 km weiter nordwestlich im Weißachtal und Brüdenbachtal bei Unterweissach. Bei Niederschlägen in diesem geringmächtigen Grundwasserleiter mit schmalem Ausstrichsbereich kommt es jedoch nicht zu einer nennenswerten Aufhöhung des Grundwasserstands bzw. zu einem ausgeprägten Druckimpuls.

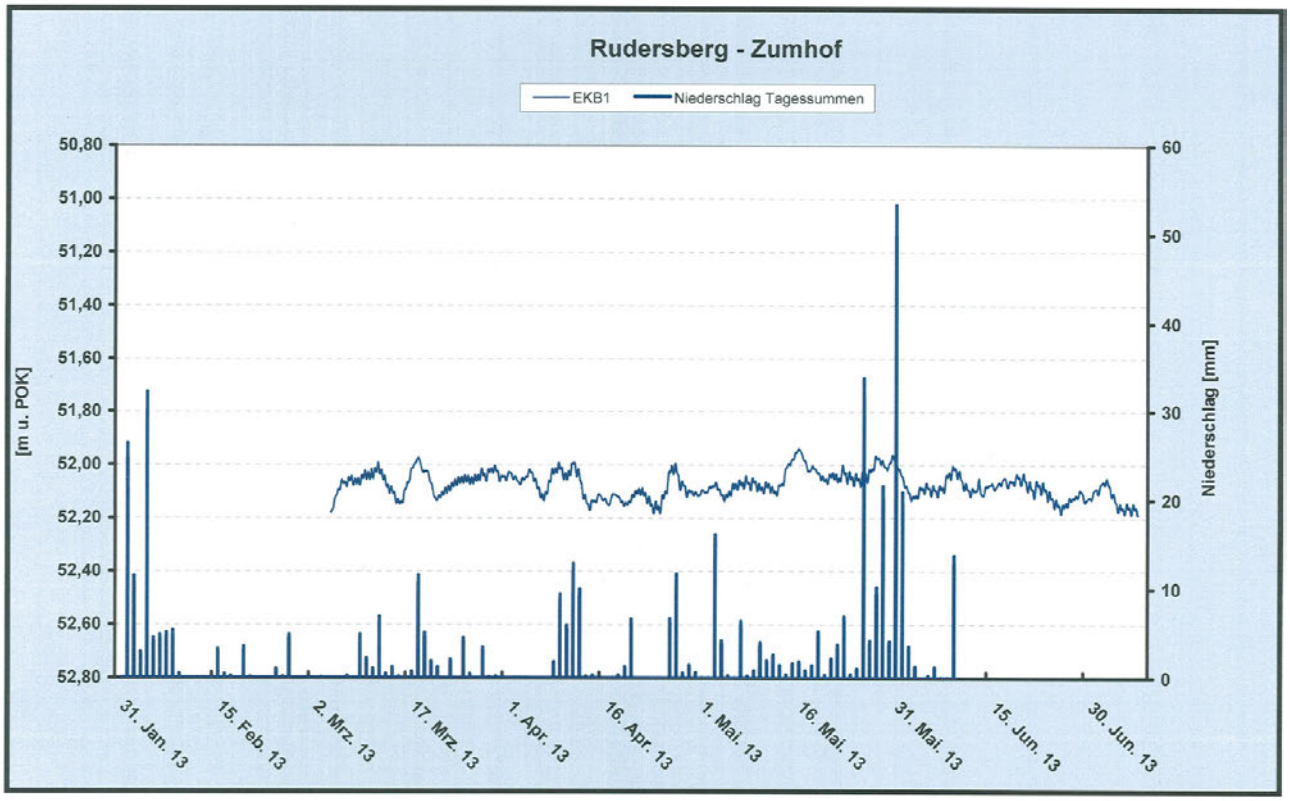


Abb. 6.3: Wasserstandsganglinie der EKB 1/12 in Relation zu Niederschlägen (Station Welzheim).

Die Variationen des Luftdrucks übertragen sich dagegen auf das Grundwasser im Unterkeuper und werden infolge der gespannten Verhältnisse rasch im Grundwasserleiter weitergeleitet. Die im Unterkeuper-Grundwasserstockwerk aufgezeichneten Druckmaxima stimmen aufgrund der gespannten hydraulischen Verhältnisse weitgehend mit den einzelnen Wasserstandsmaxima der freien Grundwasseroberfläche im Gipskeuper überein. Auch hier ist der Einfluss der Luftdruckschwankungen an der Modulation der Grundwasseroberfläche ersichtlich, auch wenn dieser dort von den erheblichen Schwankungen durch Neubildung und Abfluss überlagert wird.

Die hydraulischen Auswirkungen der Sanierungsarbeiten in der benachbarten havarierten EWS-Bohrung auf dem Grundstück [redacted] sind in der GWM 1/13 aufgezeichnet worden und in der Abbildung 6.4 erläutert. In der EKB 1/12, deren Ganglinie in der Abb. 6.4 im Vergleich stark überhöht und invertiert dargestellt ist, sind dagegen hauptsächlich Luftdruck- und Gezeitenschwankungen ersichtlich.

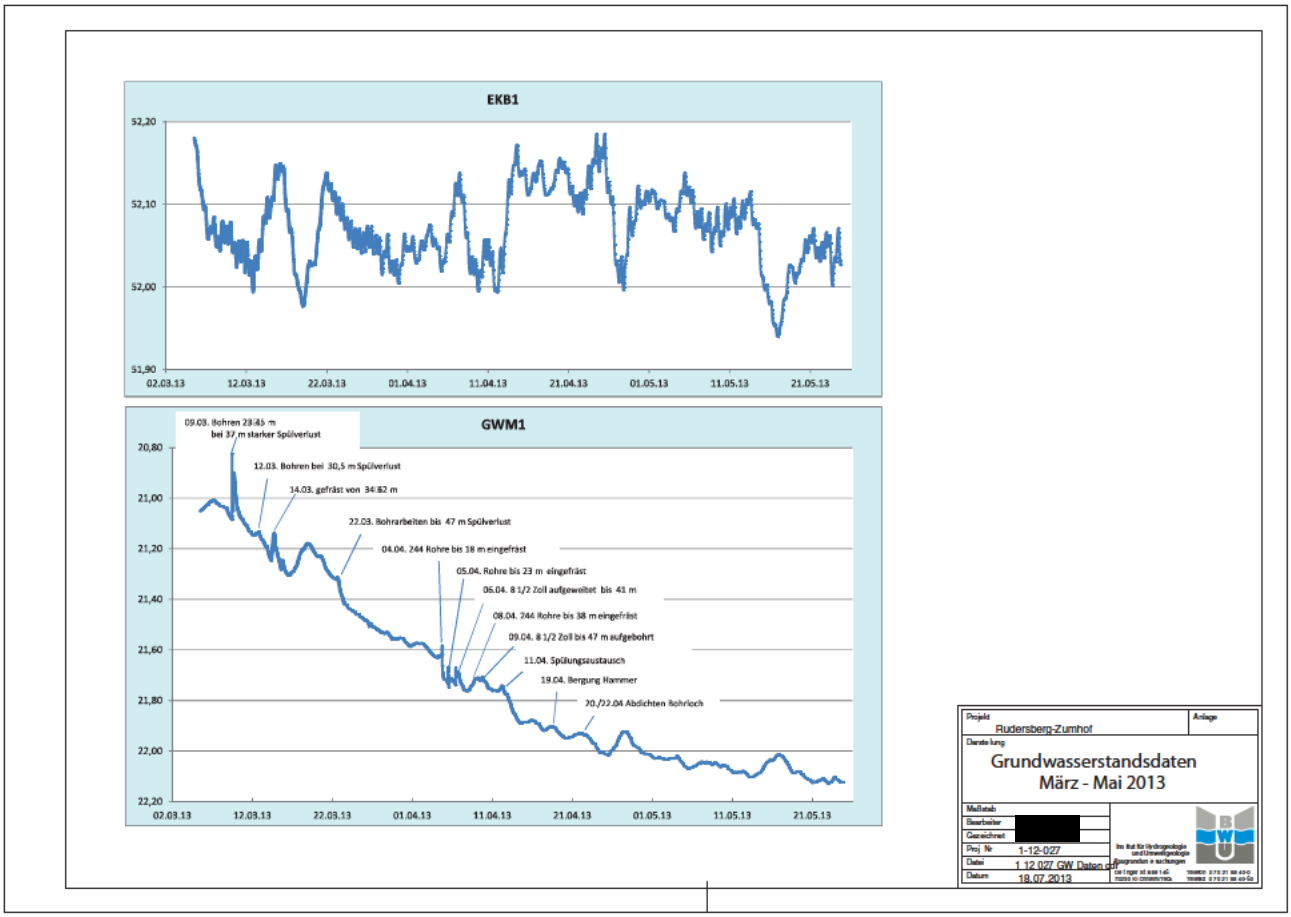


Abb. 6.4: GW-Standsänderungen nach Datenloggeraufzeichnung in EKB 1/12 und GWM 1/13 in Bezug zu den Bohraktivitäten.

6.2 Pumptests

Zur Lokalisierung von Grundwasserzutritten wurden in der Erkundungsbohrung EKB 1/12 mehrere hydraulische Bohrlochtests durchgeführt. Dabei kamen je nach zu erwartender Durchlässigkeit des getesteten Abschnittes Pumpversuche oder Packerpumptests zum Einsatz. Insgesamt wurden 11 Pumptests (Tab. 6.1) vorgenommen.

Bei den hydraulischen Bohrlochtests zeigte sich, dass die drei angetroffenen Grundwasserstockwerke - Gipskeuper, Unterkeuper und Oberer Muschelkalk - unterschiedliche Wasserstände aufweisen (Tab. 6.2). Der höchste Wasserstand mit ca. 20 - 22 m unter Gelände wurde im Gipskeuper festgestellt.

Tab 6.1: Übersicht über durchgeführte Pumptests in EKB 1/12

Datum	Uhrzeit	Teufe (m)	Versuchsart
21.09.2012	13:30-16:00	22,00	Pumptest
25.09.2012	09:00-15:00	30,00	Pumptest
02.10.2012	07:00-11:00	45,00	Packerpumptest
02.10.2012	18:00-19:00	45,00	Packerpumptest
03.10.2012	07:00-13:00	45,00	Packerpumptest
16.11.2012	10:00-15:00	44,00	Packerpumptest
18.01.2013	10:45-18:00	80,00	Pumptest
19.01.2013	10:30-18:00	80,00	Probenahme+Wiederanstieg
25.01.2013	13:00-19:00	94,50	Pumptest
26.02.2013	07:00-13:00	33,00	Klarpumpen+Probenahme
27.02.2013	12:30-21:00	33,00	Pumpversuch

Im Unterkeuper wurde gespanntes Grundwasser angetroffen, dessen Druckspiegel zunächst bei ca. 44 unter Gelände lag. Nach dem bohrtechnischen Aufweiten der Kernbohrung für den Ausbau zur Grundwassermessstelle sank der Druckspiegel im Unterkeuper-Stockwerk auf ca. 52 m u. Gel.. Wahrscheinlich wurde in der Unterkeuper-Schichtenfolge ein wasserführender Bereich mit einer tieferen Druckpotenzial erschlossen.

Im Oberen Muschelkalk wurde ebenfalls gespanntes Grundwasser angetroffen mit einen Druckspiegel bei ca. 74 m unter Gelände. In den Grundwasserstockwerken bestehen somit nach unten abnehmende Druckhöhen. Die vorhandene Differenzierung der Druckhöhen weist darauf hin, dass zwischen den Stockwerken keine hydraulische Verbindung besteht, da sich die Potenziale nicht auf das tiefste oder jeweils tiefere Potenzial einstellen.

Das Grundwasser in den Gesteinen des Oberen Muschelkalks könnte mit einer Druckhöhe von ca. 74 m u. Gel., sofern Wasserwegsamkeiten in den überlagernden Schichten vorhanden wären, nur bis etwa zur Mitte der Schichtenfolge des Unterkeupers aufsteigen. Folglich ist ein Wasserzutritt in den Gipskeuper von diesem tiefen Grundwasserstockwerk aus nicht möglich.

Tab. 6.2: Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen in der EKB 1/12

Datum	**Bohrtiefe/ Testabschnitt (m u. Gel.) / Geologie**	**Wasserstand (m unter Gelände)**	**Testart**	**Absenkung (m)**	**Ergiebigkeit (l/s; l/min)**	**Transmissivität (m^2/s)**
24.09.2012	22,35 / km1	17,96				
26.09.2012	38,55 / km1	20 - 22	Pumptest		0,0166; 1	
02.10.2012	42 / 42 - 26 / km1		Packertest		0,1166; 7	
04.10.2012	45 / 45 - 14,8 / km1	23,95				
16.11.2012	67,6 / 67,6 - 48,4 / km1 (ku)	33,7				
17.01.2013	78 / ku	44	Pumptest		0,0166; 1	
18.01.2013		46				
18.01.2013		45,72	Pumptest	29,33	0,5; 30	$1,7 \cdot 10^{-5}$
19.01.2013		44,15	Pumptest	30,88	0,5; 30	$1,6 \cdot 10^{-5}$
21.01.2013	80 / ku	44				
25.01.2013	96 / mo	74	Pumptest	1,55	2,5; 150	$1,6 \cdot 10^{-3}$
25.01.2013	96 / mo	74,08				
26.01.2013	96 / mo	74,05				
28.01.2013	96 / mo	74,04				
05.03.2013	79,5 / ku	52,18				
23.03.2013	79,5 / ku	52,30				
22.04.2013	79,5 / ku	52,11				
21.08.2013	79,5 / ku	52,44				

Das Grundwasser in der Schichtenfolge des Unterkeupers kann mit einer Druckhöhe von ca. 52 m u. Gel., sofern Wasserwegsamkeiten im überlagernden Gipskeuper vorhanden

sind, bis in den mittleren Abschnitt der Grundgipsschichten aufsteigen und somit dem unteren Teil der anhydritführenden Grundgipsschichten Wasser zuführen.

Das Grundwasser im Gipskeuper ist nicht gespannt und zeigt mit einer um ca. 2 m schwankenden Spiegelhöhe deutlich die Dynamik der Grundwasserneubildung. Bei Wasserwegsamkeiten in tiefere Schichten, z. B. die Grundgipsschichten (ca. 45 - 64 m Tiefe) wirkt auf diese ein Wasserdruck von ca. 2 - 4 bar.

Die hydraulische Durchlässigkeit der untersuchten Grundwasserstockwerke ist sehr unterschiedlich. Das Gipskeuper-Stockwerk ist nur sehr gering wasserdurchlässig. Die getesteten Abschnitte zeigten nur geringe Grundwasserzutritte von 1 - 7 l/min.

Die bereichsweise gipsführenden Gesteine des Unterkeuper zeigen bei einer kompakten lithologischen Ausbildung nur geringe Wasserwegsamkeiten mit entsprechend geringer Durchlässigkeit. Bei einer Pumprate von 0,5 l/s ergab sich eine Absenkung von ca. 29 - 31 m. Überschlägig ergibt sich daraus eine Abschätzung der Transmissivität von $T = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ bis $1{,}7 \cdot 10^{-5}$ m^2/s.

Im Grundwasserstockwerk des Oberen Muschelkalks wurde eine hohe Durchlässigkeit festgestellt. Bei einer Pumprate von 2,5 l/s ergab sich eine Absenkung von lediglich 1,55 m. Die hohe Transmissivität von ca. $T = 1{,}6 \cdot 10^{-3}$ m^2/s ist typisch für einen Kluft- und Karstgrundwasserleiter und zwei Größenordnungen höher als im überlagernden Unterkeuper-Stockwerk. Für den Tiefbrunnen Rudersberg, der das Grundwasser im Oberen Muschelkalk erschließt, wurde nach dem Neuausbau des Brunnens (1991) aus einem Pumpversuch eine etwas geringere Transmissivität von $T_A = 2{,}6 \cdot 10^{-4}$ m^2/s ermittelt.

Die hydraulische Durchlässigkeit der Gesteine des Gipskeupers (Mittlerer Gipshorizont, Bleiglanzbank) in der GWM 1/13 ist wie in der EKB 1/12 gering. Bei einer Entnahmerate von 6,5 l/min (0,11 l/s) wurde der Wasserspiegel um ca. 5 m abgesenkt (26.02.2013).

6.3 Flowmeter-Messungen

Nach den vorgenommenen Flowmeter-Messungen, z.T. unterstützt durch Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen (Anl. 14.4, Untersuchung durch Fa. Terratec) wurden folgende Zutrittszonen im Bohrloch der EKB 1/12 ermittelt:

Tab 6.3: Übersicht über durchgeführte Flowmeter-Messungen in EKB 1/12

Datum	Aktuelle Bohrtiefe (m)	Messstrecke von-bis (m)	Zutrittsbereich (m)	Geol. Horizont	Art der Messung
04.10.2012	45,00	14,8-45,0	31,1 und 42,1	Weinsberg-Horizont, Dunkelrote Mergel	Ruhe, Produktion, Wiederanstieg
21.01.2013	80,00	65,3-78,9	undeutlich (s.u.)	Unterkeuper	Ruheprofil
21.01.2013	80,00	66,9-73,8	undeutlich (s.u.)	Unterkeuper	Pumpstufe 1
21.01.2013	80,00	72,9-79,0	undeutlich (s.u.)	Unterkeuper	Pumpstufe 2
28.01.2013	94,50	74,0-94,1		Unterkeuper/Oberer Muschelkalk	Ruheprofil
28.01.2013	94,50	81,4-94,1	82-86 (vereinzelte Zutritte) 88,0, 90,0	Unterkeuper/Oberer Muschelkalk	Pumpstufe

Nach Bericht der Fa. Terratec vom 07.06.2013 waren im Bereich des Unterkeupers nur sehr undeutliche Zutritte feststellbar, die sich aus den Flow-Metergrafiken bei 72,0 m bis 75,0 m u. GOK verorten lassen.

6.4 Hydrochemische Ergebnisse

Neben der Entnahme von Grundwasserproben aus den einzelnen Grundwasserstockwerken standen auch die genaue Lokalisierung einzelner Grundwasserzutritte sowie das Einmessen von Gefügedaten (Schicht- und Kluftflächen) mit Hilfe von optischen und akustischen Bohrlochscans im Vordergrund (s.u.).

Begleitend zum Bohrvorgang und zum Ausbau der Erkundungsbohrung EKB1/12 sowie der Grundwassermessstelle GWM1/13 in Rudersberg-Zumhof wurden in verschiedenen Tiefen bzw. Grundwasserstockwerken Wasserproben entnommen und vom RPF, LGRB, hydrochemisch untersucht.

Insgesamt wurden im Berichtszeitraum 7 Wasserproben (vgl. Tab. 6.4) hydrochemisch analysiert. Darauf entfallen auf das Gipskeuper-Stockwerk 4 Analysen, auf das tiefere Unterkeuper-Stockwerk 3 Analysen. Nicht untersucht wurde das Grundwasser im tiefsten erschlossenen Grundwasser-Stockwerk Oberer Muschelkalk. Analysen aus diesem Stockwerk liegen jedoch vom ca. 500 m nordwestlich gelegenen Tiefbrunnen Rudersberg vor.

Tab. 6.4: Übersicht der Grundwasserbeprobung in EKB 1/12

Datum	**LGRB-Proben-Nummer**	**Entnahmerrate [l/s]**	**Entnahmetiefe [m u. MP]**
25.09.2012	74239	0,016	27
02.10.2012	74240	0,116	27-42
03.10.2012	74241	0,025	37-45
19.01.2013	74308	0,083	75
28.01.2013	74331	2,5	78
27.02.2013	74343	0,25	73

Tab. 6.5: Übersicht der Grundwasserbeprobung in GWM 1/13

Datum	**LGRB-Proben-Nummer**	**Entnahmerrate [l/s]**	**Entnahmetiefe [m u. MP]**
26.02.2013	74342	0,11	31

Neben der grundsätzlichen Analyse der hydrochemischen Unterschiede sowie den Typisierungen der Grundwässer nach verschiedenen Methoden ist vor allem die Berechnung der Mineral-Sättigungszustände von Bedeutung. Besonderes Augenmerk ist auf die Sättigungszustände an den Sulfatmineralen Gips und Anhydrit zu richten.
Damit kann gezeigt werden, welches Lösungs-/Ausfällungspotenzial hinsichtlich Gips und Anhydrit im Untergrund von Rudersberg-Zumhof vorhanden ist.

Für die Mineralsättigungs-Berechnungen wurde das Windows-Programm PHREEQC (Version 2) des United States Geological Survey (USGS) verwendet.

6.4.1 Gipskeuper-Grundwasserstockwerk

Im Bereich der Erkundungsbohrung EKB1/12 befindet sich der Gipsspiegel in 37,6 m Tiefe. Der höchste Grundwasserstand im Gipskeuper befindet sich oberhalb des Gipsspiegels, und zwar in einer Tiefe von 17,96 m unter GOK (25.09.2012, Messung Büro Voutta, UK Verrohrung bei 14,80 m, Bohrtiefe ca. 22,35 m) bzw. in einer Tiefe von 20,5 - 21 m unter GOK (02.10.2012, Verrohrung bis 17,2 m, Bohrtiefe 42 m, Packer bei 26 - 27 m). Der oberste grundwassererfüllte Bereich ist somit sulfatgesteinsfrei.

Die drei aus verschieden Tiefen (20, 23 - 27 m Mittlerer Gipshorizont, 27 - 42 m Mittlerer Gipshorizont-Dunkelrote Mergel, 37 - 45 m Dunkelrote Mergel - Bochingen-Horizont) entnommenen Wasserproben aus der Erkundungsbohrung EKB1/12 sind normal erdalkalische Wässer. Zur Tiefe hin steigt der Sulfatgehalt an, somit zeigen die Grundwässer eine Entwicklung vom überwiegend hydrogenkarbonatischen, über den hydrogenkarbonatisch-sulfatischen zum überwiegend sulfatischen Typ hin (Abb. 6. 5, Piper-Diagramm, Typisierung nach FURTAK & LANGGUTH, 1967).

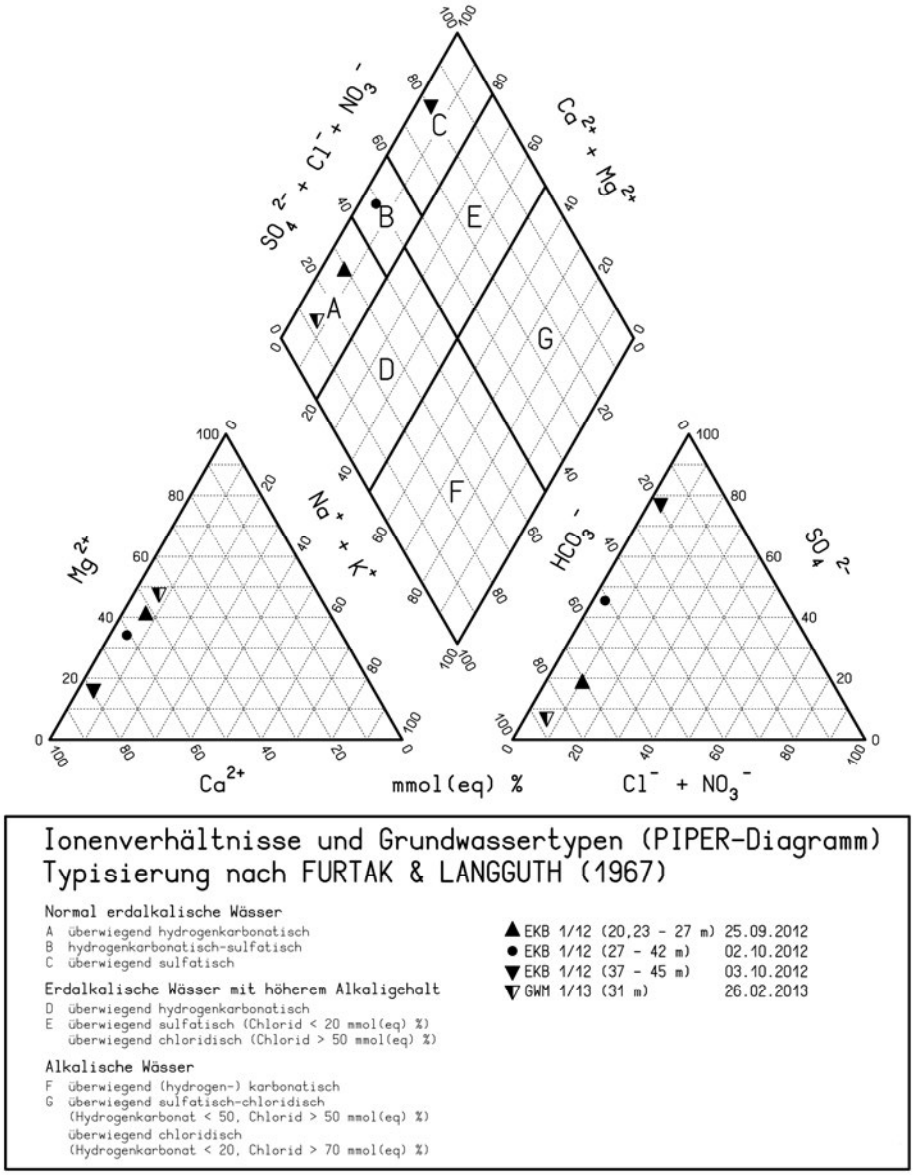


Abb. 6.5: Piper-Diagramm, Hydrochemische Typisierung von Gipskeuper-Grundwässern aus unterschiedlichen Tiefen in der EKB 1/12 und GWM 1/13

Nach der für Mineralwässer üblichen Typisierung ist das oberflächennahe Gipskeuper-Grundwasser vom Ca-Mg-HCO_3-Typ, zur Tiefe hin folgen die Grundwässer vom Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ und vom Ca-SO_4-Typ (UDLUFT-Diagramme, Anl.6.6 - 6.9).

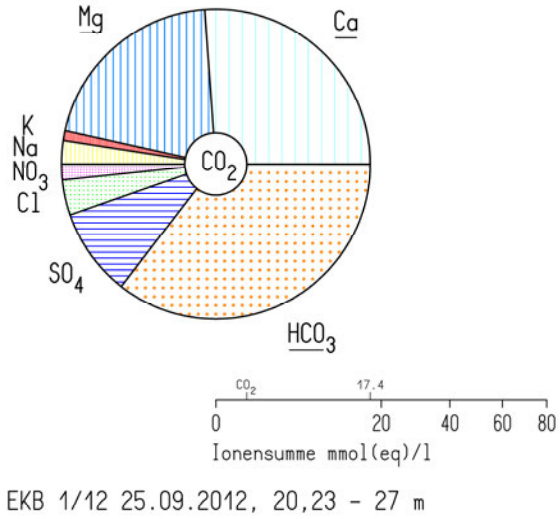


Abb. 6.6 : Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 20,23 - 27 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-HCO_3-Typ)

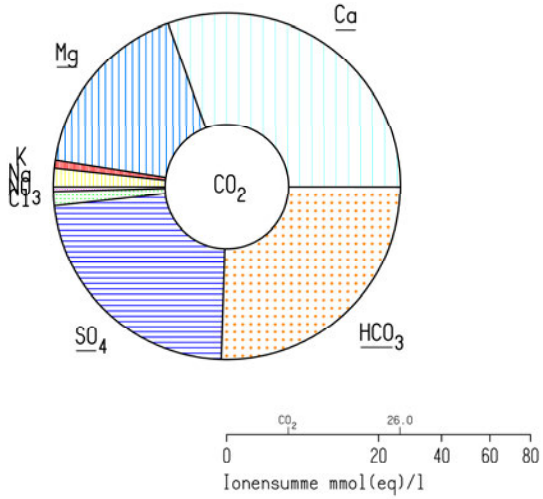


Abb. 6.7: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 27 - 42 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)

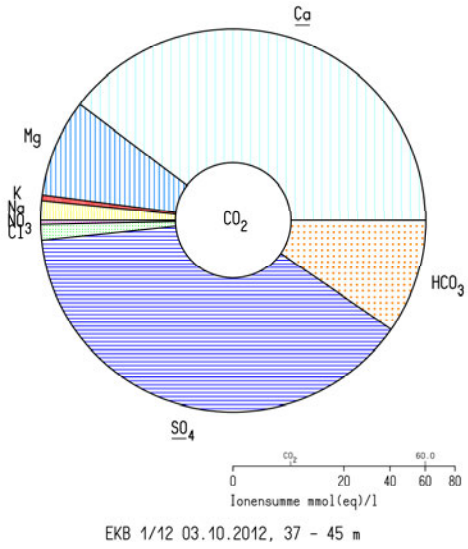


Abb. 6.8: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 37 - 45 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-SO_4-Typ)

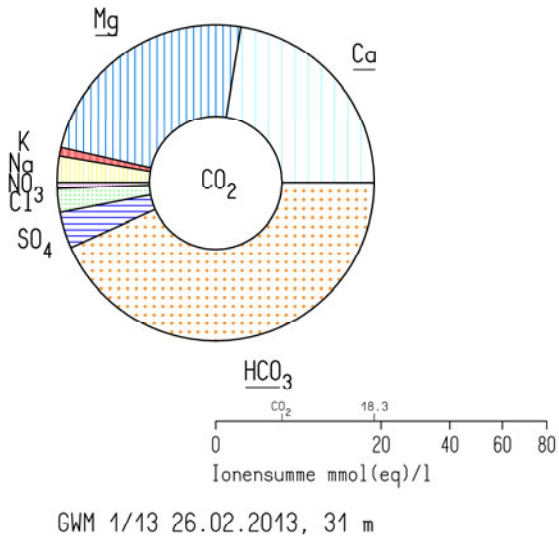


Abb. 6.9: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwasser aus 31 m Tiefe in der GWM 1/13 (Mg-Ca-HCO_3-Typ)

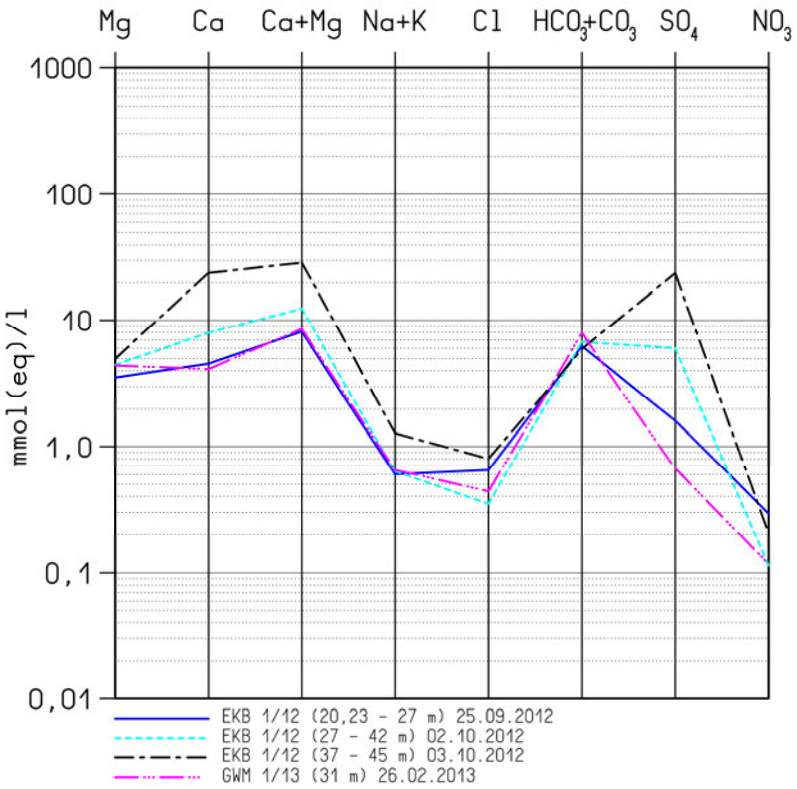


Abb. 6.10: Schoeller-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Gipskeuper-Grundwässern aus unterschiedlichen Tiefen in der EKB 1/12 und GWM 1/13

Die Wässer unterscheiden sich in der Höhe der Mineralisation deutlich. Die elektrische Leitfähigkeit steigt zur Tiefe hin von 753 µS/cm (25°C) über 1040 µS/cm auf 2200 µS/cm, der Sulfatgehalt von 77,4 mg/l über 289 mg/l auf 1140 mg/l. Die Zunahme der Mineralisation ist im Wesentlichen auf die Lösung von Sulfatmineralen (Gips) zurückzuführen.

In der nahegelegenen GWM1/13, die das oberflächennahe Grundwasser im Mittleren Gipshorizont erschließt, wurde ein normal erdalkalisches, überwiegend hydrogenkarbonatisches und mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 763 µS/cm (25°C) relativ gering mineralisiertes Wasser angetroffen. Dieses stimmt hydrochemisch bis auf den geringeren Sulfatgehalt von nur 32,1 mg/l mit dem in der EKB1/12 in diesem Tiefenbereich angetroffenen Wasser überein.

6.4.2 Unterkeuper-Grundwasserstockwerk

Das in der EKB1/12 im Unterkeuper erschlossene Grundwasser (3 Analysen) ist ein normal erdalkalisches, überwiegend sulfatisches Wasser (Abb. 6.11, Piper-Diagramm, Typisierung nach FURTAK & LANGGUTH, 1967).

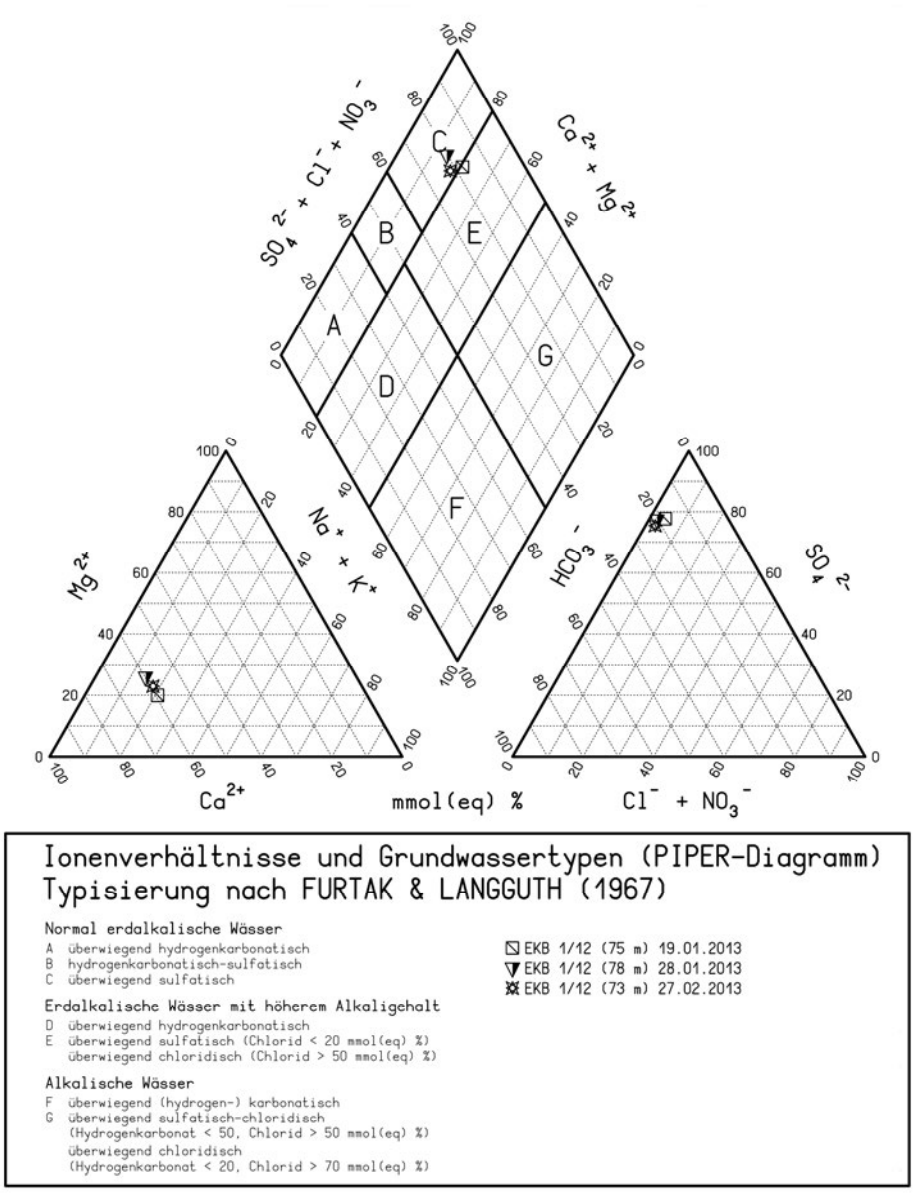


Abb. 6.11: Piper-Diagramm: Hydrochemische Typisierung von Unterkeuper-Grundwasser in der EKB 1/12

Die Mineralisation ist erhöht, entsprechend zeigt die elektrische Leitfähigkeit höhere Werte von 1680 - 1870 µS/cm (25°C). Es ist sulfatreich (869 - 1090 mg/l) und somit geprägt duch die Lösung von Sulfatgestein (Gips). Im Bohrkern der EKB1/12 waren im Aquiferbereich, dessen Schichten bereichsweise gipsführend sind, allerdings keine Hinweise auf entsprechende Lösungshohlräume zu erkennen.

Nach der für Mineralwässer üblichen Typisierung ist es vom Ca-Mg-SO_4-HCO_3-Typ (UDLUFT-Diagramme, Abb.6.12 - 6.14), wobei die erste, im Unterkeuper-Stockwerk entnommene Wasserprobe vom Ca-SO_4-Typ wahrscheinlich noch bohrbedingte Einflüsse, erkennbar am erhöhten Kaliumgehalt (inhibierte Bohrspülung), zeigt. Aus dem SCHOELLER-Diagramm (Abb. 6.12) ist ersichtlich, dass die Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe in den drei Analysen bis auf den geringen, aber deutlich variierenden Nitratgehalt (<0,52 mg/l, 2,33 mg/l, 7,68 mg/l) gut übereinstimmen.

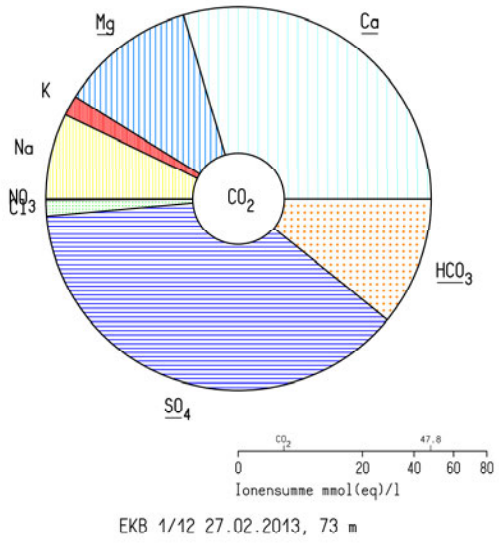


Abb. 6.12: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser aus 73 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-SO_4-HCO_3-Typ)

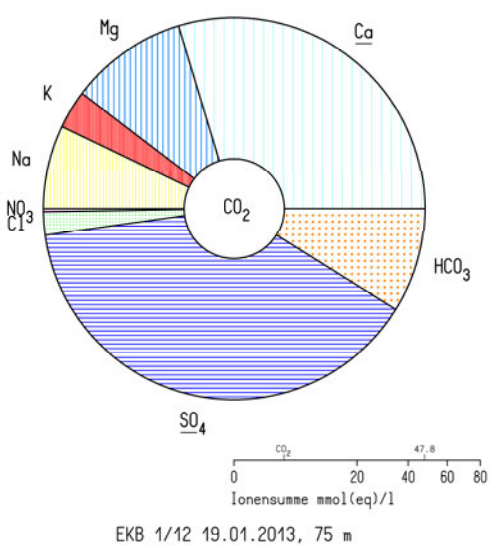


Abb. 6.13: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser aus 75 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-SO_4-Typ)

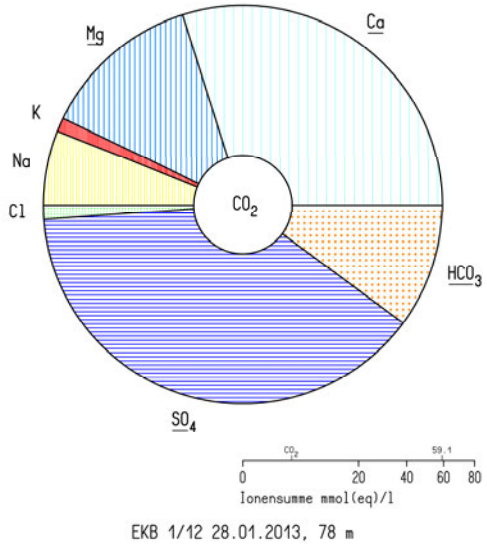


Abb. 6.14: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser aus 78 m Tiefe in der EKB 1/12 (Ca-Mg-SO_4-HCO_3-Typ)

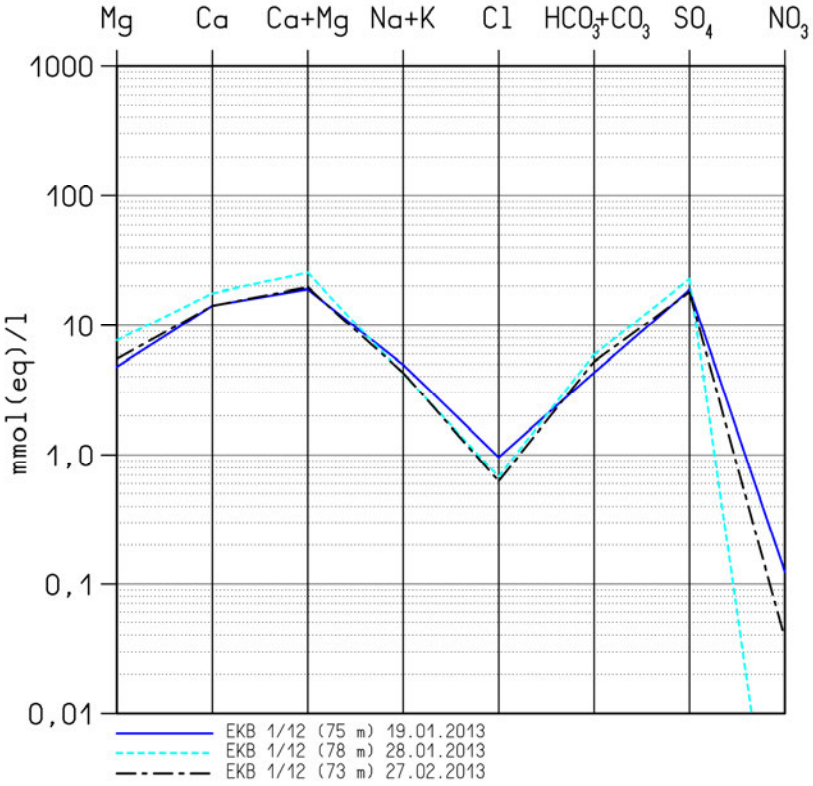


Abb. 6.15: Schoeller-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Unterkeuper-Grundwasser in der EKB 1/12

6.4.3 Oberer Muschelkalk-Grundwasserstockwerk, Tiefbrunnen Rudersberg

Während des Pumpversuchs am 25.01.2013 wurde lediglich die Temperatur (14,1 °C) und die elektrische Leitfähigkeit (1165 µS/cm (25°C)) des Grundwasser im Oberen Muschelkalk der EKB 1/12 gemessen. Da das Grundwasser im Oberen Muschelkalk der EKB1/12 nicht hydrochemisch untersucht wurde, wird der Tiefbrunnen Rudersberg zu Vergleichszwecken herangezogen. Der Tiefbrunnen Rudersberg liegt ca. 500 m nordwestlich von Rudersberg-Zumhof in der Talaue der Wieslauf. Die Schichten der Grabfeld-Formation sind hier bis auf wenige Meter abgetragen und vollständig ausgelaugt. Die Obergrenze des Oberen Muschelkalks liegt hier in einer Tiefe von 34,50 m u. GOK.

Das im Tiefbrunnen Rudersberg im **Oberen Muschelkalk** erschlossene Grundwasser (5 Analysen aus dem Zeitraum 1988 - 1993, vor und nach der Brunnensanierung im Jahr 1991) ist ein normal erdalkalisches, überwiegend hydrogenkarbonatisches bis überwiegend hydrogenkarbonatisch-sulfatisches Wasser (Abb. 6.16, Piper-Diagramm, Typisierung nach FURTAK & LANGGUTH, 1967).

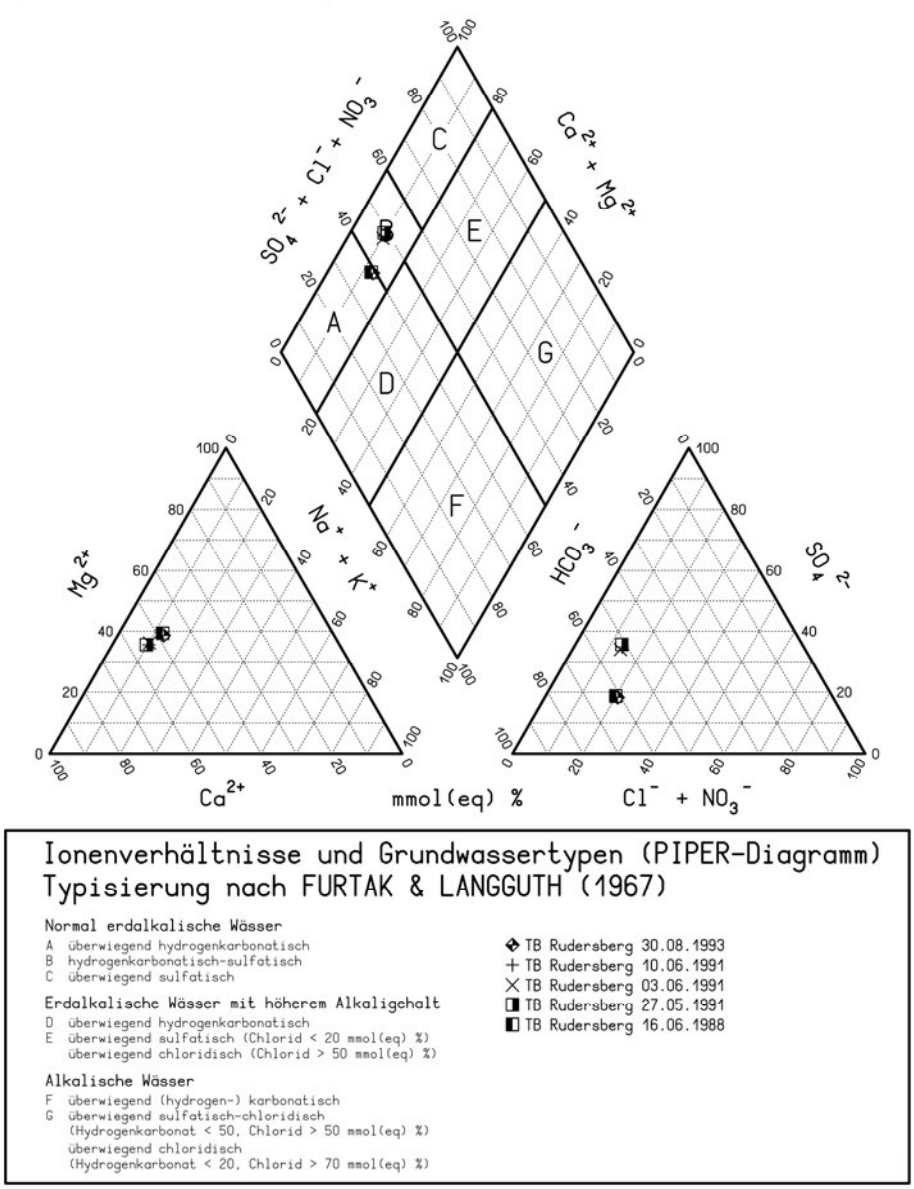


Abb. 6.16: Piper-Diagramm: Hydrochemische Typisierung von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg

Nach der für Mineralwässer üblichen Typisierung ist es vom Ca-Mg-HCO_3-Typ bzw. vom Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ (UDLUFT-Diagramme, Abb.6.17 - 6.20). Es handelt sich um ein Wasser, das deutlich geringer mineralisiert ist (elektrische Leitfähigkeit: 850 - 1110 µS/cm (25°C)) als das Grundwasser im nächsthöheren Unterkeuper-Grundwasserstockwerk in

Rudersberg-Zumhof. Der Gehalt an gelösten Stoffen resultiert im Wesentlichen aus der Lösung von Calcit und Dolomit. Der zeitweise erhöhte Sulfatgehalt (220 - 228 mg/l) während des Pumpversuchs im Jahr 1991 weist auf eine zusätzliche hydrochemische Prägung durch gelösten Gips hin. Aus dem SCHOELLER-Diagramm (Abb. 6.21) ist ersichtlich, dass die Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe bis auf den Sulfatgehalt gut übereinstimmen. Nach Berechnungen mit dem Programm PHREEQC besitzt das Muschelkalk-Grundwasser ein hohes Lösungspotenzial für die Minerale Anhydrit und Gips.

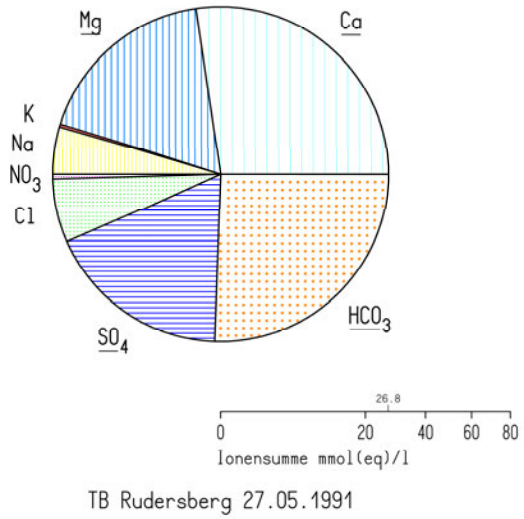


Abb. 6.17: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (27.05.1991, Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)

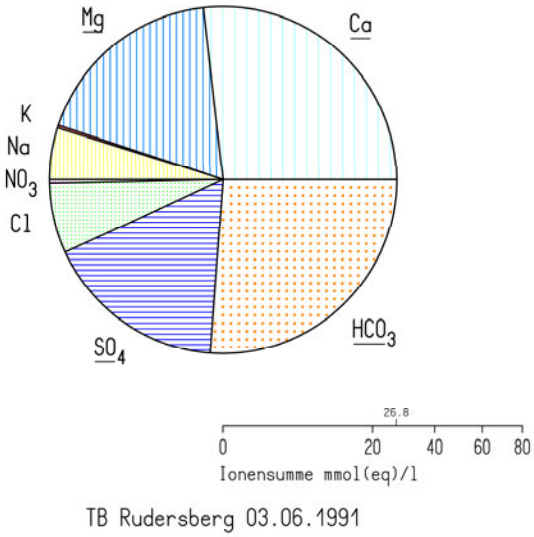


Abb. 6.18: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (03.06.1991, Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)

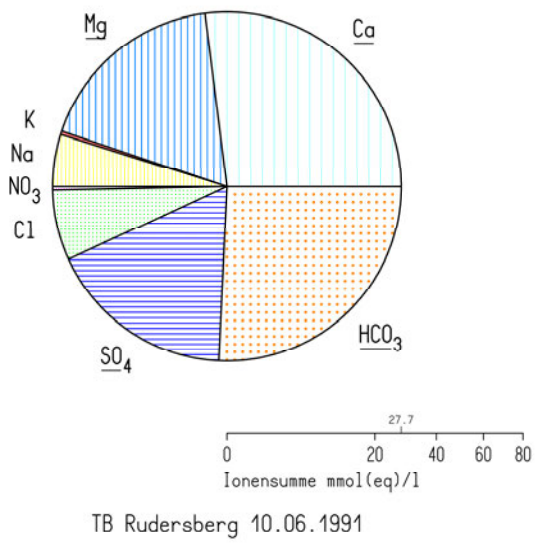


Abb. 6.19: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (10.06.1991, Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ)

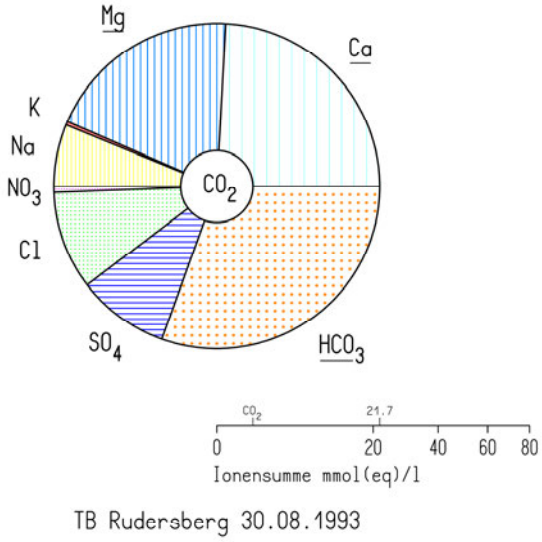


Abb. 6.20: Udluft-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg (Ca-Mg-HCO_3-Typ)

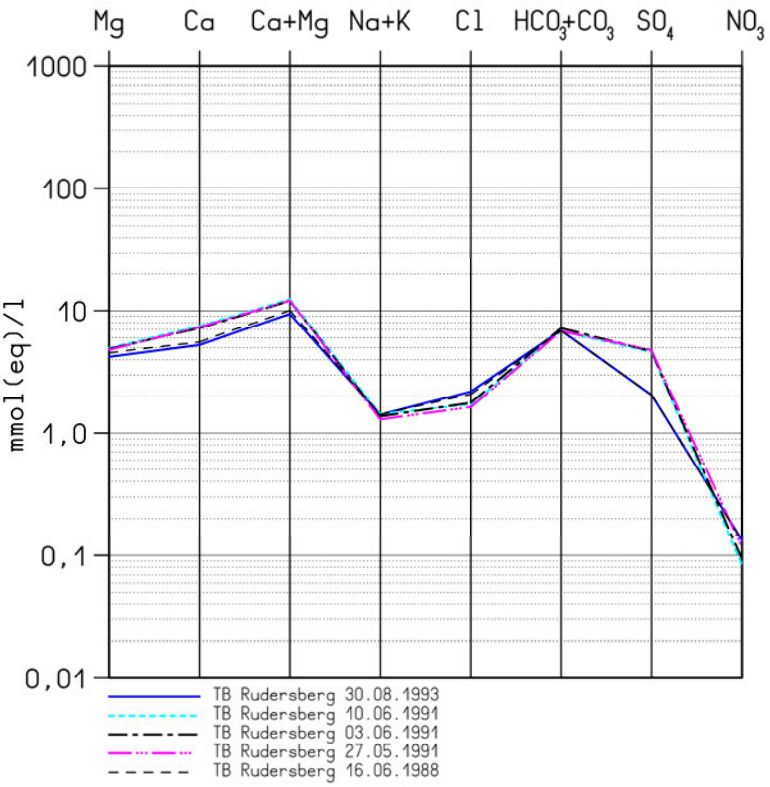


Abb. 6.21: Schoeller-Diagramm: Äquivalentkonzentrationen von Oberer Muschelkalk-Grundwasser im Tiefbrunnen Rudersberg

Im Bereich der Erkundungsbohrung EKB1/12 in Rudersberg-Zumhof ist das Grundwasser im Oberer Muschelkalk-Grundwasserstockwerk gespannt, es kann bei einer Druckhöhe von 74,04 m (28.01.2013) nur bis in den mittleren Bereich des nächsthöheren Grundwasserstockwerks, das Unterkeuper-Grundwasserstockwerk, aufsteigen. Ein Aufsteigen des Muschelkalk-Grundwassers in die Grundgipsschichten wäre, auch bei Berücksichtigung natürlicher Druckschwankungen, sehr unwahrscheinlich.

6.5 Mineral-Sättigungszustände

Die mit dem hydrochemischen Programm PHREEQC (Version 2) des United States Geological Survey (USGS) berechneten Mineral-Sättigungszustände (Tab. 6.6) zeigen folgendes Bild: alle Wasserproben aus der EKB1/12 und der GWM1/13 sind bei den gemessenen pH-Werten an Calcit und Dolomit übersättigt (positiver Sättigungsindex), an Gips und an Anhydrit deutlich untersättigt (negativer Sättigungsindex). Dementsprechend könnte im Untergrund in allen beprobten Horizonten und Grundwasserstockwerken sowohl Anhydrit als auch Gips gelöst werden. Auffällig sind die durchgängigen Übersättigungen an Calcit und Dolomit, die nicht realistisch erscheinen. Da die für die Berechnung der Mineral-Sättigungszustände der pH-Wert eine wichtige Berechnungsgrundlage darstellt, müssen die gemessenen pH-Werte, die alle im alkalischen Bereich (7,3 - 7,6) liegen, hinterfragt werden. Trotz dieser Unsicherheit zeigt sich, dass die beprobten oberflächennächsten Grundwässer im Gipskeuper das höchste Lösungspotenzial für Anhydrit und Gips aufweisen. Zur Tiefe hin erfolgt eine zunehmende Lösung von Sulfatmineralen und das Lösungspotenzial für Gips und Anhydrit sinkt direkt oberhalb der Grundgipsschichten in der Entnahmetiefe 37 - 45 m Tiefe (Dunkelrote Mergel-Bochingen-Horizont) auf ein Minimum. Während der Passage des Grundwassers im Untergrund wurde somit Gips bis nahe an die Sättigung gelöst.

Aus den Grundgipsschichten (d.h. aus dem quellfähigen Gebirgsabschnitt) selbst liegt keine Wasseranalyse vor, so dass hier auch keine Angaben zu den Sättigungszuständen gemacht werden können.

Unterhalb der Grundgipsschichten, im Unterkeuper-Grundwasserstockwerk, das bereichsweise sulfatgesteinsführend ist, ist die Gips- und Anhydritsättigung des gespannten Grundwassers geringer als direkt oberhalb der Grundgipsschichten. Aufgrund der Druckverhältnisse könnte das Grundwasser in diesem Grundwasserstockwerk - sofern hydraulische Wegsamkeiten bestehen - bis etwa in den mittleren Bereich der Grundgipsschichten aufsteigen und sowohl Gips als auch Anhydrit lösen.

Tab. 6.6: Mineral-Sättigungszustände von Grundwässern in Rudersberg-Zumhof

Entnahme-stelle	Probenahme-datum	Analysen-datum	pH-Wert	Sättigungsindex SI log (IAP / KT)			
				Gips	Anhydrit	Calcit	Dolomit
EKB1/12 (km1)	25.09.2012	09.10.2012	7,40 (G)	-1,69	-1,94	0,33	0,53
EKB1/12 (km1)	02.10.2012	09.10.2012	7,30 (G)	-0,99	-1,24	0,39	0,47
EKB1/12 (km1)	03.10.2012	17.10.2012	7,40 (G)	-0,18	-0,43	0,75	0,78
EKB1/12 (ku)	19.01.2013	28.01.2013	7,38 (L)	-0,41	-0,66	0,39	0,23
EKB1/12 (ku)	28.01.2013	21.02.2013	7,30 (G)	-0,31	-0,56	0,55	0,72
GWM1/13 (km1)	26.02.2013	14.03.2013	7,60 (G)	-2,12	-2,37	0,58	1,16
EKB1/12 (ku)	27.02.2013	14.03.2013	7,60 (G)	-0,44	-0,69	0,74	1,06

(G = pH-Wert-Messung im Gelände, L = Messung im Labor)

7 Untersuchungen im Bohrloch der EKB 1/12

Zur Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse wurden neben der lithologischen Bohrkernansprache (Kap. 5.1.2) sowie der mineralogisch-bodenmechanischen Bohrkernanalyse (Kap. 5.5.4) verschiedene Verfahren eingesetzt, deren Methodik und Zielsetzungen im Folgenden beschrieben werden.

7.1 Geophysikalische Bohrlochmessungen

Geophysikalische Bohrlochmessungen dienen der Gewinnung quantitativer und qualitativer in-situ-Aussagen in einer Bohrung (Anl. 14). Die in Rudersberg-Zumhof eingesetzten Untersuchungsmethoden in der EKB 1/12 sind in der unten stehenden Tabelle Tab. 7.1 zusammengestellt, die Ergebnisse der geophysikalischen Bohrlochmessungen (vgl. Berichte der Fa. Terratec, Heitersheim) können den Anlagen 14 entnommen werden.

Tab. 7.1: Übersicht über die eingesetzten geophyikalischen Untersuchungsmethoden in EKB 1 (nach Bericht Terratec)

Datum	Tiefe (m)	Verrohrungstiefe (m)	Wasserspiegel Ruhe (m)	Wasserspiegel Produktion (m)	Pumpen-Einlauf (m)	Pumprate (l/s)	Param.	von (m)	bis (m)
04.10.12	45,0	14,8	23,95				Bild	0,0	39,1
04.10.12	45,0	14,8	23,95				Bild	32,0	44,4
04.10.12	45,0	14,8	23,95				TLF R	23,9	44,2
04.10.12	45,0	14,8	23,95				Flow R	23,0	44,4
04.10.12	45,0	14,8	23,95				Gamma	44,4	0,0
04.10.12	45,0	14,8	x	starke Absenkung	43,6	0,5	TLF P	28,5	42,3
04.10.12	45,0	14,8	x	Wiederanstieg	43,6		TLF W1	29,6	44,2
04.10.12	45,0	14,8	x	Wiederanstieg	43,6		TLF W2	24,9	44,2
16.11.12	67,6	48,4	33,7				Bild	67,6	48,4
16.11.12	67,6	48,4	33,7				Verlauf	65,5	44,0
16.11.12	67,6	48,4	33,7				Gamma	65,5	44,0
16.11.12	67,6	48,4	33,7				Verlauf	46,1	0,0
16.11.12	67,6	48,4	33,7				Gamma	46,1	0,0
21.01.13	80,0	66,65	43,86				Bild	66,0	79,7
21.01.13	80,0	66,65	43,86				Verlauf	66,0	79,7
21.01.13	80,0	66,65	43,86				Gamma	65,0	79,0
21.01.13	80,0	66,65	43,86				Flow R	65,0	79,0
21.01.13	80,0	66,65		starke Absenkung	63,0	0,83	Flow P	65,1	72,0
21.01.13	80,0	66,65		starke Absenkung	63,0	0,83	Flow P	72,0	79,0
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			Bild	74,9	90,5
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			Verlauf	74,9	90,5
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			Bild	83,5	94,4
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			Verlauf	83,5	94,4
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			Gamma	73,9	94,2
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			Flow R	73,9	94,2
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8			TLF R	73,9	94,3
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8	78,0	2,5	Flow P	81,5	94,0
28.01.13	94,4	66,65	73,85	76,8	78,0	2,5	TLF P	81,5	94,0

TLF = Temp./Leitfähigkeit; R = Ruhe; P = Produktion

Die eingesetzten geophysikalischen Untersuchungsmethoden sind nachfolgend beschrieben.

7.1.1 Optischer Bohrlochscanner (ETIBS)

Die Messungen mit dem optischen Bohrlochscanner (Anl. 14.3) dienen der Ermittlung von Strukturdaten (Schichtung, Schieferung, Klüftung) und deren Orientierung.

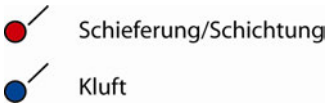
Der Optische Bohrlochscanner erzeugt kontinuierliche Logs von orientierten, hochauflösenden Videobildern der Bohrlochwand. Die Bohrlochwand wird als Mantelabbildung dargestellt und kann mit Schicht- und Strukturinformationen versehen werden. Im Gegensatz zum akustischen Scanner ist der optische Televiewer nur bei weitgehend klarer Bohrspülung oder in mit Luft oder Gas gefüllten Bohrlöchern sinnvoll einsetzbar. Deshalb konnte in der Erkundungsbohrung EKB 1/12 mit Beginn der Verwendung der inhibierten Bohrspülung (Kap. 5.1.1) dieses Verfahren nicht eingesetzt werden.

7.1.2 Akustischer Scanner (BHTV)

Die Messungen mit dem akustischen Scanner (Anl. 14.3dienen der Ermittlung von Strukturdaten (Schichtung, Schieferung, Klüftung) und deren Orientierung, sowie des Bohrlochverlaufs und des Bohrlochkalibers.

Beim Akustischen Scanner (BHTV) wird die Wandung der Bohrung mit einem Ultraschallsignal abgetastet. Im Messdiagramm sind die *Travel Time* (*rechte Spur*) und die *Amplitude* (*linke Spur*) als abgerollte 360° Bohrlochinnenwandabtastung dargestellt. Bei der *Travel Time* stehen dunkle Farbtöne für kurze und helle für lange Laufzeiten (z. B. längerer Weg). Bei der *Amplitude* stehen dunkle Farbtöne für niedrige Reflexionsamplituden (Risse, Klüfte, weiches Material), helle Farbtöne für hohe Reflexionsamplituden (festes Material).

Aus den Daten des Akustischen Scanners (*Travel Time, Amplitude*) wurden die Strukturen getrennt nach folgenden Kriterien in ihrer Richtung und Neigung eingemessen:



Die Auswertungen beziehen sich ausschließlich auf die akustischen Signale des Gebirges. Ein akustisches System unterscheidet nicht zwischen einer lokalen Schwächung des Gebirges (zum Beispiel einem Riss oder einer feinen Kluft) und akustisch schwächerem Material (zum Beispiel Toneinlagerungen). Um eine klare Sprachregelung zu treffen, wird von *Schichtung* gesprochen, wenn diese als Parallelgefüge erkannt werden kann. Alle anderen Strukturen werden als *Klüfte* gekennzeichnet. Diese werden auch in der Laufzeit zumindest teilweise erkannt, da Sinusspuren in der Laufzeit durch offen stehende Strukturen und somit durch eine erhöhte Laufzeit verursacht werden.

Die Strukturverläufe (Sinusspuren) auf dem Amplitudenbild zeigen die *scheinbaren, unrotierten* Orientierungen relativ zur Bohrungsachse. Bei größerer Neigung der Bohrung werden das scheinbare Einfallen und der Azimut der eingemessenen Strukturen mit Hilfe der Bohrungsverlaufsdaten auf ihre tatsächliche Raumlage korrigiert. Das Tad Pole (*TADPOLE*) Diagramm und die Lagekugel (*STEREO)* zeigen dann die *wahren, orientierten* Azimut- und Einfallswerte.

Zur besseren Übersicht über alle in der Bohrung herrschenden Richtungen wurde jeweils eine Polpunktdarstellung (alle Gefügedaten) für das gesamte Tiefenintervall berechnet und dargestellt. Die Lagekugeldarstellung (*STEREO*) zeigt die Flächenpole der wahren Azimut- und Einfallswerte, dargestellt im Schmidtschen Netz, untere Halbkugel, in den jeweiligen Messabschnitten.

Die in der *TADPOLE* Spur verwendeten Symbole sind folgendermaßen zu lesen:
Die Position des Symbols auf der Horizontalachse gibt die Neigung der Struktur an
(0 – 90 Grad), der Strich am Symbol gibt die Einfallsrichtung der Struktur an. Die hier verwendeten Symbole der zwei Typen und ihre Bedeutung sind oben dargestellt.

7.1.3 Kalibermessung

Das Kaliber wurde entweder aus den Laufzeiten (*Travel Time*) des Akustischen Scanners berechnet oder mit der 3-Arm Kalibersonde gemessen und in mm dargestellt. Das Kaliber aus der Laufzeitmessung wurde als gemitteltes Kaliber dargestellt. Die Überprüfung der Messung erfolgte im bekannten Durchmesser der Verrohrung.

7.1.4 Messung von Neigung und Richtung

Die Kurven der Neigung und Richtung (Azimut), bezogen auf magnetisch Nord, geben die Bohrlochabweichung in der entsprechenden Tiefe in Grad an. Der Bohrlochverlauf wird aus der Kombination von einer Kompassmessung und einer Neigungsmessung bestimmt. Innerhalb der magnetischen Stahlverrohrung ist die Kompassmessung gestört. Für die Richtung der Bohrung, in Bezug auf Nord, wird daher im Bereich der Stahlverrohrung die erste ungestörte Richtungsmessung unterhalb der Verrohrung angenommen.

Zur Bestimmung der Richtung und Neigung im verrohrten und offenen Bohrloch wurde zusätzlich eine Messung mit der Gyro-Sonde durchgeführt. Die Sonde verwendet 12 Sensoren, um ihre relative Lage zu jeder gegebenen Richtung zu ermitteln.

7.1.5 Natürliche Gammastrahlung

Die Messung der natürlichen Gammastrahlung *GR* in cps (counts per second) dient der Unterscheidung der verschiedenen Lithologien.

Beim Zerfall des radioaktiven Isotops ^{40}K wird eine charakteristische Strahlung emittiert, die von einem Szintillationszähler in der Sonde gemessen wird. Kalium ist ein häufig auftretendes Kation in Tonmineralen, deshalb wird mit der Gamma-Messung primär qualitativ der Tonanteil des Gesteins bestimmt. Gamma-Messungen sind von besonderer Bedeutung für tiefendifferenzierte Aussagen zur lithologischen Ausbildung (insbesondere Tongehalte) und bei der Ermittlung von Wasserwegsamkeiten. Die Messungen können auch in Verrohrungen und Ausbauten vorgenommen werden und sind sowohl im spülungsgefüllten wie im trockenen Bohrloch möglich.

7.2 Ergebnisse der geophysikalische Bohrlochmessungen in EKB 1/12

Die Bohrlochwand der Erkundungsbohrung EKB 1/12 wurde mit optischen und akustischen Scannern aufgenommen (Anl. 14.3). Aufgrund eines Wasserfilmbelags kam es in einem Tiefenabschnitt zwischen 17,9 m und 23,8 m bei der Ausleuchtung des optischen Scanners zu Reflexionen, weshalb dieser Abschnitt nur undeutlich erkennbar ist. Ferner konnten im Abschnitt zwischen 44,3 m und 48,2 m keine Aufnahmen der Bohrlochwan-

dung erfolgen, da die Bohrung am Aufnahmetag nur bis 45 m gebohrt und bei einem weiteren Aufnahmetag bereits bis 48,4 m verrohrt war.

Nach den im offenen Bohrloch ausgeführten optischen und akustischen Scans wurden insgesamt 159 Trennflächen ermittelt, davon sind 140 Flächen flach geneigten Strukturen zuzuordnen, die im wesentlichen als sedimentäre Flächen (Schichtflächen oder fazielle Grenzflächen) zu bezeichnen sind, die eine bevorzugte Einfallsrichtung nach SW-W-NW zeigen. Bei den übrigen 19 Flächen handelt es sich um i.d.R. steil geneigte Kluftflächen (um 80°) ohne bevorzugte Einfallsrichtungen und -winkel.

Von diesen Kluftflächen wurden eine im Mittleren Gipshorizont, eine im Weinsberg-Horizont, zwei in den Dunkelroten Mergeln und drei in den Grundgipsschichten, eine im Bereich des Grenzdolomits, eine im Linguladolomit, zwei im Anoplohoradolomit, eine in den Sandigen Pflanzenschiefern und eine in den Künzelsauschichten detektiert, d.h. sieben Kluftflächen im Gipskeuper, fünf Kluftflächen im Unterkeuper und eine im Oberen Muschelkalk.

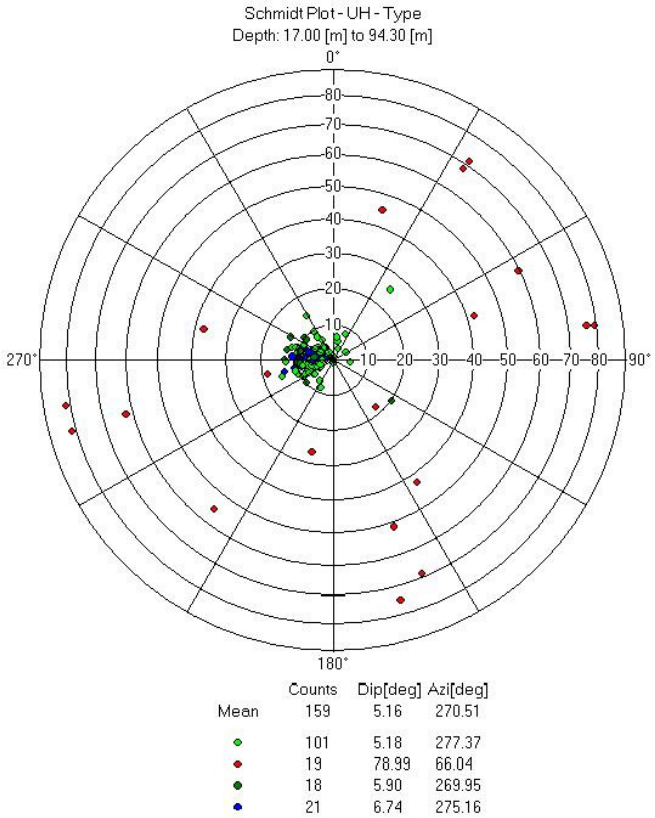


Abb. 7.1: Polpunkte der in den Bohrlochscans in EKB 1 ermittelten Trennflächen (Fa. Terratec)

Bohrlochverlauf

Der Neigungswinkel der Erkundungsbohrung EKB 1/12 beträgt am Bohransatz ca. 0,5° aus der Vertikalen und bleibt bis in eine Tiefe von ca. 47 m relativ konstant, um dann bis zur Endtiefe auf 1,5° aus der Vertikalen abzuweichen. Die maximale Abweichung zwischen Bohransatzpunkt und Bohrendpunkt beträgt 0,97 m nördlich und 0,61 m östlich (Anl. 14.2).

Bohrlochwandausbrüche

Die Bohrlochscans (Anl. 14.3) zeigen über weite Teile der Messstrecke ein relativ glattes und gut kaliberhaltiges Bohrloch. Bohrlochwandausbrüche wurden in nur geringfügigem, in der Regel kleinteiligem Maße festgestellt zwischen 16,30-16,6 m, 18,8-19,2 m, 19,6-19,65 m, 21,3-21,35 m, 22,6-22,8 m, 25,8-25,85 m, 30,25-30,35 m, 30,9-31,0 m, 33,65-33,7 m, 35,4-35,55 m, 36,6-36,75 m, 36,9-37,0 m, 37,9-38,0 m, 48,3-48,75 m, 72,5-72,8 m, 80,35-80,50 m, 80,7-80,8 m.

Lithologische Differenzierung der Bohrung (Gammastrahlung)

Die Gammastrahlung (Anl. 14.2) wurde bis 65 m unter GOK durch die Verrohrung gemessen. Die jeweiligen Rohrtouren dämpfen die Strahlungsintensität und sind in der Messkurve durch stufenweise Erhöhung der Zählraten zu erkennen.

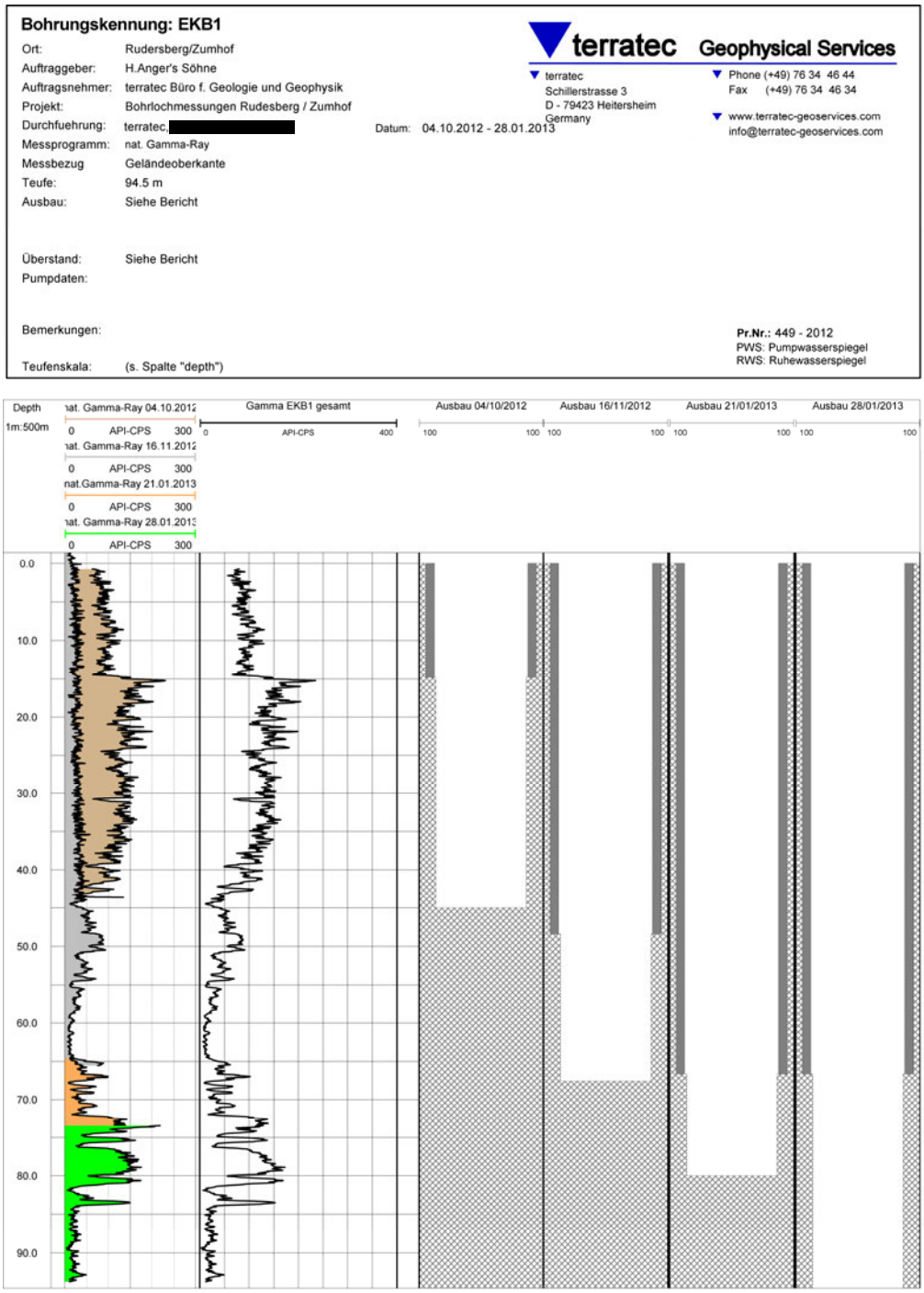


Abb. 7.2: Gamma-Messungen in EKB 1/12 in Abhängigkeit zum jeweiligen Bohrfortschritt.

Im offenen Bohrloch treten Gammaaktivitäten um 8 bis 170 cps auf. Die Gammakurve zeigt deutliche Unterschiede in der Strahlungsintensität, was auf eine ausgeprägte lithologische Wechsellagerung hindeutet. Sultaftführende Abschnitte sind generell durch eine geringere Strahlungsintensität gekennzeichnet. Die stärksten Schwankungen mit Werten zwischen 10 cps und 170 cps treten im Unterkeuper zwischen 65 und 84 m unter GOK auf. Der Obere Muschelkalk ist durch eine geringe Strahlungsintensität gekennzeichnet.

8 Laborergebnisse an Bohrkernproben der EKB 1/12 und der Havarierten Bohrung ([redacted]

Die Entnahme der Bohrproben geschah gemäß den Vorgaben des LGRB durch die Bohrfirma kurz nach der Gewinnung der Bohrkerne bzw. des Bohrguts. Die Proben (Bohrkernscheiben bzw. Bohrkernstücke von etwa 5 cm Länge der EKB 1/12 sowie Bohrklein bzw. Cuttings der Havarierten Bohrung) wurden von der Bohrfirma am Bohrplatz in Folientüten vakuumverschweißt und beschriftet. Nach Probeneingang im mineralogisch-bodenmechanischen Labor des LGRB wurden die Proben je nach festgelegtem Untersuchungsprogramm entsprechend weiter bearbeitet.

Bohrkernscheiben / Bohrkernstücke
Je nach Zustand und Festigkeit wurden die zu untersuchenden Bohrkernscheiben vorsichtig in zwei bzw. in drei repräsentative, homogene Teilproben zerlegt. Stabile Proben wurden der Länge nach mit der Gesteinssäge **trocken** zertrennt.

Die **erste Teilprobe** wurde, falls möglich, grob zerkleinert und der natürliche Wassergehalt bestimmt. Nach Trocknung wurden 30 g bis 50 g von der Probe abgetrennt und für nachfolgende Laboruntersuchungen in einer Scheiben-Schwingmühle analysenfein, d. h. bis auf Feinkorngröße (< 0,02 mm) gemahlen. Anschließend wurden die festgelegten Untersuchungen durchgeführt (Röntgenbeugung, Bestimmung des Karbonatgehalts).

Die **zweite Teilprobe** wurde paraffiniert, um die Trocken- und Feuchtdichte mittels Tauchwägung zu bestimmen. Falls von dem ursprünglichen Bohrkernstück keine dritte Teilprobe erhalten werden konnte, wurde die paraffinierte Teilprobe als Rückstellprobe in Folie eingeschweißt.

Die **dritte Teilprobe** wurde als Rückstellprobe in Folie eingeschweißt und für mögliche spätere Nachbestimmungen aufbewahrt.

Bohrklein (Cuttings)
Aus den mit Cuttings gefüllten Probentüten wurde eine repräsentative Teilmenge entnommen, um daran Karbonatgehalte zu bestimmen sowie röntgenografische Untersuchungen durchzuführen. An den Cuttings wurden keine Wassergehaltsbestimmungen und keine Bestimmungen der Feucht- und Trockendichte durchgeführt. Diese Parameter wurden durch das angewandte Überbohrverfahren stark verändert. Bedingt durch die Art der

Probennahme ergibt sich in der Havarierten Bohrung allgemein eine Ungenauigkeit in der Tiefenangabe der Bohrproben. Diese kann bis zu 2 m betragen.

Durchgeführte Laboruntersuchungen (Indexversuche)

Bei den im Labor des RPF/LGRB untersuchten Gesteins- und Bodenproben handelt es sich nach DIN 4021 um Proben der Güteklassen 2 und 3 bzw. 4 (Cuttings).
Eine Übersicht über Art und Anzahl der durchgeführten Laboruntersuchungen gibt Tab. 8.1. Die Versuchsergebnisse von EKB 1/12 sowie der Havarierten Bohrung wurden nach Plausibilitätsprüfung jeweils in eine Probentabelle (Probenspiegel, Anl. 10.1 und 10.2) übertragen und grafisch ausgewertet (Anl. 11).

Tab. 8.1: Übersicht über Art und Anzahl der durchgeführten Laboruntersuchungen

Bohrungen	Anzahl der Gesamtproben	Bestimmung des Wassergehalts	Bestimmung der Feuchtdichte	Bestimmung der Trockendichte	Bestimmung des Karbonatgehalts (n. Müller)	Bestimmung der Calciumsulfatführung RDA
EKB 1/12	91	91	91	91	91	91
Havarierte Bohrung	32				32	32

Bestimmung des Wassergehalts

Definition:
Der Wassergehalt w einer Boden-/Gesteinsprobe ist das Verhältnis der Masse des im Boden/Gestein vorhandenen Wassers m_w, das bei einer Temperatur von 40 °C bzw. 105 °C verdampft, zur Masse m_d der trockenen Probe:

$w = 100 * (m_w / m_d)$ in %

Methodik:
Die Bestimmung des Wassergehalts ist in DIN 18121 Teil 1 (1998) geregelt. Von der in der DIN angegebenen Ofentemperatur von 105 °C (Standardofentrocknung) wurde abgewichen, da bei dieser Temperatur bereits bei vielen Tonmineralen Kristallwasser abgeschieden wird. So ändern z. B. der Halloysit und bestimmte quellfähige Tonminerale ihre Kristallstrukturen und können z. B. bei anschließenden röntgenografischen Untersuchungen nicht mehr nachweisbar sein. Ähnliche Strukturänderungen treten beim Mineral Gips auf, das bereits bei ca. 60 °C einen Teil seines Kristallwassers verlieren kann und in Bassanit bzw. Halbhydrat übergeht.

Aus diesen Gründen wurde für die Bestimmung des Wassergehalts eine schonende Trocknungstemperatur von 40 ° C eingehalten und die Probe bis zur Massenkonstanz getrocknet. Es kann bei dieser Temperatur davon ausgegangen werden, dass nur das mobile und ein großer Teil des immobilen Porenwassers im Gestein verdampft. Wasserabscheidende Mineralreaktionen (z. B. Umkristallisationen) werden hierdurch ausgeschlossen.

Ergebnisse:
Die in der EKB 1/12 ermittelten Wassergehalte liegen zwischen wenigen Promille im anhydritführenden Sulfatgebirge (z.B. 61,94-62,00 m) und 17,26 % im Bereich der Gipsauslaugungsresidien (z.B. 22,25 m).

Bestimmung der Feucht- und Trockendichte

Definition:
Die Feuchtdichte (ρ) des Bodens ist die Masse (m) der feuchten Probe bezogen auf das Volumen V der Probe einschließlich der mit Wasser und Luft gefüllten Poren.

$\rho = m / V$ in g/cm³

Die Trockendichte (ρ_d) des Bodens ist die Masse (m_d) der trockenen Probe (40 °C Ofentrocknung) bezogen auf das Volumen V der Probe einschließlich der mit Wasser und Luft gefüllten Poren.

$\rho_d = m_d / V$ in g/cm³

Zwischen der Feuchtdichte und der Trockendichte gilt die Beziehung:

$\rho_d = \rho / (1+w)$ in g/cm³

Methodik:
Die Feucht- und Trockendichte wurden an Gesteinsstücken mit einem Volumen von mindestens 100 cm³ und festem Zusammenhalt durch Tauchwägung nach DIN 18125 Teil 1 (1997) bestimmt. Der Probenkörper wird nach Bestimmung der Masse (m) in eine Drahtschleife geschoben und mehrmals in flüssiges Paraffin bekannter Dichte untergetaucht, sodass sich ein vollkommener, wasserdichter, luftblasenfreier Überzug bildet. Nach dem Erkalten wird die Probe gewogen (m1) und ihr Tauchgewicht (m2) bei vollständigem Untertauchen in ca. 24 °C temperiertem Wasser bestimmt. Die Differenz zwischen Gewicht in Luft (m1) und dem Tauchgewicht (m2) entspricht dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit. Über den natürlichen Wassergehalt, der Dichte der Tauchflüssigkeit und der Dichte des Überzugs aus Paraffin wird das Volumen des Probekörpers bestimmt.

Ergebnisse:
Die in der EKB 1/12 ermittelten Feuchtdichten betragen zwischen 2,129 g/cm³ und 2,930 g/cm³; die Werte der ermittelten Trockendichten liegen zwischen 1,911 g/cm³ und 2,929 g/cm³.
An der Probe 60,95-61,00 m (Anhydritstein) wurde sowohl die maximale Feuchtdichte mit 2,930 g/cm³ als auch die maximale Trockendichte mit 2,929 g/cm³ bestimmt.

Obwohl die im Tauchwägeverfahren an Einzelproben ermittelten Trocken- und Feuchtdichten streng von den durch Klüftung, Anwitterung und tektonischer Auflockerung geprägten Gebirgsdichten unterschieden werden müssen, spiegeln sich besonders in den Werten der Trockendichten typische Auflockerungs- und Verwitterungszonen im Gebirge wieder, die zur Charakterisierung von Homogenbereiche (vgl. Kap. 8.1) herangezogen wurden.

Bestimmung des Karbonatgehalts nach Müller (Karbonatbombe)

Definition:
Der Karbonatgehalt V_{Ca} eines Bodens/Gesteins ist der durch gasometrische CO_2-Bestimmung ermittelte Massenanteil an Gesamtkarbonaten m_{Ca} bezogen auf die Trockenmasse m_d der Probe.

$V_{Ca} = 100 * m_{Ca} / m_d$ in %

Methodik:
Der Versuch wird an ca. 1 g Probenmaterial (pulverisiert, 40 °C Ofentrocknung) durchgeführt, welches in einem druckdichten Gefäß mit kalibriertem Manometer (sog. Karbonatbombe) mit überschüssiger, 20 %-iger Salzsäure versetzt wird. Der dabei durch freigesetztes CO_2 (vgl. untere Formel) entstehende maximale Gasdruck wird ermittelt und der Versuch nach 15 Minuten beendet.

$CaCO_3 + 2\ HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$

Ergebnisse:
Mit diesem Verfahren werden vor allem die häufig vorkommenden Karbonatminerale Calcit ($CaCO_3$) und Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) als Gesamtkarbonat erfasst. Die in EKB 1/12 ermittelten Karbonatgehalte liegen zwischen < 5 % und 100 %. Die ermittelten Werte in der Havarierten Bohrung liegen zwischen < 5 % und 95 %. Werte kleiner 5 % befinden sich im Bereich der Nachweisgrenze und werden in der grafischen Darstellung mit der halben Nachweisgrenze (2,5 %) angezeigt.

Die Cuttings der Havarierten Bohrung zeigen im Vergleich zu den Bohrproben aus EKB 1/12 deutlich höhere Karbonatgehalte, was auf eine Kontamination des Bohrkleins durch die verwendete inhibierte Bohrspülung zurückgeführt wird. Die ermittelten Karbonatgehalte der Havarierten Bohrung werden daher als nicht realistisch angesehen.

Röntgen-Pulverdiffraktometrie-Analyse (RDA)

Zur qualitativen und semiquantitativen Bestimmung der Gips- und Anhydritführung der Gesteinsproben wurden **Röntgen-Pulverdiffraktometrie-Analysen** (RDA) durchgeführt.

Mit Hilfe der Röntgen-Pulverdiffraktometrie (Röntgenbeugung) können Böden und Gesteine qualitativ und semiquantitativ auf ihren Mineralbestand hin untersucht werden. Das analysenfein gemahlene und bei 40 °C getrocknete Probenpulver wird auf einem Probenträger aufgebracht (Pulverpräparat) und in einem Röntgendiffraktometer einer monochromatischen Röntgenstrahlung mit der Wellenlänge λ ausgesetzt. Gemessen wird die Intensität der reflektierten Welle sowie der zugehörige Beugungs- bzw. Glanzwinkel Θ bzw. $2\ \Theta$, aus dem der Basisabstand d einer Kristallebene bzw. Netzebene über die **Gleichung nach Bragg** ermittelt wird:

$d = \lambda / (2 * \sin \Theta)$

Das Ergebnis einer RDA ist ein Röntgen-Diffraktogramm, bei dem die gemessene Intensität auf der Ordinate und der zugehörige Glanzwinkel ($2\ \Theta$) auf der Abszisse abgetragen werden. Aus der Lage und Intensität der

Röntgenreflexe (Peaks) kann durch Vergleich mit internationalen Standardtabellen auf die Mineralart und mittels Eichkurven auf den semiquantitativen Mineralbestand geschlossen werden. Die RDA wird an einem texturarmen Pulverpräparat des Gesamtgesteins im Winkelbereich von 2° bis 40° (2 Θ) durchgeführt, bei der die am Gesteinsaufbau beteiligten Sulfatminerale bestimmt werden.

Ergebnisse:
Bei den röntgenografischen Untersuchungen an Proben der EKB 1/12 sowie der Havarierten Bohrung wurden das Vorkommen der Minerale Gips ($CaSO_4$ x 2 H_2O) und Anhydrit ($CaSO_4$) in Gesteinen der Gipskeuper-Formation (km1) nachgewiesen. Die Nachweisgrenze des RDA-Verfahrens liegt bei ca. 1%. Aus den erhaltenen Röntgendiffraktogrammen wurde der qualitative Anteil von Gips und Anhydrit bestimmt und auf einen Sulfatgehalt von 100% bezogen (Gips-Anhydrit-Verhältnis). Anhand der Sulfatbestimmung und des Gips-Anhydrit-Verhältnisses ist eine Abgrenzung von sulfatfreien, gipsführenden, gips- und anhydritführenden sowie rein anhydritführenden Gebirgsabschnitten möglich. Sulfatgehalte unterhalb der Nachweisgrenze wurden nicht grafisch dargestellt. Die Festlegung der jeweiligen Oberen und Unteren Gips- bzw. Anhydritspiegel geschah anhand der RDA-Ergebnisse sowie der Angaben im Schichtenverzeichnis der EKB 1/12.

EKB 1/12:
In der EKB 1/12 tritt Gips in einer Zone zwischen 37,6 m (Oberer Gipsspiegel) und 68,9 m (Unterer Gipsspiegel) auf. Anhydrit kommt in der EKB 1/12 zwischen 46,1 m (Oberer Anhydritspiegel) und 63,6 m (Unterer Anhydritspiegel) vor. Im Abschnitt zwischen etwa 58,0 m bis 60,0 m erscheint Gips nur in Spuren. Dieser Abschnitt wird als Anhydritkern bezeichnet.

Erwähnenswert ist ein etwa 38 cm mächtiger vorwiegend gipsführender Abschnitt in der Zone zwischen dem Oberen Anhydritspiegel und dem Anhydritkern. Dort wurde zwischen 55,67 m und 55,81 m eine Probe entnommen, deren Sulfat vollständig als Gips bestimmt wurde.

Havarierte Bohrung:
In der Havarierten Bohrung wurde in den Bohrproben (Cuttings) zwischen 48 m und 67 m Teufe Calciumsulfat in Form von Gips und Anhydrit festgestellt. Der Obere Gipsspiegel liegt mit dem Oberen Anhydritspiegel auf einer gemeinsamen Tiefenstufe (48 m). Ebenfalls liegen der Untere Gipsspiegel und Untere Anhydritspiegel auf einer gemeinsamen Tiefenstufe (67 m). Eine Zone mit reiner Anhydritführung (Anhydritkern) wie in EKB 1/12 festgestellt, ist nicht nachweisbar. Wahrscheinlich erfolgten Umwandlungsprozesse von Anhydrit in Gips, die an der Bohrlochwandung der über mehrere Jahre nicht abgedichteten Havarierten Bohrung stattfanden. Ebenfalls passt ein zwischen 65,5 m und 67 m nachge-

wiesenes Vorkommen von Anhydrit nicht mit den Ergebnissen der EKB 1/12 zusammen. In der synoptischen Darstellung der Anlage 11 liegt dieser Abschnitt unterhalb des Unteren Anhydritspiegels und über dem Unteren Gipsspiegel der EKB 1/12. Dieser Befund ist auf Nachfall anhydrithaltigen Gesteins beim angewandten Bohrverfahren (Überbohren) zurückzuführen.

Hinweise auf große Anteile quellfähiger Tonminerale (Smektite bzw. Smketit-Wechsellagerungsminerale) fanden sich bei der Röntgen-Pulverdiffraktometrie-Analyse weder in der EKB 1/12 noch in der Havarierten Bohrung.

8.1 Gliederung der Erkundungsbohrung EKB 1/12 in Homogenbereiche

Homogenbereiche sind Zonen innerhalb des Gebirgsverbandes, deren mechanische und hydraulische Gesteinseigenschaften relativ einheitlich sind und innerhalb einer gewissen Bandbreite liegen. Gewöhnlich werden Homogenbereiche hinsichtlich Lithologie, Tektonik, Trennflächengefüge, Auflockerungsgrad, Verwitterungszustand, Durchlässigkeit und Grundwasserführung zusammengefasst. Die Charakterisierung der Homogenbereiche der Erkundungsbohrung EKB 1/12 erfolgte nach der Lithologie, der Sulfatführung, dem Gips- und Anhydrit-Verhältnis sowie den Durchschnittsgehalten der Trocken- und Feuchtdichten und dem natürlichen Wassergehalt. Soweit möglich, wurden die Laborkennwerte und relativen Mineralgehalte innerhalb der jeweiligen Homogenbereiche einer einfachen Mittelwertbildung unterzogen. Die Homogenbereiche der EKB 1/12 sind in Tabelle 8.2 aufgelistet und farblich unterschieden. Die Zahlen in Klammern geben die gemessenen minimalen und maximalen Werte an (vgl. Anl. 10). Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurde die Farbgebung der Homogenbereiche auch in den Anlagen 10.1 und 11 angewendet.

Für die EKB 1/12 werden folgende Bohrkernabschnitte zu Homogenbereichen zusammengefasst:

Tab. 8.2: Gliederung der EKB 1/12 in Homogenbereiche

Teufe (m)	Mächtigkeit (m)	Homogenbereich	Wassergehalt (%)	Feuchtdichte (g/cm³)	Trockendichte (g/cm³)	Karbonatgehalt (%)	Gips-Anhydrit-Verhältnis Gips (%)	Gips-Anhydrit-Verhältnis Anhydrit (%)	Lithologie
- 0,65	0,65	Quartär, anthropogene Auffüllung (q, yA)	n.b.	n.b.	n b.	n.b.	n.b.	n.b.	Steine, Schluff, kiesig, Ziegelreste
- 4,70	4,05	Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (kmMGH)	5,8 (5,5 - 6,1)	2,397 (2,129 - 2,665)	2,265 (2,018 - 2,512)	26,5 (10,5 - 42,5)	n.b.	n.b.	Tonsteine (dolomitisch), Dolomitsteine; stark aufgelockert, angewittert bis verwittert
- 25,60	20,9	GAR-Zone, Gipsauslaugungsresiduen (kmMGH)	11,4 (6,9 - 15,6)	2,302 (2,164 - 2,603)	2,069 (1,911 - 2,377)	26,5 (2,5* - 67,5)	n.b.	n.b.	Auslaugungsrückstände; lockergesteinsartige, brekziöse Ton-/Schluffsteine
- 37,60	12,0	Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (kmMGH - kmDRM)	7,5 (4,6 - 9,7)	2,574 (2,452- 2,644)	2,395 (2,238- 2,528)	20,0 (2,5* - 34,0)	n.b.	n.b.	Tonsteine (dolomitisch), Dolomitsteine; mäßig aufgelockert, angewittert
- 46,10	8,5	Zone zwischen Oberem Gips- und Oberem Anhydritspiegel (kmDRM)	3,5 (0,12 - 8,2)	2,367 (2,296 - 2,539)	2,287 (2,224 - 2,402)	12,5 (2,5* - 19,5)	100	0	Tonsteine (dolomitisch), Gipssteine; gering aufgelockert
- 57,85	11,75	Zone zwischen Oberem Anhydritspiegel und Anhydritkern (kmDRM - kmGI)	3,1 (0,78 - 7,25)	2,593 (2,310 - 2,792)	2,489 (2,280 -2,769)	14,0 (2,5* - 28,0)	23 (1 - 100)	77 (0 - 99)	Tonsteine (dolomitisch), Anhydritsteine, Gipssteine; gering aufgelockert
- 60,00	2,15	Anhydritkern (kmGI)	0,3 (0,13 - 0,46)	2,829 (2751 - 2,907)	2,821 (2,738 - 2,903)	39,3 (6,5 - 72,0)	0	100	Anhydritsteine, Tonsteine, Dolomitsteine
- 63,60	3,6	Zone zwischen Anhydritkern und Unterem Anhydritspiegel (kmGI)	0,1 (0,04 - 0,11)	2,901 (2843 - 2,930)	2,899 (2,840 - 2,929)	6,0 (2,5* - 6,0)	2 (0 - 5)	98 (95 - 100)	Anhydritsteine, Tonsteine, Gipssteine
- 68,90	5,30	Zone zwischen Unterem Anhydrit- und Unterem Gipsspiegel (kmGI - kuLd)	1,7 (0,12 - 4,4)	2,523 (2295 - 2,799)	2,479 (2,290 - 2,782)	26,4 (2,5* - 98,0)	100	0	Dolomitsteine, Tonsteine, Gipssteine
- 94,00	25,1	Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (ku - mo)	3,7 (0,33 - 10,29)	2,602 (2413 - 2,797)	2,514 (2,276 - 2,793)	78,3 (2,5* - 100)	n.b.	n.b.	Dolomitsteine, Tonsteine, Kalksteine, Feinsandsteine

* entspricht dem Wert der halben Nachweisgrenze

Quartär inklusive anthropogene Auffüllungen (q, yA)
Den obersten Homogenbereich der EKB 1/12 bilden anthropogene Auffüllungen mit einer Mächtigkeit von 0,65 m, die aus Lockergesteinen (Steine und Schluff mit Asphaltbrocken und Ziegelresten) aufgebaut sind.

Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (kmMGH)
Unter dem Quartär stehen Gesteine der Gipskeuper-Formation an. Bis 4,7 m unter Bohransatzpunkt folgt den anthropogenen Auffüllungen eine stark aufgelockerte, oben stark verwitterte, nach unten angewitterte bis verwitterte Zone dolomitischer Tonsteine sowie Dolomitsteine (ggf. Engelhofen-Horizont, kmEH) und des oberen Abschnitts des Mittleren Gipshorizonts (kmMGH). Der Sulfatgehalt liegt unterhalb der Nachweisgrenze. Unklar ist, ob dieser Gebirgsabschnitt primär sulfatführend war. Im Vergleich zu tiefer liegenden, primär nicht oder nur gering sulfatführenden Gebirgsabschnitten des Unterkeupers (ku) und des Oberen Muschelkalks (mo) zeigen die relativ geringen Feucht- und Trockendichten von 2,40 g/cm³ bzw. 2,26 g/cm³ sowie die großen Kernverluste und FeO(OH)-Beläge dieses Homogenbereichs deutlichen Einfluss der oberflächennahen Gebirgsauflockerung und der Verwitterung.

GAR-Zone (kmMGH)
In einer Zone zwischen 4,70 m und 25,60 m finden sich teilweise lockergesteinsartig zersetzte, stellenweise brekziöse, stark verwitterte dolomitische Tonsteine. Es handelt sich um ehemals sulfatführende Schichten des Mittleren Gipshorizonts (kmMGH), die durch oberflächennahe Grund- und Sickerwässer ausgelaugt wurden und als Gipsauslaugungsresiduen (GAR) bezeichnet werden. Charakteristisch für diese verkarstete Zone sind stellenweise große Kernverluste, vereinzelte FeO(OH)-Beläge sowie die geringe Trockendichte von 2,07 g/cm³ und der hohe Wassergehalt von 11,4 %.

Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (kmMGH - kmDRM)
Unter der GAR-Zone folgt bis zum Oberen Gipsspiegel (37,6 m Tiefe) eine rund 12 m mächtige Zone mit angewitterten, dolomitischen Tonsteinen sowie untergeordnet Dolomitsteinen (Weinsberg-Horizont) des Mittleren Gipshorizonts (kmMGH) und der Dunkelroten Mergel (kmDRM). Der Sulfatgehalt liegt unterhalb der Nachweisgrenze. Unklar ist, ob dieser Gebirgsabschnitt primär sulfatführend war. Im Vergleich zu den höher liegenden Homogenbereichen nehmen die Feucht- und Trockendichten zu und der Wassergehalt auf 7,5 % ab. FeO(OH)-Beläge auf Kluftflächen deuten auf Verwitterungs- und Grundwassereinfluss hin. Auffällig ist zwischen 33 m und 34 m eine ca. 30 cm mächtige Tonlage mit weicher bis breiiger Konsistenz.

Zone zwischen Oberem Gips- und Oberem Anhydritspiegel (kmDRM)
Diese etwa 8,5 m mächtige Zone aus plattigen Tonsteinen (stellenweise dolomitisch) mit eingeschalteten knolligen, linsigen, faserigen und schichtigen Gipslagen beginnt mit dem ersten Auftreten von nachweisbarem Gips (Oberer Gipsspiegel: 37,6 m Tiefe) und endet mit dem ersten Auftreten von Anhydrit (Oberer Anhydritspiegel: 46,1 m Tiefe). Dieser gipsführende Homogenbereich liegt innerhalb der Dunkelroten Mergel (kmDRM). Markant ist der Rückgang des Wassergehalts auf 3,5 %. Parallel dazu nimmt die Trockendichte wegen des hohen Gips-Anteils (Reindichte von Gips: ~2,3 g/cm³) auf 2,29 g/cm³ ab. Hinweise auf aktive Verkarstung mit GAR-Zonen oberhalb oder im Umfeld des Oberen Gipsspiegels wurden nicht aufgefunden. Lediglich einzelne Klüfte scheinen gering wasserzügig zu sein.

Zone zwischen Oberem Anhydritspiegel und Anhydritkern (kmDRM - kmGI)
Dieser Homogenbereich beginnt unterhalb des Oberen Anhydritspiegels (46,1 m Tiefe) und setzt sich aus dem untersten Abschnitt der Dunkelroten Mergel (kmDRM), dem Bochingen Horizont (kmBH) und den Grundgipsschichten (kmGI) zusammen. Der Homogenbereich endet mit dem Beginn des Anhydritkerns in 57,85 m Tiefe. Lithologisch besteht diese etwa 11,7 m mächtige Zone aus einer plattigen, dünnbankigen Wechselfolge aus dolomitischen Tonsteinen sowie Anhydrit- und Gipssteinen. Im Vergleich zum Gipsanteil nimmt der Anhydritanteil zur Tiefe hin zu. Aufgrund der hohen Reindichte (bis zu 2,97 g/cm³) des Anhydrits erhöht sich die Trockendichte der Gesteine im Mittel auf 2,49 g/cm³. Der Wassergehalt entspricht im Gehalt etwa der darüberliegenden Zone. Einzelne Proben erreichen allerdings Werte über 6% (48,8 m, 49,95 m und 53,82 m). Anhand des Bohrbefundes (vgl. Bohrkernfotos Anl. 6) wie auch nach den durchgeführten Bohrlochscans (vgl. Anl. 14) erscheint das erbohrte Gebirge unterhalb des Oberen Anhydritspiegels insgesamt als relativ kompakt. Auffällig sind einzelne, stärker zerlegte Kernabschnitte entlang von Schichtflächen. Allem Anschein nach laufen die derzeitigen Quellprozesse innerhalb dieses Homogenbereichs ab.

Anhydritkern (kmGI)
Dieser als Anhydritkern bezeichnete, ca. 2,15 m lange Gebirgsabschnitt wurde wegen der dort nur in Spuren (Nachweisgrenze) auftretenden Gipsminerale ausgeschieden. Das im Gestein vorkommende Calciumsulfat liegt fast vollständig als Anhydrit vor. Die Bohrkernstrecke zwischen 57,85 und 60,0 m ist aus dünnbankigen Anhydritsteinen sowie untergeordnet plattigen, dolomitischen Tonsteinen und Dolomitstein aufgebaut und liegt innerhalb der Grundgipsschichten (kmGI). Es wurden sehr hohe Trockendichten (2,82 g/cm³) und geringe Wassergehalte (0,3%) bestimmt. Dieser Homogenbereich stellt den

ursprünglichsten, noch am wenigsten durch Quell-, Umwandlungs- und Auflockerungsprozesse veränderten Gebirgsabschnitt der Gipskeuper-Formation der EKB 1/12 dar.

Zone zwischen Anhydritkern und Unterem Anhydritspiegel (kmGI)
Dieser rund 3,5 m mächtige Homogenbereich befindet sich zwischen dem Anhydritkern und dem Unterem Anhydritspiegel (ca. 63,6 m Tiefe) und ist aus plattigen bis dünnbankigen Anhydritsteinen mit deutlicher Gipsführung sowie untergeordnet dolomitischen Tonsteinen der Grundgipsschichten (kmGI) aufgebaut. Mit 2,899 g/cm³ liegen die höchste Trockendichte und mit 0,1% der niedrigste Wassergehalt vor.

Zone zwischen Unterem Anhydrit- und Unterem Gipsspiegel (kmGI - kuLd)
Dieser etwa 5,3 m mächtige Homogenbereich befindet sich zwischen dem Unteren Anhydritspiegel (ca. 63,6 m Tiefe) und dem Unteren Gipsspiegel (68,9 m Tiefe) und wird aus bankigen Gipssteinen und dolomitischen Tonsteinen der untersten Grundgipsschichten (kmGI) sowie plattigen bis bankigen Dolomit- und Tonsteinen sowie untergeordnet Gipssteinlagen der obersten Schichten des Unterkeupers (Grenzdolomit, kuGd; Grüne Mergel, kuGRM; Linguladolomit-Horizont, kuLd) aufgebaut. Der Anhydritgehalt liegt unterhalb der Nachweisgrenze. Die ermittelten Werte der Feucht- und Trockendichte sind im Vergleich zum gipsführenden Homogenbereich über dem Oberen Anhydritspiegel deutlich größer. Der Wassergehalt mit 1,7 % ist deutlich niedriger. Die Umwandlung von ehemals vorhandenem Anhydrit in Gips fand wahrscheinlich von der Tiefe her kommend statt.

Eine Untere GAR-Zone ist nicht ausgebildet.

Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (ku – mo)
Bis zur Endteufe von 94,0 m wurden Dolomitsteine, Kalksteine, Tonsteine sowie Feinsandsteine des Unterkeupers (ku) und des Oberen Muschelkalks (Sphärocodienkalk, moSPH; Trigonodusdolomit, moD; Künzelsau-Schichten, moK) erbohrt und als ein gemeinsamer Homogenbereich zusammengefasst. Im Vergleich zu den beiden hangenden Homogenbereichen mit primär nicht oder nur gering sulfatführendem Gebirge zeichnet sich dieser tiefliegende, nicht aufgelockerte Homogenbereich durch einen niedrigen Wassergehalt (3,7 %) sowie relativ hohe Trockendichten (~2,51 g/cm³) aus. Calciumsulfate liegen unterhalb der Nachweisgrenze.

9. Geologische und technische Angaben sowie Raumlagen (Inklination und Azimut) der Erdwärmesonden [redacted] bis [redacted]

Von den im Baugebiet „Im Kiesel“ in Rudersberg-Zumhof ausgeführten Erdwärmesondenbohrungen liegen keine Bohrproben (Cuttings) zur Beschreibung der erbohrten lithologischen Abfolge vor. Die wichtigsten Angaben der dem LGRB vom LRA Rems-Murr-Kreis übermittelten geologischen Schichtenverzeichnisse des betreuenden Geologen sind in der nachstehenden Tabelle Tab. 9.1 wie folgt zusammengestellt:

Tab. 9.1: Zusammenstellung der EWS-Bohrbeschreibungen

Standort	Anzahl der EWS-Bohrungen	Bohransatz m+NN	erbohrte Geologie	Gipsführung	bohrtechnische Besonderheiten
[redacted]	2 x 70 m	319,20	Gipskeuper	zwischen 32-34 m und 48-58 m	o.A.
[redacted]	2 x 70 m	318,00	Gipskeuper	zwischen 52-70 m	o.A.
[redacted]	3 x 70 m	315,00	Gipskeuper	zwischen 28-32 m und 38-44 m und 44-70 m	o.A.
[redacted]	3 x 60 m	317,40	Gipskeuper	ab 40 m gipsführend und 52-60 m	o.A.
[redacted]	6 x 38 m	316,70	Gipskeuper	ab 38 m	ursprüngl. geplante Bohrtiefe 3 x 70, abgeändert auf 6 x 38 m
[redacted]	2 x 50 m	317,50	unter 2 m Hanglehm Gipskeuper	ab 42 m gipsführend	o.A.
[redacted]	2 x 50 m	317,50	unter 2 m Hanglehm Gipskeuper	ab 42 m gipsführend	o.A.

Aus den vorliegenden Abschlußberichten geht nicht hervor, zu welchem Zeitpunkt die Bohrungen abgeteuft und vom Geologen aufgenommen wurden oder dieser auf der Baustelle anwesend war.

Zieht man die Erkundungsergebnisse aus der Erkundungsbohrung EKB 1/12 als Referenzprofil heran, ist anzunehmen, dass die Erdwärmesondenbohrungen [redacted] und [redacted] die Schichtgrenze Gipskeuper/Unterkeuper durchteuft haben und die übrigen im Gipskeuper enden.

9.1 Raumlagemessungen der Erdwärmesonden

Für die Planung des Rückbaues von Erdwärmesonden, wie z.B. Vertikalüberbohrung mit großem Bohrkaliber, Beräumung des Sondenausbaus und anschließender Bohrlochzementation, ist die Kenntnis der Raumlage ihrer Bohrspuren unabdingbare Voraussetzung. Bei größeren Bohrlochabweichungen aus der Vertikalen besteht die Gefahr, beim Überbohren das vorhandene Bohrloch der Erdwärmesonden zu verlieren.

Aus den vom Landratsamt Rems-Murr-Kreis erhaltenen Unterlagen geht hervor, dass alle Erdwärmesondenbohrungen im Bereich „Im Kiesel“ mittels Imlochbohrhammerverfahren abgeteuft wurden. Inwieweit bei dem gewählten Bohrverfahren die Vertikalität der Bohrungen als gewährleistet gelten durfte, war zunächst unbekannt und erforderte daher eine entsprechende messtechnische Überprüfung.

Zur Ermittlung der Raumlage der Erdwärmesonden wurde die für den Schadensfall Staufen im Auftrag des RPF/LGRB entwickelte kombinierte mehrachsigen Inklinations-/ Azimut-Messsonde des LGRB eingesetzt. Die wesentlichen Merkmale dieser Messsonde sind:

- Messsonde: Außendurchmesser 15 mm, Länge < 100 mm
- Messmöglichkeiten bis 200 m bei entsprechender Druckdichtigkeit
- Messgenauigkeit der Inklination +/- 1°
- Messgenauigkeit Azimut ohne Neigungskompensation +/- 4°

Die Messsonde (Aluminium-Messdose) besteht aus einem mehrachsigen Magnetfeldsensor und einem zweiachsigen Beschleunigungssensor (verwendet zur Neigungsmessung in orthogonaler Messanordnung). Die Sonde ist darüber hinaus mit einem Temperatursensor ausgestattet, der eine Messgenauigkeit von absolut etwa 1° Celsius bei hoher relativer Messwiederholgenauigkeit aufweist. Als Kabel dient ein kevlarverstärktes, 7 mm starkes hochflexibles Messkabel. Die generierten Messwerte werden von der Messsonde digital über die Kabeltrommel zur Auswerteeinheit übertragen. Von dort erfolgt eine digitale, kabelgebundene Übertragung zu einem Notebook mit entsprechender Spezialsoftware. Die Messwerte werden während der Messung in Echtzeit auf dem Notebook dargestellt und abgespeichert. Die endgültige Messwertdarstellung erfolgt durch ein vom RPF/LGRB entwickeltes Programm unter AutoCAD 3D.

Der Durchmesser der Messsonde von Ø 15 mm kann aufgrund der Verkippung des Messsensors in einem Erdwärmesondenschlauch mit einem Innendurchmesser von 26,2 mm die Genauigkeit der Messung beeinflussen. Geometrisch ist eine Verkippung um etwa 7° möglich. Bei weitgehend vertikalem Verlauf der Bohrung dürfte dieser Fehler durchaus eine größere Rolle spielen, zumal das Eigengewicht des Sensors vergleichsweise gering

ist. Inwieweit sich dieser Fehler zur Tiefe hin aufhebt oder aufsummiert, kann nicht genau abgeschätzt werden. Ähnlich verhält es sich bei einer denkbaren Azimutabweichung, wobei der Azimutfehler bei nahezu vertikalem Verlauf des Erdwärmesondenschlauchs erheblich werden kann.

Nur bei größeren Abweichungen von der Vertikalen ist von einem Aufliegen des Sensors an der unteren Seite des Erdwärmesondenschlauches auszugehen und erbringt daher Messergebnisse, die dem wahren Verlauf des Erdwärmesondenschlauches entsprechen.

In einigen Erdwärmesondenschläuchen wurde eine Wiederholungsmessung ausgeführt. Die hierbei gemessenen Endpunkte differieren in ihrer Raumlage vom ursprünglichen Messergebnis. Nicht in allen gemessenen Erdwärmesonden konnten plausible Raumlagemessungen gewonnen werden.



Abb. 9.1: Messsonde des RPF/LGRB für die Raumlagemessungen in den EWS-Schläuchen.

Tab. 9.2: Befahrbarkeit der EWS im Juli 2012 mit der LGRB-Messsonde zur Bestimmung der Temperatur und Raumlage.

Standort	Bezeichnung	messbare EWS-Schlauchlänge
[redacted]	S1	68,8 m
	S2	69,2 m
[redacted]	S1	68,0 m
	S2	69,0 m

[redacted]	S1	65,2 m
	S2	68,8 m
	S3	68,8 m
[redacted]	S1	55,0 m
	S2	64,6 m
	S3	58,5 m
[redacted]	S1	43,1 m
	S2	40,7 m
	S3	42,6 m
	S4	40,3 m
	S5	41,6 m
	S6	39,1 m
[redacted]	S1	32,5 m
	S2	32,9 m
[redacted]	S1	48,3 m
	S2	32,2 m

Die Erdwärmesonden [redacted] S1 sowie S2 und [redacted] S 2, konnten mit der LGRB-Sonde nur bis zu einer Tiefe von etwa 32 m u. GOK befahren werden. Eine Nachmessung durch das Büro Voutta, Herrenberg, mit einem kleineren Messsondendurchmesser, erreichte eine Tiefe bis etwa 50 m. Möglicherweise ist die eingeschränkte Befahrbarkeit eine Folge mechanischer Verformung der Sonden durch die Quellhebungserscheinungen.

Unter Beachtung der oben beschriebenen unvermeidlichen Messungenauigkeiten weichen die gemessenen Erdwärmesonden tendenziell vom Bohransatzpunkt bis zum Bohrendpunkt mit 0-3 m überwiegend in nordöstlicher Richtung ab. Die gemessenen Schläuche selbst weisen die übliche ausgeprägte Spiralität („Verseilungseffekt“) auf, welche aus den von der Haspel abgerollten und in das Bohrloch z.T. unter mechanischem Druck eingeführten EWS-Schläuchen resultiert (mit mehrfachen Anliegestellen an die Bohrlochwandung) bei einer „Wellenlänge“ von größenordnungsmäßig 2 - 4 m. Dies entspricht den Erfahrungen anderer Messungen.

In Abb. 9.2 sind die Ergebnisse der Raumlagemessungen in Projektion auf die Geländeoberfläche dargestellt.

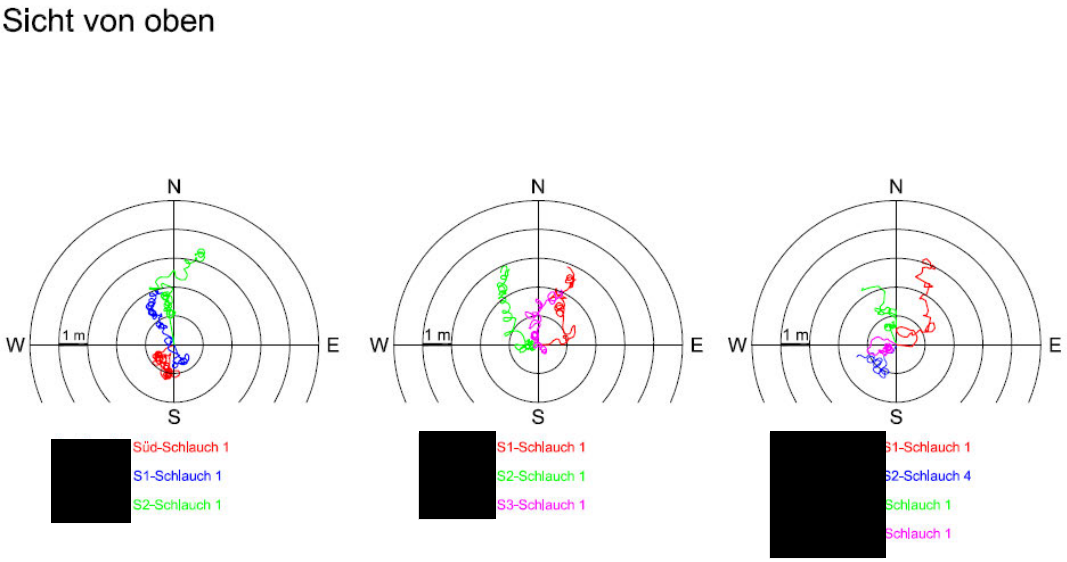


Abb. 9.2: Grundrissdarstellung der EWS-Raumlagemessungen

9.2 Ruhetemperaturprofile in den Erdwärmesonden

Temperaturmessungen haben sich zur Bewertung von Qualität und thermischen Eigenschaften der Ringraumhinterfüllung, des Untergrundes und der Auslegung von Erdwärmesonden bewährt (ROHNER 2009, BAUMANN et al. 2008, SAUER und GRUNDMANN 2009, WALKER-HERTKORN et al. 2009). Sie werden daher häufig für die Qualitätsüberwachung von Erdwärmesonden eingesetzt.

9.2.1 Vorbemerkungen zu Temperaturmessungen in Erdwärmesonden

Die Temperaturmessungen in den Erdwärmesonden in Rudersberg haben folgende Zielsetzungen:

- Messung der vertikalen Temperaturverteilung
- Nachweis von Temperaturanomalien, die auf mögliche Undichtigkeiten in Ringraumverfüllungen hinweisen
- Nachweis positiver Temperaturanomalien als Folge exothermer Umwandlung von Anhydrit in Gips

Bei den Temperaturprofilmessungen kam eine kabelgebundene Temperaturmesssonde zum Einsatz (integriert in der oben beschriebenen LGRB-Lagemesssonde). Sämtliche

Messungen (außer [redacted] erfolgten mit mindestens einer Wiederholungsmessung am gleichen oder darauffolgenden Tag, wobei in allen Fällen eine sehr gute Übereinstimmung der Messergebnisse vorliegt.

Der vertikale Temperaturverlauf in einer Erdwärmesonde wird am jeweiligen Standort u. a. durch natürliche Untergrundparameter bestimmt. Zu den natürlichen Einflüssen zählen die Oberflächentemperatur, die Wärmeleitfähigkeit der von der EWS-Bohrung durchteuften Gesteine, die Grundwasserführung sowie der geothermische Gradient.

9.2.2 Temperaturprofilmessungen in den Erdwärmesonden [redacted] bis [redacted]

Alle gemessenen Erdwärmesonden wurden eine Woche vor den Messungen außer Betrieb genommen.

Allerdings ist festzuhalten, dass

- die gemessenen Erdwärmesonden im Zeitraum zwischen der zurückliegenden Heizperiode und der Messung in unterschiedlichem Maße zur Warmwasserbereitung genutzt wurden und
- aufgrund der unterschiedlichen Auslegung der Erdwärmesondenanlagen eine deutlich unterschiedliche Ausgangstemperatur aus der vorangegangenen Heizperiode vorliegt.

Insbesondere die EWS-Anlagen [redacted] weisen unterhalb der saisonal beeinflussten Zone aufgrund der Nutzungsvorgeschichte eine um 2,5 °geringere Temperatur auf als die offensichtlich am wenigsten beanspruchten Erdwärmesonden Im [redacted] Die Effekte der Vornutzung (starker Wärmeentzug) waren zum Zeitpunkt der Messungen in allen Erdwärmesonden nicht aufgehoben. Anhand der Darstellung in Abb. 9.3 ist die dadurch hervorgerufene deutliche Spreizung der Temperaturprofile erkennbar.

Am 24.-26. Juli 2012 erfolgten mit Ausnahme [redacted] (30. Juli 2012) erstmals in allen Erdwärmesonden Temperaturprofilmessungen, die eine Bestandsaufnahme der Temperaturverteilung im Untergrund ermöglichten. In Abb. 9.3 sind die gemessenen Ruhetemperaturprofile synoptisch dargestellt, die Einzelmesskurven sind dem Bericht in Anlage 13 beigefügt.

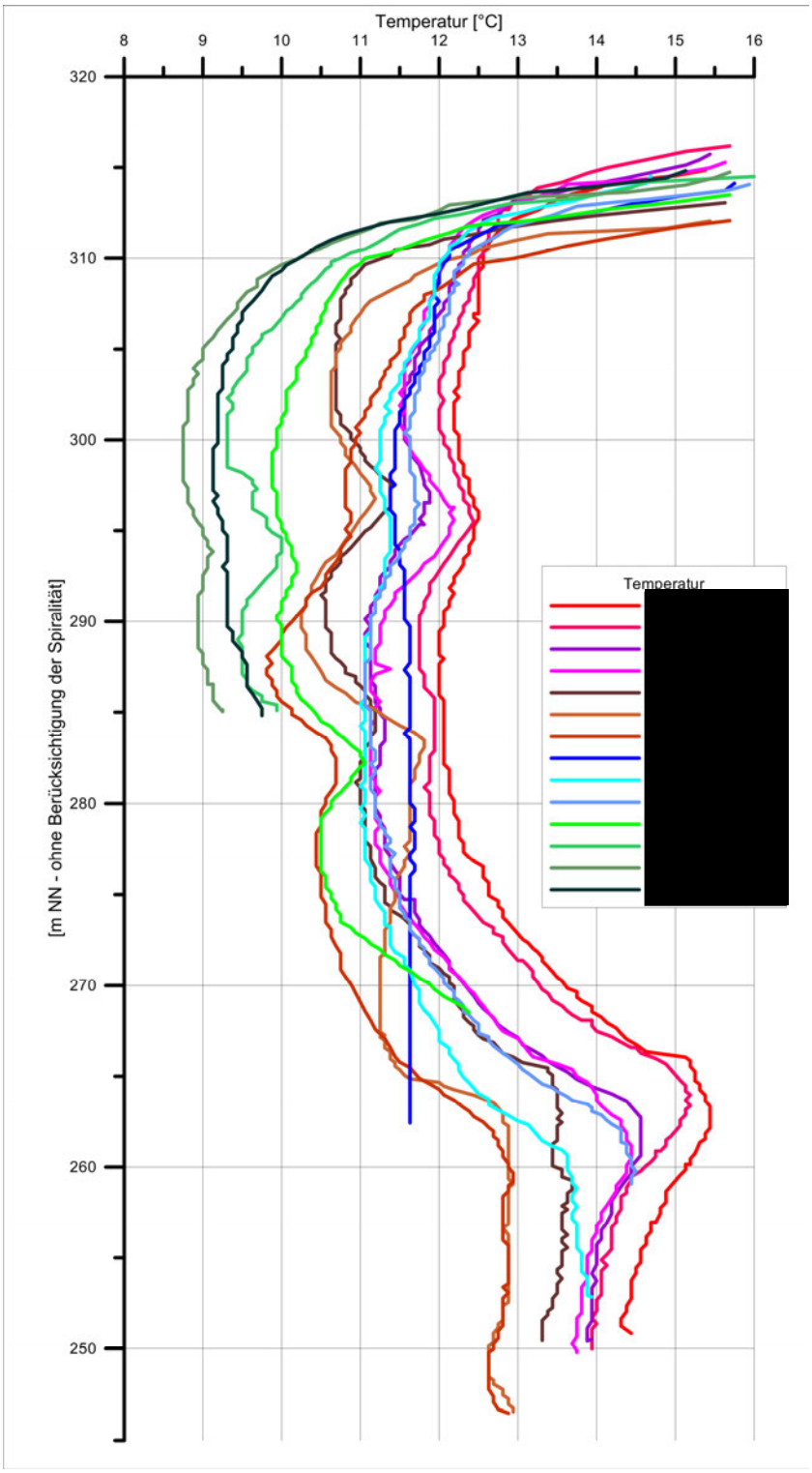


Abb. 9.3:. Synoptische Darstellung der Ruhetemperaturprofilmessungen

Stellvertretend für alle übrigen Messkurven wird in Abb. 9.4 das Messergebnis der EWS [redacted] S1, diskutiert. Das Temperaturprofil lässt sich in vier charakteristische Abschnitte untergliedern:

- Zuoberst 0 - 15 m u. GOK mit jahreszeitlichem Schwankungsbereich,
- Obere positive Temperaturanomalie bei etwa 20 m u. GOK mit Hinweis auf merklichen lateralen Grundwasserfluss (Abtransport von Betriebskälte durch wärmeres Grundwasser,
- Mittlere positive Temperaturanomalie bei etwa 32 m ebenfalls mit Hinweis auf geringfügigerem lateralem Grundwasserfluss (Abtransport von Betriebskälte durch wärmeres Grundwasser),
- Markante untere positive Temperaturanomalie ab etwa 48 m u. GOK durch geothermischen Gradienten und durch exotherme Reaktion überprägter Abschnitt.

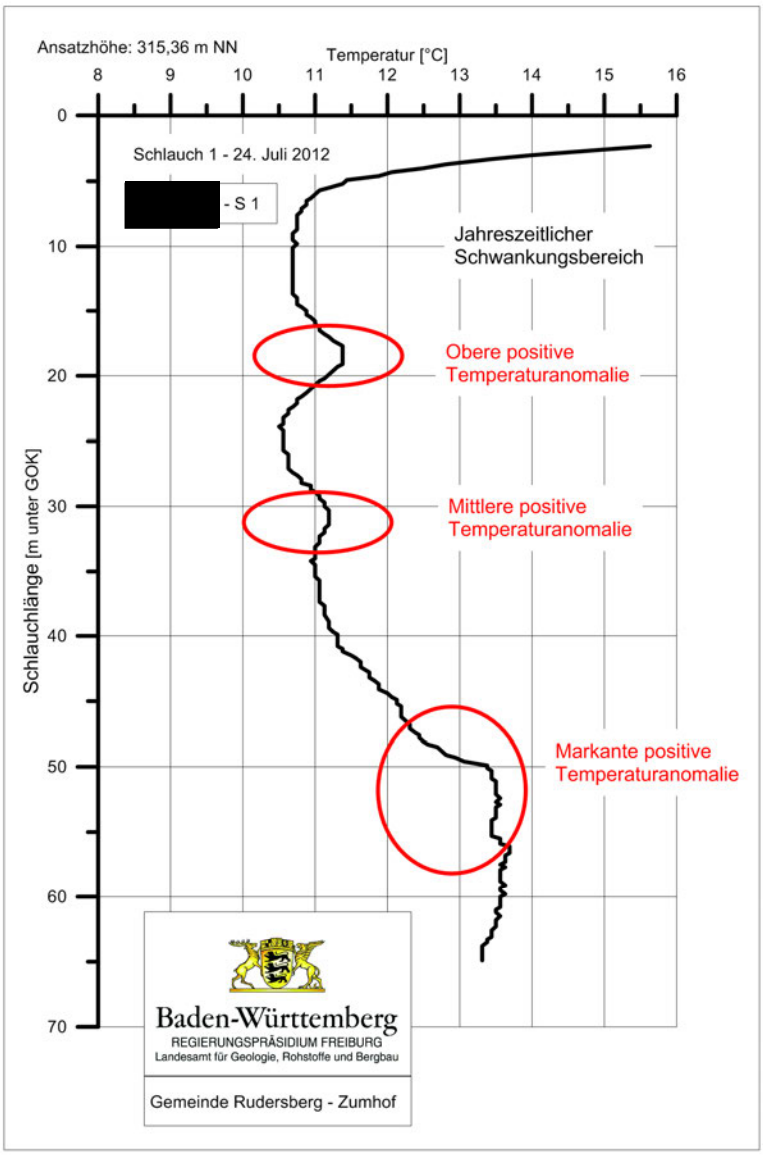


Abb. 9.4: Ruhetemperaturprofil EWS [redacted] S1, mit Erläuterung der erkennbaren Temperaturanomalien

Hinweise auf vertikalen Grundwasserfluss ergeben sich mindestens in der Erdwärmesonde [redacted] S 1. Beachtenswert ist, dass das vertikale Temperaturprofil der Erdwärmesonde [redacted] S 1, die von denen der übrigen Erdwärmesonden vollständig abweicht. Die weitgehend fehlenden Gradienten (zwischen 20 m und Endausbautiefe) belegen einen Grundwasserfluss in einem zumindest abschnittsweise undichten Ringraum. Die LGRB-Temperaturmesskurven hören abrupt auf, möglicherweise wurde noch tiefer als in der Sonde messbar gebohrt.

[redacted] konnten drei von vier Sonden nur bis 32 m unter GOK untersucht werden. Bei 32 m unter GOK sind die Sondenschläuche offenbar so verformt, dass sie mit der LGRB-Sonde (Durchmesser 15 mm, Länge 100 mm) zur Tiefe nicht weiter befahrbar waren. Die Ruhetemperaturprofilmessungen wurden um die mit einer kleinkalibrigen Messsonde der Fa. Voutta ermittelten Messungen ergänzt.

Die räumliche Auswertung der unteren Temperaturanomalie (ca. 265 m+NN) deutet ein geringes Einfallen (wenige Grad) nach Südwesten an. Dieser Befund deckt sich grundsätzlich auch mit den Ergebnissen der übrigen bohrlochgeophysikalischen Messungen.

Wie die Erkundungsbohrung EKB 1/12 zeigt, liegen die gemessenen Temperaturanomalien in den Erdwärmesonden EWS [redacted] sowie vermutlich [redacted] und [redacted] in Anhydrit führenden Gebirge. Bei den Erdwärmesonden [redacted] wird der Anhydrit aufgrund ihrer geringeren Bohrtiefe offenbar nicht erreicht. Diese Temperaturanomalien lassen sich durch eine exotherme Reaktion bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips erklären.

Bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips ($\Delta_r H° = \Delta_f H°_{(Gips)} - \Delta_f H°_{(Anhydrit)} - \Delta_f H°_{(Wasser)}$), wird eine Energie von $\Delta_r H° = -16.86$ kJ/mol freigesetzt.

9.3 Bohrlochgeophysikalische Messungen in den Erdwärmesonden

Es wurde versucht, durch Messung der natürlichen Gamma-Strahlung nachträgliche Information über die erbohrte Gesteinsabfolge für einige Erdwärmesondenbohrungen zu gewinnen.

Die Messung von gesteinsphysikalischen Parametern bzw. Untergrundeigenschaften mit herkömmlichen Sonden, wie sie üblicherweise für bohrlochgeophysikalische Messungen z.B. in der Erdölgeologie oder bei der Grundwassererschließung in Brunnen und Grundwassermessstellen eingesetzt werden, ist in Erdwärmesondenschläuchen nur eingeschränkt möglich. Gründe hierfür sind die geringen Querschnitte der Erdwärmesonden-

schläuche (im vorliegenden Fall Innendurchmesser 26,2 mm), baubedingte Bohrlochabweichungen, spiralförmig verdreht in die Bohrungen eingebaute Erdwärmesondenschläuche sowie u.U. durch die Quellungsverformungen deformierte Schlauchquerschnitte (Befahrungshindernis in den EWS [redacted], S1,S2 und [redacted] S2).
Am 01.06.2012 wurden im Auftrag der Bohrfirma geophysikalische Bohrlochmessungen in den Erdwärmesonden [redacted] (S1, S2 und S3) Messungen durch die Fa. Terratec, Heitersheim, mit deren entwickelten Miniatur-Gamma-Temperatur Sonde vorgenommen, die es erlaubte, auch bei einem Messsondendurchmesser von 18 mm Gammamessungen in den Erdwärmesondenschläuchen durchzuführen (Abb. 9.5).

Im Auftrag des LRA hat die Fa. Terratec, Heitersheim, geophysikalische Messungen (Gamma-log) in den Erdwärmesonden [redacted] in den Sonden S1 und S2, [redacted] in den Sonden S1 und S2, [redacted] in den Sonden S3, S4 und S6 und [redacted] in der Sonde S1 ausgeführt (Anl. 17.2, BERICHT TERRATEC 04.09.2012). Davon konnten jedoch nur zwei Erdwärmesonden bis in größere Tiefe befahren werden ([redacted] S1 und [redacted] S1). In den drei Erdwärmesonden wurden mit der Mini-Verlaufssonde (miniDEV) die Raumlagen der EWS-Schläuche, mit einer Mini-Temperatur-Gammasonde je ein Gamma-log zur Identifizierung markanter Tonhorizonte sowie je ein Ruhetemperaturprofil gemessen. Die Wärmepumpe wurde 24 Stunden vor den Messungen abgeschaltet.

Tab. 9.3: Übersicht über erfolgte Gamma-Profilmessungen der Fa. Terratec, Heitersheim, in den Erdwärmesonden

Datum	**EWS**	**Sonde**	**Strang/Befahrungstiefe**	**Test**
04.09.2012	[redacted]	S1	1/ 31,53 m	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S1	2/ 9,10 m	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S1	3/ 10,07 m	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S1	4/ 23,45 m	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S3	1/ 2/ 3	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S4	1	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S6	1	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S2	1/ 2	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S1	1/ 56,14 m	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S1	1	Gamma
04.09.2012	[redacted]	S2	1	Gamma

Die Auswertung der vorliegenden Gamma-Messungen [redacted] und [redacted] lassen eine Korrelation der Schichtgrenzen Mittlererer Gipshorizont/Dunkelrote Mergel, Bochingen Horizont, Grundgipsschichten zu (vgl. Abb. 9.5). Im Profilabschnitt bis ca. 30 m unter Gelände sind die Gamma-logs dagegen nicht eindeutig interpretierbar (wie bereits bei den vorangegangenen drei Messungen [redacted] festgestellt), was möglicherweise auf Effekte der Gipsauslaugung (Residualbildungen) zurückgeführt werden kann. Die genannten Gamma-Messungen wurden eher in linienhafter und nicht in dreiecks- oder viereckförmiger Lageanordnung gemessen. Gleichwohl ergibt sich bei höhenrichtiger Auswertung ein vergleichsweise einheitlicher söhliger bis schwach geneigter Schichtenverlauf.

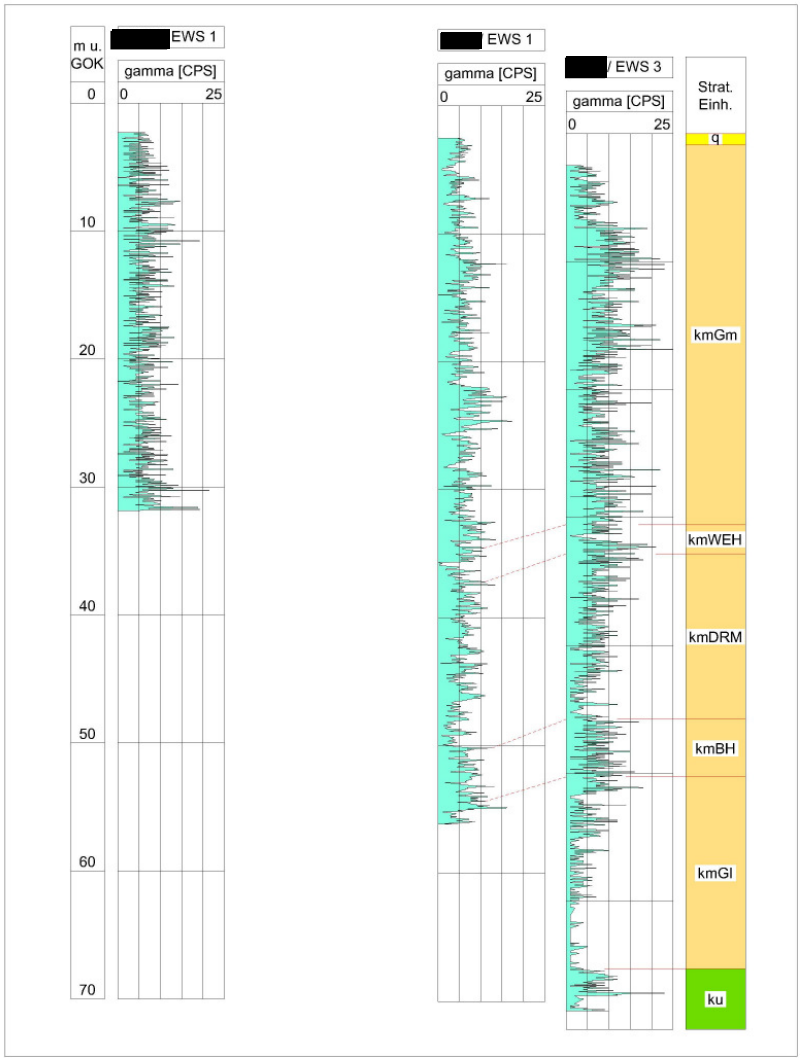


Abb. 9.5: Gamma-logs der Fa. Terratec, Heitersheim, in den EWS [redacted] mit Korrelation zur geologischen Schichtenfolge erkundet in EKB 1/12

Im Auftrag des LRA hat die Fa. Voutta, Herrenberg, Kurz-TRT-Versuche in den Erdwärmesonden [redacted] (S1, S2, S3) und 7 (S1, S2, S3) sowie Temperaturmessungen [redacted] vorgenommen. Letztere zur Tiefe fortgesetzten Ruhetemperaturprofile [redacted] (S1, S2) sowie [redacted] (S2) zeigen einen aus der Messung [redacted] (S1) bereits bekannten Verlauf. Die Messergebnisse der Kurz-TRT wurden dem LGRB am 19.09.2012 übermittelt. Aus Sicht des LGRB zeigen die Ergebnisse in ihrer Rhythmik der gemessenen Vor- und Rücksprünge den Effekt des spiralig an der Bohrlochwandung anliegenden Mess-Schlauches oder sonstiger Einflüsse, die die Energieübertragung von Aufheiz- bzw. Mess-Schlauch limitieren. Dies zeigt sich letztlich auch in dem Vergleich der Ruhetemperatur-Kurve mit den gemessenen TRT-Kurven, bei denen die im Kurz-TRT gemessenen Abkühlungs-Rücksprünge nicht mit einer Ausbuchtung im Ruhetemperatur-Profil korrespondieren oder in ihrem Wert nicht mit der Ruhetemperatur übereinstimmt. Aus Sicht des LGRB sind die Ergebnisse der Kurz-TRT-Untersuchungen nicht eindeutig und belastbar interpretierbar, weshalb im Weiteren von einer Interpretation dieser Messungen Abstand genommen wird. Diese Einschätzung bezieht sich auch auf die bisher vorgelegten Gamma-Gamma-Messungen, die zur versuchsweisen Bewertung einer erfolgreichen Ringraumhinterfüllung ausgeführt wurden.
Nach den Ruhtemperaturmessungen des LGRB ist die Ringraumabdichtung in der Erdwärmesonde [redacted] EWS 1, unzureichend, hier zeigt sich ab ca. 20 m u. GOK eine vertikale Grundwasserbewegung im undichten Ringraum bis zur Ausbautiefe.

10 Prüfung und Einleitung schadensbegrenzender Maßnahmen

Die geologische Erkundung im Bereich des Baugebiets „Im Kiesel“ in Rudersberg-Zumhof durch die Erkundungsbohrung EKB 1 und die erfolgten Begleituntersuchungen erbrachten einen belastbaren Datensatz hinsichtlich

- des geologischen Baus (Schichtenabfolge, Lage der Gipsauslaugungszone, der Gips- und Anhydritspiegel),
- der hydrogeologischen Stockwerksgliederung,
- der Grundwasserbeschaffenheit,
- der vorhandenen Druckpotenziale sowie
- umfangreiche mineralogische-bodenmechanische Untersuchungen an Kernmaterial.

Die in Kap. 2 dargelegte Arbeitshypothese, wonach das „Gipskeuperquellen“ als ursächlich für die in Rudersberg-Zumhof auftretenden Geländeverformungen und Baugrundschäden gelten muss, wurde durch die Erkundungsmaßnahme verifiziert. Das Gipskeuperquellen ist verursacht durch Wasserzutritt.

Aufgrund der erkundeten Potenzialverhältnisse und der Tatsache, dass das Bohrloch der Havarierten Bohrung über 5 ½ Jahre unabgedichtet offen stand, muss die Havarierte Bohrung als ein Fließpfad gelten, über den Wasser in den quellfähigen Gebirgsabschnitt (unterhalb des Oberen Anhydritspiegels) eingedrungen ist. Zusätzlich ergeben die gemessenen Ruhetemperaturprofile einen eindeutigen Hinweis auf eine stockwerksübergreifende Fließbewegung (hydraulischer Kurzschluss) in der EWS [redacted] S1.

Nachdem der Zutritt von Wasser die Ursache des Gipskeuperquellens darstellt, müssen die erkannten Fließpfade durch technische Maßnahmen zuverlässig und dauerhaft abgedichtet werden, um die natürliche Grundwasserstockwerkstrennung wiederherzustellen.

10.1 Abdichtung der Havarierten Bohrung

Bei einer Erdwärmesondenbohrung auf dem Grundstück [redacted] im Jahre 2008 kam es zum Festsitzen des Druckluft-Bohrgestänges (ø 89 mm Außendurchmesser) einschließlich des Imlochhammers (5“- Imlochhammer Typ Atlas Copco Cop 54). Die Länge von Bohrkrone bis Gestängegewinde beträgt 1350 mm, die Bohrkrone (Warzenplatte) weist einen Außen-Durchmesser von ø 160 mm und der Imlochhammer einen Außen-Durchmesser von ø 120 mm auf.

Zur Bergung wurde 2008 nach Angabe der Bohrfirma der Rückschlaghammer eingesetzt. Hierbei konnte der Bohrstrang zunächst um ca. eine Bohrstangenlänge (2 m) gezogen werden, dann ist das Bohrgestänge oberflächennah (ca. 1,4 m unter GOK) abgerissen. Das Bohrgestänge einschließlich des Imlochbohrhammers verblieben danach im Bohrloch und das Bohrloch wurde nicht verpresst.

Nach Freilegung des havarierten Bohrgestänges im Mai 2012 und Setzen eines Einstiegschachtes konnte das Bohrgestänge von der Fa. Terratec (Anl. 17.1, Bericht Terratec vom 01.06.2012) mit einer Mini-Bohrlochkamera anfänglich bis 21,5 m unter GOK, nach mechanischer Entfernung einer vorhandenen Blockade bis auf 61,5 m unter Schachtoberkante befahren werden. Die Minikamerabefahrung endet auf dem im Bohrloch verbliebenen

Bohrmeißel. Bei der Befahrung wurden keine Schäden am Bohrstrang festgestellt. Der Wasserspiegel innerhalb des Bohrgestänges lag am 01.06.2012 bei 51,5 m unter GOK.

Im Vorfeld der Sanierungsmaßnahme zur Bergung des Havarierten Bohrstranges und zur nachträglichen Abdichtung des Bohrloches erfolgte am 22.11.2012 durch das Büro Voutta, Herrenberg, eine Inklinationsmessung innerhalb des abgerissenen Bohrrohres (Abb. 10.1). Eine Azimut-Bestimmung konnte innerhalb des Stahlrohres nicht erfolgen. Die Inklinationsmessung mit einer gravitativen 3-Achsen-Sonde führte zu dem Ergebnis, dass das Bohrloch bis in eine Tiefe von ca. 17 m weitgehend vertikal ist und nur eine Neigung von 0,3° aufweist. Ab dieser Tiefe setzt dann eine Zunahme der Neigung ein, die in 26 m Tiefe einen Wert von 1,8° und bis in eine Tiefe von 35 m einen Wert von 2,2° aufweist. Im Abschnitt zwischen 44 m und 53 m beträgt die Neigung ca. 1,7° und steigt bis zur Tiefe von 61 m auf max. 2,7°.

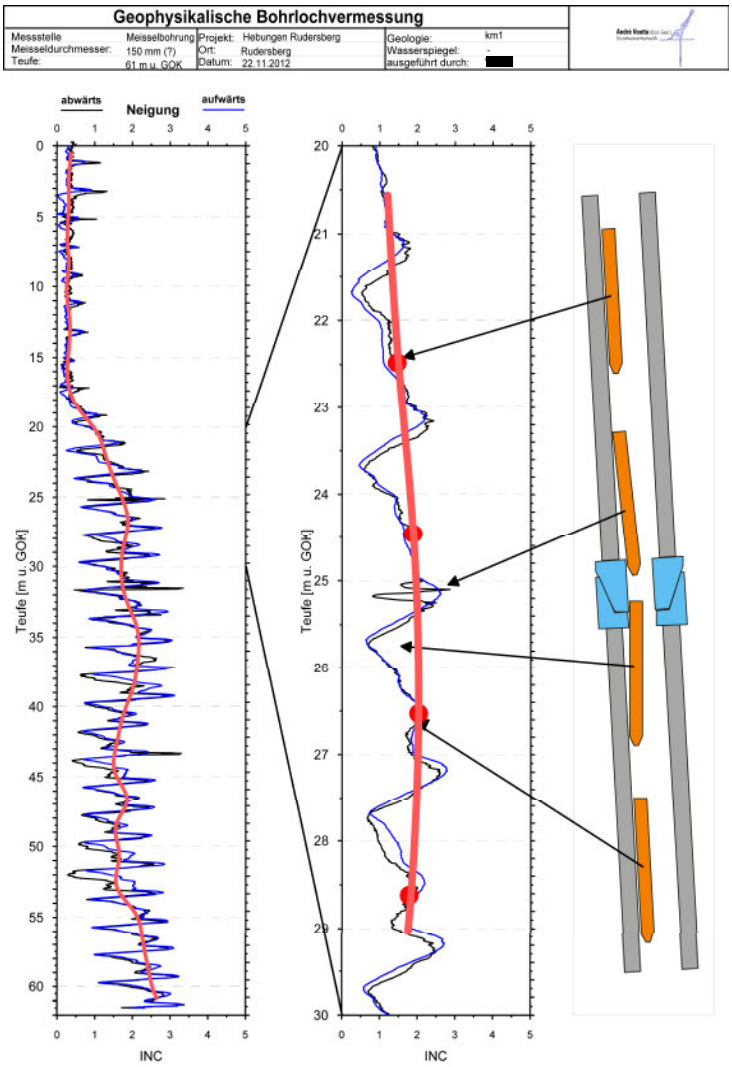


Abb.10.1: Inklinationsmessung der Fa. Voutta, Herrenberg, im Druckluftgestänge der havarierten Bohrung

Am 08.03.2013 begannen die Arbeiten der Fa. Angers zur Sanierung der Havarierten Bohrung. Die Sanierung, insbesondere die Bergung des abgerissenen, über nunmehr 5 ½ Jahre „eingewachsenen“ Bohrgestänges (ø 89 mm Außendurchmesser) mit anhängendem Imlochbohrhammer erwies sich als technisch schwierig und bedurfte mehrerer Überbohr- und aufwändiger Fangversuche. Das freigelegte Bohrloch (Bohrdurchmesser 215 mm) wurde im April 2013 mit einer Tonabdichtung versehen (vgl. Ausbauzeichnung Anl. 9) und kann inzwischen als nach den Regeln der Technik abgedichtet gelten.

Das LRA Rems-Murr-Kreis hat die Arbeiten zur Sanierung der havarierten Bohrung in einem Dokument zusammengefasst, welches als Anlage 18 beigefügt ist und auf welches im Einzelnen verwiesen wird. Im freigelegten Bohrloch hat die Fa. Voutta, Herrenberg, ein Kaliber- und Gamma-log gefahren, welches in der nachstehenden Abbildung Abb. 10.2 dargestellt ist.

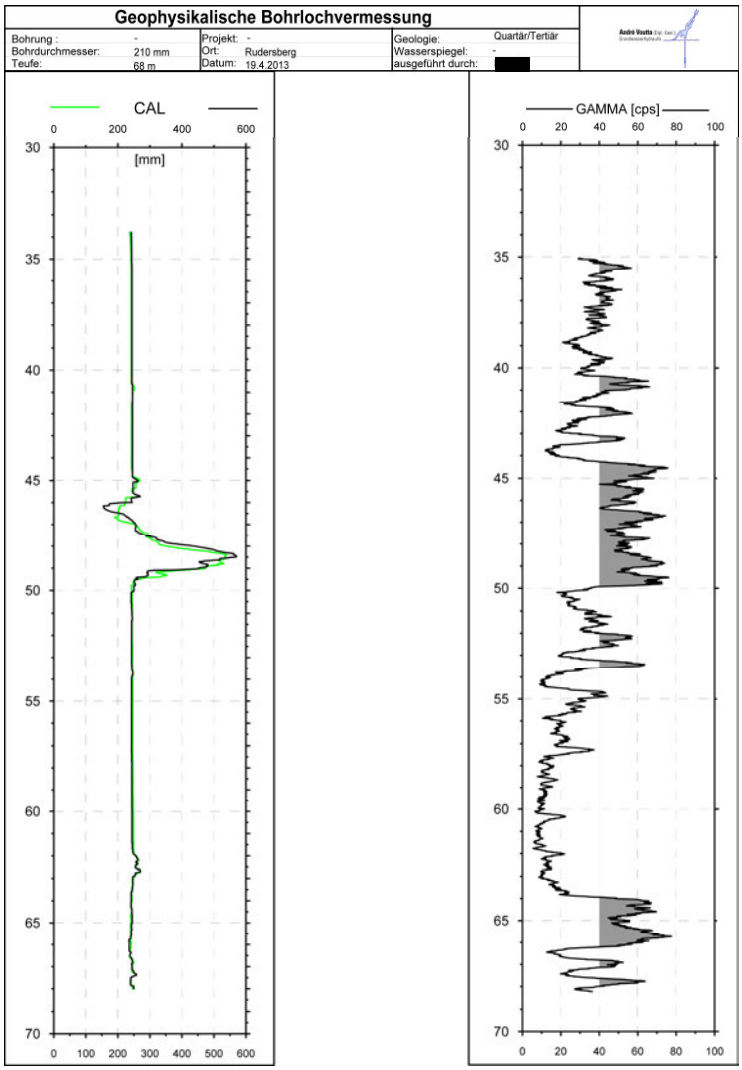


Abb. 10.2: Geophysikalische Bohrlochmessung der Fa. Voutta, Herrenberg, in der havarierten Bohrung nach Bergen des Imlochhammers und Bohrgestänges

Der geophysikalischen Bohrlochmessung zu Folge reichte die Havarierte Bohrung bis in eine Tiefe von 68,3 m unter Bohransatz. Im Niveau des Oberen Anhydritspiegels (EKB 1/12 bei 46,1 m unter GOK) wurde zunächst eine Verengung des Bohrloches um bis ca. 6 cm, und darunter eine Auskesselung des Bohrloches zwischen 47 m und 49 m (EKB 1/12: Bochingen-Horizont 46,19-49,65 m unter GOK) um bis ca. 35 cm gemessen. Kleinere Ausbuchtungen ergeben sich noch zwischen 62 m und 63 m (EKB 1: Grundgipsschichten 49,65-64,40 m unter GOK) und bei 67,5m unter GOK (EKB 1: Grüne Mergel 65,00-67,90 m unter GOK). Die Havarierte Bohrung erreichte von ihrer Bohrtiefe (im Vergleich zur unmittelbar benachbarten Erkundungsbohrung EKB 1/12) den oberen Abschnitt des Lingula-Dolomithorizonts im Unterkeuper.

Aus dem Gamma-log im Bohrloch der Havarierten Bohrung ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung mit der in EKB 1/12 erbohrten Schichtfolge. Die Schichtgrenze Gipskeuper zu Unterkeuper liegt in EKB 1/12 bei 64,4 m unter GOK, was sich exakt in einem merklichen Anstieg im Gamma-log beim Übergang von hangendem Sulfatgestein in die liegende tonigere Ausbildung des Unterkeupers abbildet. Nachdem die Havarierte Bohrung von der Bohrfirma ohne weitere Abdichtungsmaßnahmen zurückgelassen wurde, bestand über das Bohrloch ein hydraulischer Kurzschluss zwischen den (in EKB 1/12) erkundeten Grundwasserstockwerken im Gipskeuper und im Unterkeuper. Dieser Zustand wurde erst mit den durchgeführten Sanierungsmaßnahmen gut 5 ½ Jahre (September 2007 bis April 2013) nach den ursprünglichen Bohrarbeiten abgestellt.

Ob und wenn ja in welchem Umfang das Havarierte Bohrloch durch die Umwandlung von Anhydrit in Gips zugequollen oder durch Bohrlochwandausbrüche verlegt worden ist, bleibt ungewiss. Gegen ein schnelles Zuquellen des Bohrloches im Anhydrit führenden Bereich spricht jedenfalls die Tatsache, dass sich im Kaliberlog keine tieferen Abschnitte mit einer Querschnittsverengung zeigen.

Nach der im Kaliberlog gemessenen Verengung des Bohrloches mit auffällig unplausibler Symmetrie der Messkurven in x- und in y-Richtung (vgl. Abb. 10.2 und Anl. 16.2) verbleibt nach Bergen des Bohrgestänges und der danach erfolgten Querschnittsverengung zumindest über die Zeit bis zum Messen des Kaliberlogs ein immer noch offener Ringspalt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch geringe Zuflüsse geeignet sind, das Gipskeuperquellen hervorzurufen und im Abschnitt bis zum Unteren Anhydritspiegel (EKB 1: 64,6 m unter GOK) erwiesenermaßen genügend Quellpotenzial besteht, die an der Geländeoberfläche gemessenen Geländehebungen hervorrufen zu können.

10.2 Abdichtung undichter Erdwärmesonden

Nach Angaben der Bohrfirma wurden bei den Bauherren [redacted] der Schwenk Füllbinder L und bei den Bauherren [redacted] der Dykerhoff Dämmer S verwendet. Vom betreuenden Geologen wurden offenbar nach Begutachtung der Proben aus den Bohrlöchern keine Einwendungen gegen das geplante Verpressmaterial vorgebracht. Der Dykerhoff Dämmer S weist nach Herstellerangabe keine Sulfat- und Frostbeständigkeit auf und wird vom Hersteller auch ausdrücklich als Hinterfüll- und Abdichtungsmedium für Erdwärmesonden nicht empfohlen (fernmündliche Auskunft Fa. Dykerhoff).

Nach Erinnerung des Bohrmeisters der ausführenden Bohrfirma wurde keine der EWS Bohrungen in Rudersberg-Zumhof tiefer als 70 m gebohrt. Die Geländehöhen bei Herstellung der Bohrungen variieren nach erfolgten Geländeanfüllungen zu den heutigen.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Sachstandsberichts sind die Arbeiten zur nachträglichen Abdichtung der undichten Erdwärmesonde [redacted] S1 noch im Gange. Verabredungsgemäß erfolgt eine Berichterstattung zur Abdichtung dieser EWS erst nach Abschluss der Maßnahme. Nach den bis dahin vorliegenden Erfahrungen und weiteren Messungen wird entschieden, inwieweit, z.B. nach Wiederherstellung der ursprünglichen Druckverhältnisse, noch weitere Erdwärmesonden nachträglich abzudichten sind.

11. Zusammenfassung

Die wichtigsten Ergebnisse des vorliegenden Sachstandsberichts werden nachstehend wie folgt zusammengefasst:

Hebungen in Rudersberg-Zumhof

Im Untersuchungsgebiet Rudersberg-Zumhof wurden anhand von Messungen an Kanaldeckeln und Straßenmesspunkten für den Zeitraum 2007 bis 2012 Hebungsbeträge von bis zu 40 cm festgestellt. Anhand der seit August 2012 regelmäßig in grundsätzlich zweimonatigem Rhythmus durchgeführten geodätischen Höhenmessungen hat das RPF/LGRB die Hebungsgeschwindigkeit flächenhaft mit einem Geographischen Informationssystem ausgewertet und die zeitliche Entwicklung in Hebungsfiguren dargestellt.

Die Hebungsfigur weist eine elliptische Form auf, deren etwa 450 m lange Längsachse annähernd Nord-Süd-orientiert ist und eine Breite bis zu 300 m aufweist. Die nördlichen und südlichen Begrenzungen des Hebungsgebiets sind bislang nur ungenau bekannt. Der Messpunkt mit der höchsten Hebungsrate (MP 9) von bis knapp 7 mm/Monat befindet sich in Nähe der Havarierten Bohrung. Die Hebungsfigur ist weitgehend ortsfest und zeigt hinsichtlich ihrer Lage seit Aufnahme der Messungen nur geringfügige, eher von auswertebedingten Rundungseffekten beeinflusste Veränderungen. Die bis heute nachgewiesenen absoluten Hebungsbeträge dürften sich auf insgesamt bis ca. 50 cm belaufen.

Schichtenfolge und Tektonik

Mit der Erkundungsbohrung EKB 1/12 wurde unterhalb einer geringfügig mächtigen anthropogenen Aufschüttung die Schichtabfolge des Mittleren und Unteren Keupers sowie darunter des Oberen Muschelkalkes erbohrt. Die Schichtlagerung ist annähernd söhlig bis schwach nach Südwesten geneigt. Die Schichtenfolge im Bohrprofil der EKB 1/12 ist ungestört und ohne etwaige Schichtausfälle. In der Gesamtschau entspricht der Bohrbefund der in der Geologischen Karte GK 25, Bl. 7123 Schorndorf zu erwartenden Abfolge. In Kombination mit dem Bohrprofil des weiter nordwestlich gelegenen Tiefbrunnens Rudersberg ergibt sich der Hinweis auf eine weitere, in der Geologischen Karte noch nicht verzeichnete tektonische Störung, die im Bereich Rudersberg-Zumhof zu einer grabenartigen oder aber auch nur flexurbedingten Einsenkung der Schichtenabfolge führt (vgl. Geologischer Schnitt Anlage 3.1 und 3.2). Es ist anzunehmen, dass es im Bereich der Schnittführung noch weitere tektonische Störungen mit geringen Versatzbeträgen gibt, die mangels geeigneter Kartierbarkeit nicht näher erfassbar sind. Diese tektonischen Elemente sind für die Bewertung des vorliegenden Schadensfalles jedoch ohne weitere Bewandtnis und entsprechen dem regionalen strukturgeologischen Inventar.

Identifikation von Homogenbereichen, Obere bzw. Untere Gips-/Anhydritspiegel

Anhand umfangreicher Laboruntersuchungen konnten Homogenbereiche als Zonen innerhalb des Gebirgsverbands ausgewiesen werden, deren Gesteinseigenschaften (Lithologie, Sulfatführung, mineralogisch-bodenmechanischer Laborkennwerte wie Trocken- und Feuchtdichte, Wassergehalt) relativ einheitlich sind und innerhalb einer gewissen Bandbreite liegen. Daneben wurde das sulfatführende Gebirge im Gipskeuper in Gips- bzw. Anhydrit-führende Abschnitte untergliedert und das erstmalige Auftreten von Gips bzw. Anhydrit als „Oberer Gipsspiegel“ bzw. „Oberer Anhydritspiegel“ und analog das letztmali-

ge Auftreten von Anhydrit bzw. Gips als „Unterer Anhydritspiegel“ bzw. „Unterer Gipsspiegel“ bezeichnet.

Identifikation des im Quellungsprozess befindlichen Gebirgsabschnittes

Eine Identifikation des im Quellungsprozess befindlichen Gebirgsabschnittes ist in der Gesamtschau unter Einbezug indirekter und direkter Anzeichen wie folgt möglich.

Indirekte Anzeichen: Der Tiefenabschnitt zwischen 46 m und 54 m u. GOK entspricht der Zone, in der aufgrund erhöhter Gebirgsspannungen wiederholt Erschwernisse beim Niederbringen der Bohrung (z.B. Festsitzen der Bohrrohre nach Arbeitsunterbrechungen sowie Auflandungen) auftraten. In den benachbarten EWS-Bohrungen zeichnet sich dieser Abschnitt in den dort gemessenen Temperaturprofilen mit einer eindeutig positiven Temperaturanomalie aus (Kap. 9.2). Die Temperaturanomalie ist auf eine exotherme Reaktion bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips zurückzuführen.

Direkte Anzeichen: Die Bohrkerne der EKB 1/12 zeigen bei der Kernaufnahme im Abschnitt zwischen 49 m und 54 m mehrfach zerlegte Kernabschnitte, die auf eine mechanische Überbeanspruchung der Bohrkerne zurückgeführt werden. Ein derartiges Verhalten der Bohrkerne wurde auch im quellenden Bereich des Gipskeupers im Schadensfall Staufen beobachtet.

Aufgrund der indirekten und direkten Anzeichen wird der Tiefenabschnitt zwischen 46 m und 54 m als der momentan in Quellungsprozess befindliche Gebirgsabschnitt identifiziert. Es ist darauf hinzuweisen, dass potenziell quellfähige Gesteine noch bis in eine Tiefe von 63,6 m (Unterer Anhydritspiegel) vorhanden sind.

Hydraulische und hydrochemische Verhältnisse

Die während des Abteufens der Bohrung durchgeführten hydraulischen Tests sowie hydrochemischen Untersuchungen erlauben eine differenzierte Beurteilung der hydrogeologischen Verhältnisse.

Es wurden drei hydraulisch und hydrochemisch voneinander getrennte Grundwasserstockwerke nachgewiesen, wobei vom obersten Grundwasserstockwerk (km1) über das mittlere Grundwasserstockwerk (ku) bis in das untere Grundwasserstockwerk (mo) insgesamt absteigende Druckverhältnisse herrschen. Eine Bewässerung des in Quellung be-

findlichen Gebirgsabschnittes ist sowohl durch Grundwasserabfluss aus dem Gipskeuper als auch durch Aufstieg von gespanntem Grundwasser aus dem Unterkeuper möglich. Die Druckhöhe im Oberen Muschelkalk reicht indes nicht zu einem Aufstieg in den quellfähigen Gebirgsabschnitt aus.

Ursache der Hebungen

Der Quellhebungsprozess in Rudersberg-Zumhof ist auf künstlich hervorgerufene Wasserwegsamkeiten in den quellfähigen, von Wasserzutritten bislang natürlich abgedichteten Gebirgsabschnitt zurückzuführen. Erst durch das Herstellen stockwerksübergreifender Bohrungen mit nicht ordnungsgemäß abgedichteten Ringräumen konnte Wasser in den quellfähigen Gebirgsabschnitt zutreten. Aus den gemessenen Potenzialverhältnissen ergeben sich sowohl aus höheren (Gipskeuper) wie auch aus tieferen Grundwasserstockwerken (Unterkeuper) Zuflussmöglichkeiten. Aus dem EWS-Schadensfall Staufen ist bekannt, dass bereits geringe Wasserzuflüsse (wenige l/min) ausreichen, den Quellhebungsprozess in Gang zu setzen und aufrecht zu erhalten.

Es wird vermutet, dass sich im Reaktionsbereich im Zuge des Hebungsprozesses schichtparallele Fugen geöffnet haben. Aufgrund hoher Saugspannungen des untersättigten Sulfatgebirges kann sich Wasser, welches nur über lokale Fließpfade (undichte Bohrungen) zutritt, lateral weit ausbreiten, somit größere Flächen benetzen und zu einem flächenhaften Schwellen des Anhydrits führen. Anhand der Untersuchungen gelten die Havarierte Bohrung, die in unmittelbarer Nähe zum gemessenen Hebungszentrum (MP 9) liegt, sowie mindestens eine Erdwärmesonde (S1) als undicht. Zur Wiederherstellung der natürlichen Stockwerkstrennung und damit der ursprünglichen Druckverhältnisse wurde die Havarierte Bohrung bereits saniert und die nachträgliche Abdichtung der EWS , S1, begonnen.

Wie im Zuge der Sanierung der EWS ,S1, bekannt wurde, ist das zur Abdichtung verwendete Hinterfüllmaterial zahlreicher Erdwärmesonden im Untersuchungsgebiet nicht frost- und sulfatbeständig. Von daher ist zumindest bei diesen EWS auch im Lichte der bereits eingetretenen mechanischen Beanspruchung durch die erfolgten und noch weiter ablaufenden Hebungen von einer nicht dauerhaft beständigen Ringraumabdichtung auszugehen.

Da nicht auszuschließen ist, dass in Folge der wiederhergestellten Grundwasser-Druckverhältnisse weitere EWS etwaige Fließpfade in den quellfähigen Gebirgsabschnitt darstellen, sind weitere Ruhetemperaturmessungen erforderlich.

Weiteres Quellpotenzial

Wie die Erkundungen belegen, stehen im Untergrund noch mehrere Meter an Anhydrit zur Verfügung, so dass grundsätzlich noch umfangreiches Quellpotenzial vorhanden ist. Vordringliches Ziel muss daher sein, durch technische Maßnahmen zu verhindern, dass noch weitere Abschnitte des Anhydrits zur Tiefe wie auch lateral in Reaktion treten. Über die Dauer der Quellhebungserscheinungen nach erfolgter Abdichtung kann keine konkrete Angabe getroffen werden, da unbekannt ist, wie viel Wasser in den quellfähigen Gebirgsabschnitt eingetreten ist und der weiteren Quellhebungsreaktion noch zur Verfügung steht.

Ausblick

Die weiter durchzuführenden geodätischen Messungen, die Ruhetemperaturprofilmessungen in Erdwärmesonden, das Monitoring der Grundwassermessstellen sowie die Erkenntnisse bei der derzeit laufenden Abdichtung der EWS [redacted] S1, werden aufzeigen, welche künftigen Maßnahmen zur Sanierung des Schadensfalls in Rudersberg-Zumhof sinnvoll und durchzuführen sind.

Bearbeiter:

[redacted]

[redacted]

[redacted]

Literatur

ANAGNOSTOU, G. (1992): Untersuchungen zur Statik des Tunnelbaus in quellfähigem Gebirge. – Veröffentlichung des Instituts für Geotechnik der ETH Zürich, Band 201, August 1992.

BAUMANN, K., BÜCHNER, U., GROßWIG,S., HURTIG, E., SENZE, A., TRILLER, F. (2008): Qualitätssicherung und Qualitätsüberwachung von Erdwärmesondenanlagen durch geophysikalische Bohrlochmessungen. – Der Geothermiekongress 2008, Kongressband, S. 280 – 289.

FURTAK, H. & LANGGUTH, H.R. (1967): Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwässern und Grundwassertypen mittels Kennzahlen. – Mem. IAH-Congress, 1965, VII: 86-96, 5 Fig.; Hannover.

HAUBER, L., JORDAN, P., MADSEN, F., NÜESCH, R., VÖGTLI, B. (2005): Tonminerale und Sulfate als Ursache für druckhaftes Verhalten von Gesteinen; Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation / Bundesamt für Straßen.

HENKE, K. F., KRAUSE, H., MÜLLER, L., KIRCHMAYER, M., EINFALT, LIPPMANN, F. (1975): Sohlhebungen beim Tunnelbau im Gipskeuper. – Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg.

RAUH, F. (2009): Untersuchungen zum Quellverhalten von Anhydrit und Tongesteinen im Tunnelbau. – Münchner Geowiss. Abh., 11, S. 1-110, München.

ROHNER, E. (2009): TRT in Kombination mit hoch aufgelösten Temperatur-Tiefenprofilen zur Qualitätssicherung. – TRT-Symposium, 16. September 2009, Göttingen

SAUER, M., GRUNDMANN, E. (2009): Praxiserfahrungen mit der Auswertung des geothermal Response Tests. – Symposium "10 Jahre TRT in Deutschland", Göttingen 16. September 2009.

UM (2005), Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg., 2005): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden, 4. überarbeitete Neuauflage, Mai 2005.

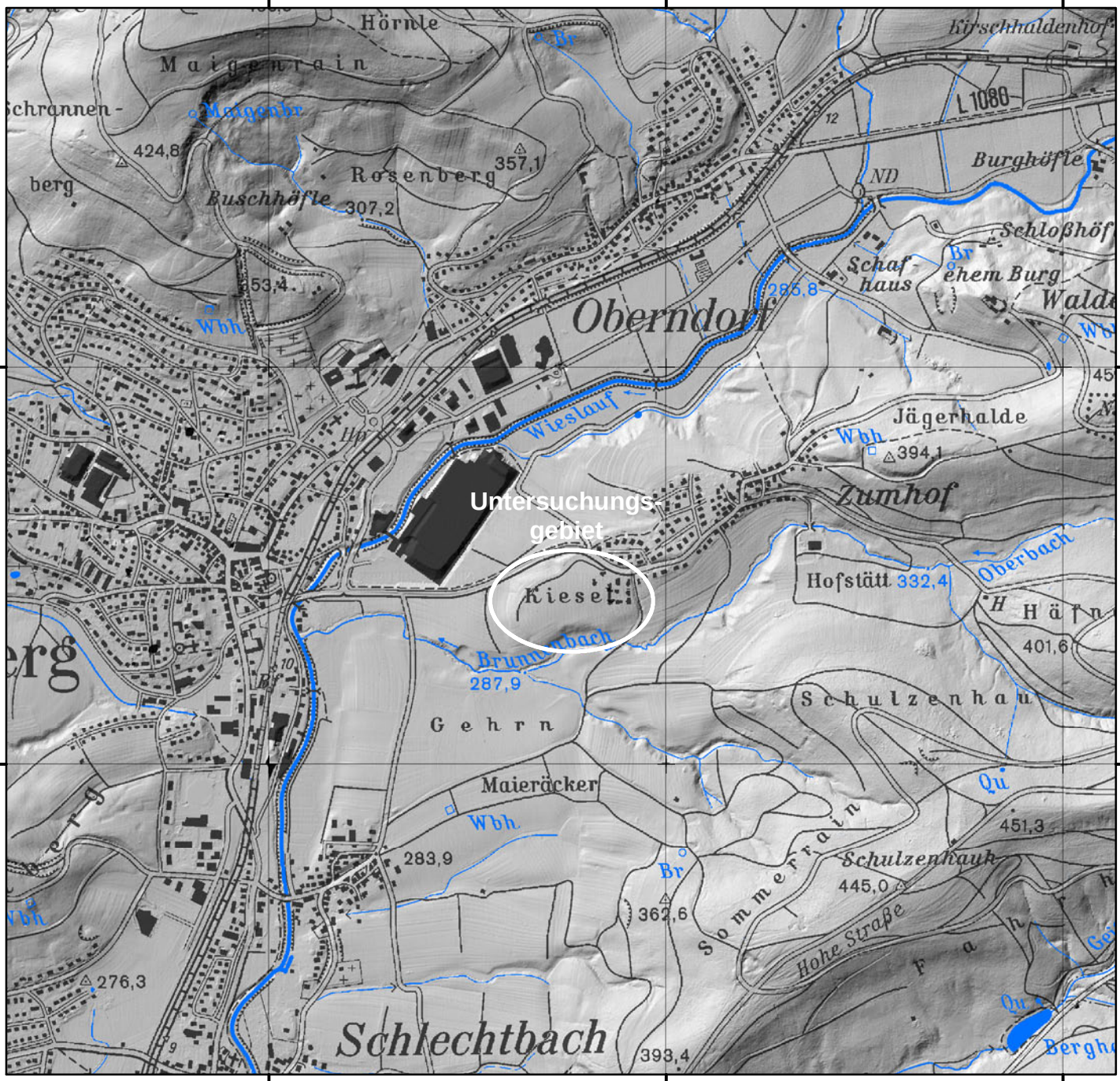
WALKER-HERTKORN, S., KÜBERT, M., VOUTTA, A. (2009): Messmethoden bei Erdwärmesondenbohrungen, GtV 3/2009, S. 19 – 23.

WITTKE, M., WITTKE-GATTERMANN, P., WAHLEN, R. (2007): Möglichkeiten der Optimierung des Tunnelbaus im quellfähigen Gipskeuper durch Berücksichtigung der Selbstabdichtung. – Zeitschrift Geotechnik 4/2007.

Bearbeiter (Datum, Namenszeichen).

Aktenlauf:

Lfd.Nr	Verfügung	Erledigungsvermerk Datum, Namenszeichen
1.	Schreiben abgesandt am:	
2.	DSE/DSA:	
3.	zur Abrechnung Referat 13 – [redacted]	
4.	z. d. A. Registratur Abteilung 9	



Gauß-Krüger-Koordinaten

Kartengrundlage: Hochauflösendes DGM, TK25 Blatt 7123 (Schorndorf)

0 250 500 1000 Meter

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU

Projekt:	Sachstandsbericht Erdwärmesonden-Schadensfall Rudersberg-Zumhof	
Ort:	Gmd. Rudersberg, Rems-Murr-Kreis	
hier:	Topografische Übersichtskarte	Maßstab: 1 : 15.000
Aktenzeichen:	4764//13-6551	Freiburg, im September 2013
Bearbeiter:	[redacted]	Anlage: 1

West-Teil

Ost-Teil

Gauß-Krüger-Koordinaten

Kartengrundlage: Hochauflösendes DGM, GK25 Blatt 7122 (Winnenden) und 7123 (Schorndorf)

Quartär

- Ls,f Ablagerungen in den Talauen
- Hm Anmoorige Flächen
- L Lö Lehm, Lösslehm und Löss

Jura

- lα Unterjura

Keuper

- km5 Knollenmergel (Trossingen-Formation)
- km4 Stubensandstein (Löwenstein-Formation)
- km3o Obere Bunte Mergel (Mainhardt-Formation)
- km3s Kieselsandstein (Hassberge-Formation)
- km3u Untere Bunte Mergel (Steigerwald-Formation)
- km2 Schilfsandstein (Stuttgart-Formation)
- gm km1 gu P E Gipskeuper (Grabfeld-Formation)
- ku kus Unterkeuper (Erfurt-Formation)

Muschelkalk

- mo3, mod, mo2 Oberer Muschelkalk

Detail-Profilschnitt

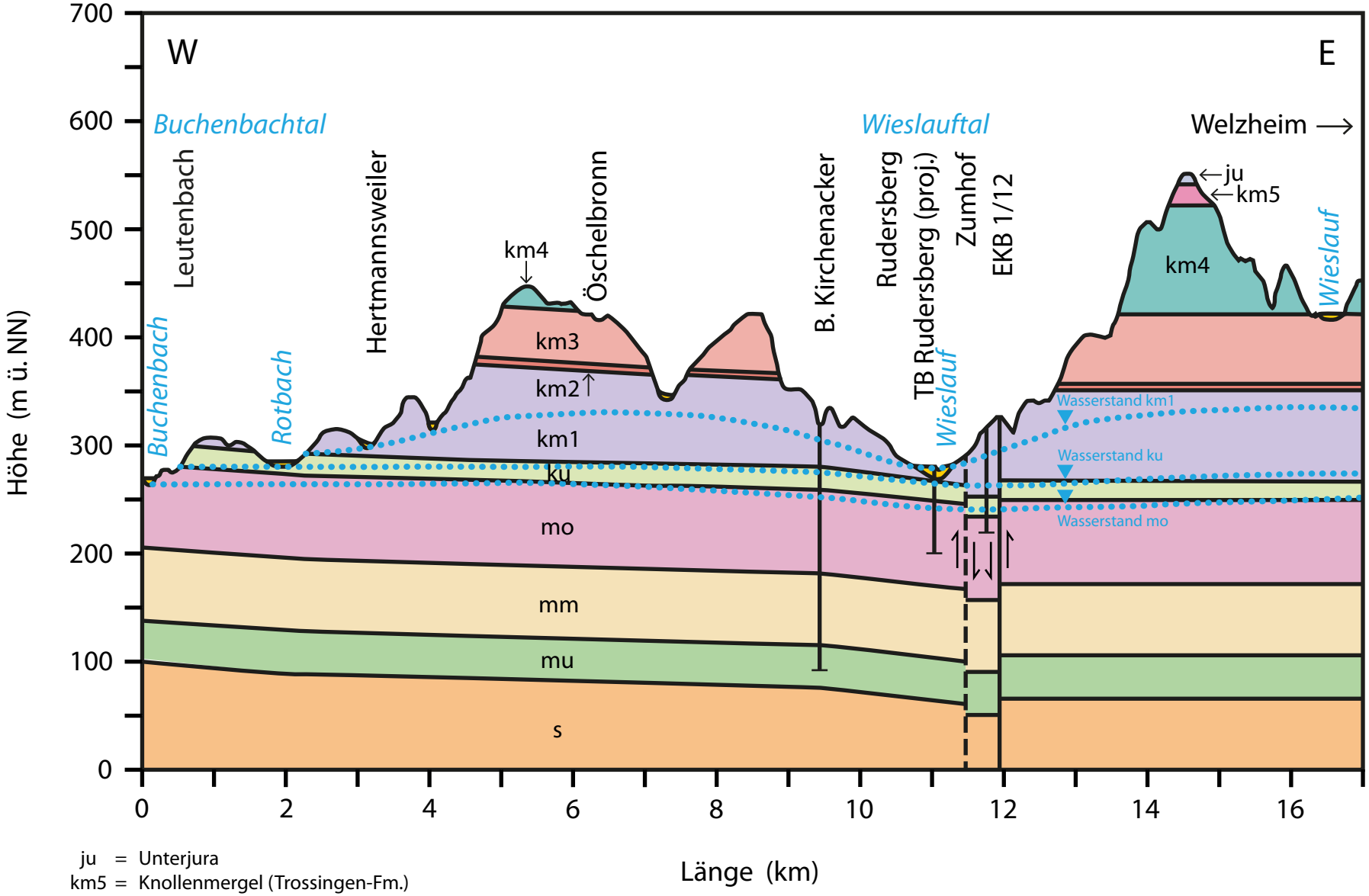
Gesamt-Profilschnitt

0 0.5 1 2 3 km

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU

Projekt:	Sachstandsbericht Erdwärmesonden-Schadensfall Rudersberg-Zumhof		
Ort:	Gmd. Rudersberg, Rems-Murr-Kreis		
hier:	Geologische Übersichtskarte mit Eintrag der Profillinien	Maßstab:	1 : 25.000
Aktenzeichen:	4764//13-6551	Freiburg, im September 2013	
Bearbeiter:	[redacted]	Anlage:	2

Hydrogeologischer Schnitt Leutenbach - Rudersberg-Zumhof



ju = Unterjura
km5 = Knollenmergel (Trossingen-Fm.)
km4 = Stubensandstein (Löwenstein-Fm.)
km3 = Bunte Mergel (Steigerwald-, Hassberge-, Mainhardt-Fm.)
km2 = Schilfsandstein (Stuttgart-Fm.)
km1 = Gipskeuper (Grabfeld-Fm.)

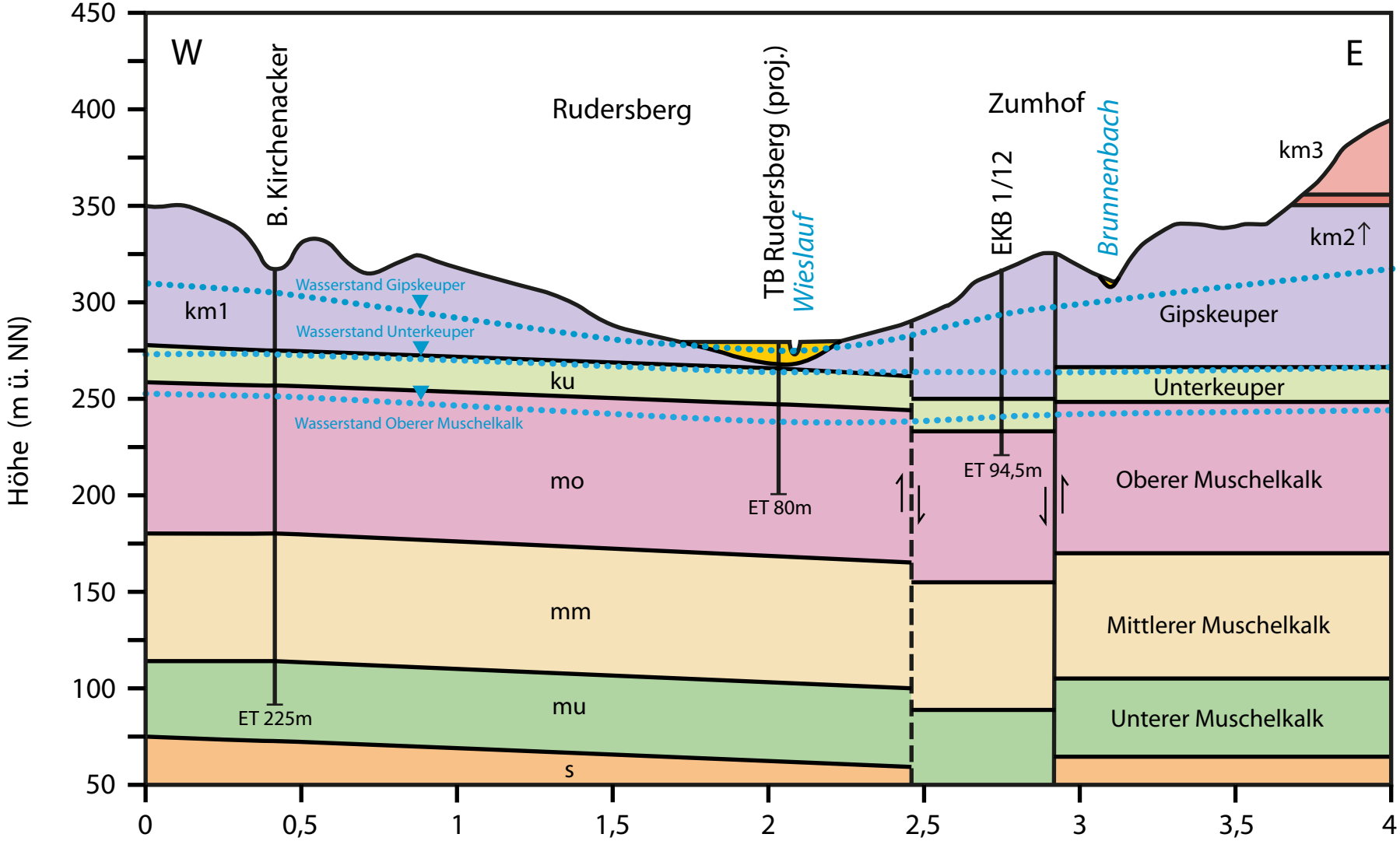
ku = Unterkeuper (Erfurt-Fm.)
mo = Oberer Muschelkalk
mm = Mittlerer Muschelkalk
mu = Unterer Muschelkalk
s = Buntsandstein

Wasserstand

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau LGRB

Aktenzeichen: 4764//13-6551
Bearb.: Zeichn.: Anlage: 3.1

Hydrogeologischer Schnitt Rudersberg



km3 = Bunte Mergel (Steigerwald-, Hassberge-, Mainhardt-Fm.)
km2 = Schilfsandstein (Stuttgart-Fm.)
km1 = Gipskeuper (Grabfeld-Fm.)
ku = Unterkeuper (Erfurt-Fm.)
mo = Oberer Muschelkalk
mm = Mittlerer Muschelkalk
mu = Unterer Muschelkalk
s = Buntsandstein

Wasserstand

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau LGRB

Aktenzeichen: 4764//13-6551

Bearb.: Zeichn.: Anlage: 3.2

Zeitplan Ursachenforschung und Sanierung der Hebungen in Zumhof

Jahr	2012												2013			
Monat	Jul		Aug		Sep		Okt		Nov		Dez		Jan		Febr	
1. Messpunktenetz																
vorbereitende Arbeiten																
Messungen (Nullmessung, Überwachungsmessungen)																
2. Geophysikalische Messungen																
Freilegen der Sonden, Glykolaustausch																
Messungen (durch LGRB)																
3. Erkundungsbohrung																
Auswahl der Bohrfirma																
Erkundungsbohrung																
Untersuchungen																
4. Sanierung der havarierten Bohrung																
Auswahl betreuendes Ingenieurbüro																
Auswahl der Brunnenbaufirma / Bohrfirma																
Sanierung																

Stand 29.06.2012, alle Angaben beziehen sich auf den derzeit bekannten Sachstand, Änderungen sind deswegen vorbehalten.

Zeitplan Ursachenforschung und Sanierung der Hebungen in Zumhof

Jahr	2012												2013			
Monat	Jul		Aug		Sep		Okt		Nov		Dez		Jan		Febr	
1. Messpunktenetz																
vorbereitende Arbeiten																
Messungen (Nullmessung, Überwachungsmessungen)																
2. Geophysikalische Messungen																
Freilegen der Sonden, Glykolaustausch																
Messungen (durch LGRB)																
3. Erkundungsbohrung																
Auswahl der Bohrfirma																
Erkundungsbohrung																
Untersuchungen																
4. Sanierung der havarierten Bohrung																
Auswahl betreuendes Ingenieurbüro																
Auswahl der Brunnenbaufirma / Bohrfirma																
Sanierung																

Stand 16.07.2012, alle Angaben beziehen sich auf den derzeit bekannten Sachstand, Änderungen sind deswegen vorbehalten.

Änderungen zum Stand 29.06.2012: orange

Entfällt gegenüber Stand 29.06.2012

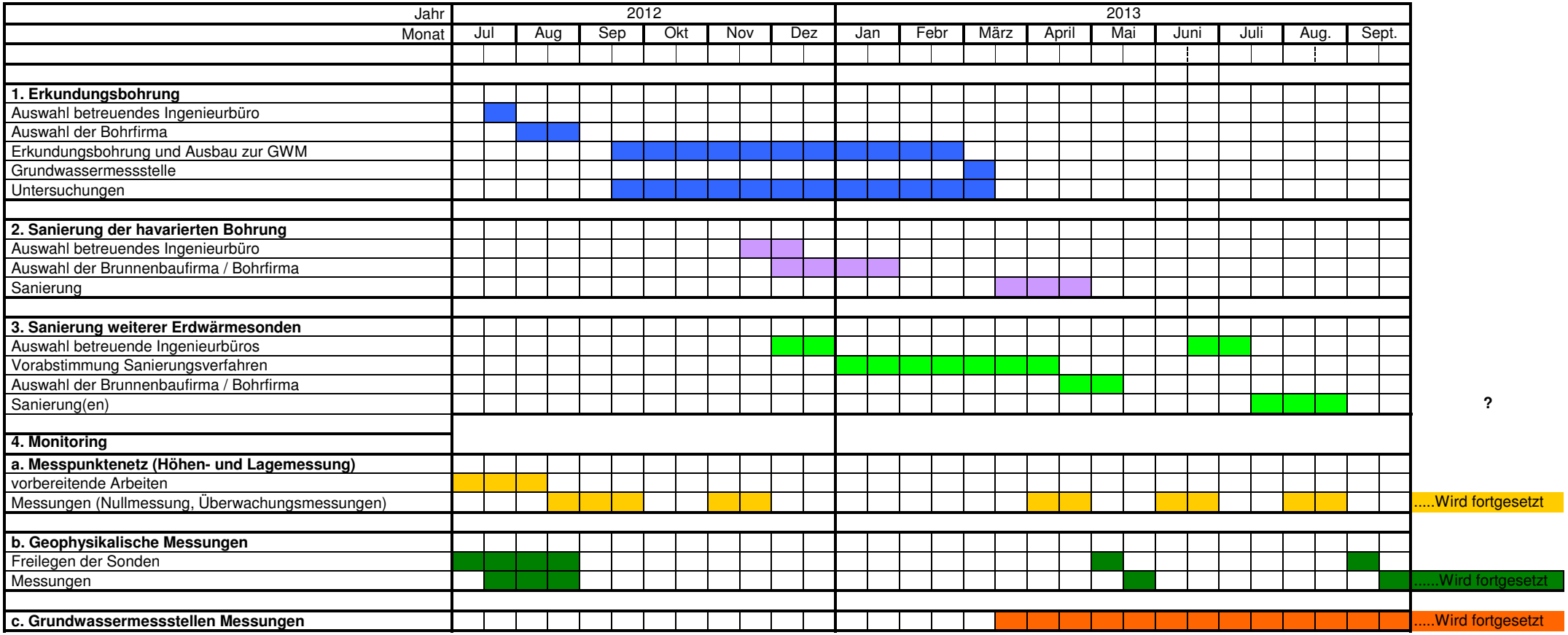
Zeitplan Ursachenforschung und Sanierung der Hebungen in Zumhof

Stand 18.02.2013, alle Angaben beziehen sich auf den derzeit bekannten Sachstand, Änderungen sind deswegen vorbehalten.

Jahr	2012												2013										
Monat	Jul		Aug		Sep		Okt		Nov		Dez		Jan		Febr		März		April		Mai		
1. Messpunktenetz (Höhen- und Lagemessung)																							
vorbereitende Arbeiten																							
Messungen (Nullmessung, Überwachungsmessungen)																							.....wird fortgesetzt
2. Geophysikalische Messungen																							
Freilegen der Sonden, Glykolaustausch																							
Messungen (durch LGRB)																							
3. Erkundungsbohrung																							
Auswahl betreuendes Ingenieurbüro																							
Auswahl der Bohrfirma																							
Erkundungsbohrung und Ausbau zur GWM																							
Grundwassermessstelle																							
Untersuchungen																							
4. Sanierung der havarierten Bohrung																							
Auswahl betreuendes Ingenieurbüro																							
Auswahl der Brunnenbaufirma / Bohrfirma																							
Sanierung																							
Untersuchungen																							
5. Sanierung weiterer Bohrungen																							
Auswahl betreuendes Ingenieurbüro																							
Auswahl der Brunnenbaufirma / Bohrfirma																							
Sanierung																							
Untersuchung																							
6. Monitoring des Sanierungserfolges																							..... wird fortgesetzt

Zeitplan Ursachenforschung und Sanierung der Hebungen in Zumhof

Stand 11.07.2013, alle Angaben beziehen sich auf den derzeit bekannten Sachstand, Änderungen sind deswegen vorbehalten.



Regierungspräsidium Freiburg
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Az. 4764//13 6551,
Anlage 5

B O H R P R O F I L

Bezeichnung:	EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg	**TK 25 Nr.:**	7123	**Archiv-Nr.:**	917
Projekt:		**Blatt:**	Schorndorf		
Lage:	Im Kiesel [redacted], Flst-Nr.: [redacted]	**Koordinaten** (nach Flurstückskarte)			
		R: [redacted]	**H:** [redacted]		
Gemeinde:	Rudersberg	**Höhen** (nach Laserscanverfahren)			
Teilort:	Zumhof	**Ansatzpunkt:**	315,3	m ü. NN	
Kreis:	Rems-Murr	**Messpunkt:**		m ü. NN	
Geol. Aufnahme:	09.2012 - 02.2013	**Ruhewasserspiegel:**		m u. A.	
Bearbeiter:	[redacted]			m ü. NN	
Bohrfirma:	H. Anger´s Söhne Hessisch-Lichtenau			m ü. NN	
Bohrzeit:	09.2012 - 02.2013			m ü. NN	
Bohrverfahren (m u. A./Ø mm)**:** Kernbohrung		**Endteufe:**	94	m u. A.	

Filterstrecken (m u. A./Ø mm)**:**

Abdichtungen (m u. A.)**:**

Bemerkungen:

Kurzprofil (mit stratigr. Deutung):

0 - 0,65 m: Künstliche Auffüllung, qhy
- 0,90 m: Engelhofen-Horizont, kmEH (?)
- 30,70 m: Mittlere Grabfeld-Formation (Mittlerer Gipshorizont), kmGrm
- 33,05 m: Weinsberg-Horizont, kmWEH
- 46,19 m: Dunkelrote Mergel, kmDRM
- 49,65 m: Bochingen-Horizont, kmBH
- 64,40 m: Grundgipsschichten, kmGI
- 65,00 m: Grenzdolomit, kuD
- 67,90 m: Grüne Mergel, kuGRM
- 70,20 m: Linguladolomit-Horizont, kuLd
- 70,95 m: Obere Graue Mergel, kuOGM
- 73,15 m: Anoplophoradolomit-Horizont, kuAd
- 74,30 m: Untere Graue Mergel, kuUGM
- 74,95 m: Anthrakonitbank-Horizont, kuHAk

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 75,55 m: Sandige Pflanzenschiefer, kuSPS
- 76,31 m: Albertibank-Horizont, kuHAb
- 77,63 m: Hauptsandsteinschichten, kuHSS
- 81,45 m: Estherienton, kuES
- 83,75 m: Basisschichten, kuB
- 84,80 m: Sphärocodienkalk, moSPH
- 85,90 m: Trigonodusdolomit, moD
- 94,00 m: Künzelsau-Schichten, moK

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

Teufe (m u. A.)**:** Gesteinsart (Haupt-, Nebengemengeteile usw.), Farbe, Gefüge, Verwitterungsgrad, Konsistenz, Fossilinhalt, Klüftung u. a.

Quartär

Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung)

0 - 0,50 m Steine, kiesig, schluffig, sandig, grau und hellbraun, oben mit Asphaltbrocken, reichlich Ziegelbrocken, Betonbröckchen, Fliesenscherben, Kies (Recylingmaterial)

\- 0,65 m Schluff, kiesig, sandig, grau und rötlich grau, mit Ziegelresten, Betonbröckchen, Brocken aus Schlufftonstein;
Kerngewinn ca. 40 %

Mittelkeuper

Grabfeld-Formation (Gipskeuper)

Engelhofen-Horizont (?)

\- 0,90 m Schluff, tonig, grünlich grau und braungrau, mit zahlreichen Bröckchen aus Schlufftonstein, tonigem Dolomitstein und Dolomitstein, verwittert, zerbohrt

Mittlere Grabfeld-Formation (Mittlerer Gipshorizont)

\- 1,70 m Schluff, tonig, grünlich grau und violettrot, mit Brocken aus Schlufftonstein, verwittert, stückig zerbohrt, einzelne Ziegelreste und Keramikscherben (**Recyclingmaterial aus Bohrplatz-Auffüllung** !)
Interpretation: Kern mit noch im Kernrohr befindlichem Auffüllungsmaterial kontaminiert

\- 2,85 m Tonstein, z. T. schluffig, grauviolett und rotviolett, teils mit grüngrauen Schlieren, weitgehend zu Schluff, tonig, mit festen Tonsteinbröckchen zersetzt und zerbohrt

\- 3,00 m Tonstein, rotviolett, bröckelig, angewittert

\- 3,60 m Tonstein, rotgrau und rotviolett, weitgehend zu Schluff, tonig mit festen Tonsteinbrocken zersetzt und zerbohrt, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Schichtflächen,
Kerngewinn ca. 10 %

\- 3,70 m Tonstein, grüngrau, untergeordnet rotviolett, weitgehend zu Schluff, tonig mit festen Tonsteinbrocken zersetzt und zerbohrt, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Schichtflächen,
Kerngewinn ca. 10 %

\- 3,90 m Tonstein, z. T. schluffig, grünlich grau und hell grüngrau, lagenweise mit violettroten Schlieren und Flasern, Lagen aus Tonstein, dolomitisch, grau bis grüngrau, Kern teils kleinstückig zerlegt, teils in Kernscheiben

\- 4,35 m Tonstein, schluffig, grüngrau mit wenigen rotvioletten Schlieren, mit Brocken aus Dolomitstein, z. T. feinsandig, grau und grünlichgrau und Bröckchen aus Tonstein, dolomitisch, graugrün, Kern komplett kleinstückig bis stückig zerbohrt

\- 4,50 m Tonstein, schluffig, grüngrau, lagenweise hell grüngrau, mit Lagen aus Dolomitstein, tonig, schwach feinsandig, grüngrau und grau, hart

\- 4,70 m Tonstein, grauviolett und dunkel rotviolett, bröckelig, z. T. stückig

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 5,20 m Tonstein,schluffig, rotviolett, z. T. scherbig, oben mit mm-dünnen, gelbgrauen bis grünlich grauen GAR-Lagen (Gipsauslaugungsreste), Kern stückig bis grobstückig zerfallen
- 5,60 m Tonstein, schluffig, grauviolett bis rotviolett und grünlich grau, z. T. zersetzt zu Schluff, tonig mit festen Tonsteinbröckchen
- 5,75 m Tonstein, schluffig, grünlich grau, z.T. mit rotvioletten Schlieren
- 6,00 m Tonstein, rotviolett und grüngrau, weitgehend zu Schluff, tonig mit festen Tonsteinbrocken zersetzt und zerbohrt, untergeordnet Bröckchen aus Dolomitstein, tonig und Tonstein, dololomitisch, grau und grünlich grau
- 6,55 m Tonstein, schluffig, rotviolett, bröckelig, im unteren Bereich zersetzt zu Schluff, tonig, mit festen Tonsteinbröckchen, einzelne bis 0,5 cm dünne, gelbliche bis grünliche GAR-Lagen,
  von 6,50 m bis 6,52 m: Tonstein, graugrün, bröckelig
- 7,75 m Tonstein, schluffig, grüngrau, bröckelig, lagenweise dünne gelbliche bis grünliche GAR-Lagen, Kern stückig zerlegt mit mit einelnen Kernscheiben; von 7,00 m bis 7,15 m Schlufftonstein, gelblich grau
- 7,96 m Tonmergelstein, grüngrau, bröckelig
- 8,35 m Tonstein, schluffig, grüngrau mit rotvioletten Schlieren, z. T. zu Schluff, tonig mit festen Tonsteinscherben zersetzt, stückig zerbohrt, einzelne dünne, gelbliche bis grünliche GAR-Lagen
- 8,77 m Tonstein, rotviolett und dunkel grauviolett, unten violettbraun, bröckelig bis brockig, oberhalb 8,50 m stückig zerbohrt, darunter Vollkern
- 9,00 m Tonstein, dunkel violettbraun mit grünlichgrauen Schlieren, angewittert
- 9,30 m Ton, schluffig, violettgrau, weich bis steif, mit Ziegelresten und Fliesenscherben (**Recyclingmaterial aus Bohrplatz-Auffüllung** !)
  Interpretation: ursprl. Kernverlust mit Fremdmaterial ersetzt, oder Kernrohr teils noch mit Bohrplatzauffüllung kontaminiert und vor Einbau nicht geleert
- 9,35 m Tonstein, schluffig violett bis violettbraun, bröckelig
- 9,80 m Tonstein, rotviolett, teils mit grüngrauen Schlieren und Flasern, im Wechsel mit grüngrauen Tonsteinlagen, unten mit bröckeligen, gelblichen bis grünlichen GAR-Lagen
- 9,95 m Tonstein, violett, einzelne grünliche Schlieren, brockig, z. T. stückig zerbohrt, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Schichtflächen, Reste von GAR-Lagen
- 10,00 m Schuff, mergelig, feinsandig, hell grünlich grau und violett, bröckelig und stückig, (GAR)
- 10,25 m Tonstein, dunkel rotviolett bis violettbraun
- 10,50 m Tonstein, graugrün
- 10,63 m Tonstein, schluffig, grauviolett und grünlich grau
- 11,09 m Tonstein, z. T. schluffig,violettbraun und grauviolett, unten violettbraun, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Schicht- und Kluftflächen, obere 20 cm kleinstückig zerbohrt
- 11,47 m Tonstein, grüngrau mit grauvioletten und rotvioletten Schlieren und Flasern

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 11,53 m Tonstein, grüngrau, mit dünnen gelbgrauen bis grünlich grauen GAR-Lagen, stückig zerbohrt
- 12,00 m Tonstein, schluffig, grüngrau und hell grüngrau, feinschichtig
- 12,20 m Schluff, tonig, grünlich grau und grauviolett, mit Brocken und Bröckchen aus Tonstein und Bröckchen aus Tonstein, dolomitisch, grau und grünlich grau, verbacken, zahlreiche kleine Ziegelreste (**Recyclingmaterial aus Bohrplatz-Auffüllung** !)I
- 12,50 m Tonstein, schluffig, grünlich grau, z. T. braun, brockig, verwittert, wirre Lagerung, unten mit Kalksteinbrocken und kleinen Ziegelresten (**Recyclingmaterial aus Bohrplatz-Auffüllung** !)
  Interpretation: von 12,00 m bis 12,50 m: ursprl. Kernverlust mit Fremdmaterial ersetzt oder Kern mit noch im Kernrohr befindlichem Auffüllungsmaterial kontaminiert
- 13,00 m Tonstein,schluffig, violett mit grüngrauen Lagen und Flasern, komplett stückig zerbohrt
- 13,40 m Tonstein, rotviolett, grauviolett und grüngrau in Wechsel, wenige mm-dünne gelbliche bis grünliche GAR-Lagen, Kern stückig zerbohrt
- 13,50 m Tonstein, schluffig, grüngrau, mit mm-dünnen gelbgrauen bis grünlich grauen schluffigen GAR-Lagen, Kern stückig zerbohrt
- 14,20 m Tonstein, grüngrau, untergeordnet mit violettgrauen Schlieren, teils zu schluffigem Ton mit festen Tonsteinbrocken zersetzt, weich, teils weich bis steif, nach unten übergehend in Tonstein, feinlagig, mit mm-dünnen gelbgrauen bis grünlich grauen schluffigen GAR-Lagen, cm-dicke rotviolette Tonsteinlage an Basis
- 14,50 m Tonstein, schluffig, grüngrau, bröckelig bis brockig, mit mm-dünnen gelbgrauen bis grünlich grauen schluffigen GAR-Lagen, Kern bis 14,40 m stückig zerbohrt
- 14,95 m Tonstein,schluffig, rotviolett, lagenweise mit grüngrauen Lagen und Flasern
- 15,15 m Tonstein, z.T. dolomitisch, grüngrau, mm-dünne gelbliche bis grünliche GAR-Lagen, Kern stückig zerbohrt
- 15,20 m Tonstein,schluffig, grüngrau mit rotviolettenSchlieren, mm-dünne gelbliche bis grünliche GAR-Lagen, Kern stückig zerbohrt
- 15,50 m Tonstein,schluffig, rotviolett, lagenweise mit grüngrauen Schlieren, z. T. mit dünnen rötlichen GAR-Lagen
- 16,50 m Tonstein,schluffig, grüngrau und grau, zwischen 16,00 m und 16,20 m stückig, mit zahlreichen hell gelblichen bis grünlichen GAR-Lagen, unten verstürzt
- 16,75 m Tonstein,schluffig, grüngrau mit rotviolettenSchlieren und Lagen, verstürzt, stückig bis feinstückig, mit hell gelblichen bis grünlichen GAR-Lagen
- 17,00 m Tonstein, schluffig, grüngrau, mit mm-dünnen gelbgrauen bis grünlich grauen schluffigen GAR-Lagen, Kern stückig zerbohrt
- 17,20 m Tonstein, violett, feinschichtig
- 19,25 m Kernverlust
- 19,90 m Tonstein, zu Ton, schluffig, mit festen Tonsteinbrocken zersetzt und zerbohrt, grüngrau und rotviolett im Wechsel

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 20,00 m Kernverlust
- 20,50 m Tonstein, dolomitisch, grau bis violettgrau, hart, intensiv geklüftet, mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen, stückig, Kerngewinn ca. 10 %
- 22,20 m Kernverlust
- 22,25 m Tonstein, dolomitisch, grau bis grünlich grau, mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen
- 22,85 m Tonstein, grau und grünlich grau, z.T. Tonstein, dolomitisch, grau bis grünlich grau, verstürzt, stückig, Reste von hellen GAR-Lagen, Kerngewinn ca. 20 %
- 22,95 m Tonstein, zu Ton, schluffig, mit festen Tonsteinbrocken zersetzt und zerbohrt, grüngrau und grau
- 23,00 m Kernverlust
- 23,50 m Ton, schluffig, mit festen Bröckchen aus Tonstein und Tonstein, dolomitisch, grüngrau und violett, einzelne Lagen aus Tonstein, violett, Kern komplett stückig zerlegt und zerbohrt
  Kerngewinn ca. 25 %
- 23,95 m Tonstein, z. T. dolomitisch, dunkelgrau bis violettgrau, z. T. grünlich grau, entlang von Kluftflächen stückig zerfallend, mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen,
  Kerngewinn ca. 25 %
- 25,60 m Tonstein, z.T. Tonmergelstein, grau und grünlich grau, entlang von Kluftflächen stückig zerfallend, nach unten kleinstückig, mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen
- 26,55 m Tonstein, grau, steilstehende Klüfung, vereinzelt rostfarbenen Fe(O)OH-Beläge auf Kluftflächen, Kernscheiben
- 27,10 m Tonstein, grüngrau, lagenweise grau und violettgrau-fleckig, lagig geschichtet, intensiv geklüftet, mit reichlich rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen
- 27,70 m Tonstein, dunkelviolett und violettgrau, intensiv geklüftet, nach unten hin abnehmend rostfarbene Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen, Kern entlang Kluftflächen stückig bis kleinstückig zerlegt
- 30,70 m Tonstein, dunkelgrau und grau, teils bröckelig und kleinstückig zerlegt, teils Kernscheiben und Kernstücke bis 10 cm Länge, Kern entlang steilstehender Klüftung zerlegt,
  30,00 m bis 30,70 m: Tonstein- und Tonmergelsteinstücke in rötlicher Tonmatrix, Kern grobstückig zerlegt

Weinsberg-Horizont

- 30,92 m Dolomitstein, z. T. tonig, grau und braungrau, hart, oben zellig mit ocker- und rostfarbenen Belägen, entlang Klüftung stückig zerlegt (**Bleiglanz-Bank**)
- 32,25 m Tonstein, z. T. dolomitisch, grau und graugrün, Kern entlang schägstehender Klüftung grobstückig zerlegt, Kernstücke bis 30 cm

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 32,80 m Tonstein, grauviolett und grüngrau-fleckig, oben kleinstückig zerbohrt, untere 30 cm Vollkern
- 33,05 m Tonstein, grüngrau und violett-fleckig, oben grobstückig, unten kleinstückig zerbohrt

Untere Grabfeld-Formation

Dunkelrote Mergel

- 34,20 m Tonstein, schluffig, violett und rotviolett, z. T. grüngrau-fleckig, stückig bis kleinstückig zerlegt,
  von 33,55 m bis 33,85 m: Ton, schluffig, rotviolett, breiig, mit festen Tonsteinstückchen
- 34,70 m Tonstein, violett, z.T. mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen, bis 10 cm lange Kernstücke
- 35,10 m Tonstein, graugrün und grau, violett-fleckig, Kern entlang steilstehender Klüftung grobstückig zerlegt, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Kluftflächen
- 35,25 m Tonstein, violett, z. T. graugrün, kleinstückig zerlegt
- 35,45 m Tonsteinmergelstein, dolomitisch, z. T. Tonsteinmergelstein, dolomitisch, rotviolett, hart, steilstehende Klüftung, mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Kluftflächen
- 35,70 m Tonstein, dolomitisch, z. T. Tonsteinmergelstein, dolomitisch, rotviolett und grauviolett, z.T. grüngrau, hart, mit rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Kluftflächen, kleinstückig zerlegt
- 36,80 m Tonstein, dolomitisch bis Dolomitstein, tonig, mergelig, grauviolett, senkrecht geklüftet, teils Kern entlang Klüftung zerlegt, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Kluftflächen
  von 36,68 m bis 36,72 m: Kalkstein, mergelig, grau
- 37,30 m Tonstein, graugrün und grau, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Schicht- und Kluftflächen, Kern oben kleinstückig, unten stückig bis grobstückig zerlegt
- 37,50 m Tonstein, grau mit violetten Flasern und Flecken, rostfarbene Fe(O)OH-Beläge auf Schicht- und Kluftflächen, grobstückig zerlegt
- 37,56 m Ton, schluffig, hell grünlich grau (komplett zersetzter Tonstein)
- 38,00 m Tonstein, z.T.dolomitisch, dunkel violettgrau bis braunviolett, oben grün-fleckig, nach unten zunehmend mit mm-dünnen, weißlichen ebenen bis flach schräg einfallenden Fasergipslagen, rostfarbenen Fe(O)OH-Belägen auf Schicht- und Kluftflächen,
  von 37,55 m bis 37,90 m: Kern grobstückig zerlegt
- 38,10 m Tonstein, grüngrau und violett, mit zahlreichen mm-dünnen, weißlichen Gipslagen auf Schichtflächen
- 38,40 m Tonstein, violett und rotviolett, teils dunkel violettgrau, feinschichtig, mit mm-dünnen, weißlichen Gipslagen auf Schichtflächen
  von 38,28 m bis 38,30 m: Tonstein, grüngrau,
  von 38,35 m bis 38,45 m: ca. 4 mm breite, mit weißem Fasergips gefüllte Kluft, ca. 45° steilstehend
- 39,50 m Tonstein, violett und dunkel grauviolett, z. T. schwach grüngrau-fleckig, Lagen mit bis 2 cm, vereinzelt bis 5 cm großen Gipsknollen und Gipslinsen,

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

zahlreiche mm-dünne, weißliche Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen, Kern oben in Scheiben zerlegt, in der Mitte feinstückig und unten stückig

- 39,65 m Gipssstein, weißlich bis weißlich grau, z. T. spätig, wechsellagernd mit Tonstein, violett und grünlich grau, oben mit bis 5 cm großen Gipslinsen, Kern stückig zerlegt
- 40,10 m Gipssstein, weißlich, z. T. hellgrau, z. T. spätig, mit Lagen aus knollig bis knotigem Gipsstein mit violetten und dunkelvioletten Tonsteinflasern und -Schlieren
- 40,30 m Tonstein, violett und dunkelviolett, untergeordnet rotviolett, mit zahlreichen mm-dünnen, weißlichen Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen, Kern grobstückig zerfallen
- 40,85 m Tonstein, z. T. Tonmergelstein, rotviolett, massig, mit mm-dünnen, weißlichen Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen, Kern oben in Scheiben zerlegt, in der Mitte feinstückig und unten stückig
- 41,50 m Tonstein, violett und dunkel violettgrau, unten mit grüngrauen Lagen, feinschichtig, mit bis 1,5 cm starken Lagen aus knolligem Gipsstein, weißlich, zahlreiche mm-dünne, weißliche Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen, Kern teils stückig zerfallend, teils Kernscheiben
- 41,90 m Tonstein, grünlich grau, mit zahlreichen dünnen, weißlichen Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen
- 42,00 m Tonstein, dolomitisch, grünlich grau, hart, lagenweise Tonstein, grünlich grau, zahlreiche dünne, weißliche Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen
- 42,38 m Tonstein, grünlich grau und grau, nach unten hin zunehmend mit rotvioletten und violettgrauen Lagen und Schlieren, zahlreiche mm-dünne, weißliche Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen, Kern teils stückig zerfallend
- 42,50 m Tonstein, dunkelgrau und violettgrau, z. T. grüngrau, feinschichtig, mit cm-starken, mürben, weißliche Gipslagen
- 42,65 m Gipsstein, weißlich bis grauweißlich, z. T. flaserig, in feinlagigem Wechsel mit Tonstein, violettgrau und grünlich, Kern in cm-starke Scheiben zerlegt
- 43,00 m Tonstein, grüngrau und grau, mit rotvioletten Flecken und Flasern, cm-starke weißliche Gipslagen und -flasern
- 44,10 m Tonstein, grauviolett und grüngrau, in feinlagigem Wechsel mit Gipsstein, weißlich grau, mürbe, in bis max. 4 cm starken Lagen, Kern in cm-starke Scheiben zerlegt
- 44,45 m Tonstein, dunkelgrau, scherbig bis stückig zerlegt, Reste von klarem Gipsstein als Füllung einer ca. 3 mm starken Kluft
- 45,10 m Gipsstein, grau und hellgrau, feinlagig, mit bis 5 cm starken Lagen aus hellgrauem bis grauweißlichem massigen Gipsstein, z. T. dünne Lagen und Flasern aus Tonstein, hell grünlich grau
- 45,70 m Tonstein, grau mit dunkelvioletten Lagen und Schlieren, feinlagig, hart, steilstehende Klüftung, in oberen 10 cm: steilstehende Kluft mit Belägen aus klarem und weißlichem Gips, Gipsausblühungen auf Kernoberflächen
- 46,13 m Tonstein, dunkel violett, unten stückig, Kern entlang steilstehender Klüftung zerlegt
- 46,19 m Anhydritstein, z.T. Gipsstein (Probe entnommen)

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

Bochingen-Horizont

- 46,25 m Tonstein, violettgrau, grün-fleckig
- 47,13 m Tonstein, grünlich grau und grau, feinlagig, hart, steilstehende bis senkrechte Klüftung mit mm-dünnen Belägen aus weißlichem Gips
- 47,95 m Tonstein, grüngrau, mit zahlreichen mürben weißlichen bis hellgrauen Knollen und Flasern aus Gipsstein, z.T. auch aus Anhydritstein, mit zahlreichen weißlichen Gipslagen auf Kluft- und Schichtflächen, Kern in der Mitte bröcklig zerfallen
- 48,00 m Anhydritstein, untergeordnet Gipsstein, z. T. dolomitisch (Probe entnommen)
- 48,25 m Tonstein, grüngrau und dunkel grauviolett, mit zahlreichen weißlichen bis weißlichgrauen Gipslagen, bis 3 mm starke Fasergipslagen
- 48,35 m Tonstein, dunkel grauviolett, mit dünnen grauen Anhydritsteinlagen, bis 3 mm starke helle Fasergipslagen, Kern stückig zerlegt
- 48,44 m Tonstein, grüngrau, mit dünnen grauen Anhydritsteinlagen, bis 3 mm starke helle Fasergipslagen
- 48,75 m Tonstein, dunkel grauviolett, feinlagig
- 48,80 m Anhydritstein, untergeordnet Gipsstein, z. T. dolomitisch (Probe entnommen)
- 49,00 m Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau, Spiegelharnische, Kern grobstückig zerlegt
- 49,20 m Tonstein, grau bis grüngrau, z.T. grauviolette Lagen, lagig, mit dünnen, weißlichen Gipsbelägen auf Kluftflächen
- 49,65 m Tonstein, grau bis grüngrau, lagig, mit dünnen, weißlichen Gipsbelägen auf Kluftflächen, weißliche und durchsichtige Fasergipslagen

Grundgipsschichten

- 49,90 m Tonstein, grau, lagig, weißliche und grauweißliche bis cm-große Gipsknollen und Lagen, untergeordnet Anhydritstein in Lagen und Flasern, zahlreiche weißliche und durchsichtige Fasergipslagen, 1,5 cm starke Fasergipslage bei 49,75 m
- 50,25 m Tonstein, grau bis dunkelgrau, mit zahlreichen bis 0,5 cm starken Lagen aus Gipsstein, weißlich und grauweißlich, untergeordnet Anhydritstein, hellgrau und grauweißlich, Tonstein in Wechsellagerung mit Sulfatgestein teils zu Ton zersetzt
- 50,85 m Tonstein, dunkelgrau und grau, mit zahlreichen bis 0,5 cm starken Lagen aus Gipsstein, weißlich und grauweißlich, untergeordnet Anhydritstein, hellgrau und grauweißlich, Tonstein in Wechsellagerung mit Sulfatgestein teils zu Ton zersetzt
- 50,94 m Anhydritstein, lagenweise Gipsstein, grau und weißlich grau, wechsellagernd mit Tonstein, grau und grünlich
- 51,00 m Anhydritstein, untergeordnet Gipsstein, z. T. dolomitisch (Probe entnommen)
- 51,75 m Anhydritstein, grau, mit dünnen Lagen aus Tonstein, oben grünlich grau, unten grauviolett, untergeordnet mm-dünne, weißliche Fasergipslagen, Gipsbeläge auf Kernoberflächen
- 52,00 m Tonstein, grauviolett, teils zu Ton zersetzt, mit bis cm-starken Lagen aus Anhydritstein, hellgrau, mm-dünne, weißliche Fasergipslagen

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 52,21 m Anhydritstein, grau, teils grünlich grau bis grauviolett, mit dünnen Lagen aus Tonstein
- 52,90 m Tonstein, grünlich grau bis grau, nach unten hin dunkelgrau, teils zu Ton zersetzt, wechsellagernd mit bis 0,5 cm starken Lagen aus Anhydritstein, grau und weißlich grau, zahlreiche grauweißliche Gipsknollen
- 53,00 m Anhydritstein, grau und weißlich grau, mit dünnen Lagen aus Gipsstein, weißlichgrau, und Tonstein, grünlich grau, teils zu Ton zersetzt
- 53,13 m Anhydritstein, weißlich grau bis grauviolett, vereinzelt dünne Lagen aus Tonstein, grau und grauviolett
- 53,70 m Anhydritstein, grau, z. T.weißlich grau und grünlich grau, wechsellagernd mit Tonstein, grauviolett und dunkel grauviolett, oben z. T. grünlich grau, lagenweise Gipssstein, hellgrau und weißlich, flaserig, z. T. Fasergipgs, Schichtung teils verbogen und flaserig aufgelöst
- 53,76 m Tonstein, dunkel violettgrau, mit bis 0,5 cm starken Lagen aus Anhydritstein, grau und weißlich grau, wenige mm-dünne Fasergipslagen
- 54,35 m Anhydritstein, grau und weißlich, lagig und eben geschichet, unten mit bis 3 cm starken dunkelgrauen Tonsteinlagen
- 54,72 m Tonstein, violett, oben und unten grünlich grau, oben mit dünnnen Lagen aus Anhydritstein, grau,
  54,45 m bis 54,48 m: Anhydritstein, grau und weißlich grau
- 55,60 m Anhydritstein, grau und weißlich grau, lagenweise eben, teils wellig bis flaserig geschichtet, nach unten hin zunehmend mit dünnen, weißlich grauen Gipssteinlagen
- 55,76 m Tonstein, dunkelgrau, oben massig, unten lagig mit bis 0,5 cm starken weißlichen bis hellgrauen Gipssteinlagen
- 55,81 m Gipsstein (Probe entnommen)
- 55,98 m Gipsstein, weißlich grau, feinschichtig, oben mit dünnen Lagen aus Tonstein, violettgrau, nach unten hin übergehend in Anhydritstein mit dünnen Gipssteinlagen, hellgrau und weißlich grau
- 56,40 m Anhydritstein, grau und weißlich grau, feinlagig bis flaserig geschichtet
- 56,57 m Tonstein, dunkel grüngrau, wechsellagernd mit Anhydritstein, grau und weißlich grau
- 57,00 m Anhydritstein, grau und weißlich grau, feinlagig bis flaserig geschichtet
- 58,35 m Anhydritstein, weißlich grau und hellgrau, feinlagig und teils flaserig geschichtet, nach unten hin zunehmend mit weißen und weißlich grauen Gipssteinlagen
- 58,44 m Anhydritstein grau und weißlich grau und Tonstein, dunkelgrau,in feinlagigem Wechsel
- 59,75 m Anhydritstein, grau und weißlich grau, feinlagig eben geschichtet
- 59,75 m Anhydritstein, grau und weißlich grau, feinlagig eben geschichtet
- 59,94 m Anhydritstein weißlich grau und grau, massig, nach unten lagenweise Dolomitstein, grau
- 60, 00 m Anhydritstein, Dolomitstein (Probe entnommen)

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 62,68 m Anhydritstein, weißlich grau und grau, feinlagig und teils flaserig geschichtet, z. T. steilstehende Klüfung mit mm-dünnen Gipsbelägen
- 62,90 m Anhydritstein,grau, massig, Klüfte mit mm-dünnen Gipsbelägen
- 63,55 m Anhydritstein, weißlich grau und grau, feinlagig, oben teils flaserig bis wellig geschichtet, lagenweise Gipsstein, weißlich grau, untergeordnet dünne Tonsteinlagen
- 64,40 m Gipsstein, grau und hellgrau, lagig bis feinlagig geschichtet, z. T. Lagen mit Marienglas, Fasergipslagen bis 0,5 cm, untergeordnet dünne graue Tonsteinlagen, dünne, mit Fasergips besetzte Klüfte

Unterkeuper

Erfurt-Formation (Lettenkeuper)

Oberer Lettenkeuper

Grenzdolomit

- 65,00 m Dolomitstein, mikritisch, hell gelblich grau bis grau, hart, senkrechte mit weißem Faserkalzit gefüllte ca. 1 cm starke Kluft
  Probe von 64,95 m bis 65,00 m: Dolomitstein

Grüne Mergel

- 67,30 m Tonstein, dunkelgrau und grüngrau, feinlagig, ebene und teils steilstehende Klüftung, mm-dünne Klüfte mit weißlichem Faserkalzit und z.T. durchsichtigem Gips gefüllt, 0,5 cm starke Fasergipslage bei 65,90 m,
  weiße Gipsknollen bis 8 cm Ø mit grünlich grauen Tonsteinflasern: von 65,70 m bis 65,85 m und von 66,00 m bis 66,07 m;
  66,50 m bis 67,00 m: steilstehende, mit Faserkalzit und durchsichtigem Gips gefüllte Kluft
- 67,30 m Tonstein, grau, z.T. Tonstein, dolomitisch, grau
- 67,40 m Tonstein, dolomitisch, grau bis dunkelgrau
- 67,90 m Gipsstein, weißlich grau und grau, massig

Linguladolomit-Horizont

- 68,00 m Dolomitstein, mikritisch, grau, hart,
- 68,05 m Tonstein, dunkelgrau, feinschichtig
- 68,17 m Dolomitstein, mikritisch, gelblich grau und grau, hart
- 68,23 m Tonstein, dunkelgrau, feinschichtig
- 68,90 m Dolomitstein, feinsandig, gelblich grau und grau, massig, steilstehende, mm-dünne Klüfte, teils mit weißlichem bis hellgrauem Fasergips, teils mit klarem Gips gefüllt
- 69,07 m Tonstein, dunkelgrau, feinschichtig
- 69,18 m Dolomitstein, tonig bis Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau
- 70,00 m Dolomitstein, mikritisch, gelblich grau und grau, hart
- 70,03 m Tonstein, dunkelgrau, feinschichtig
- 70,20 m Dolomitstein, tonig bis Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau, stückig zerbohrt

Obere Graue Mergel

- 70,95 m Tonstein, grau und hell grünlich grau, oben z.T. Tonstein, dolomitisch, Kern bis 70,65 m grobstückig zerbohrt

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

Anoplophoradolomit-Horizont

- 71,15 m Dolomitstein, tonig, grau bis gelblich grau
- 71,27 m Dolomitstein, grau bis gelblich grau, zellig, hart
- 71,50 m Tonstein, dolomitisch, grau und violettgrau, nach unten übergehend in Tonstein, grüngrau
- 71,63 m Tonstein, dolomitisch, grau bis grünlich grau
- 71,73 m Tonstein, grüngrau, lagig geschichtet
- 72,15 m Dolomitstein, grau bis gelblich grau, schwach zellig, hart
- 72,38 m Tonstein, feinsandig, dunkelgrau bis braungrau
- 72,75 m Tonstein, grüngrau, lagig geschichtet
- 73,15 m Tonstein, grau, feinschichtig

Untere Graue Mergel

- 73,80 m Tonstein, z. T. feinsandig, dunkelgrau, mit kohligen Pflanzenresten auf Schichtflächen
- 73,98 m Dolomitstein, mikritisch, grau, feinschichtig
- 74,20 m Tonstein, z. T. dolomitisch, grau
- 74,30 m Tonstein, dunkelgrau, lagig geschichtet

Anthrakonitbank-Horizont

- 74,50 m Dolomitstein, tonig, grau
- 74,95 m Dolomitstein, mikritisch, grau und gelblich grau, hart

Unterer Lettenkeuper

Sandige Pflanzenschiefer

- 75,23 m Tonstein, grau bis dunkelgrau und dunkel grünlich grau, mit kohligen Pflanzenresten auf Schichtflächen
- 75,55 m Tonstein, dunkelgrau, feinschichtig

Albertibank-Horizont

- 76,31 m Dolomitstein, mikritisch, grau, hart

Hauptsandsteinschichten

- 76,40 m Tonstein, feinsandig, dunkelgrau bis schwarzgrau, z. T. kohlig, mit Hellglimmer auf Schichtflächen
- 76,60 m Feinsandstein, tonig, grau bis braungrau, glimmerführend, flaserig bis feinlagig geschichtet, mit Lagen und Flasern aus Tonstein, feinsandig, dunkelgrau, glimmerführend
- 76,80 m Tonstein, z. T. feinsandig, grau, glimmerführend, kohlige Pflanzenreste auf Schichtflächen, mit dünnen Lagen aus Feinsandstein, tonig, grau
- 77,10 m Schlufftonstein, feinsandig, grau, wechsellagernd mit Tonstein, grau, feinschichtig und dünnen Lagen aus Feinsandstein, tonig, grau
- 77,63 m Tonstein, z. T. feinsandig, grau, feinlagig, glimmerführend, kohlige Pflanzenreste auf Schichtflächen, mit dünnen Lagen aus Feinsandstein, tonig, grau

Estherienton

- 78,75 m Tonstein, grau, feinlagig
- 79,80 m Tonstein, dunkelgrau bis schwarzgrau
- 80,17 m Dolomitstein, mikritisch, hellgrau bis grau (**Dolomit 1**)

Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 80,95 m Tonstein, grau bis dunkelgrau, feinlagig
- 81,45 m Tonstein, dolomitisch, grau, unten stückig zerbohrt

Basisschichten

- 82,05 m Kalkstein, feinsparitisch und sparitisch, grau, z.T. Kalkmergelstein, unterhalb 81,90 m gelblich grau und zellig
- 82,25 m Dolomitstein, feinsparitisch, gelblich grau, feinlagig,laminitisch
- 82,90 m Dolomitmergelstein, tonig, grau, massig

Blaubank

- 83,00 m Kalkstein, dolomitisch, grau, feinlagige Schichtung wellig verbogen und verwürgt
- 83,17 m Kalkstein, feinsparitisch, grau

Vitriolschiefer

- 83,40 m Tonstein, dunkelgrau, feinlagig geschichtet, hellere cm-starke Lage aus Kalkstein bei 83,30 m
- 83,63 m Tonstein, dolomitisch, grau, massig, lagenweise Tonstein, dunkelgrau, feinlagig
- 83,75 m Tonstein, grau, feinlagig

Oberer Muschelkalk

Rottweil-Formation

Sphärocodienkalk

- 84,05 m Kalkstein, mikritisch, z.T. feinsparitisch, grau, mit zahlreichen gelblich grauen Onkoiden bis 1,5 cm Ø, einzelne Schalenreste
- 84,10 m Tonstein, schluffig, dunkelgrau bis schwarzgrau, kohlig
- 84,30 m Kalkstein, feinsparitisch, grau und hellgrau, flaserig bis wellig geschichtet, mit gelblich grauen Onkoiden bis 1,5 cm Ø
- 84,60 m Kalkstein, feinsparitisch, grau, z.T. Kalkstein, tonig
- 84,80 m Kalkstein, feinsparitisch, grau und hellgrau, flaserig bis wellig geschichtet

Trigonodusdolomit

- 85,90 m Dolomitstein, kalkig, bis Kalkstein, dolomitisch, feinsparitisch, grau bis hell gelblich grau, feinschichtig

Meißner-Formation

Künzelsau-Schichten

Region der Terebratelbänke

- 86,10 m Kalkstein, feinsparitisch, grau, feinlagig bis flaserig geschichtet
- 86,57 m Kalkstein, sparitisch, grau und dunkelgrau, z.T. zellig, lagenweise Bruchschill führend, Schalenreste z.T. gelöst und Hohlräume bildend
- 86,70 m Kalkstein, mikritisch und feinsparitisch, grau, feinlagig geschichtet
- 87,08 m Kalkstein, sparitisch, grau und, Bruchschill führend, Schalenreste z.T. gelöst und Hohlräume bildend, dann porös, z.T. Schalentrümmerkalk

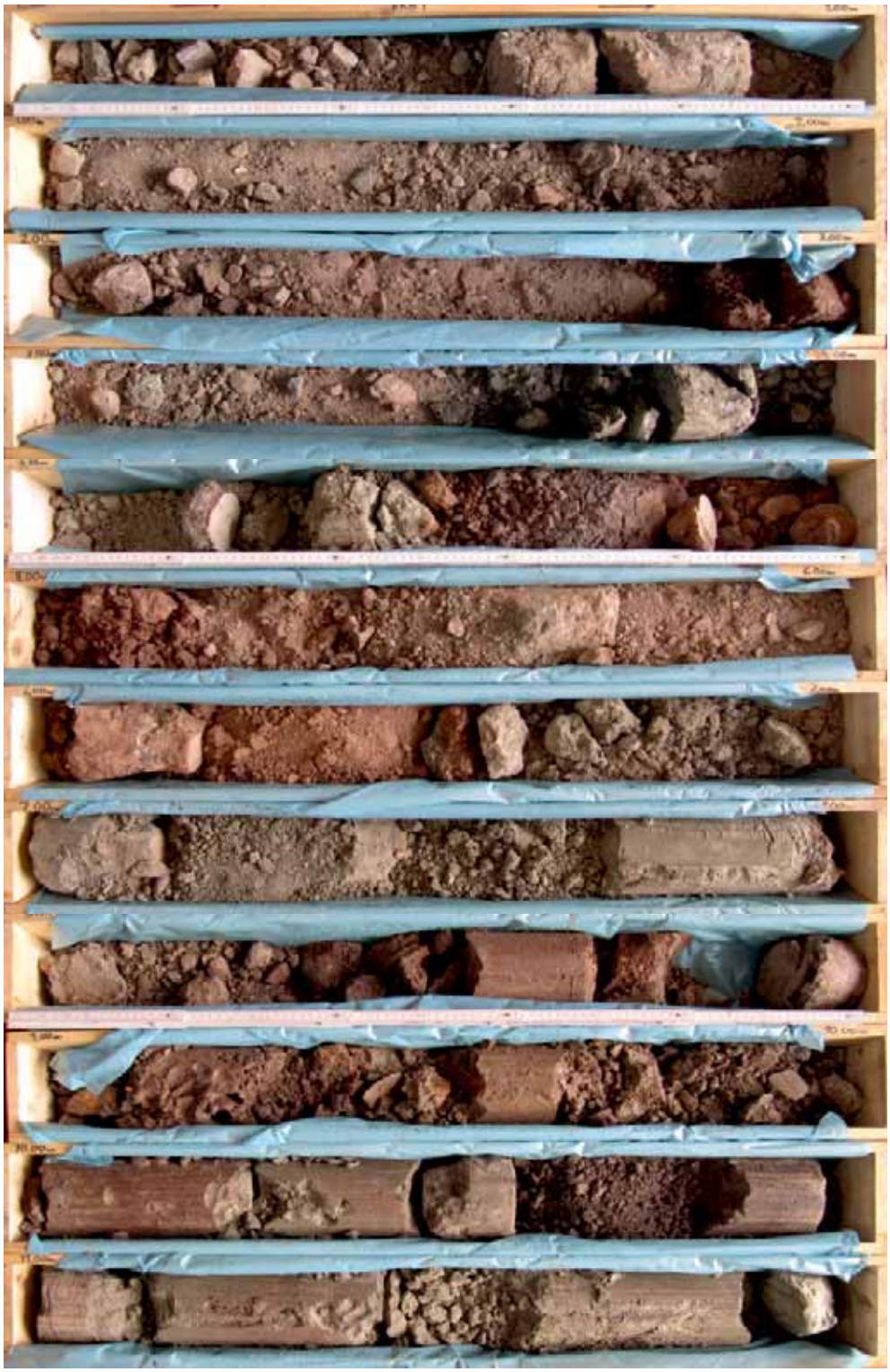
Bezeichnung/Projekt: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Profilbeschreibung (Fortsetzung):

- 88,55 m Kalkstein, mikritisch, grau, flaserig bis wellig geschichtet, einzelne Schalenreste (*Coenothyris vulgaris*), z. T. aufgelöst und Hohlräume bildend, mm-dünne Tonflasern und Tonlagen an der Basis, Stylolithenzüge mit Zapfenhöhen bis 1,5 cm bei: 82,10 m, 82,47 m und 88,55 m
- 88,65 m Kalkstein, mikritisch, grau bis hellgrau, schwach tonflaserig, Stylolithenzüge mit Zapfenhöhen bis 4 cm
- 89,25 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill und einzelne größere Schalenreste führend, undeutlich flaserig geschichtet
- 89,40 m Kalkstein, mikritisch, grau, einzelne Stylolithenzüge
- 89,80 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill und einzelne größere Schalenreste führend, mikritische Intraklasten bis 3 cm Ø
- 90,62 m Kalkstein, mikritisch, grau, feinlagig bis feinflaserig geschichtet, einzelne Stylolithenzüge, steil stehende Kluft von 90,30 m bis 90,70m, Kern in oberen 15 cm stückig zerlegt
- 90,85 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill führend, zellig
- 91,25 m Kalkstein, mikritisch, grau, feinlagig geschichtet
- 91,45 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill führend, porös bis zellig,
- 91,85 m Kalkstein, mikritisch, grau, feinlagig geschicht, einzelne Stylolithenzüge
- 92,00 m Kalkstein, mikritisch, grau, flaserig bis wellig geschichtet mit dünnen, dunkelgrauen Tonsteinlagen, z. T. schwach zellig, ebene und flach einfallende Stylolithenzüge
- 92,15 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill führend
- 93,00 m Kalkstein, mikritisch, grau, flaserig bis wellig geschichtet mit dünnen, dunkelgrauen Tonsteinlagen, z.T. bioturbat, vereinzelt Intraklasten, einzelne kleine, mit Pyrit erfüllte Hohlräume, oben ebene und flach einfallende Stylolithenzüge
- 93,10 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill führend
- 93,15 m Kalkstein, mikritisch, grau, flaserig bis wellig geschichtet mit dünnen, dunkelgrauen Tonsteinlagen
- 93,35 m Kalkstein, sparitisch, grau, feinen Bruchschill führend
- 94,00 m Kalkstein, mikritisch, grau, flaserig bis wellig geschichtet mit dünnen, dunkelgrauen Tonsteinlagen, z.T. bioturbat, vereinzelt Intraklasten, z. T. schwach pöros, einzelne kleine, mit Pyrit erfüllte Hohlräume, in unteren 20 cm mit ebenen und flach einfallenden Stylolithenzügen

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 4

4 - 5

5 - 6

6 - 7

7 - 8

8 - 9

9 - 10

10 - 11

11 - 12

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)

12 - 13

13 - 14

14 - 15

15 - 16

16 - 17

17 - 20 (KV)

20 - 22 (KV)

22 - 23

23 - 24

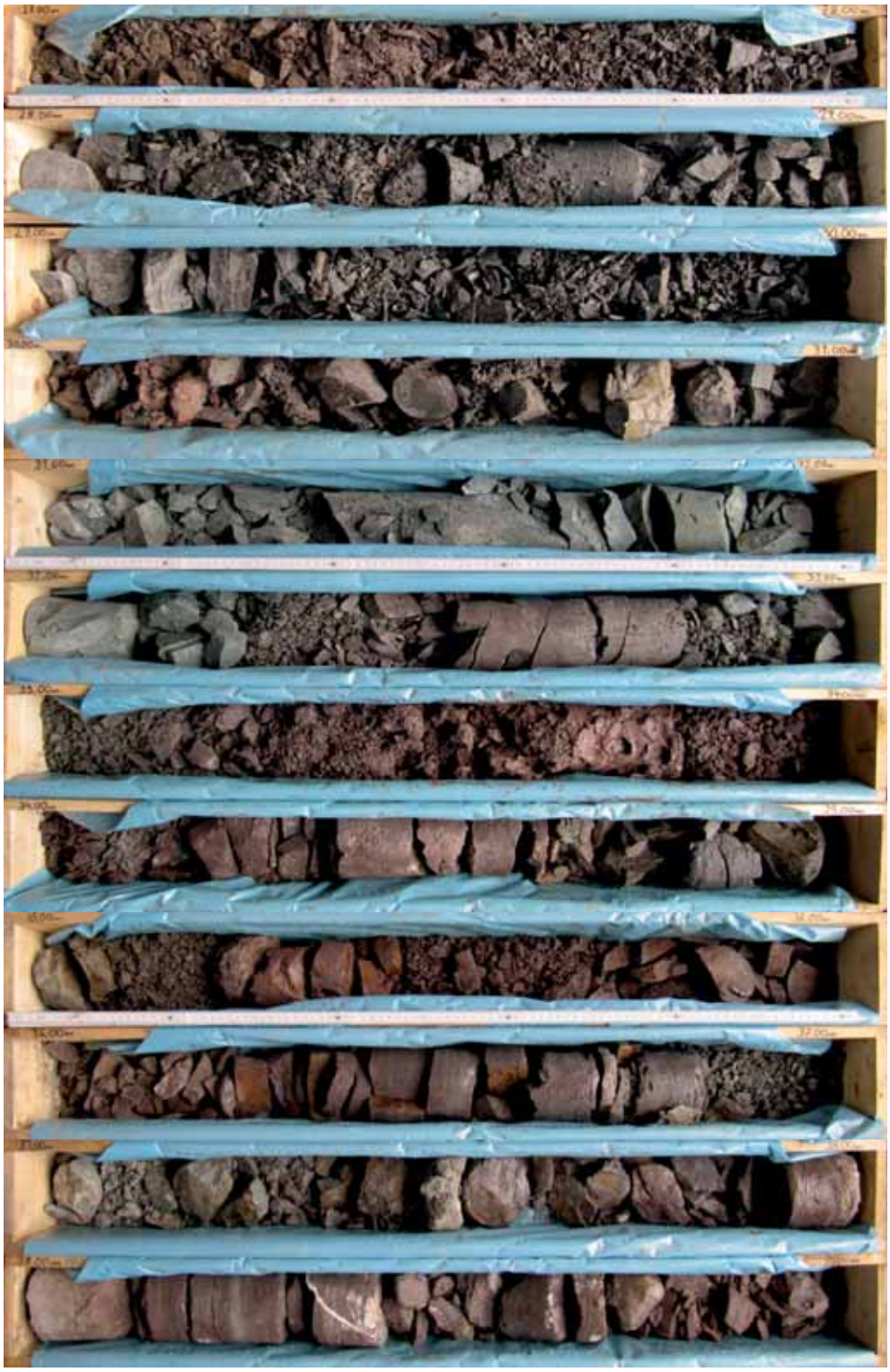
24 - 25

25 - 26

26 - 27

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)

27 - 28

28 - 29

29 - 30

30 - 31

31 - 32

32 - 33

33 - 34

34 - 35

35 - 36

36 - 37

37 - 38

38 - 39

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)

39 - 40

40 - 41

41 - 42

42 - 43

43 - 44

44 - 45

45 - 46

46 - 47

47 - 48

48 - 49

49 - 50

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)
50 - 51
51 - 52
52 - 53
53 - 54
54 - 55
55 - 56
56 - 57
57 - 58
58 - 59
59 - 60
60 - 61

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)
61 - 62
62 - 63
63 - 64
64 - 65
65 - 66
66 - 67
67 - 68
68 - 69
69 - 70
70 - 71
71 - 72
72 - 73
73 - 74
74 - 75

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1



Tiefe (m)

75 - 76

76 - 77

77 - 78

78 - 79

79 - 80

80 - 81

81 - 82

82 - 83

83 - 84

84 - 85

85 - 86

86 - 87

87 - 88

Rudersberg, Zumhof

Fotodokumentation Bohrung EKB 1

Bohrkernfoto wird noch eingefügt !	Tiefe (m)
	88 - 89
	89 - 90
	90 - 91
	91 - 92
	92 - 93
	93 - 94

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof

Anlage 7: Ausbauzeichnung EKB 1/12

Die Ausbauzeichnung der Bohrfirma Anger's Söhne liegt zu Redaktionsschluss des Sachstandsberichts noch nicht vor.

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof

Anlage 8: Ausbauzeichnung GWM 1/13

Die Ausbauzeichnung der Bohrfirma Anger's Söhne liegt zu Redaktionsschluss des Sachstandsberichts noch nicht vor.

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof

Anlage 9: Ausbauzeichnung Havarierte Bohrung

Die Ausbauzeichnung der Bohrfirma Anger's Söhne liegt zu Redaktionsschluss des Sachstandsberichts noch nicht vor.

Probenspiegel EKB 1/12, Rudersberg-Zumhof

Projekt:	Sanierung EWS-Schadensfall Rudersberg-Zumhof	TK-Nr.:	7123, Blatt Schorndorf
Ort:	Rudersberg-Zumhof, Im Kiesel	Rechswert:	[redacted]
	Flurstücksnr. [redacted]	Hochwert:	[redacted]
LGRB-ARNUM:	7123-917	Höhe Ansatzpunkt:	315,3 m NN

Teufe	Probenart	Wassergehalt (40 ° C)	Feuchtdichte	Trockendichte	Gesamt-Karbonatgehalt (Karbonatbombe)	Kalziumsulfatführung (Röntgenbeugung, semiquantitativ)	Gips-Anhydrit-Verhältnis (bezogen auf 100 %)	
							Gips	Anhydrit
m		w	ρ	ρd	Vca			
		%	g/cm³	g/cm³	%		%	%
2,10	Kernstück	5,49	2,129	2,018	42,5	kein Sulfat nachweisbar		
3,90	Kernstück	6,11	2,665	2,512	10,5	kein Sulfat nachweisbar		
5,40	Kernstück	9,15	2,549	2,335	18,0	kein Sulfat nachweisbar		
6,50	Kernstück	6,91	2,236	2,092	19,5	kein Sulfat nachweisbar		
7,70	Kernstück	10,46	2,281	2,065	47,5	kein Sulfat nachweisbar		
8,80	Kernstück	11,86	2,417	2,161	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
9,95	Kernstück	14,25	2,197	1,923	67,5	kein Sulfat nachweisbar		
10,85	Kernstück	12,18	2,164	1,929	11,0	kein Sulfat nachweisbar		
11,90	Kernstück	9,95	2,297	2,089	28,5	kein Sulfat nachweisbar		
12,50	Kernstück	9,52	2,263	2,066	26,0	kein Sulfat nachweisbar		
13,45	Kernstück	13,11	2,192	1,938	42,5	kein Sulfat nachweisbar		
14,60	Kernstück	12,00	2,298	2,052	29,5	kein Sulfat nachweisbar		
15,35	Kernstück	11,55	2,243	2,011	6,0	kein Sulfat nachweisbar		
16,30	Kernstück	12,37	2,254	2,006	9,5	kein Sulfat nachweisbar		
17,20	Kernstück	9,35	2,224	2,034	9,0	kein Sulfat nachweisbar		
22,25	Kernstück	17,26	2,262	1,929	12,5	kein Sulfat nachweisbar		
23,80	Kernstück	9,50	2,603	2,377	24,0	kein Sulfat nachweisbar		
24,70	Kernstück	8,39	2,451	2,261	32,5	kein Sulfat nachweisbar		
25,40	Kernstück	15,66	2,210	1,911	41,0	kein Sulfat nachweisbar		
25,95	Kernstück	9,72	2,456	2,238	18,5	kein Sulfat nachweisbar		
26,25	Kernstück	7,91	2,452	2,272	21,0	kein Sulfat nachweisbar		
27,50	Kernstück	9,74	2,521	2,297	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
28,50	Kernstück	8,18	2,624	2,426	11,0	kein Sulfat nachweisbar		
29,50	Kernstück	6,16	2,625	2,473	23,5	kein Sulfat nachweisbar		
30,50	Kernstück	4,60	2,644	2,528	34,0	kein Sulfat nachweisbar		
31,40	Kernstück	6,88	2,629	2,460	15,0	kein Sulfat nachweisbar		
32,50	Kernstück	6,99	2,623	2,452	24,5	kein Sulfat nachweisbar		
33,25	Kernstück	7,56	2,622	2,438	15,5	kein Sulfat nachweisbar		
34,40	Kernstück	6,97	2,554	2,388	15,0	kein Sulfat nachweisbar		
35,75	Kernstück	7,74	2,610	2,423	22,5	kein Sulfat nachweisbar		
36,38	Kernstück	7,79	2,526	2,343	19,5	kein Sulfat nachweisbar		
37,70	Kernstück	8,22	2,599	2,402	17,5	kein Sulfat nachweisbar		
38,50 - 38,55	Kernstück	4,57	2,417	2,311	19,5	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
39,70	Kernstück	2,58	2,340	2,281	< 5,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
40,80	Kernstück	6,27	2,374	2,234	15,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
41,50	Kernstück	7,31	2,386	2,224	8,5	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
42,80	Kernstück	0,56	2,312	2,299	5,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
43,30	Kernstück	2,32	2,329	2,276	9,5	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
44,50	Kernstück	2,43	2,314	2,259	< 5,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
44,85	Kernstück	0,12	2,301	2,298	< 5,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
45,00 - 45,06	Kernstück	0,36	2,296	2,288	< 5,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
46,13 - 46,19	Kernstück	0,78	2,654	2,263	31,5	15% Gips, 85% Anhydrit	15	85
47,95 - 48,00	Kernstück	2,90	2,570	2,498	23,0	25% Gips, 75% Anhydrit	25	75
48,75 - 48,80	Kernstück	7,25	2,513	2,343	13,5	Spur Gips, Spur Anhydrit	1	99
49,90 - 49,95	Kernstück	7,12	2,636	2,461	17,5	75% Gips, 25% Anhydrit	75	25
50,94 - 51,00	Kernstück	2,16	2,566	2,512	28,0	25% Gips, 75% Anhydrit	25	75
51,41 - 51,46	Kernstück	2,33	2,648	2,588	6,0	Spuren von Gips, fast nur Anhydrit	1	99
52,21 - 52,27	Kernstück	1,86	2,701	2,652	6,5	Spuren von Gips, fast nur Anhydrit	1	99
52,67 - 52,73	Kernstück	3,43	2,502	2,419	13,0	ca. 20% Gips, 80% Anhydrit	20	80
53,76 - 53,82	Kernstück	6,38	2,506	2,356	12,0	10% Gips, 90% Anhydrit	10	90
54,95 - 55,00	Kernstück	1,34	2,779	2,742	5,0	Spuren von Gips, fast nur Anhydrit	1	99
55,76 - 55,81	Kernstück	1,33	2,310	2,280	< 5,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
56,95 - 57,00	Kernstück	0,84	2,792	2,769	5,0	Spuren von Gips, fast nur Anhydrit	1	99
57,80 - 57,86	Kernstück	2,23	2,533	2,478	7,0	ca. 25% Gips, 75% Anhydrit	25	75
58,85 - 58,91	Kernstück	0,13	2,907	2,903	6,5	nur Anhydrit, kein Gips	0	100
59,94 - 60,00	Kernstück	0,46	2,751	2,738	72,0	nur Anhydrit, kein Gips	0	100
60,95 - 61,00	Kernstück	0,09	2,930	2,927	< 5,0	nur Anhydrit, kein Gips	0	100
61,94 - 62,00	Kernstück	0,04	2,930	2,929	< 5,0	nur Anhydrit, kein Gips	0	100
62,94 - 63,00	Kernstück	0,11	2,843	2,840	6,0	5% Gips, 95% Anhydrit	5	95
63,94 - 64,00	Kernstück	0,12	2,355	2,352	11,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
64,95 - 65,00	Kernstück	3,43	2,642	2,554	31,0	kein Sulfat nachweisbar		
65,83 - 65,89	Kernstück	3,13	2,569	2,491	20,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
67,00 - 67,05	Kernstück	4,40	2,701	2,587	25,0	Spur Gips, kein Anhydrit	100	0
67,50 - 67,53	Kernstück	0,29	2,301	2,294	0,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
67,90 - 67,93	Kernstück	0,21	2,295	2,290	0,0	nur Gips, kein Anhydrit	100	0
68,58 - 68,63	Kernstück	0,60	2,799	2,782	98,0	kein Sulfat nachweisbar		
69,95 - 70,00	Kernstück	2,80	2,699	2,626	77,5	kein Sulfat nachweisbar		
70,71 - 70,75	Kernstück	7,06	2,521	2,355	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
71,90 - 71,95	Kernstück	0,46	2,797	2,784	97,5	kein Sulfat nachweisbar		
72,90 - 72,95	Kernstück	8,61	2,533	2,332	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
73,80 - 73,84	Kernstück	5,94	2,509	2,368	12,5	kein Sulfat nachweisbar		
74,69 - 74,73	Kernstück	1,06	2,768	2,739	88,5	kein Sulfat nachweisbar		
75,50 - 75,55	Kernstück	2,90	2,643	2,569	56,0	kein Sulfat nachweisbar		
76,50 - 76,55	Kernstück	6,03	2,413	2,276	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
77,59 - 77,64	Kernstück	5,82	2,474	2,338	6,0	kein Sulfat nachweisbar		
78,48 - 78,53	Kernstück	5,79	2,446	2,312	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
79,18 - 79,23	Kernstück	7,47	2,510	2,336	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
80,67 - 80,71	Kernstück	10,29	2,529	2,293	< 5,0	kein Sulfat nachweisbar		
81,90 - 81,94	Kernstück	0,50	2,807	2,793	99,0	kein Sulfat nachweisbar		
82,38 - 82,42	Kernstück	3,82	2,626	2,529	73,5	kein Sulfat nachweisbar		
83,53 - 83,58	Kernstück	5,10	2,499	2,378	41,0	kein Sulfat nachweisbar		
84,53 - 84,60	Kernstück	2,99	2,649	2,572	96,0	kein Sulfat nachweisbar		
85,80 - 85,85	Kernstück	2,22	2,595	2,539	97,5	kein Sulfat nachweisbar		
86,91 - 86,97	Kernstück	3,35	2,509	2,460	100,0	kein Sulfat nachweisbar		
87,94 - 88,00	Kernstück	4,64	2,624	2,508	98,0	kein Sulfat nachweisbar		
88,69 - 88,73	Kernstück	1,22	2,631	2,599	97,0	kein Sulfat nachweisbar		
89,95 - 90,00	Kernstück	0,71	2,630	2,611	95,5	kein Sulfat nachweisbar		
90,95 - 91,00	Kernstück	1,30	2,593	2,560	91,0	kein Sulfat nachweisbar		
91,96 - 92,00	Kernstück	0,33	2,691	2,682	98,5	kein Sulfat nachweisbar		
92,73 - 92,76	Kernstück	1,58	2,650	2,609	70,5	kein Sulfat nachweisbar		
93,95 - 94,00	Kernstück	0,73	2,704	2,684	91,5	kein Sulfat nachweisbar		

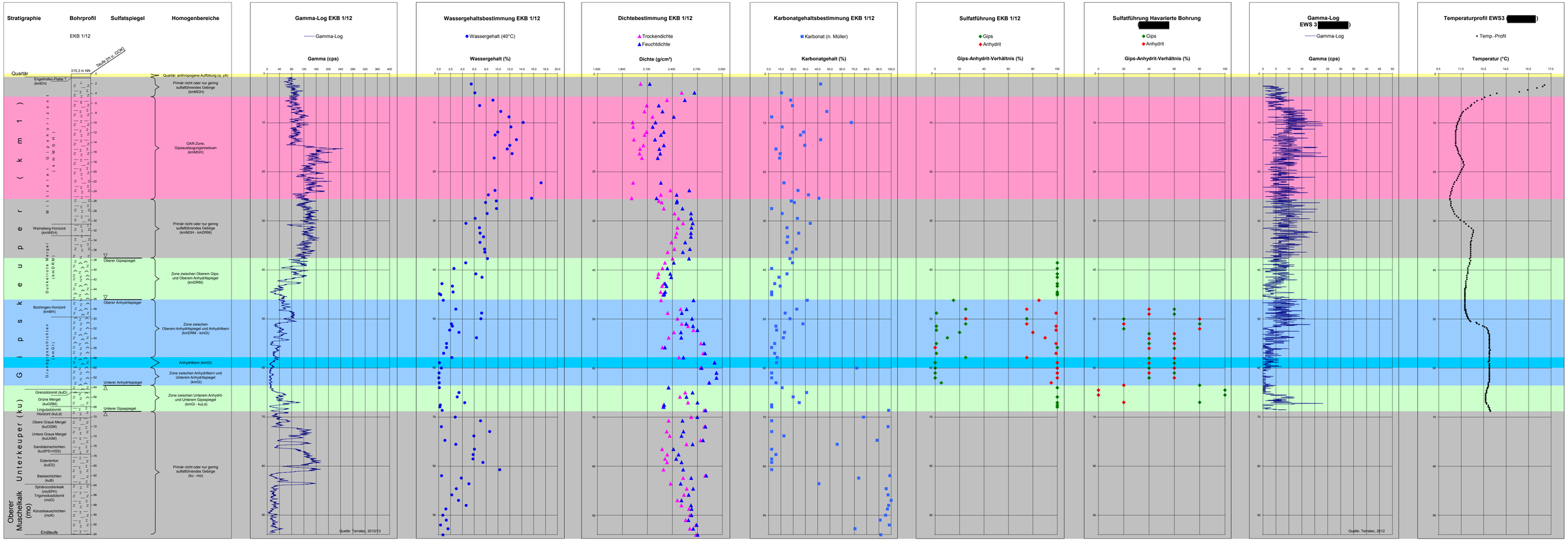
Probenspiegel Havarierte Bohrung, Rudersberg-Zumhof

Projekt: EWS-Schadensfall Rudersberg-Zumhof
Ort: Rudersberg-Zumhof
[redacted]
Flurstücksnr. [redacted]

TK-Nr.: 7123, Blatt Schorndorf
Rechswert: [redacted]
Hochwert: [redacted]
Höhe Ansatzpunkt: 315,3 m NN

Teufe	Probenart	Gesamt-Karbonatgehalt (Karbonatbombe)	Calziumsulfatführung (Röntgenbeugung, semiquantitativ)	Gips-Anhydrit-Verhältnis (bezogen auf 100 %)	
m		Vca		Gips	Anhydrit
		%		%	%
8	Cuttings	66,0	kein Sulfat nachweisbar		
13	Cuttings	25,0	kein Sulfat nachweisbar		
20-22	Cuttings	30,0	kein Sulfat nachweisbar		
25	Cuttings	33,0	kein Sulfat nachweisbar		
30	Cuttings	34,5	kein Sulfat nachweisbar		
35	Cuttings	35,5	kein Sulfat nachweisbar		
40	Cuttings	32,0	kein Sulfat nachweisbar		
41	Cuttings	32,0	kein Sulfat nachweisbar		
45	Cuttings	32,5	kein Sulfat nachweisbar		
46	Cuttings	32,0	kein Sulfat nachweisbar		
47	Cuttings	32,0	kein Sulfat nachweisbar		
48	Cuttings	31,0	Spur Gips und Anhydrit	60	40
49	Cuttings	29,5	Spur Gips und Anhydrit	60	40
50	Cuttings	28,0	Spur Gips und Anhydrit	20	80
51	Cuttings	27,5	Spur Gips,wenig Anhydrit	80	20
52	Cuttings	29,0	wenig Gips und Spur Anhydrit	20	80
53	Cuttings	25,0	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	40	60
54	Cuttings	21,0	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	60	40
55	Cuttings	27,0	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	40	60
56	Cuttings	26,5	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	60	40
57	Cuttings	31,5	kein Sulfat nachweisbar		
58	Cuttings	27,0	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	40	60
59	Cuttings	29,0	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	60	40
60	Cuttings	29,5	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	40	60
61	Cuttings	26,5	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	60	40
62	Cuttings	29,5	Gips und Anhydrit in deutl. Menge	40	60
63,5	Cuttings	48,0	viel Gips, wenig Anhydrit	80	20
64,5	Cuttings	51,5	wenig Gips, kein Anhydrit	100	0
65,5	Cuttings	45,0	Spuren von Gips, kein Anhydrit	100	0
67	Cuttings	37,0	viel Gips, wenig Anhydrit	80	20
68	Cuttings	47,0	kein Sulfat nachweisbar		
69	Cuttings	45,0	kein Sulfat nachweisbar		

Synoptische Darstellung von Laborergebnissen der EKB 1/12 und Havarierten Bohrung (Im Kiesel [redacted]) sowie ausgewählter Bohrlochmessungen



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
LGRB

Aktenzeichen: Az. 4764//13-6551 Anlage: 11

LGRB BaWü - Wasser

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.1

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 **Wasseruntersuchung 11.10.2012**

Proben-Nummer: 074239

ARFACH: BO **TK25:** 7123 **ARNUM:** 00917

Aufschlußname: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Meßstellenkennziffer: **Bautiefe:**

Vertraulichkkeit: offen

Proben-Bezeichnung: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Art des Wassers: Grundwasser **Rohwasser:** J

Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck

Probenehmer-Namen: [redacted]

Entnahmeart: Pumpprobe

Probenentnahmegerät: Pumpe

übernommen von:

Entnahmebedingungen:

Bemerkungen:

Material Entnahmegerät:

Beginn der Probenahme Datum: 25.09.2012 13:10

Ende der Probenahme Datum: 25.09.2012 13:55

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.000016	m3/s	
Abstich vor Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	19.37	m	
Abstich bei Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	20.23	m	
Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	27.	m	

Geologische Einheit: Mittlere Grabfeld-Formation (Mittlerer Gipshorizont)

Analysen-Nummer: 0000074429 **Analysedatum:** 09.10.2012

Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Labornummer: Ru 1

übernommen von:

Vertraulichkeit: offen

Bemerkungen:

Wassertyp: Süßwasser

Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		14.1	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		0.9987	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		753.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
O2 gel		6.3	mg/l	Pot	gelaen	0.5			
Färbung		nein		OLP	gelaen				
TR qual		ja		OLP	gelaen				
Geruch		ohne		OLP	gelaen				
SAK254		1.1	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Gel		7.40		Pot	gelaen	0.01	.13		
Eh		475.	mV	Pot	gelaen				
KS4.3		6.25	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	.27		
CO2 frei		31.	mg/l	ber	kein				
KB8.2		0.70	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
Ca		91.2	mg/l	Tit	unbeh	10.0	1.16		
Mg		43.1	mg/l	ICP-OES	f+s	0.68	9.39		
Na		9.78	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		6.91	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.01	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		0.013	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.00991	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH							2.27		

		8.01	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	
Cl -		23.0	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45
HCO3 -		381.	mg/l	ber	unbeh	0.61	
NO3 -		18.1	mg/l	Pho	unbeh	0.43	
NO2 -		0.030	mg/l	Slt	unbeh	0.005	
SO4 2-		77.4	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.010	mg/l	Pho	unbeh	0.010	4.42
F -		230.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		51.67	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		51.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		8.94	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		21.56	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		2.018	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		0.013	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be	<	0.014	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		1252.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		418.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		5.439	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		0.026	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		1.004	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		0.175	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		1.414	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V		1.922	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		2.358	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		2.411	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		0.264	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		4.261	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		2.039	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		29.20	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		3.467	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Wismut		0.028	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Yttrium		0.020	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Cer		0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Thorium		0.014	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90
Thallium	<	0.013	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Titan		0.130	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Lanthan		0.011	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40

LGRB BaWü - Wasser

20.09.2013

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.2

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 **Wasseruntersuchung 11.10.2012**

Proben-Nummer: 074240

ARFACH: BO **TK25:** 7123 **ARNUM:** 00917

Aufschlußname: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Meßstellenkennziffer: **Bautiefe:**

Vertraulichkkeit: offen

Proben-Bezeichnung: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Art des Wassers: Grundwasser **Rohwasser:** J

Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck

Probenehmer-Namen: [redacted]

Entnahmeart: Pumpprobe

Probenentnahmegerät: Pumpe

übernommen von:

Entnahmebedingungen:

Bemerkungen: Pumpeneilauf bei 40.80m Packer 26 -27m

Material Entnahmegerät:

Beginn der Probenahme Datum: 02.10.2012 10:00

Ende der Probenahme Datum: 02.10.2012 10:10

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.000116	m3/s	
obere Begrenzung der Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	27.	m	
untere Begrenzung der Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	42.	m	

Geologische Einheit: Mittlere Grabfeld-Formation (Mittlerer Gipshorizont)
Dunkelrote Mergel

Analysen-Nummer: 0000074430 **Analysedatum:** 09.10.2012

Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Labornummer: Ru 2

übernommen von:

Vertraulichkeit: offen

Bemerkungen:

Wassertyp: Süßwasser

Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		11.9	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		0.9989	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		1040.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
O2 gel		2.9	mg/l	Pot	gelaen	0.5			
Färbung		ohne		OLP	gelaen				
TR qual		leicht		OLP	gelaen				
Geruch		ohne		OLP	gelaen				
SAK254		0.87	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Gel		7.30		Pot	gelaen	0.01	.13		
Eh		250.	mV	Pot	gelaen				
KS4.3		6.73	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	.27		
CO2 frei		145.	mg/l	ber	kein				
KB8.2		3.3	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
Ca		159.	mg/l	Tit	unbeh	10.0	1.16		
Mg		54.0	mg/l	ICP-OES	f+s	0.68	9.39		
Na		10.2	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		7.41	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.01	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		0.724	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.04466	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH		12.6	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	2.27		
Cl -		12.4	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45		

HCO3 -		411.	mg/l	ber	unbeh	0.61	
NO3 -		7.00	mg/l	Pho	unbeh	0.47	
NO2 -		0.030	mg/l	Slt	unbeh	0.005	
SO4 2-		289.	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.010	mg/l	Pho	unbeh	0.010	4.42
F -		300.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		150.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		42.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		11.0	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		34.97	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		1.968	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		0.011	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be	<	0.014	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		4791.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		101.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		1.637	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		0.024	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		0.275	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		0.195	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		0.864	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V		0.601	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		2.112	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		2.327	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		0.297	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		3.067	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		1.268	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		10.36	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		1.217	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Yttrium		0.039	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Wismut		0.017	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Cer	<	0.001	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Thorium		0.032	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90
Thallium	<	0.013	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Titan	<	0.068	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Lanthan	<	0.002	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.3

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 **Wasseruntersuchung 11.10.2012**

Proben-Nummer: 074241

ARFACH: BO **TK25:** 7123 **ARNUM:** 00917

Aufschlußname: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Meßstellenkennziffer: **Bautiefe:**

Vertraulichkeit: offen

Proben-Bezeichnung: EKB 1/12 Rudersberg Zumhof [redacted]

Art des Wassers: Grundwasser **Rohwasser:** J

Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck

Probenehmer-Namen: [redacted]

Entnahmeart: Pumpprobe

Probenentnahmegerät: Pumpe

übernommen von:

Entnahmebedingungen:

Bemerkungen: Packer bei 37-38m vor Probenahme 240. Wasser abgepumpt

Material Entnahmegerät:

Beginn der Probenahme Datum: 03.10.2012 10:30

Ende der Probenahme Datum: 03.10.2012 10:50

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.000025	m3/s	
obere Begrenzung der Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	37.	m	
untere Begrenzung der Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	45.	m	

Geologische Einheit: Dunkelrote Mergel
Bochingen-Horizont

Analysen-Nummer: 0000074440 **Analysedatum:** 17.10.2012

Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Labornummer: Ru 3

übernommen von:

Vertraulichkeit: offen

Bemerkungen:

Wassertyp: Ca SO4 2- Typ Mineralwasser

Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		13.1	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		1.0002	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		2200.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
O2 gel		3.0	mg/l	Pot	gelaen	0.5			
Färbung		keine		OLP	gelaen				
TR qual		leicht		OLP	gelaen				
Geruch		ohne		OLP	gelaen				
SAK254		0.70	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Gel		7.40		Pot	gelaen	0.01	.13		
Eh		304.	mV	Pot	gelaen				
KS4.3		5.90	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01	.27		
KB8.2		5.4	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
CO2 frei		238.	mg/l	ber	kein				
Ca		477.	mg/l	Tit	unbeh	10.0	1.16		
Mg		60.1	mg/l	ICP-OES	f+s	0.68	9.39		
Na		22.7	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		11.4	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.06	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		3.701	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.08392	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH		28.9	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	2.27		
Cl -		28.4	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45		
HCO3 -		360.	mg/l	ber	gelaen	0.61			

NO3 -		12.7	mg/l	Pho	unbeh	0.50	
NO2 -		0.50	mg/l	Slt	unbeh	0.005	
SO4 2-		1140.	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.012	mg/l	Pho	unbeh	0.012	
F -		440.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		279.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		67.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		14.5	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		60.59	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		4.733	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		0.150	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be		0.121	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		22060.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		106.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		1225.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		0.776	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		2.121	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		0.148	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		0.459	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V		2.725	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		4.521	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		3.551	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		0.833	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		6.594	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		3.309	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag		0.024	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		22.48	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd		0.029	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		4.334	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Cer		1.284	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Yttrium		0.728	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Wismut		0.090	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Lanthan		0.812	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40
Thallium		0.024	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Titan		25.80	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Thorium		0.372	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.4

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 **Wasseruntersuchung 11.10.2012**

Proben-Nummer: 074308

ARFACH: BO **TK25:** 7123 **ARNUM:** 00917

Aufschlußname: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Meßstellenkennziffer: **Bautiefe:**

Vertraulichkkeit: offen

Proben-Bezeichnung: EKB 1/2 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Art des Wassers: Grundwasser **Rohwasser:** J

Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck

Probenehmer-Namen: [redacted]

Entnahmeart: Pumpprobe

Probenentnahmegerät: Pumpe

übernommen von:

Entnahmebedingungen:

Bemerkungen:

Material Entnahmegerät: PE (Polyethylen)

Beginn der Probenahme Datum: 19.01.2013 11:00

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.000083	m3/s	
Abstich vor Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	44.	m	
Abstich bei Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	53.	m	
Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	75.	m	

Geologische Einheit: Unterkeuper

Analysen-Nummer: 0000074555 **Analysedatum:** 28.01.2013

Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Labornummer: Ru 4

übernommen von:

Vertraulichkeit: offen

Bemerkungen:

Wassertyp: Ca SO4 2- Typ Mineralwasser

Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		10.8	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		0.9998	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		1680.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
O2 gel	<	0.5	mg/l	Pot	gelaen	0.5			
Färbung		farblos		OLP	gelaen				
TR qual		trüb		OLP	gelaen				
Geruch		geruchlos		OLP	gelaen				
SAK254		1.9	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Labor		7.38		Pot	unbeh	0.01	.13		
T pH Lab		21.7	°C	Sen	unbeh	0.1			
KS4.3		4.29	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	.27		
CO2 frei		145.	mg/l	ber	kein				
KB8.2		3.3	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
Ca		285.	mg/l	Tit	unbeh	10.0	1.16		
Mg		58.1	mg/l	ICP-OES	f+s	0.68	9.39		
Na		78.1	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		60.5	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.22	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		2.380	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.3960	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH		19.1	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	2.27		
Cl -		34.0	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45		

HCO3 -		262.	mg/l	ber	unbeh	0.61	
NO3 -		7.68	mg/l	Pho	unbeh	0.69	
NO2 -		2.0	mg/l	Slt	unbeh	0.005	
SO4 2-		904.	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.010	mg/l	Pho	unbeh	0.010	
F -		700.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		211.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		124.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		5.41	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		145.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		54.02	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		0.690	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be	<	0.014	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		2325.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		29.73	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		5.734	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		0.030	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		0.155	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		0.265	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		1.282	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V	<	0.031	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		1.290	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		10.15	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		3.952	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		14.41	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		0.979	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		7.161	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd		0.031	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		1.008	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Yttrium		0.025	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Wismut		0.012	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Cer		0.005	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Thorium		0.032	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90
Thallium		0.019	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Titan	<	0.068	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Lanthan		0.007	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.5

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 Wasseruntersuchung 11.10.2012
Proben-Nummer: 074331
ARFACH: BO TK25: 7123 ARNUM: 00917
Aufschlußname: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg
Meßstellenkennziffer: Bautiefe:
Vertraulichkeit: offen
Proben-Bezeichnung: EKB 1/12 Rudersberg [redacted]
Art des Wassers: Grundwasser Rohwasser: J
Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck
Probenehmer-Namen: [redacted]
Entnahmeart: Pumpprobe
Probenentnahmegerät: Pumpe
übernommen von:
Entnahmebedingungen:
Bemerkungen:
Material Entnahmegerät: PE (Polyethylen)
Beginn der Probenahme Datum: 28.01.2013 11:30

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.0025	m3/s	
Abstich vor Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	74.5	m	
Abstich bei Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	76.5	m	
Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	78.	m	

Geologische Einheit: Unterkeuper

Analysen-Nummer: 0000074572 Analysedatum: 21.02.2013
Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
Labornummer: Ru 5
übernommen von:
Vertraulichkeit: offen
Bemerkungen:
Wassertyp: Ca Mg SO4 2- HCO3 - Typ Mineralwasser

Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		14.0	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		1.0001	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		1870.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
O2 gel		1.3	mg/l	Pot	gelaen	0.5			
Färbung		farblos		OLP	gelaen				
TR qual		leicht trüb		OLP	gelaen				
Geruch		geruchlos		OLP	gelaen				
SAK254		0.25	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Gel		7.30		Pot	gelaen	0.01	.13		
KS4.3		5.93	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01	.27		
CO2 frei		158.	mg/l	ber	kein				
KB8.2		3.6	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
Ca		354.	mg/l	ICP-OES	f+s	0.65	3.98		
Mg		93.2	mg/l	ICP-OES	f+s	0.68	9.39		
Na		81.5	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		26.3	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.11	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		0.433	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.06783	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH		25.7	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	2.27		
Cl -		24.1	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45		
HCO3 -		362.	mg/l	ber	unbeh	0.61			

NO3 -	<	0.52	mg/l	Pho	unbeh	0.52	
NO2 -		0.012	mg/l	Slt	unbeh	0.005	
SO4 2-		1090.	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.009	mg/l	Pho	unbeh	0.009	
F -		660.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		400.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		29.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		8.83	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		332.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		34.37	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		6.070	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be	<	0.014	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		4389.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		38.44	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		2.083	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		0.055	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		6.168	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		1.150	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		0.463	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V	<	0.031	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		2.376	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		2.223	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		2.960	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		31.56	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		1.247	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		22.07	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		7.929	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Yttrium		0.041	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Cer		0.004	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Wismut	<	0.001	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Thorium		0.064	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90
Thallium		0.582	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Titan	<	0.068	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Lanthan		0.006	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.6

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 Wasseruntersuchung 11.10.2012

Proben-Nummer: 074342

ARFACH: BO TK25: 7123 ARNUM: 00926

Aufschlußname: GWM 2/13 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Meßstellenkennziffer: Bautiefe:

Vertraulichkkeit: offen

Proben-Bezeichnung: GWM 2/13 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Art des Wassers: Grundwasser Rohwasser: J

Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck

Probenehmer-Namen: [redacted]

Entnahmeart: Pumpprobe

Probenentnahmegerät: Pumpe

übernommen von:

Entnahmebedingungen:

Bemerkungen: Temperatur wegen gedrosselter Pumpe zu hoch

Material Entnahmegerät: PE (Polyethylen)

Beginn der Probenahme Datum: 26.02.2013 10:10

Ende der Probenahme Datum: 26.02.2013 10:30

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.00011	m3/s	
Abstich vor Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	22.46	m	
Abstich bei Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	27.5	m	
Pumpdauer vor Probenahme:	0.333	h	
Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	31.	m	

Geologische Einheit: Mittlere Grabfeld-Formation (Mittlerer Gipshorizont)

Analysen-Nummer: 0000074585 Analysedatum: 14.03.2013

Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Labornummer: Ru 6

übernommen von:

Vertraulichkeit: offen

Bemerkungen:

Wassertyp: Süßwasser

Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		13.7	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		0.9987	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		763.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
Färbung		leicht bräunlich		OLP	gelaen				
TR qual		leicht trüb		OLP	gelaen				
Geruch		geruchlos		OLP	gelaen				
SAK254		0.83	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Gel		7.60		Pot	gelaen	0.01	.13		
KS4.3		7.93	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01	.27		
KB8.2		3.2	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
CO2 frei		141.	mg/l	ber	kein				
Ca		82.6	mg/l	Tit	unbeh	10.0	1.16		
Mg		53.5	mg/l	Tit	unbeh	4.44	1.70		
Na		11.3	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		6.18	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.06	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		0.349	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.02702	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH		8.52	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	2.27		

Cl -		15.6	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45
HCO3 -		484.	mg/l	ber	gelaen	0.61	
NO3 -		7.21	mg/l	Pho	unbeh	0.39	
NO2 -		0.060	mg/l	Slt	unbeh	0.005	
SO4 2-		32.1	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.013	mg/l	Pho	unbeh	0.013	
F -		220.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		134.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		67.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		12.6	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		33.70	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		2.485	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		0.110	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be	<	0.014	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		1721.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		350.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		75.10	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		0.240	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		0.902	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		0.122	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		2.896	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V		0.661	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		3.007	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		1.601	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		0.422	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		3.435	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		2.086	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag	<	0.009	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		6.459	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd		0.011	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		2.588	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Cer		0.149	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Yttrium		0.134	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Wismut		0.054	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Lanthan		0.099	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40
Titan		1.962	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Thallium		0.023	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Thorium		0.051	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90

Az. 4764//13 6551
Anl. 12.7

Untersuchungsprogramm-Nummer: 001889 Wasseruntersuchung 11.10.2012

Proben-Nummer: 074343

ARFACH: BO TK25: 7123 ARNUM: 00917

Aufschlußname: EKB 1/12 Im Kiesel Zumhof Rudersberg

Meßstellenkennziffer: Bautiefe:

Vertraulichkkeit: offen

Proben-Bezeichnung: EKB 1/12 Rudersberg [redacted]

Art des Wassers: Grundwasser Rohwasser: J

Probenehmer-Instution: BWU-Boden Wasser Untergrund, Kirchheim/Teck

Probenehmer-Namen: [redacted]

Entnahmeart: Pumpprobe

Probenentnahmegerät: Pumpe

übernommen von:

Entnahmebedingungen:

Bemerkungen:

Material Entnahmegerät: PE (Polyethylen)

Beginn der Probenahme Datum: 27.02.2013 16:00

Ende der Probenahme Datum: 27.02.2013 16:30

weitere Parameter			Methode
Entnahmerate bei Probenahme:	0.00025	m3/s	
Abstich vor Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	55.5	m	
Abstich bei Probenahme (Grundwasserstand unter Meßpunkt):	69.84	m	
Pumpdauer vor Probenahme:	0.5	h	
Entnahmetiefe unter Meßpunkt:	73.	m	

Geologische Einheit: Unterkeuper

Analysen-Nummer: 0000074586 Analysedatum: 14.03.2013

Labor: Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Labornummer: Ru 7

übernommen von:

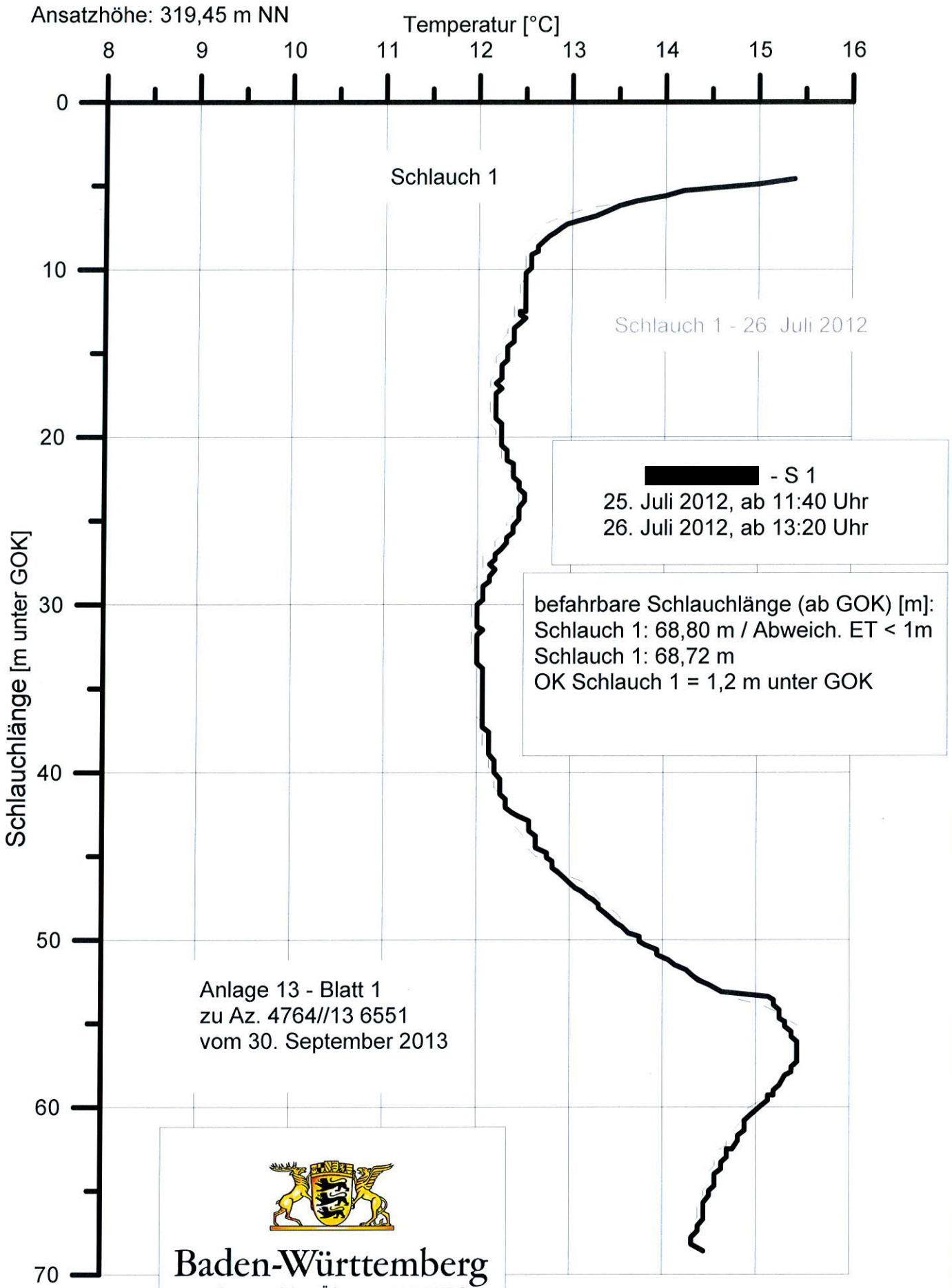
Vertraulichkeit: offen

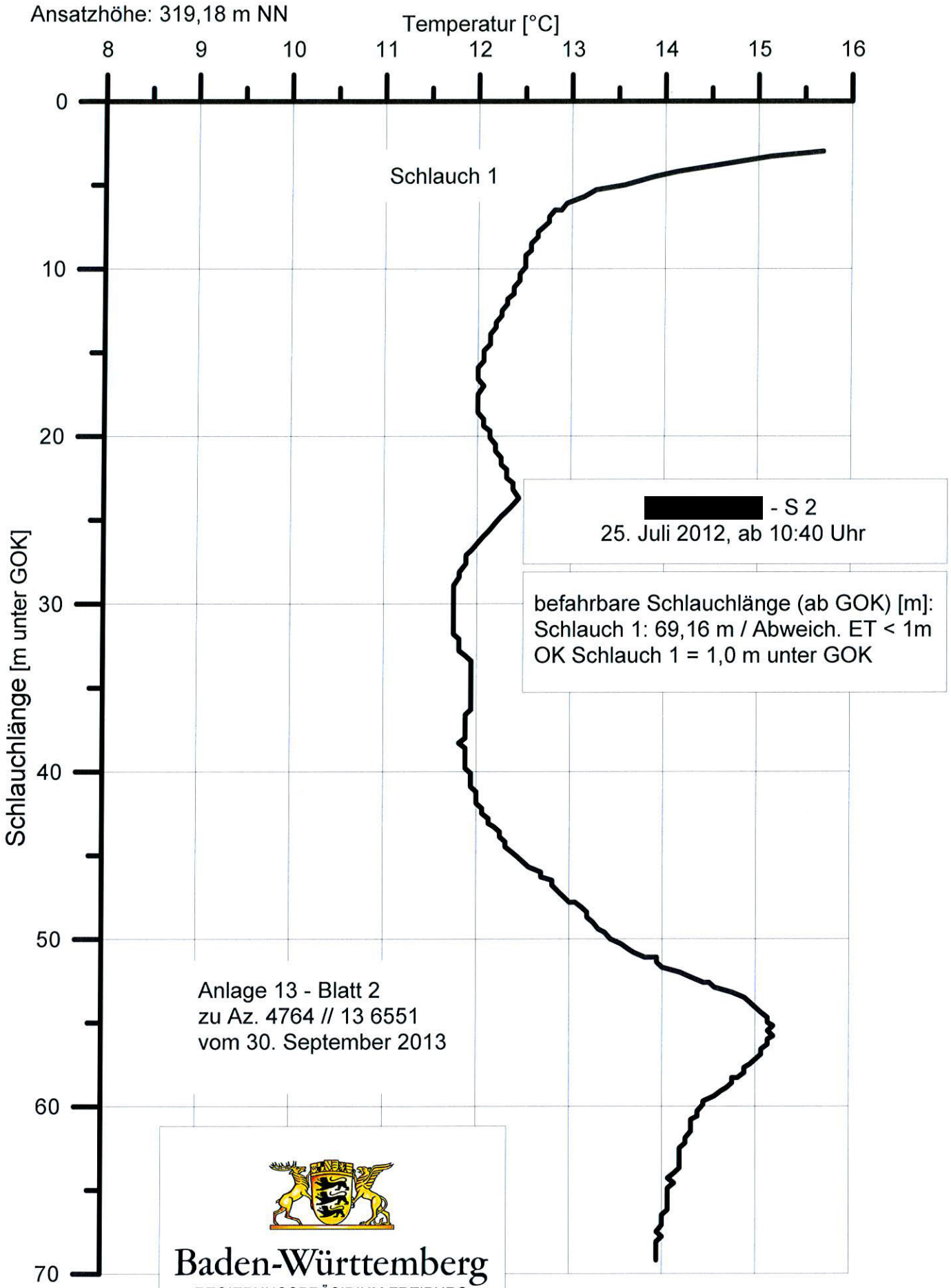
Bemerkungen:

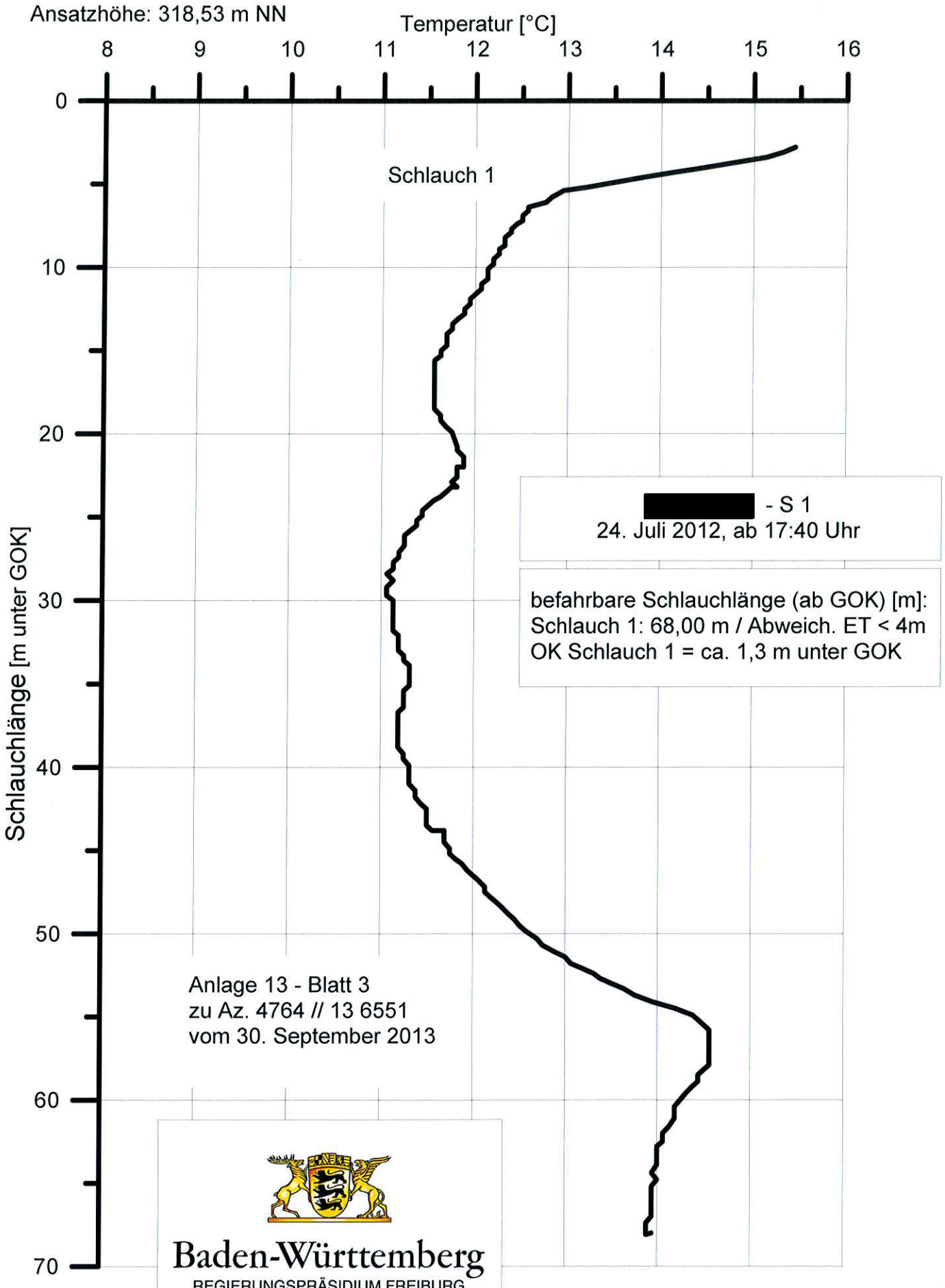
Wassertyp: Ca Mg SO4 2- HCO3 - Typ Mineralwasser fluoridhaltig

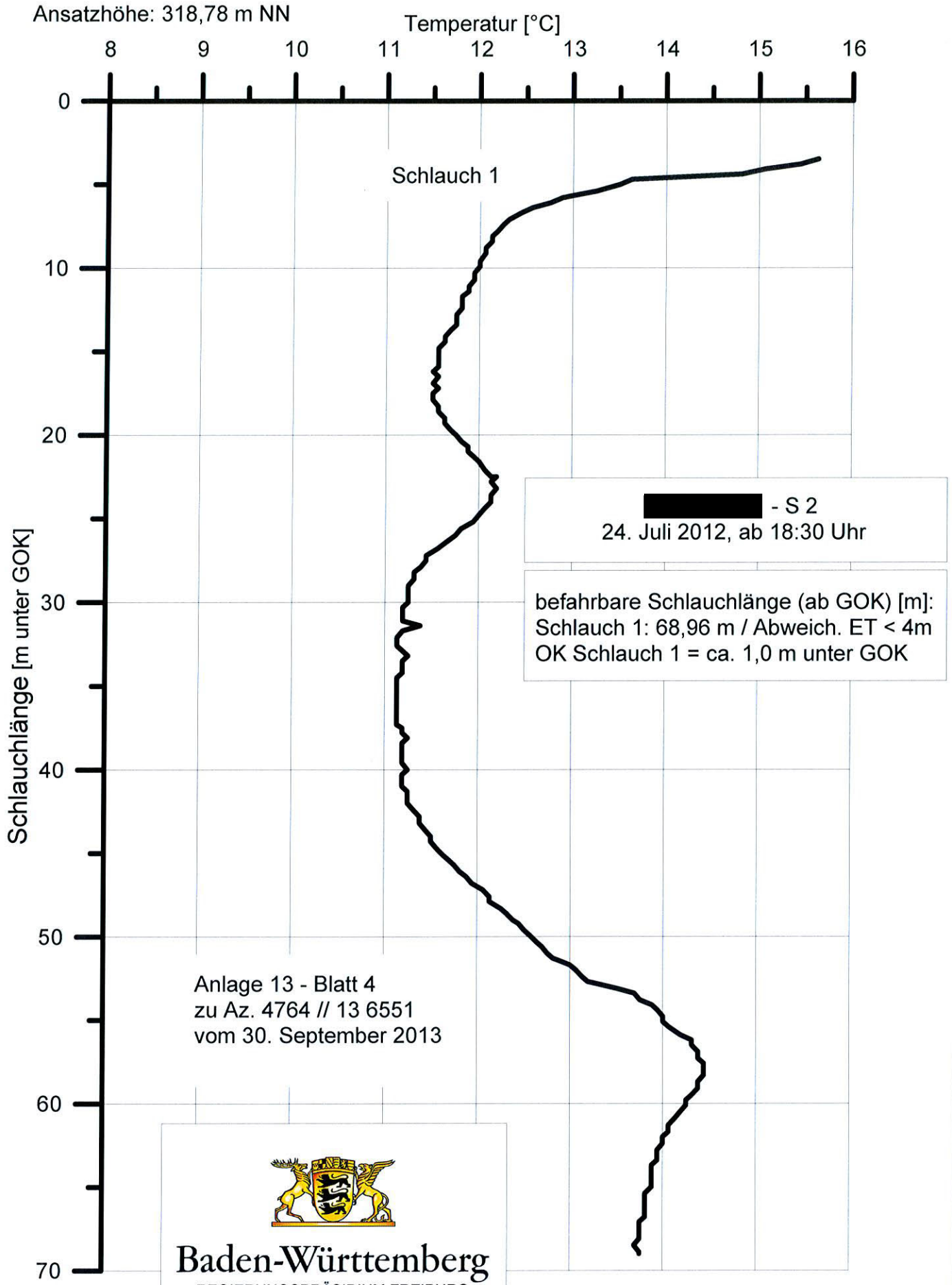
Parameter	<	Wert/Text	Maßeinheit	Methode	Präparat	Best.-Grenze	Meßgenauigkeit %	+- 2s	Anz. Wied.
T Wasser		14.5	°C	Sen	gelaen	0.1			
Dichte		0.9998	g/cm3	pyk	unbeh	0.9982			
elLF(25°C)		1850.	µS/cm	Sen	gelaen	1.	1.09		
O2 gel		2.6	mg/l	Pot	gelaen	0.5			
Färbung		farblos		OLP	gelaen				
TR qual		klar		OLP	gelaen				
Geruch		geruchlos		OLP	gelaen				
SAK254		0.40	m-1	Pho	unbeh	0.10			
SAK436	<	0.10	m-1	Pho	unbeh	0.10			
pH Gel		7.60		Pot	gelaen	0.01	.13		
KS4.3		5.22	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01	.27		
KB8.2		2.7	mmol(eq)/l	Tit	gelaen	0.01			
CO2 frei		119.	mg/l	ber	kein				
Ca		284.	mg/l	Tit	unbeh	10.0	1.16		
Mg		66.7	mg/l	ICP-OES	f+s	0.68	9.39		
Na		79.7	mg/l	ICP-OES	f+s	1.58	7.24		
K		32.0	mg/l	ICP-OES	f+s	0.18	15.42		
NH4 +		0.13	mg/l	Pho	unbeh	0.01	2.50		
Fe		1.810	mg/l	ICP-MS	f+s	0.001	14.80		
Mn		0.1360	mg/l	ICP-MS	f+s	0.00002	6.77		
GH		19.7	mmol(eq)/l	Tit	unbeh	0.01	2.27		

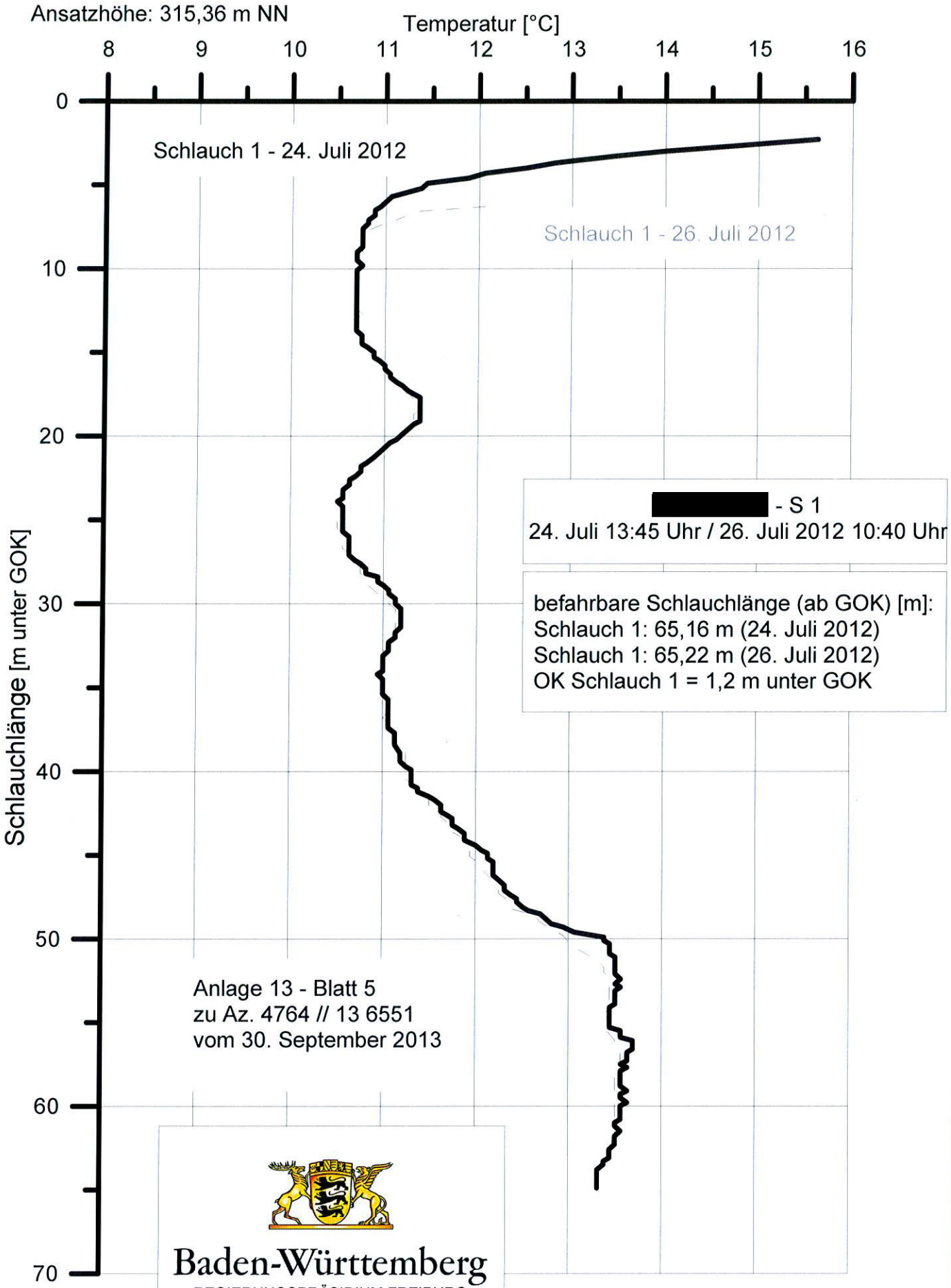
Cl -		22.3	mg/l	Tit	unbeh	2.00	2.45
HCO3 -		319.	mg/l	ber	gelaen	0.61	
NO3 -		2.33	mg/l	Pho	unbeh	0.39	
NO2 -		0.16	mg/l	Pho	unbeh	0.006	.90
SO4 2-		869.	mg/l	Gra	unbeh	1.00	1.75
PO4 3-	<	0.013	mg/l	Pho	unbeh	0.013	
F -		1000.	µg/l	Pot	unbeh	20.	2.37
B		448.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.985	25.90
Pges		27.	µg/l	ICP-OES	f+s	5.	7.81
SiO2		7.06	mg/l	ICP-OES	f+s	0.04	3.62
Li		262.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.012	8.70
Rb		44.47	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.53
Cs		0.818	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.96
Be		0.057	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.10
Sr		3910.	µg/l	ICP-MS	f+s	0.038	10.80
Ba		35.51	µg/l	ICP-MS	f+s	0.413	5.44
Al		90.43	µg/l	ICP-MS	f+s	0.071	6.09
Pb		2.860	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	5.45
As		1.363	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	5.27
Sb		1.583	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	10.80
Se		0.643	µg/l	ICP-MS	f+s	0.063	8.91
V		0.207	µg/l	ICP-MS	f+s	0.031	4.46
Cr		2.534	µg/l	ICP-MS	f+s	0.018	5.19
Mo		3.956	µg/l	ICP-MS	f+s	0.015	3.96
Co		12.11	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	4.14
Ni		46.20	µg/l	ICP-MS	f+s	0.014	9.34
Cu		3.891	µg/l	ICP-MS	f+s	0.022	5.52
Ag		0.011	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.17
Zn		174.0	µg/l	ICP-MS	f+s	0.075	9.01
Cd		0.025	µg/l	ICP-MS	f+s	0.009	8.91
Uran		1.411	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	6.65
Cer		0.411	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.51
Yttrium		0.376	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	4.49
Wismut		0.051	µg/l	ICP-MS	f+s	0.001	33.00
Lanthan		0.503	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	6.40
Thallium		0.053	µg/l	ICP-MS	f+s	0.013	6.67
Titan	<	0.068	µg/l	ICP-MS	f+s	0.068	8.40
Thorium		0.076	µg/l	ICP-MS	f+s	0.002	10.90


Ansatzhöhe: 319,45 m NN
Temperatur [°C]
8
9
10
11
12
13
14
15
16
0
10
20
30
40
50
60
70
Schlauchlänge [m unter GOK]
Schlauch 1
Schlauch 1 - 26 Juli 2012
[redacted] - S 1
25. Juli 2012, ab 11:40 Uhr
26. Juli 2012, ab 13:20 Uhr
befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 68,80 m / Abweich. ET < 1m
Schlauch 1: 68,72 m
OK Schlauch 1 = 1,2 m unter GOK
Anlage 13 - Blatt 1
zu Az. 4764//13 6551
vom 30. September 2013
Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Gemeinde Rudersberg - Zumhof


Ansatzhöhe: 319,18 m NN
Temperatur [°C]
8
9
10
11
12
13
14
15
16
0
10
20
30
40
50
60
70
Schlauchlänge [m unter GOK]
Schlauch 1
[redacted] - S 2
25. Juli 2012, ab 10:40 Uhr
befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 69,16 m / Abweich. ET < 1m
OK Schlauch 1 = 1,0 m unter GOK
Anlage 13 - Blatt 2
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013
Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Gemeinde Rudersberg - Zumhof


Ansatzhöhe: 318,53 m NN
Temperatur [°C]
8
9
10
11
12
13
14
15
16
0
10
20
30
40
50
60
70
Schlauchlänge [m unter GOK]
Schlauch 1
[redacted] - S 1
24. Juli 2012, ab 17:40 Uhr
befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 68,00 m / Abweich. ET < 4m
OK Schlauch 1 = ca. 1,3 m unter GOK
Anlage 13 - Blatt 3
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013
Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Gemeinde Rudersberg - Zumhof


Ansatzhöhe: 318,78 m NN
Temperatur [°C]
8
9
10
11
12
13
14
15
16
0
10
20
30
40
50
60
70
Schlauchlänge [m unter GOK]
Schlauch 1
[redacted] - S 2
24. Juli 2012, ab 18:30 Uhr
befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 68,96 m / Abweich. ET < 4m
OK Schlauch 1 = ca. 1,0 m unter GOK
Anlage 13 - Blatt 4
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013
Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Gemeinde Rudersberg - Zumhof



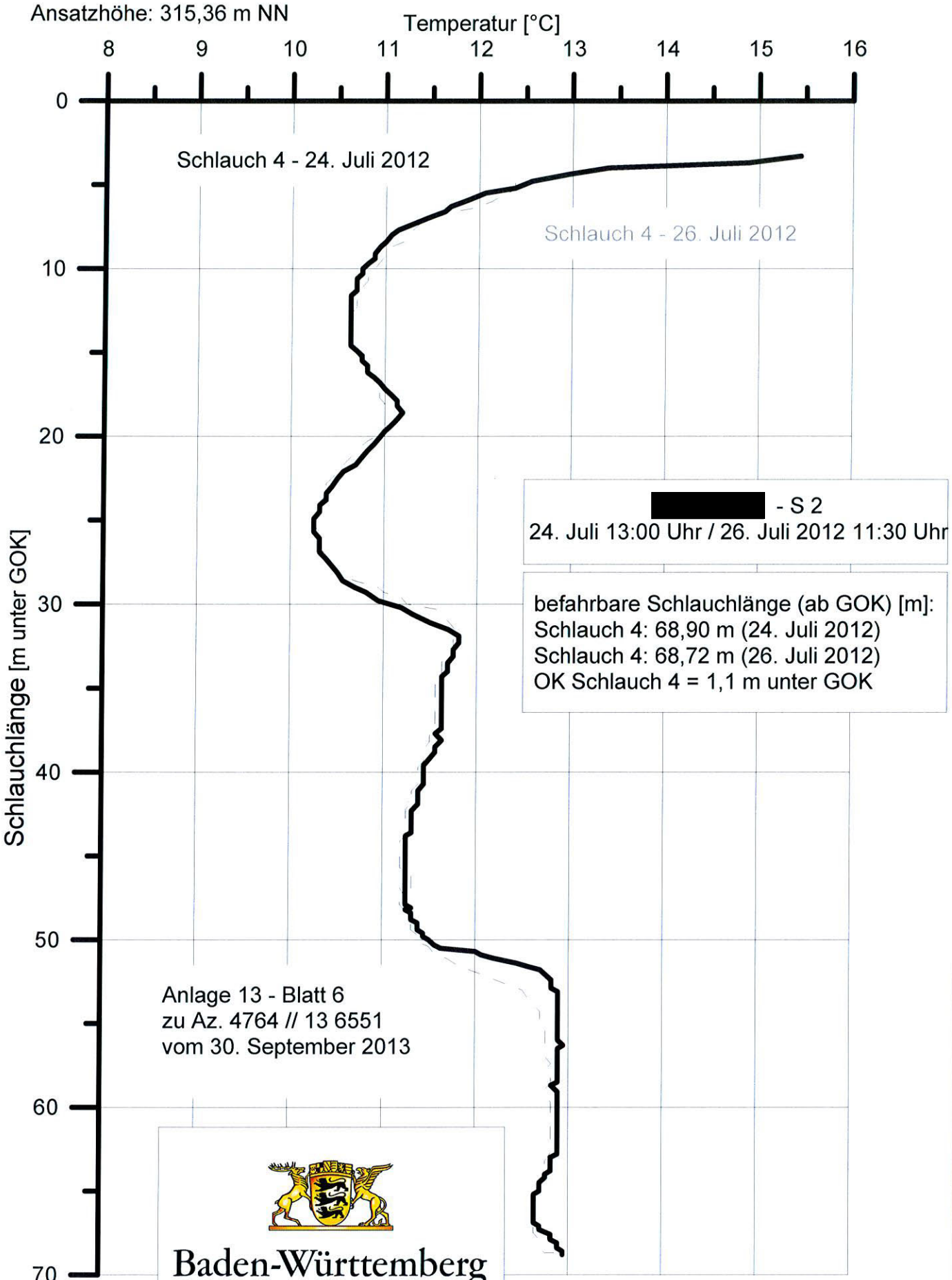
[redacted] - S 1
24. Juli 13:45 Uhr / 26. Juli 2012 10:40 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 65,16 m (24. Juli 2012)
Schlauch 1: 65,22 m (26. Juli 2012)
OK Schlauch 1 = 1,2 m unter GOK

Anlage 13 - Blatt 5
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof



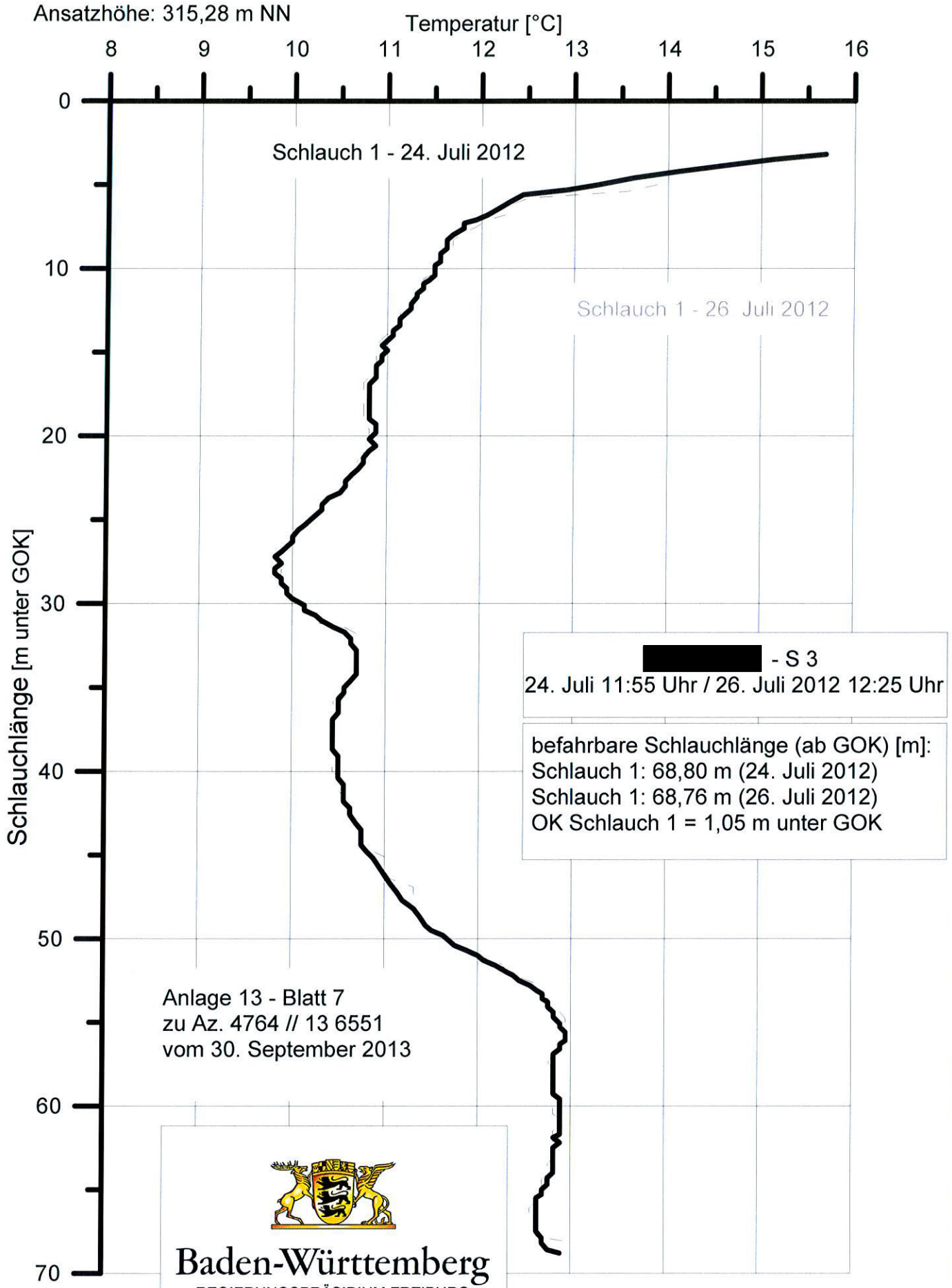
[redacted] - S 2
24. Juli 13:00 Uhr / 26. Juli 2012 11:30 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 4: 68,90 m (24. Juli 2012)
Schlauch 4: 68,72 m (26. Juli 2012)
OK Schlauch 4 = 1,1 m unter GOK

Anlage 13 - Blatt 6
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof



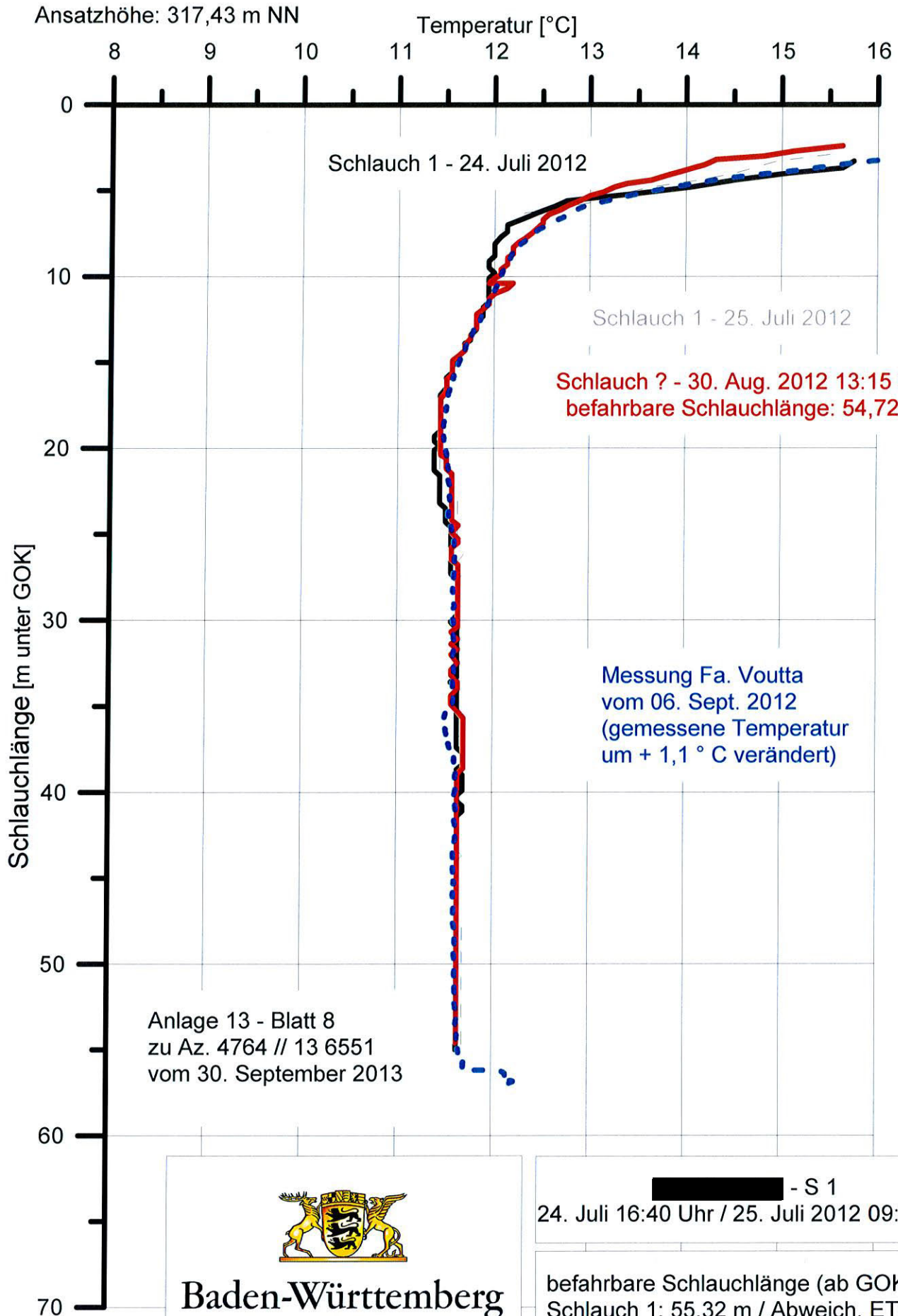
[redacted] - S 3
24. Juli 11:55 Uhr / 26. Juli 2012 12:25 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 68,80 m (24. Juli 2012)
Schlauch 1: 68,76 m (26. Juli 2012)
OK Schlauch 1 = 1,05 m unter GOK

Anlage 13 - Blatt 7
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

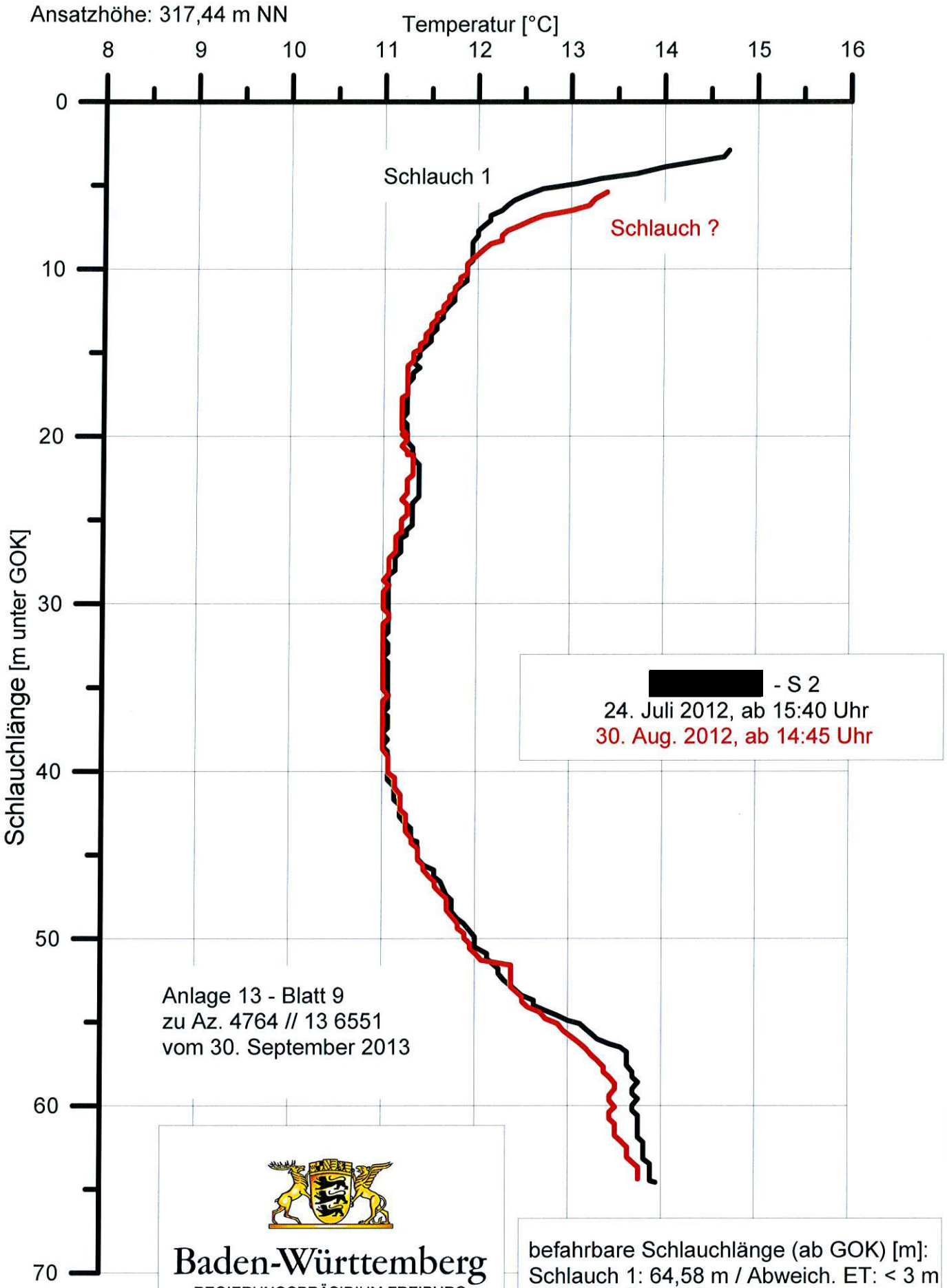


Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

[redacted] - S 1
24. Juli 16:40 Uhr / 25. Juli 2012 09:20 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 55,32 m / Abweich. ET: < 3 m (24. Juli 2012)
Schlauch 1: 54,88 m / Abweich. ET: < 2 m (25. Juli 2012)
OK Schlauch 1 = 1,05 m unter GOK



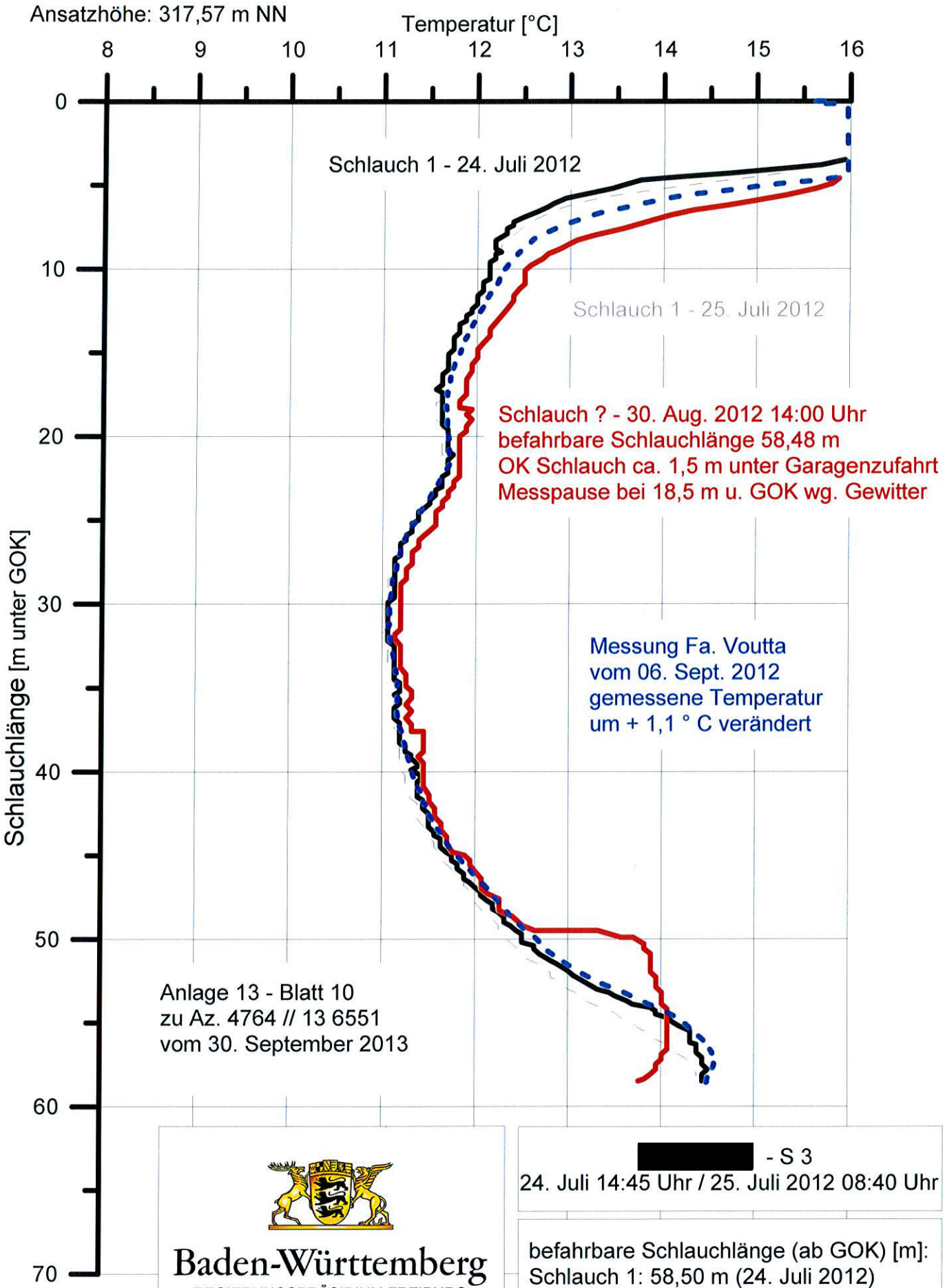
[redacted] - S 2
24. Juli 2012, ab 15:40 Uhr
30. Aug. 2012, ab 14:45 Uhr

Anlage 13 - Blatt 9
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 64,58 m / Abweich. ET: < 3 m
Schlauch ?: 64,62 m
OK Schlauch 1 = 0,95 m unter GOK

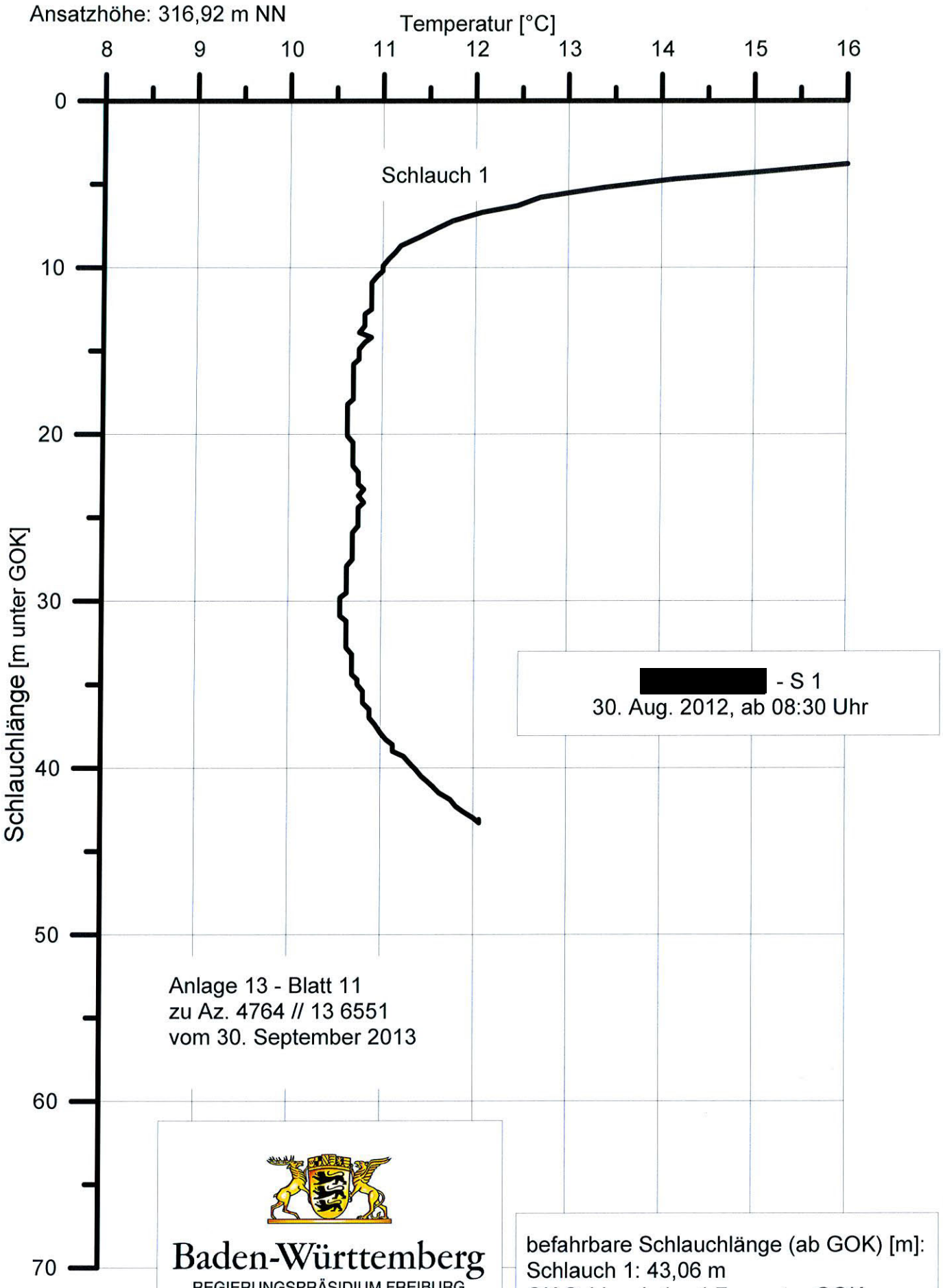


Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

[redacted] - S 3
24. Juli 14:45 Uhr / 25. Juli 2012 08:40 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 58,50 m (24. Juli 2012)
Schlauch 1: 58,12 m / Abweich. ET: < 3 m (25. Juli 2012)
OK Schlauch 1 = ca. 1 m unter GOK



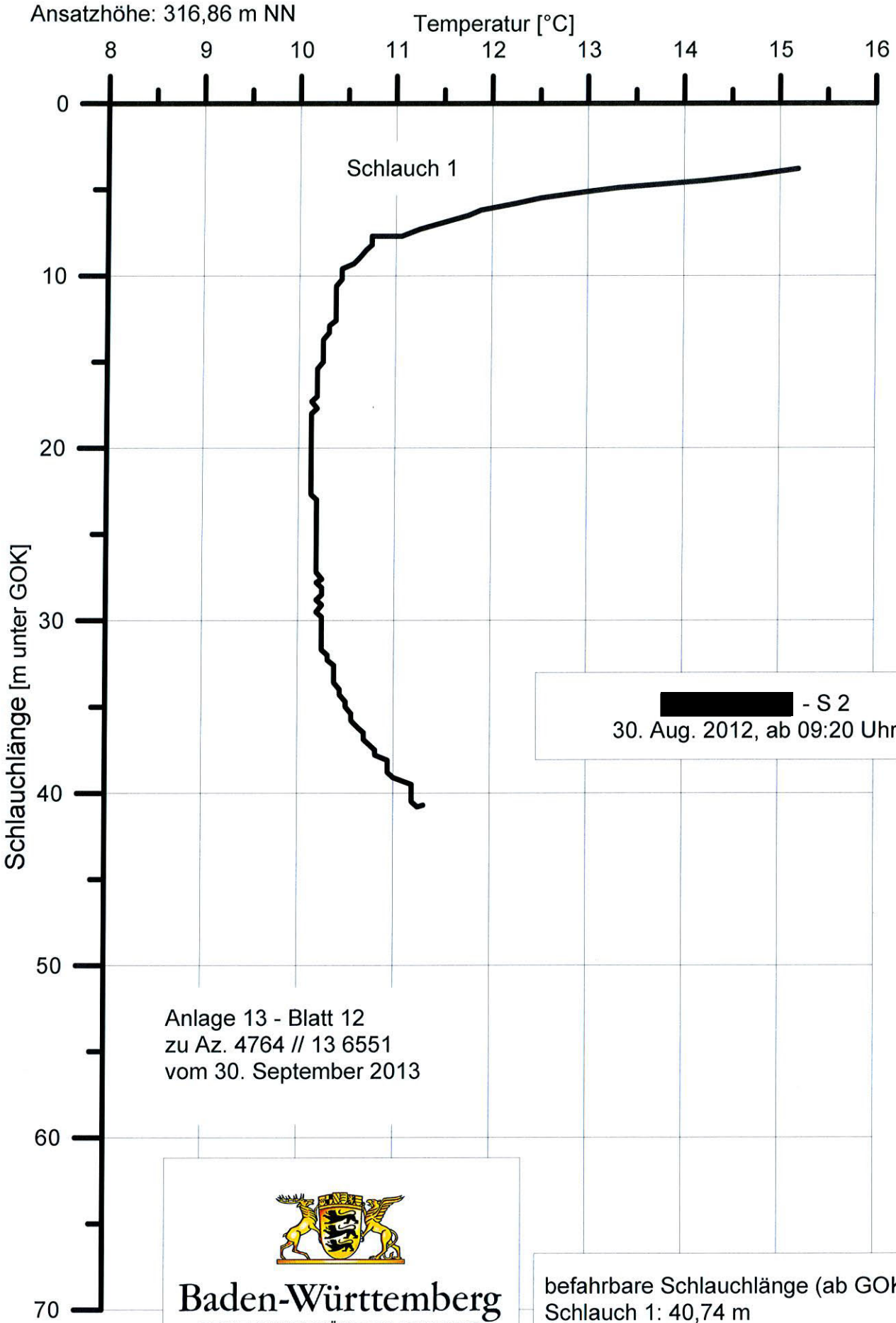
[redacted] - S 1
30. Aug. 2012, ab 08:30 Uhr

Anlage 13 - Blatt 11
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 43,06 m
OK Schlauch 1 = 1,7 m unter GOK
(Terrassenoberkante)
Austausch Glykol am 27. Aug. 2012



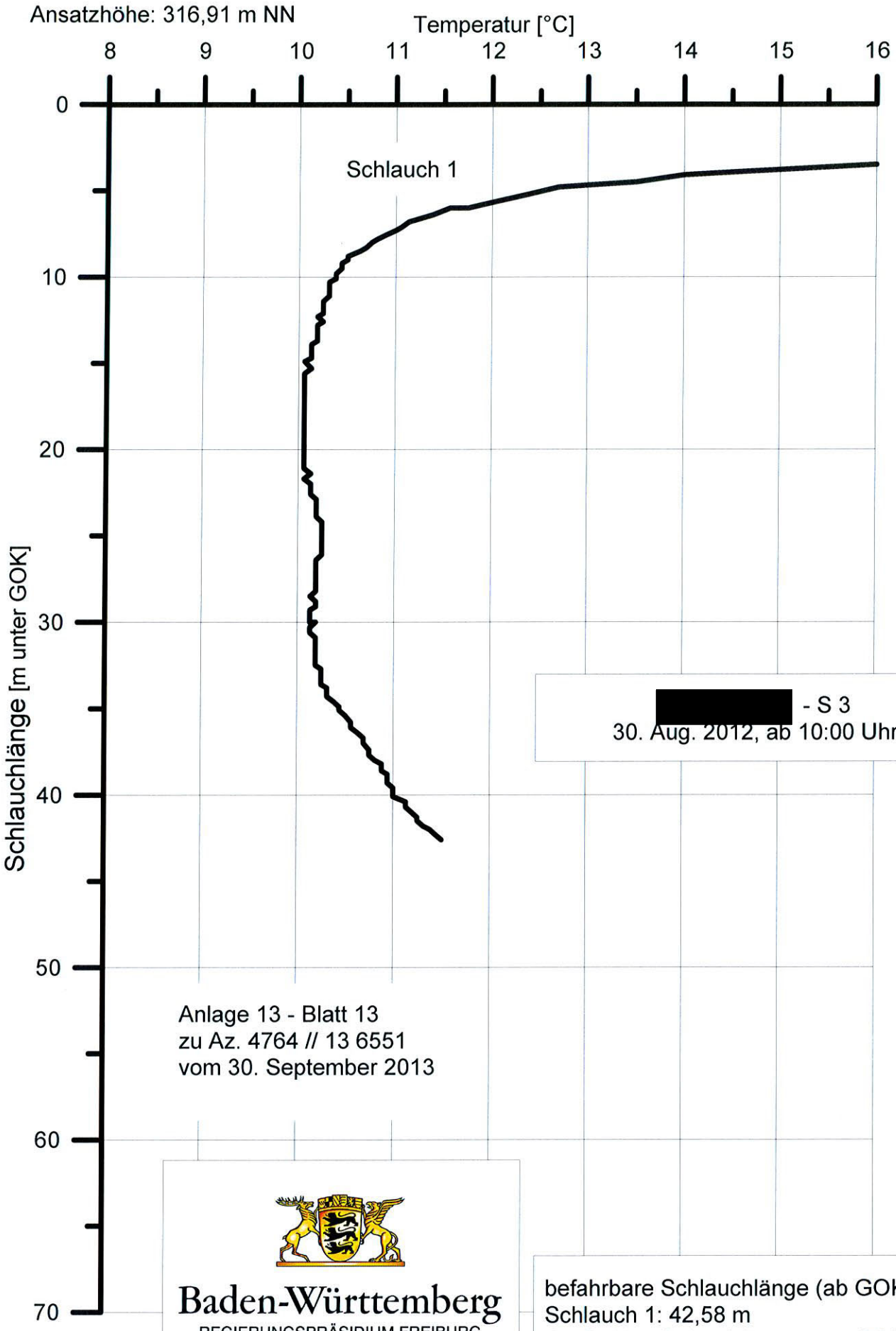
[redacted] - S 2
30. Aug. 2012, ab 09:20 Uhr

Anlage 13 - Blatt 12
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 40,74 m
OK Schlauch 1 = 1,0 m unter GOK
Austausch Glykol am 27. Aug. 2012



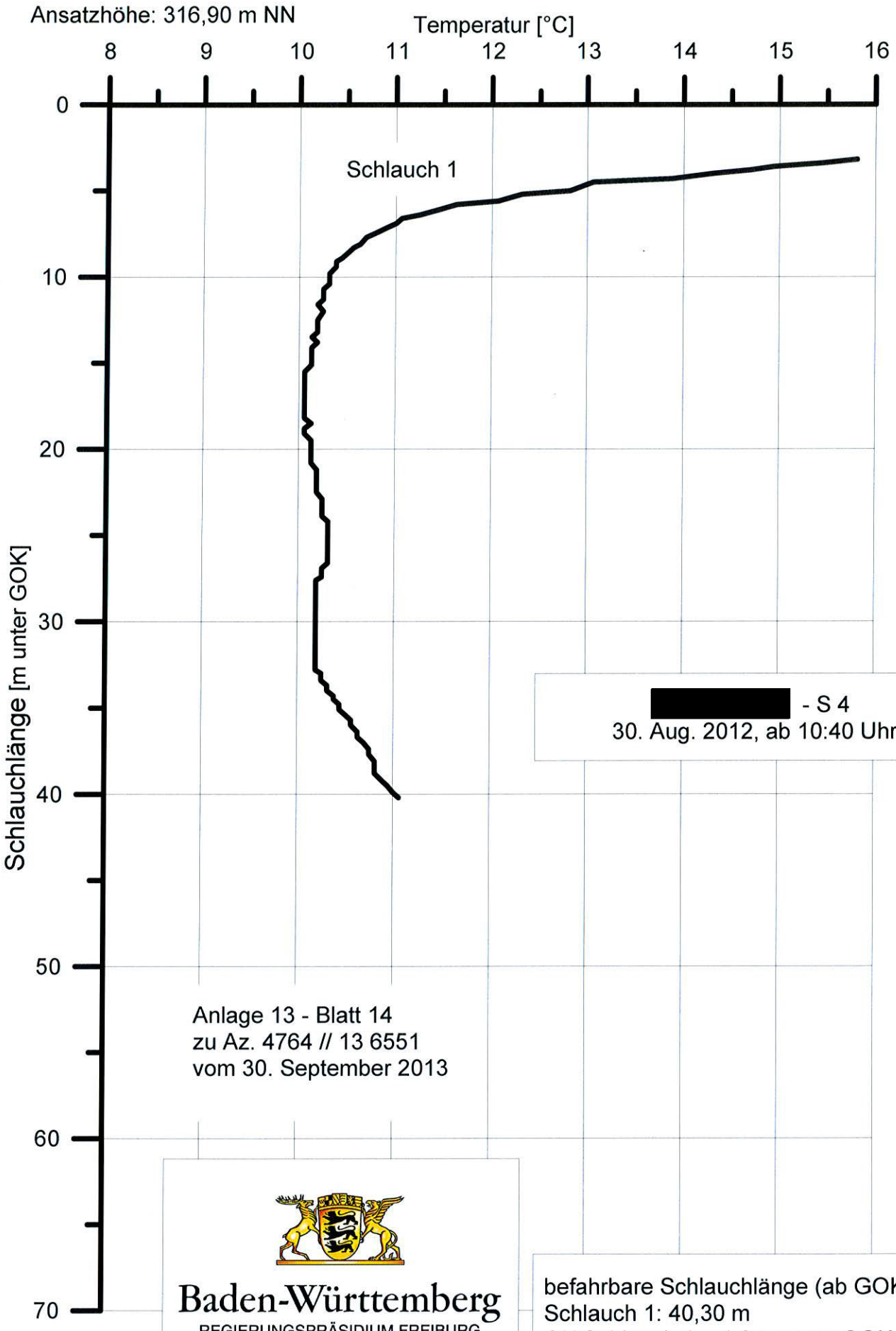
[redacted] - S 3
30. Aug. 2012, ab 10:00 Uhr

Anlage 13 - Blatt 13
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 42,58 m
OK Schlauch 1 = 1,05 m unter GOK
Austausch Glykol am 27. Aug. 2012



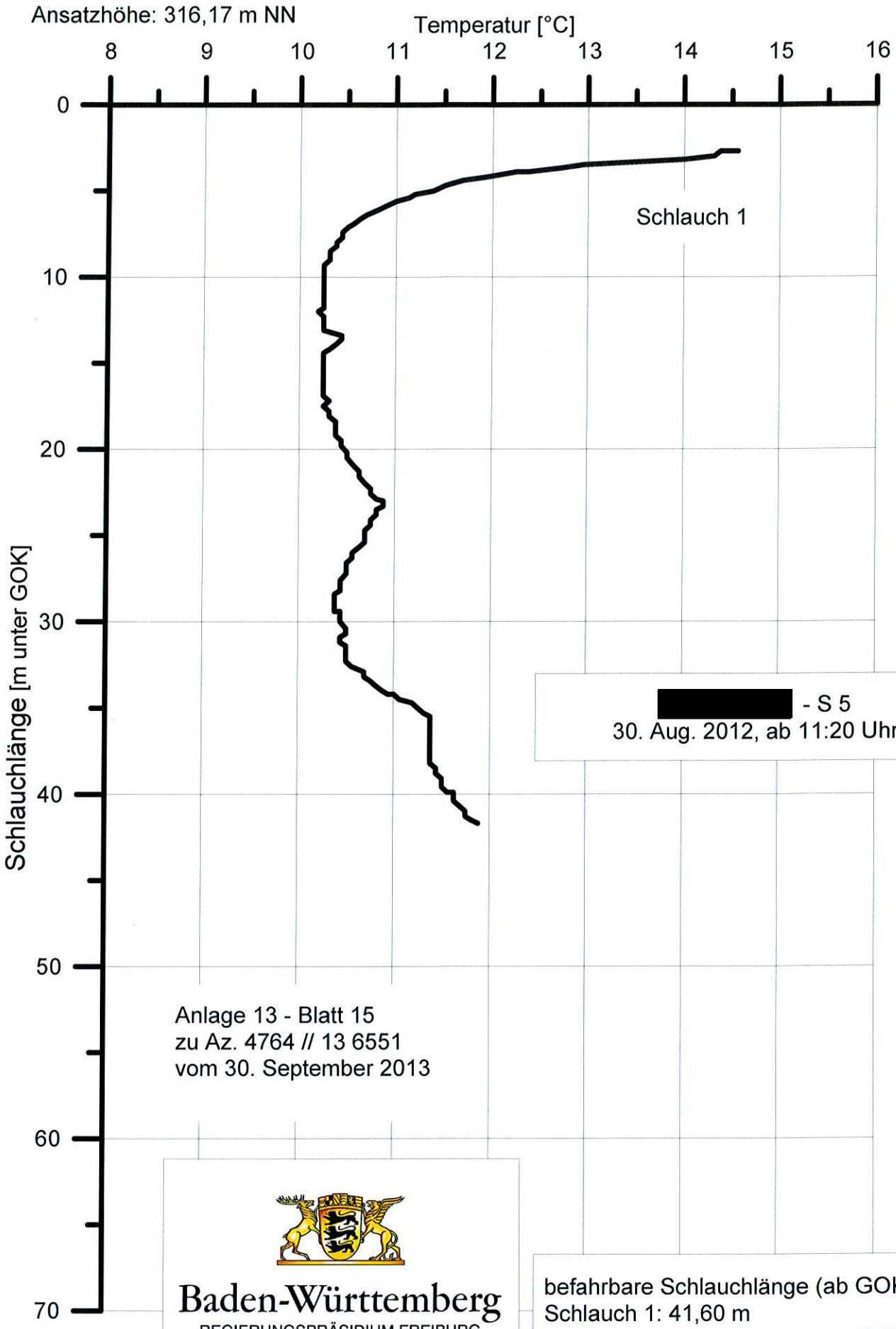
[redacted] - S 4
30. Aug. 2012, ab 10:40 Uhr

Anlage 13 - Blatt 14
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 40,30 m
OK Schlauch 1 = 1,2 m unter GOK
Austausch Glykol am 27. Aug. 2012



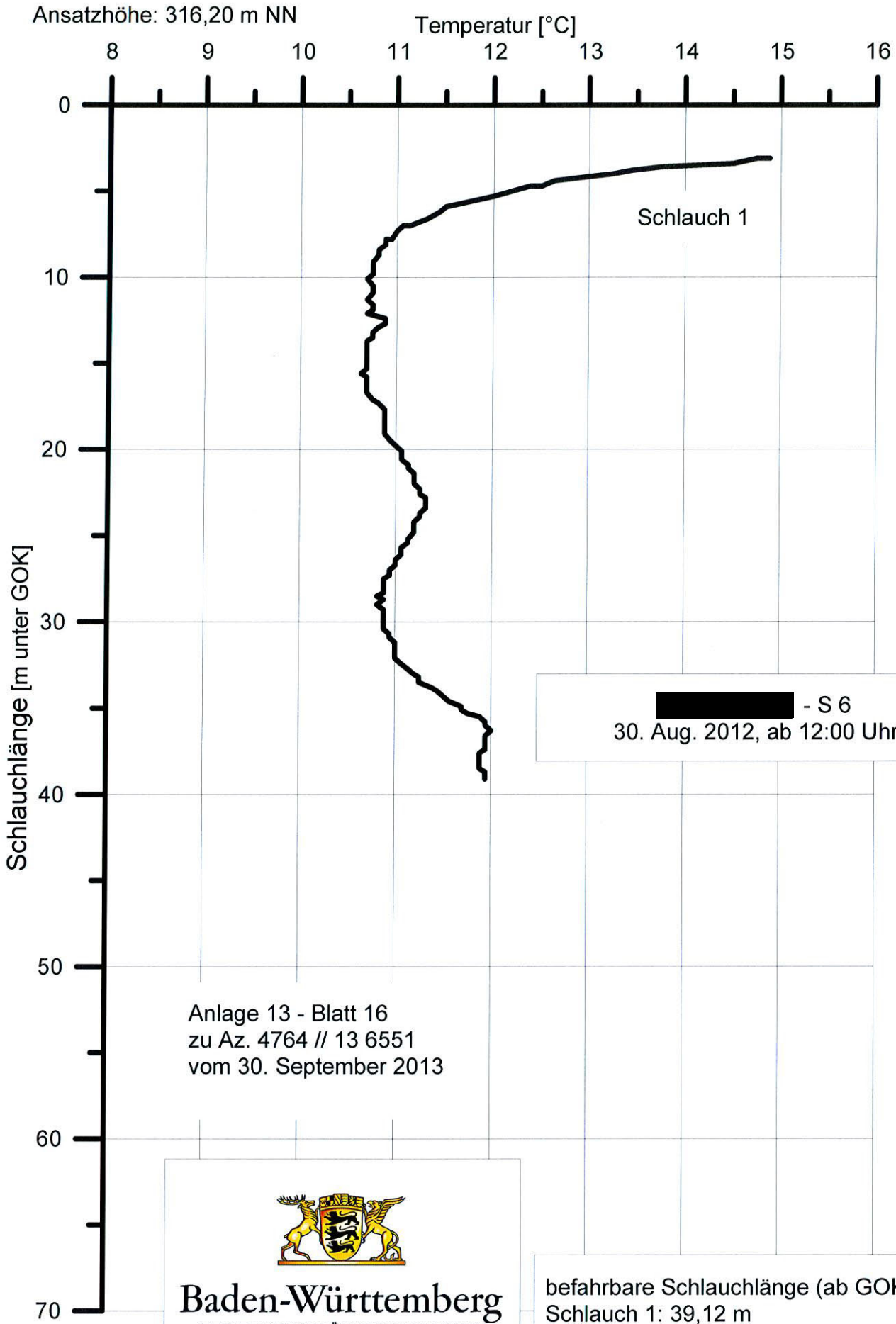
[redacted] - S 5
30. Aug. 2012, ab 11:20 Uhr

Anlage 13 - Blatt 15
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 41,60 m
OK Schlauch 1 = 0,55 m unter GOK
Austausch Glykol am 27. Aug. 2012



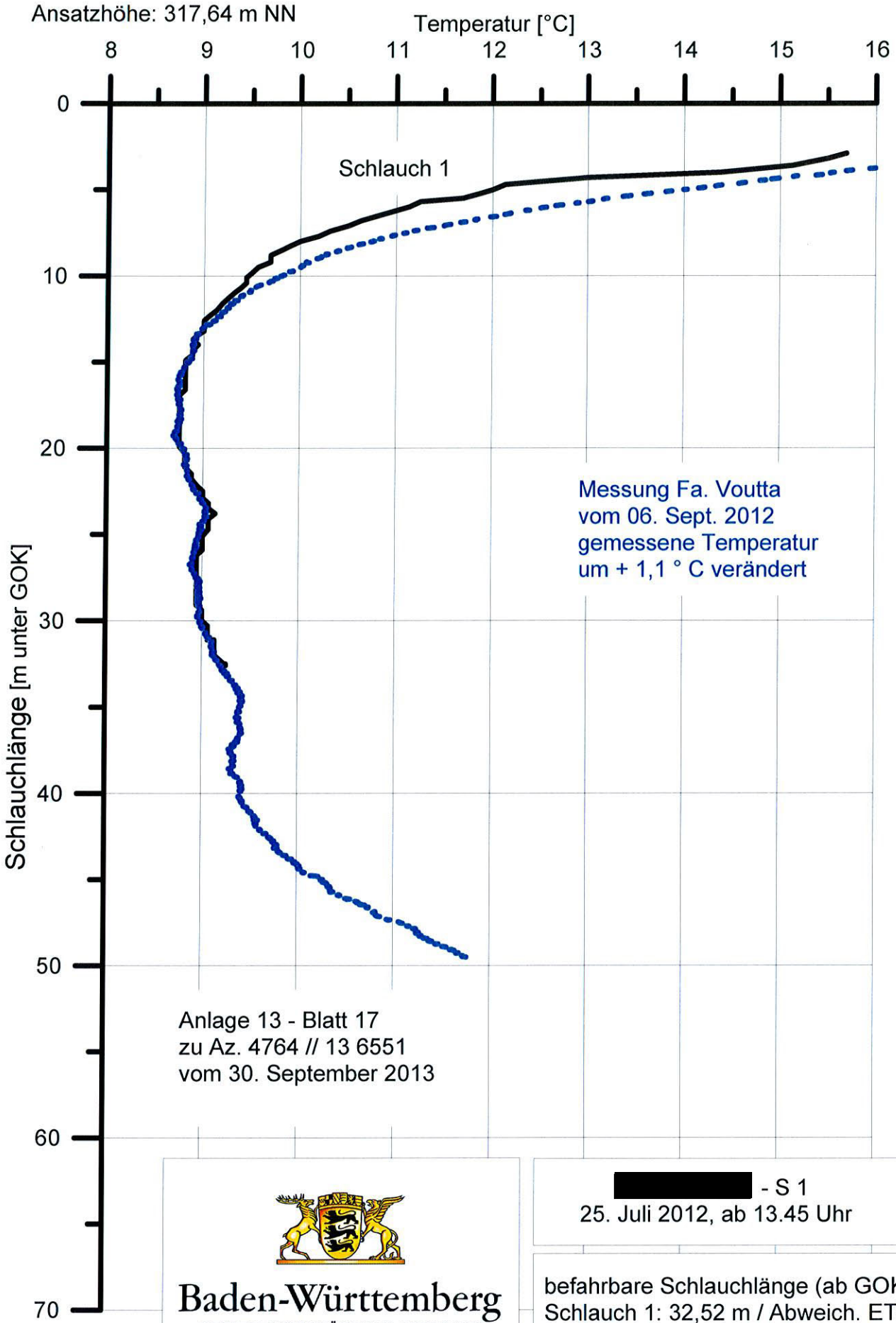
[redacted] - S 6
30. Aug. 2012, ab 12:00 Uhr

Anlage 13 - Blatt 16
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 39,12 m
OK Schlauch 1 = 0,75 m unter GOK
Austausch Glykol am 27. Aug. 2012



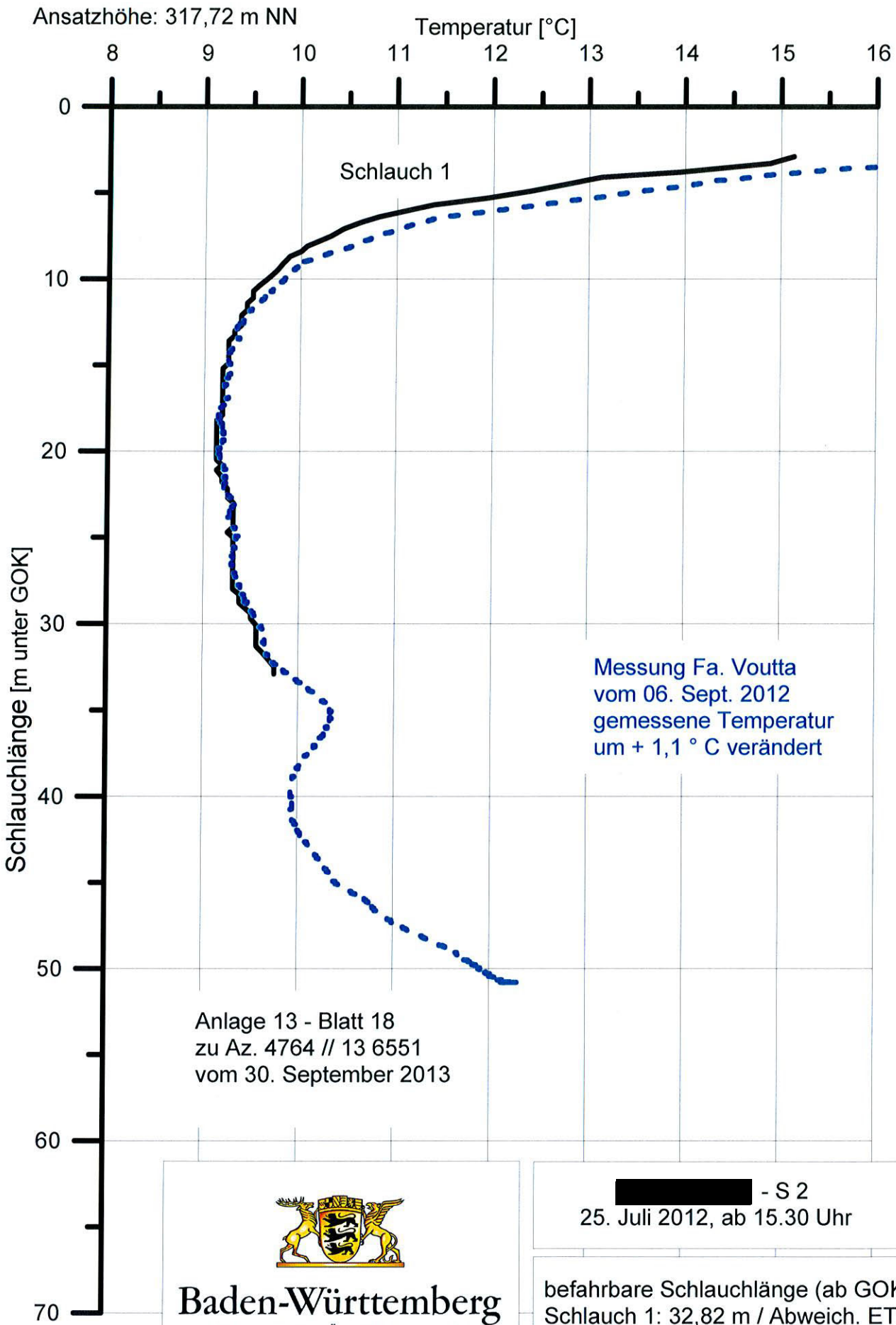
Anlage 13 - Blatt 17
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

[redacted] - S 1
25. Juli 2012, ab 13.45 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 32,52 m / Abweich. ET: < 2 m
Schlauch 2: 32,62 m
Schlauch 3: 32,46 m
Schlauch 1: 32,50 m
OK Schlauch 1 = 1,3 m unter GOK



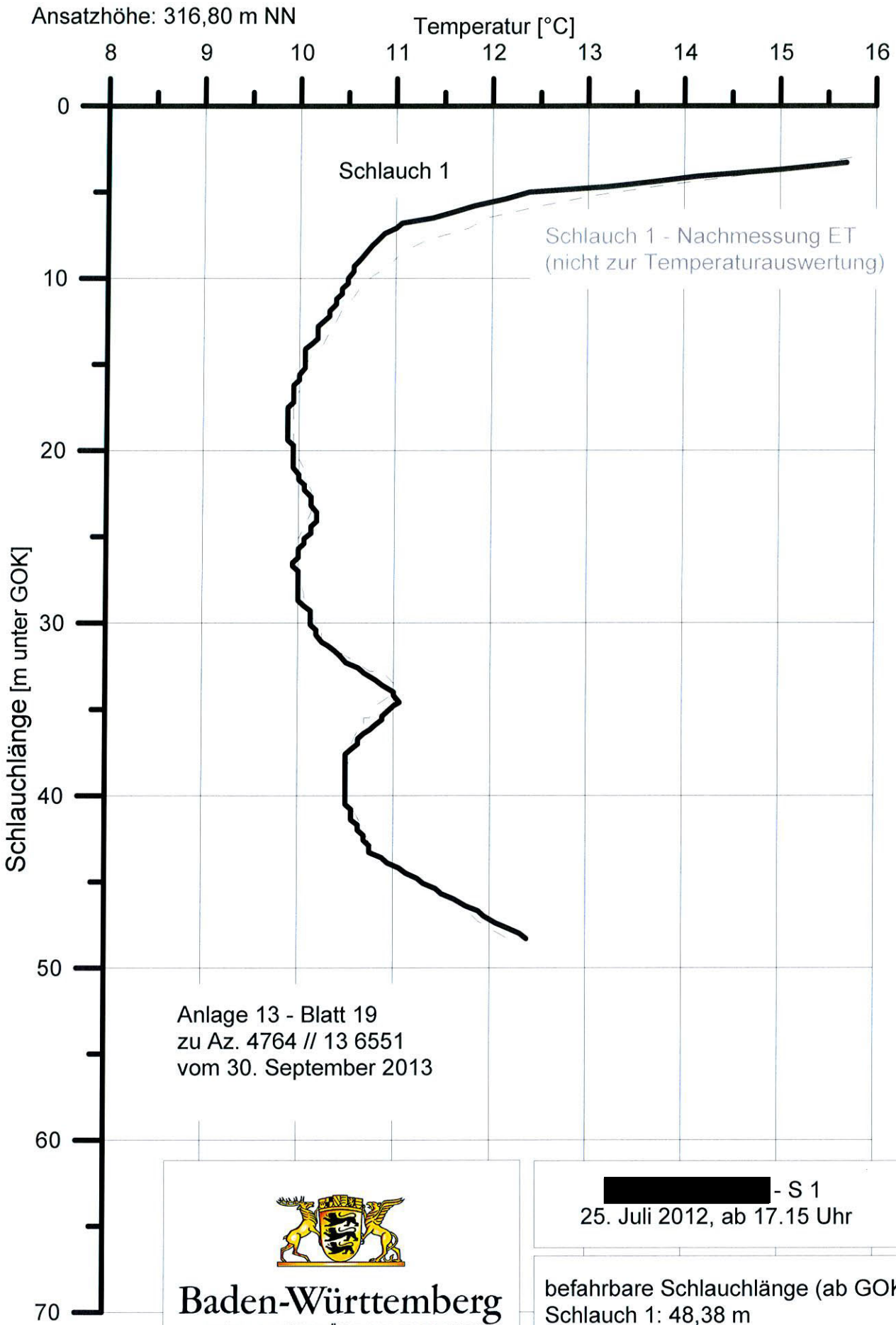
Anlage 13 - Blatt 18
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

[redacted] - S 2
25. Juli 2012, ab 15.30 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 32,82 m / Abweich. ET: < 1 m
Schlauch 2: 32,70 m
Schlauch 3: 32,86 m
Schlauch 1: 32,74 m
OK Schlauch 1 = 1,1 m unter GOK



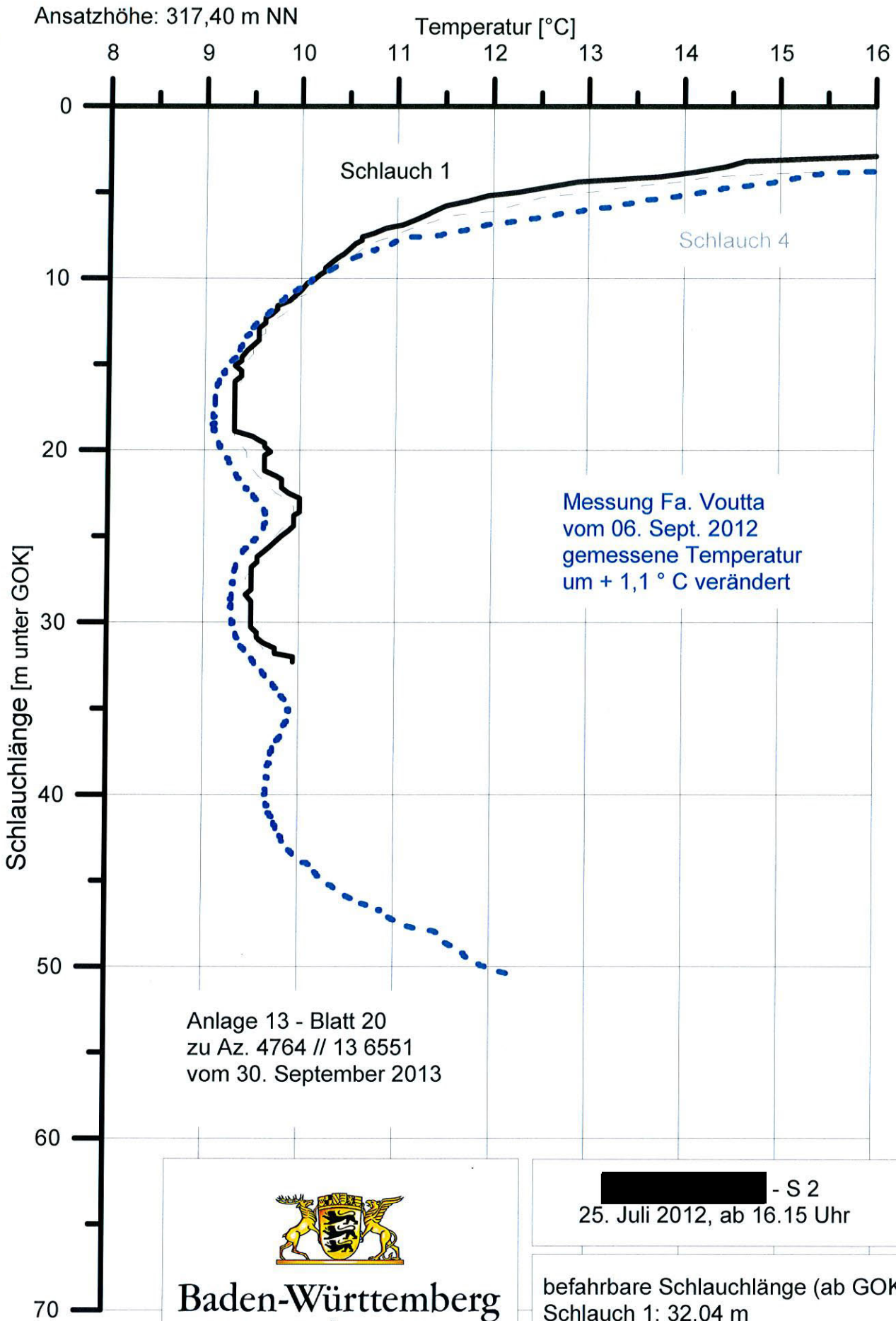
Anlage 13 - Blatt 19
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

[redacted] - S 1
25. Juli 2012, ab 17.15 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 48,38 m
Schlauch 1: 48,28 m / Abweich. ET: < 4 m
(Messschritte: 0,8 m)
OK Schlauch 1 = 1,1 m unter GOK



Anlage 13 - Blatt 20
zu Az. 4764 // 13 6551
vom 30. September 2013

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Gemeinde Rudersberg - Zumhof

[redacted] - S 2
25. Juli 2012, ab 16.15 Uhr

befahrbare Schlauchlänge (ab GOK) [m]:
Schlauch 1: 32,04 m
Schlauch 2: 32,08 m
Schlauch 3: 32,08 m
Schlauch 4: 32,18 m / Abweich. ET: < 2 m
OK Schlauch 1 = 1,2 m unter GOK

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 14.1

BOHRLOCHMESSUNGEN
in der Bohrung
EKB 1
Rudersberg/Zumhof

04. Oktober 2012 – 21. Januar 2013

Projekt:	Geologische Erkundung Zumhof
Pr.-Nr. (terratec):	449 - 2012
Auftraggeber:	H. Anger's Söhne
Auftragnehmer:	terratec Büro für Geologie und Geophysik, D - 79423 Heitersheim
Durchführung:	[redacted]
Zeitraum:	04. Oktober 2012 bis 21. Januar 2013
Berichtsdatum:	07. Juni 2013

Inhalt

1. Einleitung 3
1.1. Allgemeines 3
1.2. Aufgabenstellung 3
1.3. Angewandte Methoden 3
1.3.1 Optischer Scanner 3
1.3.2 Akustischer Scanner 3
1.3.3 Bohrlochverlauf, Neigung und Azimut 4
1.3.4 Natürliche Gammastrahlung 4
1.3.5 Leitfähigkeit und Temperatur 4
1.3.6 Flowmeter 4
2. Bohrung EKB 1 6
2.1 OPTV und BHTV Messung 7
2.2 Bohrlochverlauf 8
2.3 Natürliche Gammastrahlung 9
2.4 Temperatur, Leitfähigkeit und Flowmeter 9
3. ANHANG: SONDENBESCHREIBUNG 11

Anlage:

- CD-ROM:
  - Temperatur- und Leitfähigkeitsdaten (*.wcl, *.pdf)
  - optischer, akustischerScan und Strukturdaten (*.wcl, *.pdf)
  - Gamma-, Velaufsmessung (*.wcl, *.pf)
  - Bericht (*.pdf)
  - Messdaten digital (*.txt)
  - WCLReader 4.4 (Betrachtungssoftware)

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Der vorliegende Bericht beschreibt die Durchführung und die Ergebnisse der geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Bohrung EKB 1 in Rudersberg/Zumhof. Auftraggeber für die Messungen ist H. Anger's Söhne. Die fachliche Betreuung vor Ort erfolgte durch [redacted] (Geologe). Auftragsnehmer ist die Fa. terratec Büro f. Geologie u. Geophysik, D - 79423 Heitersheim.

1.2. Aufgabenstellung

Ziel der Untersuchungen war die geophysikalische Erkundung der in der Bohrung angetroffenen Gesteinsabfolge und der hydrodynamischen Verhältnisse.

1.3. Angewandte Methoden

1.3.1 Optischer Scanner

Der optische Scanner liefert ein orientiertes, optisches Farbbild der Bohrlochwand oder Verrohrung. Dabei wird mit Hilfe einer digitalen Kamera ein kontinuierliches Bild der Bohrlochwand aufgezeichnet und als Abrollung der Bohrlochwand dargestellt. Auf diesem Bild sind dann offene oder gefüllte Risse und Klüfte, bzw. Schlitze, Beschädigungen, Muffen etc. der Verrohrung leicht zu erkennen. Voraussetzung für die Nutzung des optischen Scanners ist optische Sicht, also ein Bohrloch das mit Luft oder klarem Wasser gefüllt ist.

Der optische Scanner wurde bei der Abwärtsfahrt mit einer Geschwindigkeit von ca. 1,5-2 m/min. gemessen.

Bei größerer Neigung der Bohrung werden das scheinbare Einfallen und der Azimut der eingemessenen Strukturen mit Hilfe der Bohrungsverlaufsdaten auf ihre tatsächliche Raumlage korrigiert. Die Strukturverläufe (Sinusspuren) auf dem Amplitudenbild zeigen zunächst die *scheinbaren, unrotierten* Orientierungen relativ zur Bohrungsachse. Das scheinbare Einfallen und der Azimut der eingemessenen Strukturen wurden dann mit Hilfe der Bohrungsverlaufsdaten auf ihre tatsächliche Raumlage korrigiert. Das Tad Pole (**TADPOLE**) Diagramm und die Lagekugel (**POLAR**) zeigen also die *wahren, orientierten* Azimut- und Einfallswerte.

1.3.2 Akustischer Scanner

Der akustische Scanner liefert ein orientiertes Falschfarbbild der Bohrlochwand oder Verrohrung. Dabei wird die Bohrung im Umfang mit einem Ultraschallsignal mit einer Abtastungsdichte von 180 Messungen / Umfang abgetastet. Von jedem Ultraschallpuls werden die Amplitude und die Laufzeit des reflektierten Signals gemessen. Aus diesen Werten wird ein Falschfarbbild generiert, bei dem helle Farben hohen Werten (hohe Amplitude = „schallhart" bzw. hohe Laufzeit = größerer Durchmesser) bzw. dunkle Farben niedrigen Werten entsprechen.

Das Bild des Bohrlochumfangs wird abgerollt dargestellt.

Durch ein in die Sonde integriertes Orientierungsmodul werden die Bilddaten online auf Nord (bzw. Bohrungsoberseite im Falle einer Schrägbohrung) orientiert. Dann entspricht der linke Bildrand Nord, Bildmitte Süd und rechter Bildrand wieder Nord.

Der akustische Scanner wurde bei der Abwärtsfahrt mit einer Geschwindigkeit von ca. 1,5-2 m/min gemessen.

Bei größerer Neigung der Bohrung werden das scheinbare Einfallen und der Azimut der eingemessenen Strukturen mit Hilfe der Bohrungsverlaufsdaten auf ihre tatsächliche Raumlage korrigiert. Die Strukturverläufe (Sinusspuren) auf dem Amplitudenbild zeigen dann die *scheinbare, unrotierten* Orientierungen relativ zur Bohrungsachse. Das scheinbare Einfallen und der Azimut der eingemessenen Strukturen wurden mit Hilfe der Bohrungsverlaufsdaten auf ihre tatsächliche Raumlage korrigiert. Das Tad Pole (**TADPOLE**) Diagramm und die Lagekugel (**POLAR**) zeigen also die *wahren, orientierten* Azimut- und Einfallswerte.

1.3.3 Bohrlochverlauf, Neigung und Azimut

Die Messdiagramme der Neigung und Richtung (Azimut), bezogen auf magnetisch Nord, geben die Bohrlochabweichung in der entsprechenden Tiefe in Grad an. Der Bohrlochverlauf wird aus der Kombination von einer Kompassmessung und einer Neigungsmessung bestimmt. Innerhalb der magnetischen Stahlverrohrung ist die Kompassmessung gestört. Für die Richtung der Bohrung in Bezug auf Nord, wird daher im Bereich der Stahlverrohrung die erste ungestörte Richtungsmessung unterhalb der Verrohrung angenommen.

1.3.4 Natürliche Gammastrahlung

Im Gamma Log wird die natürliche Gammastrahlung des Gebirges mit Tiefenbezug erfasst. Die natürliche Gammastrahlung entsteht durch den Zerfall radioaktiver Elemente wie z.B. Uran oder Kalium. Hier kann davon ausgegangen werden, daß das Element Kalium für die Gamma-Strahlung verantwortlich ist. Dadurch ist sie ein Maß für den Tongehalt des Gebirges.

1.3.5 Leitfähigkeit und Temperatur

Für die Messungen wird eine Temperatur-Leitfähigkeitssonde eingesetzt. Die Leitfähigkeit ist auf 25°C normiert. Mit der Messung von Temperatur und Leitfähigkeit des Wassers in Ruhe lassen sich Schichtungen der Wassersäule feststellen.

Unter Produktion lassen sich bei gegebenen Kontrast zwischen zutretendem Wasser und der Wassersäule in der Bohrung Wasserzutritte in ihrer Tiefenlage lokalisieren.

1.3.6 Flowmeter

Zur Bestimmung der vertikalen Wasserströmung wurde zur Charakterisierung der EKB 1 in Rudersberg/Zumhof ein Impellerflowmeter eingesetzt. Die Sonde misst die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in vertikaler Richtung sowie die Strömungsrichtung. Die Eigengeschwindigkeit der Sonde wird mit aufgezeichnet. Sie wird mit den gemessenen Daten verrechnet, um die reine Fließgeschwindigkeit des Wassers zu erhalten.

Die Messungen werden im Ruhezustand und unter Bepumpung durchgeführt. Durch die Messung im Ruhezustand können mögliche vorhandene Strömungen bereits im unangeregten Zustand erkannt werden. Die Bepumpung dient der Anregung von Grundwasserströmungen. Dabei wird die Pumpe oberhalb der Flowmetersonde installiert, die Messung wird in der Regel der Wasserströmung entgegengerichtet abwärtsfahrend durchgeführt. Technische Details zur Sonde befinden sich in der Sondenbeschreibung.

Die folgende Tabelle erläutert die in den Spalten der Messdiagramme verwendeten Bezeichnungen.

Dokument	Abkürzung / Spaltenbezeichner	Erläuterung
EKB1_hydro_gesamt	Temperatur °C (Datum)	Wassertemperatur (°C), im jeweiligen Anregungszustand (Ruhe/Produktion) mit Messdatum
	LF (25°) (Datum)	Leitfähigkeit des Wassers auf 25 °C normiert (µS/cm), im jeweiligen Anregungszustand (Ruhe/Produktion) mit Messdatum
	Flowmeter (Datum)	Vertikale Strömungsgeschwindigkeit des Wassers (m/min), im jeweiligen Anregungszustand (Ruhe/Produktion) mit Messdatum
EKB1_gamma_verlauf_ gesamt	Nat. Gamma-Ray (Datum)	Natürlich vorkommende Gamma-Strahlung (API - cps), mit Messdatum
	Neigung gesamt	Neigung der Bohrung aus der Vertikalen (0 – 90 Grad, 0 Grad = vertikal))
	Azimut gesamt	Azimut der Bohrung bezogen auf magnetisch Nord (0 – 360 Grad)
	Northing	Abweichung der Bohrung vom Ansatzpunkt in nördliche Richtung (m)
	Easting	Abweichung der Bohrung vom Ansatzpunkt in östliche Richtung (m)
	TVD	True Vertical Depth: Teufe der Bohrung in der Senkrechten
EKB1_optv_bhtv_ structuren_gesamt	Laufzeit	Falschfarbbild der Laufzeit des akustischen Signals bei der BHTV Messung (helle Farbe = lange Laufzeit; dunkle Farbe = kurze Laufzeit)
	Amplitude	Falschfarbbild der Signalstärke des reflektierten akustischen Signals bei der BHTV Messung (helle Farbe = hohe Signalstärke; dunkle Farbe = niedrige Signalstärke)
	Opt. Scan	Echtfarbenbild der OPTV Messung
	Strukturen	Auf den Aufnahmen der OPTV und BHTV Messung eingemessene Strukturen (in Bezug auf die Bohrungsachse, nicht auf Bohrlochabweichung korrigiert)
	Strukturen rotiert	Tadpolediagramm der Strukturdaten, korrigiert für Bohrlochabweichung
EKB1_strukturen	Strukturen rotiert	Tadpolediagramm der Strukturdaten, korrigiert für Bohrlochabweichung
	Stereo Netz	Strukturen dargestellt im Schmidt'schen Netz, obere Halbkugel; Durchstichpunkte de Flächenpole

Als **Messbezug** für die Bohrungen wurde die **Pegeloberkante** (Flansch) verwendet.

2. Bohrung EKB 1

In der folgenden Tabelle sind die Messeinsätze in ihrem Ablauf aufgelistet.

Datum	Tiefe [m]	Verrohrungstiefe [m]	Wasserspiegel Ruhe [m]	Wasserspiegel Produktion [m]	Pumpeneinlauf [m]	Pumprate [l/s]	param.	von [m]	bis [m]
4. Oct. 2012	45.0	14.80	23.95				Bild	0.0	39.1
4. Oct. 2012	45.0	14.80	23.95				Bild	32.0	44.4
4. Oct. 2012	45.0	14.80	23.95				TLF R	23.9	44.2
4. Oct. 2012	45.0	14.80	23.95				Flow R	23.0	44.4
4. Oct. 2012	45.0	14.80	23.95				Gamma	44.4	0.0
4. Oct. 2012	45.0	14.80	x	starke Absenkung	43.6	0.5	TLF P	28.5	42.3
4. Oct. 2012	45.0	14.80	x	Wiederanstieg	43.6		TLF W1	29.6	44.2
4. Oct. 2012	45.0	14.80	x	Wiederanstieg	43.6		TLF W2	24.9	44.2
16. Nov. 2012	67.6	48.40	33.7				Bild	67.6	48.4
16. Nov. 2012	67.6	48.40	33.7				Verlauf	65.5	44.0
16. Nov. 2012	67.6	48.40	33.7				Gamma	65.5	44.0
16. Nov. 2012	67.6	48.40	33.7				Verlauf	46.1	0.0
16. Nov. 2012	67.6	48.40	33.7				Gamma	46.1	0.0
21. Jan. 2013	80.0	66.65	43.86				Bild	66.0	79.7
21. Jan. 2013	80.0	66.65	43.86				Verlauf	66.0	79.7
21. Jan. 2013	80.0	66.65	43.86				Gamma	65.0	79.0
21. Jan. 2013	80.0	66.65	43.86				Flow R	65.0	79.0
21. Jan. 2013	80.0	66.65		starke Absenkung	63	0.83	Flow P	65.1	72.0
21. Jan. 2013	80.0	66.65		starke Absenkung	63	0.83	Flow P	72.0	79.0
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8			Bild	74.9	90.5
28. Jan.	94.4	66.65	73.85	76.8			Verlauf	74.9	90.5

2013									
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8			Bild	83.5	94.4
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8			Verlauf	83.5	94.4
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8			Gamma	73.9	94.2
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8			Flow R	73.9	94.2
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8			TLf R	73.9	94.3
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8	78	2.5	Flow P	81.5	94.0
28. Jan. 2013	94.4	66.65	73.85	76.8	78	2.5	TLf P	81.5	94.0

TLf=Temp./Leitfähigkeit; R=Ruhe; P=Produktion

2.1 OPTV und BHTV Messung

Die mit den optischen und akustischen Scannern gemachten Aufnahmen zeigen deutlich erkennbar die Bohrlochwand. In dem Tiefenintervall von ca. 17.9 m – 23.8 m ist die Bohrlochwand von einem Wasserfilm bedeckt. Das Licht des optischen Scanners führt zu starker Spiegelung, wodurch die Bohrlochwand hier nicht mehr deutlich zu erkennen ist.

Im Tiefenintervall von 44.3 m – 48.2 m konnten keine Aufnahmen der Bohrlochwand gemacht werden, da die Bohrung am 04.Okt.2013 nur bis 45 m reichte, und bei dem Einsatz am 16.Nov.2012 bis 48.4 m Tiefe verrohrt war.

Auf den Scanner-Aufnahmen wurden insgesamt 159 Strukturen eingemessen:

101 Schichtungen, 19 Klüfte, 18 offene Schichtfugen und 21 Lithologiewechsel.

- Lithologiewechsel
- Schichtung
- Schichtfuge offen
- Kluft

Lithologiewechsel, Schichtung und offene Schichtfugen zeigen ein sehr flaches Einfallen zwischen 0° – 15° und eine bevorzugte Einfallsrichtung SW – W – NW. Die Eingemessenen Klüfte zeigen keine bevorzugte Einfallswinkel oder Einfallsrichtung.

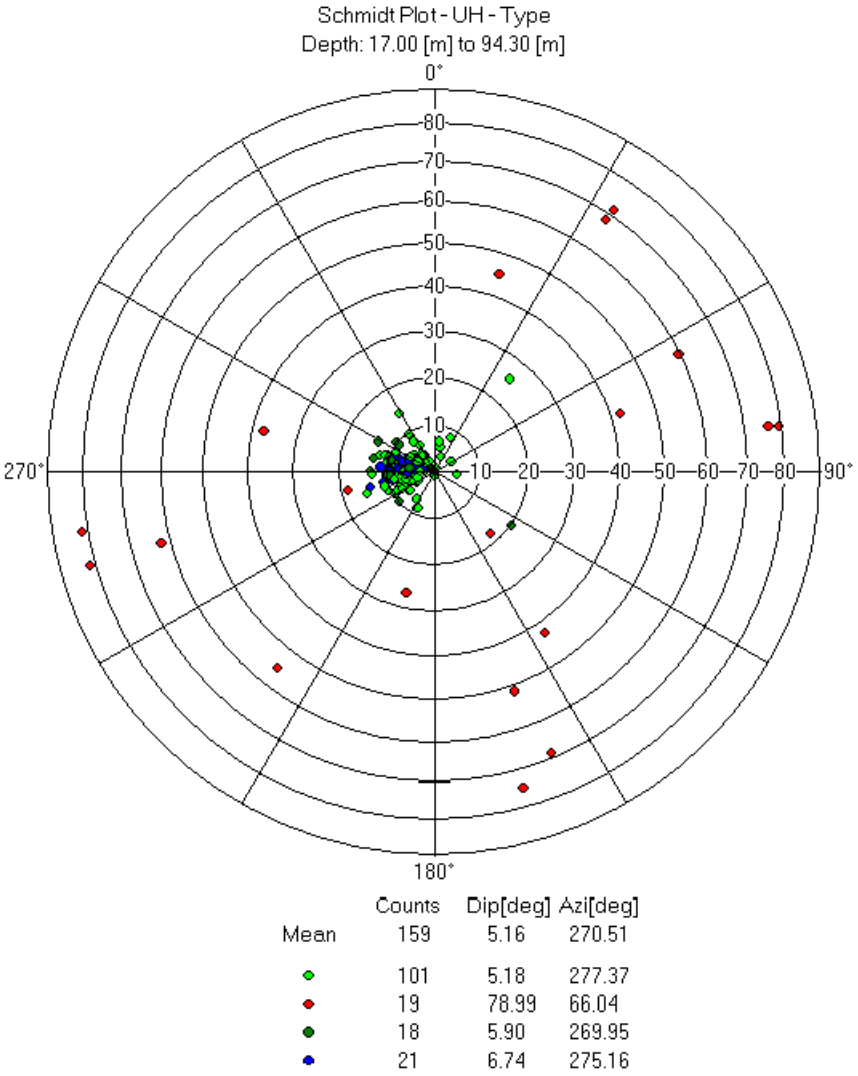


Abbildung 1 Stereo Netz EKB1

2.2 Bohrlochverlauf

Innerhalb der Stahlverrohrung kann die magnetische Richtung (Azimut) nicht bestimmt werden, da das Magnetfeld gestört ist. In diesem Bereich wurde die Richtung aus dem ersten ungestörten Messwert aus dem offenen Bohrloch an die Oberfläche (oder der vorangegangenen Messung) extrapoliert.

Der Neigungswinkel der Bohrung beträgt am Bohransatzpunkt ca. 0.5° aus der Vertikalen. Die Neigung bleibt bis in eine Tiefe von ca. 47 m relativ konstant und baut dann bis ca. 81 m auf ca. 1.5° aus der Vertikalen auf. Bis zur Endtiefe bleibt die Neigung dann konstant.

Die maximale Abweichung des Endpunktes vom Bohrlochansatz beträgt 0.97 m nördlich und 0.61 m östlich.

2.3 Natürliche Gammastrahlung

Das Gesamtprofil der natürlichen Gammastrahlung wurde aus den Einzelmessungen zusammengefügt. Deutlich erkennbar sind die unterschiedlichen Zählraten in sich überlappenden Messabschnitten. Diese Unterschiede entstehen durch die Vergrößerung des Bohrlochdurchmessers, die Hinterfüllung und Dämpfung der Stahlverrohrung.

Die folgende Tabelle enthält eine Aufstellung der tiefenbezogenen Gamma-Signaturen:

Tiefe von [m]	Tiefe bis [m]	Gamma [API]
0.0	14.9	70 – 120
14.9	34.0	100 – 150 (200)
34.0	44	40 - 150 zur Tiefe hin abnehmend
44.0	51.3	40 – 100
51.3	59.0	10 – 70 zur Tiefe hin abnehmend
59.0	64.7	8 – 15
64.7	72.0	10 - 100
72.0	84.0	20 - 170
84.0	93.6	0 – 30 (50)

2.4 Temperatur, Leitfähigkeit und Flowmeter

Die Messungen wurden in den verschiedenen Tiefenabschnitten im Ruhezustand und unter Bepumpung durchgeführt.

Am 04.Okt.2013 zeigte sich eine sehr starke Absenkung unter Bepumpung. Daher wurde keine Flowmetermessung unter Bepumpung durchgeführt, stattdessen wurde Temperatur, Leitfähigkeit im Wiederanstieg gemessen.

Am 21.Jan.2013 wurde mit dem Flowmeter in Ruhe und unter Bepumpung gemessen, allerdings konnte nur eine sehr geringe Pumprate mit entsprechend geringen Strömungsgeschwindigkeiten erreicht werden.

Am 28.Jan. 2013 wurden Messungen von Temperatur, Leitfähigkeit und Flowmeter in Ruhe und unter Bepumpung (2.5 l/s) durchgeführt.

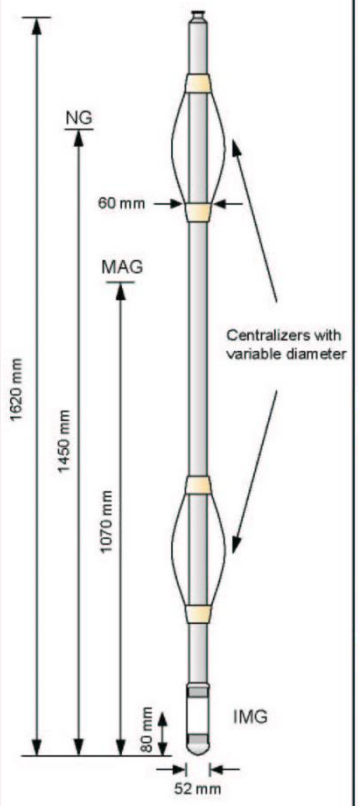
Folgende Tabelle listet die aus den Messungen abgeleiteten Ergebnisse auf:

Datum	Tiefe	Interpretiertes Ergebnis	Interpretiert aus
04.Okt.2012	Gesamt	Keine Strömung in Ruhe	Flowmeter
	31.1 m	Zutritt während Bepumpung, Wiederanstieg	Temperatur, Leitfähigkeit
	42.1	Zutritt während Bepumpung, Wiederanstieg	Temperatur, Leitfähigkeit
21.Jan.2013		Die Tiefenlage eines Wasserzutritts lässt sich nicht eindeutig bestimmen	Geringe Pumpmenge/ Strömungsgeschwindigkeit; mit dem Flowmeter nicht eindeutig zu erfassen
28.Jan.2013	82 – 87 m	Einzelne Zutritte	Flowmeter
	88 m	Zutritt	Flowmeter, Leitfähigkeit
	91 m	Zutritt	Flowmeter, Leitfähigkeit
	93 m	Zutritt, mengenmässig untergeordnet	Temperatur, Leitfähigkeit; mit dem Flowmeter nicht eindeutig zu erfassen

3. ANHANG: SONDENBESCHREIBUNG

Borehole Probe Data Sheet OPTV

terratec
Geophysical Services



Overview

Principle
The OPTV probe uses an CCD sensor chip and a fisheye lens to obtain a high resolution image of the borehole wall or casing interior.

Results
The optical scanner generates an unrolled 360° - true color image of the borehole wall. The images are oriented to magentic north, high side in inclined hole respectively using the integrated orientation module.

Applications
Structural interpretation with dip and dip direction, fracture frequency, lithology, casing inspection ...
Probe can be used in DD, RC and RAB holes above water and in clean water.

Options
Natural gamma, borhole deviation (magnetic direction).

Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✔ water	✘ mud	✔ dry
Casing:	✔ PVC	✔ steel	✔ none
Drill:	✔ core	✔ destructive	
Max depth:	1000 – 1800 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	70 mm – 600 mm		
Temperature:	0°C – 70°C		
Max pressure:	180 bar		

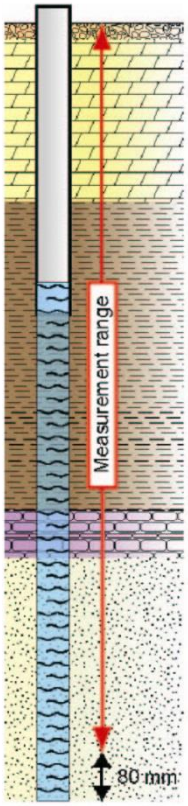
Technical spezification

Dimensions

Length:	1620 mm
Diameter:	52 mm
Weight:	5 kg

Sensors

1 CCD camera sensor	IMG
1 Magnetometer (3 axis) and accelerometer (3 axis)	MAG
1 Natural gamma ray (NaI-crystal)	NG



Measurement – Image – Orientation

Measurement

Probe:	✔ centered	✘ excentric
Measurement:	✔ downward	✔ upward
Logging speed:	2 – 3 m/min with vert. resol. of approx. 1 mm and hor. resol. of 720 pixel / 360°	

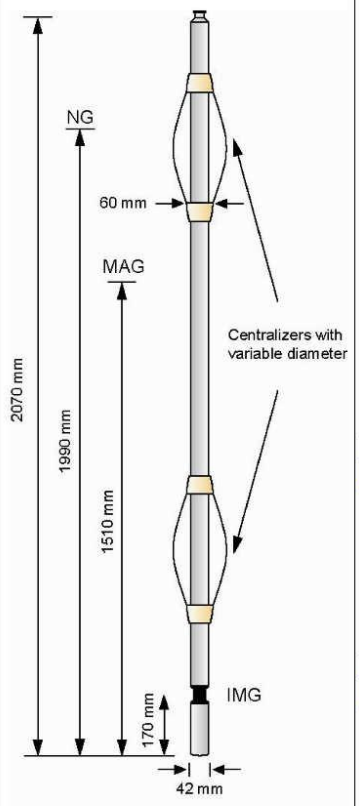
Image - Orientation

Horizontal resolution:	max. 1440 pixel / 360°
Vertical resolution:	max. 0.2 mm
Azimuth:	± 1°
Inclination:	± 0.5°

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

Borehole Probe Data Sheet BHTV

terratec **Geophysical Services**



Overview

Principle
The BHTV probe uses fixed acoustic transducer and a rotating acoustic mirror to scan the borehole walls with a focused ultrasound beam. The amplitude and travel time of the reflected acoustic signal are recorded simultaneously as separate image logs.

Results
The BHTV generates an unrolled 360° - false color image of the borehole wall. The images are oriented to magentic north, high side in inclined hole respectively using the integrated orientation module. From travel time a 360° caliper can be calculated.

Applications
Structural interpretation with dip and dip direction, fracture frequency, lithology, casing inspection … Probe can be used in water filled DD, RC and RAB holes.

Options
Natural gamma, borehole deviation (mag. direction).

Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✔ water	✔ mud	✘ dry
Casing:	✔ PVC	✔ steel	✔ none
Drill:	✔ core	✔ destructive	
Max depth:	1000 – 1500 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	76 mm – 380 mm		
Temperature:	0°C – 70°C		
Max pressure:	150 bar		

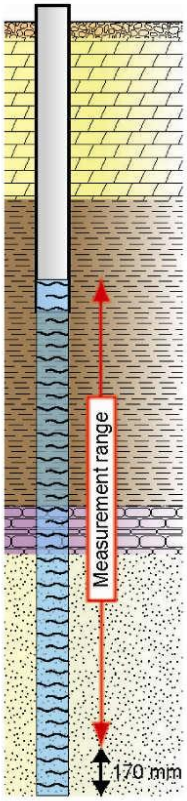
Technical spezification

Dimensions

Length:	2070 mm
Diameter:	42 mm
Weight:	10 kg

Sensors

1 Transmitter –receiver head (1.5 MHz)	IMG
1 Magnetometer (3 axis) and accelerometer (3 axis)	MAG
1 Natural gamma ray (NaI-crystal)	NG



Measurement – Image – Orientation

Measurement

Probe:	✔ centered	✘ excentric
Measurement:	✔ downward	✔ upward
Logging speed:	2 – 3 m/min with vert. resol. of approx. 3 mm and hor. resol. of 180 ppr	

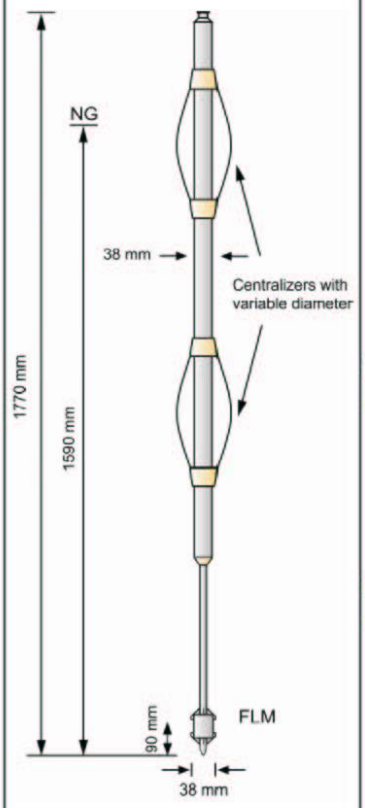
Image - Orientation

Horizontal resolution:	90, 120,180, 360 ppr
Vertical resolution:	max. 0.5 mm
Azimuth:	± 1°
Inclination:	± 0.5°

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

Borehole Probe Data Sheet 2" Flowmeter

terratec
Geophysical Services



Overview

Principle
The probe is equipped with a lightweight helical impeller mounted on double sapphire bearings giving it a maximum sensitivity. The detection of rotation is done via a photoelectric barrier and rotating windows mounted on the impeller axis. Uphole and downhole rotation are distinguished within the probe.
Cable speed is recorded during measurement.

Results
The flowmeter probe gives vertical flow speed of the water column.

Applications
Location of permeable zones.
Casing leak detection.

Options
Natural gamma detector

Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✓ water	✗ mud	✗ dry
Casing:	✓ PVC	✓ steel	✓ none
Drill:	✓ core	✓ destructive	
Max depth:	2000 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	> 50 mm		
Temperature:	< 70°C		
Max pressure:	200 bar		

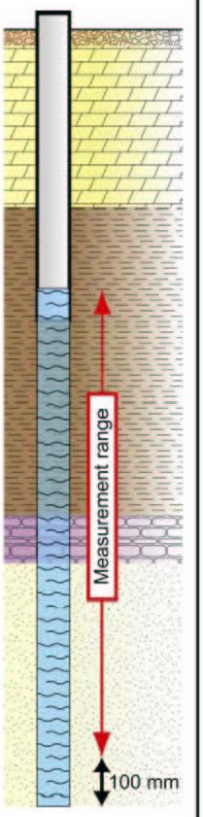
Technical spezification

Dimensions

Length:	1770 mm
Diameter:	38 mm
Weight:	5.5 kg

Sensors

Photoelectric barrier	
Helical impeller	FLM
1 Natural gamma ray (NaI-crystal)	NG



Measurement – Image – Orientation

Measurement

Probe:	✓ centered	✓ excentric
Measurement:	✓ downward	✓ upward

Logging speed: 5 m/min

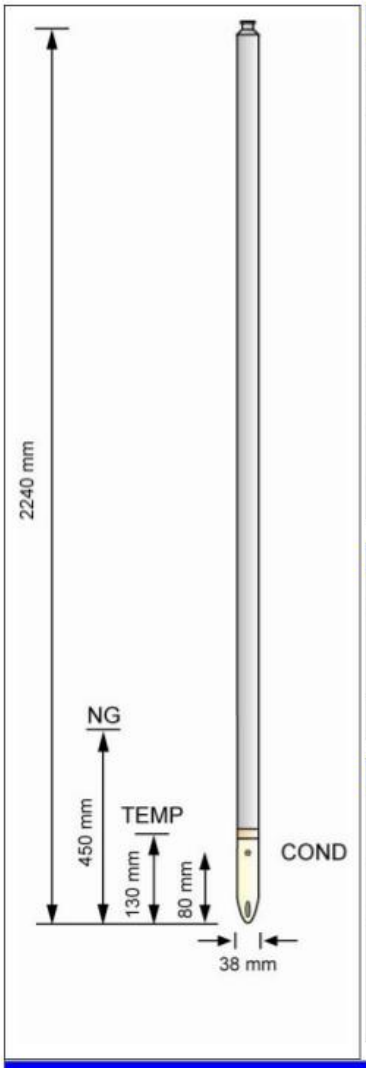
Sensors

Impeller:	Nylon helical impeller
Photoelectric barrier:	10 pulses/rotation Time between pulses to determine rotation speed
Threshold velocity:	1 m/min

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

Borehole Probe Data Sheet Temperature and Conductivity

terratec
Geophysical Services



Overview

Principle
The sensors are located in an insulated housing at the base of the probe. During logging, borehole fluid flows freely through ports on the side and base of this housing and over the sensors.

Results
This probe combination provides a continuous, depth-based measurement of fluid temperature and conductivity. Both parameters can be output in absolute and in differential forms.

Applications
Fluid salinity; location of zones of different water quality; water-well monitoring; identification of zones of in-flow/out-flow; temperature gradient; water-level determination; location of grout behind casing; temperature compensation of other logs

Options
Natural gamma detector

Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✓ water	✓ mud	✗ dry
Casing:	✓ PVC	✓ steel	✓ none
Drill:	✓ core	✓ destructive	
Max depth:	2000 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	> 40 mm		
Temperature:	< 70°C		
Max pressure:	200 bar		

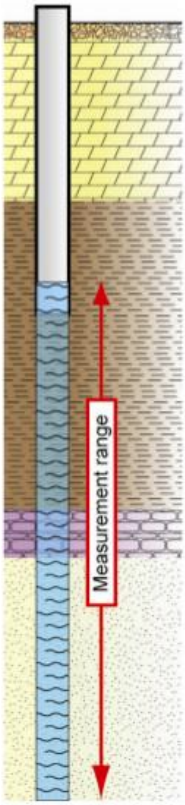
Technical spezification

Dimensions

Length:	2240 mm
Diameter:	38 mm
Weight:	7 kg

Sensors

1 Conductivity	COND
1 Temperature	TEMP
1 Natural gamma ray (NaI-crystal)	NG



Measurement – Image – Orientation

Measurement

Probe:	✓ centered	✓ excentric
Measurement:	✓ downward	✗ upward
Logging speed:	5 m/min	

Sensors

Range COND:	50 – 50000 µS/m
Resolution COND:	1 µS/m
Range TEMP:	0 – 70° C
Absolute accuracy TEMP:	± 0.5° C
Repeatability TEMP:	± 0.1° C

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

Bohrungskennung: EKB1

Ort:	Rudersberg/Zumhof
Auftraggeber:	H.Anger's Söhne
Auftragsnehmer:	terratec Büro f. Geologie und Geophysik
Projekt:	Bohrlochmessungen Rudesberg / Zumhof
Durchfuehrung:	terratec, [redacted]
Messprogramm:	nat. Gamma-Ray, Neigung, Azimuth
Messbezug	Geländeoberkante
Teufe:	94.5 m
Ausbau:	Siehe Bericht
Überstand:	Siehe Bericht
Pumpdaten:	
Bemerkungen:	
Teufenskala:	(s. Spalte "depth")

Datum: 04.10.2012 - 28.01.2013

terratec Geophysical Services

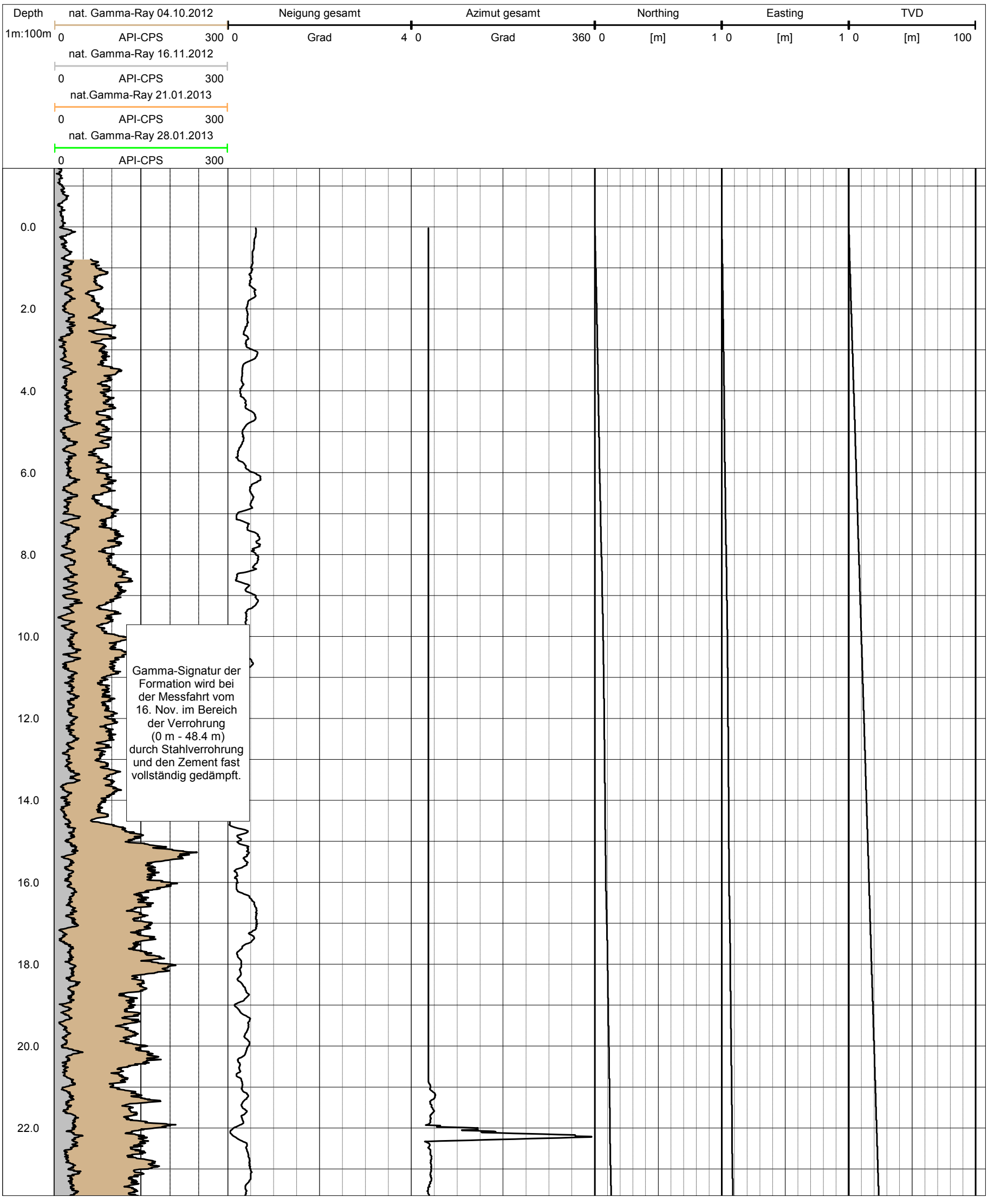
terratec
Schillerstrasse 3
D - 79423 Heitersheim
Germany

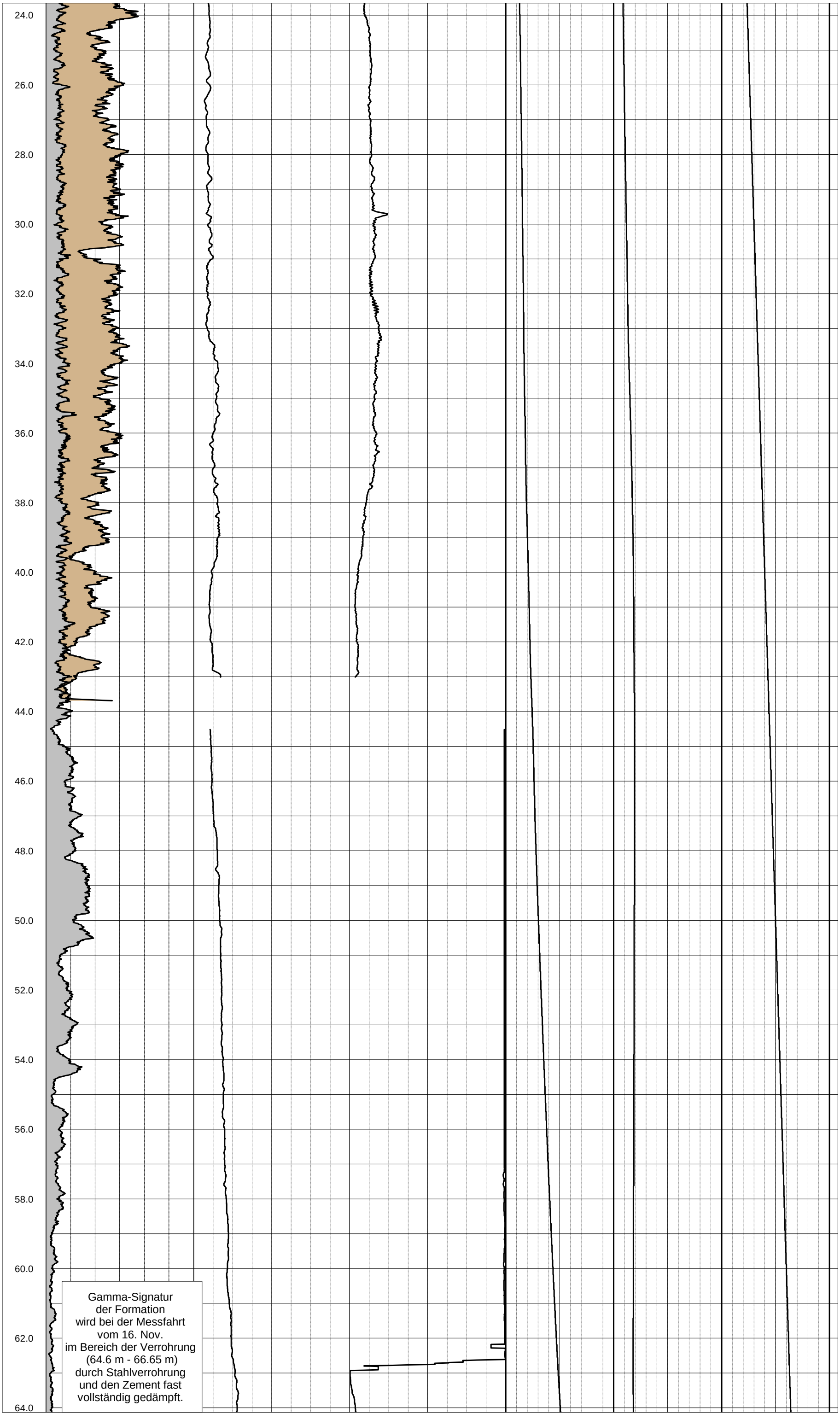
Phone (+49) 76 34 46 44
Fax (+49) 76 34 46 34

www.terratec-geoservices.com
info@terratec-geoservices.com

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 14.2

Pr.Nr.: 449 - 2012
PWS: Pumpwasserspiegel
RWS: Ruhewasserspiegel




24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0
42.0
44.0
46.0
48.0
50.0
52.0
54.0
56.0
58.0
60.0
62.0
64.0
Gamma-Signatur
der Formation
wird bei der Messfahrt
vom 16. Nov.
im Bereich der Verrohrung
(64.6 m - 66.65 m)
durch Stahlverrohrung
und den Zement fast
vollständig gedämpft.

66.0
68.0
70.0
72.0
74.0
76.0
78.0
80.0
82.0
84.0
86.0
88.0
90.0
92.0
94.0

Gamma-Signatur der Formation
bei der Messfahrt vom 28.01.2013
um durchschnittl. 30 API höher als
am 21.01.2013

Radon?

Bohrungskennung: EKB1

Ort:	Zumhof
Auftraggeber:	H.Anger's Söhne
Auftragsnehmer:	terratec Büro f. Geologie und Geophysik
Projekt:	Bohrlochmessungen Rudesberg / Zumhof
Durchfuehrung:	terratec, [redacted]
Messprogramm:	optischer Scan, akustischer Scan und Strukturen
Messbezug	Geländeoberkante
Teufe:	94.4 m
Ausbau:	Mehrere Etappen
Überstand:	
Pumpdaten:	
Bemerkungen:	
Teufenskala:	(s. Spalte "depth")

Datum: 04.10.2012 - 28.01.2013

terratec Geophysical Services

terratec
Schillerstrasse 3
D - 79423 Heitersheim
Germany

Phone (+49) 76 34 46 44
Fax (+49) 76 34 46 34

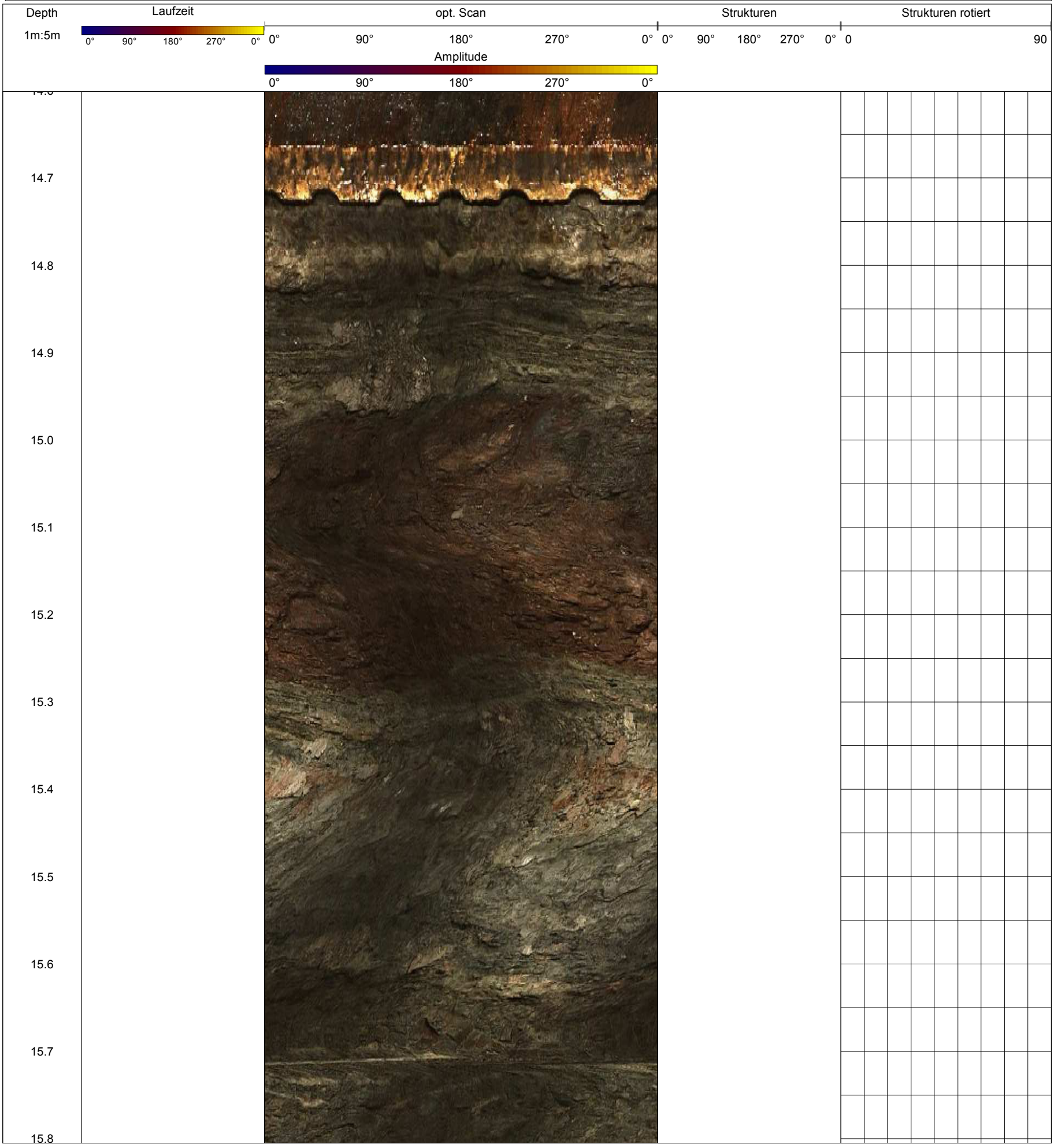
www.terratec-geoservices.com
info@terratec-geoservices.com

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 14.3

Pr.Nr.: 449 - 2012
PWS: Pumpwasserspiegel
RWS: Ruhewasserspiegel

Strukturen:

Lithologiewechsel · Schichtung · Schichtfuge offen · Kluft

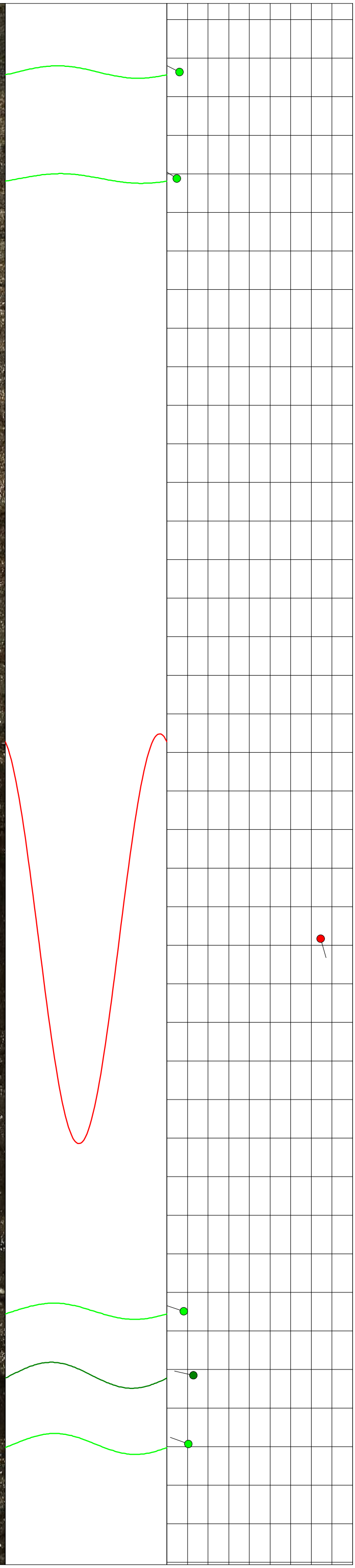


15.9
16.0
16.1
16.2
16.3
16.4
16.5
16.6
16.7
16.8
16.9
17.0
17.1
17.2
17.3
17.4
17.5
17.6
17.7
17.8



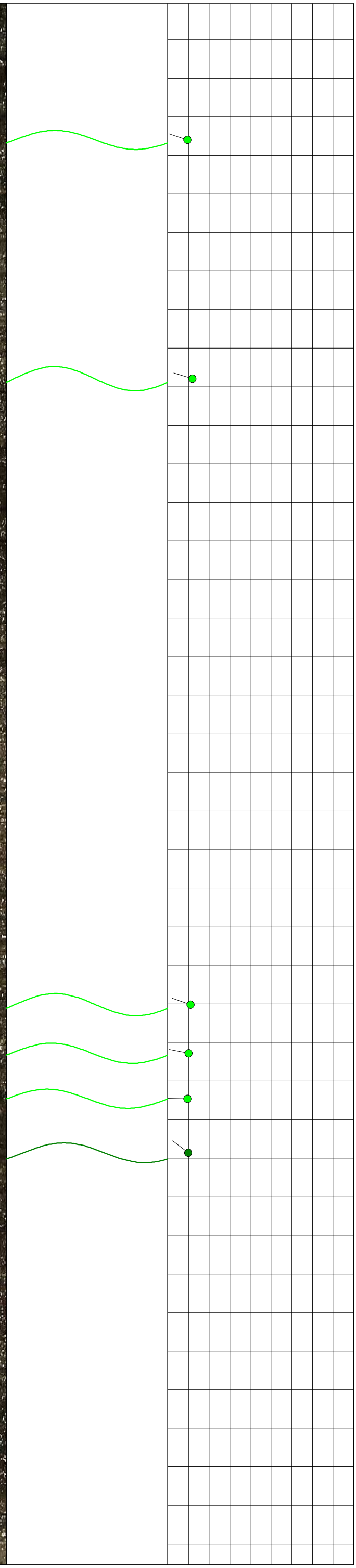
17.9
18.0
18.1
18.2
18.3
18.4
18.5
18.6
18.7
18.8
18.9
19.0
19.1
19.2
19.3
19.4
19.5
19.6
19.7
19.8





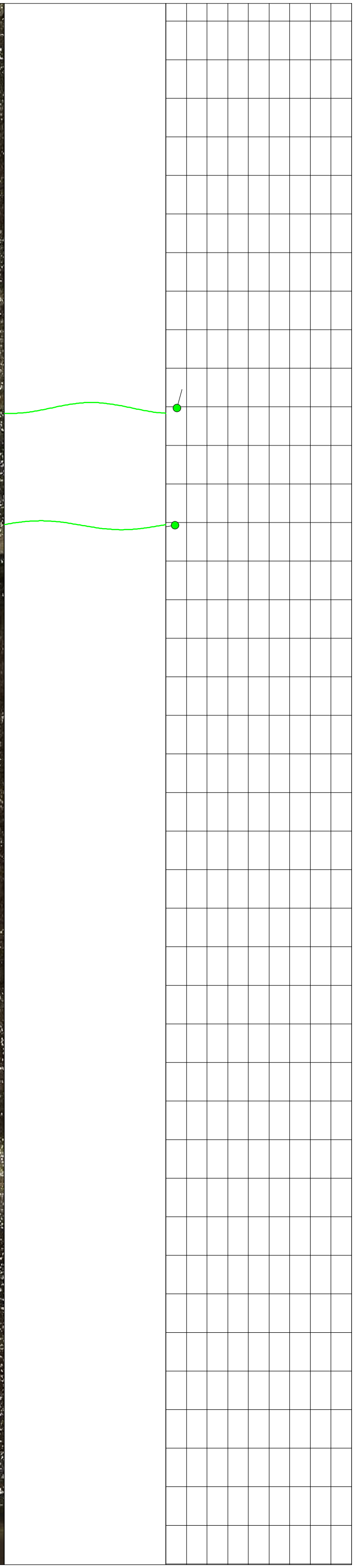
19.9
20.0
20.1
20.2
20.3
20.4
20.5
20.6
20.7
20.8
20.9
21.0
21.1
21.2
21.3
21.4
21.5
21.6
21.7
21.8

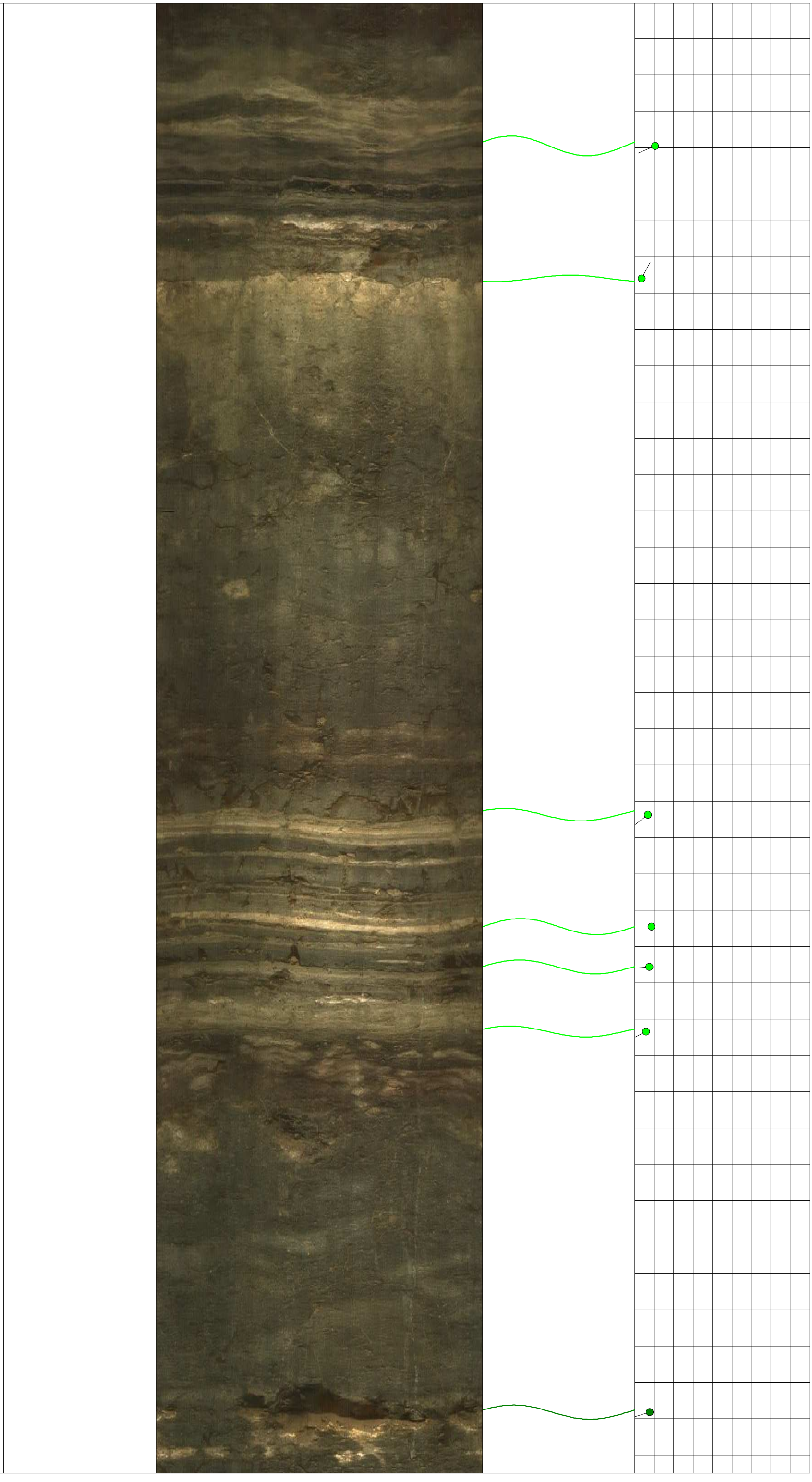




21.9
22.0
22.1
22.2
22.3
22.4
22.5
22.6
22.7
22.8
22.9
23.0
23.1
23.2
23.3
23.4
23.5
23.6
23.7
23.8
23.9



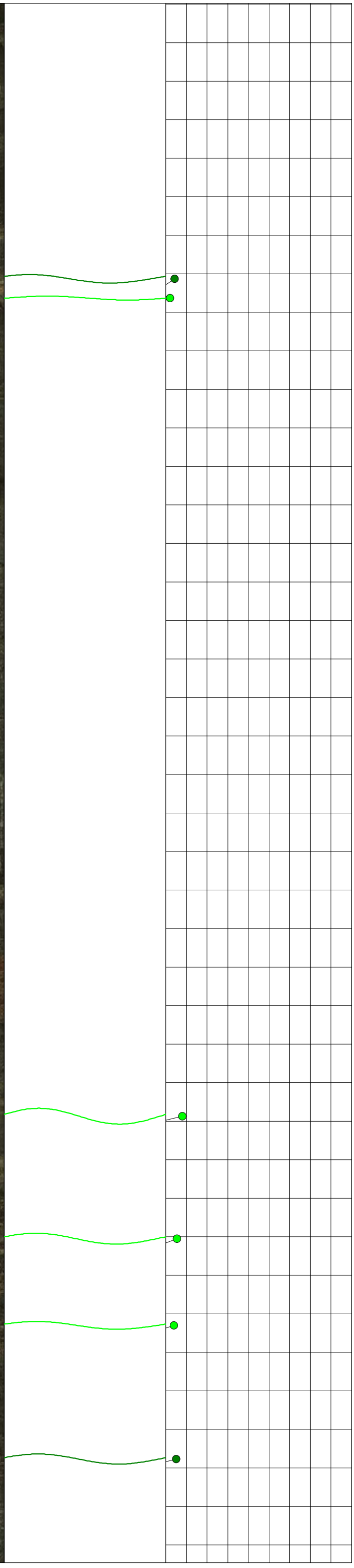



23.9
24.0
24.1
24.2
24.3
24.4
24.5
24.6
24.7
24.8
24.9
25.0
25.1
25.2
25.3
25.4
25.5
25.6
25.7
25.8
25.9


26.0
26.1
26.2
26.3
26.4
26.5
26.6
26.7
26.8
26.9
27.0
27.1
27.2
27.3
27.4
27.5
27.6
27.7
27.8
27.9

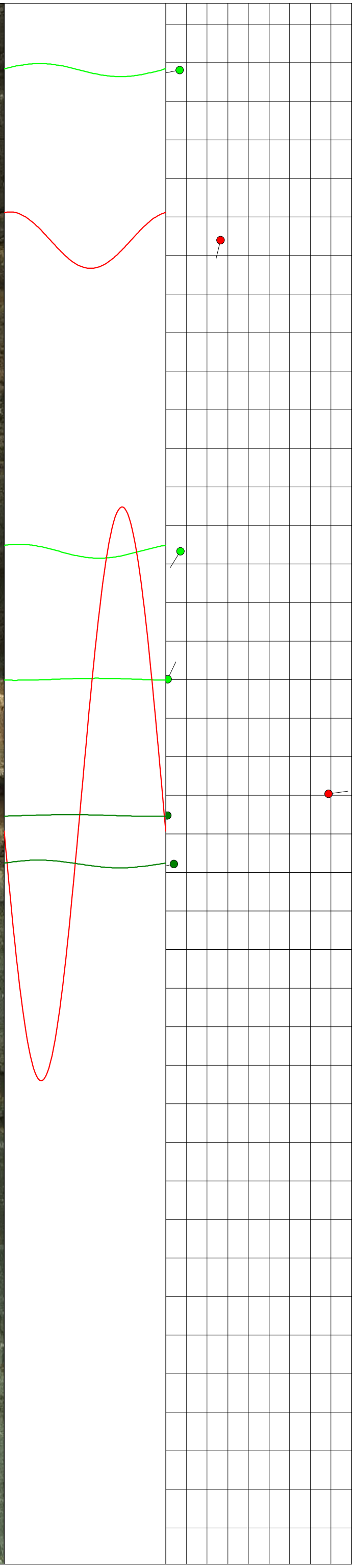
28.0
28.1
28.2
28.3
28.4
28.5
28.6
28.7
28.8
28.9
29.0
29.1
29.2
29.3
29.4
29.5
29.6
29.7
29.8
29.9





30.0
30.1
30.2
30.3
30.4
30.5
30.6
30.7
30.8
30.9
31.0
31.1
31.2
31.3
31.4
31.5
31.6
31.7
31.8
31.9

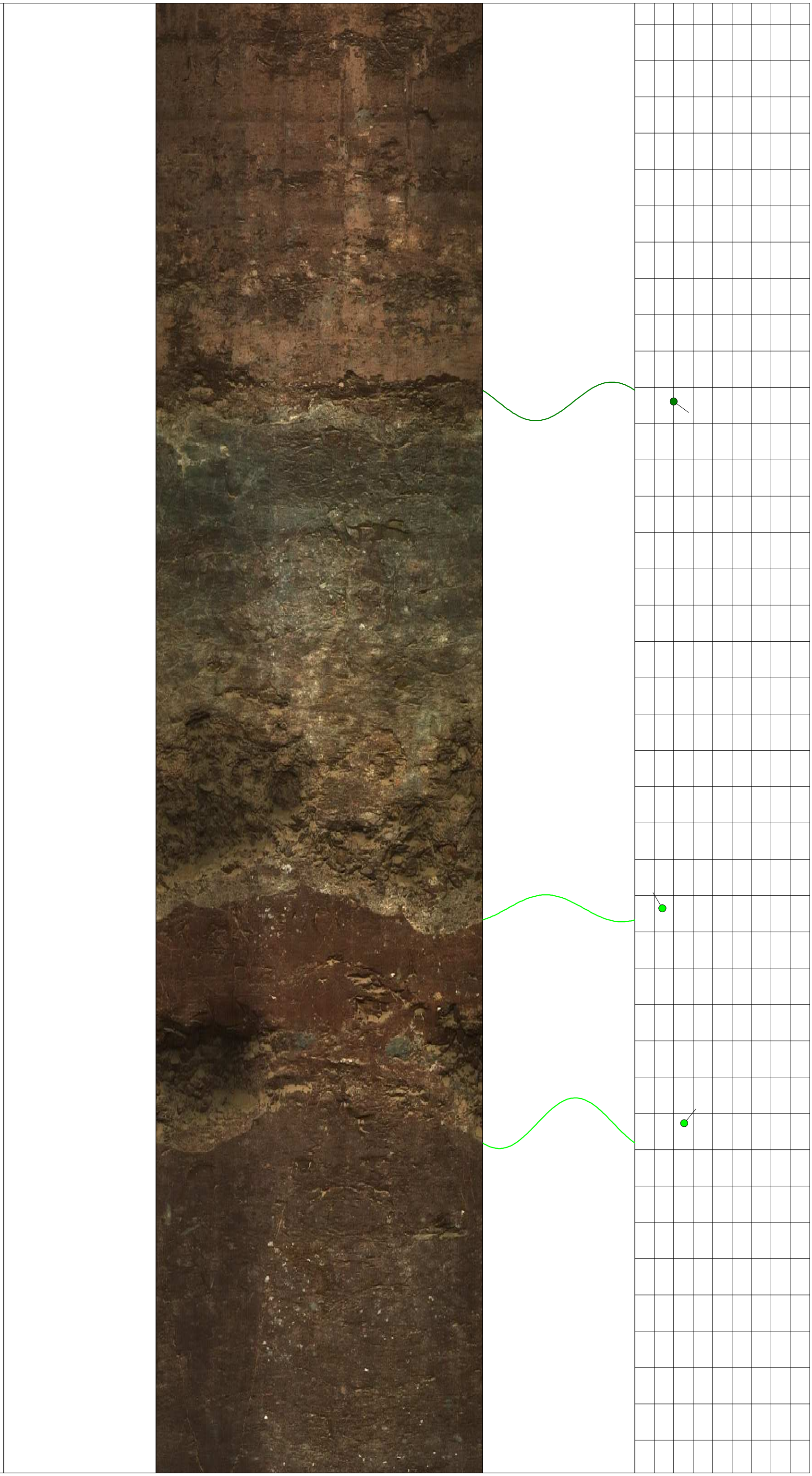




32.0
32.1
32.2
32.3
32.4
32.5
32.6
32.7
32.8
32.9
33.0
33.1
33.2
33.3
33.4
33.5
33.6
33.7
33.8
33.9
34.0



34.1
34.2
34.3
34.4
34.5
34.6
34.7
34.8
34.9
35.0
35.1
35.2
35.3
35.4
35.5
35.6
35.7
35.8
35.9
36.0

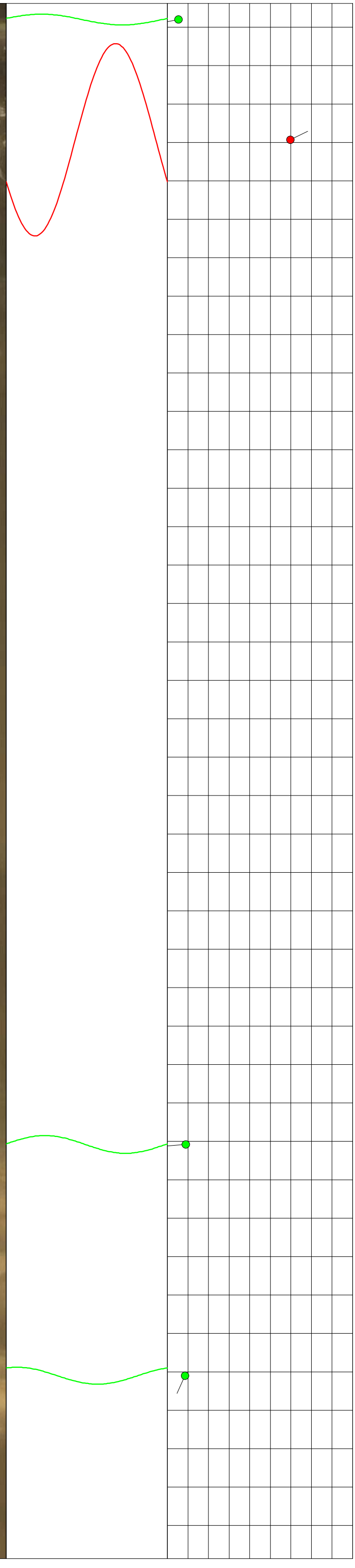


36.1
36.2
36.3
36.4
36.5
36.6
36.7
36.8
36.9
37.0
37.1
37.2
37.3
37.4
37.5
37.6
37.7
37.8
37.9
38.0

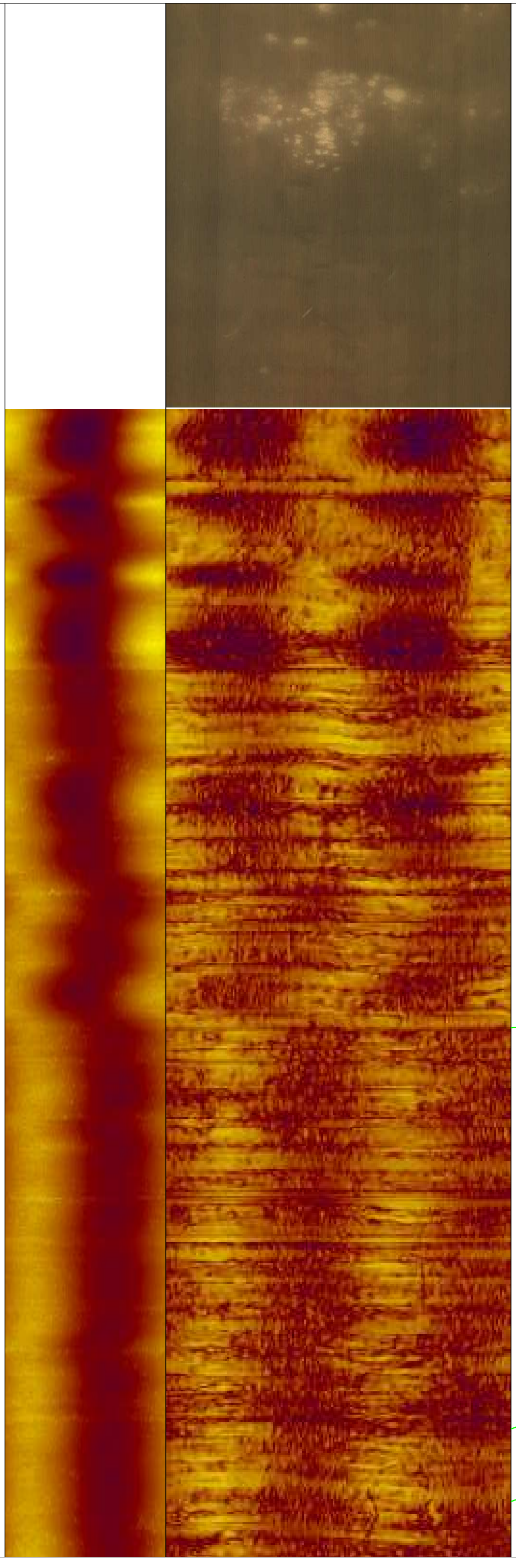


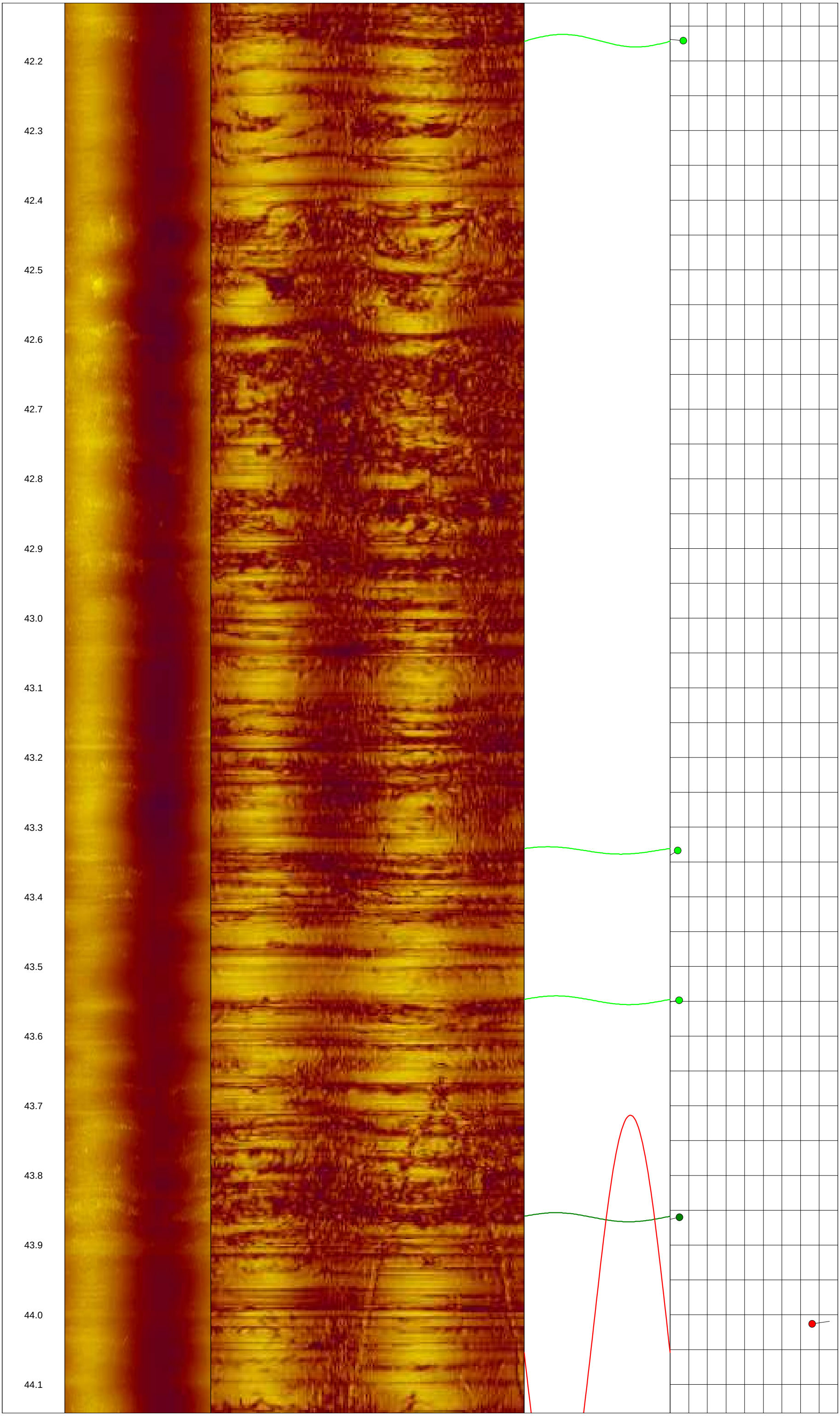
38.1
38.2
38.3
38.4
38.5
38.6
38.7
38.8
38.9
39.0
39.1
39.2
39.3
39.4
39.5
39.6
39.7
39.8
39.9
40.0





40.1
40.2
40.3
40.4
40.5
40.6
40.7
40.8
40.9
41.0
41.1
41.2
41.3
41.4
41.5
41.6
41.7
41.8
41.9
42.0
42.1




42.2
42.3
42.4
42.5
42.6
42.7
42.8
42.9
43.0
43.1
43.2
43.3
43.4
43.5
43.6
43.7
43.8
43.9
44.0
44.1

44.2

44.3

44.4

44.5

44.6

44.7

44.8

44.9

45.0

45.1

45.2

45.3

45.4

45.5

45.6

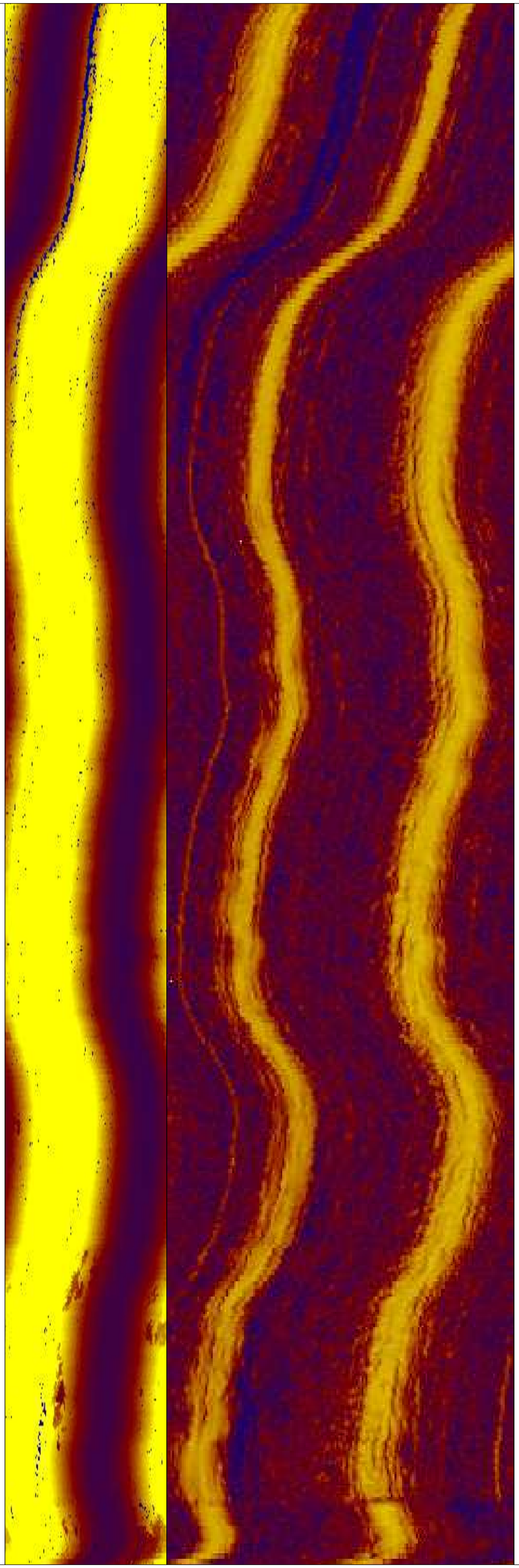
45.7

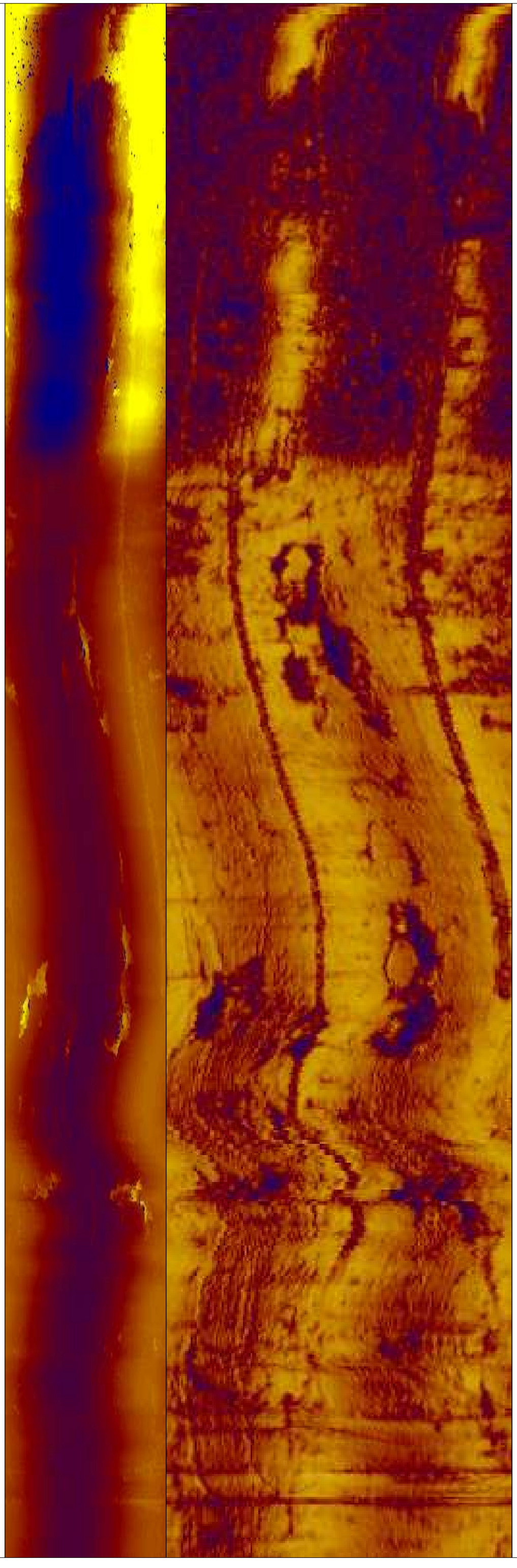
45.8

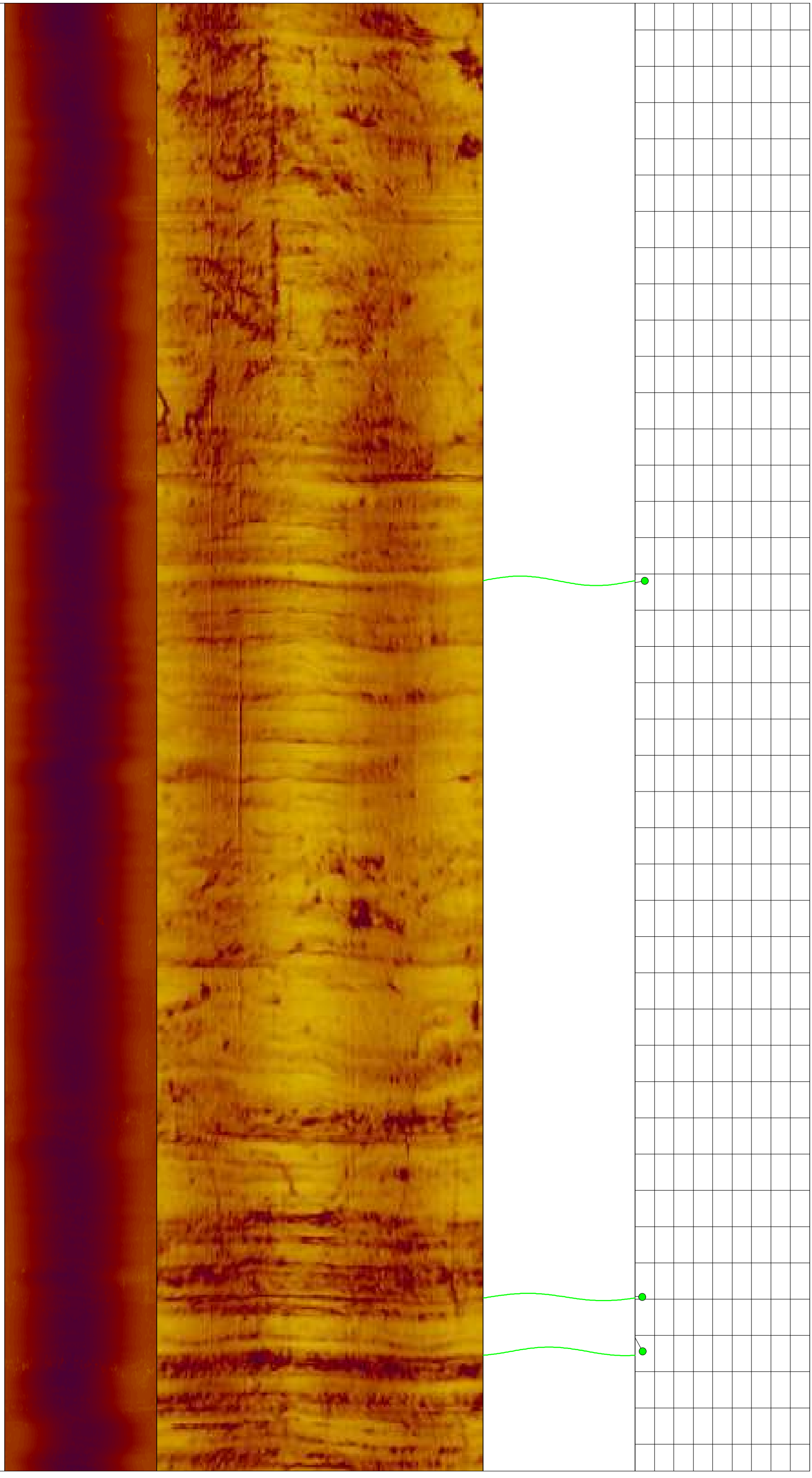
45.9

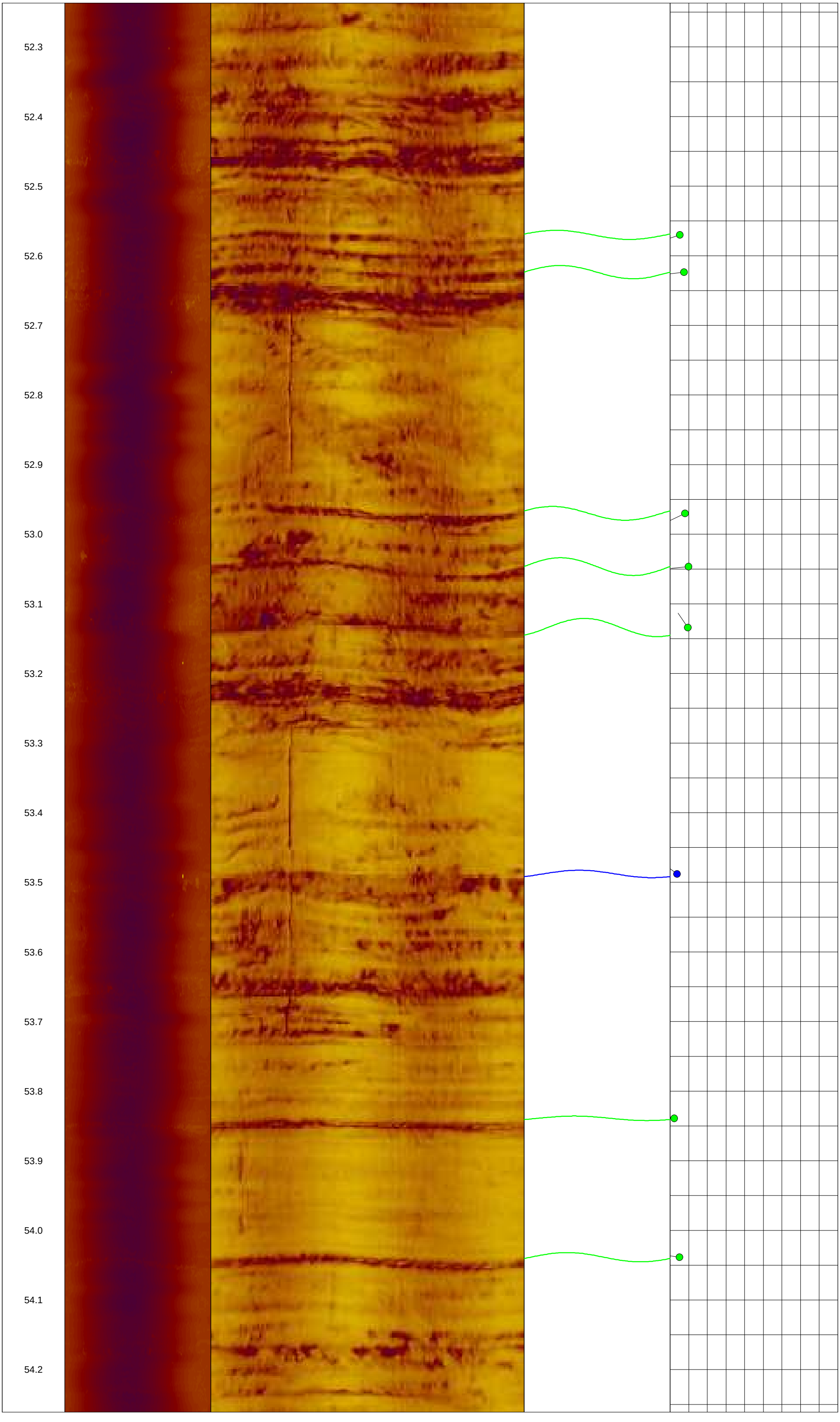
46.0

46.1

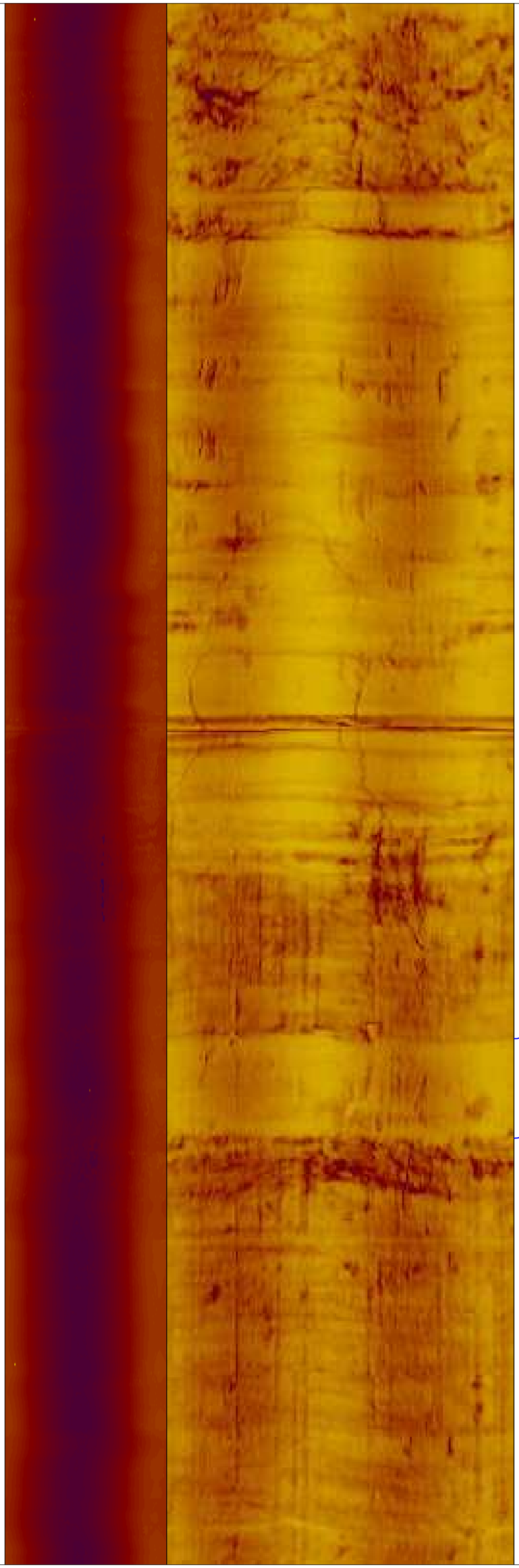

46.2
46.3
46.4
46.5
46.6
46.7
46.8
46.9
47.0
47.1
47.2
47.3
47.4
47.5
47.6
47.7
47.8
47.9
48.0
48.1

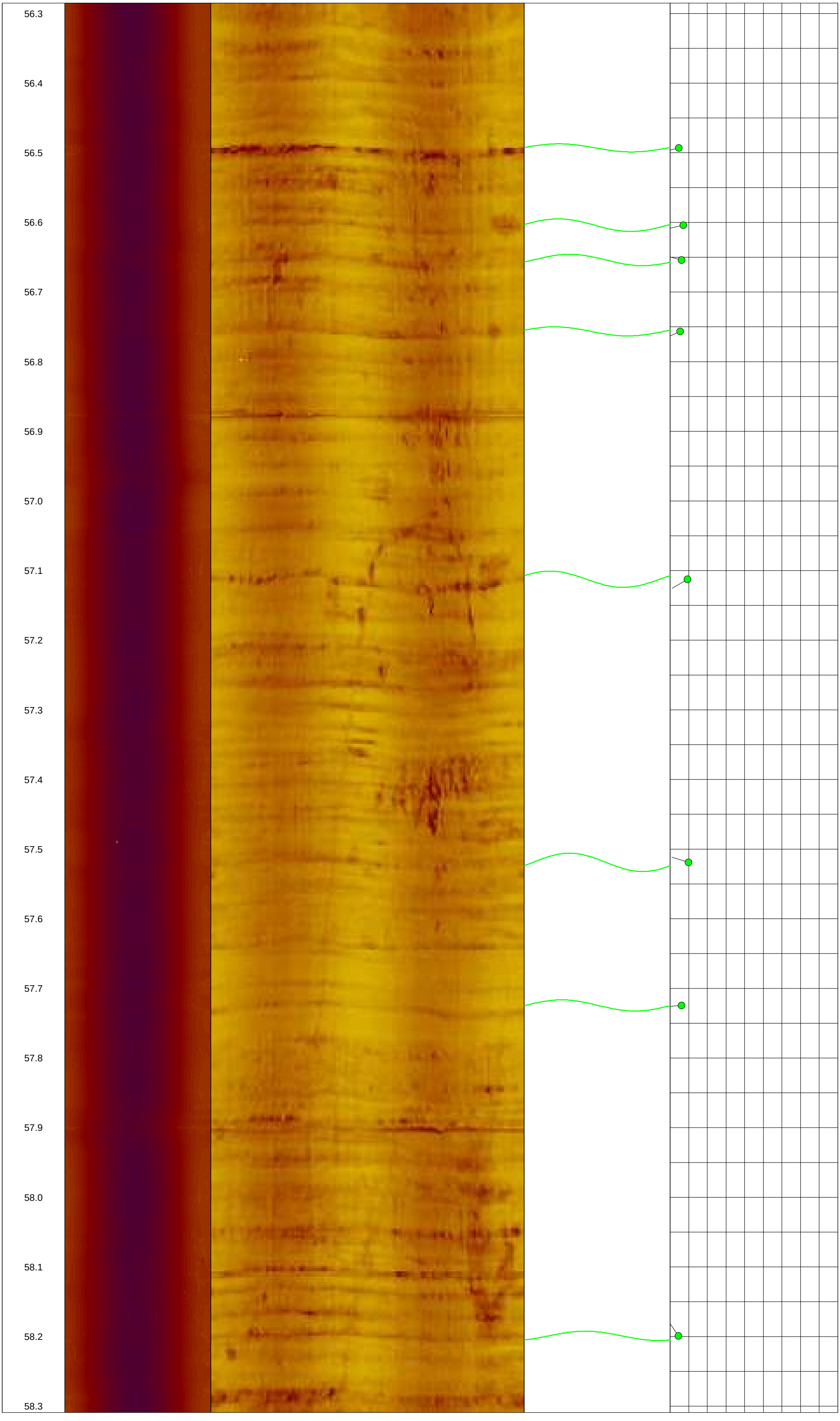

48.2
48.3
48.4
48.5
48.6
48.7
48.8
48.9
49.0
49.1
49.2
49.3
49.4
49.5
49.6
49.7
49.8
49.9
50.0
50.1
50.2

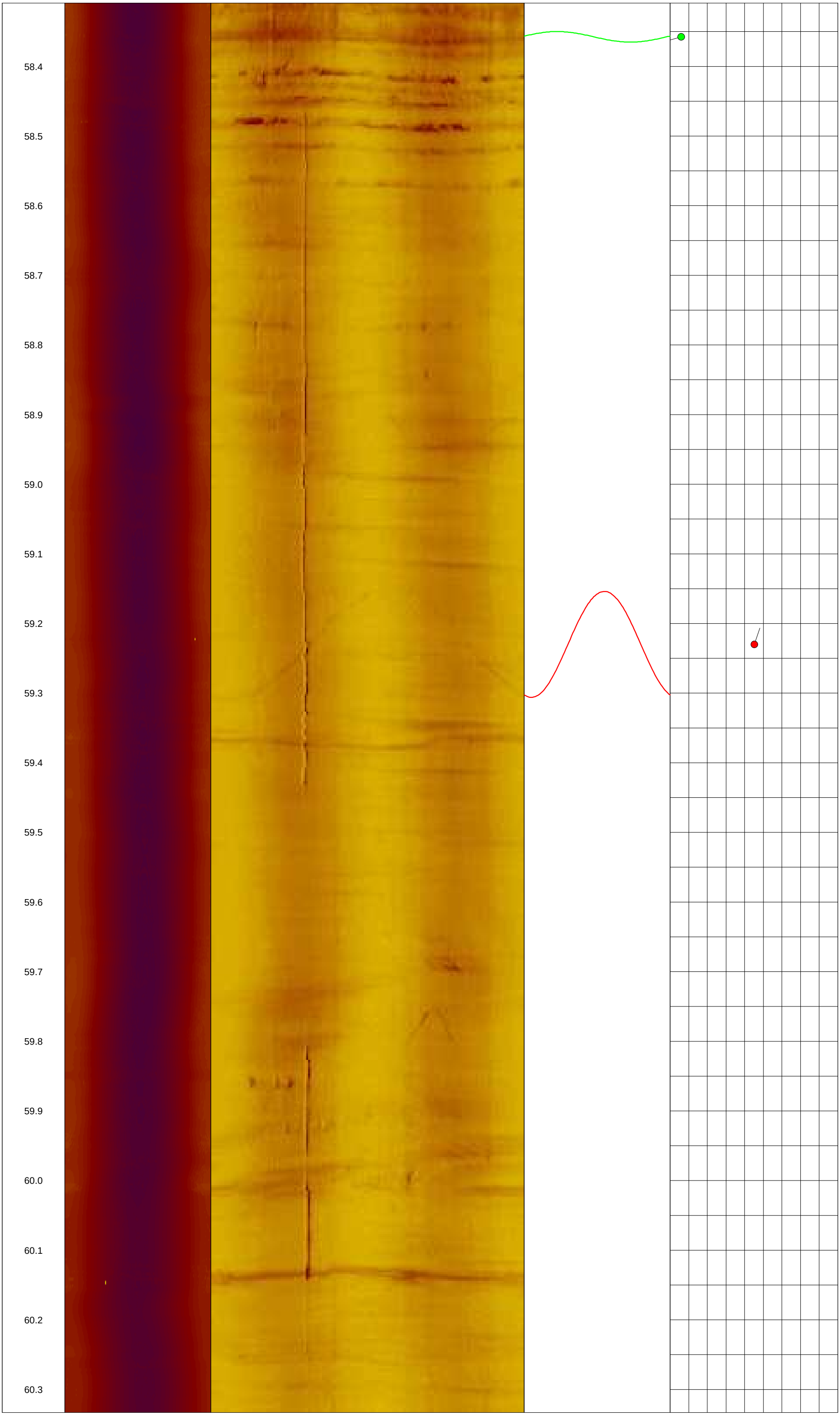

50.3
50.4
50.5
50.6
50.7
50.8
50.9
51.0
51.1
51.2
51.3
51.4
51.5
51.6
51.7
51.8
51.9
52.0
52.1
52.2


52.3
52.4
52.5
52.6
52.7
52.8
52.9
53.0
53.1
53.2
53.3
53.4
53.5
53.6
53.7
53.8
53.9
54.0
54.1
54.2

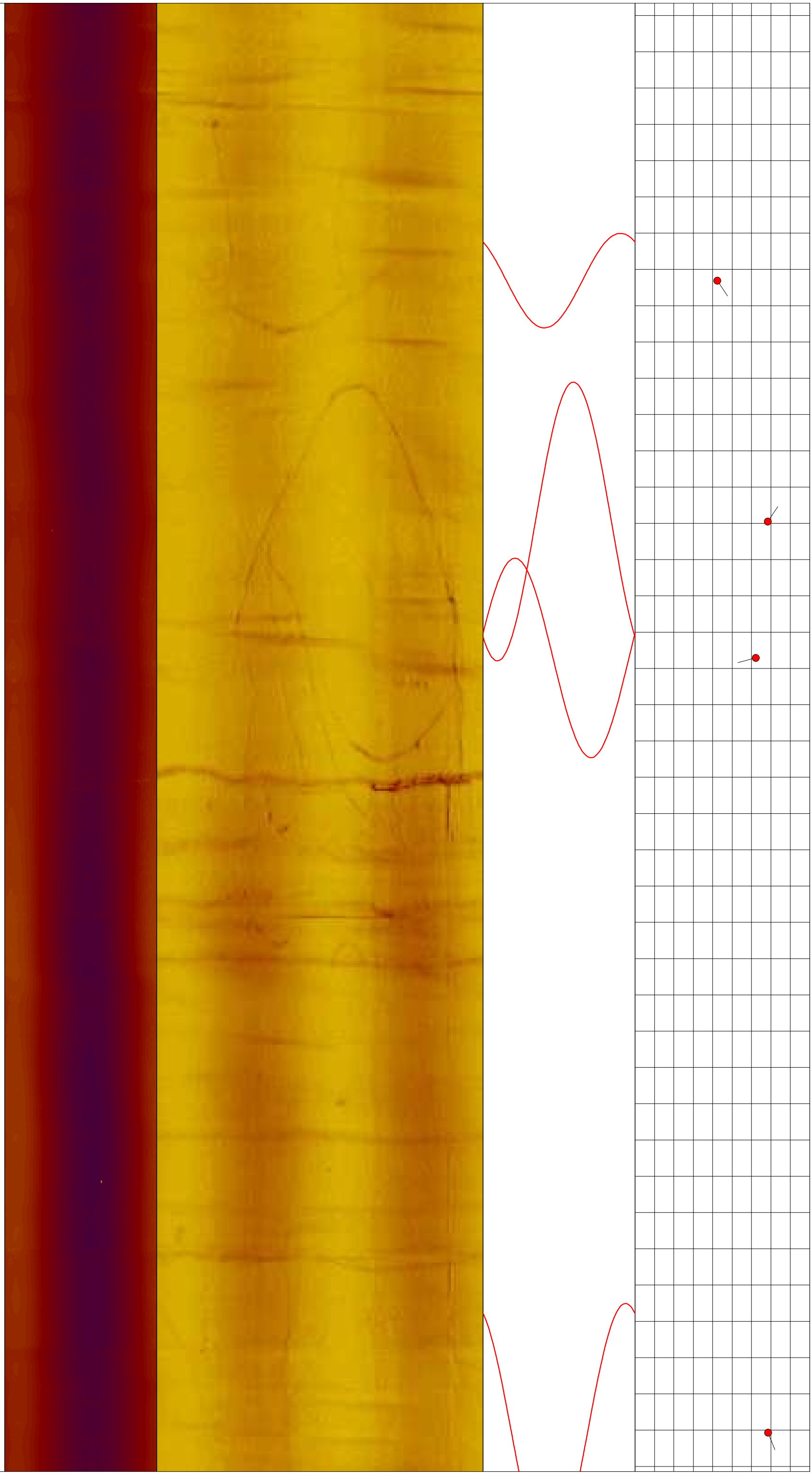
54.3
54.4
54.5
54.6
54.7
54.8
54.9
55.0
55.1
55.2
55.3
55.4
55.5
55.6
55.7
55.8
55.9
56.0
56.1
56.2

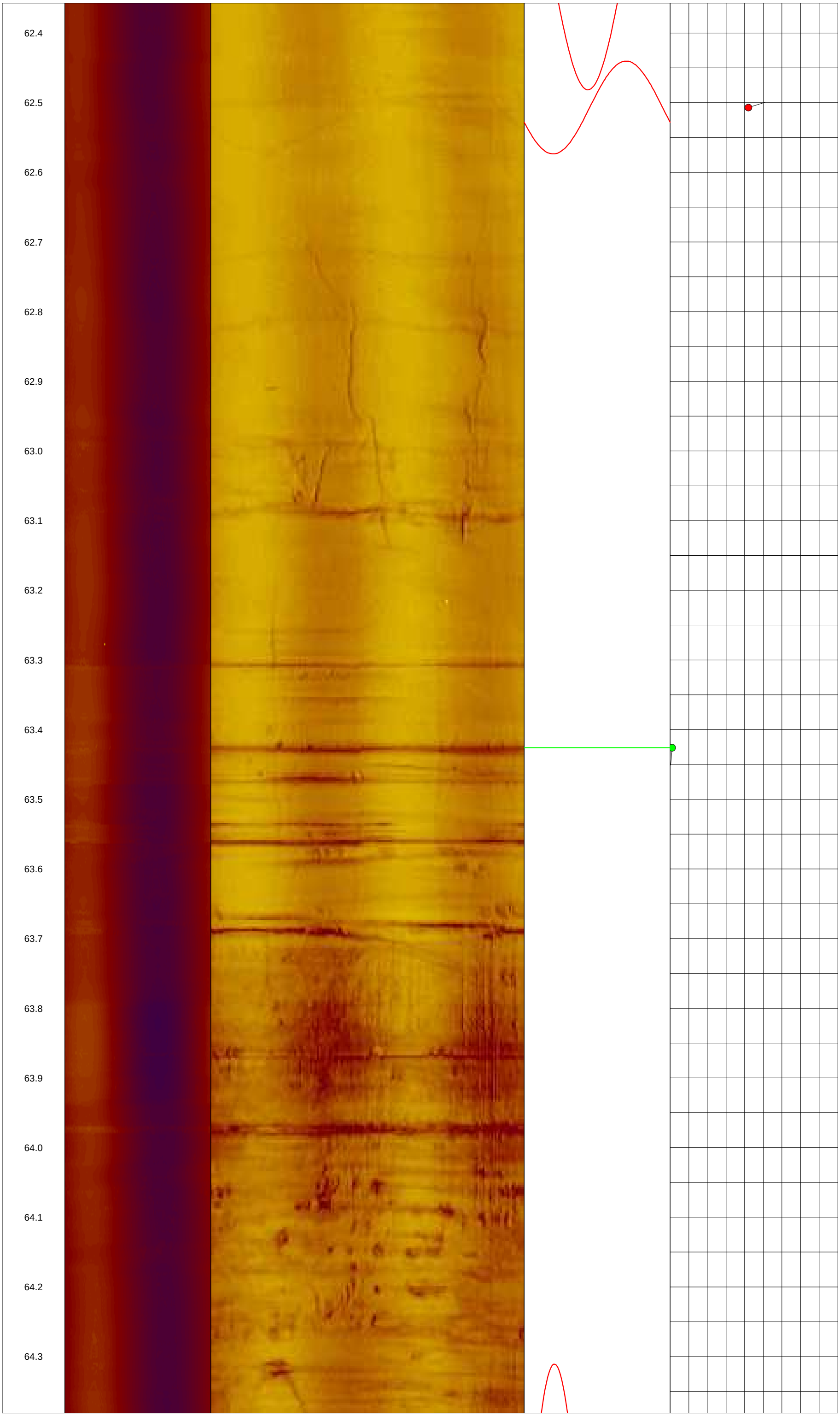



56.3
56.4
56.5
56.6
56.7
56.8
56.9
57.0
57.1
57.2
57.3
57.4
57.5
57.6
57.7
57.8
57.9
58.0
58.1
58.2
58.3

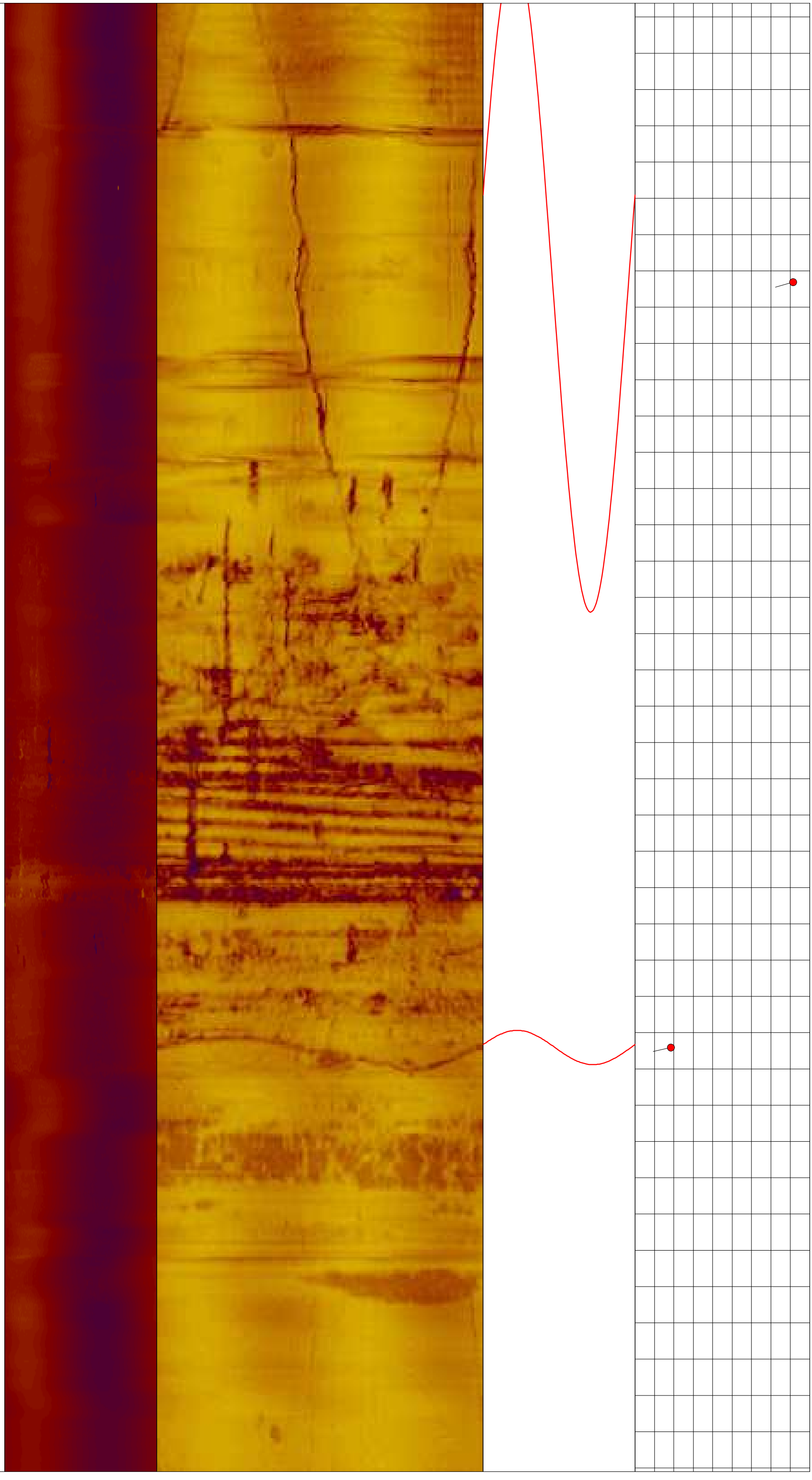

58.4
58.5
58.6
58.7
58.8
58.9
59.0
59.1
59.2
59.3
59.4
59.5
59.6
59.7
59.8
59.9
60.0
60.1
60.2
60.3

60.4
60.5
60.6
60.7
60.8
60.9
61.0
61.1
61.2
61.3
61.4
61.5
61.6
61.7
61.8
61.9
62.0
62.1
62.2
62.3

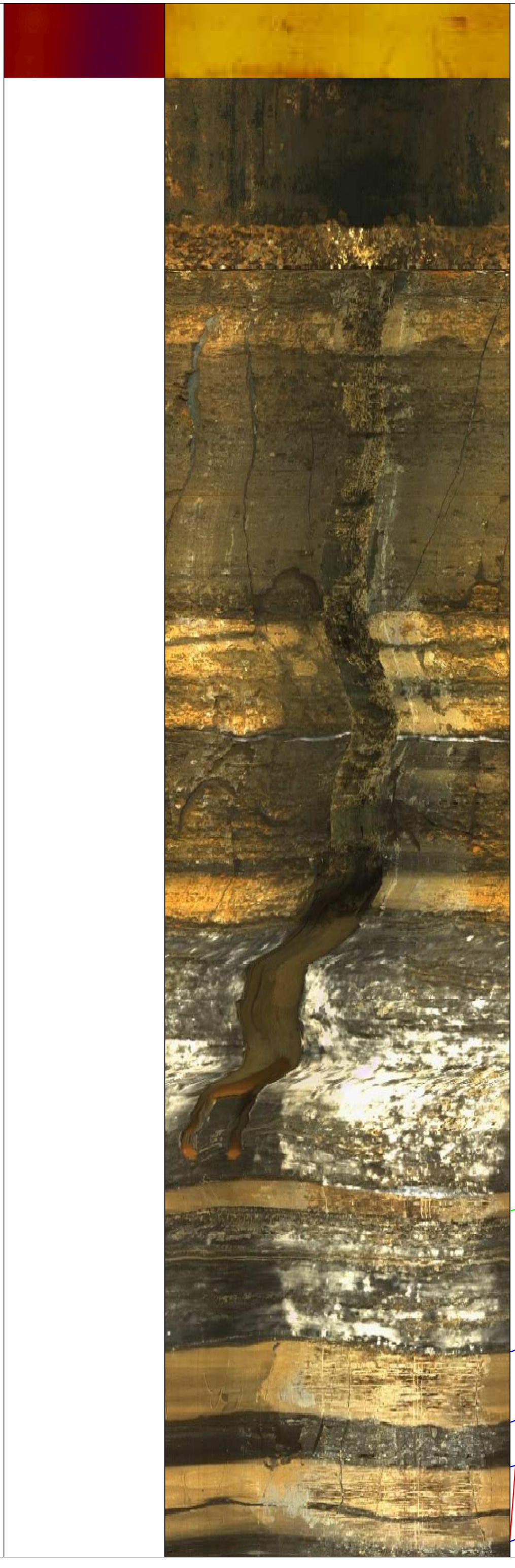



62.4
62.5
62.6
62.7
62.8
62.9
63.0
63.1
63.2
63.3
63.4
63.5
63.6
63.7
63.8
63.9
64.0
64.1
64.2
64.3

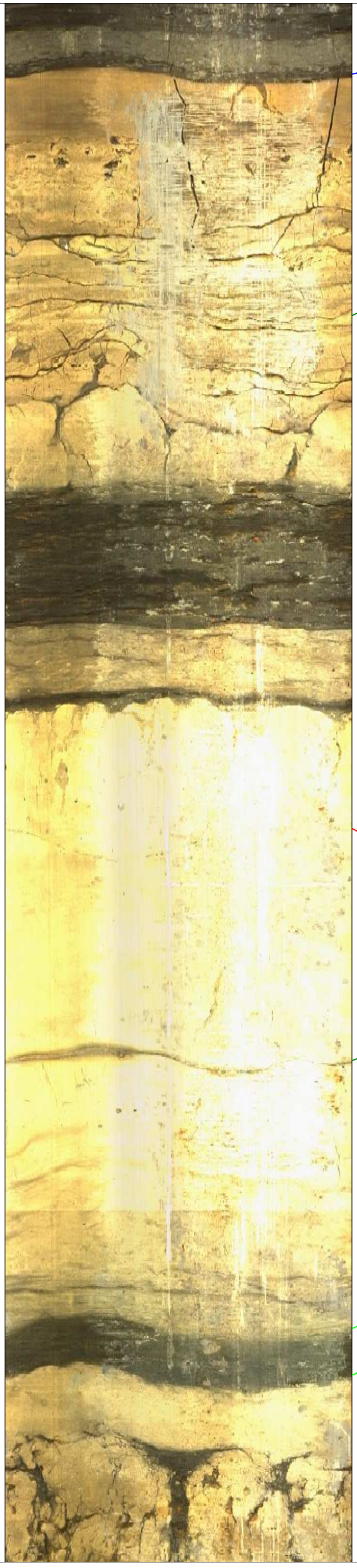
64.4
64.5
64.6
64.7
64.8
64.9
65.0
65.1
65.2
65.3
65.4
65.5
65.6
65.7
65.8
65.9
66.0
66.1
66.2
66.3
66.4

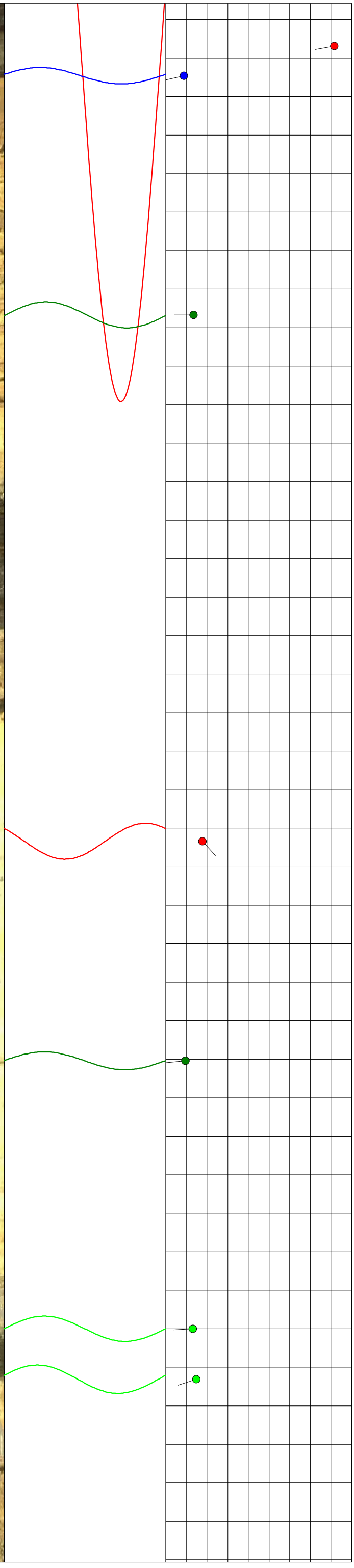


66.5
66.6
66.7
66.8
66.9
67.0
67.1
67.2
67.3
67.4
67.5
67.6
67.7
67.8
67.9
68.0
68.1
68.2
68.3
68.4

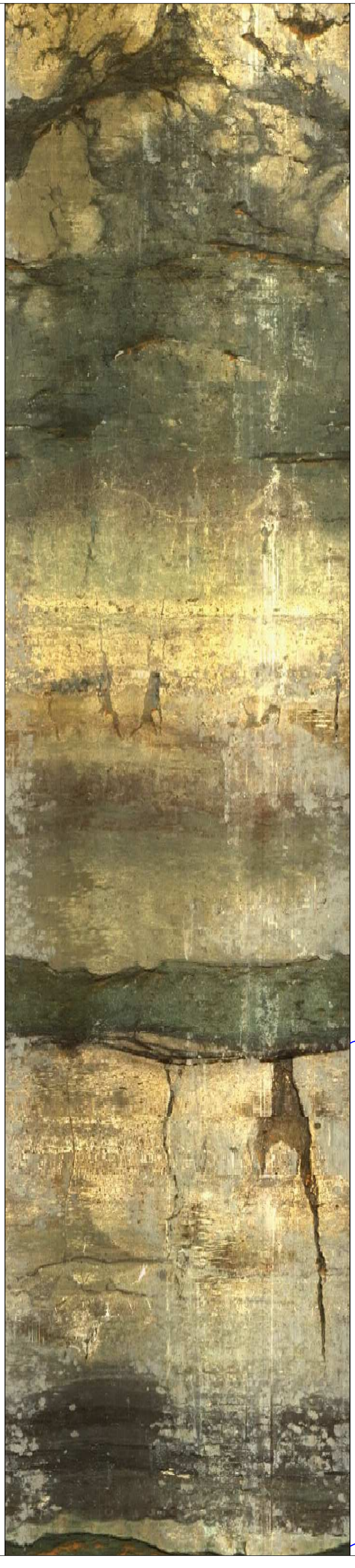


68.5
68.6
68.7
68.8
68.9
69.0
69.1
69.2
69.3
69.4
69.5
69.6
69.7
69.8
69.9
70.0
70.1
70.2
70.3
70.4



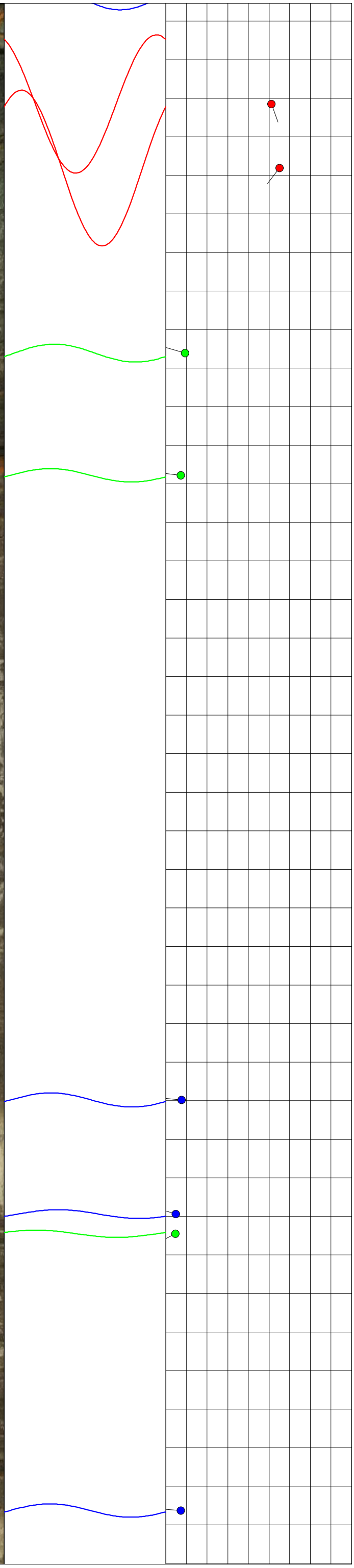


70.5
70.6
70.7
70.8
70.9
71.0
71.1
71.2
71.3
71.4
71.5
71.6
71.7
71.8
71.9
72.0
72.1
72.2
72.3
72.4



72.5
72.6
72.7
72.8
72.9
73.0
73.1
73.2
73.3
73.4
73.5
73.6
73.7
73.8
73.9
74.0
74.1
74.2
74.3
74.4
74.5





74.6
74.7
74.8
74.9
75.0
75.1
75.2
75.3
75.4
75.5
75.6
75.7
75.8
75.9
76.0
76.1
76.2
76.3
76.4
76.5

Wechsel in Belichtung!



76.6
76.7
76.8
76.9
77.0
77.1
77.2
77.3
77.4
77.5
77.6
77.7
77.8
77.9
78.0
78.1
78.2
78.3
78.4
78.5



78.6
78.7
78.8
78.9
79.0
79.1
79.2
79.3
79.4
79.5
79.6
79.7
79.8
79.9
80.0
80.1
80.2
80.3
80.4
80.5



80.6
80.7
80.8
80.9
81.0
81.1
81.2
81.3
81.4
81.5
81.6
81.7
81.8
81.9
82.0
82.1
82.2
82.3
82.4
82.5



Paläorelieff

82.6
82.7
82.8
82.9
83.0
83.1
83.2
83.3
83.4
83.5
83.6
83.7
83.8
83.9
84.0
84.1
84.2
84.3
84.4
84.5
84.6



Wechsel in Belichtung!

84.7
84.8
84.9
85.0
85.1
85.2
85.3
85.4
85.5
85.6
85.7
85.8
85.9
86.0
86.1
86.2
86.3
86.4
86.5
86.6



86.7
86.8
86.9
87.0
87.1
87.2
87.3
87.4
87.5
87.6
87.7
87.8
87.9
88.0
88.1
88.2
88.3
88.4
88.5
88.6



88.7
88.8
88.9
89.0
89.1
89.2
89.3
89.4
89.5
89.6
89.7
89.8
89.9
90.0
90.1
90.2
90.3
90.4
90.5
90.6



90.7
90.8
90.9
91.0
91.1
91.2
91.3
91.4
91.5
91.6
91.7
91.8
91.9
92.0
92.1
92.2
92.3
92.4
92.5
92.6
92.7



92.8
92.9
93.0
93.1
93.2
93.3
93.4
93.5
93.6
93.7
93.8
93.9
94.0
94.1
94.2
94.3
94.4



Bohrungskennung: EKB1

Ort: Zumhof
Auftraggeber: H.Anger's Söhne
Auftragsnehmer: terratec Büro f. Geologie und Geophysik
Projekt: Bohrlochmessungen Rudesberg / Zumhof
Durchfuehrung: terratec, [redacted]
Messprogramm: Temperatur, Leitfähigkeit, Flowmeter
Messbezug Geländeoberkante
Teufe: 94.5 m
Ausbau:

Datum: 04.10.2012 - 28.01.2013

Überstand:
Pumpdaten:

Bemerkungen:

Teufenskala: (s. Spalte "depth")

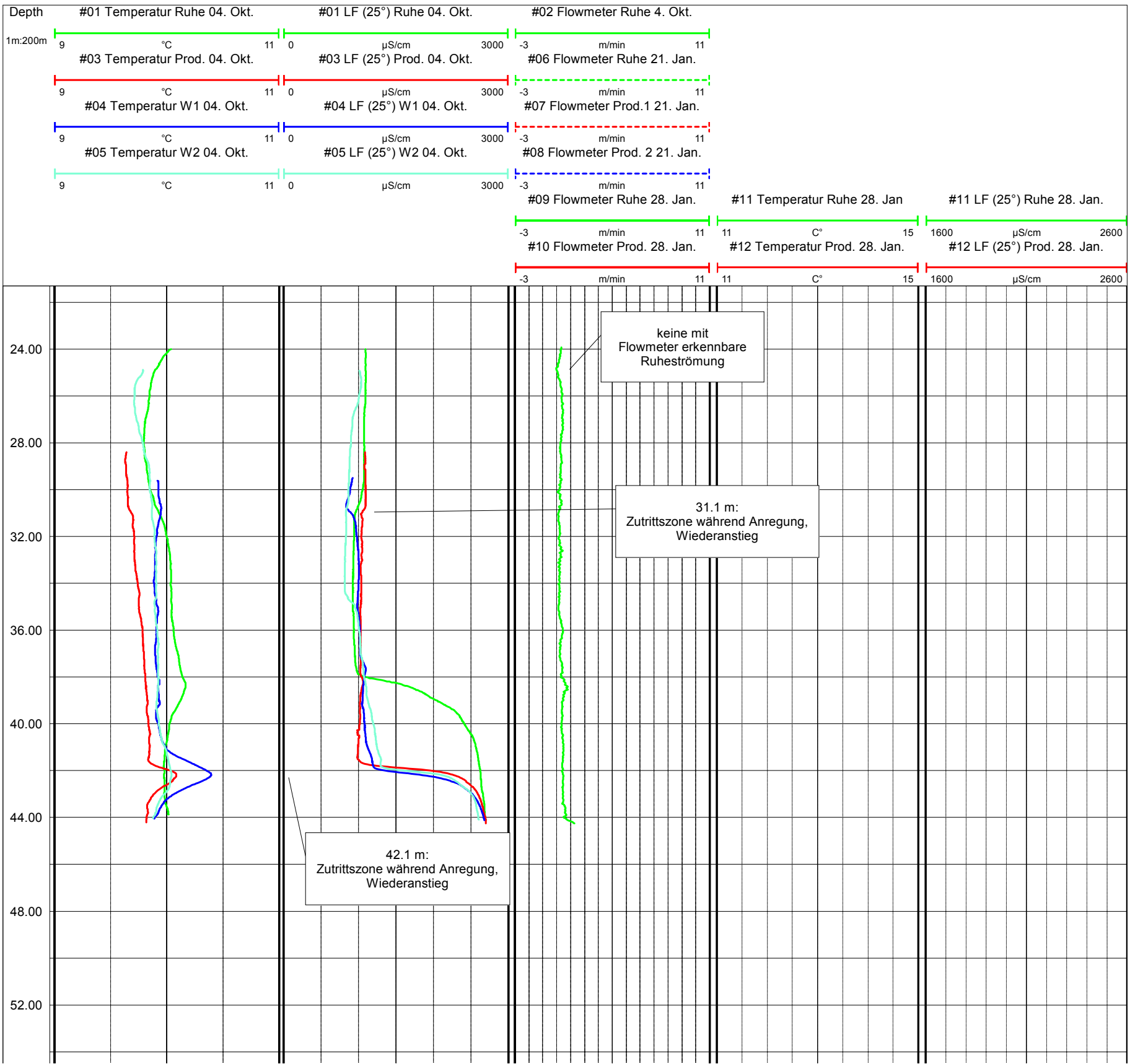
terratec Geophysical Services
terratec
Schillerstrasse 3
D - 79423 Heitersheim
Germany
Phone (+49) 76 34 46 44
Fax (+49) 76 34 46 34
www.terratec-geoservices.com
info@terratec-geoservices.com

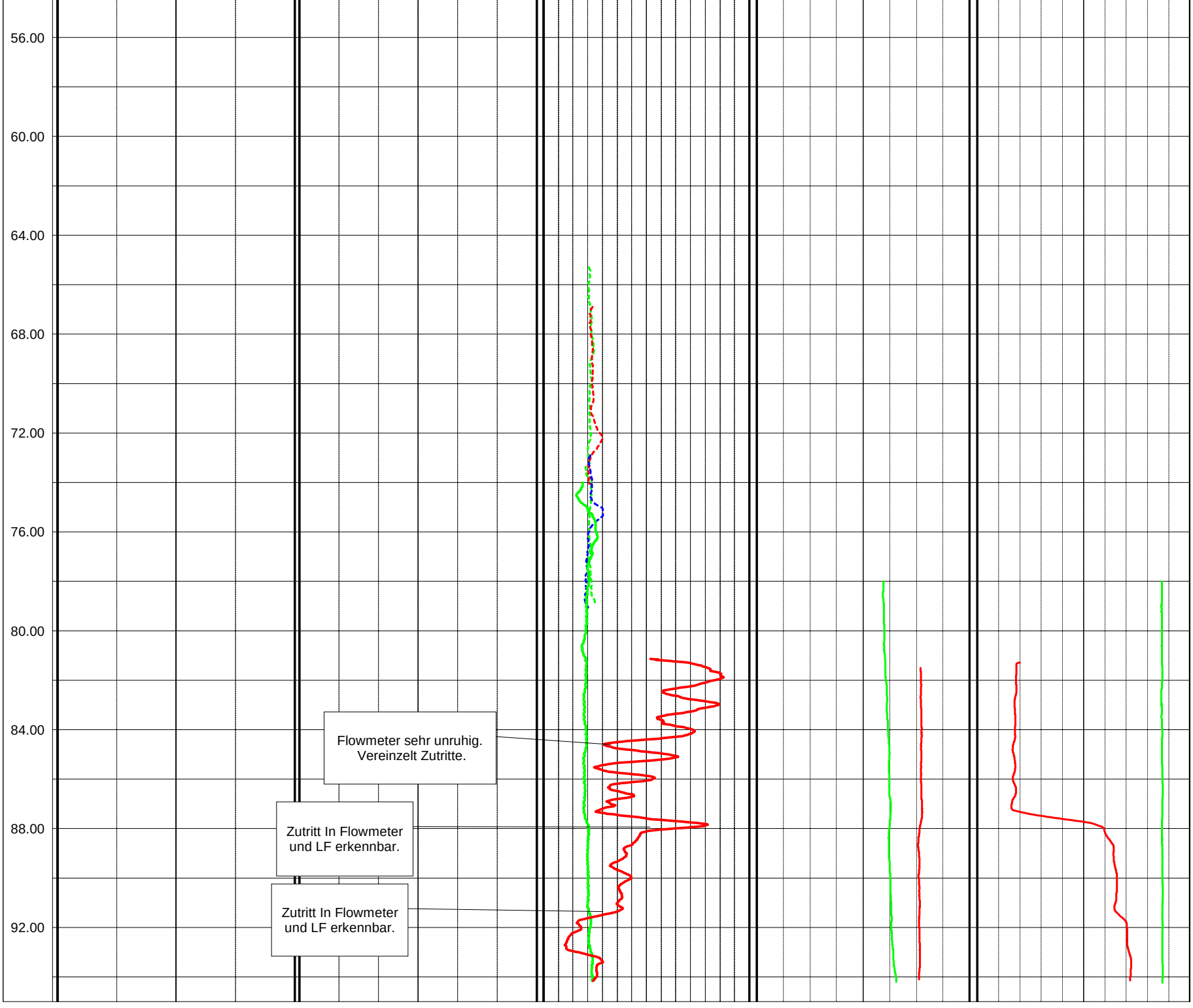
Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 14.4

Pr.Nr.: 449 - 2012
PWS: Pumpwasserspiegel
RWS: Ruhewasserspiegel

Logging Runs

Log Nr.	Datum	Parameter	von	bis
1	04/10/2012	Temperatur Leitfähigkeit Ruhe	23.9	44.2
2	04/10/2012	Flowmeter Ruhe	23.0	44.4
3	04/10/2012	Temperatur Leitfähigkeit Produktion	28.5	42.3
4	04/10/2012	Temperatur Leitfähigkeit Wiederanstieg 1	29.6	44.2
5	04/10/2012	Temperatur Leitfähigkeit Wiederanstieg 2	24.9	44.2
6	21/01/2013	Flowmeter Ruhe	65.3	78.9
7	21/01/2013	Flowmeter Produktion 1	66.9	73.8
8	21/01/2013	Flowmeter Produktion 2	72.9	79.0
9	28/01/2013	Flowmeter Ruhe	74.0	94.1
10	28/01/2013	Flowmeter Produktion	81.4	94.1
11	28/01/2013	Temperatur Leitfähigkeit Ruhe	78.0	94.2
12	28/01/2013	Temperatur Leitfähigkeit Produktion	81.6	94.1




56.00
60.00
64.00
68.00
72.00
76.00
80.00
84.00
88.00
92.00
Flowmeter sehr unruhig.
Vereinzelt Zutritte.
Zutritt In Flowmeter
und LF erkennbar.
Zutritt In Flowmeter
und LF erkennbar.

Bohrungskennung:GWM1 (EKB1)

Ort:	Zumhof
Auftraggeber:	Landratsamt Rems-Murr-Keis
Auftragsnehmer:	terratec Büro f. Geologie und Geophysik
Projekt:	Bohrlochmessungen Rudesberg / Zumhof
Durchfuehrung:	terratec, [redacted]
Messprogramm:	nat. Gamma-Ray, optischer Scan
Messbezug	Geländeoberkante
Teufe:	81.0 m
Ausbau:	0.0 - 73.0 m PVC Vollrohr DN150
	73.0 - 79.0 m PVC Filterrohr DN150
	79.0 - 80.0 m PVC Vollrohr DN150
Überstand:	0.0 m
Pumpdaten:	RWS: 52.30 m

Datum: 23-März-2013

terratec Geophysical Services

terratec
Schillerstrasse 3
D - 79423 Heitersheim
Germany

Phone (+49) 76 34 46 44
Fax (+49) 76 34 46 34

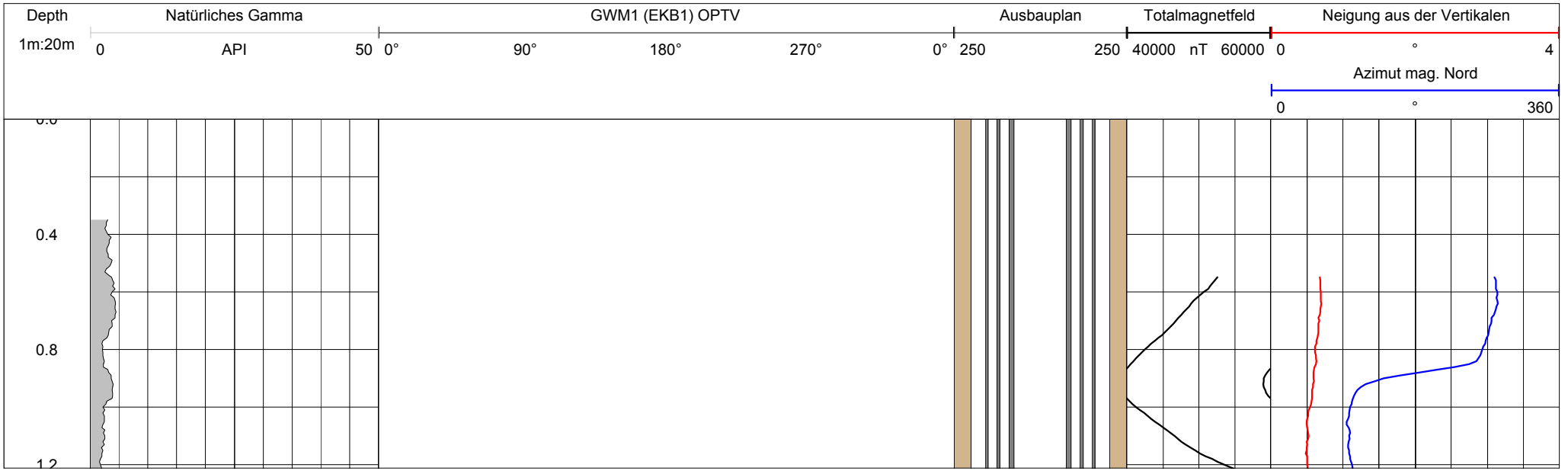
www.terratec-geoservices.com
info@terratec-geoservices.com

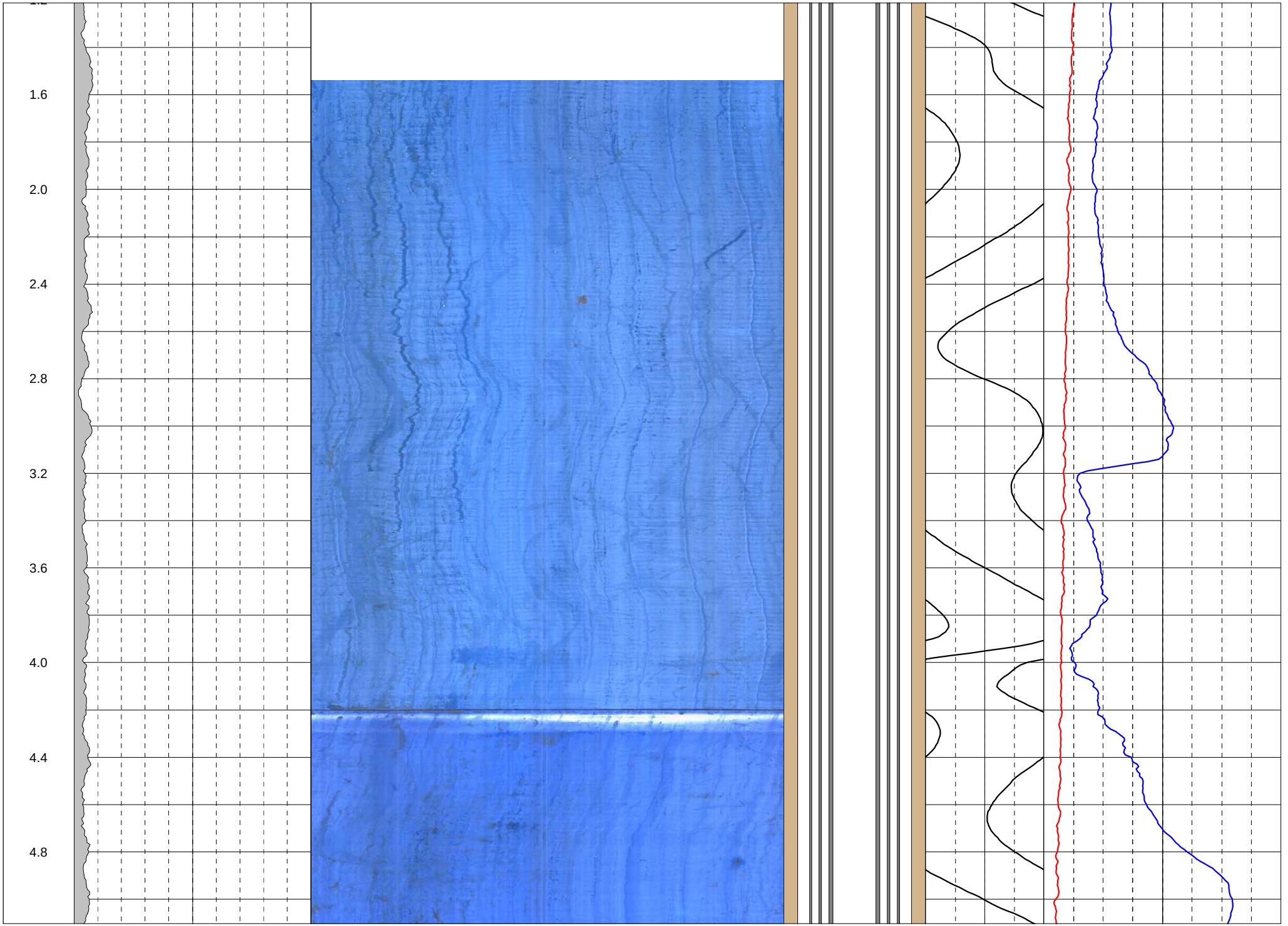
Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 14.5

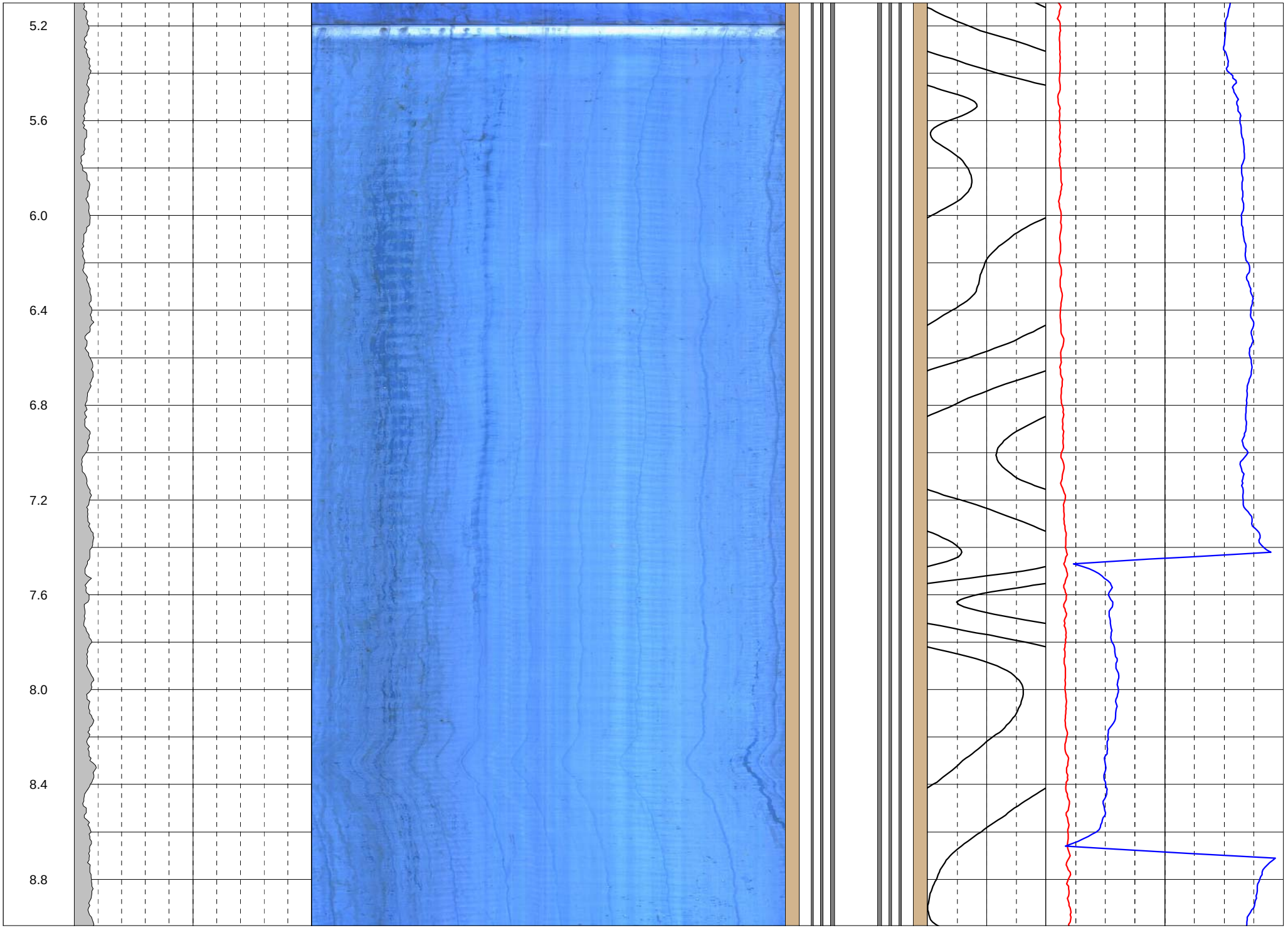
Bemerkungen:

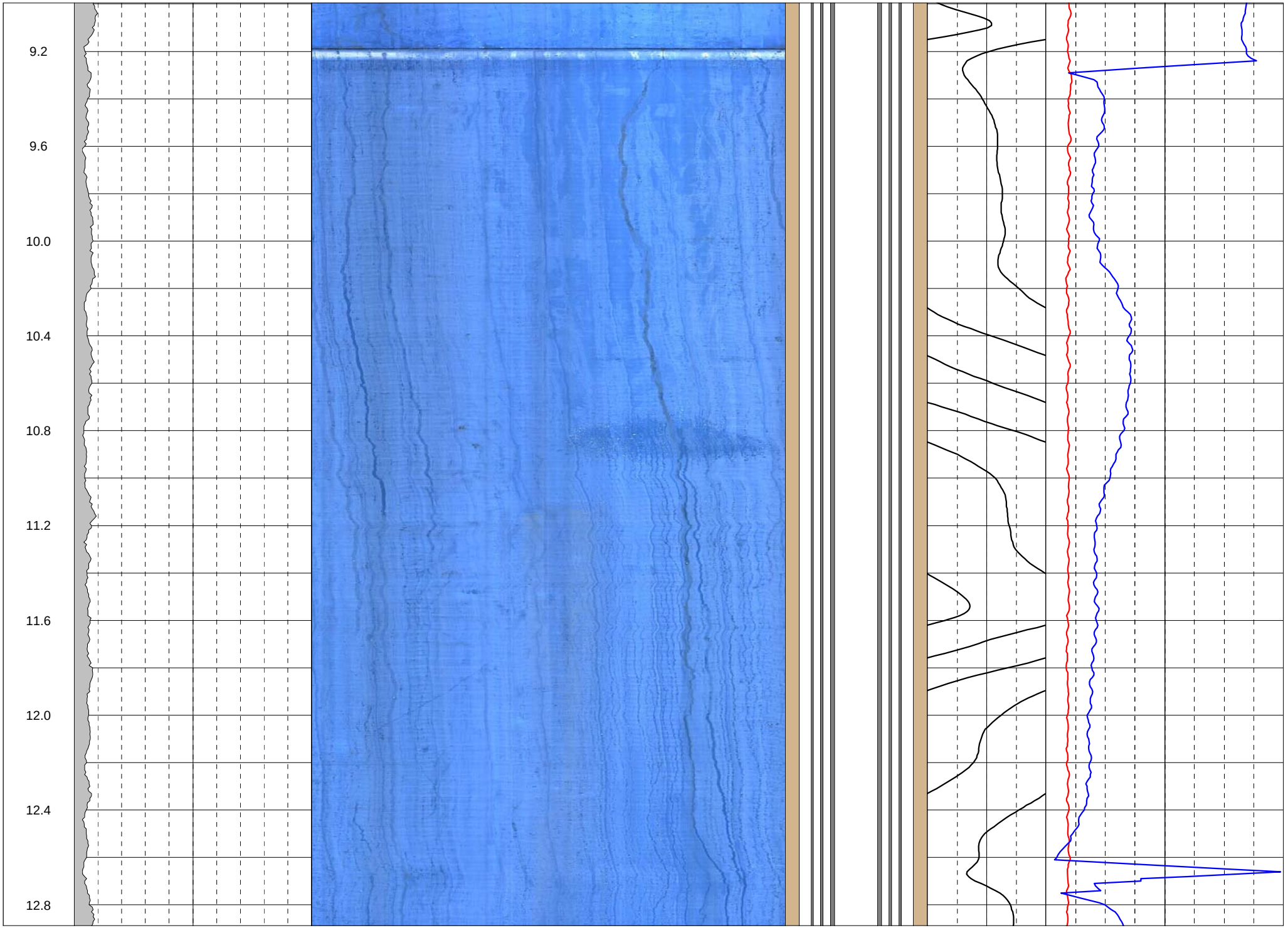
Teufenskala: (s. Spalte "depth")

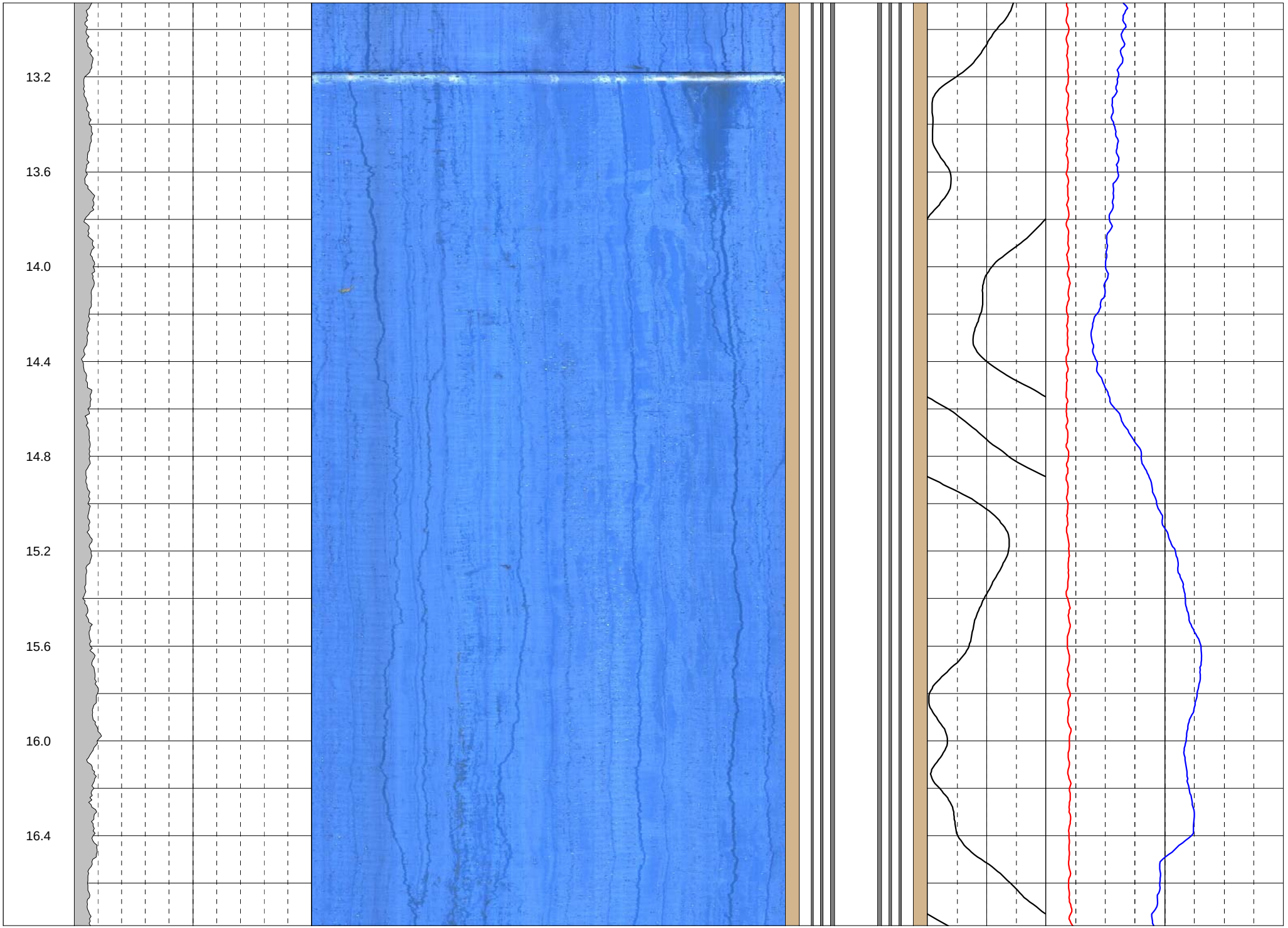
Pr.Nr.: 473 - 2013
PWS: Pumpwasserspiegel
RWS: Ruhewasserspiegel

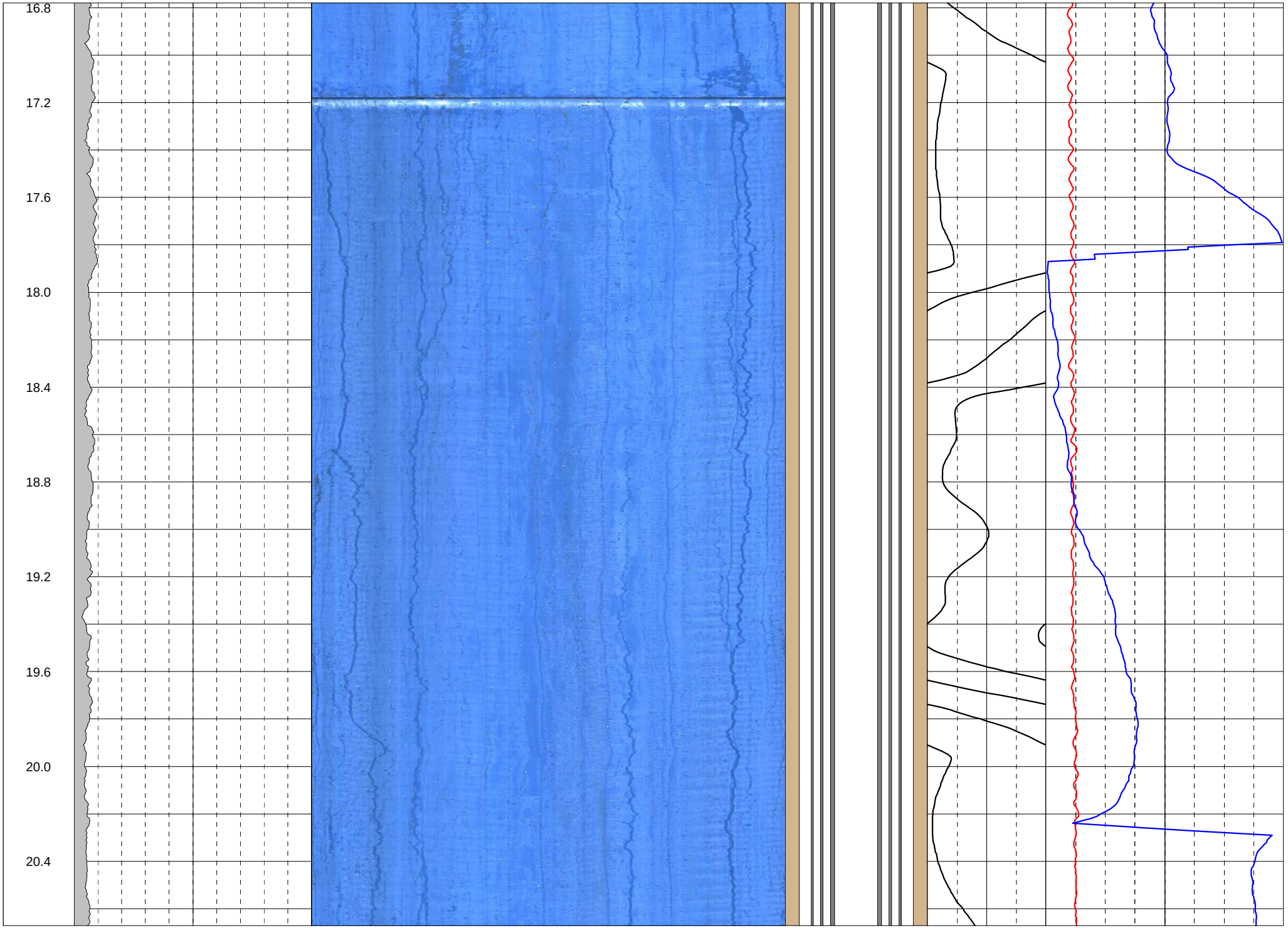


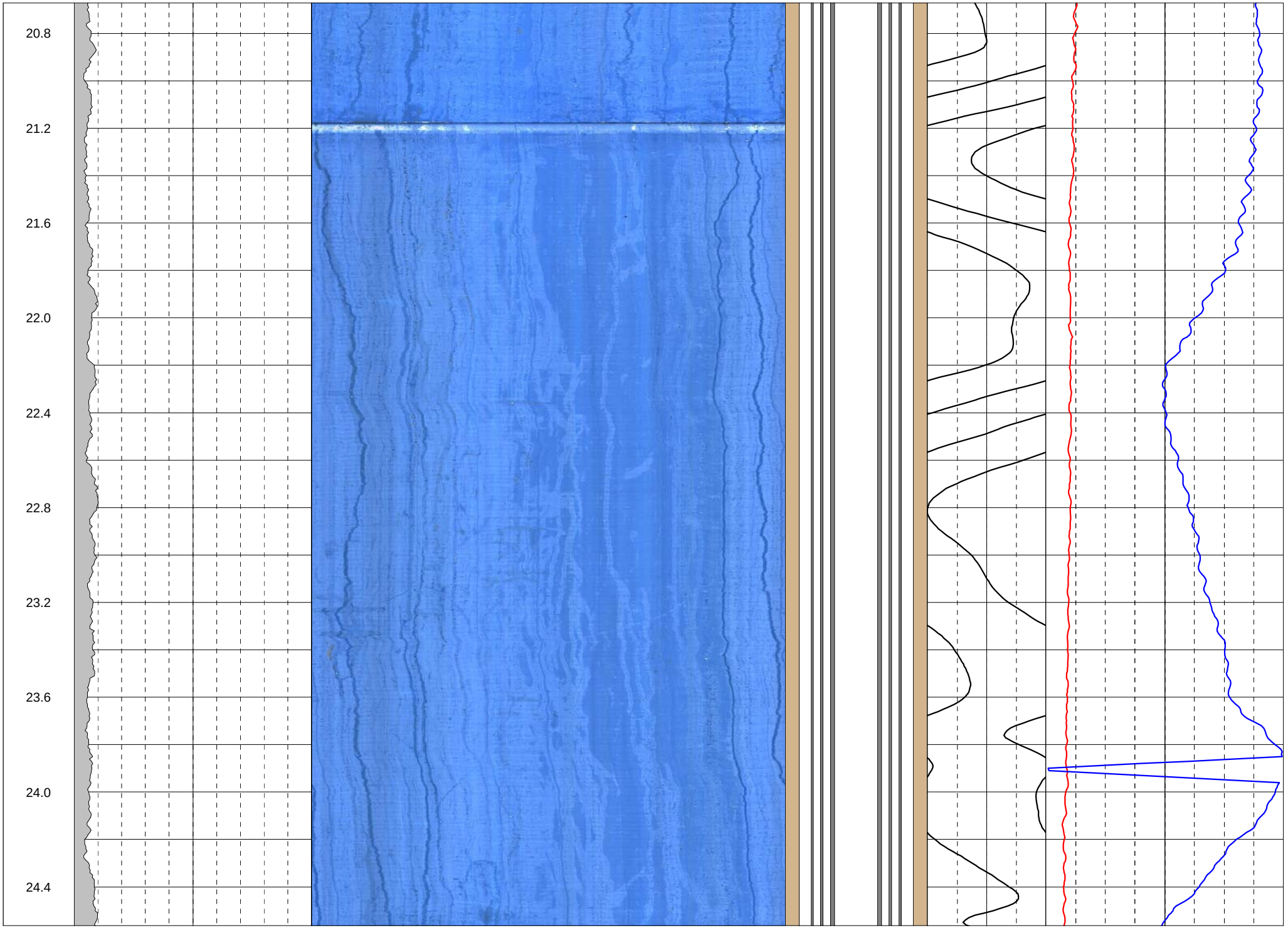

1.6
2.0
2.4
2.8
3.2
3.6
4.0
4.4
4.8

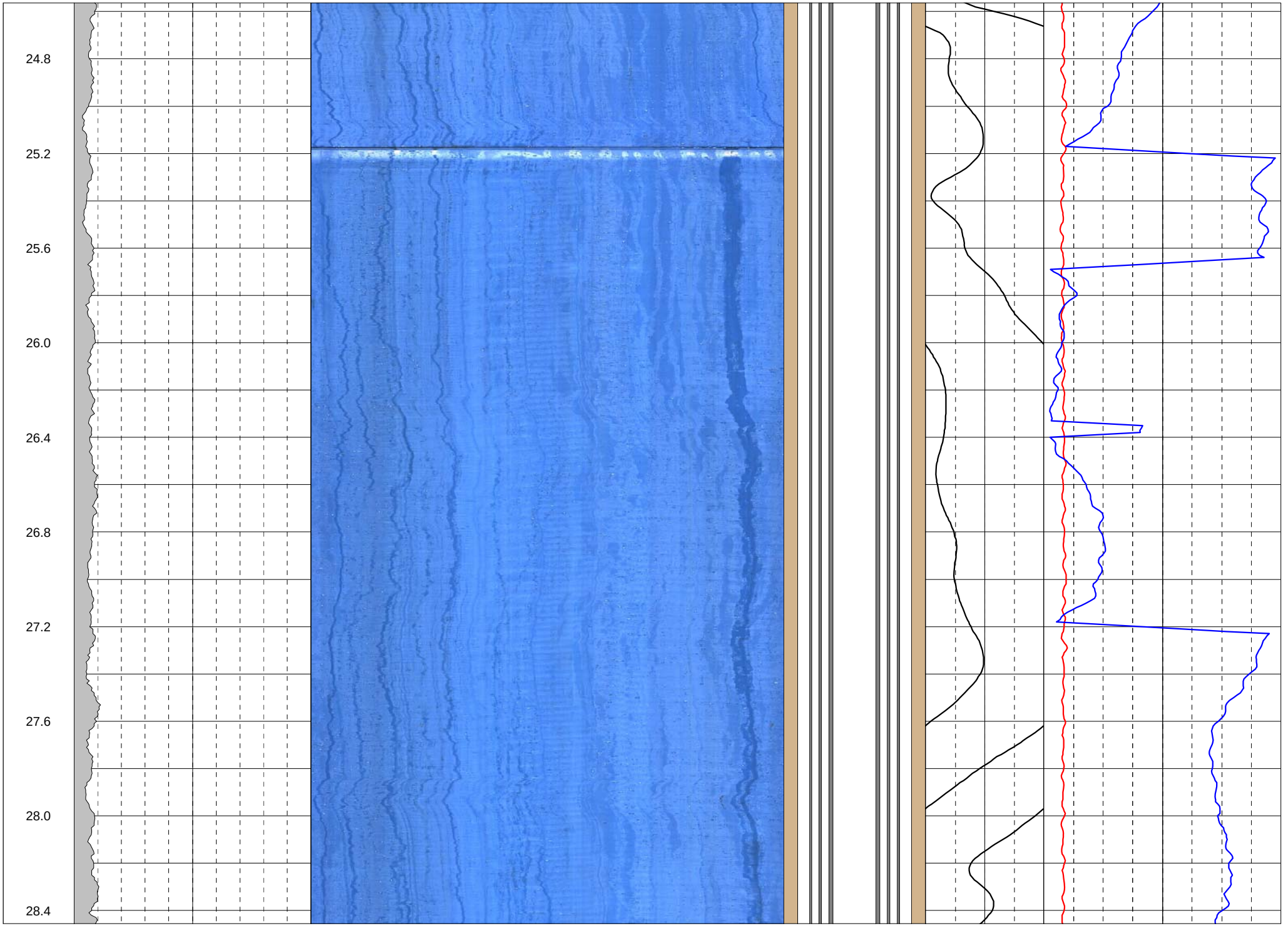

5.2
5.6
6.0
6.4
6.8
7.2
7.6
8.0
8.4
8.8

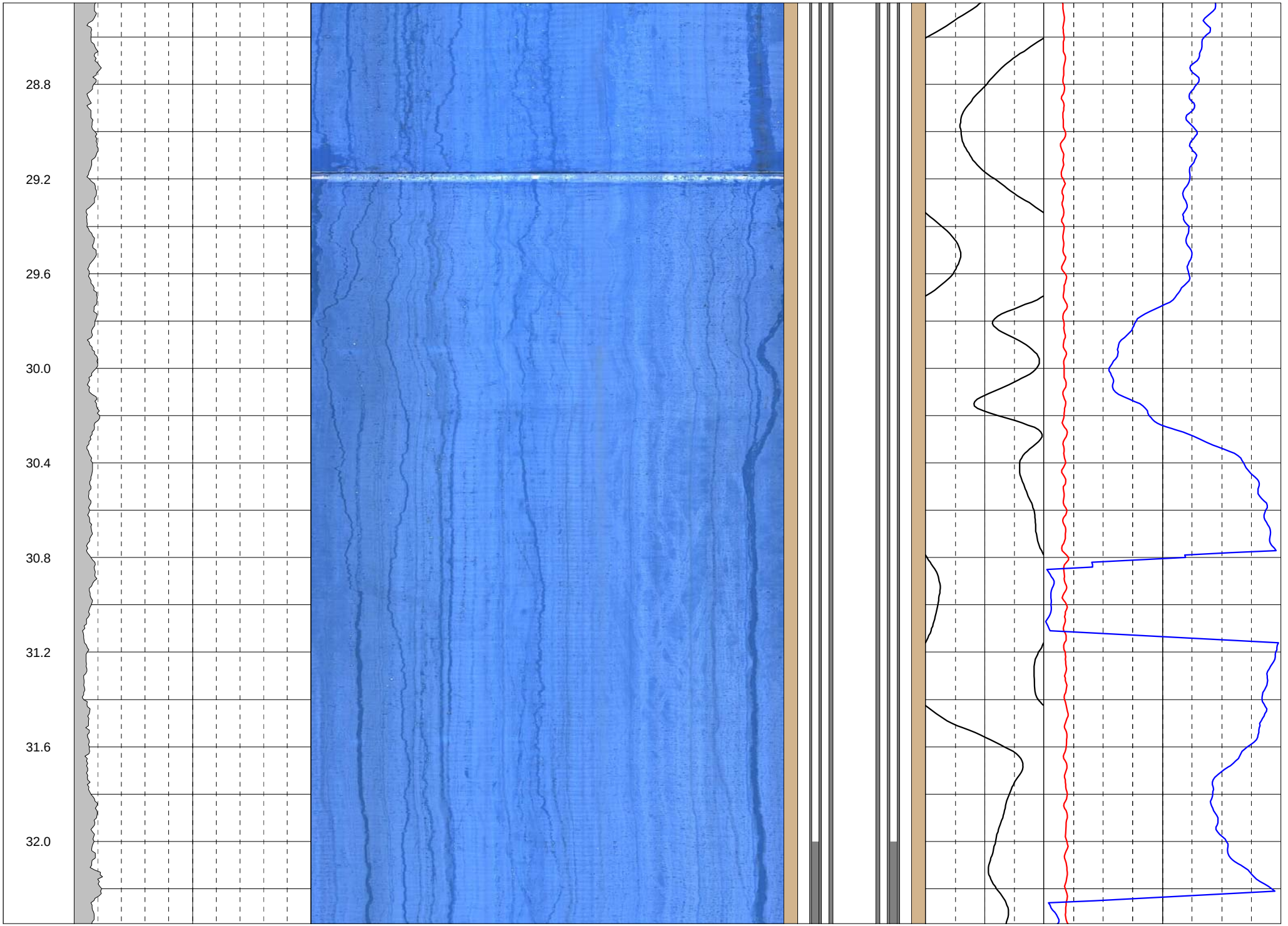

9.2
9.6
10.0
10.4
10.8
11.2
11.6
12.0
12.4
12.8

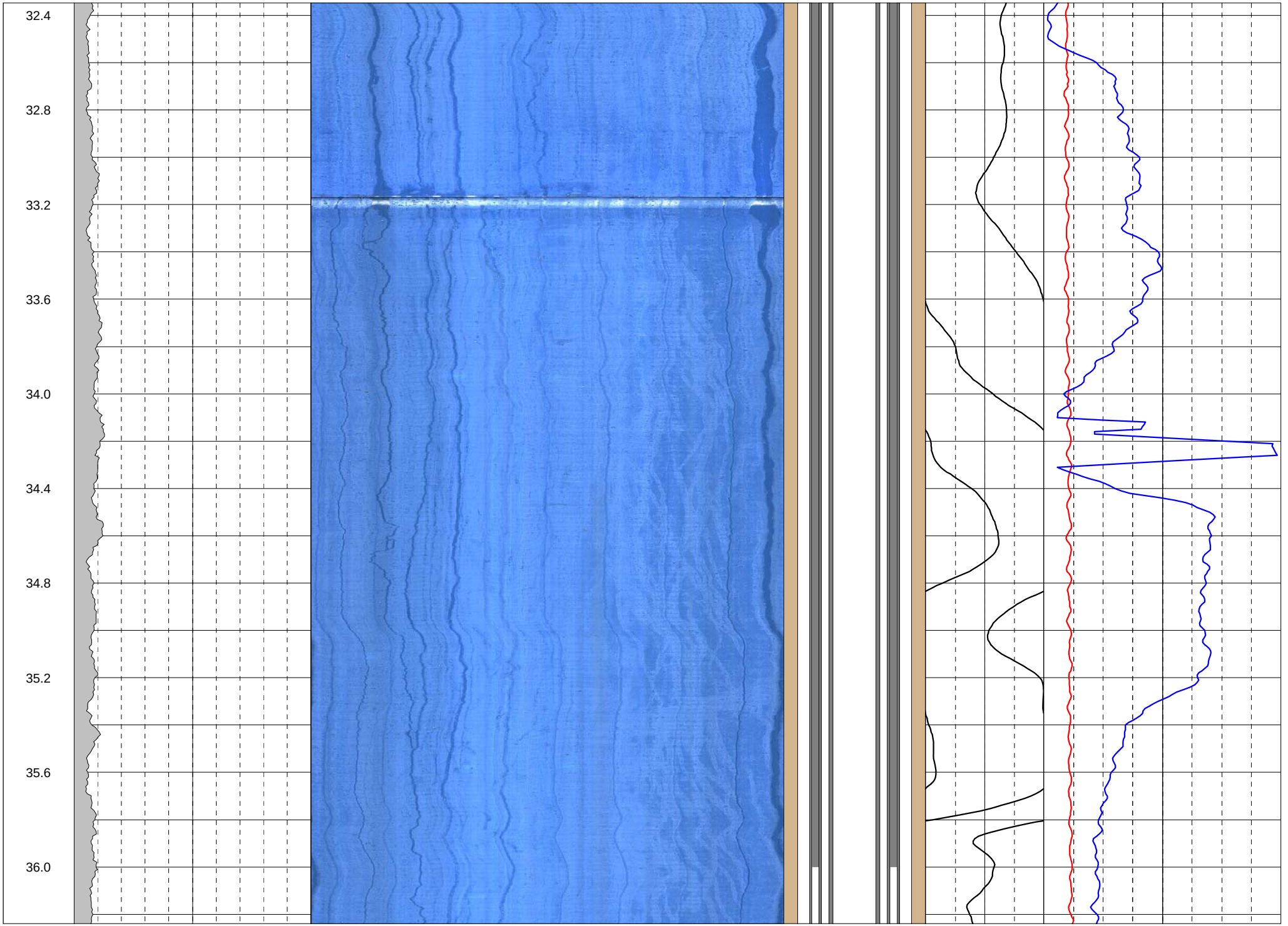

13.2
13.6
14.0
14.4
14.8
15.2
15.6
16.0
16.4

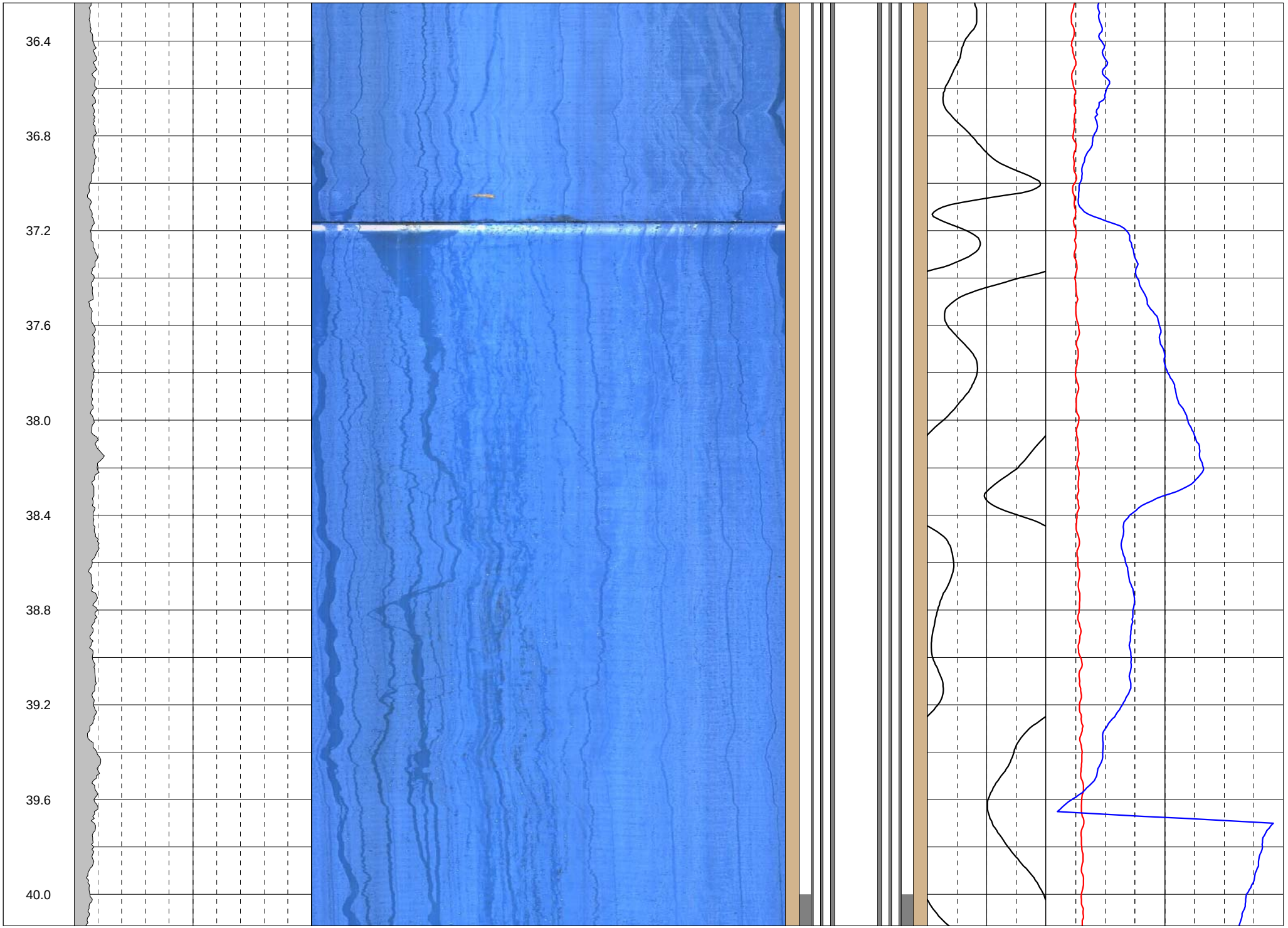

16.8
17.2
17.6
18.0
18.4
18.8
19.2
19.6
20.0
20.4

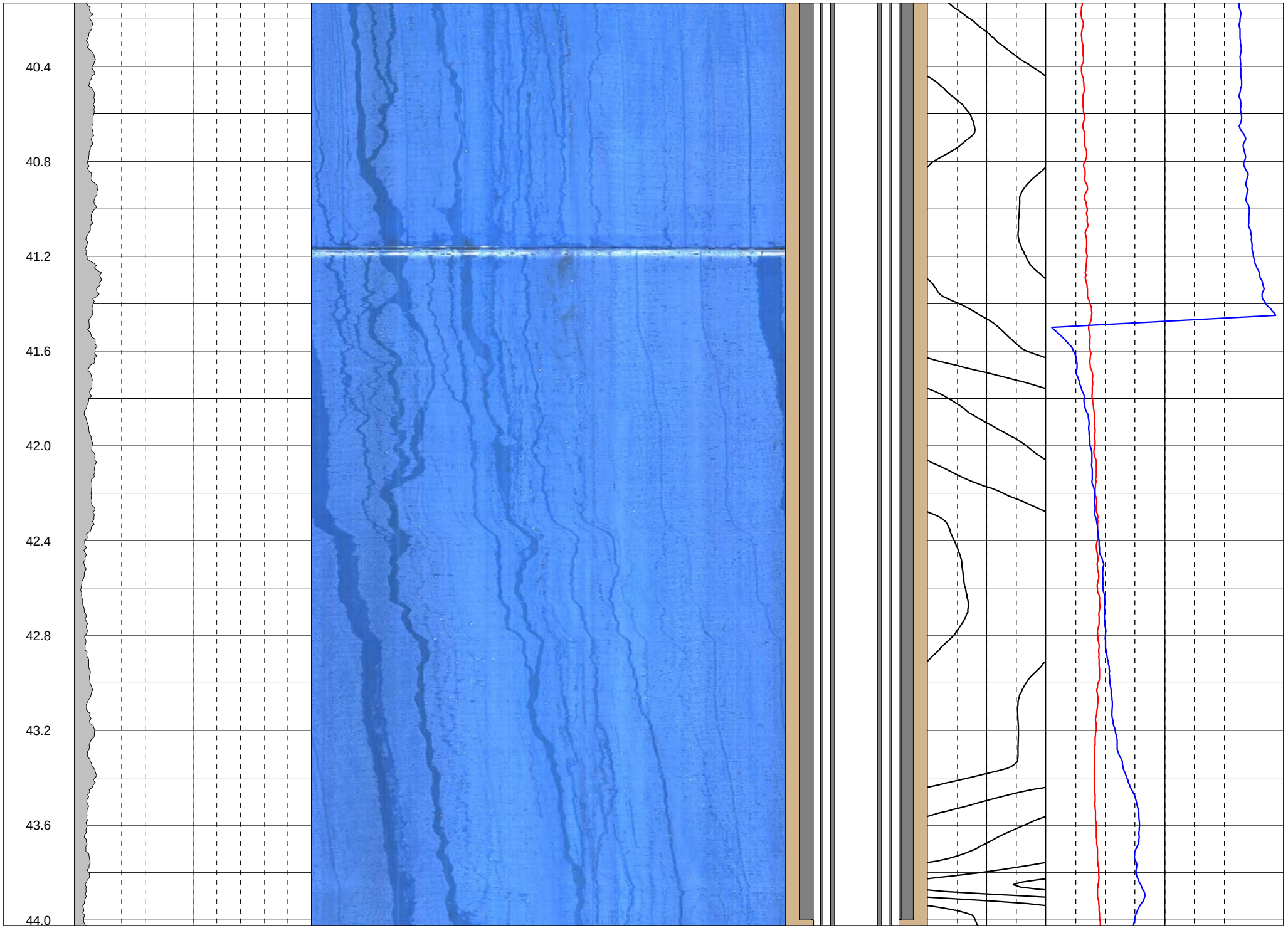

20.8
21.2
21.6
22.0
22.4
22.8
23.2
23.6
24.0
24.4

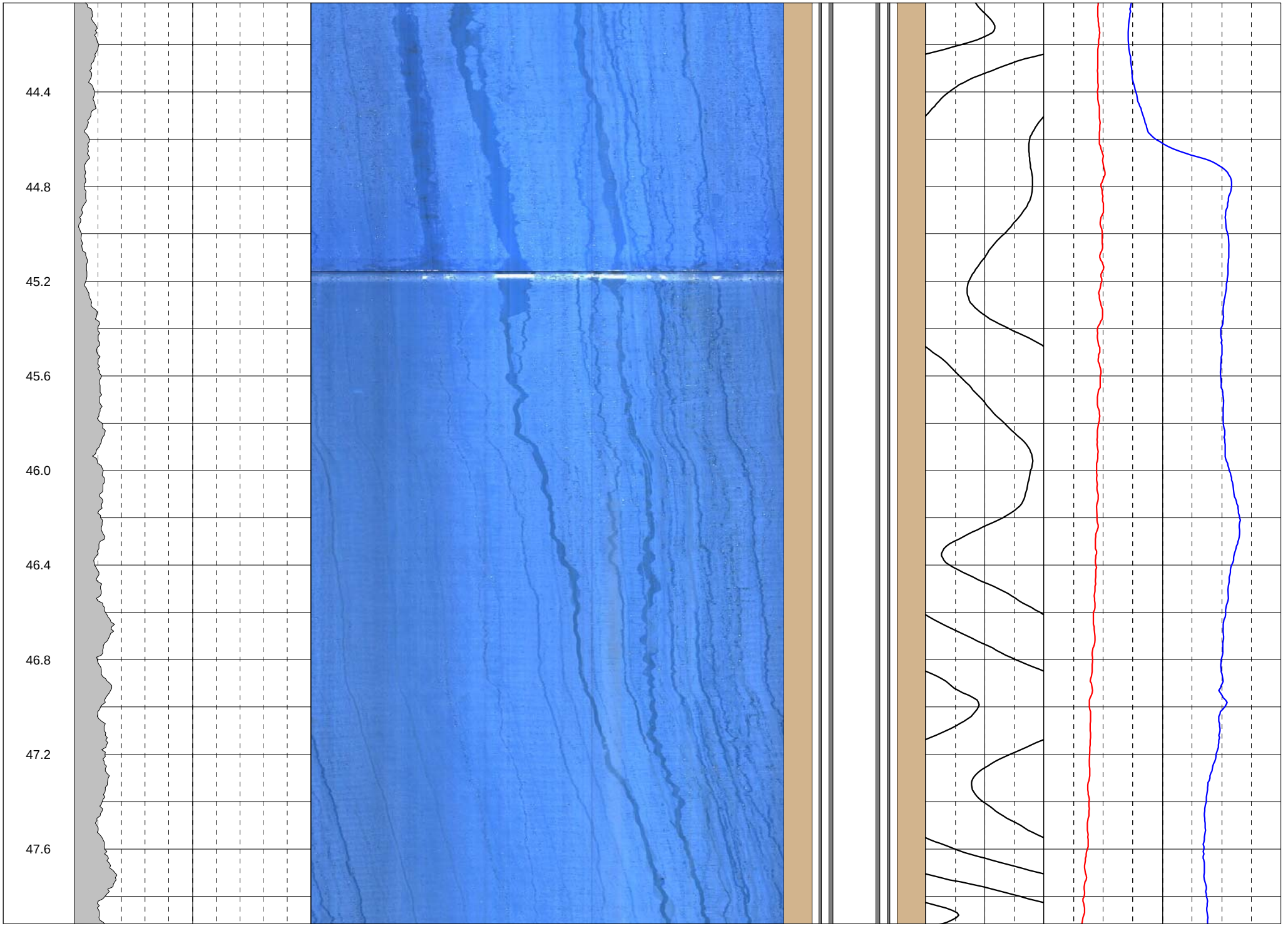

24.8
25.2
25.6
26.0
26.4
26.8
27.2
27.6
28.0
28.4

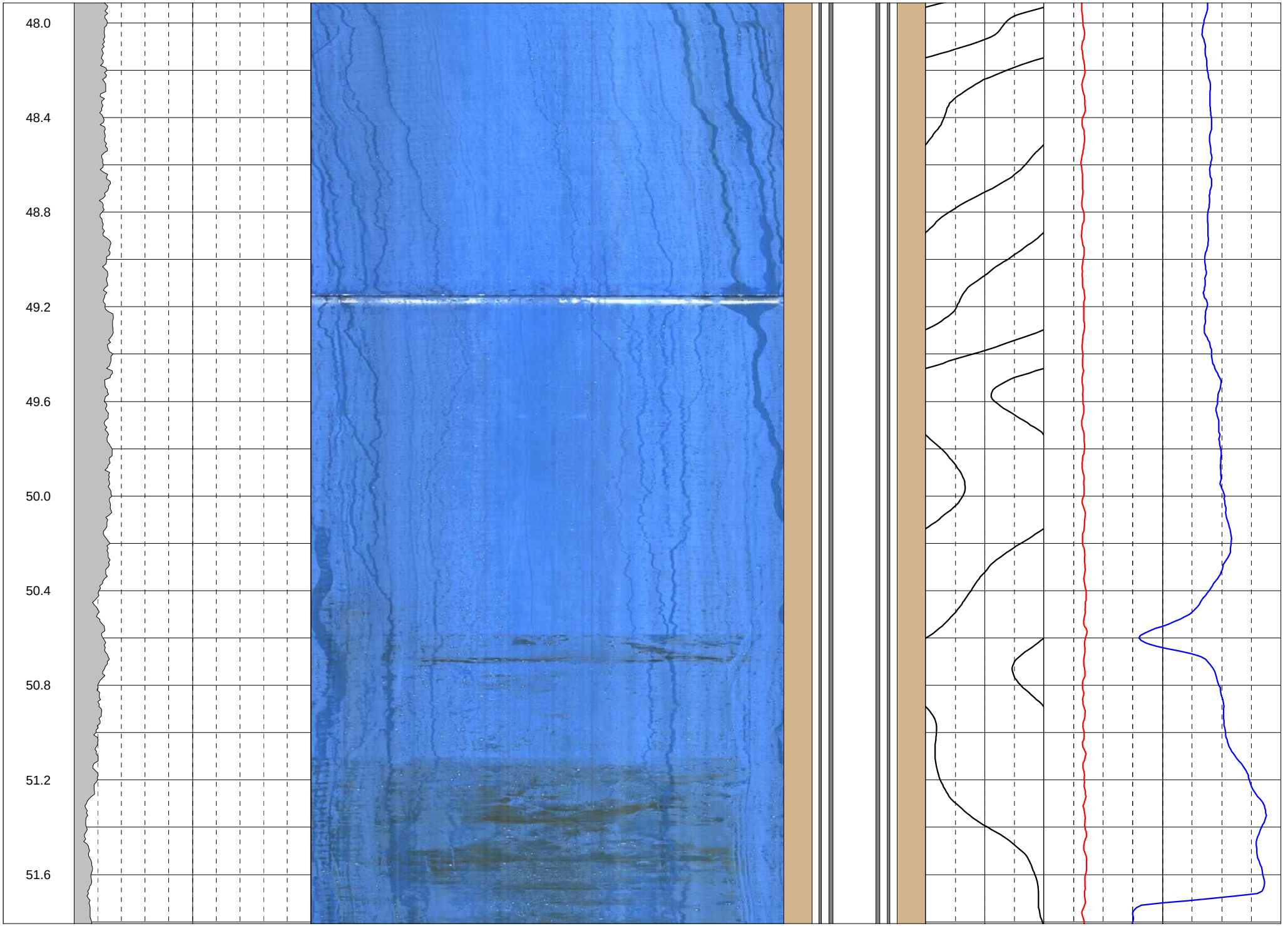

28.8
29.2
29.6
30.0
30.4
30.8
31.2
31.6
32.0

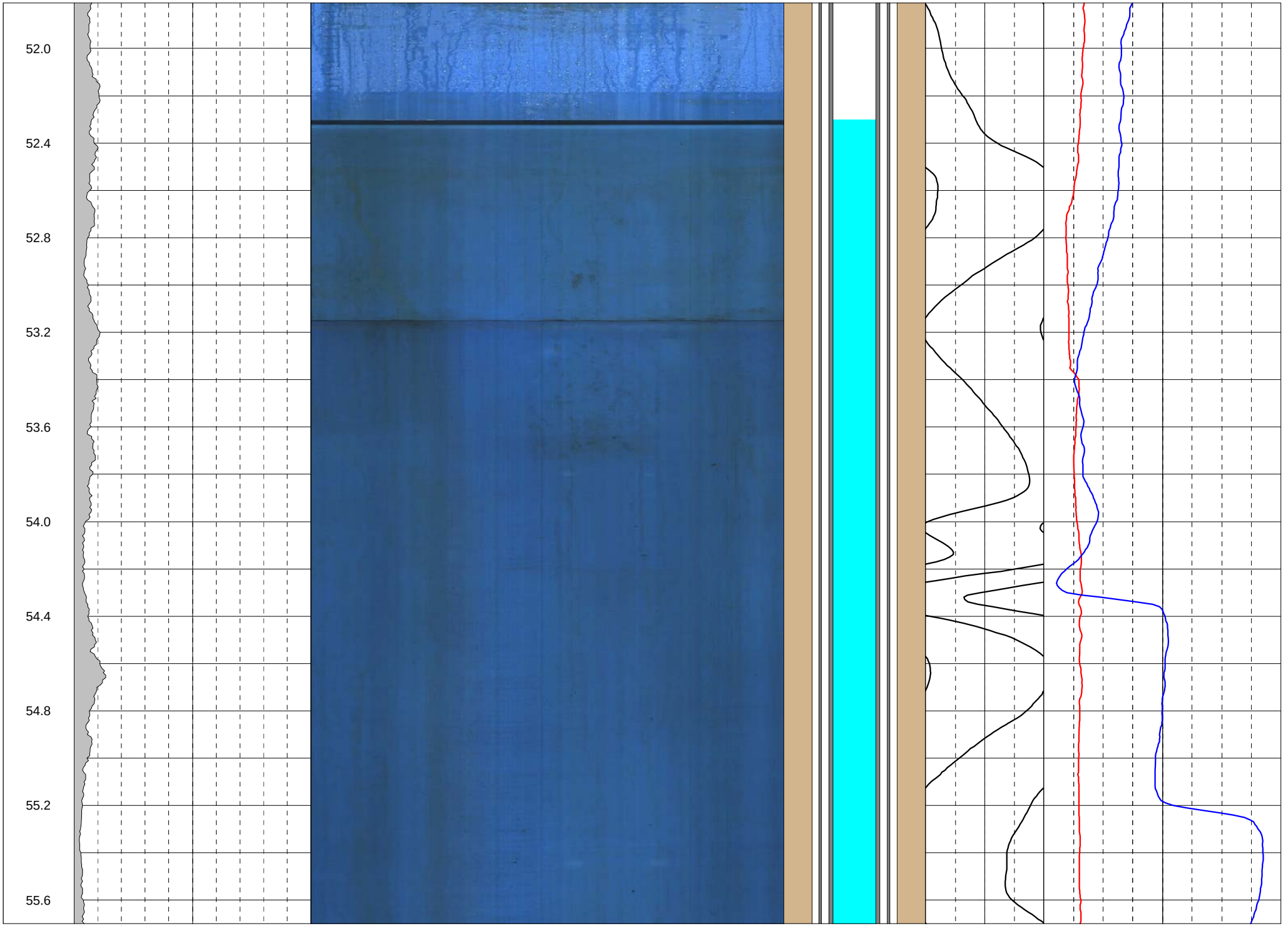

32.4
32.8
33.2
33.6
34.0
34.4
34.8
35.2
35.6
36.0

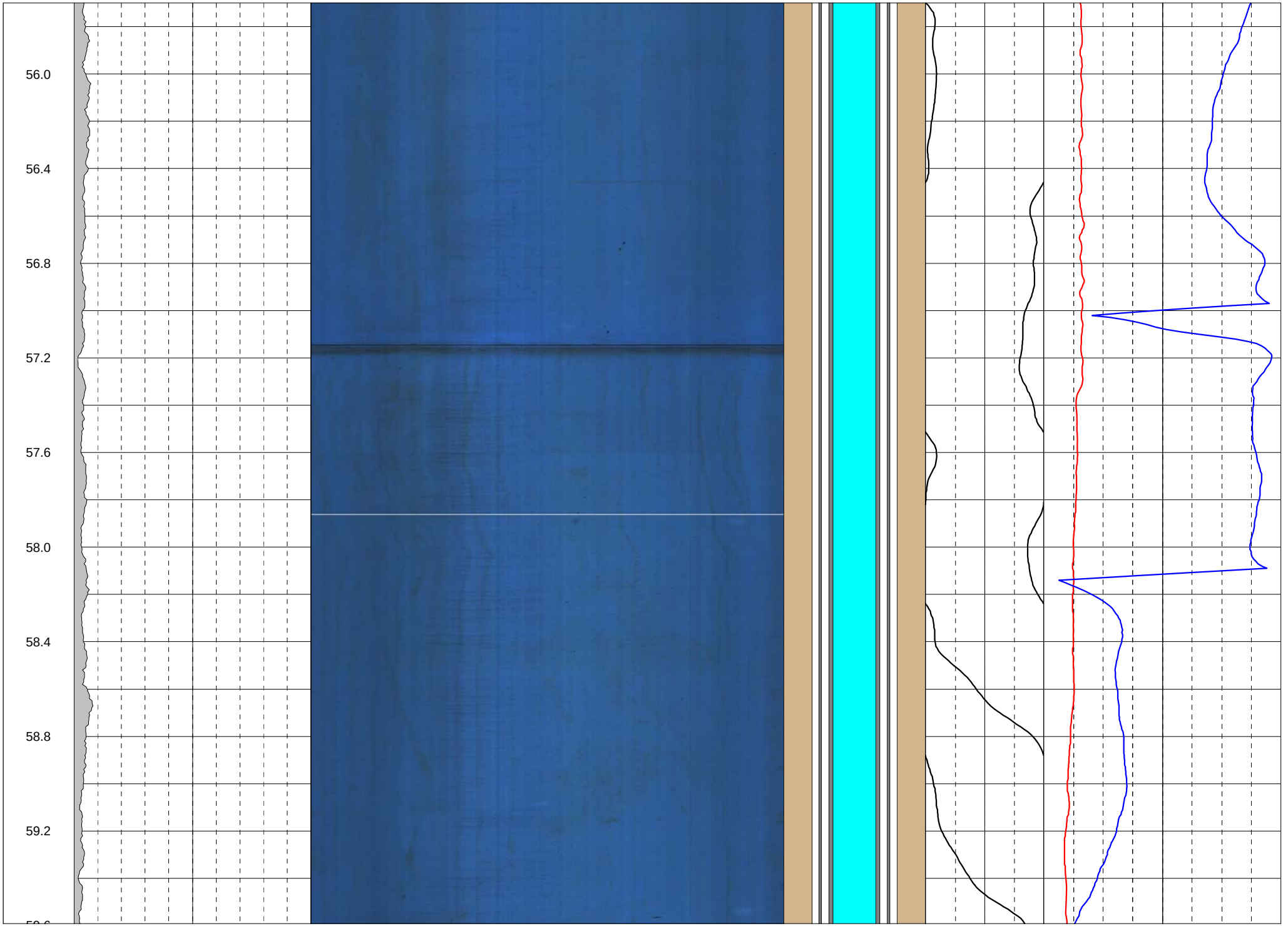

36.4
36.8
37.2
37.6
38.0
38.4
38.8
39.2
39.6
40.0

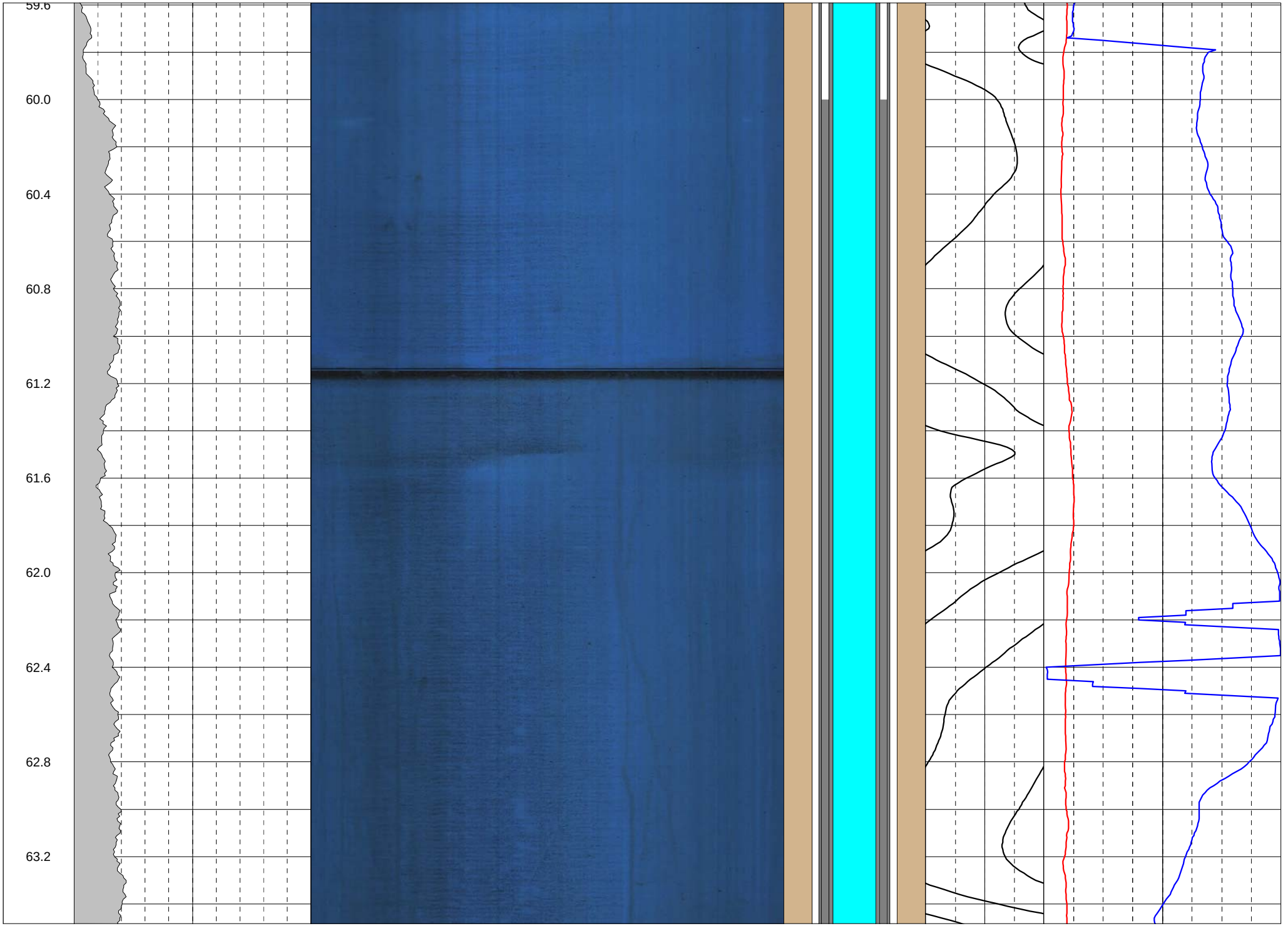

40.4
40.8
41.2
41.6
42.0
42.4
42.8
43.2
43.6
44.0

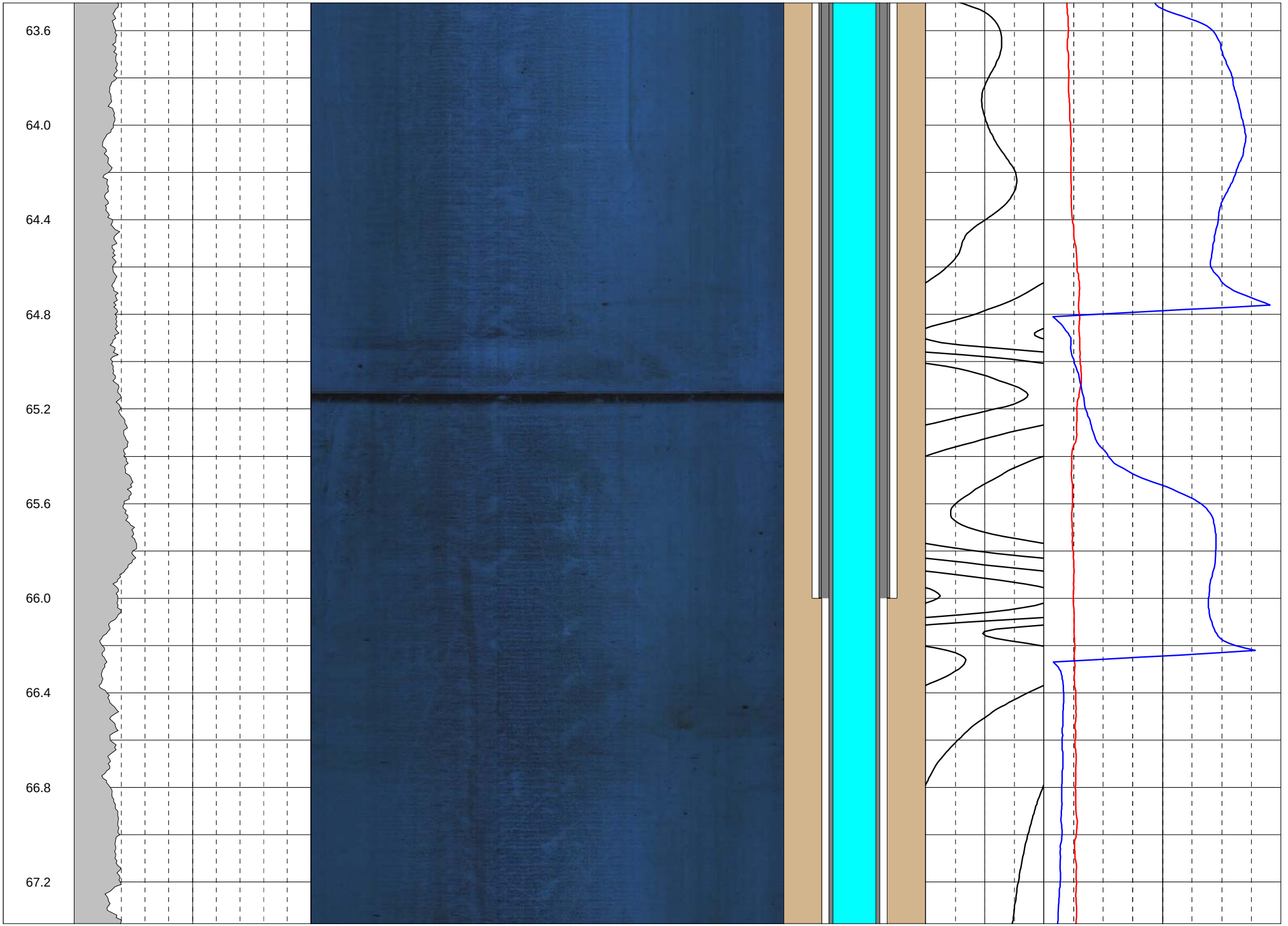

44.4
44.8
45.2
45.6
46.0
46.4
46.8
47.2
47.6

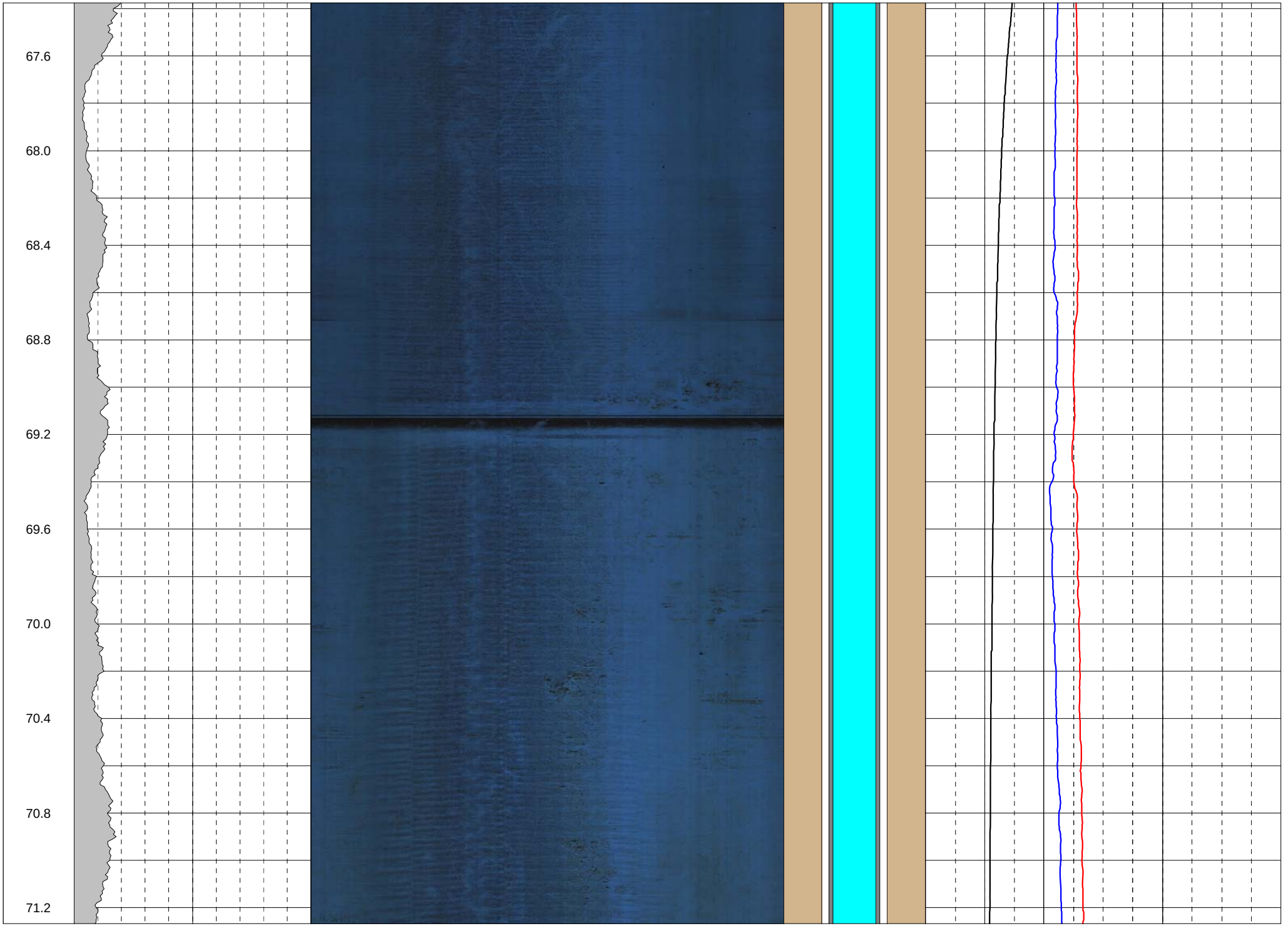

48.0
48.4
48.8
49.2
49.6
50.0
50.4
50.8
51.2
51.6

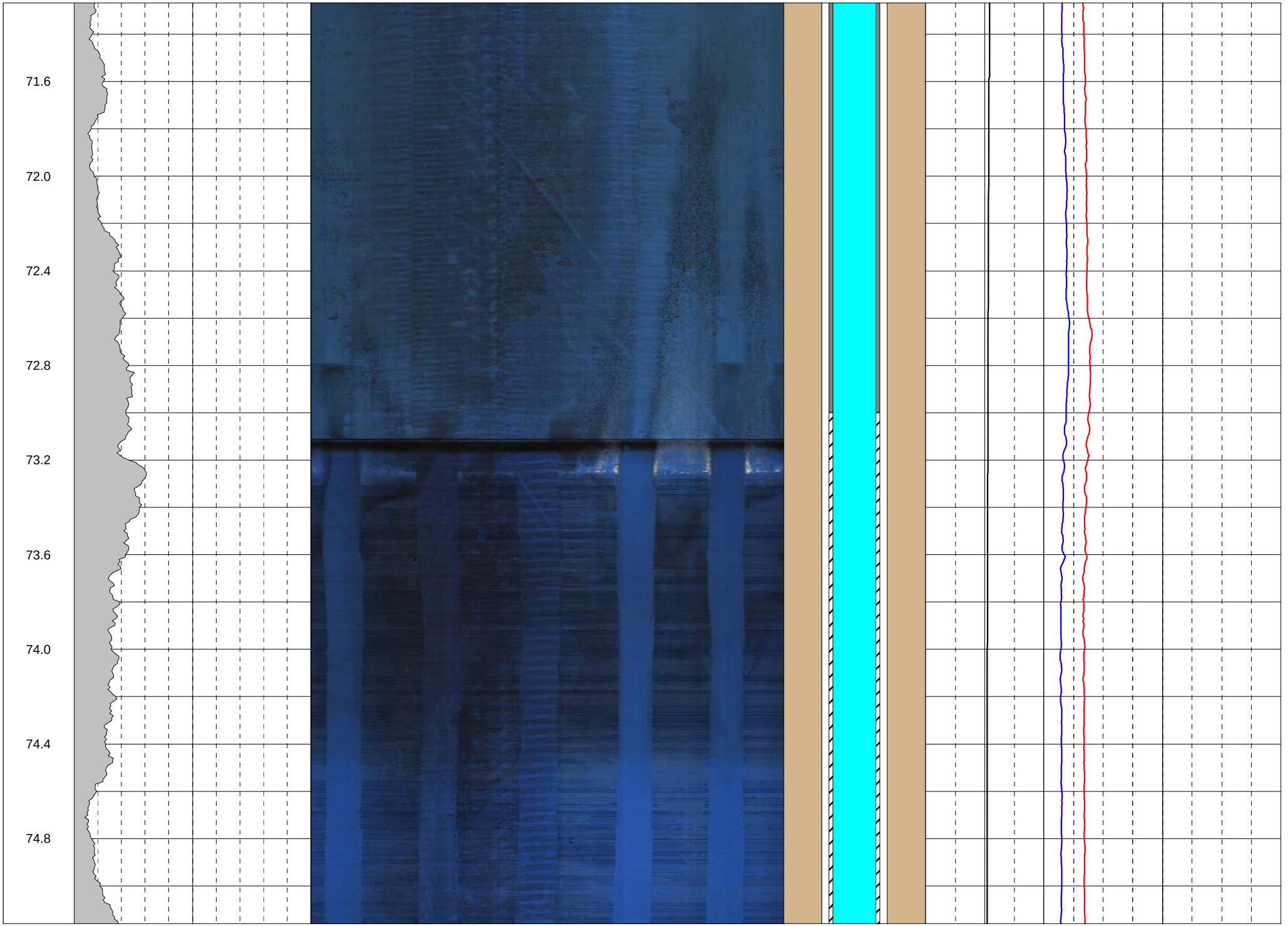

52.0
52.4
52.8
53.2
53.6
54.0
54.4
54.8
55.2
55.6

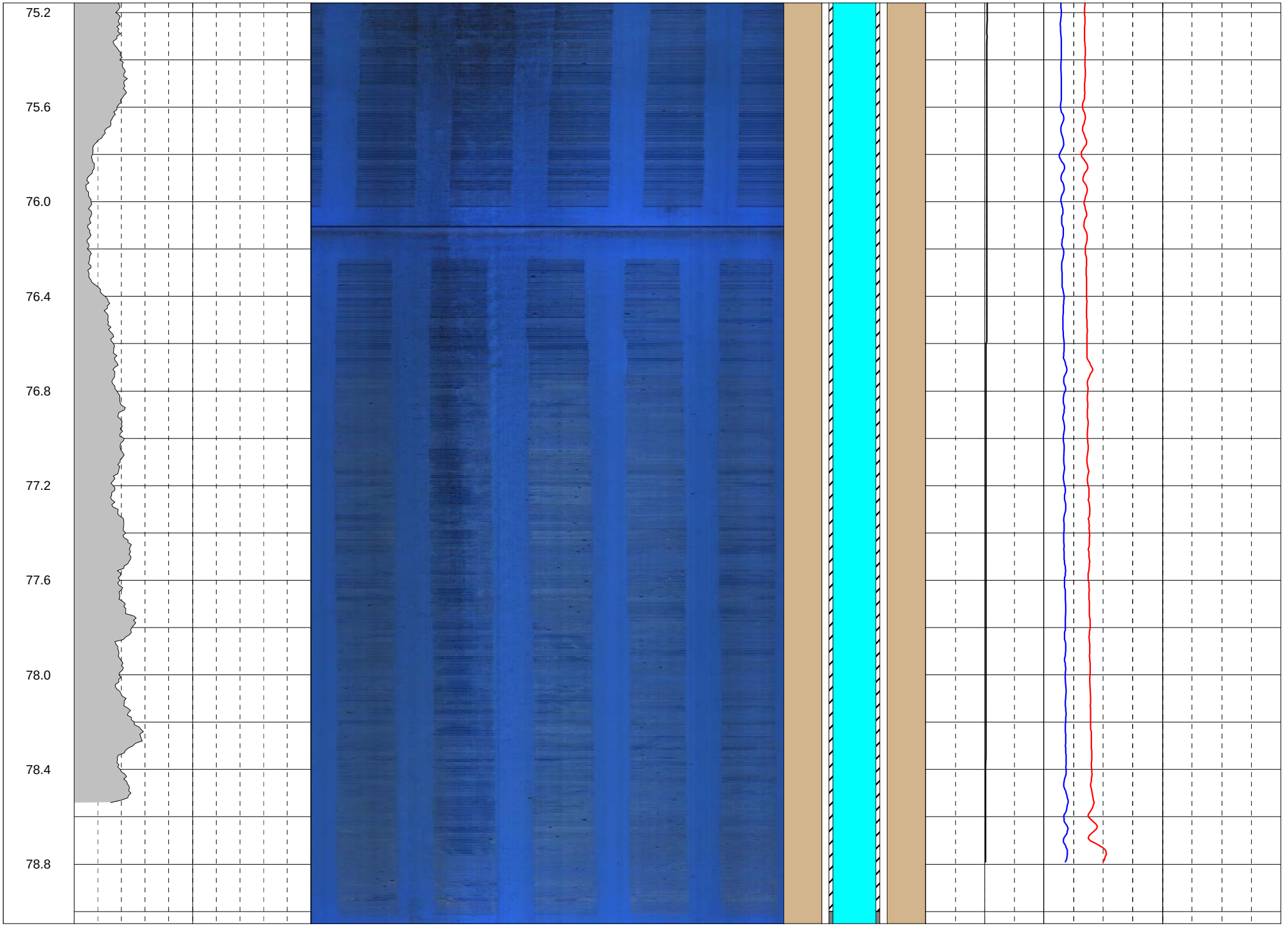

56.0
56.4
56.8
57.2
57.6
58.0
58.4
58.8
59.2

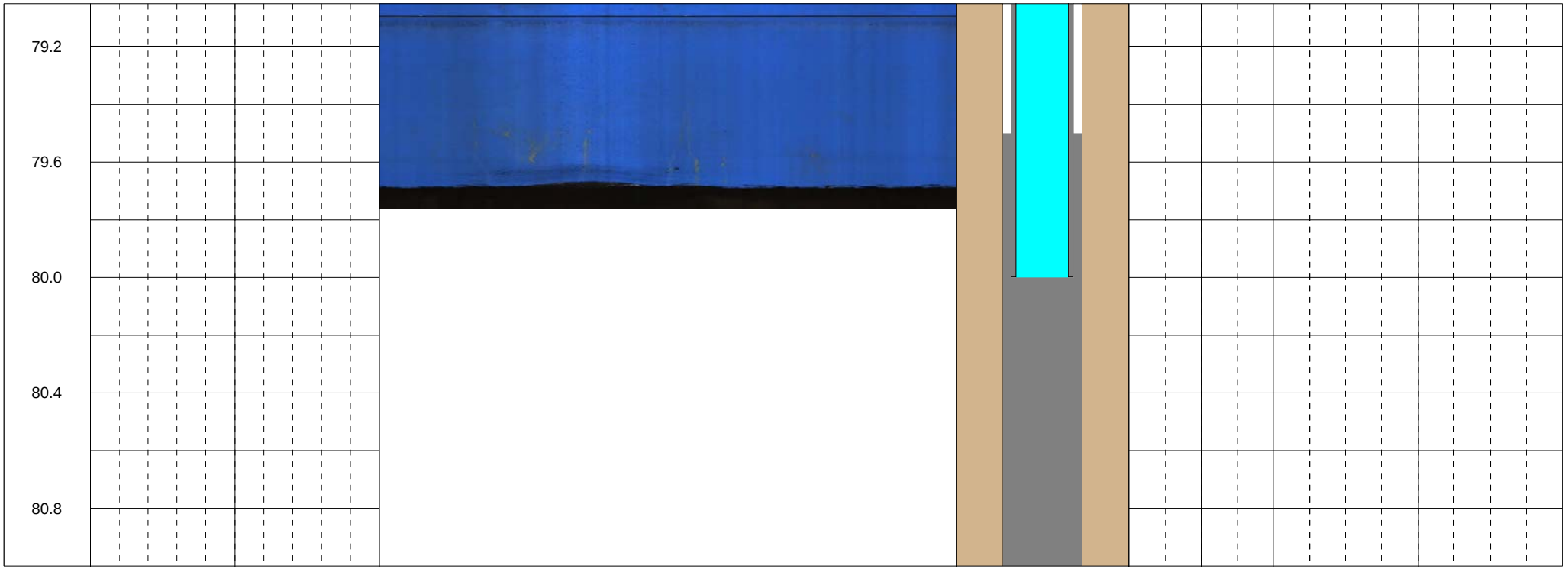

59.6
60.0
60.4
60.8
61.2
61.6
62.0
62.4
62.8
63.2


63.6
64.0
64.4
64.8
65.2
65.6
66.0
66.4
66.8
67.2


67.6
68.0
68.4
68.8
69.2
69.6
70.0
70.4
70.8
71.2


71.6
72.0
72.4
72.8
73.2
73.6
74.0
74.4
74.8


75.2
75.6
76.0
76.4
76.8
77.2
77.6
78.0
78.4
78.8


79.2
79.6
80.0
80.4
80.8

Bohrungskennung:GWM 1/13

Ort:	Zumhof
Auftraggeber:	Landratsamt Rems-Murr-Keis
Auftragsnehmer:	terratec Büro f. Geologie und Geophysik
Projekt:	Bohrlochmessungen Rudesberg / Zumhof
Durchfuehrung:	terratec, [redacted]
Messprogramm:	nat. Gamma-Ray, optischer Scan
Messbezug	Geländeoberkante
Teufe:	33.50 m
Ausbau:	0.0 - 27.0 m PVC Vollrohr DN125
	27.0 - 32.0 m PVC Filterrohr DN125
	32.0 - 33.0 m PVC Vollrohr DN125
Überstand:	0.0 m
Pumpdaten:	RWS: 21.54 m
Bemerkungen:	
Teufenskala:	(s. Spalte "depth")

Datum: 23-März-2013

terratec Geophysical Services

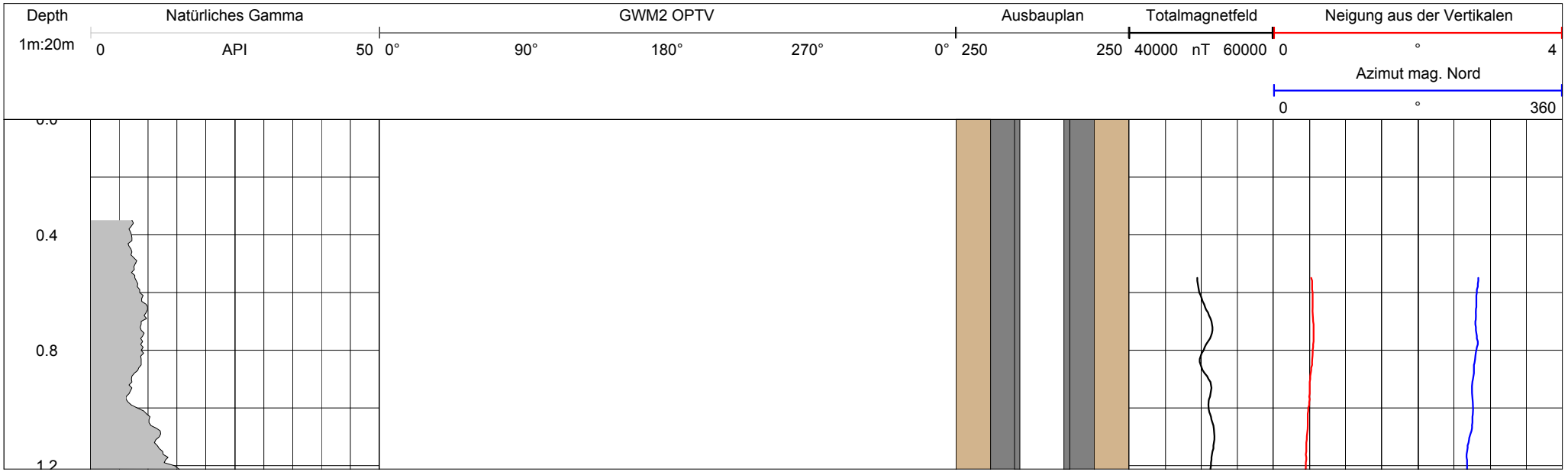
terratec
Schillerstrasse 3
D - 79423 Heitersheim
Germany

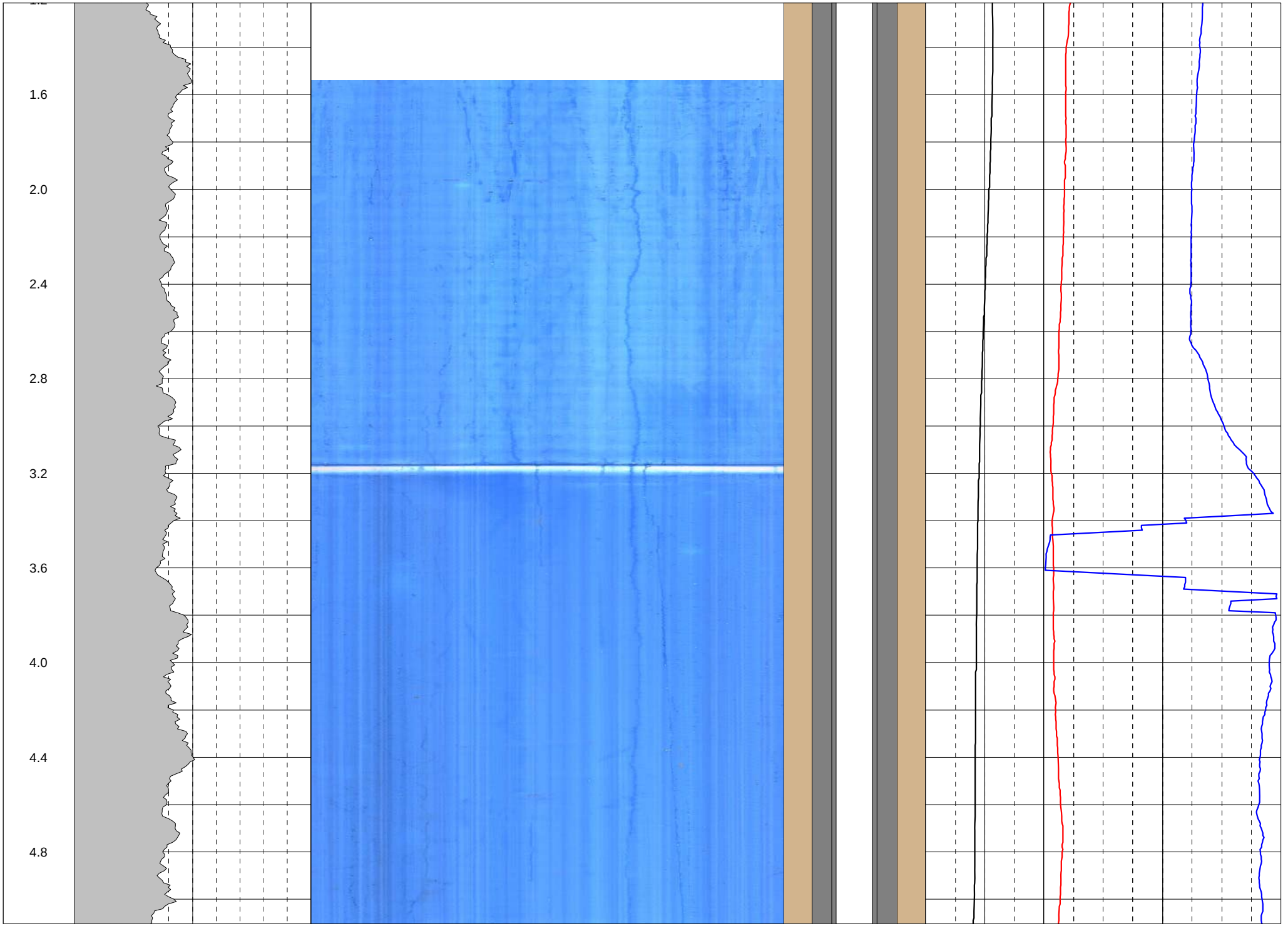
Phone (+49) 76 34 46 44
Fax (+49) 76 34 46 34

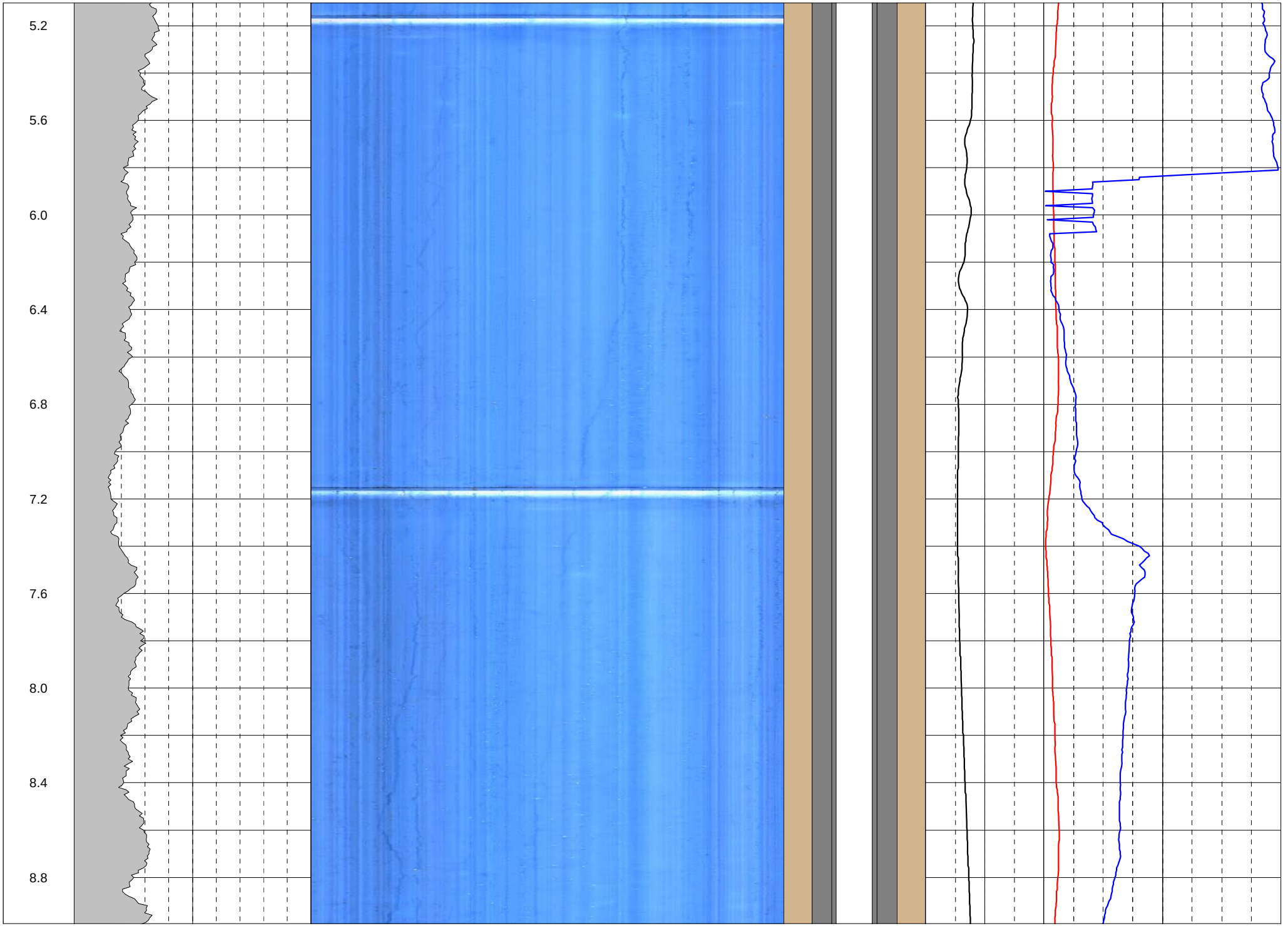
www.terratec-geoservices.com
info@terratec-geoservices.com

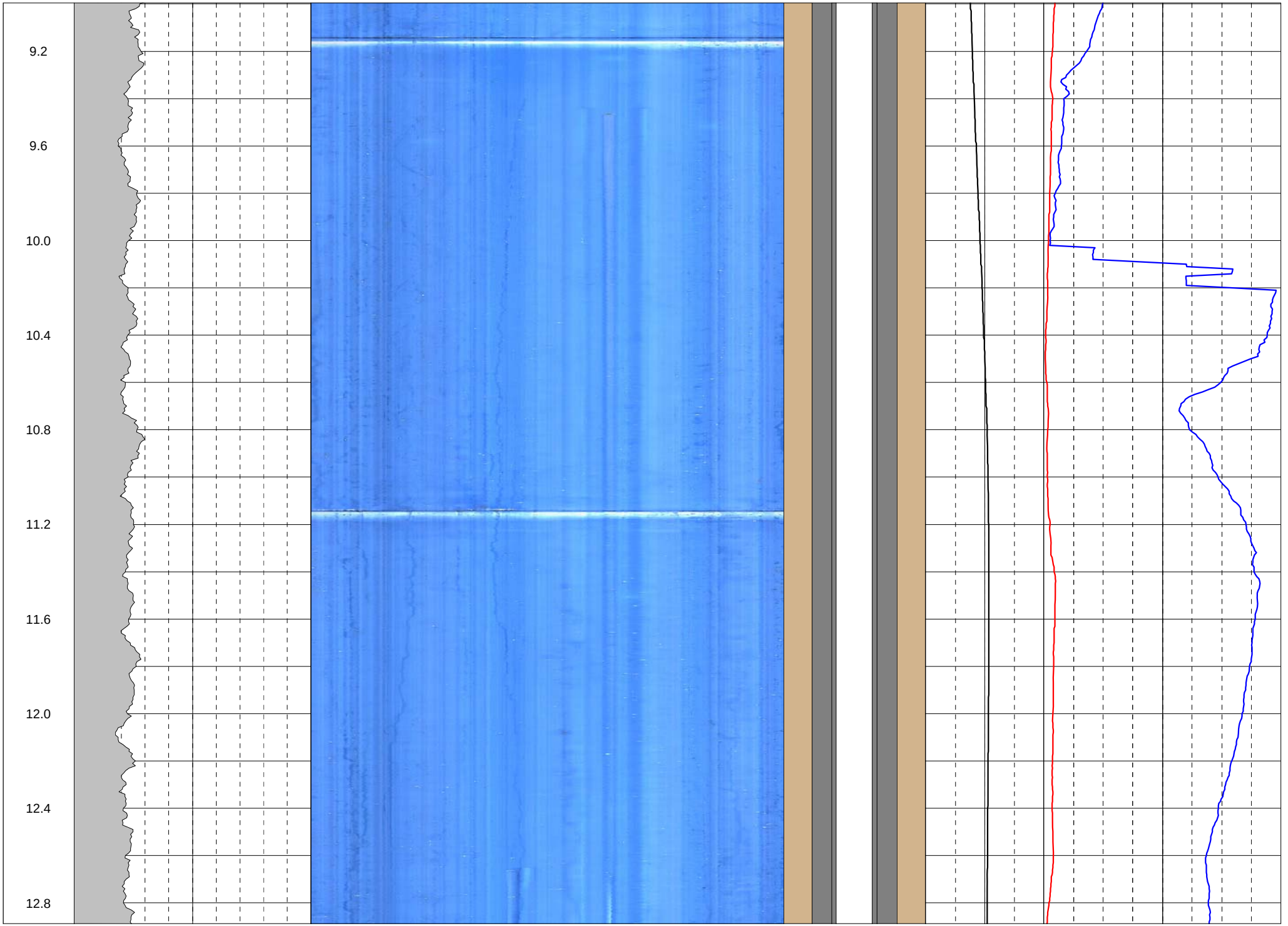
Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 15

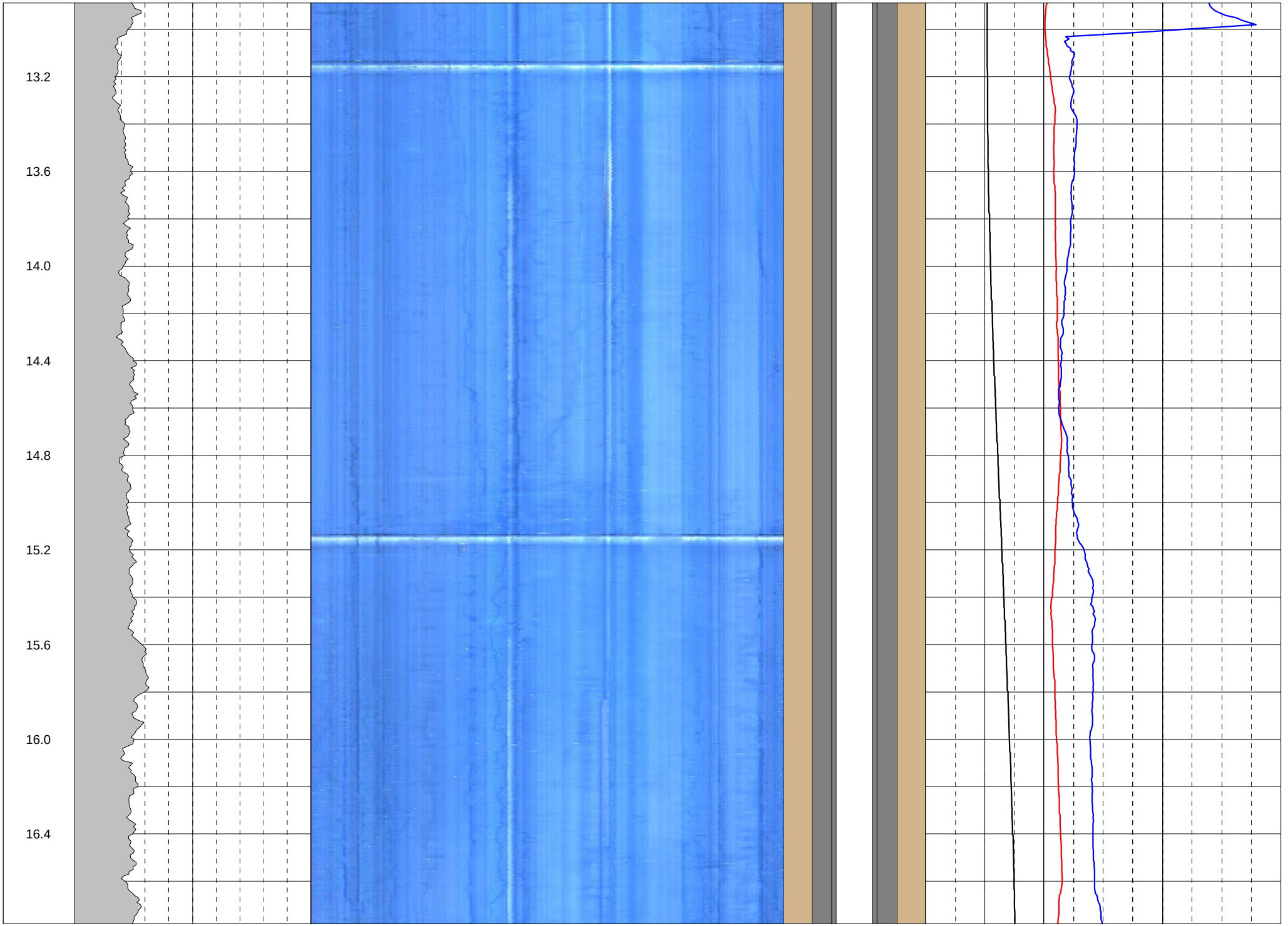
Pr.Nr.: 473 - 2013
PWS: Pumpwasserspiegel
RWS: Ruhewasserspiegel

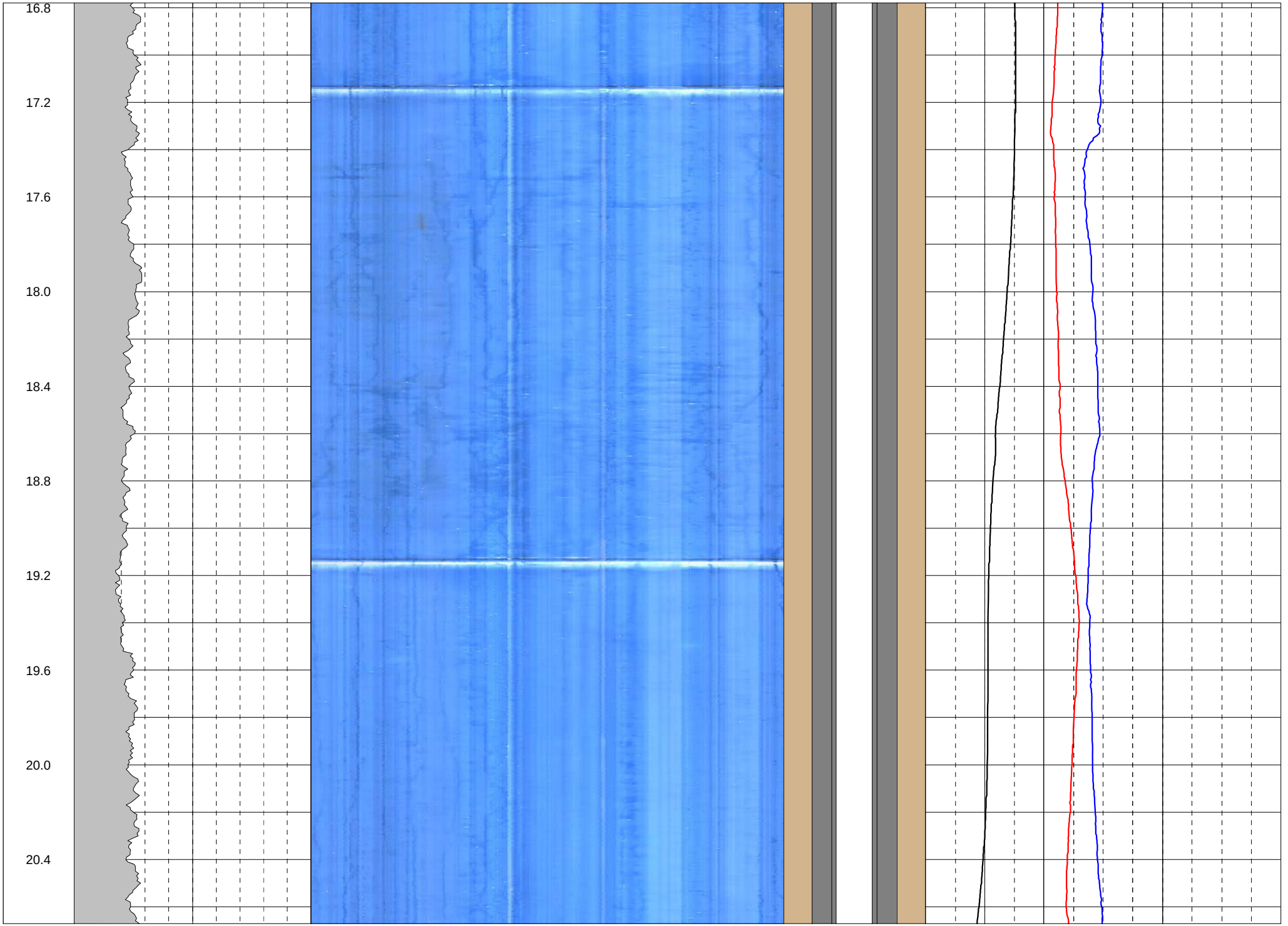


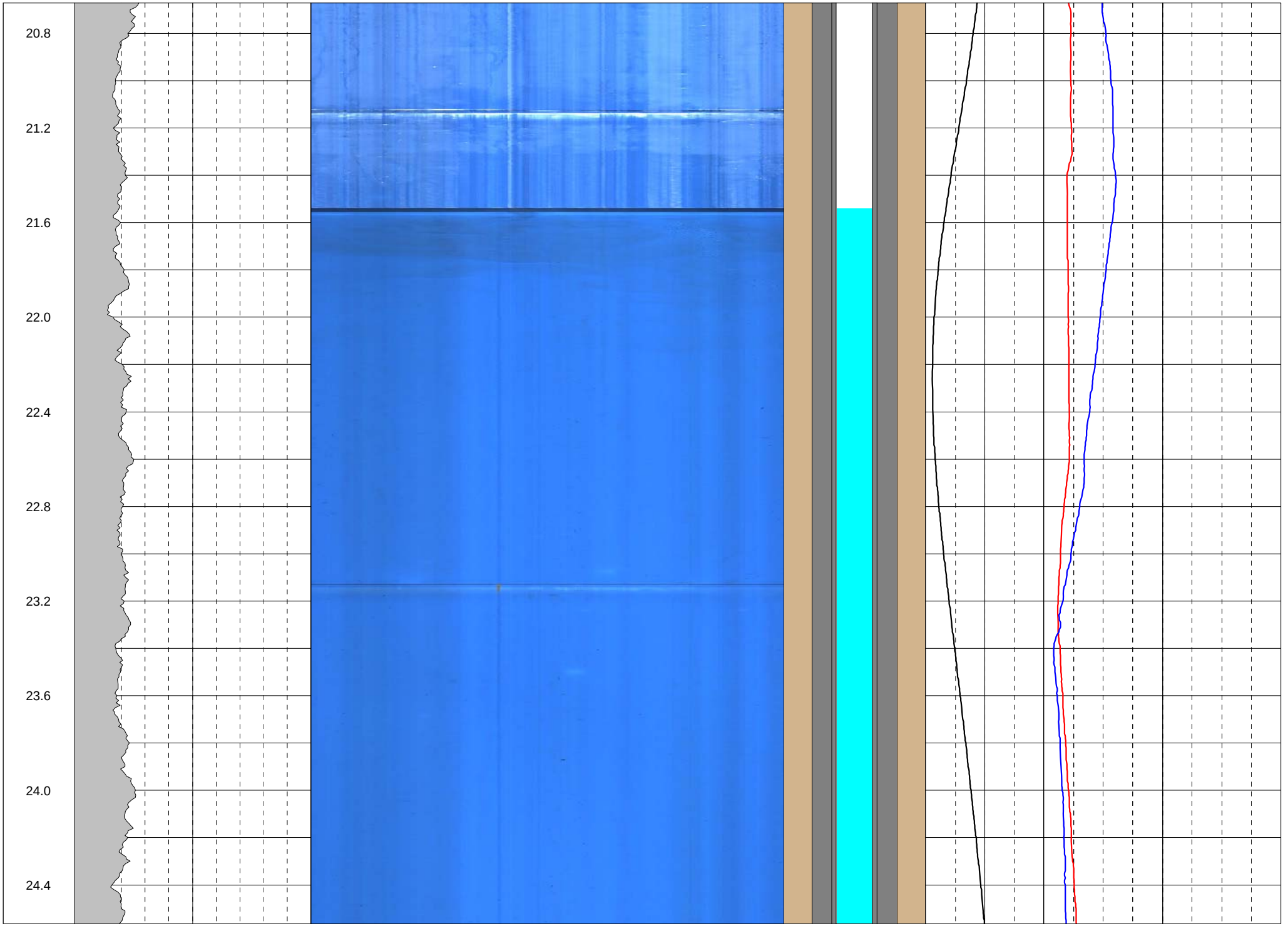

1.6
2.0
2.4
2.8
3.2
3.6
4.0
4.4
4.8

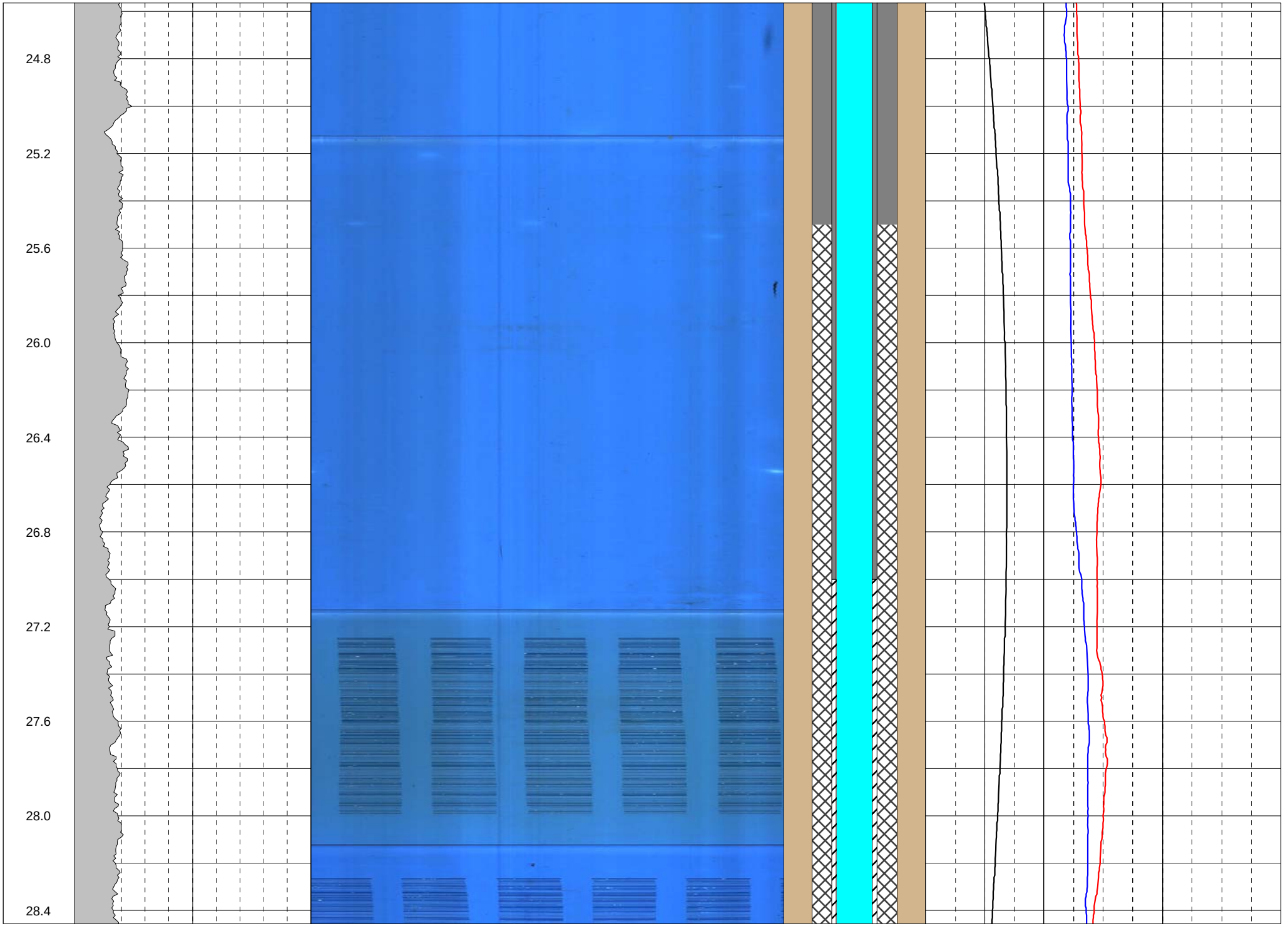

5.2
5.6
6.0
6.4
6.8
7.2
7.6
8.0
8.4
8.8

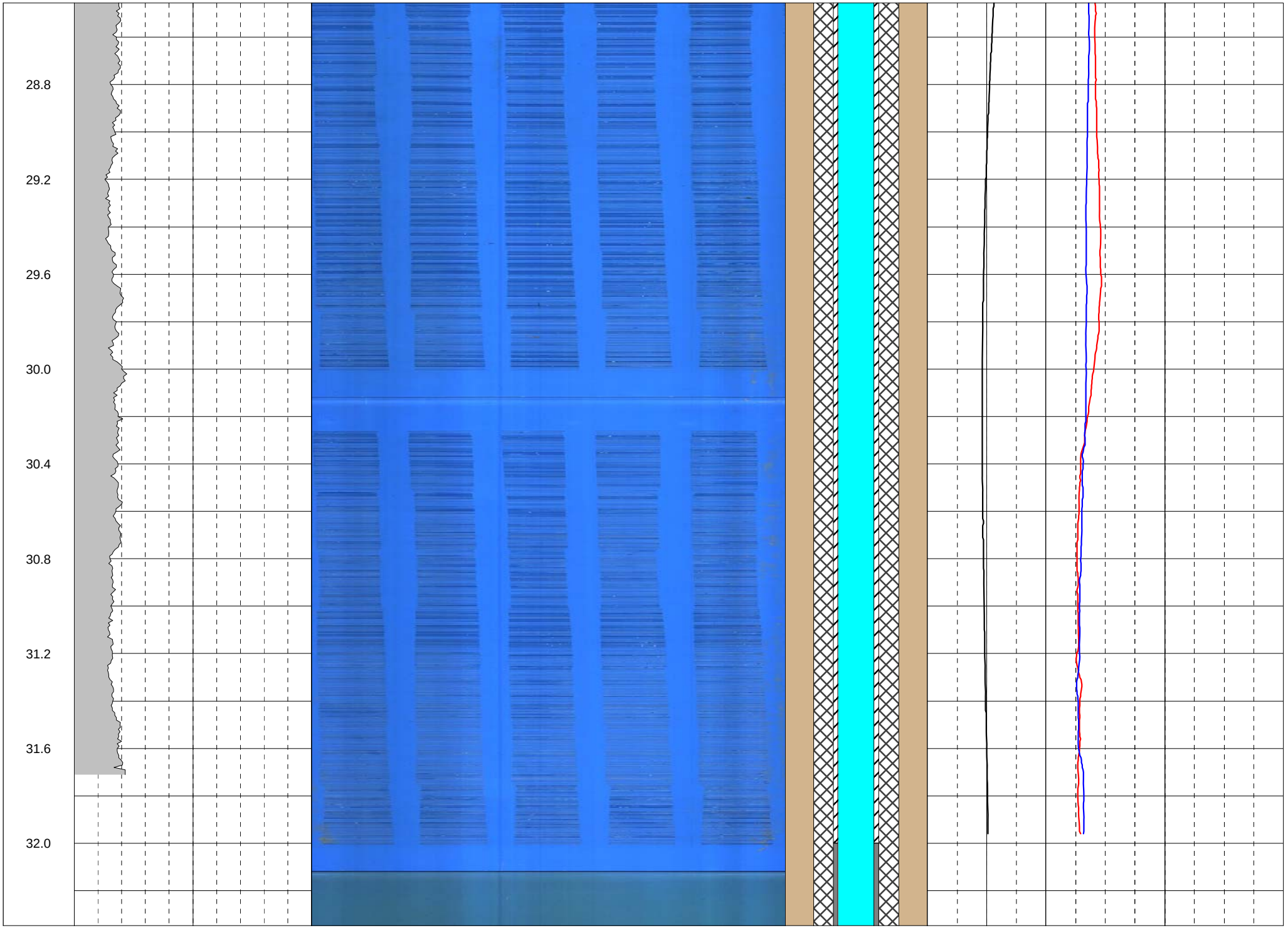

9.2
9.6
10.0
10.4
10.8
11.2
11.6
12.0
12.4
12.8

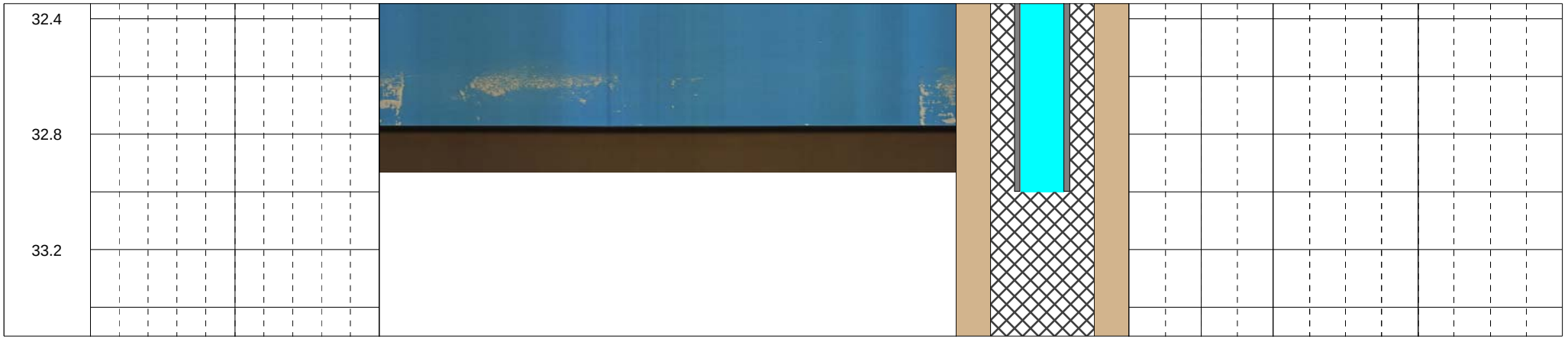

13.2
13.6
14.0
14.4
14.8
15.2
15.6
16.0
16.4


16.8
17.2
17.6
18.0
18.4
18.8
19.2
19.6
20.0
20.4


20.8
21.2
21.6
22.0
22.4
22.8
23.2
23.6
24.0
24.4


24.8
25.2
25.6
26.0
26.4
26.8
27.2
27.6
28.0
28.4


28.8
29.2
29.6
30.0
30.4
30.8
31.2
31.6
32.0


32.4
32.8
33.2

Bohrungskennung:Havarierte Bohrung

Ort:	Zumhof
Auftraggeber:	Landratsamt Rems-Murr-Keis
Auftragsnehmer:	terratec Büro f. Geologie und Geophysik
Projekt:	Bohrlochmessungen Rudesberg / Zumhof
Durchfuehrung:	terratec, [redacted]
Messprogramm:	nat. Gamma-Ray, akustischer Scan
Messbezug	Geländeoberkante
Teufe:	47.67 m
Ausbau:	ROK - 8.5 m Stahl Vollrohr 219 mm (a) 8.5 - 47.67 m offenes Bohrloch 178 mm
Überstand:	1.1 m (Oberkante Zange Bohrgerät)
Pumpdaten:	RWS: Spühlunsstand leicht fallend während der Messung (ca. 9 m)
Bemerkungen:	Zwei Messfahrten mit Scanner. 1. Fahrt mit Messbereich < 205 mm; 2. Fahrt mit Messbereich < 250 mm Schallphantom der Sonde liegt bei ca. 210 mm
Teufenskala:	(s. Spalte "depth")

Datum: 23-März-2013

terratec Geophysical Services

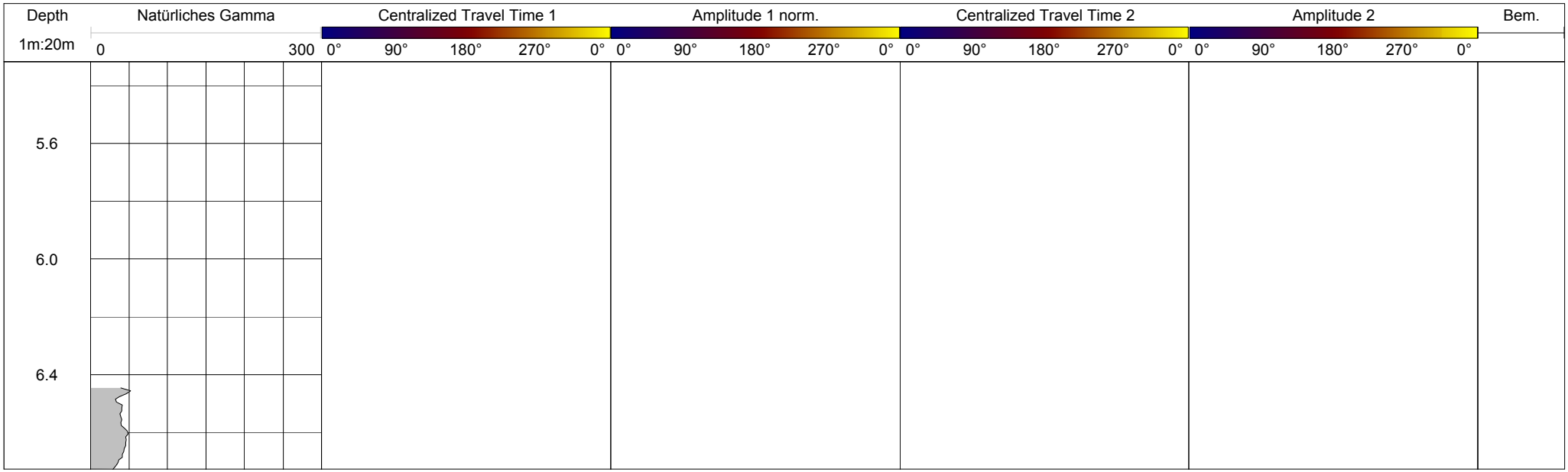
terratec
Schillerstrasse 3
D - 79423 Heitersheim
Germany

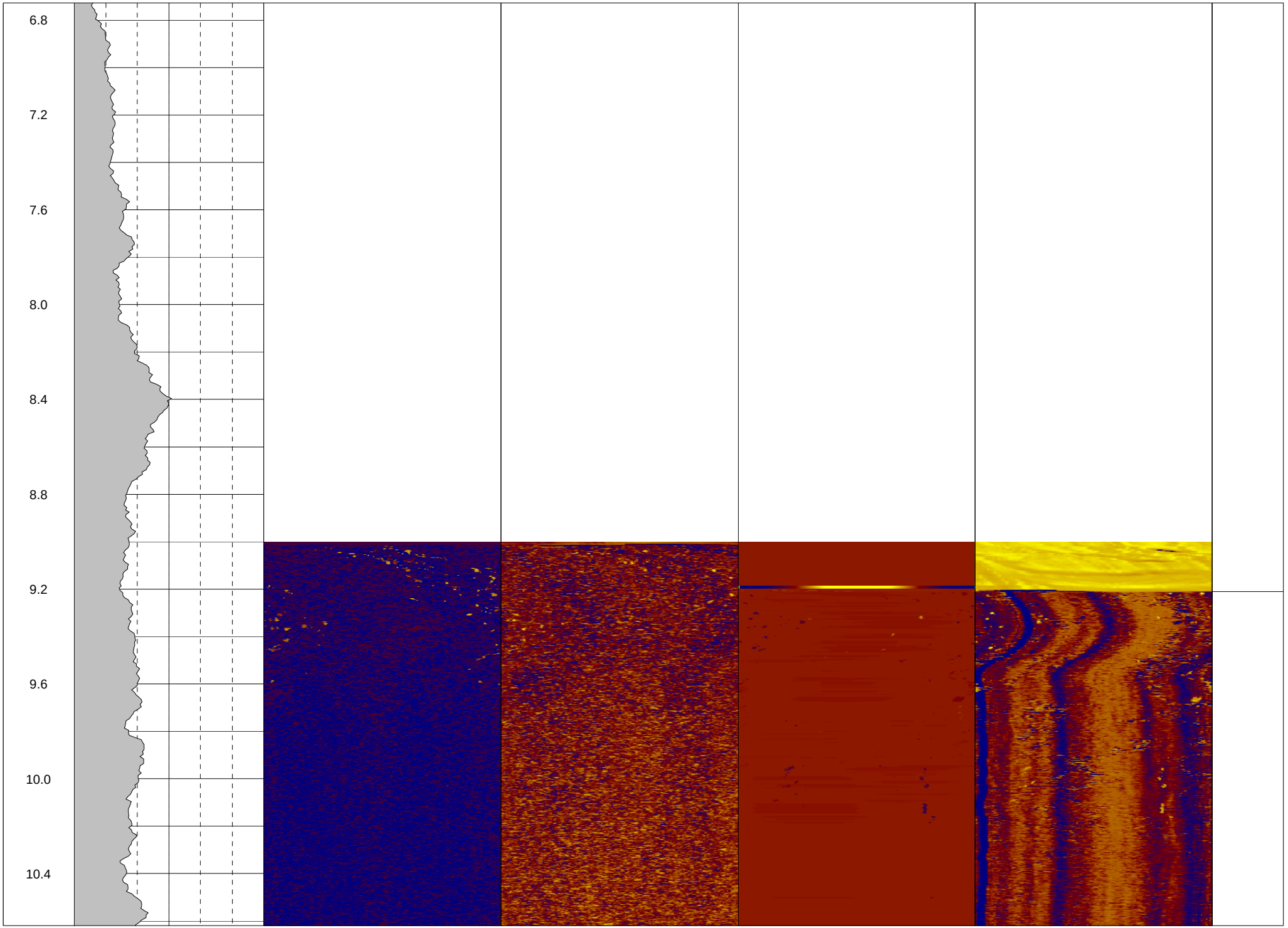
Phone (+49) 76 34 46 44
Fax (+49) 76 34 46 34

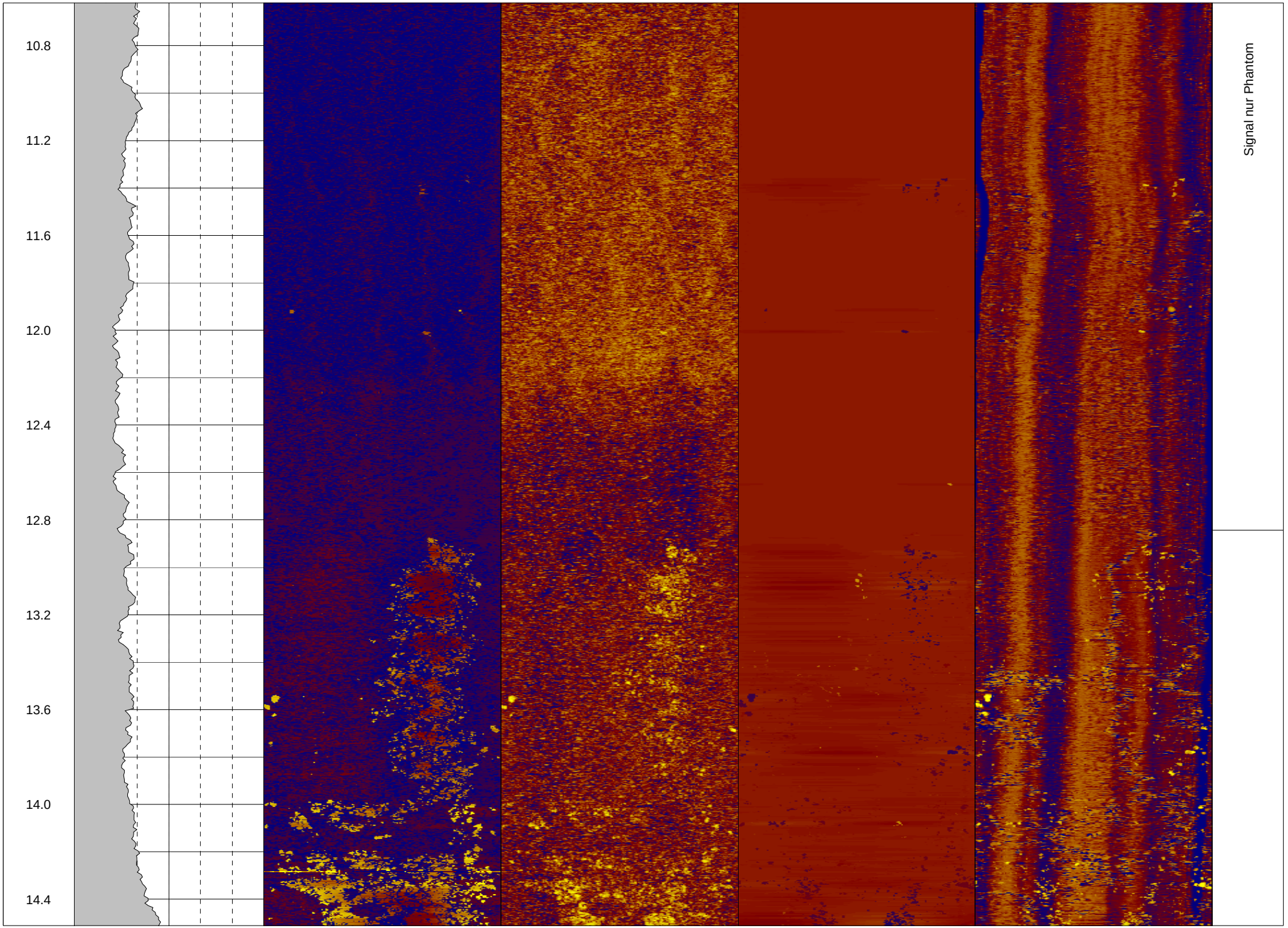
www.terratec-geoservices.com
info@terratec-geoservices.com

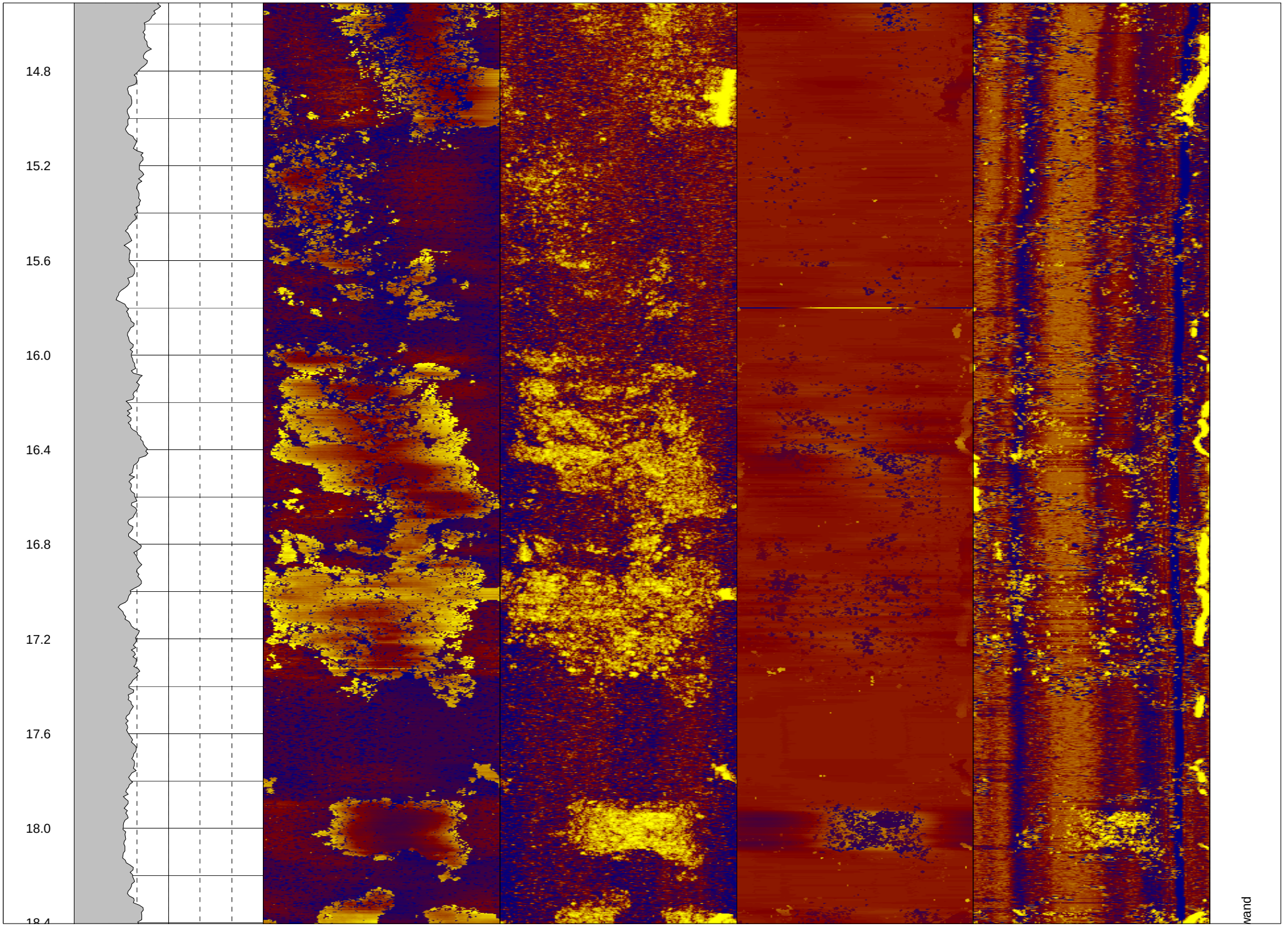
Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551
Anlage 16.1

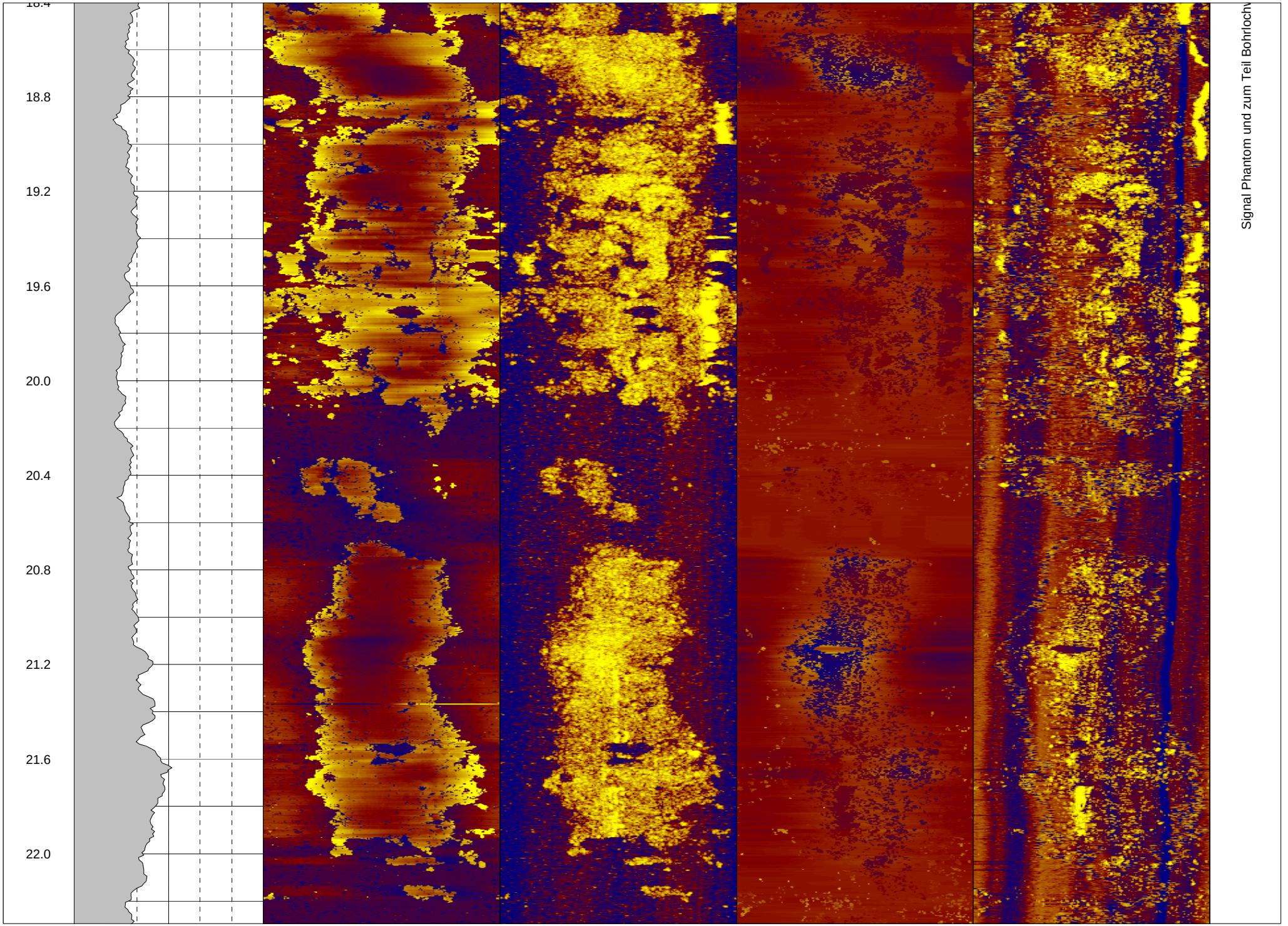
Pr.Nr.: 473 - 2013
PWS: Pumpwasserspiegel
RWS: Ruhewasserspiegel

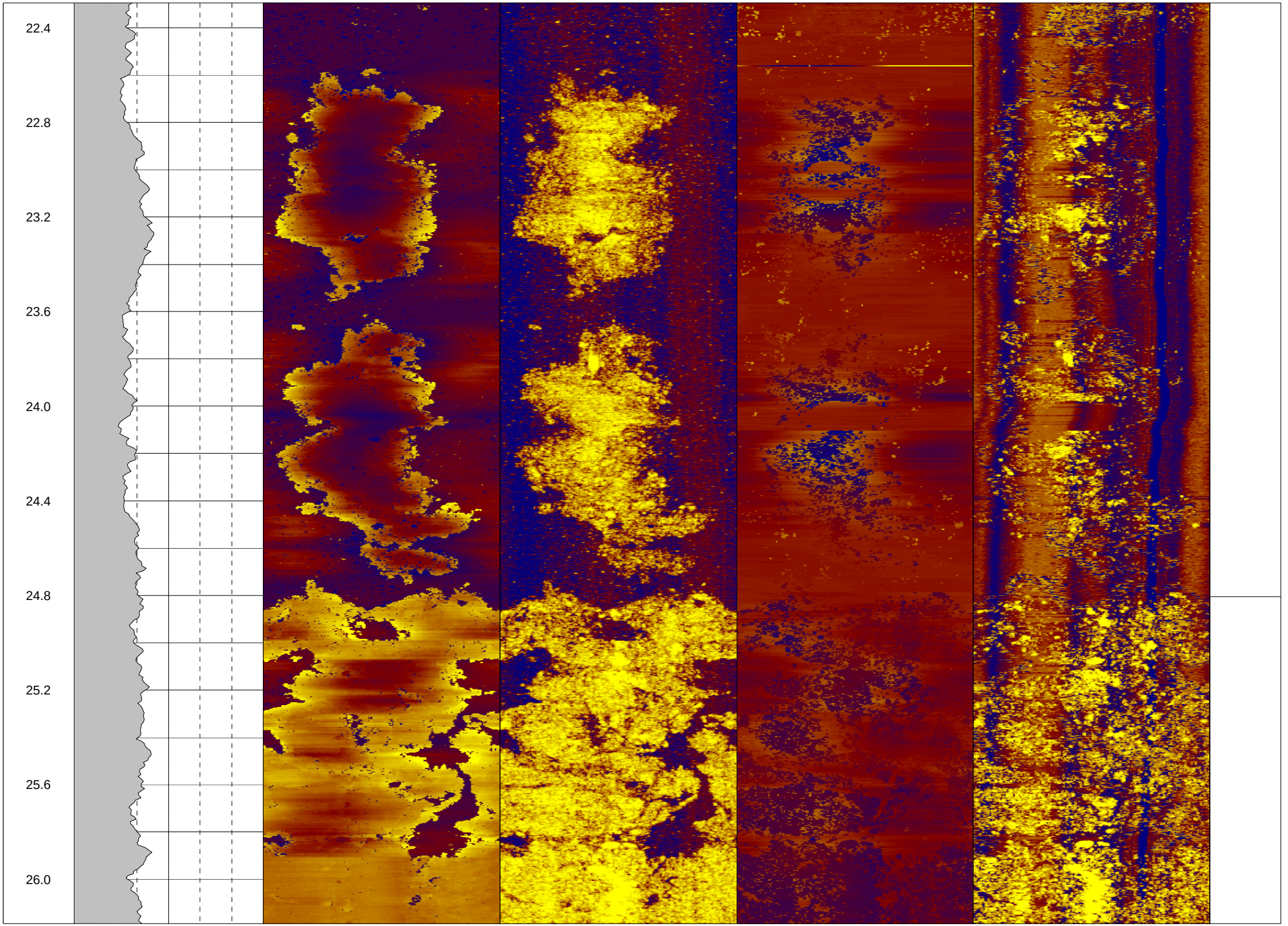


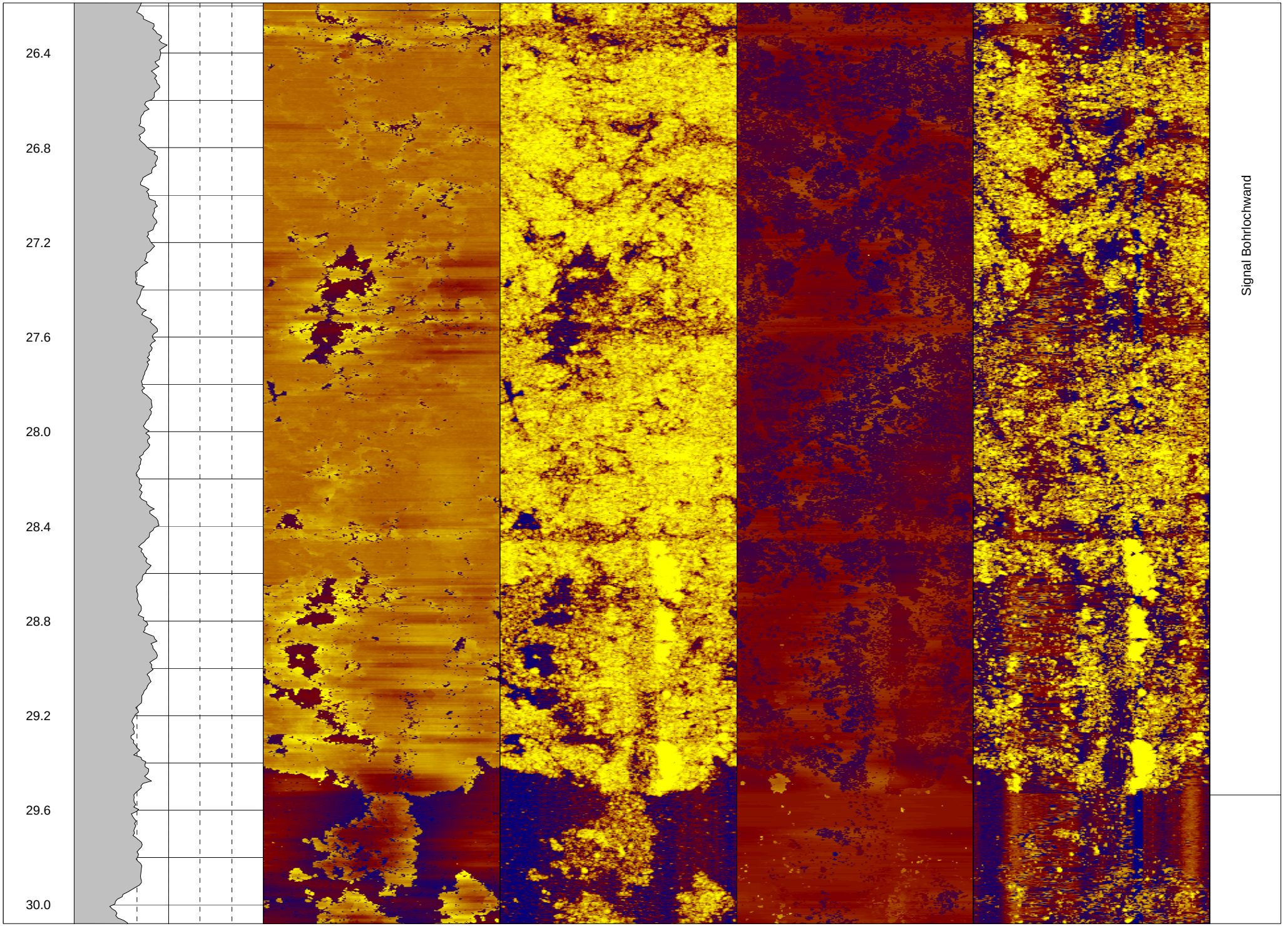

6.8
7.2
7.6
8.0
8.4
8.8
9.2
9.6
10.0
10.4

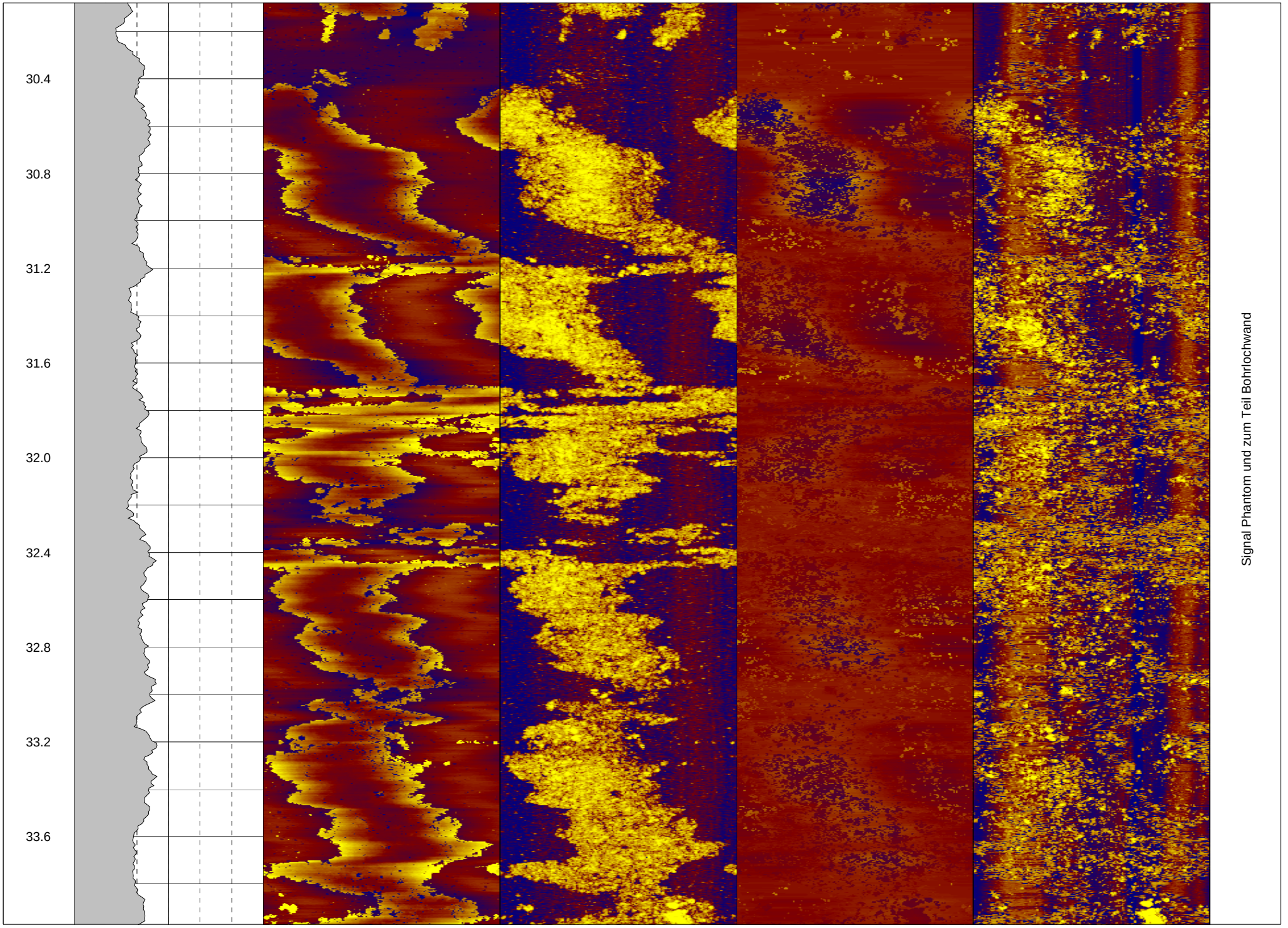

10.8
11.2
11.6
12.0
12.4
12.8
13.2
13.6
14.0
14.4
Signal nur Phantom

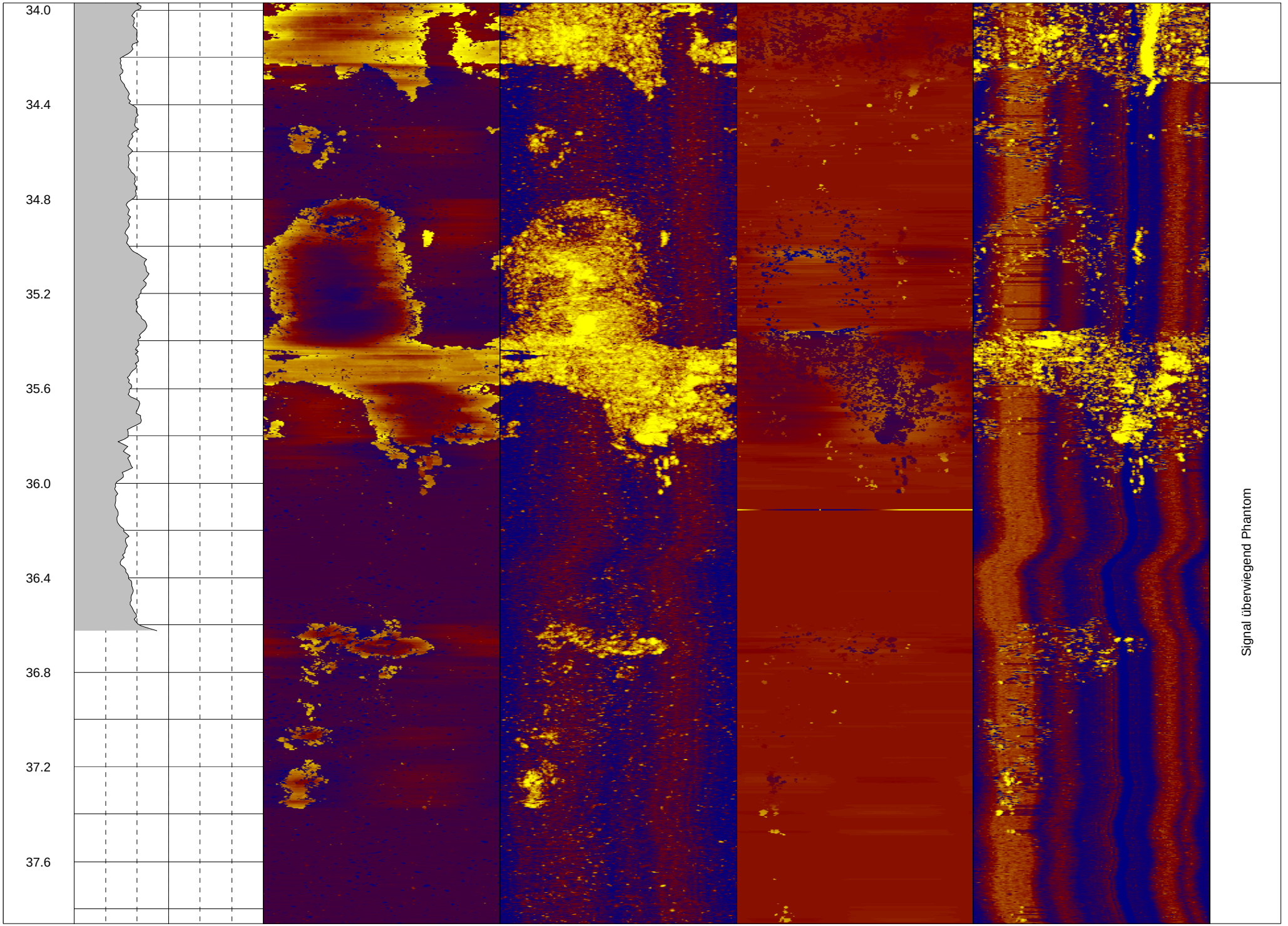

14.8
15.2
15.6
16.0
16.4
16.8
17.2
17.6
18.0
18.4
wand

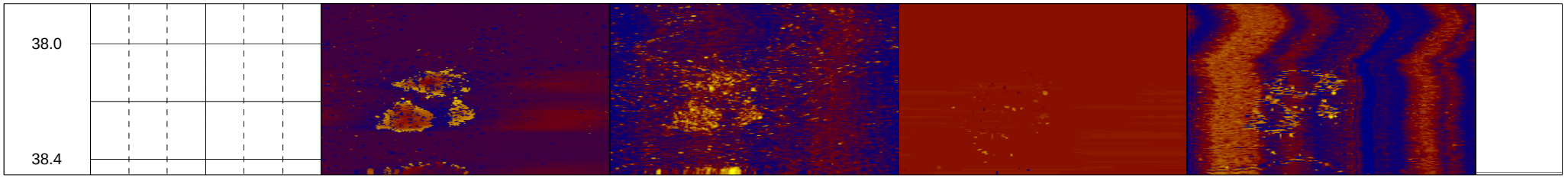

18.4
18.8
19.2
19.6
20.0
20.4
20.8
21.2
21.6
22.0
Signal Phantom und zum Teil Bohrloch


22.4
22.8
23.2
23.6
24.0
24.4
24.8
25.2
25.6
26.0


26.4
26.8
27.2
27.6
28.0
28.4
28.8
29.2
29.6
30.0
Signal Bohrlochwand


30.4
30.8
31.2
31.6
32.0
32.4
32.8
33.2
33.6
Signal Phantom und zum Teil Bohrlochwand


34.0
34.4
34.8
35.2
35.6
36.0
36.4
36.8
37.2
37.6
Signal überwiegend Phantom

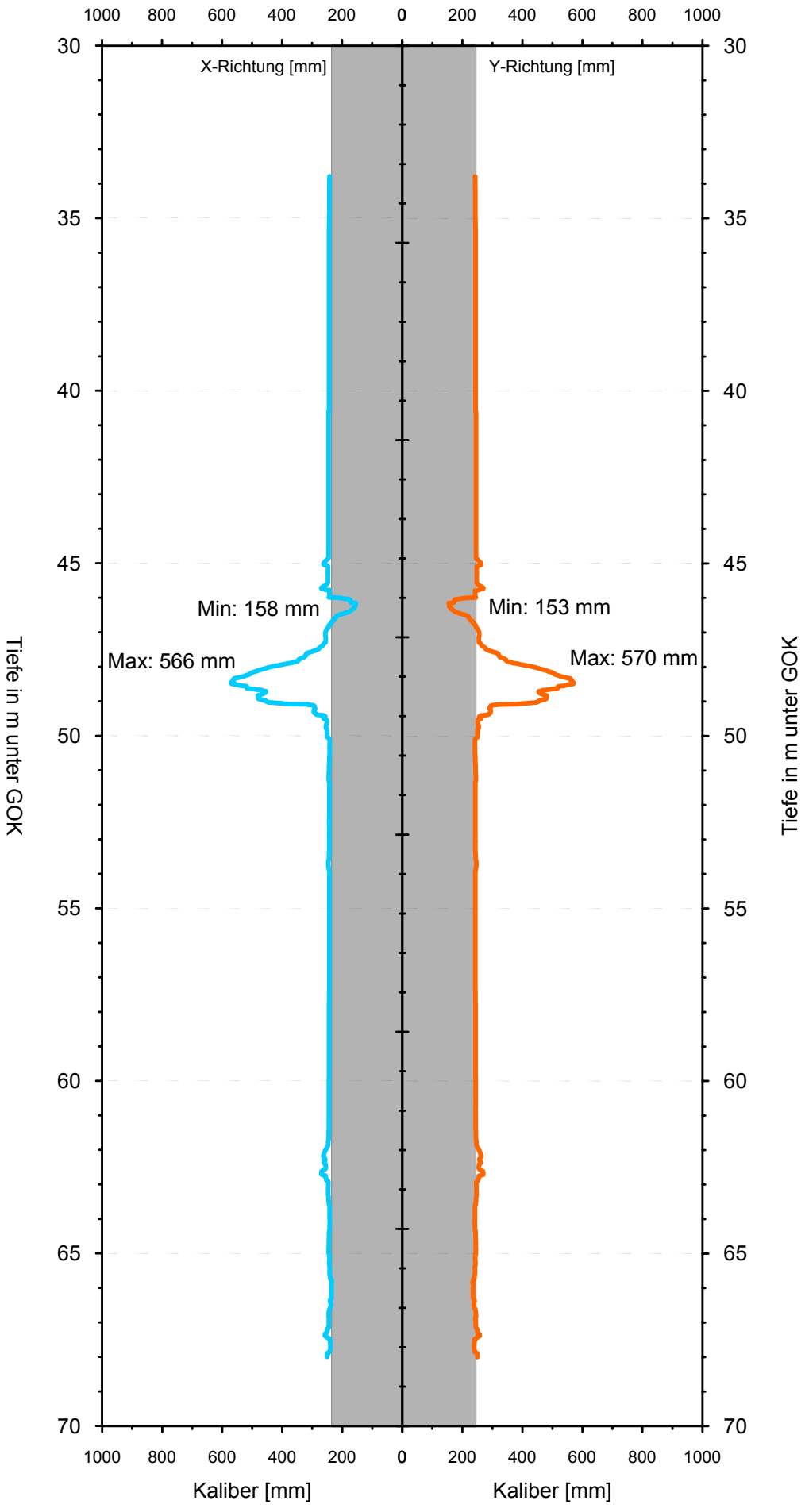

38.0
38.4

Geophysikalische Bohrlochvermessung

Brunnen:	Alte EWS	Projekt:	Bergung altes Gestänge	Geologie:	km1
Bohrdurchmesser:	215 mm	Ort:	Rudersberg	Wasserspiegel:	-Spülung-
Teufe:	68 m u. GOK	Datum:	19.04.2013	ausgeführt durch:	[redacted]

André Voutta (Dipl.-Geol.)
Grundwasserhydraulik

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof
LGRB Az. 4764//13 6551, Anlage 16.2



BOHRLOCHMESSUNGEN
EWS1, EWS2 und EWS3
in Rudersberg/Zumhof

01. Juni 2012

Projekt:	Schadenserkundung EWS Zumhof
Pr.-Nr. (terratec):	438_2012
Auftraggeber:	Fa. Pfeil
Auftragnehmer:	terratec Büro für Geologie und Geophysik, D - 79423 Heitersheim
Durchführung:	[redacted]
Zeitraum:	01. Juni 2012
Berichtsdatum:	11. Juli 2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 3
1.1. Allgemeines 3
1.2. Aufgabenstellung 3
1.3. Angewandte Methoden 3
1.3.1 Mini-Verlaufssonde (miniDEV) 3
1.3.2 Mini-Temperatur-Gammasonde (MGAMT) 3
1.3.3 Mini-Bohrlochkamera 3
2. Ergebnisse 5
2.1 EWS 1 5
2.1.1 Ablauf der Messungen 5
2.1.2 Beschreibung der Ergebnisse 5
2.1.2.1 EWS1 Verlauf 5
2.1.2.2. EWS1 Gammalog 5
2.1.2.3. EWS1 Temperaturlog 5
2.2 EWS 2 6
2.2.1 Ablauf der Messungen 6
2.2.2 Beschreibung der Ergebnisse 6
2.2.2.1 EWS2 Verlauf 6
2.2.2.2. EWS2 Gammalog 6
2.2.2.3. EWS2 Temperaturlog 6
2.3 EWS 3 7
2.3.1 Ablauf der Messungen 7
2.3.2 Beschreibung der Ergebnisse 7
2.3.2.1 EWS3 Verlauf 7
2.3.2.2. EWS3 Gammalog 7
2.3.2.3. EWS3 Temperaturlog 7
2.4 BH04 8
2.4.1 Ablauf der Messungen 8
2.4.2 Beschreibung der Ergebnisse 8

Anlage:

- Logs:
  - Gamma/Temperatur EWS1
  - Verlauf EWS1
  - Gamma/Temperatur EWS2
  - Verlauf EWS2
  - Gamma/Temperatur EWS3
  - Verlauf EWS3
- techn. Datenblatt:
  - miniDEV
  - MGAMT
- DVD :
  - Bohrlochvideo: bh04.wmv
  - Bericht als .pdf
  - Logs als .pdf

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Der vorliegende Bericht beschreibt die Durchführung und die Ergebnisse der geophysikalischen Bohrlochmessungen in den Erdwärmesonden (EWS) 1, 2 und 3 sowie eine Minikamerabefahrung eines verlorenen Bohrstranges in der Bohrung 04 in Rudersberg/Zumhof.
Auftraggeber für die Messungen ist die Firma Pfeil in Althütte. Auftragsnehmer ist die Fa. Terratec Büro f. Geologie u. Geophysik, D - 79423 Heitersheim. Die Messungen wurden am 01. Juni 2012 durchgeführt.
Die Wärmepumpe wurde ca. 24 Stunden vor den Messungen abgeschaltet.

1.2. Aufgabenstellung

Das Ziel der Messungen war die tiefenbezogene Erfassung der Temperatur im Glycolfluid der EWS und der natürlichen Gammastrahlung des die EWS umgebenden Gebirges. Des Weiteren sollte die Raumlage der EWS-Bohrungen im Untergrund bestimmt werden. Zudem sollte die Innenwand eines verlorenen Bohrstranges auf Auffälligkeiten kontrolliert werden.

1.3. Angewandte Methoden

1.3.1 Mini-Verlaufssonde (miniDEV)

Um den Verlauf der Bohrungen an sich zu messen wird ein EWS-Strang mit der Mini-Verlaufssonde befahren. In der Messsonde befinden sich ein 3-achs Accelerometer und ein 3-achs Magnetometer. Mit dem Accelerometer wird die Neigung gegen die Vertikale ermittelt, mit dem Magnetometer die Richtung im Erdmagnetfeld, also der Azimuth (Abweichung zu magnetisch Nord) bestimmt. Die Präzision der Sensoren beträgt ± 1° für die Neigung und ± 2° für den Azimuth.

1.3.2 Mini-Temperatur-Gammasonde (MGAMT)

Die MGAMT Sonde misst den Gammazerfall natürlich auftretender Elemente in Total Counts CPS (Counts per second).
Die eintreffenden Gammaquanten treffen hier auf einen Kristall, der die Strahlung in energiereiche Photonen umwandelt. Daraus entstehen während der Messung Lichtblitze, die elektronisch verstärkt und somit detektiert werden.
Zusätzlich erfasst ein Thermoelement die Temperatur des Fluids im befahrenen Sondenstrang.

1.3.3 Mini-Bohrlochkamera

Zur Befahrung des verlorenen Bohrstranges wurde eine Mini-Bohrlochkamera mit einem Außendurchmesser von 20 mm eingesetzt mit der sowohl Videoaufzeichnungen als auch Standbildaufnahmen möglich sind.

Abkürzung / Spaltenbezeichner	Erläuterung
Neigung aus der Vertikalen	Neigung der Bohrung gegenüber der Lotrechten in Grad
Azimuth	Richtung der Bohrung gegen geographisch Nord in Grad
Northing	Abweichung der Bohrung von der Lotrechten nach geographisch Nord in Meter
Easting	Abweichung der Bohrung von der Lotrechten nach geographisch Ost in Meter
TVD	True Vertical Depth; Bohrungstiefe in der Lotrechten
Natürliche Gammastrahlung (Gebirge)	Natürliche Gammastrahlung des Gebirges in CPS
Temperatur	Temperatur der Flüssigkeit im Sondenstrang in °C

Als **Messbezug** für die Bohrungen wurde die **Schachtoberkante** verwendet, welche der **Geländeoberkante** (GOK) entspricht.

2. Ergebnisse

2.1 EWS 1

2.1.1 Ablauf der Messungen

Zeitliche Abfolge der Messungen in Klammern
Datum des Messeinsatzes: 01 Juni 2012
Messtiefe Strang 1 miniDEV: 65.22 m (1)
Messtiefe Strang 1 MGAMT: 19.59 m (2)
DN32 PE

2.1.2 Beschreibung der Ergebnisse

2.1.2.1 EWS1 Verlauf

Die gemessenen Neigungswerte sind im tiefenbezogenen 2D Plot unruhig und bewegen sich, mit Ausnahme eines Ausreißers, zwischen 0° und 15°.
Ähnlich unruhig verhalten sich die Azimutwerte.
Dies liegt an dem sogenannten Verseilungseffekt der PE Rohre nach ihrem Einbau in das Bohrloch.
Betrachtet man die aus der Neigung und dem Azimut gerechneten Daten für Easting, Northing und das Bullseye Diagramm, so zeigt die Bohrung generell nach 250°, also nach W. Sie hat einen Knick bei 38 m Tiefe. Bis zu dieser Tiefe verläuft die Bohrung mit einem Einfallswinkel von ~ 7° nach W, ab dieser Tiefe verläuft sie mit einem Einfallswinkel von ~5° nach E.
Die maximale Entfernung der Bohrung vom Bohransatzpunkt liegt mit 1.58 m nach 254° bei 37.87 m Tiefe.
Bei der Endiefe liegt die Bohrung bei 0.59 m nach 246°.
Der Knick in der Bohrung reflektiert unter Umständen die Schutzrohrtiefe während der Bohrarbeiten. Dies ist vom Kunden zu verifizieren.

2.1.2.2. EWS1 Gammalog

Das tiefenbezogene Log zeigt mittlere Werte um 6 cps. Erhöhte Werte, welche für wasserstauende Horizonte sprechen finden sich bei 7.5 m, 11.3 m, 13.5 m, 14.7 m, 17 m und 19.2 m.

2.1.2.3. EWS1 Temperaturlog

Vom Beginn der Messung bei 3.09 m fällt die Temperatur zunächst von 9.7°C auf 8.7°C bei 7.3 m. Daraufhin bleibt sie bis 13.5 m relativ konstant. Ab dort steigt sie auf 9.7°C bei 18.07 m um bis zum Ende der Messung bei 19.59 m auf 9.4°C zu fallen.

2.2 EWS 2

2.2.1 Ablauf der Messungen

Zeitliche Abfolge der Messungen in Klammern
Datum des Messeinsatzes: 01 Juni 2012
Messtiefe Strang 4 miniDEV: 68.71 m (5)
Messtiefe Strang 1 MGAMT: 8.29 m (1)
Messtiefe Strang 2 MGAMT: 9.03 m (2)
Messtiefe Strang 3 MGAMT: 12.32 m (3)
Messtiefe Strang 4 MGAMT: 21.73 m (4)
DN32 PE

2.2.2 Beschreibung der Ergebnisse

2.2.2.1 EWS2 Verlauf

Die gemessenen Neigungswerte sind im tiefenbezogenen 2D Plot unruhig und bewegen sich, mit Ausnahme von 6 Ausreißern, zwischen 0° und 10°.
Ähnlich unruhig verhalten sich die Azimutwerte.
Dies liegt an dem sogenannten Verseilungseffekt der PE Rohre nach ihrem Einbau in das Bohrloch.
Betrachtet man die aus der Neigung und dem Azimut gerechneten Daten für Easting, Northing und das Bullseye Diagramm, so zeigt die Bohrung generell nach 280° - 290°, also nach W. Sie hat zwei Knicke, einen bei 20 m Tiefe und einen bei 32 m Tiefe. Bis zum ersten Knick bei 20 m läuft die Bohrung mit einem Einfallswinkel von ~7° nach NE, ab dort bis zum zweiten Knick bei 32 m mit ~7° nach WSW. Vom zweiten Knick bis zur Endtiefe läuft die Bohrung mit ~4° nach ENE.
Die maximale Entfernung der Bohrung vom Bohransatzpunkt liegt mit 0.84 m nach 284° bei 32.06 m Tiefe.
Bei der Endiefe liegt die Bohrung bei 0.5 m nach 350°.
Der untere Knick in der Bohrung reflektiert unter Umständen die Schutzrohrtiefe während der Bohrarbeiten. Dies ist vom Kunden zu verifizieren.

2.2.2.2. EWS2 Gammalog

Das tiefenbezogene Log zeigt mittlere Werte um 6 cps. Erhöhte Werte, welche für wasserstauende Horizonte sprechen finden sich bei 8.92 m, 10.68 m, 15.42 m und 18.00 m.

2.2.2.3. EWS2 Temperaturlog

Vom Beginn der Messung bei 2.86 m fällt die Temperatur zunächst von 10.8°C auf 9.7°C bei 4.58 m. Daraufhin bleibt sie bis 6.1 m konstant. Ab dort fällt sie auf 8.9°C bei 12.68 m. Von 12.68 m an steigt die Temperatur auf 9.8 °C bei 18.22 m um dann schnell auf 9.2°C bei 20.62 m zu fallen.

2.3 EWS 3

2.3.1 Ablauf der Messungen

Zeitliche Abfolge der Messungen in Klammern
Datum des Messeinsatzes: 01 Juni 2012
Messtiefe Strang 4 MGAMT: 68.73 m (1)
Messtiefe Strang 1 miniDEV: 68.44 m (2)
DN32 PE

2.3.2 Beschreibung der Ergebnisse

2.3.2.1 EWS3 Verlauf

Die gemessenen Neigungswerte sind im tiefenbezogenen 2D Plot unruhig und bewegen sich, mit Ausnahme von einem Ausreißer zwischen 0° und 10°.
Ähnlich unruhig verhalten sich die Azimutwerte.
Dies liegt an dem sogenannten Verseilungseffekt der PE Rohre nach ihrem Einbau in das Bohrloch.
Betrachtet man die aus der Neigung und dem Azimut gerechneten Daten für Easting, Northing und das Bullseye Diagramm, so zeigt die Bohrung bis 42 m Tiefe nach SW. Bei 51 m tritt der erste Knick Richtung NE, bei 57 m der zweite Knick Richtung E auf. Im Mittel bleibt die Neigung der Bohrung mit ~ 5° konstant.
Die maximale Entfernung der Bohrung vom Bohransatzpunkt liegt mit 0.62 m nach 90° (E) bei Endtiefe.
Der obere Knick in der Bohrung reflektiert unter Umständen die Schutzrohrtiefe während der Bohrarbeiten. Dies ist vom Kunden zu verifizieren.

2.3.2.2. EWS3 Gammalog

Das tiefenbezogene Log zeigt mittlere Werte um 7 cps. Erhöhte Werte, welche für wasserstauende Horizonte sprechen finden sich bei 10 m, 16 m, 32.20 m, 51.14 m und bei 66 m bzw. 67 m. **Zwischen 52 m und 65 m sind die Gammawerte mit durchschnittlich einem cps sehr niedrig.**

2.3.2.3. EWS3 Temperaturlog

Dies ist das einzige durchgängige Temperaturlog.

Interpretation:
Generell ist festzuhalten, dass das Log sehr inhomogen ist. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine Störung des geothermischen Gradienten.
Besonders auffällig sind die Tiefenbereiche **A von 20 m bis 40 m** und **B von 50 m bis 67 m**.

Tiefenbereich A: - obere negative Anomalie 20 m bis 30 m
- untere positive Anomalie 30 m bis 36 m
Tiefenbereich B: - positive Anomalie

Vertikale Wasserbewegungen entlang der Bohrungsachse sind auszuschließen, da in diesem Fall Temperaturen verschleppt würden. Somit ist bei den Anomalien von lokalen Phänomenen auszugehen. Die Anomalien im Tiefenbereich A können durch unterschiedliche Temperaturen in getrennten Grundwasserleitern zustande kommen.
Die positive Anomalie im Tiefenbereich B kann durch die exotherme Reaktion von Anhydrit zu Gips zustande kommen. Ein Indikator für das Auftreten von Anhydrit/Gips sind die geringen Gammawerte in diesem Tiefenbereich.

2.4 BH04

2.4.1 Ablauf der Messungen

Zeitliche Abfolge der Messungen in Klammern
Datum des Messeinsatzes: 01 Juni 2012
Messtiefe Bohrstrang miniVideo: 21.5 m (1)
Zwischen den beiden Videobefahrungen wurde eine Blockade bei 21.5 m in der Innenröhre des Bohrstranges durch die Fa. Pfeil entfernt.
Messtiefe Bohrstrang miniVideo: 61.5 m (2)
Die Oberkante des Bohrstranges liegt bei 1.47 m unter Schachtoberkante.

2.4.2 Beschreibung der Ergebnisse

Schäden des Bohrstranges: keine
Wasserspiegel: 51.5 m
Messende: 61.5 m (siehe Abb. 1)



Abb.1 Bohrstrangdurchgang zum Imlochhammer, entspricht dem Messende

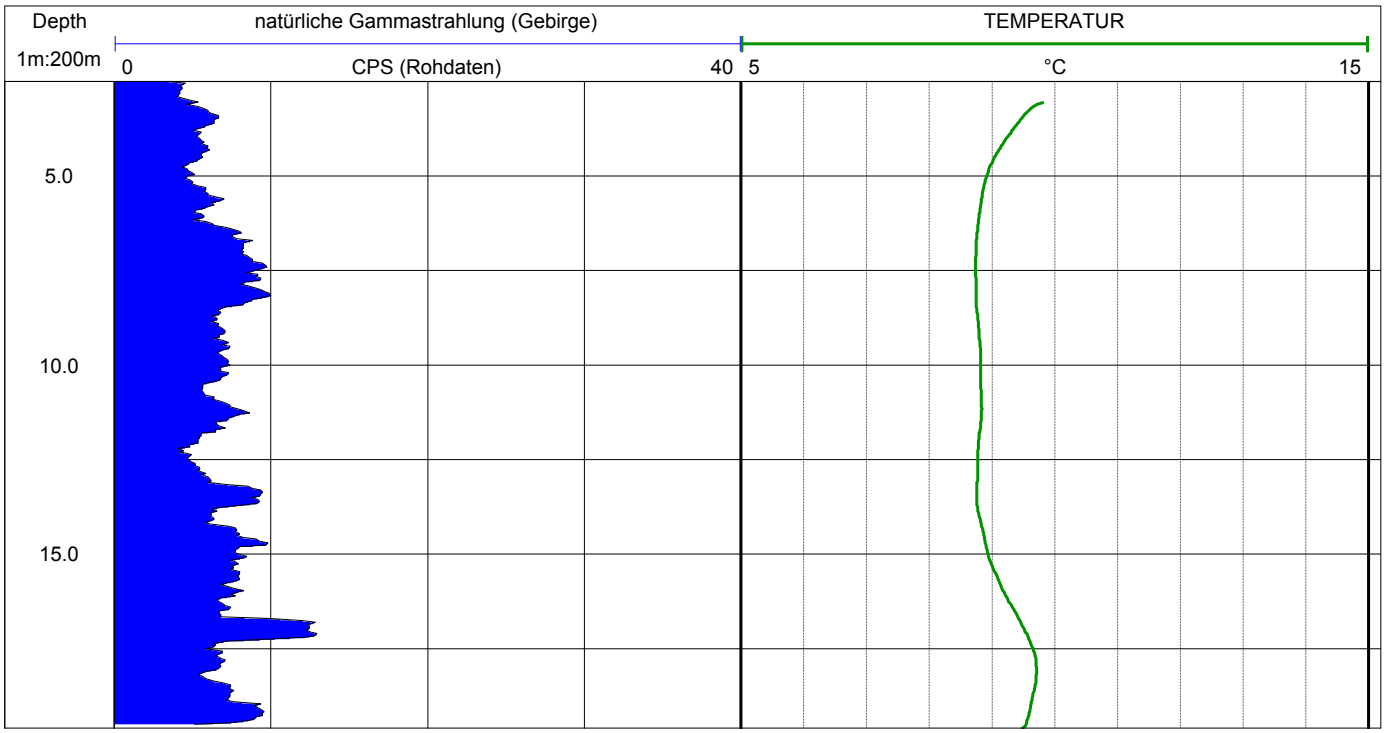
Heitersheim, 11. Juli 2012

[redacted]

Bohrungskennung:EWS 1 (Strang 1)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Nat. Gammastrahlung, Temperatur
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

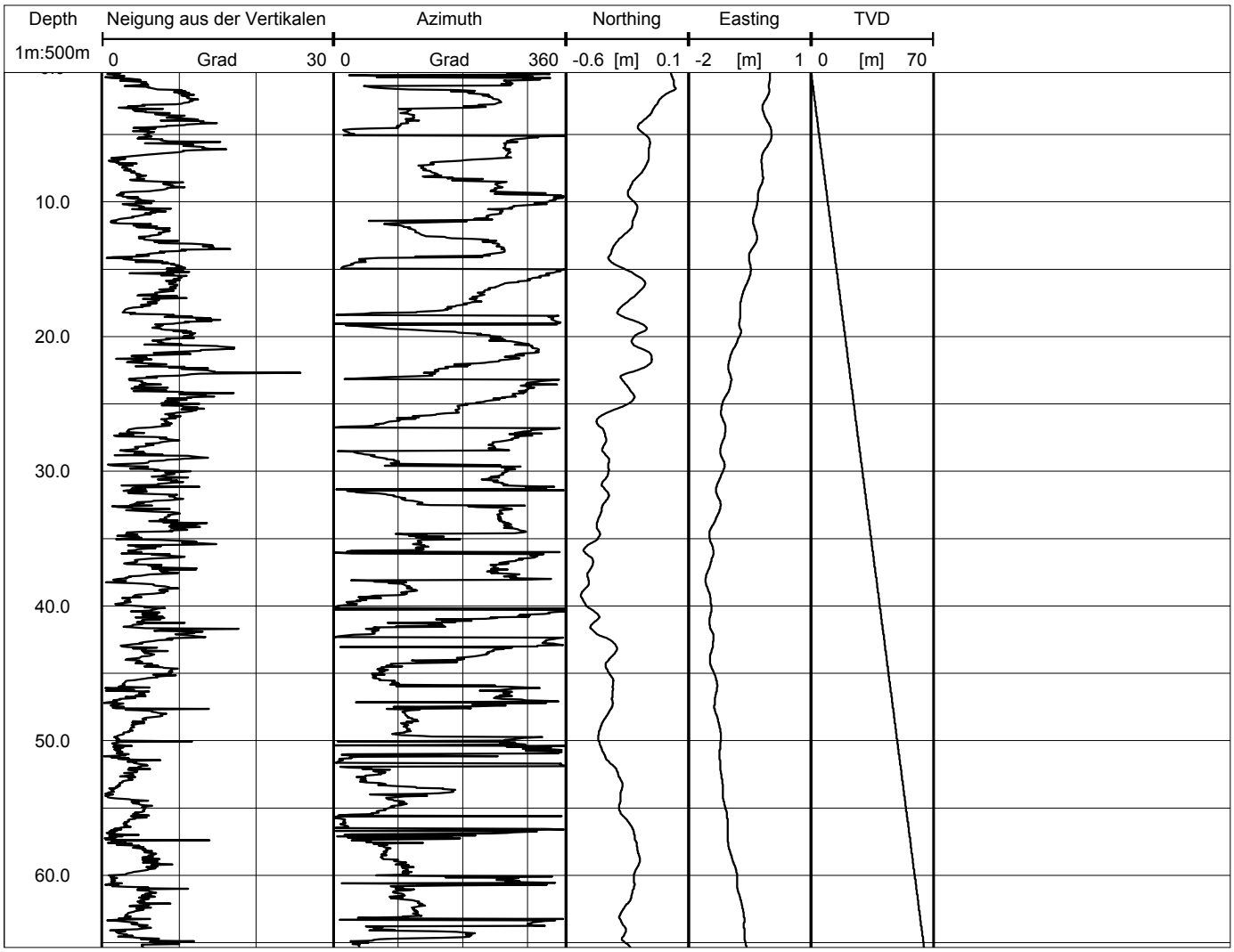
terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644



Bohrungskennung:EWS 1 (Strang 1)

Ort: Ruderberg Zumhof ([redacted])
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Verlauf
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

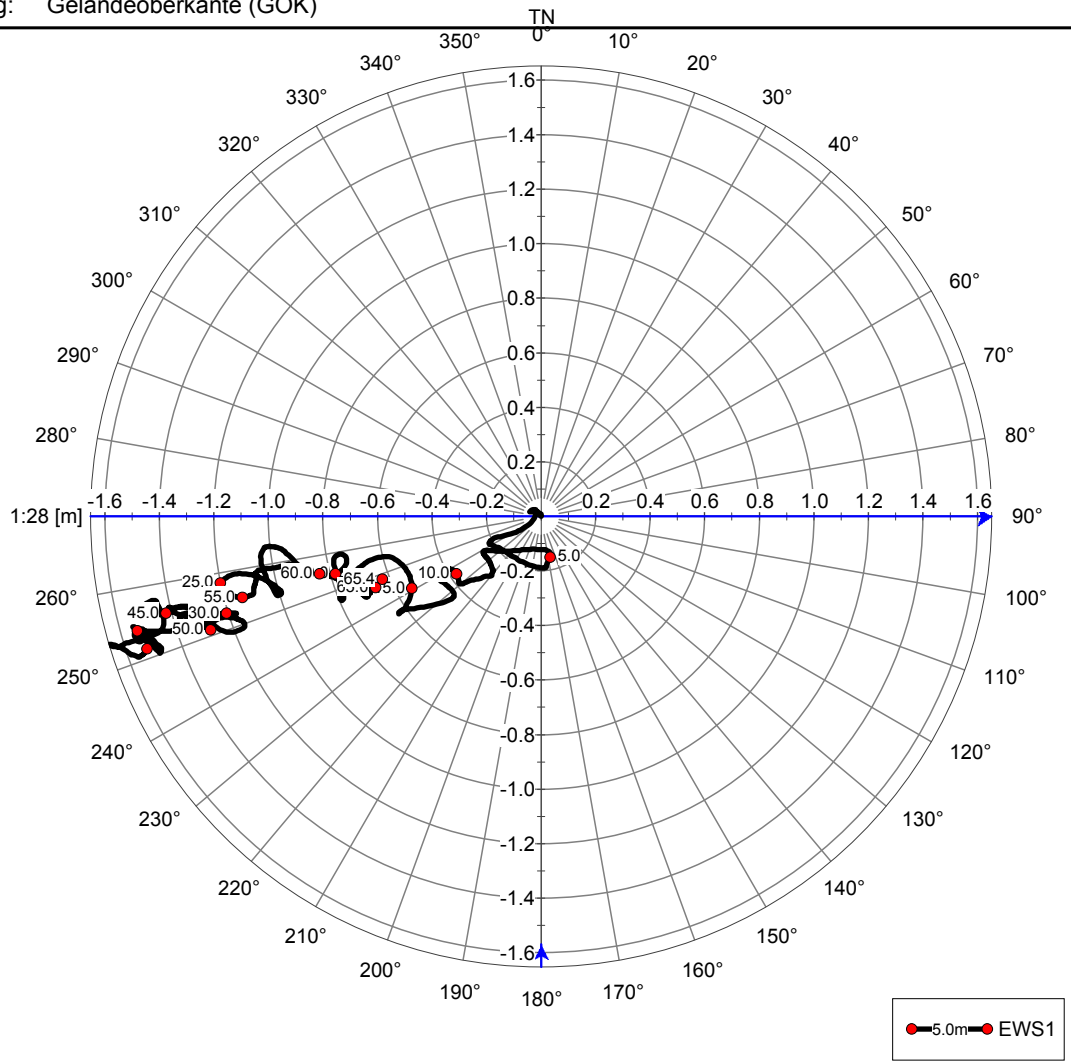
terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644

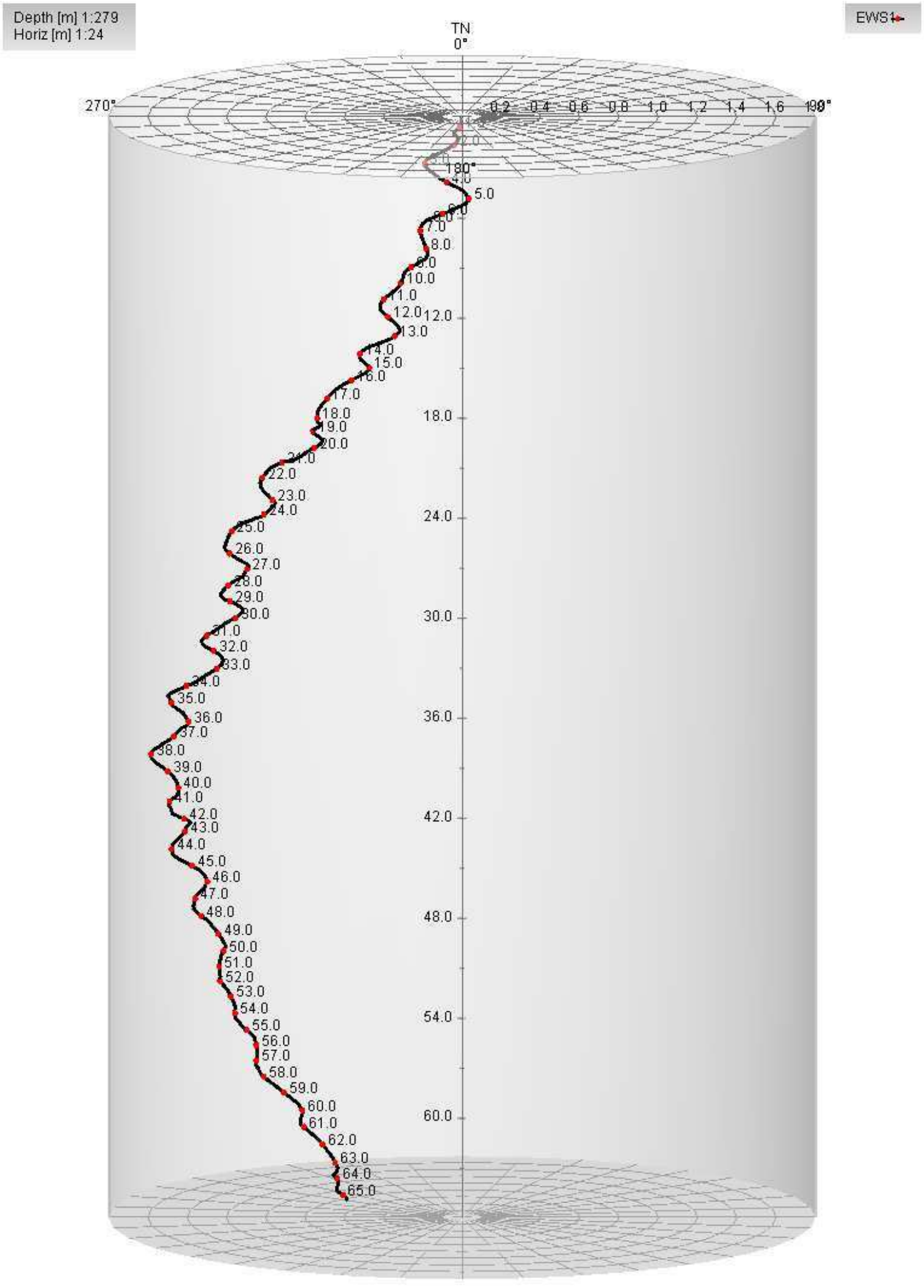


Bohrungskennung:EWS 1 (Strang 1)

Ort: Ruderberg Zumhof ([redacted])
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Verlauf
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644

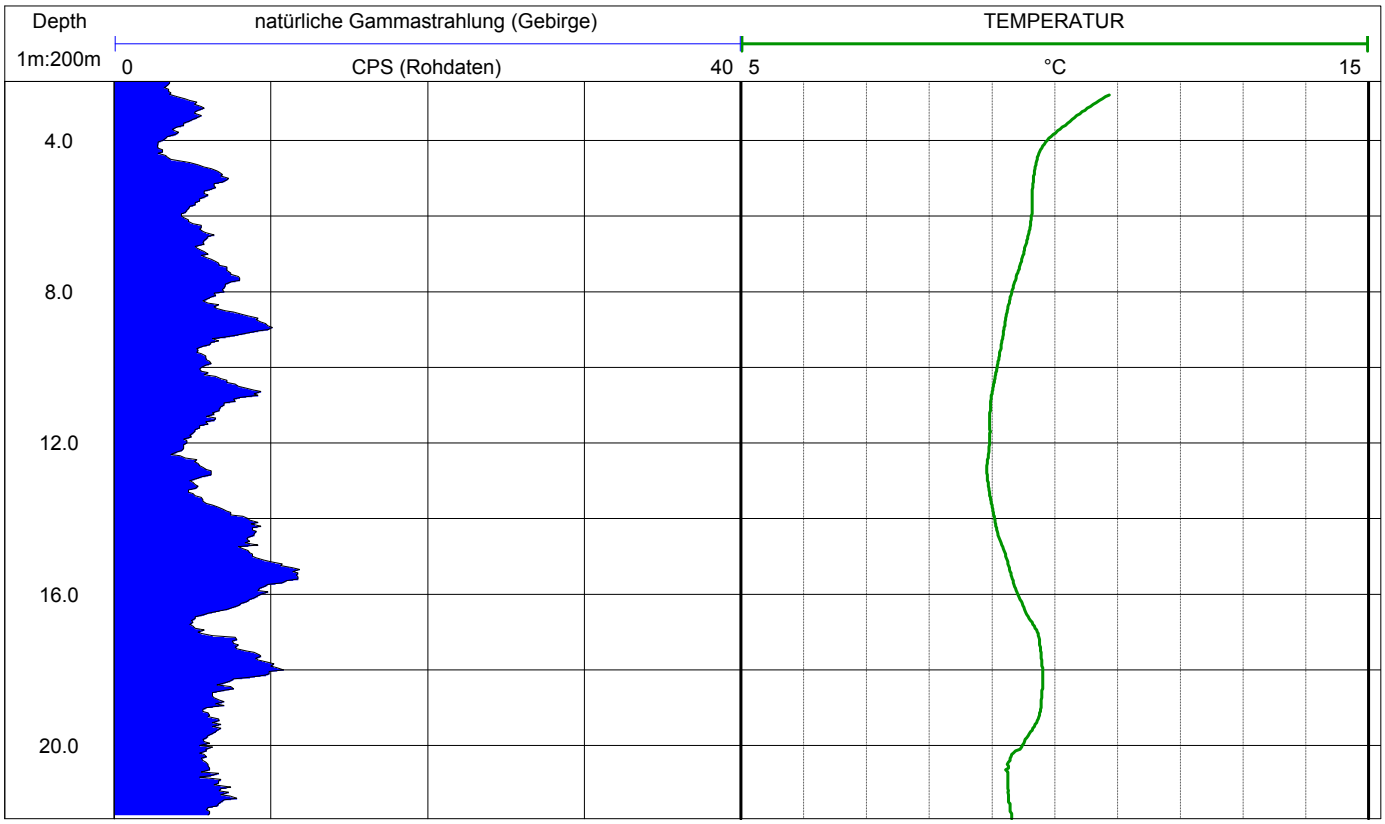



Depth [m] 1:279
Horiz [m] 1:24
EWS1
TN
0°
270°
90°
180°
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
5.0
7.0
8.0
10.0
11.0
12.0
13.0
15.0
17.0
18.0
19.0
20.0
22.0
23.0
24.0
25.0
26.0
27.0
28.0
29.0
30.0
32.0
33.0
35.0
36.0
37.0
38.0
39.0
40.0
41.0
42.0
43.0
44.0
45.0
46.0
47.0
48.0
49.0
50.0
51.0
52.0
53.0
54.0
55.0
56.0
57.0
58.0
59.0
60.0
61.0
62.0
63.0
64.0
65.0
12.0
18.0
24.0
30.0
36.0
42.0
48.0
54.0
60.0

Bohrungskennung:EWS 2 (Strang 4)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Nat. Gammastrahlung, Temperatur
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

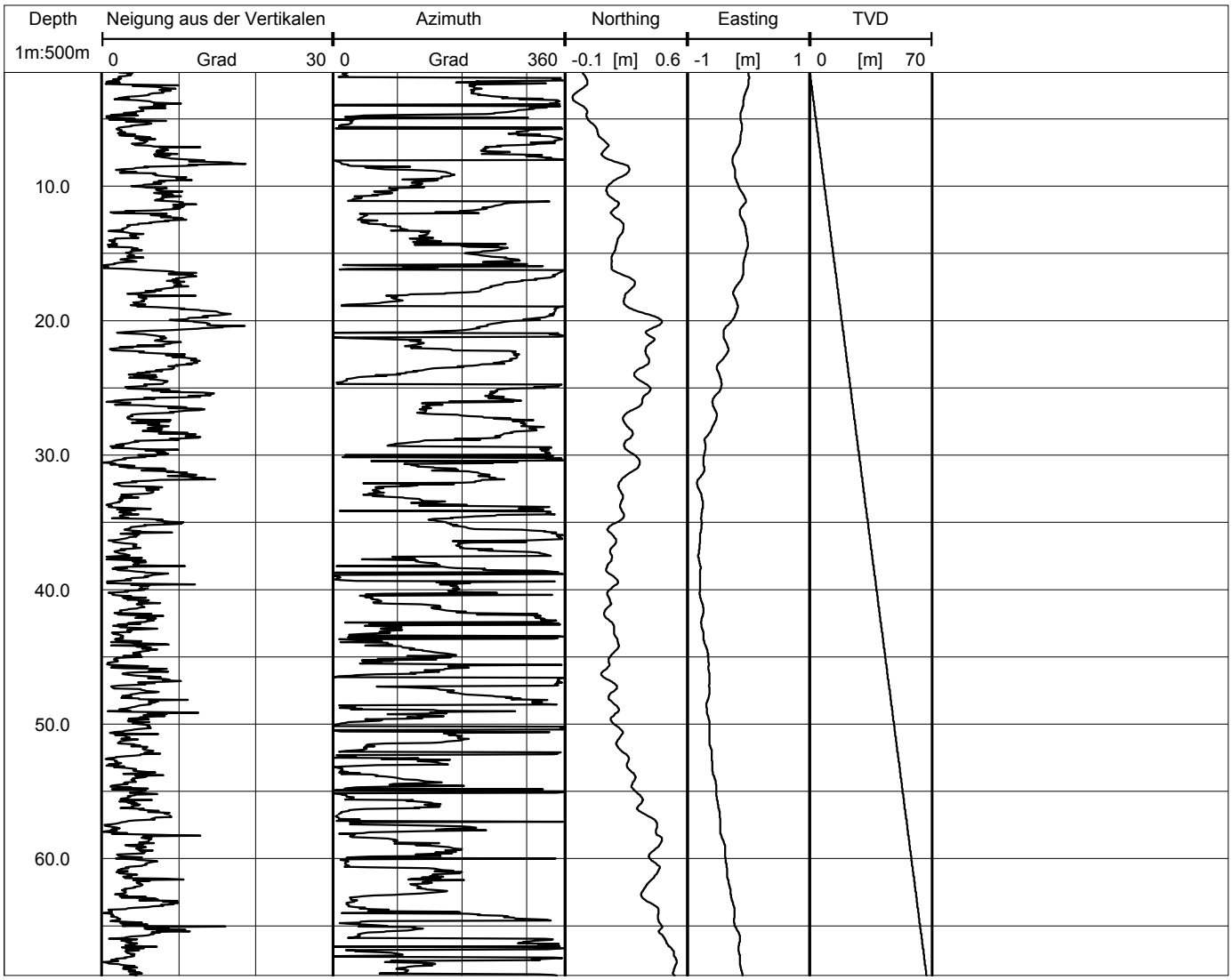
terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644



Bohrungskennung:EWS 2 (Strang 4)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Verlauf
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644



Bohrungskennung:EWS 2 (Strang 4)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]

Auftraggeber: Fa. Pfeil

Projekt: Schadensfall Zumhof

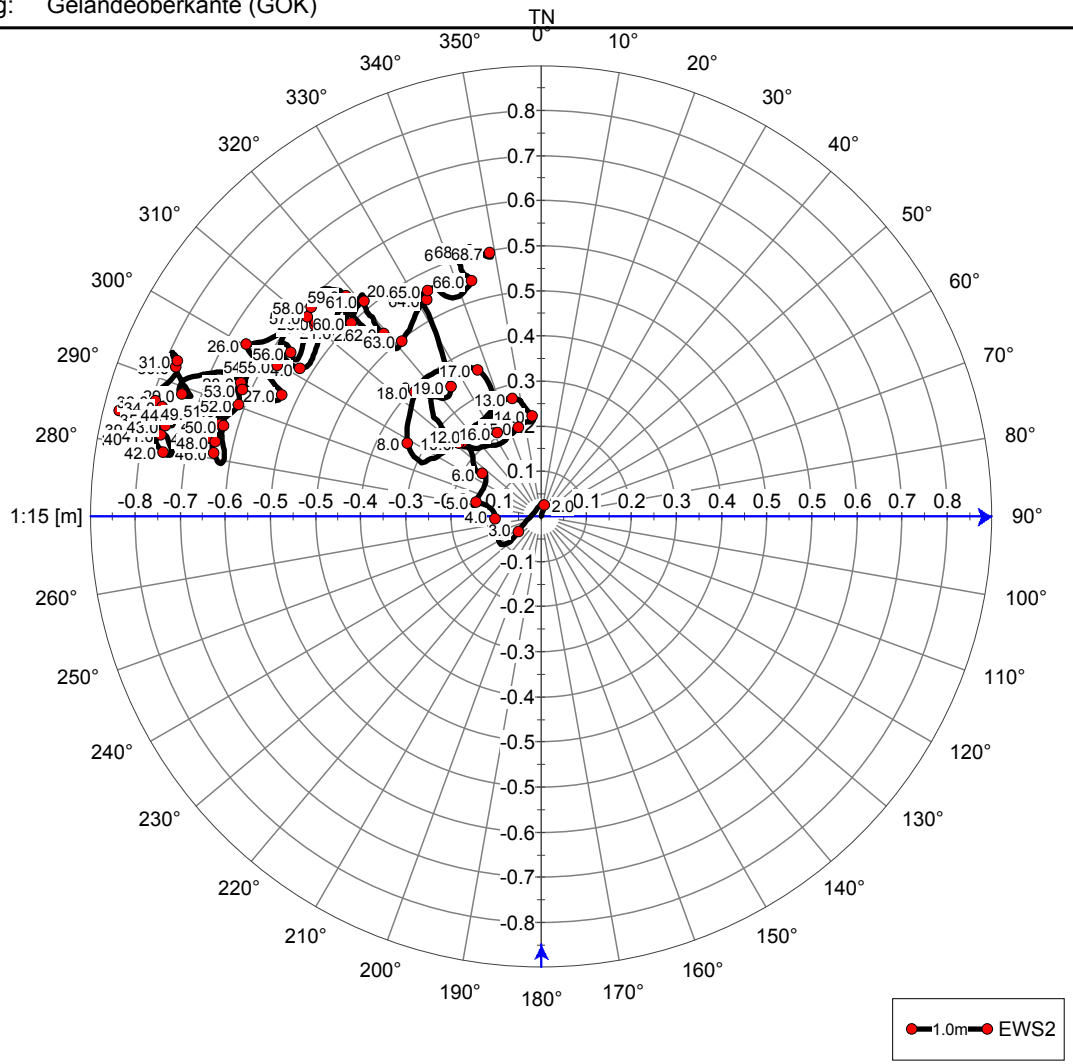
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012

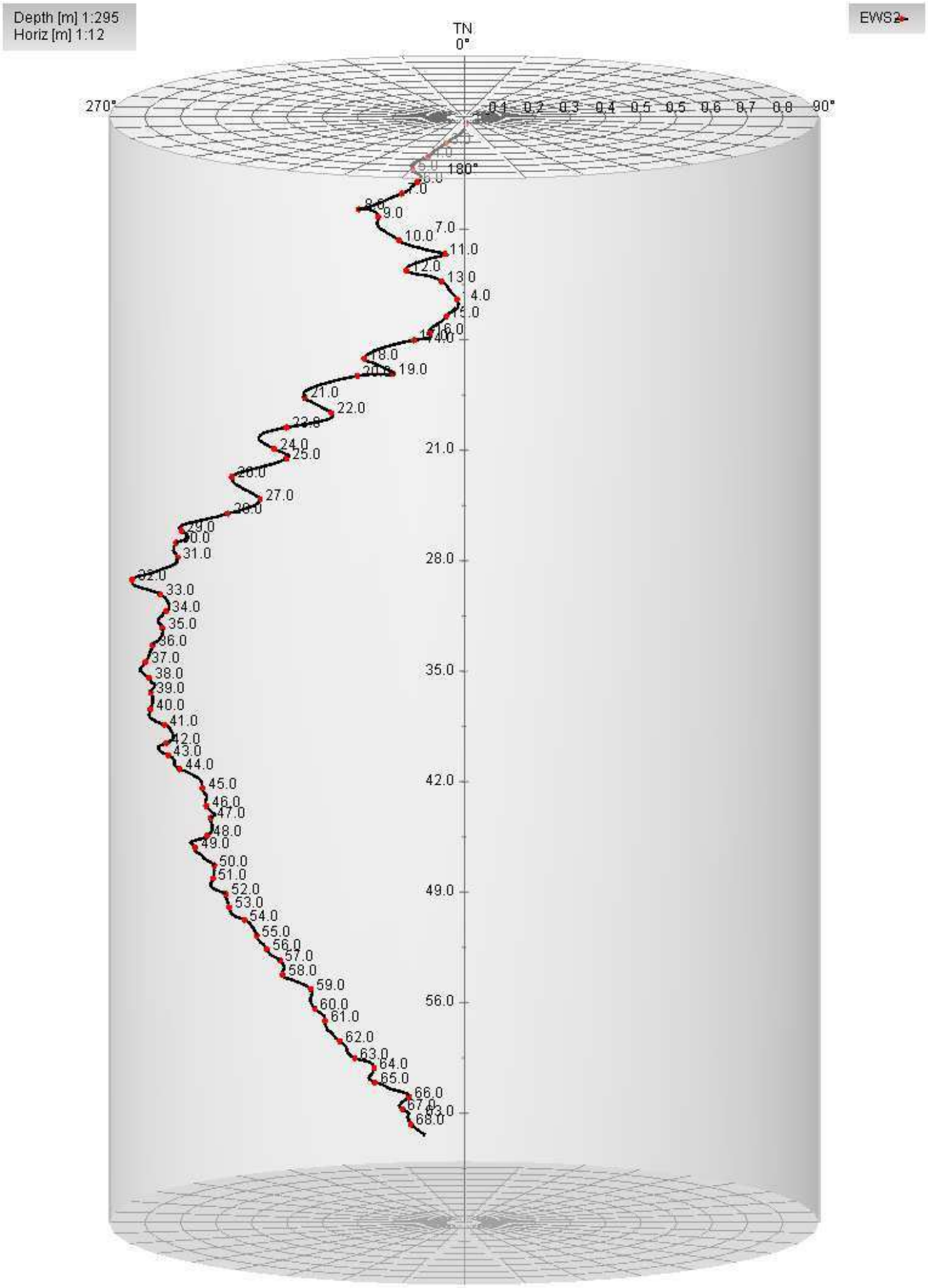
Messprogramm:Verlauf

Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

terratec

Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644

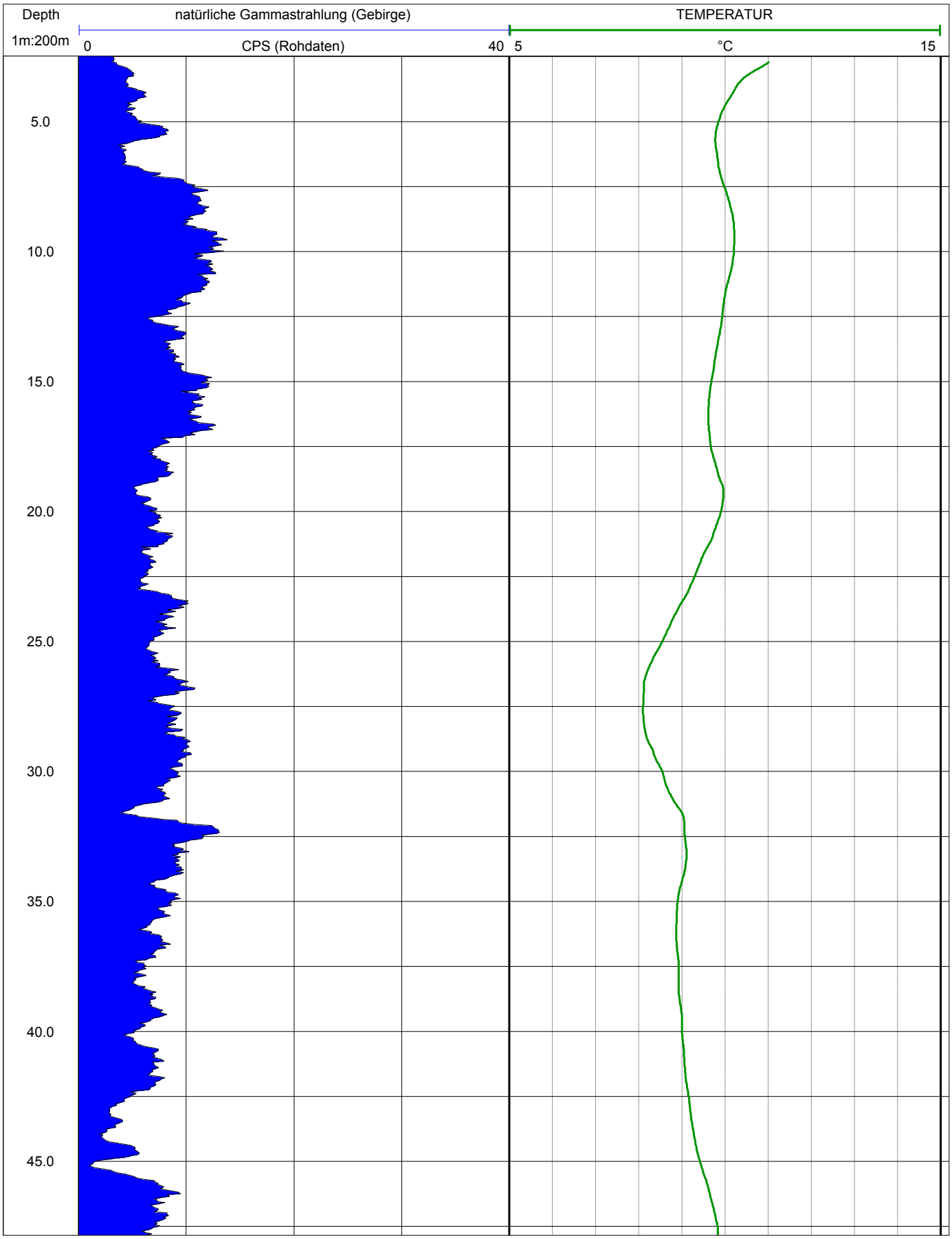


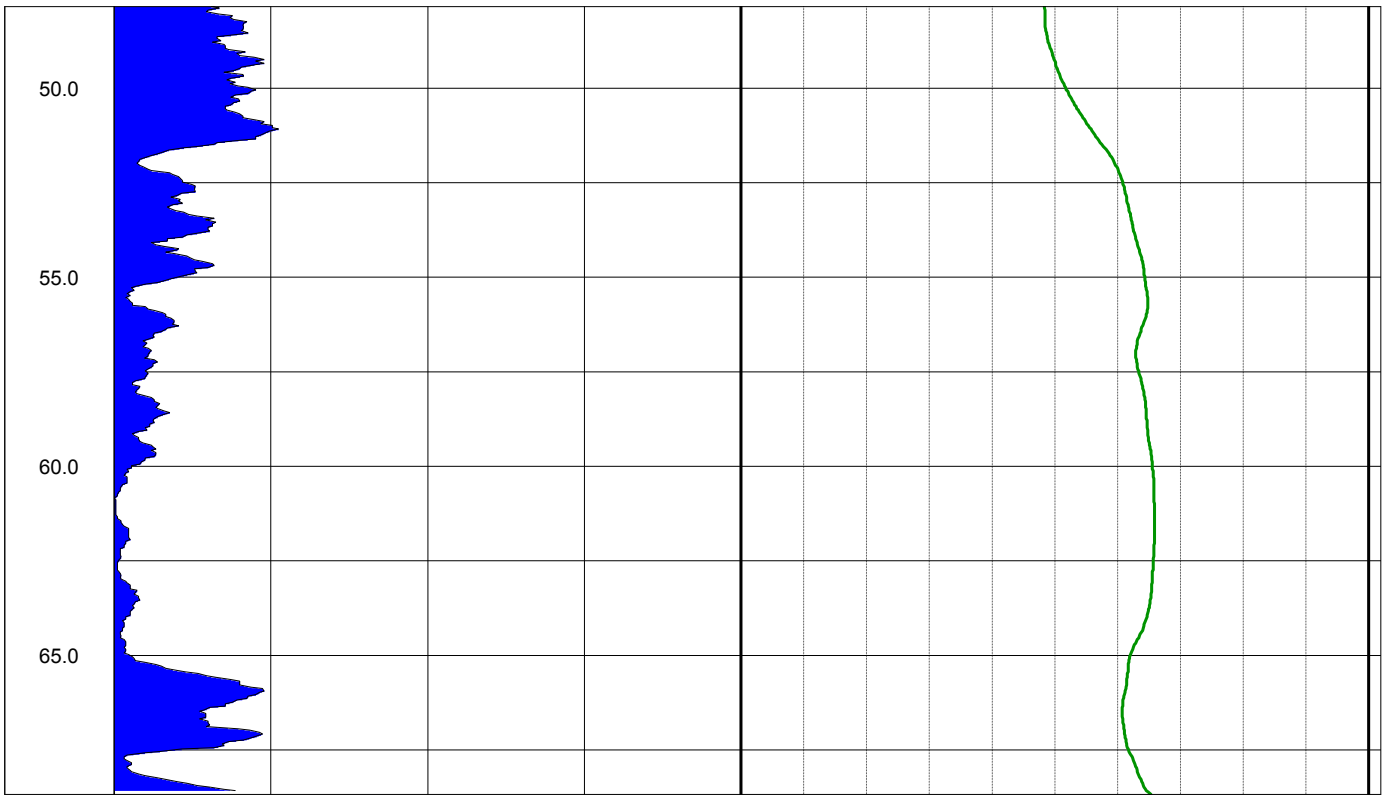

Depth [m] 1:295
Horiz [m] 1:12
EWS2
TN
0°
270°
90°
180°
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.5 0.6 0.7 0.8
7.0
11.0
13.0
4.0
19.0
21.0
22.0
25.0
27.0
31.0
33.0
34.0
35.0
37.0
38.0
39.0
40.0
41.0
43.0
44.0
45.0
47.0
48.0
49.0
50.0
51.0
52.0
53.0
54.0
55.0
56.0
57.0
58.0
59.0
60.0
61.0
62.0
63.0
64.0
65.0
66.0
68.0
21.0
28.0
35.0
42.0
49.0
56.0

Bohrungskennung:EWS 3 (Strang 1)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Nat. Gammastrahlung, Temperatur
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644

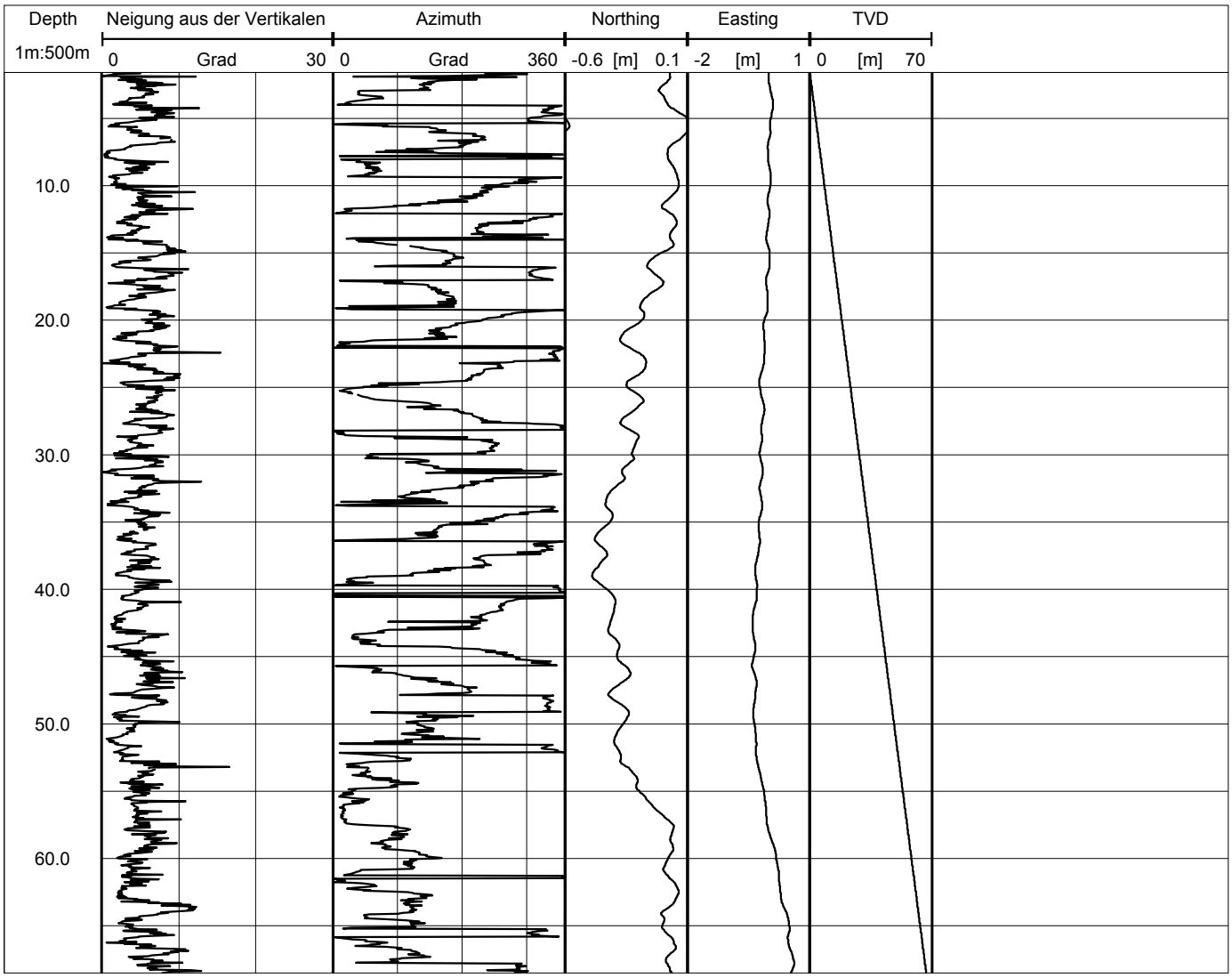



50.0
55.0
60.0
65.0

Bohrungskennung:EWS 3 (Strang 1)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Verlauf
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

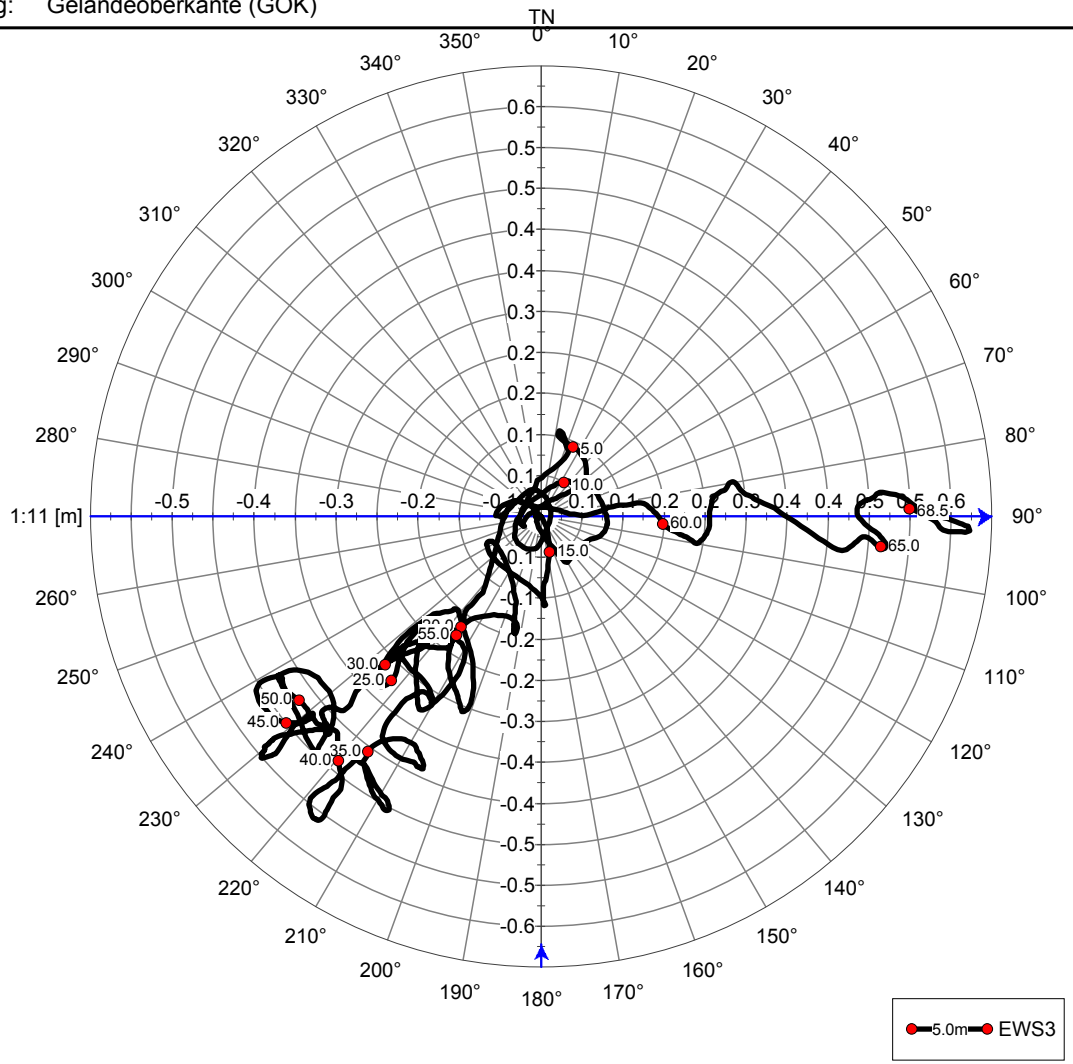
terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644

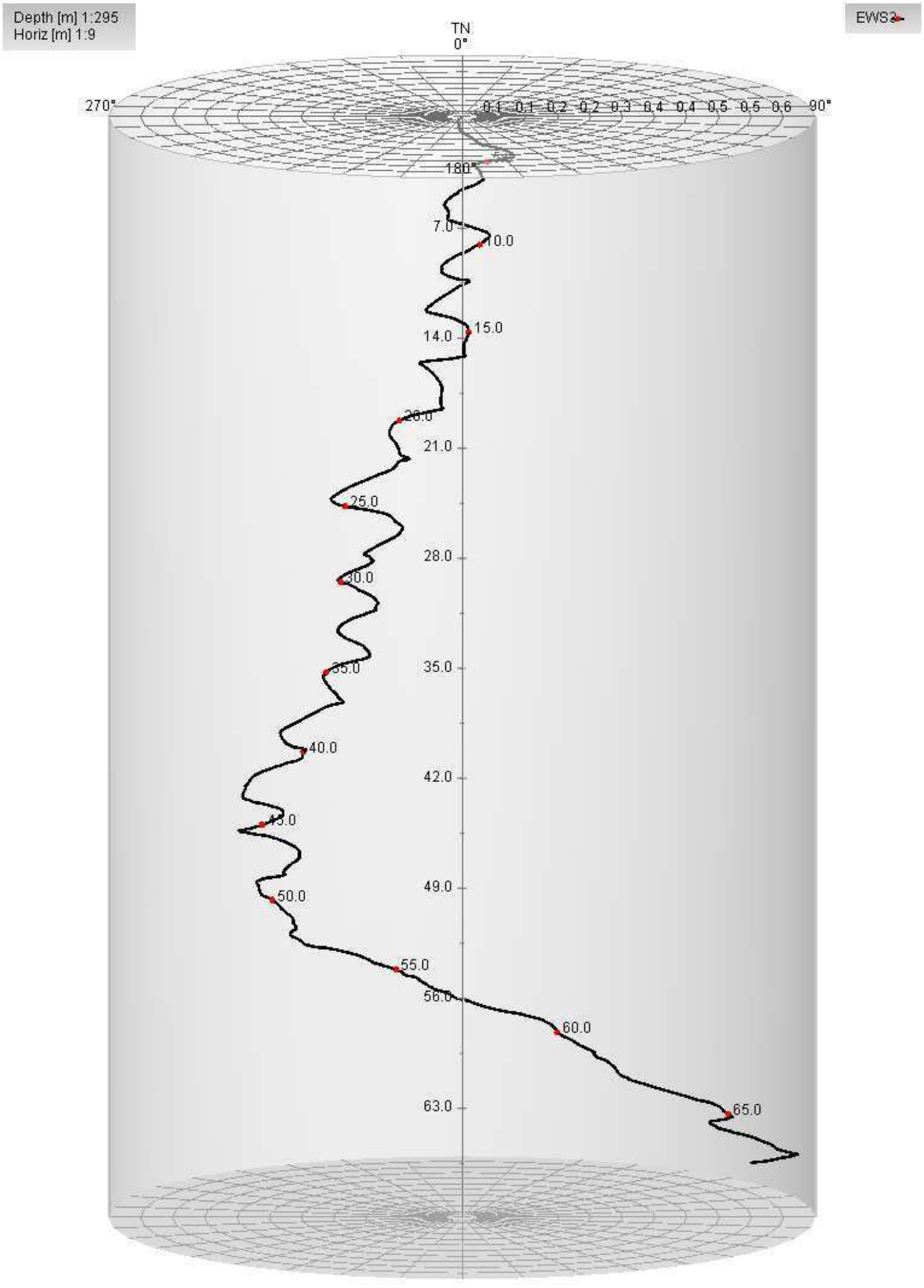


Bohrungskennung:EWS 3 (Strang 1)

Ort: Ruderberg Zumhof [redacted]
Auftraggeber: Fa. Pfeil
Projekt: Schadensfall Zumhof
Durchfuehrung:terratec, [redacted] Datum: 01.06.2012
Messprogramm:Verlauf
Messbezug: Geländeoberkante (GOK)

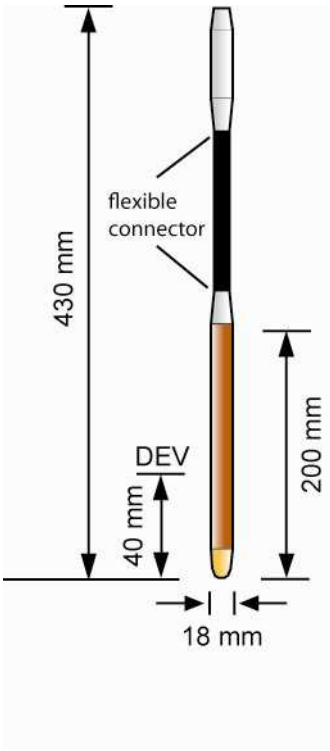
terratec
Büro für Geologie und Geophysik
Heitersheim Tel.: 07634/4644




Depth [m] 1:295
Horiz [m] 1:9
EWS2
TN
0°
270°
90°
180°
0.1 0.1 0.2 0.2 0.3 0.4 0.4 0.5 0.5 0.6
7.0
10.0
14.0
15.0
20.0
21.0
25.0
28.0
30.0
35.0
35.0
40.0
42.0
43.0
49.0
50.0
55.0
56.0
60.0
63.0
65.0

Borehole Probe Data Sheet MBDV

terratec **Geophysical Services**



Overview

Principle
The probe is equipped with an AMR orientation module. The AMR module consists of a three-axis accelerometer and a three-axis magnetometer. From the accelerometer and magnetometer data the inclination and the magnetic direction are calculated.

Results
The MBDV probe generates three sets of data, inclination, azimuth and total magnetic field.

Applications
Borehole deviation and localization of magnetic anomalies in geothermal probes.

Option
None

Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✔ water	✔ glycol	✔ dry
Tubes:	✔ PVC	✘ steel	✔ none
Drill:	✔ core	✔ destructive	
Max depth:	300 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	Min. 25 mm		
Temperature:	0°C – 70°C		
Max pressure:	30 bar		

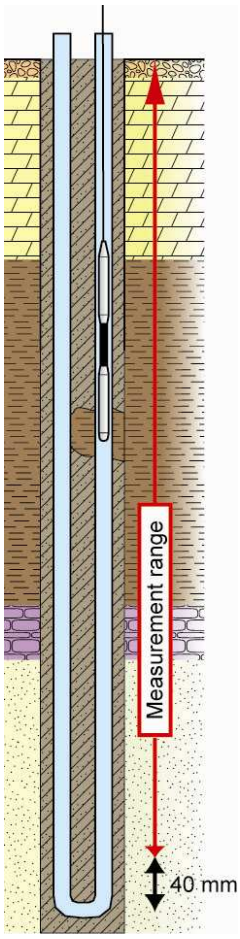
Technical specifications

Dimensions

Total length:	430 mm
Max. segment length: (flexible tubes between segments)	200 mm
Diameter:	18 mm
Weight:	0.35 kg

Sensors

1 Deviation module (Hx,Hy,Hy,Gx,Gy,Gz)	DEV



Measurement – Sensor

Measurement

Probe:	✔ centered	✔ excentric
Measurement:	✔ downward	✔ upward
Logging speed:	5 – 8 m / min	

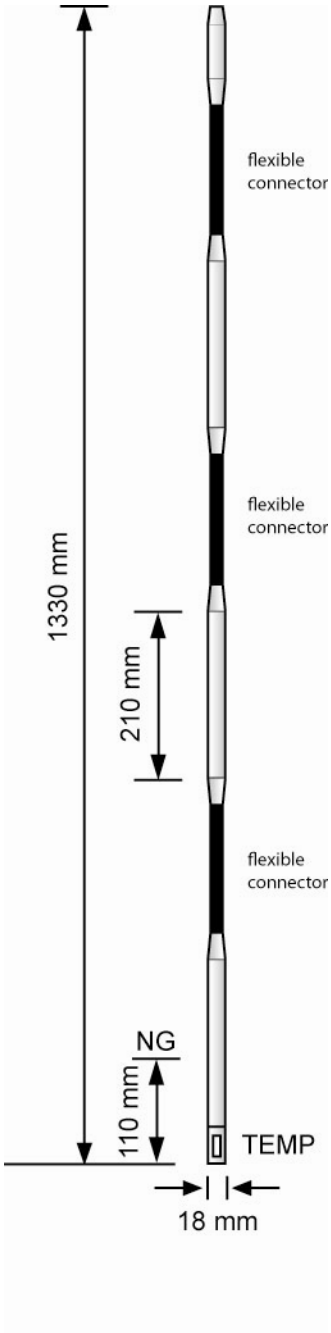
Sensor

Range:	0 – 100.000 nTesla
Resolution:	Inclination: 0.1° Azimuth: 0.1°
Accuracy:	Inclination: ± 1° Azimuth: ± 2°
Sampling interval:	2 mm

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

Borehole Probe Data Sheet MGAMT

terratec Geophysical Services



Overview

Principle
The probe is equipped with a temperature sensor for fluid temperature measurement. Additionally the probe is equipped with a gamma ray scintillation crystal.

Results
The MGAMT probe generates two sets of data, natural gamma ray total count and fluid temperature.

Applications
Measurement of geothermal gradient and geothermal anomalies. Measurement of natural gamma and control of backfill if gamma ray active backfill was used.

Option
None

Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✔ water	✔ glycol	✔ dry
Tubes:	✔ PVC	✔ steel	✔ none
Drill:	✔ core	✔ destructive	
Max depth:	300 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	Min. 25 mm		
Temperature:	0°C – 70°C		
Max pressure:	30 bar		

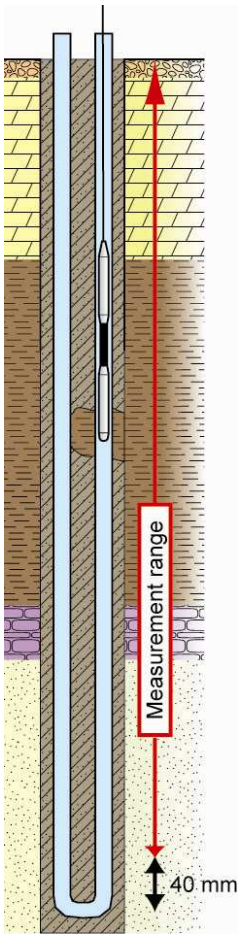
Technical specifications

Dimensions

Total length:	1330 mm
Max. segment length: (flexible tubes between segments)	210 mm
Diameter:	18 mm
Weight:	1.0 kg

Sensors

1 temperature	TEMP
1 natural gamma scintillation crystal	NG



Measurement – Sensor

Measurement

Probe:	✔ centered	✔ excentric
Measurement:	✔ downward	✔ upward
Logging speed:	1 – 2 m / min	

Sensor

Range TEMP:	65° C
Resolution TEMP:	0.001°
Sampling interval:	2 mm

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

BOHRLOCHMESSUNGEN
[redacted], S1; [redacted], S1,S2 [redacted], S3-S6,
[redacted], S1
in Rudersberg/Zumhof

04. September 2012

Projekt:	Schadenserkundung EWS Zumhof
Pr.-Nr. (terratec):	447_2012
Auftraggeber:	Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Auftragnehmer:	terratec Büro für Geologie und Geophysik, D - 79423 Heitersheim
Durchführung:	[redacted]
Zeitraum:	04. September 2012
Berichtsdatum:	06. September 2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

1.1. Allgemeines 1
1.2. Aufgabenstellung 1
1.3. Angewandte Methoden 1
1.3.1 Mini-Temperatur-Gammasonde (MGAMT) 1

2. Ergebnisse 2

2.1 [redacted] EWS 1 (N) 2
2.1.1 Ablauf der Messungen 2
2.1.2 Beschreibung der Ergebnisse 2
2.1.2.1. EWS1 Gammalog 2

2.2 [redacted] EWS 1 (W) 2
2.2.1 Ablauf der Messungen 2
2.2.2 Beschreibung der Ergebnisse 2
2.2.2.1. EWS2 Gammalog 2

2.3 Tabellarische Übersicht der Arbeiten an den EWS 3
2.3.1 Tabelle der untersuchten EWS 3

3. Anhang: Sondenbeschreibung 4

Anlage:

- techn. Datenblatt: - MGAMT
- DVD:
  - Bericht als .pdf
  - Logs als .pdf:
    - IK18S1_04Sep2012_Gamma
    - IK7S1_04Sep2012_Gamma
    - EWS_Vergleich_E-W

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Der vorliegende Bericht beschreibt die Durchführung und die Ergebnisse der geophysikalischen Bohrlochmessungen in den Erdwärmesonden (EWS) [redacted] S1; [redacted] S1, S2; [redacted], S3-S6 und [redacted], S1“ in Rudersberg/Zumhof.
Auftraggeber für die Messungen ist das Landratsamt Rems Murr Kreis. Auftragsnehmer ist die Fa. Terratec Büro f. Geologie u. Geophysik, D - 79423 Heitersheim. Die Messungen wurden am 04. September 2012 durchgeführt.

1.2. Aufgabenstellung

Das Ziel der Messungen war die tiefenbezogene Erfassung der natürlichen Gammastrahlung des, die EWS umgebenden, Gebirges.

1.3. Angewandte Methoden

1.3.1 Mini-Temperatur-Gammasonde (MGAMT)

Die MGAMT Sonde misst den Gammazerfall natürlich auftretender Elemente in Total Counts CPS (Counts per second).
Die eintreffenden Gammaquanten treffen hier auf einen Kristall, der die Strahlung in energiereiche Photonen umwandelt. Daraus entstehen während der Messung Lichtblitze, die elektronisch verstärkt und somit detektiert werden.

Abkürzung / Spaltenbezeichner	Erläuterung
Gamma (Gebirge) Strang x	Natürliche Gammastrahlung des Gebirges in CPS
[redacted]EWS1	[redacted] Erdwärmesonde 1
[redacted]EWS1	[redacted] Erdwärmesonde 1
[redacted]/EWS3	[redacted] Erdwärmesonde 3 (Messung vom 1.6.2012)

Als **Messbezug** für die Bohrungen wurde die **Schachtoberkante** verwendet, welche der **Geländeoberkante** (GOK) entspricht.

2. Ergebnisse

2.1 [redacted] EWS 1 (N)

2.1.1 Ablauf der Messungen

Zeitliche Abfolge der Messungen in Klammern
Datum des Messeinsatzes: 04. September 2012
EWS-Tiefe: 48.00 m

Messtiefe Strang 1 MGAMT: 31.94 m (1)
Messtiefe Strang 2 MGAMT: 09.24 m (2)
Messtiefe Strang 3 MGAMT: 10.15 m (3)
Messtiefe Strang 4 MGAMT: 23.54 m (4)
DN32 PE

2.1.2 Beschreibung der Ergebnisse

2.1.2.1. EWS1 Gammalog

Das tiefenbezogene Log zeigt mittlere Werte um 5 cps. Erhöhte Werte, welche für wasserstauende Horizonte sprechen finden sich bei 7.5 – 14.4 m, 17.5 – 19.1 m und 29.7-31.7 m.
Allgemein zeigt das Gammalog drei unterschiedliche Niveaus. Einmal ein Niveau um 5 cps zwischen 2.29 m und 7.00 m und zwischen 19.50 m und 24.00 m und ein zweites, erhöhtes Niveau um 6.5 cps zwischen 7.00 m und 19.50 m und zwischen 24.00 m und 28.80 m. Das dritte Niveau zeigt sich mit einem Wert um 8 cps zwischen 28.80 m und Endtiefe.
Die Endtiefe von 48.00 m konnte leider nicht erreicht werden.

2.2 [redacted] EWS 1 (W)

2.2.1 Ablauf der Messungen

Zeitliche Abfolge der Messungen in Klammern
Datum des Messeinsatzes: 04 September 2012
EWS-Tiefe 55.00 m (bisher gemessene Tiefe)

Messtiefe Strang 1 MGAMT: 56.14 m (1)
DN32 PE

2.2.2 Beschreibung der Ergebnisse

2.2.2.1. EWS2 Gammalog

Das tiefenbezogene Log zeigt mittlere Werte um 5 cps. Erhöhte Werte, welche für wasserstauende Horizonte sprechen finden sich zwischen 23.80 m und 27.40 m und 34.40 m und 36.00 m.
Insgesamt lassen sich acht unterschiedliche Niveaus ausmachen. Zwischen 4.51 m und 23.30 m zeigt das Gammalog Werte um 5 cps mit einer positiven Anomalie von ca. 7 cps zwischen 13.85 m und 15.85 m. Das nächste Niveau von 8 cps findet sich zwischen 23.30 m und 27.30 m. Darauf folgt ein Abfallen der natürlichen Strahlung auf 6 cps zwischen 27.30 m und 34.00 m, gefolgt von einem erneuten Anstieg auf 7 cps zwischen 34.00 m und 37.40 m.

Eine negative Anomalie zeigt sich im Anschluss bei 38.20 m mit 3-4 cps. Ein weiteres Niveau liegt zwischen 38.70 m und 48.70 mit Werten um 6 cps. Unterhalb dessen zwischen 48.70 m und 52.00 m fällt die natürliche Strahlung erneut ab auf ein Niveau von 4 cps. Nach einem kurzen Anstieg zwischen 52.00 m und 57.20 m auf 7 cps fällt sie erneut zwischen 57.20 m und Endtiefe ab auf 4 cps.

2.3 Tabellarische Übersicht der Arbeiten an den EWS

Insgesamt wurde versucht auf neun Erdwärmesonden Messungen durchzuführen. Es konnten jedoch nur zwei EWS befahren werden. Angefügt ist eine Tabelle der Messungen und Messversuche in den einzelnen EWS.

2.3.1 Tabelle der untersuchten EWS

EWS Kennung	Strang 1	Strang 2	Strang 3	Strang 4
[redacted] EWS1 (N)	31.53 m	9,10 m	10.07 m	23.45 m
[redacted] EWS3	x	x	x	
[redacted] EWS4	x			
[redacted] EWS5	x			
[redacted] EWS6	x			
[redacted] EWS2 (W)	x	x		
[redacted] EWS1 (W)	56.14 m			
[redacted] EWS1 (N)	x			
[redacted] EWS2	x			

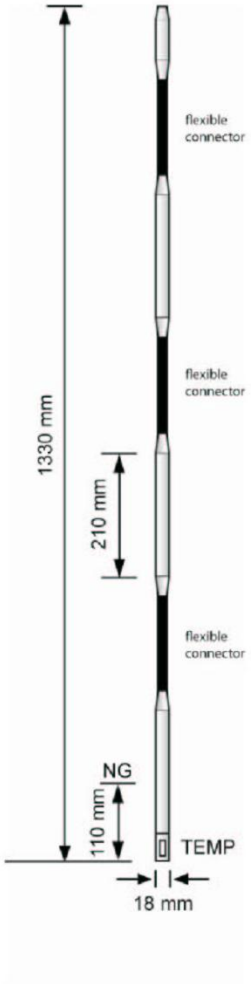
Heitersheim, 06. September 2012

[redacted]
Dipl. Geologe

3. Anhang: Sondenbeschreibung

Borehole Probe Data Sheet MGAMT

terratec **Geophysical Services**



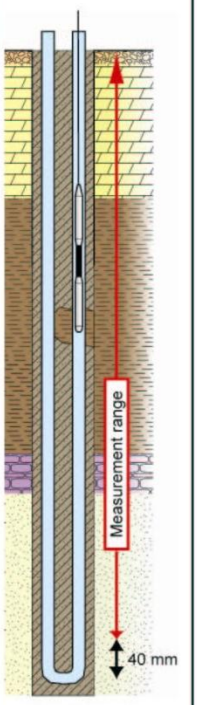
Overview

Principle
The probe is equipped with a temperature sensor for fluid temperature measurement. Additionally the probe is equipped with a gamma ray scintillation crystal.

Results
The MGAMT probe generates two sets of data, natural gamma ray total count and fluid temperature.

Applications
Measurement of geothermal gradient and geothermal anomalies. Measurement of natural gamma and control of backfill if gamma ray active backfill was used.

Option
None



Borehole Conditions

Borehole Fluid:	✔ water	✔ glycol	✔ dry
Tubes:	✔ PVC	✔ steel	✔ none
Drill:	✔ core	✔ destructive	
Max depth:	300 m (dep. on fluid dens.)		
Diameter:	Min. 25 mm		
Temperature:	0°C – 70°C		
Max pressure:	30 bar		

Technical specifications

Dimensions

Total length:	1330 mm
Max. segment length: (flexible tubes between segments)	210 mm
Diameter:	18 mm
Weight:	1.0 kg

Sensors

1 temperature	TEMP
1 natural gamma scintillation crystal	NG

Measurement – Sensor

Measurement

Probe:	✔ centered	✔ excentric
Measurement:	✔ downward	✔ upward
Logging speed:	1 – 2 m / min	

Sensor

Range TEMP:	65° C
Resolution TEMP:	0.001°
Sampling interval:	2 mm

Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany
Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634
www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com

Sachstandsbericht Rudersberg-Zumhof

Anlage 18

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **08.03.2013**

Uhrzeit	**Tiefe (in m)**	**Beschreibung**
07:15	6	Standrohr 1 Länge 4,62 m
07:45		Loten 62,63 Sohle Loten 60,73 (?) Wsp. = 190 cm OK Bohrgestänge 6,8 cm u. OK Bock
08:45		Aufsetzen Standrohr 2, L = … (?)
10:00		Ankunft Gewerbeaufsicht [redacted]
11:00		Freigabe Weiterarbeit, Eindrehen Standrohr
12:10		Endteufe Standrohr ~ 8,50
13:15		Wsp. Im Bohrgestänge 60,78 Spülkopf auf Standrohr Differenz 6,5 cm Bohrgestänge u. OK Bock
15:26		Beginn Überbohren
15:40		Zweites Rohr (15:46 7m, 15:50 8 m = 1 m/4 Minuten.)
15:48	8	Austrag beginnt bei 6,90 m / Probe Bemerkung: GOK ca. 1 m u. OK Block →Meterzahlen = GOK 8 – 9 m → 15 min.
	11,5	PVC-Rohrstück ausgetragen (Foto) → Mischprobe bis GOK
16:30	12	Drittes Rohr angesetzt
16:38	13	Zweite Probe entnommen
17:05		Viertes Rohr angesetzt
	18	Keine Probe , kein absiebbarer Materialaustrag
	20-	Probe Anfang
17:10	21,5	Gelbe Lacksplitter
	22	Dritte Probe Ende 6 – 7 min./m
17:43	23	Ende
17:50		*Wsp.-Messungen* *GWM2: 8,98 m ü. Sohle / 21,05 m u. POK* *GWM1: 8,31 m ü. Sohle / 52,05 m u. POK*

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **12.03.2013**

Uhrzeit	**Tiefe (in m)**	**Beschreibung**
		Arbeitsbeginn Wsp. Außen 13,15 Wsp. Innen 33,80 (wie am 11.03.2013)
07:00 – 09:00		Spülung angesetzt
08:00	(0)	Überbohrgarnitur eingeführt
	25	Widerstand
	30,5	Kein Fortschritt
11:00		*Voutta abgesagt* (<Hinweis:>elektrolytische Reaktion)
13:00		Gestänge gelotet durchgängig bis 61,6 m Krone: 156 außen, 101 innen, L = 4,32 m

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **13.03.2013**

Uhrzeit	Tiefe (in m)	Beschreibung
16:45	(0)	Ankunft, Geolotkrone vermessen: Ø Rohr außen 170 Ø Besatz außen 180 (5 mm Besatz) Ø innen 152 L = 251 cm An/auf/zusammengeschweißt Innen: Bohrrohr schräg geschnitten Wasserspiegel: außen 11,65 innen 24,65
17:00	(0)	Bohrbeginn
18:00	30/31	Späne
18:10	31	Späne lassen nach Baustelle verlassen ([redacted] war weiter anwesend) (Bis 34 m weiter gebohrt)

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **14.03.2013**

Uhrzeit	**Tiefe (in m)**	**Beschreibung**
07:10	34	Ankunft Wsp. Außen 8,15
07:15		Stand 34 mit „Geruckel“ (bedingt auch durch Geolotkrone) Bohrbeginn
07:30	38	Einzelne Späne (Fotos)
07:38	38,5	Kein Bohrwiderstand
...	...	Neue Spülung
07:40		BWU [redacted]
08:35		*Voutta angerufen: ab 14:00 Uhr hier*
09:19	48	
09:30	49	~ 15 Minuten/m
10:10	51	
10:15		Freibohren
10:45	53	
10:56	54	
...	57	Foto Bohrgut
12:20	58	
12:55	59	Geringer Fortschritt, Rütteln
13:30	59,5	Gelbe Kappe von Bohrgestänge entfernt, UK Gestänge war noch nicht abgesackt
14:00	60	
14:30	61,6	OK Hammer theoretisch
14:45		*Ankunft Büro Voutta*
14:50	62	
16:30		Länge jetzt 249 cm <?>

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **15.03.2013**

Uhrzeit	**Tiefe**	**Beschreibung**
15:20		Bohrtiefe max. 62,2 m Meißel frei Zugversuch Gestänge Überbohrgarnitur ausgebaut Bohrkrone aufgebraucht Zugversuch am Gestänge mit Bohrkopf Gestänge nur 48,0 m lang → Bruchstelle 2,5 mm (statt 5 mm)
17:45		[redacted] informiert LGRB/[redacted]
		Spülung
18:00		13,00
19:00		13,25
19:30		13,45
19:40		13,45 / 38,05 Bohrloch zu

<Angaben zum verlorenen Bohrhammer>
Außen-Durchmesser < des Hammers> 120 mm (<falls anderer Hammer> QHD = 126)
L = 1145 mm
Ventil ca. 10 cm u.OK Hammer

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **22.03.2013**

Uhrzeit	Tiefe	Beschreibung
		Stand Freitag 15.03.2013 lotbare Tiefe 38,40 m
08:00		lotbare Tiefe 38,15 m
10:25		Ankunft Fa. Anger ([redacted]…) Vorbereiten Freispülen Transporte nach Schorndorf (altes Bohrgestänge) Material von Schorndorf
10:30		*BWU/[redacted] Vees/[redacted], Goller/[redacted], [redacted]*
11:30- 13:30		Besichtigung / Besprechung
14:30		*Auftrag Terratec /* [redacted] *-→ Zeit Sa. 09:30 Uhr*
		Bohrtiefe 47,4 m, Spülungsverluste, kaum Materialaustrag, auch kein Fangen im Kernrohr
15:00		Lotbare Tiefe 47,00 m Mangel an Material für Spülung
16:45		Lotbare Tiefe 47,0 m
17:00		Hochziehen UK Rohr ~ 36,5 m Lotbare Tiefe 38,30 m
17:20		Bohrrohr überwindet 38,30 m → Stufenweises Messen von unten geplant
17:30		Arbeitsende

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **23.03.2013**

Uhrzeit	Tiefe	Beschreibung
08:50		Ankunft *Ankunft Terratec* Spülungsstand 13,… (?) Spülung gemischt
09:15		Tiefe 47 m, gezogen Tiefe 44 m
09:20		Keine Spülung mehr!
09:30		Ø Krone ≠ Zentrierung Geophysik
10:05		*EKB1 OK 85 mm u. OK Schacht*
10:20		Ziehen Gestänge Da 42 m UK Gestänge 42,20 lotbare Tiefe *→ keine Messung*
10:45		Ganz gezogen: lotbare Tiefe 38,50 m
10:50		Abbau Schelle in EKB1
11:00		*Messung hav. Bohrung* *Spülung zu dick -→keine „Sicht" > 210 mm*
12:00		*Befahrung GWM2*
12:20		*Abfahrt Terratec* Spülungsstand 5,50
14:50		*21,41 GWM1*
14:55		*52,08 EKB1*
15:00		Spülung 11,02

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **25.03.2013**

Uhrzeit	**Tiefe**	**Beschreibung**
11:45		Ankunft *Voutta/*[redacted] Temperatur: keine Signifikanz
12:30		Auftrag <erteilt, auch> Azimuth und Inklination <zu messen> Kaliber Tiefe (m): Spreizung x-y [mm] 38 – 37: 700 – 900 34 – 35: 300 – 300 17 – 18: 450 – 350 sonst durchgängig > 250 mm Ø

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt

Datum: **03.04.2013**

Uhrzeit	**Beschreibung**
07:35	Ankunft Baustelle besetzt [redacted] Tiefe Sohle: 38,5 m Tiefe Spülung: ... (?)

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt

Datum: **04.04.2013**

Uhrzeit	**Beschreibung**
16:50	Gespräch mit Herrn [redacted]
17:00	Ankunft, langsamer Bohrfortschritt bei 17 m
17:10	Durchsacken um 1 m bis 18 m
bis 17:45	Freibohren der letzten Rohr... • Singen der Rohre • Klappern • Festsitzen ca. in Höhe letzter Schweißnaht/GOK
18:00	Öffnen der Schweißnaht, Sohle 16,8 UK Rohr 18,41

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **06.04.2013**

Uhrzeit	**Tiefe**	**Beschreibung**
10:30		Anruf Fa. Anger/[redacted]: - Material ist da - Bohren geht reibungslos
...		Am Montag mündlich durch Herrn [redacted]: Bohren bis 45 m, Beim Ziehen Probleme mit Nachfall, Hohlraum über <oberhalb> 45 m, Bei 40 – 45 m vermutlich schmal, Sohle: 38,6 weniger Spülungsverluste, Bohrwiderstand ab ca. 39,5 m

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt

Datum: **08.04.2013**

Uhrzeit	**Tiefe**	**Beschreibung**
07:30		Ankunft
07:40		Spülungsstand 20,10
		Beginn Umbau auf 244 <mm> Wachsabdruck nicht vor Mittwoch (nachmittag)

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **10.04.2013**

Uhrzeit	**Tiefe**	**Beschreibung**
11:15	47,5	Ankunft Spül-Glocke auf OK Bohrgestänge
11:30	49,0	Spül-Glocke über OK Bohrgestänge hinaus
12:00	50,15	Lotung Sohle
12:10	48,5	Lotung OK Gestänge!
09:30		Telefonat [redacted] Spülungsstand morgens 3 m, Sohle 46,9 m
13:00		Ankunft Voutta
13:30		Kamera einfahren
13:40		Wasser 12 l/80 s = 0,15 l/s OK Bohrgestänge sichtbar 48,5 m
14:15		Im Bohrgestänge → Geometrie OK
14:20		Ende Kamera
15:00		1 Sack Pottasche
16:00		Kalibermessungen 1. nur von UK <Verrohrung> bis 43,0 m 2. von UK bis 40,0 m Tiefe Kaliber 48,14 285 x 281 47,80 302 x 305 (Endtiefe) oberhalb 46 m: gerade
16:30		Einbau Wachsplatte (Ø 219)
17:00		Steckenbleiben Platte unter UK Rohr 244 mm → zu groß
18:00		Rücksprache mit LGRB ([redacted]) → auf Wachsabdruck verzichten

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **16.04.2013**

Uhrzeit	Tiefe	Beschreibung
07:25		Baustelle nicht besetzt; Rohre fotografiert und Rohrsätze vermessen <siehe Liste>; Spülungsstand/Tiefe: fest abgedeckt nicht messbar; Rollenmeißel nachvermessen ≈ 210 mm Wachsplatte außen (Wachs entfernt) 217 mm - ! ! ! -
08:00		Telefonat mit Anger/[redacted], Spülungsstand 10,55 m u. GOK
14:20		Straßenmeisterei: Vermessung altes Bohrgestänge
14:50		Ankunft
15:00		Ankunft Fa. Anger / [redacted] - Material vermessen Ankunft Fa. Pfeil / [redacted] - < angeliefertes> Material (Liste)
16:00		Kronen-Rohr an OK mit 4 Rippen zum Aufbohren ergänzt

Spindler: letzte Bohrtiefe: 62,2 m u. GOK
OK Bohrgestänge:
- nach Abriss – gerechnet: 47,64 m
- Lotung / gemessen 48,50 m

	Außen	Innen	Rohr	L	
1. SK 6L	140	124	12	5,5	L verschieden
2.	114	75	16	3	
3.	60	52	16	6	
4.	34	27	Ca. 20	6	
5.	114	75	12	3	Verschiedene Muffen
6.	244	230	5	3 - 5	
7. <geborgenes> Bohrgestänge					
7.1 Rohr 6	88 x 88	82			
7.2 Rohr 4	89 x 84	81 x 78			<oval>
7.3 Rohr 8 Abrissstelle	88 x 88				2,3 mm Wandstärke (wie „Blech“)
8. Kronen					
8.1 kurz	228	177			
8.2 lang	227	177		Länge 253 cm	

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-hof/wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **17.04.2013**

Uhrzeit	Tiefe	Beschreibung
07:25	0	Ankunft [redacted]; Krone im Rohr unter UK Auslauftopf
07:30		Anruf bei Voutta, Frage: 1,0 oder 1,1 m abgezogen?
07:45		Beginn; Spülungsstand 10,61 m (6 cm/Tag)
08:10	40,60	UK Verrohrung erreicht
		Bohrung/Spülung läuft
08:45	45,0	Rohr 46 - 51 aufgesetzt
08:55	48,5	überwunden
09:30	51,0	gepeilt: ok Widerstand 48,50
		Bohrfortschritt 1 m / 10 Minuten
10:40	57,0	Freispülen vor Stangenwechsel
10:50	57,0	Neues Rohr 57 - 62
11:10-40		Langsamerer Bohrfortschritt 1 m / 30 Minuten
12:30	62,0	
12:45	61,0–62,0	Versuch freizubohren, hakelig
13:00	62,0	Neues Rohr 62 – 67
		Messung des Innenrohrfänger <mm>: • Korb 85, Spitze • Fänger zu: 76 • Fänger auf: 86 • Spitze + oben: 71,5
14:00	62,4	
14:10	63,5	Gestänge lässt sich nicht drehen, aber heben
14:20		Lotung 51,3 ? im Gestänge
14:45		Lotung 51,3 ? im Gestänge
	→	Bohrgestänge/Hammer wird nach unten gedrückt /→ fangen und Zugversuch
15:00		Fänger angebaut
16:00	52,4	Fänger an Kran angekuppelt

16:45	53,5	OK Speer → Fänger greift nicht → wird wieder ausgebaut
17:07		Fänger ausgebaut
17:15	53,6	Lotung Gestänge
17:30	63,5	Freibohren
17:40	65,0	Freibohren
17:50	66,0	Freibohren
18:00	67,0	Freibohren
18:00	-	*Wsp.tiefe GWM (EKB1): 52,16 m* → kein Unterschied zu morgens
18:30	68,0	Freibohren
18:30	-	Aufschneiden altes Bohrgestänge (1 m), <ist aber> zu dickwandig, um Speer zu testen
18:40	54,0	Lotung
19:40	69,0	Freibohren, Hr. [redacted] gebeten zu peilen; Hr. [redacted] möchte Hammer freibohren; Spannen des Gestänges gerade nicht möglich
20:15	69,5	Versuch, Spanner zu öffnen
20:40		Kein Spülungsumlauf
20:45	55,0	Lotung
21:00		*Wsp. EKB1: 52,15 m*
21:00		Überbohrgestänge steckt fest
21:05	55,0	Lotung OK Bohrgestänge
21:20		Keine Drehung u. Spülung mehr; Abbruch; UK Krone 66,0 OK 63,5

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **18.04.2013**

Uhrzeit	Tiefe	Beschreibung
		Spülung Ringraum ca. 0,5 m u. OK → ü. Gel. Innen: OK Sohle Ringraum ca. 47,0 m → Nachfall ca. 30 m
09:30		Absenken möglich
09:50		UK 69,5 m → OK (Bohrkronen) Rohr 67,0 m
09:55		Lotung im SK6L 71,22 - 1,25 Überstand - 15,20 OK altes Bohrgestänge 54,77 + 14,00 7 Gestänge - 0,10 Muffe - 1,20 Bohrhammer UK alter Hammer 69,87 OK alter Hammer 68,67
11:45		*GW EKB1 52,13*
12:00 ff		Austausch E-Mail LGRB / Skizze <siehe Anlage>
14:30		Pfeil/Hr. [redacted] bringt Verrohrung: 63 m, ¾ Zoll, 11 Muffen 10 x 6,00 m und 1 x 2,90 m, Einbaulänge 6,03 m
15:00		Spülungsstand im SK6L … (?)
15:05		Einbau Spülrohre
15:50		1. Spülen bei 48 m u. OK Zange entspricht 47 m <u.GOK>
16:05		2. Spülen mit neuntem Rohr
16:20		Anruf bei Fa. Pfeil → weitere Stange bestellt 3. Spülen mit zehntem Rohr
16:40		4. Spülen mit Rohr 2,90 m
16:45		Endtiefe und Spülen
17:00		Fa. Pfeil/Herr [redacted] bringt Rohr 2,75 Summe Rohre: 10x6,03 + 1x2,90 + 1x2,75 = 65,95
17:20		Spülung: Widerstand bei ca. 65 m
17:40		Spülkopf aufgesetzt Überbohrgarnitur lässt sich auf und ab bewegen
17:50		Spülung läuft wieder
18:00/10		Info BWU / LGRB ([redacted]
		Freispülen: Austrag gering, klein, grau
19.00		Ausbau Spüllanze: 4x6,03 + 1x2,90 + 1x2,75
19:20		Spülung läuft wieder an
19:25		Ziehen SK6L um eine Hub-Länge Wiederholung
20:15		Nachfall stark/blockt Spülung Läuft wieder an

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt

Datum: **19.04.2013**

Uhrzeit	Tiefe	Beschreibung
07:00		Ankunft
07:10		Start Maschine: Spülung läuft Austrag Menge gering bis mittel, fein (unverändert)
07:30		Nächste Schritte: • Spülen ½ - 1 h • Ausbau Spüllanze • Spülen • Einbau Fänger mit Spülung • Zugversuch • Spülen • Ausbau SKGL • Ziehen Gestänge, ggf. mit 2-Zoll-Spüllanze
08:20		Spülanze ausgebaut, nochmal Spülen bis 08:45, nur noch minimaler Austrag, nochmals gespült bis 08:55
09:00		Beginn Einbau Speer
09:40		Speer eingebaut
10:05		Versuch Spülung durch Speer, Schlauch geplatzt
10:40		Versuch Speer in Gestängestumpf einzuführen (mit Spülung)
10:47		Gestänge gefangen (stößt in Krone an)
10:55		Hammer und Gestänge wieder abgesetzt, Beginn Ziehen SK6L
11:40		Ziehen Bohrkammer
12:20		Speer mit Gestänge aus Bohrloch
13:05		Hammer geborgen!!! 1,4 m Hammer bis Muffe + 12,0 m (2 x 6 m) + 1,5 m gebrochene Stange =14,9 m
13:15		Lotung: Bohrlochtiefe 68,5 m, d.h. 1,0 m Nachfall
14:35		*Geophysik: Kaliber*
15:00		*Gamma-Log*
15:45		Auswertung Kaliberlog ausgedruckt
16:20		Anruf Herr [redacted] (LGRB) schlägt vor, 219 mm Rollenmeißel zum Spülen zu verwenden
17:00		*Wasserstand EKB 1: 52,17 u. GOK*

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **20.04.2013**

Uhrzeit	**Tiefe**	**Beschreibung**
10:00		Tiefe Bohrloch 68,4 m (= + 0,1 m) Stand Spülung 12,3 m u. GOK
11:15		Beginn Befahrung mit Rollenmeißel 219 mm
11:40		Beginn Spülen bei 40,0 m
12:35		Tiefe 69,5 m
Bis 14:00		Spülen, Gestände geht ohne Widerstand bis 69 m (= 0,5 m Nachfall)
14:05-18		Beginn Austausch Spülung gegen Klarwasser, insgesamt 4 m^3
Ab 14:22		Ausbau Gestänge
14:55		Gestände gezogen
15:10		Lotung: Bohrlochsohle 69 m (0,5 m Auflandung)
15:30		Beginn Verfüllung mit Mikolit 10 Sack eingefüllt: 65,2 m u. GOK, d.h. 10 Sack entsprechen 3,8 m 1 Sack 20 l, Sollmenge = 50 l/m, + 20 Sack: 57,1 u. GOK entspricht Soll
16:05		+ 10 Sack: 53,0 m entspricht Soll + 10 Sack: 49,3 m entspricht Soll + 5 Sack: 48,6 m Soll: 47,3 m + 5 Sack: 48,0 m + 5 Sack: 47,1 m + 5 Sack: 45,3 m + 5 Sack: 43,0 m
16:40		+ 3 Sack: 41,6 m

Landratsamt Rems-Murr-Kreis
Geschäftsbereich Umweltschutz
Fachbereich Boden- und Grundwasserschutz
Az. 423108-692.241 kw-wen

Rudersberg-Zumhof,
Geologische Geländehebungen im Bereich und Umfeld des Neubaugebietes Kiesel,
Straßen: [redacted] (tlw.)

Dokumentation
der Sanierung der Bohrung, in der das abgebrochene Bohrgestänge steckt
Datum: **22.04.2013**

Uhrzeit	**Beschreibung**
07:00	Ankunft
07:15	Vermessung Rohre, Hammer Rohre 4 Teilstrecke 416+400+387+88 + Hammer Ø 120: 99/101 + Meißel Ø 162/165: (Warzen): 10/57 =14,59 (14,49?)
07:30	Sohle 42,50 unter GOK (-> 1 m gesetzt)
08:20	Wsp. Spülung 3,25 m unter GOK
08:00–08:30	Saugwagen Fa. Hofele
08:25	2 Sack Mikolit nachgeschüttet (+ 2 Sack)
	Zugversuch: mit Kran und Seilen: misslungen (?)
9:15	Ankunft [redacted]
10:30	+ 16 Sack Mikolit, Stand: 33 m u. GOK
10:50	2 m Rohr gezogen, Stand: OK-Ton 34,7 m, + 5 Sack: 32,8 m, + 10 Sack M.: 28,3 m u. GOK
11:15	ca. 5 m Rohr gezogen
11:23	Lotung: OK-Ton 30,0 m u. GOK, UK-Rohr 32 m u. GOK, + 15 Sack M.
11:33	Lotung: OK-Ton 23,6 m u. GOK
11:45	ca. 5 m Rohr gezogen
11:52	Lotung: OK-Ton 25,2 m, UK-Rohr 27,0 m u. GOK, + 15 Sack M.
12:00	Lotung: OK-Ton 19,0 m u. GOK
12:02	ca. 5 m Rohr gezogen
12:15	Lotung: OK-Ton 21,3 m u. GOK, + 15 Sack (Ende Mikolit)
12:23	Lotung: OK-Ton 14,8 m u. GOK
12:25	Ca. 5 m Rohr gezogen, UK Rohr ca. 17,5 m u. GOK
12:38	Lotung: OK-Ton 17,0 m, WS 3,4 m u. GOK