

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

Verfahrensunterlage

Titel: Bewertung geomechanischer und markscheiderischer Messungen
Zwischenbericht 4/98 bis 3/99

Autor: Spies, T & Backhaus, D.

Erscheinungsjahr: 1999

Unterlagen-Nr.: I 085

Revision: 00

Unterlagenteil:



Inhaltsverzeichnis		Seite
	Verkürzte Zusammenfassung	4
1	Veranlassung	5
2	Durchgeführte Arbeiten	6
2.1	Konvergenzmessungen	6
2.2	Extensometermessungen	6
2.3	Fissurometermessungen	7
2.3.1	Messziel und Messlokationen	7
2.3.2	Messmethode und Auswertung	8
2.3.3	Ergebnisse	9
2.3.4	Bewertung	13
2.4.	Lageänderungsmessung 2. Sohle Bartensleben	14
2.4.1	Messziel und Messlokation	14
2.4.2	Messmethoden und Auswerteverfahren	15
2.4.3	Ergebnisse	16
2.4.4	Bewertung	17
2.5	Untertägige Höhenmessungen	19
2.6	Übertägige Höhenmessungen	19
2.7	Mikroakustische Messungen	19
2.7.1	Einsatz der Methode	19
2.7.2	Messtechnik und Auswertung	20

	Seite	
2.7.3	Messziele im ERAM	22
2.7.4	Einsatz der 24-Kanal-Anlage 1. Sohle Bartensleben	23
2.7.4.1	Untersuchungsbereich und Betrieb der Anlage	23
2.7.4.2	Ergebnisse	24
2.7.4.3	Bewertung	39
2.7.5	Einsatz der 24-Kanal-Anlage 4. Sohle Bartensleben	43
2.7.5.1	Untersuchungsbereich und Betrieb der Anlage	43
2.7.5.2	Ergebnisse	44
2.7.5.3	Bewertung	55
3	Zusammenfassende Bewertung	58
4	Literaturverzeichnis	60
5	Abkürzungsverzeichnis	61
6	Verzeichnis der Tabellen	62
7	Verzeichnis der Anlagen	63
	Tabellen (8 Seiten)	
	Anlagen (91 Seiten)	
	Gesamtblattzahl	168

Verkürzte Zusammenfassung

Autoren: Thomas Spies, Detlef Backhaus

Titel: ERA Morsleben, 9 M 213 300 11, Bewertung geomechanischer und markscheiderischer Messungen, Zwischenbericht Zeitraum 01.04.1998 bis 31.03.1999

Stichworte:

Endlagerung radioaktiver Abfälle, Fissurometermessungen, Lageänderungsmessungen, Mikroakustik.

Die aus dem Berichtszeitraum vorliegenden Messergebnisse bestätigen die bisherigen Trends in den Daten und die Bewertungen. Die Fissurometermessungen zeigen geringe Bewegungen an den Rissen im Bereich Abbau 2n, 1. Sohle Bartensleben Zentralteil, und in der Südstrecke, 4. Sohle Bartensleben Südfeld, an. Bei der Lageänderungsmessung im Zentralteil Bartensleben treten stärkere Neigungsänderungen an der Grenze zwischen Steinsalz und Anhydrit auf. Die mikroakustische Aktivität im Zentralteil Bartensleben konzentriert sich auf die abbaunahen Bereiche, aber auch tiefer im Gebirge - insbesondere an der Grenzfläche von Steinsalz und Anhydrit - werden akustische Ereignisse geortet. Die mikroakustischen Messungen in der Südstrecke, 4. Sohle Bartensleben Südfeld, belegen die hohe geomechanische Beanspruchung der Schweben über den Einlagerungskammern 2 und 3 der 5a-Sohle.

1 Veranlassung

Im Zuge der Wiedervereinigung der Bundesrepublik Deutschland mit der ehemaligen DDR hat die Bundesregierung das Endlager für radioaktive Abfälle in Morsleben (ERAM) übernommen. Im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) wird das Endlagerbergwerk von der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine, betrieben. Die BGR nimmt im Auftrag des BfS im AP 9 M 213 300 11 die Planung sowie die regelmäßige Interpretation und Bewertung der im ERA Morsleben durchgeführten geotechnischen und markscheiderischen Messungen wahr. Diese Arbeiten tragen zur Beurteilung und Überwachung der Standsicherheit der Grubenbaue bei. Im Rahmen der Sicherheitsanalysen bilden sie einen Teil der Grundlagen für die Entwicklung eines Stilllegungskonzepts. Diese Vorgehensweise steht im Einklang mit den Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission (RSK) für die Planung und den Betrieb eines Endlagers (Erkundung des Standorts des Endlagers, Überwachung, Beweissicherung, Einhaltung der Auslegungsdaten, siehe [1]).

In diesem Zwischenbericht werden die geomechanischen und markscheiderischen Messungen im Zeitraum 4/1998 bis 3/1999 beschrieben und die bisher erhaltenen Ergebnisse dargestellt.

2 Durchgeführte Arbeiten

Zwischen BGR und DBE erfolgte bei den untertägigen Messungen eine Arbeitsteilung dahingehend, dass von BGR die Vorgaben für das Messverfahren und die gewünschte Lokation gemacht wurden, von DBE die bergmännische Durchführbarkeit geprüft sowie die Beschaffung, Installation, Messung, Datenerfassung und messtechnische Auswertung übernommen wurde. DBE führt die Konvergenzmessungen, die Extensometermessungen, die Fissurometermessungen, die Lageänderungsmessungen sowie die über- und untertägigen Höhenmessungen aus. Über diese Messungen werden Berichte angefertigt, die BGR zur Verfügung gestellt werden. Die fachspezifische Aufbereitung und Bewertung der Messergebnisse obliegt der BGR. Die mikroakustischen Messungen in der Grube werden von BGR in eigener Regie durchgeführt.

2.1 Konvergenzmessungen

Der Kenntnisstand der BGR bezüglich der Messergebnisse hat sich seit der Erstellung des letzten Zwischenberichts nicht verändert. Daher enthält dieser Bericht keine Auswertung zu den Konvergenzmessungen.

2.2 Extensometermessungen

Der Kenntnisstand der BGR bezüglich der Messergebnisse hat sich seit der Erstellung des letzten Zwischenberichts nicht verändert. Daher enthält dieser Bericht keine Auswertung zu den Extensometermessungen.

2.3 Fissurometermessungen

2.3.1 Messziel und Messlokationen

Im ERAM treten im Abbau 2n, 1. Sohle Bartensleben, und in der sich anschließenden Nordstrecke überwiegend horizontal verlaufende, voneinander abgesetzte Risse im Stoß auf (Abbau 2n: Südwest- und Nordstoß, Nordstrecke: West- und Oststoß, Geologie: Steinsalz z3OS). Noch heute fest mit dem Gebirge verbundene Gipsmarken von 1963 und 1967 im Südweststoß des Abbaus 2n zeigen eine Öffnung von maximal ca. 5 mm in ca. 35 Jahren (siehe Anlagen 2.3.1 und 2.3.2). Die Rissöffnungsweiten an den Rissen betragen maximal zwischen 10 und 15 mm. Die Risse liegen überwiegend in der Schichtung und erstrecken sich abgesetzt über eine Stoßlänge von ca. 70 m (Südweststoß Abbau 2n und Fortsetzung in der Nordstrecke).

Risse mit vergleichbarer Öffnungsweite und räumlicher Erstreckung wie im Abbau 2n finden sich auch in der Südstrecke auf der 4. Sohle Bartensleben oberhalb des Abbaus 2 (Oststoß) und des Abbaus 3 (Weststoß und Oststoß) der 5a-Sohle. Die Risse verlaufen ebenfalls horizontal und befinden sich auch im Leine-Steinsalz (z3OS-z3AM). 1996 und 1998 wurden an den Rissen insgesamt 9 Gipsmarken angebracht. Eine der Gipsmarken von 1/96 im Oststoß über Abbau 2 war bis 3/99 gerissen, zeigte aber nur eine haarfeine Öffnungsweite.

Die Risse werden gebirgsmechanisch mit Fissurometern überwacht, mit denen die Beträge eventuell anhaltender Bewegungen ermittelt werden. Die Lage der 5 auf der 1. Sohle installierten Fissurometer ist Anlage 2.3.5 zu entnehmen, die Lage der 4 auf der 4. Sohle installierten Fissurometer ist Anlage 2.3.6 zu entnehmen.

Die Messwerte wurden von DBE zusammen mit einer überarbeiteten Dokumentation in Unterlage [2] an die BGR übergeben. Auch eine detaillierte Aufnahme der Risse im Rahmen der geologischen Kartierung liegt jetzt vor [2].

2.3.2 Messmethode und Auswertung

Zur Erfassung der dreidimensionalen Bewegungen an den Rissen bzw. Trennflächen im Gebirge werden Segment-Fissurometer eingesetzt (Anlage 2.3.3). Die Segmente werden auf beiden Seiten bzw. Ufern des Risses angebracht, und die Relativverschiebungen der Rissufer zwischen den Segmenten werden an Messanschlügen mit Hilfe einer Messuhr bestimmt (Anlage 2.3.4). Auf der 1. Sohle werden Fissurometer der Fa. Interfels, auf der 4. Sohle solche der Fa. Glötzl eingesetzt. Das Messprinzip beider Messeinrichtungen ist identisch, die konstruktiven Ausführungen weichen etwas voneinander ab.

Die Fissurometer werden senkrecht zum Riss am Stoß angebracht, hier überwiegend vertikal aufgrund des überwiegend horizontalen Verlaufs der Risse. Vertikal werden somit die Rissöffnungsweite (Komponente w) und horizontal zum einen die Bewegung in Stoßrichtung (Hohlraumlängsrichtung, Komponente v) und zum anderen die Bewegung aus dem Stoß heraus (Hohlraumquerrichtung, Komponente u) ermittelt. Verlängerungen der Abstände zwischen den Messanschlügen werden als positive Werte angegeben. Nimmt man das hangende Rissufer als lagestabil an, entspricht eine Absenkung des liegenden Rissufers einem positiven Wert in der Vertikalkomponente w , eine Bewegung des liegenden Ufers nach links einem positiven Wert horizontal in Stoßrichtung v , eine Bewegung des liegenden Ufers aus dem Stoß heraus einem positiven Wert horizontal quer zur Stoßrichtung u (Blickrichtung auf das Fissurometer). Wegen konstruktiver Unterschiede der Interfels- und Glötzl-Fissurometer wird die Komponente u der Glötzl-Fissurometer mit dem Faktor (-1) multipliziert, um in beiden Fällen dieselbe Bewegungsrichtung zu erhalten (Bewegung des Liegenden aus dem Stoß heraus jeweils positiv definiert).

In der Unterlage [2] wird ± 0.05 mm als Messunsicherheit in der Verschiebung für das Interfels-Fissurometer angegeben. Beim Glötzl-Fissurometer wird aus Gründen der verschieden guten Ablesemöglichkeiten $\pm 0,1$ mm für die Komponente w (Öffnung) sowie $\pm 0,2$ mm für die Komponenten u und v (Horizontalbewegungen in Ebene des Risses) angegeben. Diese Werte beziehen sich auf die Verschiebung zwischen den Messanschlügen in der Zeit zwischen zwei Messungen (Differenzbildung der Messwerte zwischen zwei Messungen; hier zwischen der Nullmessung und den Folgemessungen). Betrachtet man die Schwankungen der bisher erhaltenen Messwerte jeweils um eine mittlere Trendlinie (Anla-

gen 2.3.7 - 2.3.15), ergibt sich, dass die Werte aller Komponenten höchstens im Bereich von $\pm 0,1$ mm von der mittleren Trendline abweichen. Überwiegend beträgt die Streuung $\pm 0,05$ mm um eine mittlere Trendlinie. Eine schwache Tendenz zu geringerer Streuung ist beim Interfels-Fissurometer (Anlagen 2.3.7 - 2.3.11) im Vergleich mit dem Glözl-Fissurometer erkennbar (Anlagen 2.3.12 - 2.3.15). Der Messbereich beträgt ± 10 mm in jeder Richtung.

Für die thermische Ausdehnung der Messsegmente wird keine Korrektur vorgenommen, da die erfassten Unterschiede in der Temperatur von weniger als 2,5 K sehr gering sind und die Messsegmente kurz sind. Eine Abschätzung ergibt eine maximale thermische Ausdehnung von 0,02 mm (Länge Messsegmente 0,5 m, linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient für Invarstahl $0,0125$ mm/(m·K), Temperaturdifferenz 2,5 K).

Die Raten der Verschiebungen an den Rissen werden mit Hilfe linearer Regression in zeitlichen Bereichen ermittelt, die einen Trend erkennen lassen und in denen die Bewegungen gleichmäßig verlaufen sind. Dabei wird über die stochastisch verteilten und auch die eventuell vorhandenen systematischen Schwankungen der Messwerte im Bereich gemittelt. Raten unterhalb eines Betrags von 0,05 mm/a werden nicht angegeben, da in solchen Fällen innerhalb des bisherigen Messzeitraums von ca. 2 Jahren noch keine signifikanten Messwerte vorliegen (siehe oben zu den eingeschätzten Messunsicherheiten).

2.3.3 Ergebnisse

Allgemeine Beobachtungen

Die Datenblätter (Anlagen 2.3.7 - 2.3.15) enthalten sowohl Angaben zu den Lokationen als auch die Darstellungen des zeitlichen Verlaufs der Messwerte (Relativverschiebungen). Bis auf wenige wohlbegründete Ausnahmen im Fall der Fissurometer im Südfeld, die der Unterlage [2] entnommen werden konnten, wurden alle Messwerte in die Darstellungen übernommen. Die ermittelten Werte der Verschiebungsraten bei schon signifikanten Werten und erkennbaren Trends sind Tabelle 2.3.1 zu entnehmen. Ist dort keine Angabe vorhanden, sind die zu erwartenden Verschiebungsraten vom Betrag her kleiner als 0,05 mm/a. Bei 16 von 27 Komponenten der 9 Fissurometer ist dies der Fall.

Die Messwerte zeigen insgesamt bisher nur geringe Beträge bis 0,65 mm Verschiebung an. Einige Messkurven weisen größere Sprünge auf. Kurz nach Installation der Messsegmente weisen solche Sprünge auf Einbaueffekte hin. Aufgrund der Sprünge durch Einbaueffekte sind die Beträge der erreichten Verschiebungen teilweise nicht aussagekräftig. Die Verschiebungsraten dagegen werden in zeitlichen Bereichen ermittelt, in denen dies keine Rolle mehr spielt (gestrichelte Geraden in den Messwertdiagrammen). Die Ursache für gebirgsmechanisch signifikante Sprünge können kurzzeitig auftretende schnellere Bewegungen an den Rissen sein.

Abbau 2n, 1. Sohle: Fissurometer 089F, 090F und 091F (Anlagen 2.3.7- 2.3.9)

Die Fissurometer befinden sich von S nach N eng benachbart am W- bzw. SW-Stoß des Abbaus (Anlage 2.3.5).

Die horizontale Komponente u (Richtung quer zum Stoß) aller 3 Fissurometer zeigt keine Bewegungstendenz an.

Die horizontale Komponente v (Richtung längs zum Stoß) zeigt bei 089F keine Bewegung an. Bei 090F ergibt sich eine Verschiebung von $-0,65$ mm und eine Rate von $-0,19$ mm/a (Verschiebung des liegenden Ufers nach rechts oder NW relativ zum oberen Ufer). Bei 091F ergibt sich mit $-0,2$ mm eine Andeutung der gleichen Verschiebungsrichtung wie bei 090F.

Die vertikale Komponente w zeigt bei 089F einen einheitlichen Trend zur Rissöffnung mit insgesamt rund 0,4 mm und eine Rate von 0,15 mm/a an. Beim mittleren Fissurometer 090F deutet sich schwach eine Tendenz zur Rissöffnung in der vertikalen Komponente an, während man beim nördlichen Fissurometer 091F eine Rissöffnung mit einer Rate von 0,10 mm/a erkennt.

Die Bewegungen an den Rissen laufen zeitlich relativ gleichmäßig ab, variieren aber räumlich entlang der verschiedenen, voneinander abgesetzten Rissabschnitte auf wenigen Metern Entfernung. Während das südliche Fissurometer 089F nur Öffnung anzeigt, zeigt das mittlere Fissurometer 090F nur eine Bewegung des Liegenden in Stoßrichtung nach

rechts oder NW. Das anschließende nördliche Fissurometer 091F zeigt wiederum Öffnung und eine schwache Tendenz des Liegenden nach rechts oder NW.

Nordstrecke, 1. Sohle: Fissurometer 092F und 093F (Anlagen 2.3.10 und 2.3.11)

Die Fissurometer befinden sich in der Nordstrecke direkt hinter dem Eingang vom Abbau 2n (siehe Anlage 2.3.5). Sie liegen sich rechts und links am Stoß gegenüber. Bei beiden Fissuometern zeigt sich die gleiche Entwicklung der Messwerte.

Die horizontale Komponente u der Fissurometer zeigt keine signifikante Bewegungstendenz an.

Die horizontale Komponente v zeigt bei beiden Fissuometern eine Bewegung von etwa 0,3 mm bei einer Rate um 0,10 mm/a, allerdings bei 092F eine Verschiebung des liegenden Rissufers nach SSE relativ zum hangenden Ufer, und bei 093F eine Verschiebung nach NNW. Dies entspricht nicht der Vorstellung einer einheitlichen Bewegung an einer links und rechts am Stoß aufgeschlossenen Rissfläche. Überprüfungen der Installation untertage, der Durchführung der Messungen und der Auswertung seitens DBE ergaben keine Anzeichen für eine Vertauschung des Vorzeichens. Gründe für diese unterschiedliche Tendenz können in der komplizierten Geometrie (Ansteigen der Firste des Abbaus 2n über Eingang Nordstrecke, Nähe zu Rolloch in Schwebel mit 2a-Sohle) und auch in der Geologie (Änderung des Einfallens und des Streichens der Schichten in diesem Bereich) vermutet werden.

Die vertikalen Komponenten w zeigen bei beiden Fissuometern einen einheitlichen Trend zur Rissöffnung mit 0,30 mm Verschiebung und Raten von 0,14 bzw. 0,10 mm/a.

Auch an der ca. 10 m entfernten Konvergenzstation 078K beobachtet man Risse in Stoß und Firste. Es ergeben sich eine Verlängerung der vertikalen Messstrecke mit 0,5 mm/a und keine signifikanten Werte in der horizontalen Messstrecke. Diese Beobachtungen stimmen von der Tendenz her mit den Fissurometermessungen überein. Die Divergenz in der vertikalen Messstrecke kann zumindest zu einem Teil mit der Öffnung von Rissen erklärt werden.

Südstrecke, 4. Sohle über Abbau 3: Fissurometer 184F und 185F (Anlagen 2.3.12 und 2.3.13)

Die Fissurometer sind eng benachbart am westlichen Stoß an je einem horizontalen Riss angeordnet. Ein Trend zeichnet sich in der vertikalen Komponente w von 184F mit einer Rissöffnung von 0,20 mm und einer Rate von 0,11 mm/a ab. In der horizontalen Komponente v von 185F ergab sich ein starker Anstieg direkt nach dem Einbau, der dann wieder abflachte und eine Rate von 0,07 mm/a anzeigt.

Die benachbarten Konvergenzstationen 172 - 175K zeigen eine starke Variation der vertikalen Konvergenzgeschwindigkeiten von -2 mm/a bis 0,4 mm/a. Dies ist auf die unterschiedliche Hohlraumgeometrie in diesem Bereich zurückzuführen: Die Südstrecke, 4. Sohle, verläuft von Norden nach Süden auf den Abbau 9s der 4a-Sohle zu und liegt dann unter der Sohle des Abbaus. Da die Fissurometer und Konvergenzstationen nicht direkt benachbart sind, sind die Ergebnisse beider Methoden in diesem Fall nicht zusammen interpretierbar.

Südstrecke, 4. Sohle über Abbau 2: Fissurometer 186F und 187F (Anlagen 2.3.14 und 2.3.15)

Die Fissurometer sind eng benachbart am östlichen Stoß an je einem horizontalen Riss angeordnet. Die horizontalen Komponenten zeigen keine Bewegungstrends. Bei den vertikalen Komponenten findet man bei 186F eine Rissöffnung von knapp 0,3 mm bei einer Rate von 0,16 mm/a und bei 187F eine Rissöffnung von ebenfalls 0,30 mm bei einer Rate von 0,20 mm/a.

Von den beiden benachbarten Konvergenzstationen 068K und 069K kann nur 068K für eine gemeinsame Interpretation mit den Fissurometermessungen herangezogen werden. (069K liegt südlich der Fissurometer schon im Pfeilerbereich zwischen den Abbauen 9n und 9s, 4a-Sohle, so dass die geometrischen Verhältnisse nicht vergleichbar sind.) Die vertikale Komponente von Konvergenzstation 068K zeigte bisher keine signifikante Bewegungstendenz an. Dies ist mit den sehr geringen Rissöffnungsweiten an den Fissuometern um 0,2 mm/a durchaus vereinbar.

2.3.4 Bewertung

Mit den bisherigen Messungen werden geringe Relativverschiebungen an den untersuchten Rissen nachgewiesen. In 11 von 27 Komponenten oder Messreihen der 9 Fissurometer ergeben sich erkennbare Trends zu einer Verschiebung der Rissufer. Die festgestellten Verschiebungen betragen nach 2 Jahren bzw. 1,5 Jahren maximal 0,7 mm. Die Verschiebungen sind allerdings oft mit Sprüngen am Anfang der Messreihen (Einbaueffekte) behaftet. Verlässlicher sind daher die ermittelten Raten nach Abklingen der Einbaueffekte.

Die vertikalen Komponenten, d.h. die Änderungen der Rissöffnungen bei den im wesentlichen horizontal verlaufenden Rissen, zeigen bei 7 von 9 Fissuometern klare Tendenz zur Öffnung mit Verschiebungen bis rund 0,4 mm und Raten bis rund 0,2 mm/a. Die horizontalen Komponenten in der Richtung quer zum Stoß zeigen keine Bewegungen an, während bei 4 von 9 Fissuometern klare Bewegungen längs zum Stoß festgestellt werden mit maximal 0,7 mm Betrag und einer Rate von 0,2 mm/a.

Die Fissurometer sind jeweils an einzelnen Abschnitten oder Segmenten der Rissysteme angebracht, die etwa parallel verlaufen, aber voneinander abgesetzt sind. Die ermittelten Richtungen der Verschiebungen entsprechen z.T. nicht einem einfachen Bild des Bewegungsablaufs an den Rissen. Da immer 2 oder 3 Fissurometer eng benachbart installiert wurden, kann man engräumig z. T. deutliche Variationen der Bewegungen feststellen. Dies ist für den Bewegungsablauf in einem kleinen Ausschnitt innerhalb eines größeren Rissystems zu erwarten. Zur Komplexität der Bewegungen tragen die komplizierten geometrischen und geologischen Verhältnisse bei.

Beobachtungen an Konvergenzstationen in der Nähe der Fissurometer sind im wesentlichen mit den Fissurometermessungen vereinbar. Insbesondere die Verlängerung einer vertikalen Messstrecke und die beobachtete Rissöffnung in der Nordstrecke auf der 1. Sohle stehen im Einklang und zeigen, dass hier Rissbildung einen Beitrag zur beobachteten Divergenz im Konvergenzmessquerschnitt liefert.

Die ermittelte Rissöffnungsrate von 0,15 mm/a am Weststoß des Abbaus 2n auf der 1. Sohle ist überschlagsmäßig mit der Beobachtung der Rissöffnung von etwa 5 mm an einer Gipsmarke von 1963 gut vereinbar ($0,15 \text{ mm/a} \cdot 35 \text{ a} = 5,25 \text{ mm}$, siehe Anlage 2.3.2). Die maximalen Rissöffnungen am Stoß betragen ca. 10 - 15 mm, d.h. unter Annahme der ermittelten Rate über die gesamte Zeit seit Entstehen der Risse müßten ca. 80 Jahre vergangen sein. Dies entspricht etwa dem Alter der Abbaureihe 2n von 70 Jahren (Abbau 2n 2. Sohle von 1924, Abbau 2n 1. Sohle von 1931, Abbau 2n 2a-Sohle von 1935) und läßt darauf schließen, dass die Risse dort während oder - gemessen am Alter der Abbaue - kurz nach der Auffahrung entstanden sind und dass die geringen Rissöffnungsbewegungen seitdem relativ gleichmäßig verlaufen sind. Es ist plausibel, dass die Risse bei der Auffahrung des Abbaus 2n auf der 2a-Sohle entstanden sind (4 m Schwebenmächtigkeit zu Abbau 2n 1. Sohle).

Auf der 4. Sohle ist im Oststoß - ca. 1 m von Fissurometer 187F entfernt - eine Gipsmarke von 1/96 gerissen (Beobachtung 3/99). Sie zeigt eine haarfeine Öffnung an. Die Gipsmarken von 2/98 sind dagegen noch nicht gerissen. Diese Beobachtungen sind mit den hier gemessenen Verschiebungsbeträgen bis 0,2 mm/a vereinbar.

2.4 Lageänderungsmessung 2. Sohle Bartensleben

2.4.1 Messziel und Messlokation

Dem Zentralteil der Grube Bartensleben wird aus geomechanischen Gründen besondere Aufmerksamkeit gewidmet, insbesondere den höher gelegenen Bereichen. Die Gründe sind:

- hoher Durchbaugrad mit teilweise geringmächtigen Schweben und Pfeilern,
- Nähe der Abbaureihen 2 und 4 zum Anhydrit z3HA und Grauen Salztou z3GT,
- lokales Auftreten von Zugspannungen im Übergangsbereich von Steinsalz z3 und Anhydrit z3HA in geomechanischen Modellberechnungen,
- In-situ-Befunde wie Laugenzutritte auf der 1. Sohle (Schrapperkammer und Abbau 1a) und Auftreten lang aushaltender Risse im Abbau 2n auf der 1. Sohle.

Der Abbau 2n auf der 2. Sohle wurde als Lokation für eine Lageänderungsmessung gewählt (siehe Anlagen 2.4.1 und 2.4.2). Mit dieser Messung ist man in der Lage, die erwarteten Bewegungen des Steinsalzes in Richtung der Abbaue zu erfassen. Die Bohrung verläuft in ihrem hinteren Bereich oberhalb eines Abbaus im Kalilager C, so dass auch dort eventuelle Restverformungen um verfüllte alte Abbaue erfasst werden können. Da die Bohrung die gesamte Abfolge vom Leinsteinsalz z3LS über Hauptanhydrit z3HA, Grauen Salzton z3GT und Kalilager z2SF bis ins Hauptsalz z2HS3 durchteuft, ist eine Untersuchung des Verbundverhaltens dieser Schichten mit geomechanisch stark unterschiedlichen Eigenschaften möglich. Damit hat diese Messung exemplarischen Charakter für die Beurteilung dieser häufig in der Grube anzutreffenden geologisch-geomechanischen Situation.

Die Lage der Messbohrung RB801 ist den Anlagen 2.4.1 und 2.4.2 zu entnehmen. Anlage 2.4.2 enthält die geologischen Grenzen nach älteren Darstellungen, die hier in etwa auch denen im geologischen Lagerstättenmodell der BGR entsprechen. Die Messbohrung ist 104 m lang und 15 gon aus der Horizontalen nach oben gerichtet. Nach den für die Planung vorliegenden markscheiderischen Unterlagen sollte so ein Abstand von etwa 10 m über den Abbauen im Kalilager C erzielt werden und die Bohrung im hinteren Bereich ca. 10 m im Staßfurt-Steinsalz verlaufen. Die Bohrung wurde gekernt, und die Kerne wurden in der BGR in Hinblick auf Trennflächen ingenieurgeologisch aufgenommen (Tabelle 2.4.1). Auffällig waren hierbei Risse im Übergangsbereich zwischen z3LS und z3HA sowie zahlreiche Risse und Klüfte im z3HA und z3GT mit Öffnungsweiten bis 15 cm, die mit Salzen gefüllt sind.

2.4.2 Messmethoden und Auswerteverfahren

In der Bohrung befindet sich eine vermörtelte Messverrohrung mit Messringen im Abstand von 1 m. Die axialen Verschiebungen (Änderungen der Abstände der Messringe, 'Ringabstände') werden mit einem mobilen Inkrementalextensometer bestimmt. Die Verschiebungen senkrecht zur Bohrlochachse in der Vertikalebene (Neigungsänderungen) werden mit einem mobilen Inklinometer ebenfalls in Abständen von 1 m bestimmt. Die zwei Bohrlochsonden stammen von der Fa. Interfels. Die Messunsicherheit (Systemgenauigkeit) beträgt beim Extensometer $\pm 0,01$ mm und beim Inklinometer $\pm 0,1$ mm.

2.4.3 Ergebnisse

Die Nullmessung wurde in 2/96 und Folgemessungen wurden in 3/96, 4/96, 6/96, 9/96, 3/97, 6/97 und 9/97 durchgeführt. Seit 1998 wird ein halbjährlicher Messrhythmus eingehalten. Im Berichtszeitraum wurden die Folgemessungen 2/98 und 9/98 durchgeführt (siehe [3] und [4]).

Anlage 2.4.3 stellt die Änderungen der Ringabstände (Daten Extensometer) und die Neigungsänderungen (Daten Inklinometer) gemeinsam über der Bohrlochteufe in m als Verformungen in mm/m bzw. in Promille (10^{-3}) dar. Aufgetragen sind die Differenzen der Messwerte der letzten Folgemessung von 9/98 und der 2. Folgemessung von 4/96. Der Bezug auf die Folgemessung 4/96 ist sinnvoll, da bis zu diesem Zeitpunkt verstärkte Bewegungen abliefen, die auf Einbaueffekte zurückzuführen sind. Zu beachten sind in Anlage 2.4.3 die unterschiedlichen Skalen der Darstellung (Bereich $\pm 0,4$ mm/m für die Änderung der Ringabstände und ± 4 mm/m für die Neigungsänderungen). Wie sich schon bei den früheren Messungen abgezeichnet hat, stellen sich in folgenden Teufenbereichen signifikante Änderungen ein :

- am 1. Messpunkt direkt am Stoß im Steinsalz z3LS,
- von 20 m bis 25 m im z3LS,
- von 36 m bis 60 m vom Steinsalz z3LS in den Anhydrit z3HA hinein (Grenze bei 40 m),
- von 69 m bis 73 m im z3GT (Grenze z3HA und z3GT bei 71 m).

Teilweise korrelieren Änderungen der Ringabstände mit denen der Neigung, wobei allerdings die maximalen Beträge unterschiedlich ausfallen (0,5 mm/m bei den Ringabständen und 2 mm/m bei den Neigungen). Insbesondere an der auffälligsten Stelle in der Bohrung - am Übergang z3LS zu z3HA - korrelieren die Verläufe der beiden Messungen deutlich. Der Verlauf der Messkurven der Verformungen über der Bohrlochteufe ist seit Beginn der Messungen (bzw. seit der Folgemessung 4/96) der gleiche geblieben. Die von der Verformung her signifikanten Bereiche in der Bohrung - wie oben erwähnt überwiegend an den Grenzflächen - heben sich von Messung zu Messung besser von den Bereichen mit geringer oder verschwindender Verformung ab ('Rausch'-Anteil im Verformungssignal).

In der bisher erreichten Gesamtmesszeit von 875 Tagen zwischen den Messungen 4/96 und 9/98 in Anlage 2.4.3 ergibt sich der maximale Wert der Raten der Abstandsänderungen am Bohrlochmund. Hohlraumnah findet eine Auflockerung von $0,22 \cdot 10^{-3}/a$ Verformung statt. Im Gebirge betragen die Raten der Abstandsänderungen maximal $0,08 \cdot 10^{-3}/a$ (z3GT). Bei den Neigungsänderungen ergibt sich der maximale Wert der Raten von $-0,96 \cdot 10^{-3}/a$ bzw. ihres Betrages direkt an der Grenze von Steinsalz und Anhydrit. Die genannten Werte liegen insgesamt etwas niedriger als die Raten im Messzeitraum von 336 Tagen bei Folgemessung 3/97.

2.4.4 Bewertung

Die gemessenen Bewegungen axial in Richtung und senkrecht zur Richtung des Bohrlochs RB801 verlaufen seit dem Abklingen der Einbaueffekte nach der Folgemessung 4/96 gleichmäßig. Die Raten der Neigungsänderungen betragen maximal rund $1,0 \cdot 10^{-3}/a$ (Betrag), die der Abstandsänderungen rund $0,1 \cdot 10^{-3}/a$ im Gebirge und $0,2 \cdot 10^{-3}/a$ direkt an der Kontur. Deutliche Trends ergeben sich in den Übergangszonen von Steinsalz z3LS und Anhydrit z3HA sowie von Anhydrit und Salzton z3GT. Maximale Bewegungen in Form von Neigungsänderungen finden sich am Übergangsbereich von z3LS zum z3HA. Sie erfassen aber auch noch tiefer gelegene Bereiche des Anhydrits.

Die Bewegungen am Übergangsbereich von z3LS und z3HA deuten Scherung des Gesteins in diesem Bereich an, die etwa schichtungsparallel stattfinden könnte. Der räumlichen Verteilung der Neigungsänderungen nach kann es sich nicht um eine einzelne Scherfläche handeln, sondern es könnte sich um mehrere gestaffelte Flächen handeln. Zu berücksichtigen ist auch, dass sich Hohlräume auf der 3a- und der 3. Sohle genau unterhalb dieses Bereichs befinden. Weiter wurde durch zwei neue etwa parallele geologische Profile in der Nähe von RB801 belegt [6], dass die geologische Struktur komplexer ist als es früher vermutet wurde. Die Anlagen 2.7.6 und 2.7.7 zeigen die Profile C und D, deren Schnittspuren in Anlage 2.7.1 dargestellt sind. RB801 befindet sich genau zwischen den beiden geologischen Profilen C und D in Anlage 2.7.1. Die Bohrung verläuft im Profil schwach ansteigend westlich des Abbaus 2n auf der 2. Sohle. In Profil C erkennt man 2 hintereinander liegende Anhydritschollen, wobei die nähere etwa 20 m vom Abbau 2n entfernt ist. Im Pro-

fil D gibt es nur eine Anhydritscholle, die ebenso wie in der Ebene von Bohrung RB801 im Abstand von 40 m angetroffen wird. Damit muß mit einer Zerlegung des Anhydrits in mehrere Schollen und komplizierten geologischen Verhältnissen im Nahbereich der Bohrung RB801 gerechnet werden.

Die aus den Messungen abzuleitende relative Bewegung ist eine Anhebung des Steinsalzes z3LS relativ zum Anhydrit oder umgekehrt eine Absenkung des Anhydrits z3HA relativ zum Steinsalz. Das Vorzeichen der absoluten Bewegung kann allein aus den Messungen in der Bohrung RB801 nicht geklärt werden, da kein Bezugspunkt gewählt werden kann, der mit Sicherheit in Ruhe geblieben ist. Da sich unterhalb der Anhydritschollen größere Hohlräume im Steinsalz befinden, ist die Annahme einer Absenkung des Anhydrits in Richtung der darunterliegenden Hohlräume plausibel.

Signifikante axiale Längenänderungen treten direkt am Bohrlochmund auf und können dort als stoßnahe Aufblätterung angesehen werden. Weitere Bereiche mit axialen Längenänderungen, aber auch Neigungsänderungen, finden sich mitten im z3LS sowie im z3GT. Hier kann die Existenz von Hohlräumen unterhalb dieser Bereiche ebenfalls eine Rolle spielen. Am Übergang zwischen z3HA und z3GT findet sich in den Kernen eine markante Kluft von 15 cm Öffnungsweite, die mit Carnallitit gefüllt ist.

Die Lageänderungsmessungen in der Bohrung RB801 zeigen, dass im Gebirgsverband von Steinsalz, Anhydrit, Salzton und Kaligesteinen Bewegungen bevorzugt in diskreten Bereichen, insbesondere an den Grenzflächen auftreten. Diese Bewegungen werden durch das unterschiedliche Deformationsverhalten dieser Gesteine hervorgerufen. Bei der ingenieur-geologischen Aufnahme der Bohrung RB801 wurden viele Risse und Klüfte festgestellt (siehe Tabelle 2.4.1). Sie liegen gerade in den Bereichen, die in den Messungen auffallen. An solchen Trennflächen werden sich die Bewegungen an den Grenzflächen wie auch innerhalb der nicht duktilen Gesteine Anhydrit und Salzton abspielen.

2.5 Untertägige Höhenmessungen

Der Kenntnisstand der BGR bezüglich der Messergebnisse hat sich seit der Erstellung des letzten Zwischenberichts nicht verändert. Deshalb enthält dieser Bericht keine Auswertung zu den untertägigen Höhenmessungen.

2.6 Übertägige Höhenmessungen

Der Kenntnisstand der BGR bezüglich der Messergebnisse hat sich seit der Erstellung des letzten Zwischenberichts nicht verändert. Deshalb enthält dieser Bericht keine Auswertung zu den übertägigen Höhenmessungen.

2.7 Mikroakustische Messungen

2.7.1 Einsatz der Methode

Im ERAM werden gebirgsmechanische Vorgänge erkundet und überwacht. Dies umfasst innerhalb dieses AP zum einen die direkte Messung von Bewegungen und Verformungen. Zum anderen wird die Mikroakustik als indirekte Methode eingesetzt, die Aussagen über Prozesse der Mikrorissbildung (Dilatanz, Bildung von Auflockerungszonen) bis hin zu makroskopischen Brucherscheinungen im Gebirge zulässt. Nach Ergebnissen von Laborversuchen der BGR an Steinsalzproben nimmt die akustische Emission (AE) mit dem Auftreten von Dilatanz im Versuch deutlich zu [7]. Der Nachweis der akustischen Emission und ihre Ortung kennzeichnen demnach Gebirgsbereiche, in denen Auflockerung aktuell stattfindet. Bei Spannungszuständen oberhalb der Dilatanzgrenze kann auf lange Sicht die Permeabilität des Steinsalzes zunehmen, und es kann bei konstanter Beanspruchung auch zum Kriechbruch kommen [8]. Die Dilatanzgrenze wird daher als eine Sicherheitsgrenze für den Nachweis der langfristigen Integrität des Gebirges und der Standsicherheit von Hohlräumen im Steinsalz angesehen. Da im Vergleich zu den Laborversuchen in situ nur der Anteil stärkerer akustischer Emissionsenergie erfasst wird, ist davon auszugehen,

dass der Spannungszustand in den ausgewiesenen Gebirgsbereichen deutlich über der Dilatanzgrenze liegt.

Mikroakustische Messungen können also anzeigen, ob der Spannungszustand im Steinsalz oberhalb der Dilatanzgrenz liegt. In diesem Sinne können sie einen Beitrag zur Beurteilung der Standsicherheit von Grubenbauen und der Integrität des Salzgebirges liefern, nicht jedoch alleine entsprechende Aussagen erbringen. Zur Beantwortung dieser Fragen müssen die Ergebnisse sowohl der anderen In-situ-Messungen und Kartierungen als auch der Laborexperimente und Modellrechnungen herangezogen und zusammenschauend bewertet werden.

Die mikroakustische Methode ist dann besonders nützlich, wenn eine enge räumliche Erfassung der oben beschriebenen Phänomene notwendig ist. Mit Verformungsmessungen ist der Aufwand dabei aufgrund der großen Anzahl von notwendigen Bohrungen oft nicht vertretbar. Ebenso ist der Einsatz der Methode angezeigt, wenn Sicherheitsbedenken gegen das Stoßen von längeren Bohrungen bestehen. Aus diesen Gründen ist die Methode zur Überwachung von stark durchbauten Gebirgsabschnitten gut geeignet.

2.7.2 Messtechnik und Auswertung

Bei den mikroakustischen Messungen wird die Abstrahlung hochfrequenter akustischer Energie aus dem Gebirge erfasst ('Ereignisse', akustische Emission (AE), Frequenzbereich der hier eingesetzten piezoelektrischen Aufnehmer 1-100 kHz), welche mit der Entstehung oder der Erweiterung von Rissen auch kleiner Ausdehnung im Maßstab von mm bis cm verbunden ist. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Verfahren, die akustische Emissionsereignisse registrieren und zählen (Ereignisraten an einzelnen Sonden) und Verfahren, mit denen darüber hinaus eine räumliche Ortung der Emission im Gebirge möglich ist. Bei letzteren werden die bestimmten Welleneinsätze bzw. Wellenlaufzeiten in den Signalen von räumlich verteilten Aufnehmern gemeinsam ausgewertet (Netzwerke, Vielkanalanlagen). Es können so Bereiche im Gebirge identifiziert werden, in denen Rissbildung aufgrund erhöhter Beanspruchung stattfindet. Bei den hier eingesetzten Messanlagen wird die Auswertung der Signale automatisch untertage durchgeführt, nämlich die Detektion von

Ereignissen, die Ortung der Ereignisse und die Bestimmung ihrer Magnitude. Eine automatische Bearbeitung ist aufgrund der hohen Ereignisraten unumgänglich. Die Signalformen der stärkeren Ereignisse werden abgespeichert.

Die Einsätze der P- und S-Wellen werden anhand von Schwellenwerten für die Amplituden ermittelt, die in den einzelnen Aufnehmerspuren zuvor bestimmt wurden. Dann wird die Ortung mit einem modifizierten Gradientenverfahren als Lösungsmethode für das überbestimmte, linearisierte Gleichungssystem für die räumliche Lage und die 'Herdzeit' durchgeführt. Dabei werden Qualitätskriterien berücksichtigt, z.B. dass die Mindestanzahl von 10 verwendbaren Laufzeiten für die einzelne Ortung erreicht sein muß, damit das Ereignis als gültig geortet gilt.

Für die Ortung wird ein homogenes Modell der seismischen Geschwindigkeiten angesetzt. Die Werte der P- und S-Wellengeschwindigkeiten für das Steinsalz um die Abbaue herum wurden bei Testmessungen ermittelt. Die Testmessungen ergaben auch, dass die Ortungsgenauigkeit in den Bereichen der hier betriebenen Netzwerke 3 m und weniger beträgt.

Die Maximalamplituden der Aufnehmersignale, in dB spezifiziert, werden ausgewertet, um die relative Empfindlichkeit der Aufnehmer zueinander zu vergleichen und die Stärke der Ereignisse zu quantifizieren. Die Bestimmung des Ortes der akustischen Emissionen ist Voraussetzung für die Bestimmung eines Stärkemaßes in Anlehnung an die Vorgehensweise in der Seismologie (Bezeichnung Magnitude). Die Amplituden der Aufnehmer von einem Ereignis (bzw. Produkte Laufweg und Amplitude) werden dabei im halblogarithmischen Plot gegen die Laufwege aufgetragen. Dabei ergibt sich ein linearer Zusammenhang, da die Amplituden aufgrund der Dämpfung exponentiell mit dem Laufweg abnehmen. Es wird dann eine Ausgleichsgerade bestimmt und deren Wert für einen festen Laufweg als Magnitude des Ereignisses festgelegt. Für den festen Laufweg wird ein Wert von 50 m gewählt. Nimmt man viele Ereignisse in einer statistischen Auswertung zusammen, lassen sich mittlere Abweichungen der Amplituden der einzelnen Aufnehmer von den Ausgleichsgeraden bestimmen. Diese Abweichungen bezeichnen Unterschiede in der relativen Empfindlichkeit der einzelnen Aufnehmer zueinander. Solche Unterschiede sind vor allem auf die Ankopplung oder auf besondere Bedingungen im Bereich des Aufnehmers zurückzuführen, da die Aufnehmer vor der Installation auf gleichmäßige Empfindlichkeit im La-

bor getestet wurden. Die mittleren Abweichungen werden für die Magnitudenbestimmung als Korrekturwerte benutzt. Der mittlere Wert der Steigung der Ausgleichsgeraden von vielen Ereignissen ist ein Maß für die Dämpfung der Wellen entlang des Laufwegs (anelastische Dämpfung und Streuungseffekte). Zeitliche Veränderungen der eben besprochenen mittleren Werte sind Anzeichen für Veränderungen in der Ankopplung der Aufnehmer oder für Veränderungen im Gebirge, z.B. Auswirkungen fortschreitender Rissbildung.

Die Magnituden vieler Ereignisse werden statistisch ausgewertet und ihre kumulativen und distributiven Häufigkeitsverteilungen für auszuwählende Orts- und Zeitbereiche bestimmt (Magnitudenverteilungen). Zusammen mit den Ortungen dienen sie der Charakterisierung räumlich-zeitlicher Variationen der AE-Aktivität und der Charakterisierung unterschiedlichen Materialverhaltens im Gebirge. Um das Materialverhalten zu charakterisieren, müssen allerdings räumliche Bereiche mit einheitlicher Geologie ermittelt und betrachtet werden. Als Kenngröße wird zum einen die Steigung der Verteilung in Anlehnung an Seismologie und Schallemissionsanalyse bestimmt, nämlich der sogenannte b-Wert als negative Steigung im halblogarithmischen Plot der Verteilung. Er charakterisiert das Verhältnis der Häufigkeiten von schwachen und starken Ereignissen. Weiter wird eine maximal mögliche obere Magnitude aus der Verteilung bestimmt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass jede Verteilung nach oben begrenzt ist aufgrund maximal möglicher Rissgrößen, z.B. könnte dies im Anhydrit die Mächtigkeit einer Anhydritschicht sein.

2.7.3 Messziele im ERAM

Im ERAM werden zur Zeit zwei 24-Kanal-Messanlagen betrieben. Die Anlage im Zentralteil Bartensleben, Bereich Abbau 1a, 1. Sohle bzw. 1a-Sohle, registriert seit etwa 4 Jahren. Eine Optimierung der Anlage wurde 1997 durchgeführt. Das Messziel für diese Anlage ist zum einen die Erkundung und Überwachung des Bereichs der Tropfstellen im Abbau 1a und in der Schrapperkammer (SK) auf der 1. Sohle. Hier geht es um die Frage, ob aktuell Auflockerung stattfindet, so dass mit einer Erweiterung von Wegsamkeiten gerechnet werden muß. Weiter wird der Bereich der Risse am westlichen und nördlichen Stoß des Abbaus 2n auf der 1. Sohle und im anschließenden Bereich der Nordstrecke untersucht (Frage der lokalen Standsicherheit im Bereich der Risse). Das Netzwerk erfasst weiterhin

den Bereich westlich der Abbaue unterhalb des Anhydrits mit der Grenzfläche von Steinsalz und Anhydrit und den Bereich des Anhydrits. Dort sind erhöhte geomechanische Belastungen aufgrund des stark unterschiedlichen Deformationsverhaltens von Steinsalz (duktil) und Anhydrit (annähernd elastisch) zu erwarten.

Die Anlage auf der 4. Sohle Bartensleben wird seit September 1997 in der 1. südlichen Richtstrecke betrieben (Bezeichnung 'Südstrecke'). Das Messziel ist eine Erkundung und Überwachung der Schweben und Stöße im stark durchbauten Bereich der 4a- bis 5a-Sohle (Frage der lokalen Standsicherheit). Hier treten Risse in den Stößen der Südstrecke auf. Auch die Deformationsmessungen belegen die auftretenden Belastungen. Unterhalb der Südstrecke im untersuchten Bereich liegen die Einlagerungskammern 2 und 3 der 5a-Sohle.

2.7.4 Einsatz der 24-Kanal-Anlage 1. Sohle Bartensleben

2.7.4.1 Betrieb der Anlage

Die Anlage wird nach einem vorangegangenen Testbetrieb seit Mai 1995 betrieben. Die Messzeiten schließen Arbeitszeiten der Grube nicht ein. Anhand der vorliegenden Erfahrungen und Ergebnisse wurde 1997 eine Optimierung der Anlage vorgenommen. Die damals modifizierte Anordnung der Sonden ist in Anlage 2.7.1 dargestellt.

Die Betriebszeiten der Anlage sind Tabelle 2.7.1 in der 1. Spalte zu entnehmen. In 4/98 und 5/98 traten starke Beeinträchtigungen des Messbetriebs aufgrund von umfangreichen Bohrarbeiten im Untersuchungsbereich auf (Beschädigungen von Messkabeln und Ausfall von Sonden, notwendiger Ausbau von Sonden wegen angekündigter Sprengarbeiten, reduzierte Messzeiten durch Mehrschichtbetrieb etc.). Dies führte zu Ausfällen der Sonden 17, 20, 21 und 24. Bei Sonde 24 traten starke Störsignale auf, deren Beseitigung eine aufwendige elektronische Analyse und Modifikation erforderte. Diese Arbeiten konnten erst in 2/99 erfolgreich abgeschlossen werden. Bis etwa Ende 5/98 wurden die Messungen zeitweise vom Mehrschichtbetrieb der Aufbereitungsanlage für Salzgrus auf der 4a-Sohle gestört. Ende 10/98 fiel die gesamte Messanlage aus. Sie wurde nach über Tage transportiert

und im Labor untersucht. Auch hier war die Fehlersuche zeitaufwendig. Ab etwa Mitte 12/98 konnte die Anlage wieder untertage registrieren.

2.7.4.2 Ergebnisse

Ereignisraten

Überschreitungen eines Schwell- oder Triggerwertes der Signalspannung von 0,1 V an den einzelnen Aufnehmern werden registriert und als Ereignisraten abgespeichert. Mittlere Werte der Ereignisraten an den einzelnen Sonden schwanken um Werte zwischen 3 /h (Sonde 1) und 30 /h (Sonde 10). Entscheidend für diese Werte ist die Nähe der Aufnehmer zu Zentren der mikroakustischen Aktivität. Ein Kennwert für das Netzwerk unter den eingestellten Betriebsbedingungen ist die Anzahl der Ortungen, die im Berichtszeitraum überwiegend zwischen 10 /h und 20 /h schwankte. Im Sommer werden deutlich mehr Ereignisse registriert als im Winter (jahreszeitliche Schwankungen: siehe Tabelle 2.7.1 mit Angabe der gültig georteten Ereignisse in den einzelnen Monaten). Diese Anstiege im Sommer treten seit Messbeginn in 1995 immer wieder auf. Dabei beobachtet man, dass die zusätzlichen Ereignisse i.w. aus den stoßnahen Bereichen stammen, also aus den Auflockerungszonen um die Hohlräume. Eine mögliche Erklärung für die Schwankungen sind Variationen der Temperatur und/oder der Feuchte in den Wettern. Temperaturschwankungen in der Grube sind i.a. sehr gering, so dass kein erheblicher Einfluß auf das mechanische Verhalten des Steinsalzes zu erwarten ist. Man beobachtet jedoch i.a. im Sommer einen deutlichen Anstieg der relativen Feuchtigkeit in gut bewetterten Grubenteilen. Der Einfluß der Feuchte auf das Kriechverhalten von aufgelockertem Steinsalz ist bekannt [8] und könnte sich auch in der Rissbildungsrate auswirken.

Ortungen im (engeren) Untersuchungsbereich: Übersichtsdarstellungen

Tabelle 2.7.1 enthält die gültig georteten Ereignisse (10 oder mehr benutzte Laufzeiten). Hierbei wurde keine räumliche Einschränkung des Untersuchungsbereichs vorgenommen. Es ist davon auszugehen, dass weit weg vom Netzwerk größere Ortungsfehler auftreten. Der in der Planung der Messungen vorgesehene Untersuchungsbereich um das Netzwerk herum wird in den Anlagen 2.7.2 - 2.7.20 dargestellt (siehe Messziele in Abschnitt 2.7.3). Es werden Horizontal- und Vertikalschnitte angefertigt, in die die Ortungsergebnisse hin-

einprojiziert werden. Je größer die dabei ausgewählten Bereiche in der horizontalen oder vertikalen Erstreckung sind, desto größer werden Fehler bei der Zuordnung von Ereignissen zu den Hohlraumkonturen und der Geologie, da es sich um komplexe dreidimensionale geometrische und geologische Bedingungen handelt (Problem der Projektion aus einem ausgedehnten Bereich um einen horizontalen oder vertikalen Schnitt in die Schnittebene). Geometrie und Geologie liegen in Form von Sohl- und Seigerrissen vor (offizielles Risswerk der DBE sowie [5] und [6]). Die Anlagen 2.7.2 - 2.7.8 mit größeren räumlichen Ausschnitten sollen eine Übersicht über die Aktivität geben.

Die Anlagen 2.7.2 - 2.7.4 zeigen die Verteilung aller Ortungen im Berichtszeitraum jeweils für unterschiedliche Magnitudenschwellen. Jede Anlage enthält Darstellungen in 3 aufeinander senkrecht stehenden Ebenen. Der Sohlriss zeigt dabei eine Horizontalprojektion mit Ereignissen aus dem gesamten Teufenbereich (Koordinaten x' gegen y' in m). Der Seigerriss II zeigt eine Vertikalprojektion als Ansicht von der Seite in x' -Richtung (Koordinate Teufe z in m NN gegen y' : Längsschnitt durch die Hohlraumanordnung); der Seigerriss \perp zeigt eine Vertikalprojektion als Ansicht von der Seite in y' -Richtung (z gegen x' : Querschnitt durch die Hohlraumanordnung). Die Zahlen an den Achsen bezeichnen die jeweiligen Anfangs- und Endkoordinaten, der Gitterabstand beträgt 20 m. Das Koordinatensystem ist um einen Winkel von 25° um eine vertikale Achse nach Osten gedreht worden, damit die Ereignisse im nördlichen Bereich (Rolllochsystem 1a von -20 m bis 60 m in x' -Richtung und 20 m bis 40 m in y' -Richtung) lagerichtig zu den Abbauen in die Vertikalschnitte projiziert werden. Die Signaturen der Hohlraumkonturen der drei oberen Sohlen sind neben dem Sohlriss angegeben. In den anderen Abbildungen wurde wegen der starken Variation der Geometrie der Hohlräume auf die Konturen verzichtet, dafür aber Sohl- und Firstniveaus der Abbaue angegeben (S - Sohle, F - Firste). Zur Orientierung ist die Lage der Aufnehmer mit Kreuzen gekennzeichnet.

Anlage 2.7.2 enthält unabhängig von der Magnitude M alle Ortungen ($M > 0$ dB: 51 613 Ereignisse). Dem Sohlriss ist zu entnehmen, dass der überwiegende Anteil in der Nähe der Abbaustöße, insbesondere im Rolllochbereich, liegt. Der Seigerriss II zeigt die Konzentration auf den Rolllochbereich von der 1. Sohle bis zur 2. Sohle und weitere markante Aktivitätshäufungen auf der 1. Sohle im linken Bereich und in der Firste der 2a-Sohle im rechten Bereich. Der Seigerriss \perp zeigt die Konzentration der Ereignisse entlang

der Anordnung der Abbaue der 1. bis 2. Sohle, die gemäß dem generellen Einfallen der Schichten jeweils nach Westen gegeneinander versetzt aufgefahen wurden. Auffällig sind aber auch Ereignisse links bzw. westlich der Abbaue, die nach Kenntnis der Geologie im Steinsalz zum Anhydrit hin und im Anhydrit liegen. Die linienhaften Anordnungen im Seigerriss \perp stammen von Ereignissen um neu erstellte Bohrungen aus dem Abbau 2n der 2. Sohle in 4/98 (Ereignisse jeweils nach der Schicht während und nach dem Stoßen der Bohrung). Aufgrund von methodischen Problemen bei der Ortung werden hier viele Ereignisse aus dem Bereich der Bohrungen in einem höher gelegenen Bereich geortet (siehe steile Linien zwischen 2a- und 1. Sohle.). (Anm.: Zum Zeitpunkt des Stoßens der Bohrungen waren die Sonden 17, 20, 21 und 24 wegen Störungen abgeschaltet (s.o.). Dies führte zu einer annähernd flächenhaften Anordnung der verbleibenden Aufnehmer, so dass der Ortungsalgorithmus in manchen Fällen nicht zwischen Ereignissen über und unter dieser Ebene unterscheiden konnte. Die auf diese Weise entstandenen Fehlortungen sind im Datensatz belassen worden. Es wird hier und in den folgenden Abbildungen jeweils darauf hingewiesen.)

In Anlage 2.7.3 sind die Ereignisse mit Magnituden $M > 40$ dB dargestellt (21 014 Ereignisse). Bei dieser Beschränkung bilden sich Stöße und Firste etwas deutlicher ab. Anlage 2.7.4 enthält schließlich nur Ereignisse mit $M > 50$ dB (7257 Ereignisse). Hier findet man nur wenige Ereignisse in Abbaunähe. Man erkennt im Vergleich der drei Anlagen 2.7.2 - 2.7.4, dass die Ereignisse in Abbaunähe überwiegend schwach sind mit $M < 40$ dB, während die abbaufern gelegenen Ereignisse, z.B. westlich und südlich des Netzwerks, einen hohen Anteil starker Ereignisse $M > 50$ dB aufweisen.

Die Anlagen 2.7.5 - 2.7.8 zeigen spezielle Vertikalschnitte mit Abbaukonturen und geologischen Grenzen. Die Datenbasis bilden hier und bei allen folgenden Anlagen bis 2.7.17 alle registrierten Ereignisse im Berichtszeitraum von 4/98 - 3/99 ohne Einschränkung der Magnituden. Es handelt sich um die Profile 3.3, C und D aus dem geologischen Lagerstättenmodell der BGR ([5] und [6]). Diese wurden anhand der neuen Bohrerergebnisse im oberen Zentralteil angefertigt oder modifiziert (u.a. RB623 im Profil C und RB624 im Profil D, siehe [6]). In [6] werden erstmalig auch die Abbaukonturen aus dem Risswerk in den geologischen Schnitten angegeben. Sie werden hier aus Gründen der Konsistenz der Unterlagen direkt in die Abbildungen der Ortungen der AE übernommen. Die Lage der

Schnitte ist in Anlage 2.7.1 dargestellt. Die Ereignisse werden jeweils aus einem 30 m breiten Bereich um die Schnittebene herum in die Abbildungen projiziert. Damit werden z.T. auch vor oder hinter dem Schnitt liegende Stöße der Hohlräume oder Pfeiler erfasst. Die Ereignisse aus diesen Bereichen werden dann in die Hohlräume im Schnitt hineinprojiziert. Dies ist wegen der komplizierten Geometrie bei diesen Übersichtsdarstellungen nicht zu vermeiden und muß bei der Betrachtung berücksichtigt werden. Der Vergleich der AE-Ortungen mit den neuen geologischen Profilen erlaubt eine Zuordnung der Ergebnisse zu den geologischen Einheiten und eine vertiefte Interpretation.

Bei Anlage 2.7.5 handelt es sich um den Schnitt 3.3 des Risswerks durch die Abbaureihe 1a und das benachbarte Rolllochsystem. Es wird der gesamte Bereich des Abbaus 1a auf der 1. Sohle erfasst. Man erkennt die Auflockerung des Bereichs um die Abbaue herum bis hin zum Anhydrit. Am stärksten ist der Firstbereich des Abbaus 1a auf der 2a-Sohle betroffen. Entlang des Aufhauens zum Abbau 1a auf der 1. Sohle beobachtet man eine mittelstarke Aktivität. Oberhalb von Abbau 1a erkennt man wenige Ereignisse im Anhydrit. (Da sich in der Firste von Abbau 1a aus Sicherheitsgründen keine Aufnehmer befinden, kann aus dem Bereich bis 10 m oberhalb der Firste prinzipiell kein Ereignis geortet werden.) Vom Abbau 1a auf der 2a-Sohle zieht sich ein schmales Aktivitätsband in Richtung des Anhydrits. Weiter beobachtet man deutliche Aktivität im Anhydrit. Auffällig ist hier eine Ansammlung gegenüber von Abbau 1a, 1. bzw. 1a-Sohle, die auch die Form eines Bandes aufweist bzw. in der räumlichen Ausdehnung einer in Nord-Süd-Richtung streichenden Fläche zuzuordnen ist.

Die Anlage 2.7.6 zeigt den Vertikalschnitt C durch die Schrapperkammer auf der 1. Sohle und die Abbaureihe 2n auf den tieferen Sohlen. In diesem Bereich liegen die o.g. Bohrungen RB971 und RB972, die vom Abbau 2n auf der 2. Sohle in 4/98 in den Bereich des Ring-Clusters R1 von 5/97 gestoßen wurden (siehe unten). Die Bohrungen erreichen den Anhydrit nach 20 m bzw. 17,5 m Länge vom Hohlraum aus. Nach diesen Ergebnissen befindet sich das Ring-Cluster und die hier auftretenden AE im Zusammenhang mit der Erstellung der Bohrungen in der Nähe des Übergangs Steinsalz – Anhydrit. (Anm.: Die Lage der Grenzfläche Steinsalz - Anhydrit gegenüber Abbau 2n der 2. Sohle wurde entsprechend dem Abstand zum Hohlraum in den Bohrungen geringfügig modifiziert.) Auch in dieser Abbildung treten die oben erwähnten Fehlortungen oberhalb der Bohrungen auf. In der

Anlage erkennt man, dass die Auflockerung um die Abbaureihe im Steinsalz stark ist und sich bis in die schmale Anhydritsscholle nach Westen bzw. links in der Anlage erstreckt. Oberhalb der Abbaureihe, d.h. oberhalb der Schrapperkammer und der angrenzenden Nordstrecke findet man ebenfalls starke Auflockerung, die nach dem geologischen Modell im Übergangsbereich von Steinsalz und Anhydrit ihre Begrenzung hat und sich nicht tiefer in den Anhydrit hinein erstreckt.

Anlage 2.7.7 zeigt die Ergebnisse im Schnitt D. Man findet im Bereich der Abbaue die prägnante Anhäufung am Nordstoß des Abbaus 2n auf der 1. Sohle. Der Anhydrit liegt hier höher über dem Abbau auf der 1. Sohle als im Profil C in Anlage 2.7.6. Über dem westlichen Teil der Firste des Abbaus 2n der 2a-Sohle (linker Bereich in Anlage 2.7.7) findet Auflockerung statt, die mit den Rissen im Weststoß des Abbaus 2n auf der 1. Sohle in Zusammenhang steht. Von den Hohlräumen nach Westen hin zum Anhydrit ist Aktivität zu verzeichnen. Die Grenzfläche zum Steinsalz und der Bereich, in dem die beiden Anhydritschollen westlich der Abbaureihen aneinanderstoßen, fallen durch etwas höhere Aktivität auf. Nach oben hin nimmt die Aktivität im Anhydrit ab.

In Anlage 2.7.8 sind die Ereignisse aus dem Bereich südlich des geologischen Profils D dargestellt. Dieses Profil wird hier D' genannt und seine Lage ist Anlage 2.7.1 zu entnehmen. Da nach Süden hin die Geologie nicht mehr so stark variiert wie im Bereich der geologischen Profile 3.3 und C, erscheint der Vergleich der AE aus dem Bereich des Profils D' mit dem geologischen Profil D gerechtfertigt. Man erkennt auch hier die schwache Auflockerung von den Hohlräumen zum Anhydrit hin und die Ansammlungen von Ereignissen im Anhydrit über den Hohlräumen. Auch hier scheinen sich die Ereignisse dort zu konzentrieren, wo die Anhydritschollen aneinanderstoßen. Eine lineare Struktur senkrecht zum Verlauf der Anhydritscholle fällt bei -240 m NN Tiefe auf. Sie hat Ähnlichkeit mit der Ansammlung im Anhydrit im Profil 3.3 in Anlage 2.7.5. Die beiden Ansammlungen werden als Kluffzonen im Bereich der Anhydritschollen interpretiert, die durch die Belastung aktiviert werden.

Ortungen im (engeren) Untersuchungsbereich: Detaildarstellungen

Die Anlagen 2.7.9 - 2.7.17 zeigen die Aktivität in relativ schmalen Horizontalschnitten (Sohlrissen), um eine möglichst genaue Zuordnung zu Konturen und geologischen Grenzen

zu ermöglichen (2. Sohle bis über die 1a-Sohle: -291 bis -200 m NN). Rechts oben findet man jeweils den Tiefenbereich (Koordinate z), aus dem die Ereignisse in den Horizontalschnitt projiziert wurden. Die Achsen entsprechen bei dieser Darstellung der Nordrichtung (y) und der Ostrichtung (x). Es sind jeweils die letzten 3 Stellen der ausführlichen Rechts- und Hochwerte im Gauß-Krüger-System angegeben. Die Signaturen für die Konturen finden sich jeweils rechts von den Abbildungen. Die durchgezogenen Linien kennzeichnen dabei immer die Abbausohle, die näher am dargestellten Tiefenbereich liegt.

Anlage 2.7.9 zeigt den Bereich der 2. Sohle bis in den Firstbereich. Hier findet man Aktivität im Pfeiler zwischen den Abbauen 2n und 1a sowie entlang der Konturen des Abbaus 1a. Westlich vom Abbau 2n liegen die Ereignisse im Zusammenhang mit der Erstellung der Bohrungen RB971 und RB972 in das ringförmige Cluster R1 von 5/97 mit schichtparalleler Lage (zu den Clustern siehe weiter unten). Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegt es direkt an der Grenze zum z3HA (siehe Anlage 2.7.6). Schwache Aktivität findet sich im Steinsalz vor dem Übergang zum Anhydrit und im Anhydrit selbst. Diese setzt sich in den nächsten Schnitten nach oben fort.

Den Anschluß bildet Anlage 2.7.10 vom Firstbereich der 2. Sohle bis zur 2a-Sohle. Am deutlichsten ist wieder die Aktivität im Pfeiler zu erkennen. Weiter findet man Anzeichen oberhalb der Firste des Abbaus 2n der 2. Sohle. Westlich der Abbaue findet man den oberen Teil der Ereignisse in Zusammenhang mit der Erstellung der Bohrungen RB971 und RB972. Nördlich davon findet man vor Abbau 1a schwache Aktivität im Cluster R3 (siehe unten), das im Herbst 1997 durch stärkere Aktivität aufgefallen war.

Anlage 2.7.11 zeigt den Tiefenbereich um die 2a-Sohle. Deutlich zeichnen sich hier Stöße im Bereich des Rolllochs ab ('Nase' nach Westen zwischen Abbauen 1a und 2n) und der sich anschließende Weststoß des Abbaus 2n. Im Pfeiler zwischen Abbau 1a und 2n beobachtet man Ereignisse, die sich nach oben zu markanten Aktivitätshäufungen an den Stößen und Firsten der Abbaue entwickeln (Anlagen 2.7.12 und 2.7.13). Westlich des Abbaus 2n taucht das weitere ringförmige Cluster R2 auf, das wie R1 auf der Grenze zwischen Steinsalz und Anhydrit liegt. Ähnliche Beobachtungen finden sich im anschließenden Schnitt in Anlage 2.7.12, der bis zum Firstbereich der 2a-Sohle reicht. Der östliche Stoß des Abbaus 2n bildet sich hier zusätzlich ab. Hier und in den folgenden Anlagen 2.7.13 und 2.7.14 tre-

ten die Fehlortungen von Ereignissen um die Bohrungen RB971 und RB972 konzentriert bei etwa $x = 50$ m und $y = 340$ m auf.

Anlage 2.7.13 zeigt den Bereich der Schweben zwischen 1. Sohle und 2a-Sohle, die teilweise mit 4 m nur geringe Mächtigkeit aufweist. Hier tritt eine weit höhere Ereignisdichte als in den unteren Bereichen auf. Deutlich zeichnen sich Stöße und Firsten, auch Sohlbereiche der Abbaue 1a und 2n sowie der Schrapperkammer ab. Die Aktivität am östlichen Stoß des Abbaus 2n kann nicht weiter verfolgt werden, da der darüberliegende Abbau 2n der 1. Sohle die Wellenausbreitung zu den Aufnehmern verhindert (Abschattung). Vor der Nordwest-Ecke des Abbaus 2n auf der 1. Sohle findet sich eine Anhäufung von Ereignissen, die nahe den Rissen am West- und Nordstoß des Abbaus liegen und diesen daher zugeordnet werden müssen. Die Aktivität erstreckt sich vom Abbau 2n etwa 10 m in das Gebirge hinein. Direkt am westlichen Nordstoß des Abbaus 2n der 1. Sohle beobachtet man kaum Aktivität. Dies korreliert mit den Rissen sowohl am westlichen Nordstoß des Abbaus als auch in beiden Stößen der anschließenden Nordstrecke und deutet auf eine aus der Rissbildung resultierenden Entlastung in diesem Bereich hin. Westlich des Abbaus 2n findet man geringere Aktivität im Steinsalz im Bereich der Abscherung im Anhydrit mit einer Änderung des Streichens der Schichten. Die Grenze zum Anhydrit ist bereichsweise durch Ereignishäufungen markiert.

Anlage 2.7.14 zeigt den Tiefenbereich oberhalb der 1. Sohle. Die Verteilung der Aktivität im Bereich der Abbaue hat sich im Vergleich mit dem darunter liegenden Bereich deutlich verändert. Ein starkes Aktivitätsmaximum ist am östlichen Nordstoß des Abbaus 2n zu erkennen. Von den zeitlich relativ gleichmäßig emittierenden Bereichen in Abbaunähe - abgesehen von den jahreszeitlichen Schwankungen - ist hier die höchste Ereignisdichte zu finden. Das Maximum liegt etwa dort, wo sich die Abbaulinien der 2a-Sohle und der 1. Sohle schneiden und hohe Spannungskonzentrationen zu erwarten sind. Am Weststoß des Abbaus 2n findet man dagegen nur geringe Anzeichen. Es ist anzunehmen, dass die Rissöffnung an den Stößen von Westen her nach Norden und Osten erfolgt ist (siehe Beschreibung der Risse oben), und dass heute die Rissbildungsaktivität im wesentlichen an dem Aktivitätsmaximum im Nordstoß des Abbaus 2n stattfindet sowie weiter nördlich im Bereich der Nordstrecke vor der Schrapperkammer. Nach den geologischen Profilen C und D muß in diesem Bereich mit einer Annäherung des Anhydrits nach Norden hin zur Schrap-

perkammer bis auf wenige Meter an die Hohlräume gerechnet werden. Auffällig ist auch eine Ansammlung von Ereignissen im Abbau 2n direkt vor dem Eingang zur Nordstrecke (siehe auch Anlage 2.7.14). Dieser Bereich ist teilweise geankert, da man offenbar mit Abschaltungsproblemen rechnete. Rissbildung findet auch oberhalb des geankerten Bereichs statt (Ankerlängen vermutlich 80 cm).

Im darüberliegenden Tiefenbereich in Anlage 2.7.15, der von -249 m NN bis etwa zum Firstniveau des Abbaus 2n bei -243 m NN reicht, zeigt sich im Bereich der Abbaue eine ähnliche Verteilung wie direkt über der 1. Sohle in Anlage 2.7.14. Etwa 20 m westlich vom Weststoß des Abbaus 2n trat in 4/98 ein linienförmiges Cluster auf, das der Grenze zum Anhydrit zuzuordnen ist. Es setzt sich in Anlage 2.7.16 als nach NE ansteigende Linie fort. Insgesamt muß die Aktivität westlich der Abbaue erwähnt werden, die an der Grenze zum Anhydrit, im Anhydrit oder sogar jenseits davon auftritt (Cluster am Aufhauen aus dem Lager C mit ca. $x = 90$ m und $y = 280$ m).

Anlage 2.7.16 stellt den Tiefenbereich um den Abbau 1a der 1. bzw. 1a-Sohle dar und erstreckt sich bis in sein Firstniveau hinein. Am Abbau 1a fallen Ereignisse entlang des Aufhauens besonders auf. Direkt über der Firste können prinzipiell keine Ereignisse geortet werden, da sich keine Aufnehmer in der Firste befinden. Weiter ist Aktivität über dem Abbau 2n 1. Sohle festzustellen und auch nördlich davon über Abbau 2n der 2a-Sohle. Es handelt sich um das Ausklingen der starken Aktivität im darunterliegenden Tiefenbereich nach oben hin. Westlich der Abbaue, auch direkt westlich über der Nordstrecke findet sich Aktivität, die nach dem geologischen Lagerstättenmodell im Anhydrit stattfindet. Deutlich erkennt man das Umbiegen des Streichens im Verlauf von Süden nach Norden. Vor den beiden Aufhauen aus dem Kalilager C im westlichen Bereich liegen prägnante Anhäufungen. Sie kennzeichnen - vom Netzwerk her gesehen - die Rückseite des Anhydrits. Insgesamt vermittelt die Aktivität westlich der Abbaue den Eindruck, dass viele Ereignisse räumlich gruppiert auftreten.

Anlage 2.7.17 schließlich zeigt den Tiefenbereich oberhalb von Abbau 1a, 1. Sohle, bis -200 m NN. Oberhalb von Abbau 1a als auch oberhalb von Abbau 2n finden sich einige Ereignisse, die - wie auch in früheren Messzeiträumen beobachtet - geringe Auflockerung andeuten. Die Ereignisse liegen im Anhydrit. Westlich der Abbaue findet eine Fortsetzung

der entsprechenden Aktivität von Anlage 2.7.16 nach oben hin statt. Es fällt auf, dass die Aktivität pauschal gesehen von Norden nach Süden zunimmt. Diese Tendenz wird weiter unten noch einmal dargestellt und diskutiert.

Ortungen von Clustern

Der überwiegende Anteil der AE, dessen räumliche Verteilung in den Anlagen 2.7.2 - 2.7.17 dargestellt ist, zeigt im bisherigen Beobachtungszeitraum eine relativ gleichmäßige zeitliche Verteilung, wenn man von den jahreszeitlichen Schwankungen absieht. Dies deutet auf eine im wesentlichen gleichbleibende geomechanische Situation hin. Abweichungen von dieser Beobachtung treten als kurzfristige zeitliche Variationen in räumlich begrenzten Bereichen auf. Diese werden hier Cluster genannt. Sie werden anhand der visuellen Inspektion der Ereignisverteilungen und nicht anhand eines statistischen Kriteriums identifiziert. Die Anzahl der einzelnen AE dieser Cluster beträgt zwischen wenigen Ereignissen und etwa 1000 Ereignissen mit zeitlicher Korrelation, d.h. die Ereignisse folgen kurz aufeinander und dann fällt die Ereignisrate in diesem Bereich wieder ab. Es zeigte sich, dass die Cluster zum überwiegenden Teil am Übergang Steinsalz-Anhydrit oder hinter dieser Schichtgrenze auftreten und dass ihre räumliche Anordnung eine deutliche Korrelation mit dem Streichen des Anhydrits zeigt. Im folgenden wird die Entwicklung im Berichtszeitraum im Bereich westlich der Abbaue zwischen 2. Sohle und 2a-Sohle dargestellt, wo die prägnantesten Cluster auftreten.

Die Anlagen 2.7.18 - 2.7.20 zeigen Horizontalschnitte mit den Ereignissen im eben genannten Bereich westlich der Abbaue 2n und 1a. Die Abbildungen zeigen als Beispiele jeweils die Daten eines Monats. Anlage 2.7.20, Abbildung b), zeigt den gesamten Berichtszeitraum. Zur Orientierung sind die Konturen der am weitesten nach Westen ausgreifenden Hohlräume auf der 2. Sohle eingezeichnet. Die als Cluster erkannten Bereiche sind durch Kästen markiert. Sie waren teilweise schon früher als aktiv erkannt worden oder sie traten im Berichtszeitraum erstmalig in den Messungen auf. Der Bereich B1 mit leicht schwankender, aber merklicher Aktivität ist gestrichelt gekennzeichnet. Die Teufenangaben beziehen sich auf die räumliche Mitte der beobachteten Cluster. Die Aktivität im mittleren und östlichen Teil der Abbildungen stammt von dem Pfeiler zwischen den Abbauen 1a und 2n auf der 2. Sohle und der 2a-Sohle.

Cluster R1 (Teufe ca. -275 m NN) trat im Mai 1997 (zum Vergleich in Anlage 2.7.18 in Abbildung a) angegeben) auf und wurde im April 1998 durch Bohrungen erschlossen, die in seinem Bereich den Übergang von Steinsalz zu Anhydrit antrafen (Abbildung b): Ereignisse in Zusammenhang mit der Bohrung, aber nicht während der Bohrzeiten registriert). Die Ringfläche hat als Folge der Störung des Spannungszustandes aufgrund der Bohrlöcher erneut emittiert. Dabei ist eine deutliche Vergrößerung des Ringes festzustellen und eine Erweiterung in Form eines vom Ring ausgehenden Astes, der im Räumlichen nach oben zeigt.

Cluster R2 (Teufe ca. -265 m NN) oberhalb von Cluster R1 emittierte während des gesamten Zeitraums relativ gleichmäßig und zeigt in der Summe die meisten Ereignisse von allen Clustern im Berichtszeitraum.

Cluster R3 (Teufe ca. -270 m NN) zeigt diffuse, aber merkliche Aktivität im Berichtszeitraum nach der aktiven Phase im Herbst 1997. Die Anordnung in Form eines halben Ringes mit großem Durchmesser von ca. 25 m ist in Anlage 2.7.20 in Abbildung b) zu erahnen. Er liegt oberhalb und westlich der Firste des Abbaus 1a der 2. Sohle. Nach dem geologischen Lagerstättenmodell liegt der Ring in diesem Fall in einem Bereich mit starker Undulation der Grenzfläche Steinsalz - Anhydrit (siehe Anlage 2.7.9 mit der Lage des Anhydrits westlich des Abbaus 1a). Ein weiteres Cluster R5 über der Firste des Abbaus 1a trat in 10/98 auf (siehe Anlage 2.7.19 Abbildung a), Teufe ca. -260 m NN).

Cluster R4 (Teufe ca. -240 m NN) zeigt relativ gleichmäßige Aktivität. Es liegt vom Netzwerk her gesehen auf der Rückseite des Anhydrits in der Nähe der Ortsbrust eines Aufbaus im Einfallen des Lagers C (siehe auch Anlage 2.7.15).

Cluster R6 (Teufe ca. -255 m NN) ereignete sich in 2/99 in einem Bereich, der früher schon durch ein prägnantes linienförmiges Cluster aufgefallen war. Cluster R7 (Teufe ca. -255 m NN) zeichnet sich durch mehrere kleine Ansammlungen aus und war besonders in 3/99 auffällig.

Die Aktivität im Bereich B1 unterscheidet sich deutlich von der Aktivität weiter nördlich in den Clustern (Anlagen 2.7.18 - 2.7.20). Es handelt sich sowohl um weit weniger starke

zeitliche Variationen als auch um eine schwächere räumliche Konzentration. Es deuten sich hier also Unterschiede in der Aktivität im nördlichen und im südlichen Bereich des Ausschnitts an. Dies korrespondiert mit einem Unterschied in der geologischen Situation: im Norden sind die Anhydritschollen stärker gegeneinander verstellt als im Süden.

Ortungen in der Nähe der Risse im Abbau 2n, 1. Sohle

Die Ergebnisse im Berichtszeitraum sind mit den vorher erhaltenen Ergebnissen identisch.

Ortungen westlich und südlich des (engeren) Untersuchungsbereichs

Die Ortungsgenauigkeit ist für diese weiter entfernt liegenden Ereignisse weit schlechter als im bisher dargestellten eigentlichen Untersuchungsbereich. Es müssen zudem Laufweganteile in anderen Salzgesteinen als Steinsalz unterstellt werden, so dass die Annahme einer einheitlichen seismischen Geschwindigkeit für die Ortung nur noch näherungsweise erfüllt ist. Trotzdem ergibt sich die Tendenz, dass die Aktivität südlich und südwestlich der Abbaue generell zum Zentrum des Zentralteils hin zunimmt, also nach Süden hin.

Anlage 2.7.21 enthält die gleichen Darstellungen wie die Anlagen 2.7.2 - 2.7.4 in 3 aufeinander senkrecht stehenden Ebenen (Sohlriss mit Drehung um vertikale Achse in Abbildung a), Seigerriss II in Längsrichtung in Abbildung b), Seigerriss \perp in Querrichtung in Abbildung c). Der Bereich in x' - und y' -Richtung ist allerdings viel größer gewählt. Weiter sind nur die starken Ereignisse mit Magnituden $M > 60$ dB dargestellt, da aus den entfernteren Bereichen schwächere Ereignisse nicht registriert werden können. Zur Orientierung sind die Lagen der Aufnehmer und im Sohlriss die Abbaukonturen der 1. Sohle eingezeichnet worden (Abkürzungen: S - Sohle, F - Firste, HQ -Hauptquerschlag, C - Kalilager). Im Seigerriss \perp verdeutlicht die Lage der Aufnehmer in etwa die Lage der Hohlräume. Der Drehwinkel um eine vertikale Achse beträgt hier 30° (siehe vorne bei der Erläuterung der Anlagen 2.7.2 - 2.7.4). Dies bewirkt einen Ausgleich zwischen dem Streichen des Anhydrits und dem Verlauf der Abbaue. Dargestellt ist der gesamte Berichtszeitraum. Auffällig ist die große Ansammlung im Sohlriss etwa 120 m westlich und südlich des Zentrums des Netzwerks in der Form eines breiten Bandes. Es erstreckt sich entlang des Hauptquerschlags bis hin zum Kalilager C. Verglichen mit dieser Ansammlung treten die im näheren Bereich des Netzwerks georteten Ereignisse mit $M > 60$ dB an Häufigkeit weit zurück. In den Seigerrissen II und \perp erkennt man, dass die Ereignisse des Bandes überwiegend im

Teufenbereich von -320 m NN bis -180 m NN verteilt sind. Abbildung b) zeigt, dass sie überwiegend südlich vom Netzwerk liegen, und Abbildung c) zeigt, dass sie sich überwiegend über und westlich vor dem Netzwerk befinden.

Das Band von Ereignissen liegt im Bereich des Schichtpakets aus Leinsteinsalz z3, Hauptanhydrit z3HA, Grauem Salzton z3GT und Kalisalz z2SF, das den äußeren Teil des westlichen Schenkels der Hauptmulde darstellt, sowie dahinter im z2HS. Innerhalb des Bandes von Ereignissen lassen sich Häufungspunkte etwa entlang des Hauptquerschlags erkennen (Anlage 2.7.21 Abbildung a).

Insgesamt deutet sich als geomechanischer Befund an, dass am westlichen Schenkel der Hauptmulde eine höhere Beanspruchung über den Hauptquerschlägen - also im mittleren Bereich des Zentralteils - als im Bereich des Netzwerks - also am nördlichen Abschluß des Zentralteils - auftritt (vergleiche die Hohlraumanordnung der oberen Sohlen in Anlage 2.7.22). Da die Abbaue des Zentralteils symmetrisch von den Hauptquerschlägen her aufgefahen sind, entsprechen die Hauptquerschläge dem Zentrum der Durchbauung des Feldesteils. Die beobachtete Aktivität über den Querschlägen läßt darauf schließen, dass dieser Bereich als eine Art Pfeiler zwischen den Abbauen im Norden und denen im Süden wirkt.

Amplitudenanalyse und Magnitudenverteilungen

Tabelle 2.7.1 enthält Ergebnisse der Amplitudenanalyse jeweils für die einzelnen Monate des Berichtszeitraums. Die Messzeiten sind in Spalte 1 in Klammern angegeben. Dann folgen die mittleren Abweichungen in dB für die 24 Aufnehmer in den einzelnen Monaten, die als Korrekturwerte für die Berechnung der Magnituden benutzt werden (vgl. Abschnitt 2.7.2). Die untere Zeile enthält jeweils wieder Mittelwerte für den gesamten Zeitraum. Die Werte geben die relative höhere oder niedrigere Empfindlichkeit untereinander an (positive bzw. negative Werte). Da eine oder zeitweise auch mehrere Aufnehmer im Berichtszeitraum nicht betrieben werden konnten, schwanken die Werte aller Sonden. Sie stellen sich aber wieder auf ein jeweils konstantes Niveau ein. Weiter sind die Gesamtanzahl der georteten Ereignisse im Zeitraum, der mittlere Wert der Steigung der Ausgleichsgeraden durch die Amplituden der Aufnehmer in db/10m (siehe Abschnitt 2.7.2) und die mittlere Magnitude in dB im jeweiligen Zeitraum angegeben.

Für den Berichtszeitraum werden nachfolgend die kumulativen Häufigkeitsverteilungen der Magnituden (Magnitudenverteilungen) für den gesamten Untersuchungsbereich und für 11 einzelne Ortungsbereiche dargestellt. Kumulativ bedeutet dabei, dass für den betrachteten Magnitudenwert die Anzahl von Ereignissen aus dem Ensemble, die einen höheren Wert besitzen, angegeben wird. Die räumliche Begrenzung der Bereiche sowie eine Beschreibung der Lage und der Geologie ist Tabelle 2.7.2 zu entnehmen (Grenzen in x, y und z im Gauß-Krüger-Bezugssystem). Die ausgewählten Bereiche umfassen jeweils entweder Zentren der Aktivität in Abbaunähe (Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6) oder abbauferne Gebiete, die durch Aktivität auffallen (Nr. 7 und 8 westlich der Abbaue in unterschiedlichen Teufenbereichen, Nr. 9 weit westlich und südlich des Netzwerks) oder Gebiete mit erwarteter einheitlicher Geologie entsprechend dem geologischen Lagerstättenmodell (Nr. 10 im Anhydrit gegenüber Abbau 1a 1a-Sohle, Nr. 11 westlich der Abbaue im Steinsalz). Zur Einordnung der Lage der Bereiche können die Anlagen 2.7.9 - 2.7.17 dienen. Bereich 4 erfasst das Gebiet um die Risse am Weststoß des Abbaus 2n. Er liegt entlang der Abbaukontur, also nicht parallel zu den geographischen Achsen wie die anderen Bereiche. Daher sind in diesem Fall in Tabelle 2.7.2 auch die Summen und Differenzen der begrenzenden Koordinaten angegeben.

In den Anlagen 2.7.23 - 2.7.34 findet man in der Anlagenunterschrift die Nummern der Ortungsbereiche, ihre räumlichen Grenzen und die enthaltene Anzahl der Ereignisse im Berichtszeitraum. Die mittlere Magnitude ist für zeitliche Variationen in einzelnen Bereichen interessant. Sie hängt von der Entfernung des Bereichs zum Netzwerk ab, da die Empfindlichkeit für schwache Ereignisse mit der Entfernung stark abnimmt.

Die Magnitudenverteilungen zeigen jeweils eine untere Grenze, die der Detektionsschwelle für schwache Ereignisse im Ortungsbereich entspricht. Bis dorthin ist die Verteilung flach. Die Detektionsschwelle liegt für die abbaunahen bzw. netzwerknahen Bereiche bei 20 dB. Oberhalb dieser Schwelle erfolgt ein Abfall der Verteilung, der im halblogarithmischen Plot annähernd lineare Form besitzt. Der lineare Verlauf ist aus der Seismologie und der Schallemissionsanalyse bekannt. Der b-Wert (negative Steigung des Abfalls der Verteilung) wird als pauschaler Kennwert der Verteilung unter Annahme einer Geraden ermittelt, z.B. im Steinsalz zwischen den Werten für 40 und 60 dB Magnitude (siehe gestrichelte Gerade in den Anlagen 2.7.23 - 2.7.34). Nach dem Abfall in Form einer Geraden findet

man in den Verteilungen bei höheren Magnituden ab etwa 60 dB einen weiteren Knick, der einer Sättigungsgrenze für die Magnituden entspricht. Hier kommt es zu einer Übersteuerung des Systems aus Gründen der dynamischen Beschränktheit, wodurch höhere Amplituden gekappt werden. Dieser Effekt ist wie die Detektion schwacher Ereignisse entfernungsabhängig. Weiter weg vom Netzwerk ist man in der Lage, stärkere Magnituden nachzuweisen, da die Signalamplituden entlang der Laufwege so stark gedämpft werden, dass sie nicht mehr gekappt werden. Für die abbaunahen bzw. netzwerknahe Bereiche liegt der Wert für die größten bestimmbar Magnituden bei ca. 60 dB. Abweichungen von dieser einfachen Form der Verteilung mit nur einem linearen Abschnitt ergeben sich für Bereiche, in denen verschiedene Gesteine vorkommen (Anlagen 2.7.23 und 2.7.31, siehe unten)

Tabelle 2.7.2 enthält die bestimmten b -Werte der Magnitudenverteilungen. Er wird hier für die Einheit dB der Magnitude ermittelt. Der b -Wert hat die Dimension $1/\text{dB}$, wird im Text aber ohne Dimension angegeben. Weil in der Literatur die Magnituden und Amplituden oft nicht in dB angegeben werden, wird in Klammern auch der b -Wert ohne den Vorfaktor $1/20$ in der Definition für Dezibel angegeben. Als Kennwert ist weiter der Wert der maximal auftretenden Magnitude der Verteilung für den jeweiligen Bereich interessant. Sie wird durch Extrapolation des linearen Abfalls der Verteilung zu großen Magnituden hin bestimmt (kumulative Häufigkeit $N = 1$), wo aufgrund des oben beschriebenen Effektes oft keine Bestimmung der Magnituden möglich ist. In Klammern sind jeweils die tatsächlich bestimmten maximalen Werte angegeben.

Für die Bereiche, die völlig im Steinsalz liegen - sowohl in Abbaunähe (Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6) als auch abbaufern (Nr. 11) - finden sich höhere b -Werte (zwischen 0,08 und 0,10) als für die anderen Bereiche. Die maximal auftretenden Magnituden liegen sehr einheitlich um 70 bis 80 dB. Im Bereich 10, in dem entsprechend dem geologischen Lagerstättenmodell nur Anhydrit vorkommt, erhält man den niedrigsten b -Wert von 0,02. Die maximale Magnitude erreicht dagegen mit 167 dB den höchsten Wert.

Im Vergleich der Magnitudenverteilungen für Steinsalz und Anhydrit sieht man demnach deutliche Unterschiede. Im Steinsalz findet man eine viel schmalere Verteilung der Magnituden als im Anhydrit. Es gibt im Steinsalz viel mehr schwache Ereignisse im Verhältnis zu den starken Ereignissen als im Anhydrit (Aussage des b -Wertes). Die mit der Riss-

bildung verbundene akustische Abstrahlung und damit die mögliche Energiefreisetzung ist im Steinsalz deutlich geringer als im Anhydrit (Aussage der maximal möglichen Magnitude).

In den übrigen Bereichen kommt es zu einer Überlagerung der Magnitudenverteilungen von Steinsalz und Anhydrit sowie auch Salzton und Kaligestein, die allerdings volumemäßig geringer vertreten sind. Die Kennwerte liegen entsprechend zwischen den angesprochenen Werten im Steinsalz und im Anhydrit. Interessant ist der Vergleich der Bereiche 7 (westlich der Abbaue oberhalb 1. Sohle) und 8 (westlich der Abbaue unterhalb 1. Sohle). Für Bereich 7 sind mehr Ereignisse im Anhydrit als für Bereich 8 zu erwarten. Man findet dieser Erwartung gemäß b-Werte von 0,04 bzw. 0,05 und 0,07 (2 lineare Abschnitte bei Bereich 8 erkennbar). Die Magnitudenverteilung des weit vom Netzwerk entfernten Bereichs 9, der die oben angesprochenen Ereignisse westlich und südlich im Bereich des Hauptquerschlags enthält, zeigt wie erwartet die niedrigsten Magnituden erst bei 50 dB (Detektionsschwelle) und die höchsten gemessenen Magnituden bei etwa 100 dB (Sättigungsgrenze). Die mittlere Magnitude liegt bei 64 dB, wo die Verteilungen im Steinsalz praktisch keine Ereignisse mehr zeigen. Dies erklärt auch die Beobachtung für den Gesamtbereich in Anlage 2.7.23, bei dessen Verteilung zwei lineare Abschnitte vorhanden sind (Abschnitt I mit 0,04 und Abschnitt II mit 0,07 für den b-Wert). Der Knick im Abfall wird von den Ereignissen aus Bereich 9 mit Magnituden $M > 50$ dB bewirkt.

Im Vergleich mit dem vorhergehendem Berichtszeitraum ist ein geringer Anstieg der mittleren Magnituden in allen Bereichen feststellbar. Er beträgt etwa 1,5 dB für die Bereiche im Steinsalz und etwa 4 dB für die Bereiche 8 und 10 mit hohem Anhydritanteil oder ganz im Anhydrit. Ein solcher systematischer Einfluß war zu erwarten, da einige Sonden zumindest teilweise nicht registrierten und so eine andere Gesamtkonfiguration als im früheren Zeitraum vorlag. Trotzdem fällt ein stärkerer Effekt bei den Bereichen 8 und 10 mit hohem Anhydritanteil auf. Auch die Steigung bzw. b-Werte haben sich hier leicht verändert. Im Bereich 8 können diese Veränderungen mit den Ereignissen bei der Erstellung der Bohrungen RB971 und RB972, aber auch mit vielen Ereignissen in den Clustern unterhalb der 1. Sohle erklärt werden. Im Bereich 10 im Anhydrit gegenüber von Abbau 1a 1. Sohle ergibt sich eine Tendenz zu einer erhöhten Aktivität bezüglich der mittleren Magnitude, des Anteils stärkerer Ereignisse (niedrigerer b-Wert), sowie auch eine relativ höhere Anzahl von

Ereignissen, wenn man mit dem direkt darunter liegenden Bereich 11 im Steinsalz vergleicht (Verhältnis der Anzahl im Bereich 10 zur Anzahl im Bereich 11 rund 0,35 im vorhergehendem Berichtszeitraum und jetzt etwa 0,9).

2.7.4.3 Bewertung

Die bisherigen Tendenzen und Bewertungen werden von den Daten des Berichtszeitraums im wesentlichen bestätigt. Neue Erkenntnisse zur Zuordnung der Ereignisse zu den geologischen Einheiten ergaben sich aufgrund der neuen geologischen Profile im Untersuchungsgebiet.

Allgemeine Charakterisierung der Aktivität

Die Beobachtungen der mikroakustischen Aktivität zeigen, dass trotz der bisher im Zentralteil gemessenen relativ geringen Verformungsraten und des Fließvermögens des Steinsalzes Deformationen auch tiefer im Gebirge stattfinden, die mit Mikrorissbildung einhergehen. Der Großteil der Aktivität zeigt eine räumlich und zeitlich konstante Verteilung, die man z.B. im Vergleich von Darstellungen für jeweils einen Monat erkennt. Daraus kann man schließen, dass sich die generelle geomechanische Situation nicht geändert hat. Langfristige, jahreszeitliche Schwankungen der Ereignisraten sind festzustellen. Für diese Schwankungen könnte der Einfluß von Feuchte auf die mechanischen Eigenschaften in aufgelockerten Bereichen eine mögliche Erklärung sein [8].

In kleineren räumlichen Bereichen beobachtet man dagegen kurzfristige zeitliche Variationen der Aktivität. Räumliche und zeitliche Häufungen der Aktivität werden hier als Cluster bezeichnet. Oft fallen die Ereignisraten in den Clustern nach einem Anstieg innerhalb von Tagen oder Wochen wieder deutlich ab. Dies wird als ein Vorgang gedeutet, bei dem sich die Mikrorisse aufgrund einer erreichten hohen Rissdichte zu größeren (makroskopischen) Rissen verbinden und/oder vorhandene größere Risse wachsen. Cluster werden selten beobachtet. Bisher gibt es sowohl von eigenen Untersuchungen her als auch in der Literatur wenig Erfahrungen über den Zusammenhang von Cluster-Ereignissen und Fragen der Standsicherheit und Integrität. Hydraulische Messungen der BGR im Bereich des Clusters R1 an der Grenze von Steinsalz und Anhydrit belegen lokal hohe Durchlässigkeit entlang

einer Trennfläche zwischen zwei parallelen Bohrungen mit 3 m Abstand. Die Trennfläche ist hydraulisch nicht an das sie umgebende Gebirge angeschlossen, also insgesamt als dicht zu bezeichnen.

Die Clusterereignisse liegen überwiegend in der Nähe der Grenze von Steinsalz und Anhydrit westlich der Abbaureihe oder im Anhydrit selbst. Die prägnantesten Beispiele treten im Bereich westlich und oberhalb der Abbaureihen 2n und 1a auf. In einem Fall konnte durch Bohrungen nachgewiesen werden, dass die Aktivität an der Grenze von Steinsalz und Anhydrit stattfindet. Zwei Cluster mit Durchmessern um 20 - 25 m befinden sich nahe der Firste des Abbaus 1a auf der 2. Sohle.

Konturnahe Aktivität

Der größte Anteil der AE-Ereignisse stammt aus konturnahen Bereichen in Pfeilern, Schweben und Firsten. Dies läßt auf konturnahe Auflockerung des Gebirges schließen, die mit Erhöhungen der Durchlässigkeit und mit Brucherscheinungen verbunden sein kann, z.B. mit Abschalungen an den Konturen.

Der Bereich der großen Risse im nördlichen Teil des Weststoßes des Abbaues 2n auf der 1. Sohle zeigt keine starke Häufung von Ereignissen. Es läßt sich eine linienförmige Aktivität im Gebirge etwa 10 m vor den Rissen am Stoß feststellen. Die in diesem Bereich angebrachten Fissurometer weisen auf geringe Öffnungsbewegungen an den Rissen im Stoß hin (siehe Abschnitt 2.3). Die Befunde lassen darauf schließen, dass ein geringes Risswachstum im Gebirge erfolgt. Die stärkste Häufung von Ereignissen ergibt sich am Nordstoß des Abbaus 2n der 1. Sohle östlich der Nordstrecke. In diesem Bereich laufen die Risse am Stoß aus. Diese starke Aktivität zieht sich bis in den Bereich der Nordstrecke kurz vor der Schrapperkammer hinein. Nach dem geologischen Lagerstättenmodell befindet sich der Anhydrit über der Nordstrecke der Schrapperkammer nur wenige Meter über der Firste und die Auflockerung reicht dort in den Anhydrit hinein. Die Rissbildung wird auch mit den Fissurometer- und Konvergenzmessungen in diesem Bereich nachgewiesen. Die Fissurometernmessungen in der Nordstrecke ergeben geringe Rissöffnungsraten und die Konvergenzstation in der Strecke zeigt Divergenz in der vertikalen Messstrecke. Die Schweben zwischen Abbau 2n auf der 1. Sohle und dem darunterliegenden Abbau 2n auf der 2a-Sohle

hat in diesem Bereich eine Mächtigkeit von nur 4 m. Zu bemerken ist weiterhin die in diesem Bereich stattfindende Rissbildung im Abbau 2n auf der 1. Sohle über dem Eingang zur Nordstrecke.

Aktivität im Bereich des Abbaus 1a, 1. bzw. 1a- Sohle Bartensleben

Unterhalb des Firstniveaus beobachtet man bereichsweise eine mittelstarke Aktivität an den Konturen des Abbaus 1a und dem Aufhauen zum Abbau. Direkt oberhalb bis ca. 10 m über der Firste des Abbaues 1a sind keine Ortungen möglich, da dort aus Sicherheitsgründen keine Bohrungen gestoßen werden konnten. Im Bereich darüber, in dem wieder Ortungen möglich sind, finden sich wenige Ereignisse, die im Anhydrit liegen. Auch die Ereignisraten an den drei Aufnehmern im oberen Bereich des Abbaus 1a lassen auf eine nur geringe AE-Aktivität schließen.

Aktivität westlich und oberhalb der Abbaureihen 2n und 1a

Nach dem geologischen Lagerstättenmodell findet sich AE im Anhydrit westlich der Abbaue. Einige Strukturen sind dort zu erkennen, wie z.B. ein im Vertikalschnitt steil stehendes Band von Ereignissen westlich oberhalb der 1. Sohle vor dem Abbau 1a der 1. Sohle (Ortungsbereich 10). In diesem Band ist eine leichte Steigerung der Aktivität im Berichtszeitraum zu erkennen. Gleichzeitig nahm die Aktivität direkt darunter im Steinsalz ab (Ortungsbereich 11). Stärker betroffen ist auch die Scholle direkt westlich der Abbaureihe 2n und 1a, die im Firstniveau der 2. Sohle nur etwa 20 m von den Abbauen entfernt liegt. Die Ereignisse scheinen sich im Anhydrit an den Stellen zu konzentrieren, wo Anhydritschollen aneinanderstoßen. Die Aktivität im Anhydrit nimmt vom Niveau des Abbaus 1a 1. Sohle nach oben hin stark ab.

Die Untersuchung der Magnituden im Anhydrit zeigt, dass dort im Vergleich mit den AE-Ereignissen im Steinsalz höhere Magnituden auftreten. Da der kompakte Anhydrit eine weit höhere Festigkeit als das Steinsalz aufweist, sind zum Entstehen von Rissen im kompakten Anhydrit hohe Scher- oder Zugbeanspruchungen nötig, und bei der Rissbildung findet eine entsprechend höhere Energiefreisetzung statt. So könnten die hohen Magnituden im Anhydrit erklärt werden. Eine andere Erklärung ist das Aufreißen von mit Salzen verheilten Klüften durch bergbauliche Einflüsse. Solche in der geologischen Vergangenheit angelegten Klüfte oder Klüftzonen treten im Anhydrit auf und sind z.B. auf der 1. Sohle in

der Nordstrecke aufgeschlossen (Lage der geschlossenen, verheilten Kluft ca. 100 m nördlich Schrapperkammer, Kluft erfasst gesamten Streckenquerschnitt, Kluftweite ca. 1 m, Kluftfüllung Carnallit und Steinsalz zwischen zerbrochenem Anhydrit). Da der kompakte Anhydrit sich nur wenig verformt, findet eine Konzentration der Verformungen auf die salzgefüllten Klüfte statt. Die hohe Verformung in den Klüften führt zu entsprechend großen Rissöffnungen. Damit tritt hier ein anderer Mechanismus der Rissbildung auf als bei den Mikrorissen, die sich im Zusammenhang mit der Kriechverformung in mächtigeren Steinsalzpartien bilden. Dies kann sich auf die Verteilung der Risslängen und die damit verbundene Stärke der seismischen Abstrahlung auswirken. Vom geologischen und auch geomechanischen Standpunkt aus erscheint die Rissbildung in Klüften oder Kluftzonen im Anhydrit als bereits geschwächten Zonen plausibler als die Annahme von Rissbildung im kompakten Anhydrit.

Aktivität weit südlich und südwestlich des Netzwerks

In diesem Bereich - etwa am Hauptquerschlag - finden sich deutlich mehr Ereignisse als im Bereich des Netzwerks ($M < 60$ dB). Dies läßt darauf schließen, dass im mittleren Teil des Zentralteils höhere Beanspruchungen auftreten als an seinem nördlichen Abschluß, wo sich das Netzwerk befindet. Diese Vermutung gilt für die untersuchte westliche Flanke des Zentralteils, an der Anhydrit oberhalb der Abbaue liegt.

Auswertung der Magnitudenverteilungen

Geringe Veränderungen der Magnitudenverteilungen gegenüber dem früheren Berichtszeitraum sind nur in 2 Ortungsbereichen im Anhydrit bzw. mit hohem Anhydritanteil festzustellen (Bereiche 8 und 10). Die Auswertung des Berichtszeitraums bestätigt, dass in Bereichen mit ausschließlich Steinsalz schmale Verteilungen mit starker Steigung oder hohem b-Wert und niedriger maximaler Magnitude bestimmt werden. Dies ist qualitativ mit der Vorstellung der Auflockerung im Steinsalz vereinbar, nämlich der Mikrorissbildung durch einzelne Salzkörner oder entlang deren Korngrenzen, also Prozessen in einem nach oben durch die Dimension der Korngröße beschränkten Bereich von Rissgrößen. Dagegen findet man im Anhydrit deutlich niedrigere Steigungen oder b-Werte und höhere maximale Magnituden. Wie oben diskutiert, könnte die Aktivierung von verheilten Klüften der Mechanismus der Rissbildung im Anhydrit sein. Dabei wären - den Beobachtungen der Kluftlängen untertage entsprechend - auch größere als die für das Steinsalz angenommenen Riss-

längen möglich. Solche Ereignisse wären mit einer höheren Energiefreisetzung bzw. mit einer höheren Magnitude verbunden.

2.7.5 Einsatz der 24-Kanal-Anlage 4. Sohle Bartensleben

2.7.5.1 Untersuchungsbereich und Betrieb der Anlage

Anlage 2.7.39 zeigt die Anordnung der Aufnehmer in einem Sohlriss. Alle Aufnehmer sind in Bohrungen von der Südstrecke aus installiert worden, da die Hohlräume darunter und darüber nicht zugänglich sind. Die längeren Bohrungen von 30 m Länge wurden so weit wie möglich an den Hohlräumen vorbei nach unten und oben gestoßen, um eine gute Ortungsgenauigkeit in der Teufe zu erhalten. Mit dieser Anordnung kann der Bereich der Schweben zwischen den Abbauen der 4a-Sohle, 4. Sohle und 5a-Sohle erfasst werden. Schweben zwischen anderen Sohlenniveaus können nicht erfasst werden, da die Wellenausbreitung zu den Aufnehmern hin von den Abbauen verhindert wird. Ereignisse tiefer im Gebirge, von denen aus die Wellen zu den Aufnehmern nicht durch Abbaue in der Ausbreitung behindert werden, werden erfasst, insbesondere die Bereiche tiefer im Gebirge zwischen der Sohle der 4a-Sohle und der Firste der 5a-Sohle. Im Bereich des Rolllochsystems 9 sind auch Ortungen weiter oberhalb und weiter unterhalb möglich.

Die Durchbauung dieses Grubenbereichs variiert räumlich sehr stark. Dies ist den Angaben in Anlage 2.7.35 im Sohlriss, in Anlage 2.7.36 im Seigerriss II parallel zur Südstrecke - hier seitenverkehrt zum Risswerk - sowie den Anlagen 2.7.40 und 2.7.42 im Seigerriss I quer zur Südstrecke zu entnehmen (in letzteren jeweils Abbildung c: Anlage 2.7.40 im Bereich Abbau 9n und Abbau 2 (Schnitt S1), Anlage 2.7.42 im Bereich Abbau 9s und Abbau 3, Schnitt S3). Die Südstrecke, 4. Sohle, im Sohlriss in Anlage 2.7.35 durchgezogen dargestellt, liegt im nördlichen Teil der Anordnung zwischen den Abbauen 9n, 4a-Sohle, und Abbau 2, 5a-Sohle, und im südlichen Teil zwischen Abbau 9s und Abbau 3. Von der Südstrecke gibt es einen heute abgemauerten Zugang zur 4a-Sohle über das Rolllochsystem 9, das zwischen den Abbauen 9n und 9s liegt. Die tatsächliche Sohlenteufe der Abbaue 9n und 9s der 4a-Sohle schwankt im Untersuchungsbereich sowohl entlang der Länge als auch der Breite der Abbaue, da diese nachträglich vom Niveau der 4a-Sohle bei -346 m NN bis

ins Niveau der 4. Sohle bei -372 m NN gestößt wurden. In den beiden Querschnitten in den Anlagen 2.7.40 und 2.7.42 ist die Schwankung des Sohlenniveaus vom Rollloch bis zum Schnitt jeweils durch 2 Linien angegeben. In Anlage 2.7.40 erkennt man im Längsschnitt, dass im Sohlenniveau von Abbau 9s etwa in der Abbaumitte ein Sprung von -355 m NN fast bis hinunter zur 4. Sohle auftritt (siehe auch Konturen im Sohlriss in der Anlage 2.7.35: im südlichen Teil des Abbaus 9s wird diese Hochlage mit einer anderen Signatur gekennzeichnet als im nördlichen Teil).

Die Abbaue liegen im Steinsalz der Leine-Folge (z3LS – z3AM), das in enge isoklinale Falten gelegt ist. Die Schichten fallen steil nach Westen ein. Östlich der Abbaue befindet sich Hauptanhydrit z3HA, der aber nicht von den Hohlräumen erschlossen wird (siehe Anlage 2.7.51 mit Geologie im Niveau der Südstrecke). Westlich der Abbaue befindet sich das Kalilager z2SF mit geringer Mächtigkeit und anschließend das Hauptsalz z2HS.

Die Mikroakustikanlage wurde im Juni 1997 installiert und nach einem Testbetrieb ab September 1997 in Betrieb genommen. Die Messanlage ist im wesentlichen baugleich mit der 24-Kanal-Anlage auf der 1. Sohle.

Im Berichtszeitraum kam es zu einigen Ausfällen von Einzelkomponenten der Anlage, wie es beim Dauereinsatz untertage zu erwarten ist. Insgesamt sind die Ausfallzeiten aber gering. Die Betriebszeiten der Anlage sind in Tabelle 2.7.3 in der 1. Spalte für die einzelnen Monate angegeben. Es wird nur außerhalb der Arbeitszeiten der Grube gemessen.

2.7.5.2 Ergebnisse

Ereignisraten

Im Vergleich zur Anlage auf der 1. Sohle liegen die mittleren Ereignisraten an einzelnen Aufnehmern mehr als eine Größenordnung über denen auf der 1. Sohle (siehe Abschnitt 2.7.4.2). Mittlere Werte erreichten im Berichtszeitraum eine Höhe von etwa 400 - 450 /h (Aufnehmer 6). Entscheidend für die Höhe der Ereignisraten der einzelnen Aufnehmer ist die Nähe zu Zentren der mikroakustischen Aktivität. Ein Abfall der Ereignisraten im Laufe der Zeit ist an einzelnen Aufnehmern feststellbar (Aufnehmer 11, 12 und 16). Er ist ver-

mutlich auf Veränderungen in der Ankopplung an das Gebirge zurückzuführen (siehe auch unter 'Amplituden- und Magnitudenanalyse' in diesem Abschnitt).

Die mittlere Anzahl der Ortungen betrug 90 /h und lag damit bis zu fast einer Größenordnung über den Ortungsraten der Anlage auf der 1. Sohle im Zentralteil. Hier deutet sich im Vergleich schon eine höhere geomechanische Beanspruchung an.

Wie man Tabelle 2.7.3 entnehmen kann, liegt die Anzahl der Ortungen pro Monat etwa zwischen 40 000 und 50 000. Im Juli 1998 wurde die Anlage zu Testzwecken mit einer höheren Empfindlichkeit betrieben, so dass deutlich höhere Ortungsraten auftraten. Die Unterschiede zwischen Sommer mit höheren Raten und Winter mit niedrigeren Raten sind hier schwächer ausgeprägt als im Zentralteil.

Insgesamt ist eine bemerkenswerte zeitliche Konstanz in den Ereignis- und Ortungsraten festzustellen. Abgesehen von den Abfällen der Raten an den Aufnehmern 11, 12 und 16 (siehe oben) ist keine signifikante Veränderung der Raten im Vergleich zu den Werten des vorhergehenden Messzeitraums aufgetreten.

Ortungen in Übersichtsdarstellungen

Wie bei der Anlage auf der 1. Sohle werden die Ortungen im gesamten Untersuchungsbereich in Sohlen- und Seigerissen dargestellt, um eine Übersicht über die mikroakustische Aktivität zu ermöglichen. Die Anlagen 2.7.37 - 2.7.39 zeigen beispielhaft die Verteilung der Ortungen eines Monats für unterschiedliche Magnitudenschwellen in jeweils 3 aufeinander senkrecht stehenden Ebenen. Der Sohlriss zeigt dabei eine Horizontalprojektion mit Ereignissen aus dem gesamten Teufenbereich (Koordinaten x' gegen y' in m). Der Seigeriss II zeigt eine Vertikalprojektion als Ansicht von der Seite in x' -Richtung (Koordinate Teufe z in m NN gegen y'). Der Seigeriss \perp zeigt eine Vertikalprojektion als Ansicht von der Seite in y' -Richtung (Koordinate z gegen y'). Der Seigeriss II ist ein Längsschnitt durch die Hohlräume, der Seigeriss \perp ein Querschnitt. Die Zahlen an den Achsen bezeichnen die jeweiligen Anfangs- und Endkoordinaten, der Gitterabstand beträgt 20 m. Das Koordinatensystem ist um einen Winkel von 18° um eine vertikale Achse nach Osten gedreht worden (Verlauf der Südstraße gegen Nordrichtung), damit die Ereignisse lage-richtig zu den Abbauen in die Vertikalschnitte projiziert werden. Die Signaturen der Hohl-

raumkonturen der 5a-Sohle sind neben dem Sohlriss angegeben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf die Konturen der anderen Sohlen verzichtet. In den Seigerrissen II und \perp wurde wegen der Variation der Geometrie der Hohlräume entlang der Schnitte auf die Angabe der Konturen verzichtet, dafür aber Sohl- und Firstniveaus der Abbaue angegeben (S - Sohle, F - Firste). Die Lage der Aufnehmer ist zur Orientierung mit Kreuzen gekennzeichnet.

Die Anlagen 2.7.37 -2.7.39 zeigen Ergebnisse für den Monat Juli 1998, in dem mit einer höheren Empfindlichkeit registriert wurde. Anlage 2.7.37 enthält unabhängig von der Magnitude alle Ortungen des Monats (Magnitude $M > 0$ dB mit 71 137 Ereignissen). Dem Sohlriss ist zu entnehmen, dass die Verteilung der Aktivität mit den Konturen der 5a-Sohle korreliert und nur wenige Ereignisse außerhalb der Hohlräumen auftreten. Der Großteil der Ereignisse wird an den einander zugewandten Seiten der Abbaue 2 und 3 bzw. 9n und 9s mit dem Rolllochsystem 9 in der Mitte beobachtet. Die Seigerrisse II und \perp zeigen die Konzentration auf einen etwa 60 m breiten Teufenbereich mit der 4. Sohle im Zentrum. Im Seigerriss II zeichnen sich die Sohl- und Stoßbereiche der Abbaue 9 der 4a-Sohle und die Firstbereiche der Abbaue 2 und 3 der 5a-Sohle ab (Schwebe zur Südstrecke). Die Südstrecke auf der 4. Sohle ist als Unterbrechung dieser starken Aktivitäten zu erkennen. Im Rolllochbereich zeichnen sich Stöße von der 4. Sohle nach oben und nach unten ab. Im Sohlbereich des Abbaus 3 verläuft eine Verbindungsstrecke zum Abbau 2, in deren Firste viele Ereignisse liegen. Der Südstoß des Abbaus 2, dessen Sohle tiefer liegt, zeichnet sich ebenfalls ab. Im Seigerriss \perp erkennt man einige Ereignisse aus dem Bereich der 5. Sohle unter den Hohlräumen.

In Anlage 2.7.38 sind die Ereignisse mit Magnituden $M > 40$ dB dargestellt (25 031 Ereignisse). Bei dieser Beschränkung bilden sich Stöße und Firsten deutlicher ab, insbesondere die Tiefenlage der Firsten der Abbaue 2 und 3 der 5a-Sohle im Seigerriss II, die über dem Abbau 2 am Rolllochsystem etwas höher liegen. Hier fällt auch der Sprung im Sohlniveau des Abbaus 9s über dem südlichen Teil des Abbaus 3 auf (links im Seigerriss II). Die Aktivität im Bereich des Sohlniveaus des Abbaus 9s zieht sich bis in eine Höhe von -355 m NN.

Anlage 2.7.39 enthält nur Ereignisse mit $M > 50$ dB (4 630 Ereignisse). Hier findet man in Bezug auf die Dichte der Ereignisse eine andere Verteilung als in Anlage 2.7.37. Die starken Ereignisse liegen gehäuft in der Schwebelücke zwischen Südstrecke und 5a-Sohle und sind relativ gleichmäßig über die Abbaulängen verteilt. Es ist anzumerken, dass schwache Ereignisse unter 40 dB nur innerhalb des Netzwerkbereichs registriert werden können. Besonders im Seigeriss \perp fällt eine diffuse Ansammlung von Ereignissen westlich bzw. links von den Hohlräumen im Tiefenbereich von -440 m NN bis -380 m NN auf. Sie korreliert mit dem Vorkommen von z3AM in einem sehr engen Muldenkern. Östlich der Hohlräume bzw. rechts davon finden sich einzelne Ereignisse, die nach dem geologischen Lagerstättenmodell teilweise im Anhydrit liegen.

Die Anlagen 2.7.40 - 2.7.43 zeigen in Sohl- und Seigerissen jeweils 20 m breite Ausschnitte des Untersuchungsbereichs in y' - bzw. in Längsrichtung im Bereich der Schnitte S1 und S3 quer zu den Hohlräumen für den Monat Juli 1998. Dies sind die Schnitte für die geomechanischen Modellberechnungen, in denen auch Extensometer in der Schwebelücke zwischen 4. und 5a-Sohle installiert wurden. Die Schnitte S1 und S3 mit den Konturen der Abbaue 9n bzw. 9s, 5a-Sohle, der Südstrecke, 4. Sohle, und der Abbaue 2 bzw. 3 der 5a-Sohle sind jeweils in Abbildung c) dargestellt. Die Sohlen der Abbaue 9s und 9n sind jeweils durch 2 Linien gekennzeichnet, die die Variationsbreite des Niveaus im Ausschnitt angeben (nach DBE-Unterlagen). Die Ausschnitte in y' -Richtung sind so gewählt worden, dass die Geometrie im gesamten Ausschnitt in etwa durch den Schnitt repräsentiert wird. Dies wird für den Schnitt S3 weniger gut erfüllt, da die Südstrecke nicht genau in der Achse des Abbaus 3 verläuft. Dieser Umstand ist bei der Zuordnung von Ereignissen zu den Konturen zu berücksichtigen. Schnitt S1 verläuft am nördlichen Rand des gewählten Ausschnitts, Schnitt S3 südlich des Ausschnitts (zur Lage der Schnitte siehe Anlage 2.7.35). Der Ausschnitt für den Vergleich mit S3 wurde nicht weiter südlich gewählt, da unmittelbar südlich von S3 ein markanter Sprung im Sohlniveau des Abbaus 9s erfolgt, der durch den Schnitt nicht repräsentiert wird.

Anlage 2.7.40 enthält alle Ortungen im ausgewählten Ausschnitt um S1 unabhängig von der Magnitude, Anlage 2.7.41 nur die Ereignisse mit Magnituden $M > 40$ dB. Die Aktivität in den Abbildungen c) beschränkt sich auf den Bereich oberhalb der Firne des Abbaus 2. Markante Ansammlungen finden sich jeweils direkt an den Abbauecken. Dazwischen wird

eine Häufung von schwachen Ereignissen gefunden, die unterhalb der Firste des Abbaus 2 endet. Eine schlüssige Erklärung für die Lage dieser Ereignisse steht z.Z. noch aus. Wahrscheinliche Gründe sind Abweichungen des Firstniveaus von den Angaben des Risswerks sowie stärkere Variationen des Firstniveaus, möglich sind aber auch Einschränkungen für genaue Ortungen wie z.B. Verminderungen der seismischen Geschwindigkeiten in einem stark aufgelockerten Bereich, wie es die Firste sein könnte.

Im Ausschnitt der Anlagen 2.7.40 - 2.7.41 befinden sich die Risse im Oststoß des Südstrecke über Abbau 2, die mit Fissurometern überwacht werden (siehe Anlage 2.3.6). Wie man den beiden Anlagen entnehmen kann, findet man östlich bzw. rechts von der Südstrecke (S) eine Aktivitätsansammlung, die sich hinüber zur Ecke des Abbaus 9n zieht.

Anlage 2.7.42 enthält die Ortungen im Ausschnitt für den Vergleich mit dem Schnitt S3. Auch hier findet sich Aktivität über der gesamten Firste des unteren Abbaus, aber markante Ansammlungen beschränken sich auf den Bereich unterhalb der Südstrecke (S) und den Bereich direkt am Abbau darüber. Die Ereignisse westlich über bzw. rechts von der Firste des Abbaus 3 stehen in Zusammenhang mit dem Verlauf des schmalen Kalilagers, das nach Westen einfällt. Wie in Anlage 2.7.40 (Schnitt S1) findet man auch hier wieder Ereignisse, die im Firstbereich oder darunter auftreten. Dafür können dieselben Gründe wie oben im Schnitt S1 vermutet werden: Im Abbau 3 könnten jedoch tatsächlich Ereignisse auftreten, da der Abbau vollständig verfüllt wurde (ausgehärteter, zementartiger Versatz). In diesem Bereich treten auch einige stärkere Ereignisse mit $M > 40$ dB auf, wie man Anlage 2.7.43 entnehmen kann. Im dargestellten Ausschnitt befinden sich Risse am Weststoß der Südstrecke (S), die mit Fissurometern überwacht werden (siehe Anlage 2.3.6). Westlich bzw. links der Südstrecke findet sich nur relativ schwache mikroakustische Aktivität (siehe auch Anlage 2.7.50).

Die Auswertung des Monats Juli 1997, in dem zu Testzwecken mit einer höheren Empfindlichkeit gemessen wurde, ergab keine neuen Erkenntnisse im Vergleich zu den Messzeiten mit der bisherigen Einstellung der Anlage. Aus Gründen der Reduktion der ohnehin sehr großen Datenmengen wird daher mit der ursprünglichen Einstellung der Anlage weiterregistriert.

Ortungen in Detaildarstellungen im Untersuchungsbereich

Die Anlagen 2.7.44 - 2.7.60 zeigen Horizontalschnitte bzw. Sohlrisse im Teufenbereich von -430 bis -334 m NN mit den Abbaukonturen aus dem aktuellen Risswerk sowie den geologischen Grenzen für die Teufenbereiche, in denen geologische Karten vorliegen [5]. Diese Darstellungen sind für eine detaillierte und lagerichtige Zuordnung der Ortungen zu den Abbauen und den geologischen Grenzen geeignet. Es handelt sich um die Ortungen im gesamten Berichtszeitraum von 4/98 bis 3/98 ohne Einschränkung für die Magnituden. Die Anzahl der Ortungen in den Teufenintervallen wird angegeben. Die Ortungen sind im Bereich von 10 m unterhalb bis 10 m oberhalb der Südstrecke (4. Sohle, -372 m NN, Abkürzung ‚S‘) jeweils aus 2 m mächtigen Teufenintervallen in die Darstellungen hineinprojiziert worden. In bezüglich der Teufe weiter entfernt liegenden Bereichen von der Südstrecke sind die Intervalle größer gewählt worden. Die Anlagen 2.7.44 - 2.7.60 zeigen den gesamten Ortungsbereich, während die Anlagen 2.7.61 - 2.7.65 nur den Ausschnitt im Bereich des Rolllochsystems 9 (Zentrum des Netzwerks) darstellen. Man erkennt in den Anlagen, wie engräumig die Aktivität im stark durchbauten Untersuchungsbereich variiert. Zahlreiche Details bilden sich ab, z.B. kleine Pfeiler im Bereich des Rolllochsystems 9 und Rolllöcher von 1 - 2 m Durchmesser. Dies spricht für die hohe erzielte Ortungsgenauigkeit unter 1 m, bei der auch belastete Elemente kleinerer Dimension genau erfasst werden können.

Beginnend im oberen Teufenbereich wird in den Anlagen 2.7.44 - 2.7.47 überwiegend Aktivität im Rolllochsystem 9 dargestellt sowie auch westlich vor den Abbauen 9n und 9s und im südlichen Bereich der Sohle des Abbaus 9s. Die Sohle des Abbaus liegt dort etwa 20 m über dem Niveau im nördlichen Bereich (siehe Anlage 2.7.45 mit der ‚Abbruchkante‘ in der Mitte des Abbaus 9s). Das steil stehende dünne Kalilager bildet sich durch schwache Aktivität vor Abbau 9s ab (z.B. Anlage 2.7.46, vergleiche Geologie in Anlage 2.7.51 im Niveau der 4. Sohle, Schichten fallen steil etwa nach Westen ein). Aufgrund der Abschattung durch die Abbaue kann potentielle Aktivität östlich der Abbaue nicht erfasst werden. In den von der Teufe her folgenden Anlagen 2.7.48 - 2.7.51 differenziert sich das Bild sehr stark in Annäherung an die Südstrecke. Man erkennt bereichsweise Aktivität vor Abbauen, unter Abbauen und über Abbauen (vergleiche dazu die Angabe der Signaturen für die Konturen der verschiedenen Sohlen). Die kleinen Pfeiler im Rolllochsystem zeichnen sich ab. Die Abbruchkante im Abbau 9s zeichnet sich durch eine deutliche Aktivitätshäufung ab

(Anlagen 2.7.48 - 2.7.49). Die Aktivität hat entlang der Konturen der Abbaue 9n und 9s in den stärker belasteten Bereichen eine streifenförmige Erstreckung. Auch die Konturen der Firste der Abbaue der 5a-Sohle unter der Südstrecke zeichnen sich hier bereichsweise ab (Anlagen 2.7.48 - 2.7.51).

Die Anlagen 2.7.52 - 2.7.59 zeigen die Aktivität unter der Südstrecke. Hier tritt die höchste Ereignisdichte auf. Wie auch schon in den vorhergehenden Anlagen zu sehen, hat die Aktivität entlang der Abbaukonturen die Form von Streifen, die horizontale Schnitte durch die annähernd keilförmigen Verteilungen sind (siehe Vertikalschnitte S1 und S3 in den Anlagen 2.7.40 - 2.7.43). Es zeichnen sich dabei deutlich die Firsten der Abbaue der 5a-Sohle ab. Da die Aktivität die Konturen insbesondere der Firsten und der einander zugewandten Stöße der Abbaue 2 und 3 abbildet, kann man aus dem Vergleich mit den Angaben des Risswerks schließen, dass die tatsächlichen Lagen der Abbaue im Firstbereich, aber auch im Sohlbereich der Abbaue teilweise einige Meter von den Angaben im Risswerk abweichen (Anlagen 2.7.53 - 2.7.59).

Über Abbau 3 erkennt man im nördlichen Teil, wo die Schwebelage zur Südstrecke und zur 4a-Sohle mit ca. 8 m geringmächtig ist, eine starke Konzentration der Ereignisse unterhalb der Südstrecke. Dagegen ist sie im südlichen Teil geringer und gleichmäßig über den Teufenbereich von oberhalb des Niveaus der Südstrecke bis ins Firstniveau des Abbaus verteilt (Anlagen 2.7.52 - 2.7.56). Die Schwebelage zur 4a-Sohle ist im südlichen Teil gut 20 m mächtiger als im nördlichen Teil. Diese Verteilung korreliert mit der Beobachtung der starken Sohlaufwölbung im nördlichen Teil der Südstrecke über Abbau 3 und den höchsten beobachteten Konvergenzgeschwindigkeiten im Bereich der Südstrecke. Eine ähnliche Tendenz - allerdings räumlich entgegengesetzt - ist über Abbau 2 zu beobachten. Auch hier ist die Aktivität am Rolllochsystem stärker ausgeprägt als weiter entfernt. Hier ist keine Sohlaufwölbung sichtbar, aber die Fissurometer in diesem Bereich belegen geringe Öffnungsbewegungen der dort vorhandenen Risse im Stoß über dem südlichen Abschluß von Abbau 2 (siehe Abschnitt 2.3).

Ein Reihe weiterer Details sind in der Aktivität unterhalb der Südstrecke zu beobachten. Das Kalilager bildet sich über der Firste des Abbaus 3 durch schwache Aktivität ab, die sich entsprechend dem erwarteten Einfallen mit der Teufe nach Westen verlagert (Anlagen

2.7.52 - 2.7.55). Ein Rollloch zwischen Südstrecke und dem nördlichen Bereich der Firste des Abbaus 3 zeichnet sich deutlich ab (Anlagen 2.7.52 - 2.7.55, siehe unten), ebenso wie ein Rollloch im mittleren Teil des Abbaus (Anlagen 2.7.58 - 2.7.59). Weitere Rolllöcher bilden sich zwischen der 5a- und der 5. Sohle ab (Anlagen 2.7.58 - 2.7.59).

Im Bereich des Rolllochsystems 9 bildet sich eine bogenförmige Struktur ab, die keinem Hohlraum im Risswerk oder einer geologischen Struktur zuzuordnen ist (Anlagen 2.7.52 - 2.7.55, s.u.).

Etwa 40 m westlich vor den Abbauen 2 und 3 findet sich im tieferen Teufenniveau eine markante Ansammlung von Ereignissen in den Anlagen 2.7.58 - 2.7.60. Sie sind Anhydritmittelschichten z3AM zuzuordnen, die dort in einem Muldenkern vorkommen (siehe Geologie im Niveau der 5. Sohle in Anlage 2.7.60).

Die Beobachtung von Ereignissen innerhalb der Abbaue 2 und 3 - entsprechend ihrer Lage und Ausdehnung im Risswerk- sind bereits weiter oben in Zusammenhang mit den Vertikalschnitten S1 und S3 in den Anlagen 2.7.40 - 2.7.43 diskutiert worden.

Ortungen in Detaildarstellungen im Bereich des Rolllochsystems 9 (Zentrum des Netzwerks)

Die Anlagen 2.7.61 - 2.7.65 zeigen die Aktivität um die Südstrecke herum in einem kleineren Ausschnitt, um Besonderheiten darzustellen und auf Korrelationen mit der Rissbildung in der Südstrecke oder mit der Geologie einzugehen. Die Konturen der Abbaue 2 und 3 der 5a-Sohle wurden hier entsprechend der Einschätzung aus der mikroakustischen Aktivität gegenüber den Angaben des Risswerks modifiziert.

Die Anlagen 2.7.61 und 2.7.62 mit dem Teufenbereich unter der Südstrecke zeigen deutlich die bogenförmige Anordnung von AE am Rolllochsystem 9. Diese Aktivität wurde als Auflockerung in der Firste eines Hohlraums gedeutet, der allerdings nicht im Risswerk verzeichnet ist. Entsprechend findet man in tieferliegenden Bereichen - hier nicht dargestellt - Aktivität, die in der Sohle des vermuteten Hohlraums liegt. Um diese Deutung zu verifizieren, wurden die Bohrungen RB973 und RB974 mit Ansatzpunkten in der Südstrecke gestoßen (siehe Anlage 2.7.61). Sie fallen mit 30° bzw. 15° nach unten ein und

haben eine Zieltiefe von $-376,7$ m NN. Der Zielpunkt liegt in der Mitte des georteten Hohlraums und damit deutlich über dem mittleren Firstniveau der beiden Abbaue 2 und 3 der 5a-Sohle von ca. -380 m NN. Beide Bohrungen trafen den Hohlraum wie prognostiziert an. In der Bohrung RB973 sind Risse als Ursachen der AE-Aktivität und eine Schalenbildung direkt an der Hohlraumkontur in den letzten beiden Kernmärschen deutlich zu identifizieren. Befahrungen der Bohrungen RB973 und RB974 mit einem Endoskop wurden auf Videoband aufgezeichnet

Der bogenförmige Hohlraum hat eine Höhe von ca. $1,50$ m und verbindet die Abbaue 2 und 3. Über Abbau 3 mündet der Hohlraum in ein Rolloch (Anlage 2.7.61, s.u.), das in den Abbau 3 hinunterführt. Der Zugang zum Hohlraum ist heute abgemauert und nicht mehr ersichtlich. Diese Aussagen stützen sich auch auf Erinnerungen einiger Bergleute aus den Zeiten der Einlagerung in der Südstrecke. Die Verbindung mit Abbau 2 könnte in dessen Firstniveau liegen, das dort ca. 2 m höher liegt als das mittlere Firstniveau der Abbaue. Die Existenz des Hohlraums stellt kein Problem für die Standsicherheit der Abbaue dar.

Ein weiteres Detail ist die Abbildung eines Rollochs am nördlichen Ende des Abbaus 3 von der 4. Sohle in den Abbau hinunter (Anlagen 2.7.61 und 2.7.62). Dieses Rolloch hat Verbindung zum georteten und nachgewiesenen Hohlraum. Ferner findet sich schwache Aktivität am schmalen Kalilager westlich des Abbaus 3, die sich mit dem Einfallen von Osten nach Westen nach unten verlagert (Anlagen 2.7.62 und 2.7.63, siehe Geologie in Anlage 2.7.51). Die Deutung weiterer besonderer Merkmale in den Ortungsergebnissen wie den linienförmigen Unterbrechungen der Aktivität unter der Südstrecke in Anlage 2.7.61 bedarf näherer Untersuchung.

Interessant ist weiterhin der Vergleich der Ortungen mit der Lage der ausgedehnten horizontalen Risse am Oststoß der Südstrecke über Abbau 2 und am Weststoß der Südstrecke über Abbau 3 (siehe Abschnitt 2.3). Die Anlagen 2.7.62 - 2.7.64 zeigen starke Aktivität am Oststoß der Südstrecke im Bereich der Risse (siehe Lagen der Fissurometer in den Anlagen) in Richtung des Abbaus 9n. Gegenüber liegt ähnlich starke Aktivität direkt am Abbau 9n. Dort findet also anhaltende Auflockerung mit Bildung von Rissen wahrscheinlich von beiden Hohlräumen her statt (siehe auch Vertikalschnitt S1 in Anlage 2.7.40: Die hier besprochene Aktivität betrifft den östlichen oder rechten Teil des 'Keils' im oberen Bereich).

Im Bereich der Risse am Weststoß über Abbau 3 findet man Auflockerung westlich der Südstrecke in das Gebirge hinein (Anlagen 2.7.62 - 2.7.64 mit Lagen der Fissurometer an den Rissen). Verglichen mit der Aktivität an den Rissen im Oststoß ist sie gering.

Amplitudenanalyse und Magnitudenverteilungen

Tabelle 2.7.3 enthält Ergebnisse der Amplitudenanalyse jeweils für die einzelnen Monate des Berichtszeitraums. Die Messzeiten sind in Spalte 1 in Klammern angegeben. Dann folgen die mittleren Abweichungen in dB für die 24 Aufnehmer in den einzelnen Monaten, die als Korrekturwerte für die Berechnung der Magnituden benutzt werden. Die untere Zeile enthält jeweils wieder Mittelwerte für den gesamten Zeitraum. Es zeigen sich überwiegend konstante Werte für die einzelnen Aufnehmer, die die höhere oder niedrigere Empfindlichkeit (positive bzw. negative Werte) angeben als auch eine zeitliche Konstanz belegen, d.h. konstante Ankopplungsbedingungen und Ausbreitungsbedingungen der elastischen Wellen in der Nähe der Aufnehmer. Eine deutliche Abnahme der Empfindlichkeit ist bei den Aufnehmern 11, 12 und 16 zu verzeichnen. Als mögliche Gründe kommen hier eine sich verschlechternde Ankopplung an das Gebirge in Frage oder die Ausbildung von Rissen (Mikro- und eventuell auch Makrorissbildung), die die Wellenausbreitung zu den Aufnehmern dämpfen.

Weiter sind in Tab. 2.7.3 die Gesamtanzahl der georteten Ereignisse im Zeitraum angegeben, der mittlere Wert der Steigung der Ausgleichsgeraden durch die Amplituden der Aufnehmer in dB/10m (siehe Abschnitt 2.7.2) und die mittlere Magnitude in dB im jeweiligen Zeitraum. Diese Werte zeigen nur geringe Variationen. Im Vergleich mit der Anlage auf der 1. Sohle tritt hier ein (vom Betrag her) größerer Wert der mittleren Steigung der Ausgleichsgeraden auf (siehe Abschnitt 2.7.4.2). Da die Steigung ein Maß für die Dämpfungseffekte auf den Laufwegen ist, bedeutet der höhere Wert, dass im Bereich der Südstrecke stärkere Dämpfung als im Zentralteil auftritt. Eine mögliche Erklärung ist der höhere Grad an Auflockerung im Südfeld, der auch durch die höheren mikroakustischen Ereignisraten belegt wird. An den bei der Auflockerung entstandenen Rissen werden die akustischen Wellen gestreut. Dieser Prozeß hängt von der Dichte, aber auch der Orientierung, Größe und Öffnungsweite der Risse ab.

Für den Berichtszeitraum werden nachfolgend die kumulativen Häufigkeitsverteilungen der Magnituden für den gesamten Untersuchungsbereich und für 6 einzelne Ortungsbereiche analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 2.7.4.2 angegeben. Die räumliche Begrenzung der Bereiche sowie eine Beschreibung der Lage und der Geologie ist Tabelle 2.7.4 zu entnehmen (Grenzen in x, y und z im Gauß-Krüger-Bezugssystem). Es handelt sich um den nördlichen Bereich des Netzwerks bzw. der Abbaue jeweils über und unter der Südstrecke (1 und 2), den südlichen Bereich jeweils über und unter der Südstrecke (3 und 4) sowie Bereich 5 westlich und unterhalb der Abbaue mit einem Muldenkern von z3AM und Bereich 6 östlich und unterhalb der Abbaue, der teilweise im Anhydrit z3HA liegt. Zur Einordnung der Lage der Bereiche können die Anlagen 2.7.35 und 2.7.36 dienen.

In den Anlagen 2.7.66 - 2.7.72 findet man jeweils in der Unterschrift die Nummern der Ortungsbereiche, ihre räumlichen Grenzen und die enthaltene Anzahl der Ereignisse im Berichtszeitraum. Die mittlere Magnitude ist für zeitliche Variationen in einzelnen Bereichen interessant. Sie hängt von der Entfernung des Bereichs zum Netzwerk ab, da die Empfindlichkeit für schwache Ereignisse mit der Entfernung stark abnimmt. Interessant ist der Vergleich der Anzahl der Ortungen in den Bereichen 1 bis 4 mit identischen Volumina. In den Bereichen 2 und 4 unter der Südstrecke, d.h. in der Schwebe zu den Abbauen 2 und 3 der 5a-Sohle, treten in der Summe annähernd doppelt soviel Ereignisse auf wie in den Bereichen 1 und 3 oberhalb der Südstrecke in der Schwebe zu den Abbauen 9n und 9s der 4a-Sohle. Dies ist für den Bereich 4 in der Schwebe zwischen Südstrecke und Abbau 3 im Vergleich mit dem darüberliegenden Bereich 3 besonders ausgeprägt.

Die Magnitudenverteilungen in den Anlagen zeigen jeweils eine untere Grenze, die der Detektionsschwelle für schwache Ereignisse im Bereich entspricht. Bis dorthin sind die Verteilungen flach. Die Detektionsschwelle liegt für die abbaunahen bzw. netzwerknahe Bereiche bei 30 dB im Vergleich zu 20 dB bei der Anlage auf der 1. Sohle. Oberhalb dieser Schwelle erfolgt ein Abfall der Verteilung, der annähernd lineare Form besitzt und als dessen Steigung der b-Wert bestimmt wird, wie oben beschrieben. Die Sättigungsgrenze für die Magnituden liegt für die abbaunahen bzw. netzwerknahe Bereiche bei ca. 80 dB. Tabelle 2.7.4 enthält die bestimmten b-Werte und die maximal möglichen Magnituden M_{\max} als Kennwerte für die Magnitudenverteilung. Für M_{\max} werden die Werte der mittleren

Gerade durch den Abfall der Verteilung angegeben sowie in Klammern die größten gemessenen Magnitudenwerte.

Wie bei der Anlage auf der 1. Sohle (Tabelle 2.7.2) findet man für die Ortungsbereiche, die völlig im Steinsalz liegen, b-Werte um 0,1 und maximal auftretende Magnituden um ca. 80 dB. Man beobachtet auch hier, dass die Magnitudenverteilungen im Steinsalz keinen exakt linearen Verlauf aufweisen, sondern eine leichte Krümmung zeigen. (Der lineare Verlauf wird in der halblogarithmischen Auftragung der Magnituden in der Seismologie und in der Schallemissionsanalyse überwiegend gefunden.)

Im Ortungsbereich 5, in dem sich nach dem geologischen Modell ein Muldenkern aus z3AM befindet, erhält man einen niedrigeren b-Wert von 0,074 und maximal mögliche Magnituden um 100 dB. Diese Ereignisse tragen zum Knick bei 70 dB in der Magnitudenverteilung des Gesamtbereichs in Anlage 2.7.66 bei. Im Bereich 6 kommen neben Anhydrit z3HA verschiedene Steinsalzarten, Salzton z3GT und das Kalilager z2SF vor. Die Magnitudenverteilung hat mit 0,066 ebenfalls einen niedrigeren b-Wert als im Steinsalz und entspricht den Ergebnissen für die Mischbereiche bei der Anlage auf der 1. Sohle (siehe Tabelle 2.7.2).

2.7.5.3 Bewertung

Die ermittelten Ereignisraten an den einzelnen Aufnehmern und die Ortungsraten liegen in der Südstrecke über den Abbauen 2 und 3, 5a-Sohle, deutlich über denen im oberen Zentralteil im Bereich der Abbaureihen 1a und 2n, 1. bis 2. Sohle. Dies läßt auf eine höhere geomechanische Beanspruchung schließen. Die zeitlichen Variationen sind dabei gering und zeigen an, dass sich keine Änderungen der generellen geomechanischen Situation im bisherigen Messzeitraum von September 1997 bis März 1999 ergeben haben. Die Ausprägung von Clustern mit stärkerer zeitlicher Variation wie im Zentralteil ist bisher nicht aufgefallen.

Die erzielte Ortungsgenauigkeit im Bereich des Netzwerks ist sehr hoch. Der Ortungsfehler liegt im Bereich des Netzwerks bei 1 m, so dass sich auch die Umrisse kleiner belasteter

Elemente wie Pfeiler oder Gebirgsbereiche um Rolllöcher deutlich in der mikroakustischen Aktivität abbilden.

Die Ereignisse konzentrieren sich überwiegend auf den Bereich um die Südstrecke auf der 4. Sohle und die darunter- sowie darüberliegenden Schweben zur 5a- Sohle und zur 4a- Sohle. Nur ein geringer Teil der Ereignisse wird außerhalb dieser Bereiche tiefer im Gebirge geortet (rasches Abklingen der Aktivität mit zunehmender Entfernung von den Hohlräumen). In den Schweben findet eine intensive Auflockerung statt. Die höchste Ereignisdichte findet man an den sich gegenüberliegenden Seiten der Abbaue 2 bzw. 9n (südliches Ende) und der Abbaue 3 bzw. 9s (nördliches Ende), d.h. direkt nördlich und südlich des Rolllochsystems 9. Dabei tritt wiederum die stärkste Aktivität in der Schweben zwischen Südstrecke, 4. Sohle, und Abbau 3, 5a-Sohle, auf. Die Aktivität über Abbau 3 ist mit dem Auftreten einer starken Sohlenaufwölbung in der Südstrecke über dem nördlichen Teil des Abbaus und den höchsten Konvergenzgeschwindigkeiten im Bereich der Südstrecke korreliert. Der Grund ist in der deutlich geringeren Schwebenmächtigkeit zur 4a-Sohle im Vergleich zum südlichen Teil des Abbaus zu finden.

In der Nähe der Risse im Oststoß der Südstrecke, 4. Sohle, über Abbau 2 findet man intensive mikroakustische Aktivität zwischen der Südstrecke und dem Abbau 9n, 4a-Sohle. Verglichen damit findet man schwache Aktivität im Bereich der Risse am Weststoß der Südstrecke über Abbau 3. Dies korrespondiert mit den Fissurometermessungen: die Fissurometer am Oststoß zeigen höhere Raten der Rissöffnung als die am Weststoß. Am Oststoß findet eine fortschreitende Auflockerung mit Bildung von Rissen von der Südstrecke her statt und - als Folgerung aus der hohen Dichte an Ortungen - wahrscheinlich auch vom Abbau 9n her statt.

Die mikroakustischen Ortungen zeichnen überwiegend die Konturen der Abbaue nach und zeigen dabei teilweise Abweichungen von einigen Metern im Vergleich zu den Angaben im Risswerk. In Anbetracht der eher übersichtsmäßigen markscheiderischen Aufnahme beim Auffahren von Hohlräumen im ehemaligen Gewinnungsbergbau ist dies kein unerwarteter Befund.

Eine bogenförmige Anordnung von Ortungen wurde als Auflockerung um einen Hohlraum gedeutet, der nicht im Risswerk verzeichnet ist. Er wurde durch 2 Bohrungen nachgewiesen. Nach den mikroakustischen Ortungen und den weiteren vorliegenden Erkenntnissen handelt es sich um eine etwa 30 m lange und 1,50 m hohe Verbindungsstrecke zwischen den Abbaun 2 und 3 der 5a-Sohle über bzw. in deren Firstniveau. Die Existenz des Hohlraums stellt kein Problem für die Standsicherheit der Abbaue dar.

Eine Zuordnung der Aktivität zu geologischen Ursachen ist nur für einen kleinen Teil der Ereignisse möglich. Zum einen kann man eine schwache Aktivität oberhalb der Firste des Abbaus 3 feststellen und ebenso in einem höheren Niveau vor dem Abbaus 9s, wo das schmale Kalilager z2SF mit Übergangsschichten verläuft. Zum anderen kann man eine weiter entfernte Aktivität in einem Muldenkern aus Anhydritmittelsalz z3AM feststellen. Diese stratigraphische Einheit fällt auch in den Ergebnissen der Messanlage der 1. Sohle auf. Zu vermuten ist eine erhöhte Rissbildungsrate aufgrund der Materialunterschiede zwischen dem Steinsalz und den auftretenden Anhydritmitteln im z3AM. Im Bereich des Hauptanhydrits z3HA und des Salztons z3GT östlich der Abbaue ist bisher nur eine schwache, diffuse Aktivität feststellbar. Eine Zuordnung von Ereignissen zum Übergang von Steinsalz und Anhydrit wie bei den Messungen im Zentralteil ist nicht möglich.

Die Auswertung der Amplituden und der Häufigkeitsverteilung der Magnituden ergibt ähnliche Resultate wie auf der 1. Sohle im Zentralteil (siehe Abschnitt 2.7.4.3). Bereiche im Steinsalz zeichnen sich durch b-Werte um 0,1 und eine Begrenzung der Magnituden auf maximale Werte um 80 dB aus. Zeitliche Variationen gegenüber dem vorhergehenden Berichtszeitraum sind nicht feststellbar.

3 Zusammenfassende Bewertung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse geomechanischer Messungen dargestellt. Die einzelnen Abschnitte enthalten Bewertungen, die hier in knapper Form zusammengefasst werden. Gegenüber früheren Zeiträumen haben sich die Bewertungen nicht geändert.

Die Fissurometermessungen an Rissen in den Stößen von Hohlräumen auf der 1. und 4. Sohle zeigen an einem Teil der Risse geringe Bewegungen bis maximal 0,2 mm/a Verschiebungsgeschwindigkeit an. Die ermittelten Raten im Abbau 2n, 1. Sohle, sind mit den Öffnungsweiten an intakten alten Gipsmarken vereinbar. Auch die Ergebnisse von Konvergenzmessungen in der Nähe von Rissen sind mit den Ergebnissen der Fissurometermessungen vereinbar.

Bei der Lageänderungsmessung im Abbau 2n, 2. Sohle Bartensleben, haben sich die bisher feststellbaren Trends in der Bohrung bestätigt. Auffällig sind stärkere Neigungsänderungen an der Grenze zwischen Liniensalz z3LS und Hauptanhydrit z3HA, aber auch Bereiche mit Verformungen in axialer Richtung entlang des Bohrlochs innerhalb des Liniensalzes, am Übergang Liniensalz - Hauptanhydrit und im Bereich des Grauen Salztons z3GT. Die Bewegungen am Übergang Liniensalz - Hauptanhydrit deuten eine Scherung entlang der Grenzfläche an. Bei der Bewertung der Messungen müssen komplexe geologische Verhältnisse berücksichtigt werden, wie neue Bohrungen in diesem Bereich ergeben haben.

Die mikroakustischen Messungen im Zentralteil belegen, dass im Gebirge Deformationen auftreten, die mit der Bildung von Mikrorissen (Auflockerung) verbunden sind. Der größere Teil der Aktivität konzentriert sich auf abbaunahe Bereiche in Pfeilern und Schweben. Auf lange Sicht sind in einigen Bereichen die Bildung oder Erweiterung größerer Risse nicht auszuschließen (nördlicher Bereich der Schweben zwischen den Abbauen 2n auf der 1. Sohle und der 2a-Sohle, Firste Abbau 1a 2. Sohle). Tiefer im Gebirge werden sowohl im Steinsalz z3LS als auch im Hauptanhydrit z3HA Bereiche mit mikroakustischer Aktivität festgestellt. Die Aktivität westlich der Abbaue an der Grenze Steinsalz-Anhydrit - u.a. mit dem Auftreten von Clustern akustischer Emission - hält an. Südlich vom Netzwerk - etwa am Hauptquerschlag - sind wesentlich mehr Ereignisse zu finden als im Bereich des Netz-

werks. Dies deutet eine stärkere geomechanische Beanspruchung am Hauptquerschlag als im Bereich des Netzwerks an.

Die mikroakustischen Messungen in der Südstrecke, 4. Sohle Bartensleben über den Einlagerungskammern 2 und 3 der 5a-Sohle zeigen, dass sich die Aktivität auf den Bereich um die Südstrecke konzentriert. Die ermittelten Ereignis- und Ortungsraten sind deutlich höher als im Zentralteil. Dies belegt eine starke geomechanische Beanspruchung der Schweben zwischen der 4. Sohle und der 5a-Sohle bzw. auch der 4a-Sohle. Weiter weg vom Netzwerk gibt es nur einen Bereich in einem Muldenkern aus Anhydritmittelsalz, in dem eine bemerkenswerte Ansammlung von Ereignissen gefunden wird. Aufgrund einer bogenförmigen Anordnung von Ereignissen wurde auf die Existenz einer Verbindungsstrecke zwischen den Abbauen 2 und 3 geschlossen, die nicht im Risswerk verzeichnet war. Sie wurde durch zwei Erkundungsbohrungen nachgewiesen.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

Im Auftrag

Abteilungsleiter B2

Hannover, 10.12.1999

(Dr. H. Raschka)

- Dir. u. Prof. -

Sachbearbeiter

Hannover, 10.12.1999

(D. Backhaus)

- Techn. Angest. -

Projektleiter Endlagerung

Hannover, 10.12.1999

(Dr. M. Wallner)

- Wiss. Dir. -

Arbeitspaketleiter und Sachbearbeiter

Hannover, 10.12.1999

(Dr. Th. Spies)

- Wiss. Angest. -

4 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesminister des Inneren (1982): Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission: Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk, Bonn.
- [2] DBE (1998): Geotechnische Messungen - Fissurometer 10/95 - 12/97. DBE-Kennzeichnung 9M/GC/BZ/0016/00 vom 20.4.98, Peine.
- [3] DBE (1996): Lageänderungsbohrung RB801 Messung 2/96, 3/96, 4/96, 6/96, 9/96, DBE-Kennzeichnung 9M/12YER22/RB801/GC/BZ/0001 vom 9.12.96, Peine.
- [4] DBE (1998): Lageänderungsbohrung RB801 Messungen 4/96 bis 9/97, DBE-Kennzeichnung 9M/12YER22/RB801/GC/BZ/0004/00 vom 10.11.98, Peine.
- [5] BGR (1997): Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells Morsleben, BGR-Bericht zum AP 9M 212 460 11, BGR-Archiv-Nr.: 116 872, Hannover.
- [6] BGR (1998): Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells Morsleben, 2. Anhang zum Abschlußbericht - Struktureller Bau der Westflanke der Hauptmulde im Bereich des Abbaues 1a. BGR-Bericht zum AP 9M 212 460 11, BGR-Archiv-Nr.: 117 709, Hannover.
- [7] HUNSCHE, U. (1993): Failure behavior of rock salt around underground cavities. Proc. of th Seventh. Syposium of Salt, Vol.1, p. 59 - 65, Elsevier Science Publishers B.V., Amtserdam.
- [8] HUNSCHE, U. & SCHULZE, O. (1994): Das Kriechverhalten von Steinsalz. Kali und Steinsalz, Band 11, S. 238-255.
- [9] Symbolschlüssel Geologie, Hrg. NLFb und BGR, E. Schweizerbart' sche Verlagsbuchhandlung, Hannover, 1991.

5 Abkürzungsverzeichnis

AE	Akustische Emission
AP	Arbeitspaket
CG	Geotechnische Messstelle (Bezeichnung der DBE, hier für K - Konvergenz-, E - Extensometer- und F - Fissurometermessungen)
dB	Dezibel
RB	Anlagenkennzeichnungssystem der DBE, Bereich Komponentengliederung, hier: Grubenraum, Bohrloch
YEA	Anlagenkennzeichnungssystem der DBE, Bereich Funktionsgliederung, hier: Grubengebäude, allgemeine Strecke
YEQ	Anlagenkennzeichnungssystem der DBE, Bereich Funktionsgliederung, hier: Grubengebäude, Querschlag
YER	Anlagenkennzeichnungssystem der DBE, Bereich Funktionsgliederung, hier: Grubengebäude, Richtstrecke
z....	Zechstein (in stratigraphischer Bezeichnung, siehe [9])

6 Verzeichnis der Tabellen

Zu Abschnitt 2.3) Fissurometermessungen

Tabelle 2.3.1: Lage, Geologie und ermittelte Raten der Relativverschiebungen an den Fissurometern von 1995 - 1997.

Zu Abschnitt 2.4) Lageänderungsmessungen

Tabelle 2.4.1: Tektonische und bohrtechnische Aufnahme der Bohrung RB801 durch BGR (2 Blätter).

Zu Abschnitt 2.7) Mikroakustische Messungen

Tabelle 2.7.1: Mikroakustik Zentralteil ERAM: Amplitudenanalyse und Magnitudenbestimmung 4/98 - 3/99.

Tabelle 2.7.2: Mikroakustik Zentralteil ERAM: Bereiche für die Bestimmung der kumulativen Häufigkeitsverteilungen der Magnituden und pauschale Kennwerte b und M_{\max} der Verteilungen 4/98 - 3/99.

Tabelle 2.7.3: Mikroakustik Südfeld ERAM: Amplitudenanalyse und Magnitudenbestimmung 4/98 - 3/99.

Tabelle 2.7.4: Mikroakustik Südfeld ERAM: Bereiche für die Bestimmung der kumulativen Häufigkeitsverteilungen der Magnituden und pauschale Kennwerte b und M_{\max} der Verteilungen 4/98 - 3/99.

7 Verzeichnis der Anlagen

Zu Abschnitt 2.3) Fissurometermessungen

- Anlage 2.3.1: SW - Stoß Abbau 2n, 1. Sohle Bartensleben, mit horizontal verlaufenden Rissen und Lage von intakten Gipsmarken.
- Anlage 2.3.2: Detailansicht der Risse mit intakten Gipsmarken von 1963 und 1967.
- Anlage 2.3.3: Segmentfissurometer
- Anlage 2.3.4: Ablesung des Messwertes auf der Messuhr in Richtung v längs zum Stoß.
- Anlage 2.3.5: SohlenRiss Detaildarstellung Abbau 1a und 2n 1. Sohle Bartensleben, Konvergenzstationen, Extensometerstationen und Fissurometer
- Anlage 2.3.6: SohlenRiss Detaildarstellung Südstrecke 4. Sohle Bartensleben, Konvergenzstationen, Extensometerstationen und Fissurometer
- Anlage 2.3.7: Fissurometermessungen CG 089F
- Anlage 2.3.8: Fissurometermessungen CG 090F
- Anlage 2.3.9: Fissurometermessungen CG 091F
- Anlage 2.3.10: Fissurometermessungen CG 092F
- Anlage 2.3.11: Fissurometermessungen CG 093F
- Anlage 2.3.12: Fissurometermessungen CG 184F
- Anlage 2.3.13: Fissurometermessungen CG 185F
- Anlage 2.3.14: Fissurometermessungen CG 186F
- Anlage 2.3.15: Fissurometermessungen CG 187F

Zu Abschnitt 2.4) Lageänderungsmessungen

- Anlage 2.4.1: Lage der Messbohrung RB801 im Abbau 2n, 2. Sohle Bartensleben, und weitere Angaben.
- Anlage 2.4.2: Lage der Messbohrung RB801 im Vertikalschnitt mit Geologie.
- Anlage 2.4.3: Lageänderungsmessung RB801, 9. Folgemessung 9/98, Bezug 2. Folgemessung 4/96.

Zu Abschnitt 2.7) Mikroakustische Messungen

- Anlage 2.7.1: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Sondenordnung des Netzwerks im Bereich 1. Sohle (-253 m NN) bis 2. Sohle (-291 m NN) mit Lage der Profile 3.3, C, D und D‘).
- Anlage 2.7.2: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Ortungen 4/98 - 3/99, $M > 0$ dB.
- Anlage 2.7.3: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Ortungen 4/98 - 3/99, $M > 40$ dB.
- Anlage 2.7.4: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Ortungen 4/98 - 3/99, $M > 50$ dB.
- Anlage 2.7.5: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil 3.3 mit Ortungen im Bereich Abbau 1a, 1. Sohle, und südlicher Abschluß Abbau 1a, 2. Sohle sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.6: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil C (RB623) mit Ortungen im Bereich Schrapperkammer, 1. Sohle, und nördlicher Abschluß Abbau 2n, 2.Sohle, sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.7: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil D (RB624) mit Ortungen im Bereich nördlicher Abschluß Abbau 2n, 1.Sohle, und Abbau 2n, 2.Sohle, sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.8: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil D mit Ortungen im mittleren Bereich Abbau 2n, 1. Sohle (Profil D‘), und Abbau 2n, 2. Sohle, sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.9: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -291 m NN bis -278 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.10: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -278 m NN bis -269 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.11: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -269 m NN bis -264 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.12: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -264 m NN bis -259 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.

- Anlage 2.7.13: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -259 m NN bis -253 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.14: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -253 m NN bis -249 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.15: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -249 m NN bis -243 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.16: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -243 m NN bis -225 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.17: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -225 m NN bis -200 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.18: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt (Sohlriss) mit Ortungen westlich der Abbaureihen 2n und 1a, Teufenbereich -290 bis -260 m NN, Konturen 2. Sohle, -291 m NN: a) Zeitraum Monat 5/97, b) Zeitraum Monat 4/98.
- Anlage 2.7.19: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt (Sohlriss) mit Ortungen westlich der Abbaureihen 2n und 1a, Teufenbereich -290 bis -240 m NN, Konturen 2. Sohle, -291 m NN: a) Zeitraum Monat 10/98, b) Zeitraum Monat 2/99.
- Anlage 2.7.20: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt (Sohlriss) mit Ortungen westlich der Abbaureihen 2n und 1a, Teufenbereich -290 bis -240 m NN, Konturen 2. Sohle, -291 m NN: a) Zeitraum Monat 3/99, b) Gesamtzeitraum Monate 4/98 – 3/99.
- Anlage 2.7.21: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Ortungen im weiteren Bereich, $M > 60$ dB, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.22: Skizze der Hohlräume im oberen Zentralteil mit Hauptquerschlägen und angrenzenden Lagerteilen C und D (übereinanderprojizierte Sohlrisse 1., 2a- und 2. Sohle).

- Anlage 2.7.23: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Gesamtbereich.
- Anlage 2.7.24: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 1.
- Anlage 2.7.25: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 2.
- Anlage 2.7.26: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 3.
- Anlage 2.7.27: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 4.
- Anlage 2.7.28: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 5.
- Anlage 2.7.29: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 6.
- Anlage 2.7.30: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 7.
- Anlage 2.7.31: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 8.
- Anlage 2.7.32: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 9.
- Anlage 2.7.33: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 10.
- Anlage 2.7.34: Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 11.
- Anlage 2.7.35: Sondenordnung Mikroakustik ERAM Südfeld im Bereich 4a-Sohle bis 5a-Sohle mit Lage der Vertikalschnitte S1 und S3 und Abbaubezeichnungen.
- Anlage 2.7.36: Seigerriss II (seitenverkehrt zu Seigerriss $a_2 - d_2$ des Risswerks).
- Anlage 2.7.37: Mikroakustik ERAM Südfeld: Ortungen 7/98, $M > 0$ dB.
- Anlage 2.7.38: Mikroakustik ERAM Südfeld: Ortungen 7/98, $M > 40$ dB.
- Anlage 2.7.39: Mikroakustik ERAM Südfeld: Ortungen 7/98, $M > 50$ dB.
- Anlage 2.7.40: Mikroakustik ERAM Südfeld: Vertikalschnitt S1 mit Ortungen und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98, $M > 0$ dB.

- Anlage 2.7.41: Mikroakustik ERAM Südfeld: Vertikalschnitt S1 mit Ortungen und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98, $M > 40$ dB.
- Anlage 2.7.42: Mikroakustik ERAM Südfeld: Vertikalschnitt S3 mit Ortungen und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98, $M > 0$ dB.
- Anlage 2.7.43: Mikroakustik ERAM Südfeld: Vertikalschnitt S3 mit Ortungen und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98, $M > 40$ dB.
- Anlage 2.7.44: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -350 m NN bis -334 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.45: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -358 m NN bis -350 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.46: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -362 m NN bis -358 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.47: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -364 m NN bis -362 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.48: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -366 m NN bis -364 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.49: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -368 m NN bis -366 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.50: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -370 m NN bis -368 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.51: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -372 m NN bis -370 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.52: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -374 m NN bis -372 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.

- Anlage 2.7.53: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -376 m NN bis -374 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.54: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -378 m NN bis -376 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.55: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -380 m NN bis -378 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.56: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -382 m NN bis -380 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.57: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -386 m NN bis -382 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.58: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -394 m NN bis -386 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.59: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -410 m NN bis -394 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.60: Mikroakustik ERAM Südfeld: Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich -430 m NN bis -410 m NN und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.
- Anlage 2.7.61: Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle: Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelage zwischen 4. Sohle (-372 m NN) und Firste 5a-Sohle (ca. -380 m NN) im Sohlriss, Teufenintervall -376 bis 374 m NN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 72.902 Ereignisse.
- Anlage 2.7.62: Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle: Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelage zwischen 4. Sohle (-372 m NN) und Firste 5a-Sohle (ca. -380 m NN) im Sohlriss, Teufenintervall -374 bis 372 m NN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 36.898 Ereignisse.

- Anlage 2.7.63: Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle: Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelücke zwischen 4. Sohle (-372 m NN) und 4a-Sohle (ca. -365 m NN) im Sohlriss, Teufenintervall -372 bis 370 m NN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 25.747 Ereignisse.
- Anlage 2.7.64: Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle: Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelücke zwischen 4. Sohle (-372 m NN) und 4a-Sohle (ca. -365 m NN) im Sohlriss, Teufenintervall -370 bis 368 m NN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 41.249 Ereignisse.
- Anlage 2.7.65: Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle: Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelücke zwischen 4. Sohle (-372 m NN) und 4a-Sohle (ca. -365 m NN) im Sohlriss, Teufenintervall -368 bis 366 m NN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 46.147 Ereignisse.
- Anlage 2.7.66: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Gesamtbereich.
- Anlage 2.7.67: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 1.
- Anlage 2.7.68: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 2.
- Anlage 2.7.69: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 3.
- Anlage 2.7.70: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 4.
- Anlage 2.7.71: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 5.
- Anlage 2.7.72: Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 6.

ERA Morsleben

Tabellen

Bezeichnung	Lage	Tiefe [mNN]	Geologie	Raten [mm/a]			
				u - quer [mm/a]	v - längs [mm/a]	w - Öffnung [mm/a]	
09 YER 21 CG 089F	1. Sohle Bartensleben Abbau 2n, SW-Stoß	-253	z3OS	-	-	0.15	
09 YER 21 CG 090F	1. Sohle Bartensleben Abbau 2n, SW-Stoß	-253	z3OS	-	-0.19	-	
09 YER 21 CG 091F	1. Sohle Bartensleben Abbau 2n, SW-Stoß	-253	z3OS	-	-	0.10	
09 YER 21 CG 092F	1. Sohle Bartensleben Nord- strecke, W-Stoß	-253	z3OS	-	0.08	0.14	
09 YER 21 CG 093F	1. Sohle Bartensleben Nord- strecke, E-Stoß	-253	z3OS	-	0.13	0.10	
17 YER 31 CG 184F	4. Sohle Bartensleben Süd- strecke über Abbau 3, W-Stoß	-372	z3OS-BK/BD	-	-	0.11	
17 YER 31 CG 185F	4. Sohle Bartensleben Süd- strecke über Abbau 3, W-Stoß	-372	z3OS-BK/BD	-	0.07	-	
17 YER 31 CG 186F	4. Sohle Bartensleben Süd- strecke über Abbau 2, E-Stoß	-372	z3AM	-	-	0.16	
17 YER 31 CG 187F	4. Sohle Bartensleben Süd- strecke über Abbau 2, E-Stoß	-372	z3AM	-	-	0.20	

Lage, Geologie und ermittelte Raten der Relativverschiebungen an den Fissurometern von 1995 - 1997

Tektonische und bohrtechnische Aufnahme der Bohrung RB 801 durch BGR.

Teufe [m]	Beschreibung
00,00 - 2,05	Überwiegend mittelkristallin mit schlechter Kornbindung, danach festere Bindung.
24,91 - 25,23	2 bis 4 cm mächtiges Band aus feinsten Anhydritlinien, die teilweise gebrochen bzw. abgerissen sind.
25,97 - 26,49	einseitig angeschnittenes, feingeschichtetes Anhydritband bis ca. 4 cm mächtig.
38,38 - 39,11	geschlossene Rißfläche als helle Suture unter 15° zur Bohrlochachse durch den Kern laufend, kein Versatz, Kern hält zusammen (abbaubedingt?).
40,05 - 40,25	geschlossener Riß ohne Versatz unter 40° (abbaubedingt?).
39,25 - 47,40	Disking der Kerne in 1 bis 10 cm Scheiben.
40,35 - 40,37	z3HA13; es waren 2 Kernkisten vertauscht, die Kerne falsch herum und Kernstücke in falscher Reihenfolge eingelegt worden (DBE Kurzsichtenverzeichnis mit nur ungenauer Angabe der Schichtgrenze z3LS / z3HA bei 40 m).
ca. 45,55	evtl. eine Kluft.
ca. 46,58	Risse ohne Versatz mit 20° einfallend.
ca. 47,45	ein Riß ohne Versatz mit 19° einfallend.
48,45 - 52,65	Risse ohne Versatz unter 10° einfallend, Kern mit Disking oder zerbohrt, häufig mit Baatz verschmiert.
bei 52,00	Kluft mit 1 bis 1,5 cm Öffnungsweite mit rotem Carnallit gefüllt, 50° einfallend.
52,25	Kluft, sauber, 50g.
53,70	Kluft, geschlossen, ohne Versatz, 20° einfallend.
53,90	Kluft, geschlossen, ohne Versatz, 20° einfallend.
59,55	Kluft mit 2,5 cm Öffnungsweite mit rotem Carnallit gefüllt, 40° einfallend.
bei 59,50	59,65/59,87/61,25/61,75/61,85/62,50 und 62,75 nicht eindeutig identifizierbare Risse bzw. Klüfte mit 50 bis 70° einfallend.
bei 64,25	zerbohrt.
64,79	Kluft mit ca. 1 mm Öffnungsweite mit weißem Kalisalz besetzt, 30° einfallend; danach bis 66,45 m fünf Bereiche mit Disking in denen vermutlich Klüfte/Risse vorlagen (hygroskopisch angezogene Feuchtigkeit).
66,57	Kluft mit 1 mm Öffnungsweite mit etwas Kalisalz besetzt, 30° einfallend.
70,52	Kluft mit ca. 15 cm Öffnungsweite mit rotem und weißem Carnallit gefüllt, 30° einfallend.
bei 71,90	72,15/73,67 Klüfte im z3GT mit unregelmäßigem Bruch und mit rotem Carnallit gefüllt.

<i>Teufe [m]</i>	<i>Beschreibung</i>
bei 73,15	steilstehende Fiederkluft mit rotem Carnallit gefüllt.
ab 83,75	bis Endteufe bei 104,00 m nur noch Disking in 2 bis 15 cm Scheiben.

ERA
Morsleben

Monat	Aufmerkkorrekturen [dB]																								Anzahl Ortungen	Mittlere Magnitude [dB]	Mittlere Steigung [dB/10m]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
04/98 (30.03. - 29.04.)	2.3	-0.8	-5.3	3.9	6.3	5.1	4.2	0.6	-3.9	-1.4	3.8	0.7	-14.0	3.4	-9.5	3.2	0.0	5.9	-3.9	0.0	0.0	0.6	-1.7	0.0	4796	44.2	-1.72
05/98 (10.05. - 31.05.)	-0.2	2.2	-4.1	1.9	2.7	3.3	9.0	0.9	-3.0	-2.1	1.2	0.2	-11.9	-0.1	-4.4	3.7	5.6	3.5	-2.1	-12.9	-14.4	-1.9	-4.1	-4.7	1609	44.9	-1.72
06/98 (01.06. - 30.06.)	1.0	2.0	-4.2	1.3	1.9	2.8	8.5	0.7	-2.8	-1.1	1.2	-0.5	-11.8	-1.1	-4.5	4.3	4.8	3.1	-3.0	2.2	-3.3	-1.1	-2.8	4.4	4547	41.7	-1.78
07/98 (01.07. - 31.07.)	1.5	2.1	-4.2	1.0	1.8	2.8	8.9	0.6	-2.6	-0.8	1.3	-0.7	-11.6	-0.9	-4.4	4.9	4.7	3.3	-3.9	1.9	-3.5	-1.1	-2.4	0.0	5579	40.3	-1.80
08/98 (01.08. - 19.08.)	2.0	2.2	-4.1	0.6	1.5	2.6	8.9	0.3	-2.2	-0.4	1.1	-1.0	-11.3	-0.9	-4.5	4.7	4.6	3.3	-3.6	2.0	-3.0	-1.1	-2.1	3.6	6958	39.7	-1.82
09/98 (01.09. - 30.09.)	2.1	2.3	-3.9	0.5	1.4	2.5	8.7	0.2	-1.9	-0.1	1.0	-1.0	-11.6	-0.9	-4.7	4.5	4.6	3.3	-3.6	2.3	-3.5	-0.9	-1.9	0.0	6758	40.0	-1.81
10/98 (01.10. - 30.10.)	1.8	2.3	-3.9	0.4	1.4	2.5	9.1	0.2	-1.9	-0.4	0.9	-1.1	-11.5	-1.1	-4.2	4.4	4.8	3.4	-3.5	2.4	-3.2	-1.2	-1.6	0.0	7182	40.8	-1.77
11/98 (Ausfall)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12/98 (17.12. - 31.12.)	2.1	3.9	-2.6	2.3	0.7	1.8	8.9	-0.1	-2.4	-0.7	0.8	-0.8	-11.4	-1.1	-4.3	3.6	4.3	3.2	-3.4	2.3	-3.8	-1.3	-2.2	0.0	2783	42.3	-1.79
01/99 (01.01. - 31.01.)	1.9	3.8	-2.6	2.1	0.7	1.8	8.8	-0.2	-2.7	-0.8	0.7	-1.0	-11.5	-1.1	-4.0	-3.4	4.3	3.3	-3.2	2.1	-3.6	-1.3	-2.2	2.5	5086	42.4	-1.81
02/99 (01.02. - 28.02.)	1.1	3.3	-3.0	2.0	0.8	1.9	8.8	-0.1	-3.2	-1.2	0.8	-0.8	-11.3	-1.4	-4.1	3.2	4.2	3.4	-3.8	1.8	-3.8	-1.1	-2.0	3.4	5090	42.8	-1.73
03/99 (01.03. - 31.03.)	1.0	3.4	-2.8	2.2	0.9	1.8	8.8	0.0	-3.1	-1.3	0.8	-0.9	-11.3	-1.4	-4.1	3.0	4.3	3.5	-3.4	1.8	-3.8	-1.0	-2.0	3.2	5350	42.8	-1.76
Mittelwerte 7/97 - 1/98	1.5	2.4	-3.7	1.7	1.8	2.6	8.4	0.3	-2.7	-0.9	1.2	-0.6	-11.7	-0.6	-4.8	3.3	4.2	3.6	-3.4	0.5	-4.2	-1.0	-2.3	1.1	5067	42.0	-1.77

Mikroakustik Zentrerteil ERAM: Amplitudenanalyse und Magnitudenbestimmung 4/98 - 3/99

Nr.	Beschreibung der Lage	Geologie	Grenzen Bereich x [m]	Grenzen Bereich y [m]	Grenzen Bereich z [mNN]	b [1/dB bzw. (-)]	M _{max} [dB]
0	Gesamtbereich, weit gefaßt	z2HS-z3AM	0,220	220,460	-350,-150	I: 0.036 (0.72) II: 0.069 (1.38)	I: 163 (100) II: 117 (100)
1	N-Stoß Abb. 2n 1. Sohle	z3LS-AM	110,170	330,365	-259,-243	0.101 (2.02)	74 (68)
2	N-Stoß Abb. 2n 2a-Sohle (Pfeiler zwischen Abb. 1a und 2n)	z3LS-AM	110,170	350,376	-264,-253	0.101 (2.02)	68 (67)
3	S-Stoß Abb. 1a 2a-Sohle (Pfeiler zwischen Abb. 1a und 2n) und nördl.	z3LS-AM	110,170	376,430	-264,-253	0.101 (2.02)	68 (65)
4	W-Stoß Abb. 2n 1. Sohle (Bereich der Risse)	z3LS-BD	420,460 (hier x+y)	140,240 (hier x-y)	-260,-240	0.105 (2.10)	65 (64)
5	W-Stoß Abb. 2n 2a-Sohle und schmaler Pfeiler zum Rollloch hin	z3LS-AM	90,112	330,400	-278,-253	0.087 (1.74)	78 (68)
6	Pfeiler zwischen Abb. 1a und 2n 2. Sohle	z3LS-AM	60,110	350,390	-300,-269	0.089 (1.78)	76 (68)
7	Bereich westl. der Abbaue, oberhalb der 1. Sohle	z2HS-z3AM (z3HA)	20,90	240,440	-253,-180	0.040 (0.80)	130 (97)
8	Bereich westl. der Abbaue, unterhalb der 1. Sohle	z2HS-z3AM (z3HA)	20,90	240,440	-300,-253	I: 0.047 (0.94) II: 0.074 (1.48)	I: 122 (90) II: 98 (90)
9	Bereich Hauptquerschlag u. Kailager C, westl. und südl. Netzwerk	z2HS-z3AM	0,250	200,280	-340,-160	0.071 (1.42)	115 (102)
10	Bereich im Anhydrit westlich Abbau 1a 1. Sohle	z3HA	20,100	340,420	-245,-200	0.022 (0.44)	167 (80)
11	Bereich im Steinsalz westlich der Abbaue vor Grenze zum Anhydrit	z3LS	70,90	330,370	-270,-245	0.076 (1.52)	74 (68)

Mikroakustik Zentralteil ERAM: Bereiche für die Bestimmung der kumulativen Häufigkeitsverteilungen der Magnituden und pauschale Kennwerte b und M_{max} der Verteilungen 4/98 - 3/99.

Tabelle 2.7.2

Monat	Aufnehmerkorrekturen [dB]																								Anzahl Ortungen	Mittlere Magnitudo [dB]	Mittlere Steigung [dB/10m]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
04/98 (01.04. - 30.04.)	-7.0	0.6	0.0	-1.0	3.2	3.4	2.3	3.6	2.8	5.4	-5.7	-8.1	-3.3	-1.1	-1.0	-10.7	9.4	-0.1	1.3	3.0	5.9	1.0	-5.5	-6.8		40570	38.6	-2.47
05/98 (01.05. - 31.05.)	-7.1	0.5	0.1	-1.0	3.6	3.6	2.5	3.7	2.7	5.4	-6.2	-8.3	-3.0	-0.8	-0.8	-11.7	9.7	0.0	1.0	2.9	5.9	1.1	-5.4	-6.8		38734	38.4	-2.50
06/98 (01.06. - 09.06.)																												
15.06. - 30.06.)	-8.0	0.0	-0.7	-0.8	4.2	4.3	2.6	4.0	2.5	5.0	-7.1	-9.2	-2.7	-1.1	-0.4	-12.7	10.0	0.1	1.2	3.1	5.4	0.8	-5.2	-7.4		39938	37.7	-2.59
07/98 (07.07. - 31.07.)	-6.9	-0.1	-0.4	-0.7	4.5	4.9	2.7	4.1	2.0	5.0	-7.6	-10.0	-2.7	-0.8	-0.4	-14.1	10.3	0.2	1.3	3.1	5.8	0.7	-4.7	-7.0		71444	38.5	-2.61
08/98 (01.08. - 09.08., 19.08. - 31.08.)	-8.5	-0.4	-1.2	-0.7	4.7	4.9	2.7	4.2	2.4	4.9	-8.1	-10.4	-2.9	-0.8	-0.2	-15.0	10.3	0.0	1.1	2.9	5.7	0.9	-5.3	-7.0		37621	37.4	-2.65
09/98 (01.09. - 25.09.)	-8.5	-0.6	-1.1	-0.7	4.7	5.0	2.7	4.3	2.5	5.0	-8.5	-11.2	-2.7	-0.7	-0.2	-16.0	10.4	-0.2	1.1	3.0	5.8	1.0	-5.3	-6.8		41294	37.4	-2.62
10/98 (01.10. - 29.10.)	-8.3	-0.3	-0.9	-0.8	4.6	4.9	2.7	4.2	2.8	5.3	-8.2	-11.7	-2.9	-0.6	-0.3	-16.9	10.2	-0.5	1.3	3.1	6.3	1.3	-5.2	-6.7		47507	37.6	-2.59
11/98 (29.10. - 27.11.)	-8.4	-0.3	-0.8	-0.7	4.5	5.0	2.6	4.1	3.0	5.4	-8.3	-12.7	-2.7	-0.4	-0.4	-17.7	10.2	-1.0	1.3	3.2	6.3	1.4	-5.2	-6.5		44929	37.6	-2.59
12/98 (01.12. - 31.12.)	-8.3	-0.4	-1.0	-0.8	4.7	5.2	2.6	4.1	3.1	5.2	-8.6	-13.3	-2.6	-0.2	-0.1	-18.3	10.4	-0.8	1.0	3.1	6.1	1.3	-5.3	-6.2		48569	37.8	-2.59
01/99 (01.01. - 31.01.)	-8.2	-0.5	-1.1	-0.6	4.8	5.4	2.5	4.2	3.2	5.3	-9.1	-14.0	-2.5	-0.3	-0.1	-18.8	10.4	-0.9	1.0	3.2	6.0	1.3	-5.2	-6.2		48046	37.6	-2.60
02/99 (01.02. - 28.02.)	-8.2	-0.4	-1.3	-0.8	4.9	5.3	2.6	4.2	3.1	5.4	-9.3	-14.3	-2.7	0.0	0.0	-19.3	10.4	-0.9	0.8	3.1	6.2	1.3	-5.4	-6.2		40954	37.7	-2.59
03/99 (01.03. - 31.03.)	-7.3	0.0	-0.7	-0.5	4.9	5.3	2.6	4.4	3.6	6.1	-9.3	-14.5	-2.2	-0.3	0.0	-19.6	10.3	-1.0	1.5	3.9	5.5	0.2	-5.4	-6.0		45214	37.6	-2.42
Mittelwerte 4/98 - 3/99	-7.9	-0.2	-0.8	-0.8	4.4	4.8	2.6	4.1	2.8	5.3	-8.0	-11.5	-2.7	-0.6	-0.3	-15.9	10.2	-0.4	1.2	3.1	5.9	1.0	-5.3	-6.6		45402	37.8	-2.57

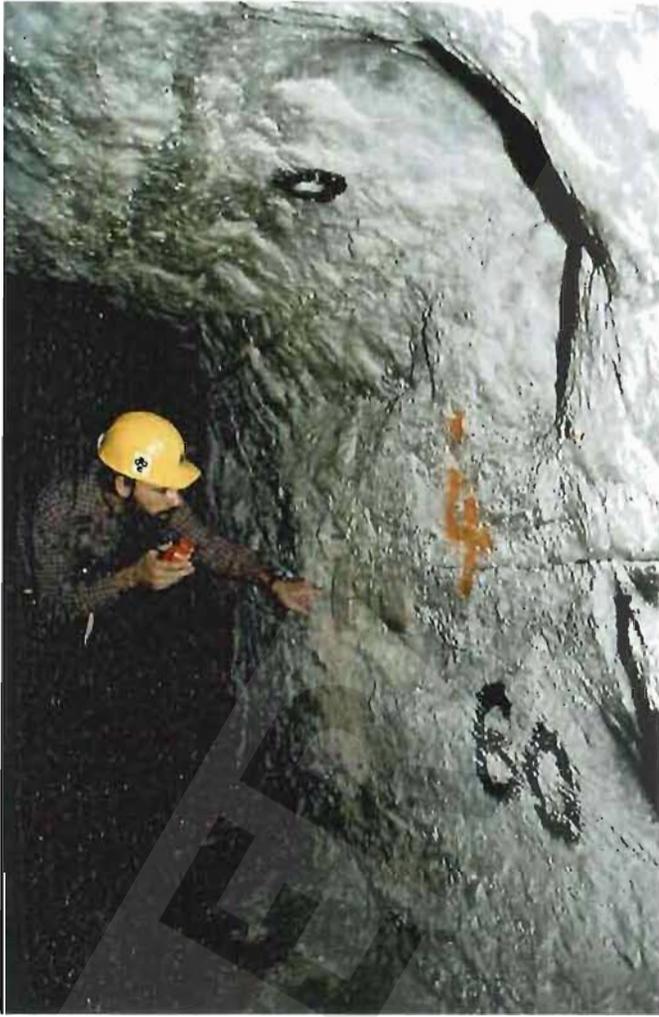
Mikroakustik Südfeld ERAM: Amplitudenanalyse und Magnitudenbestimmung 4/98 - 3/99

Nr.	Beschreibung der Lage	Geologie	Grenzen Bereich x [m]	Grenzen Bereich y [m]	Grenzen Bereich z [mNN]	b [1/dB bzw. (-)]	M _{max} [dB]
0	Gesamtbereich	z2HS-z3AM	860,1060	560,860	-460,-280	I: 0.086 (1.72) II: 0.065 (1.30)	104 (-) 114 (-)
1	Nördl. Bereich Netzwerk (Abb. 9n, über 4. Sohle)	z3LS-BD	930,1000	700,800	-372,-342	0.116 (2.32)	80 (84)
2	Nördl. Bereich Netzwerk (Abb. 2, unter 4. Sohle)	z3LS-BD	930,1000	700,800	-402,-372	0.114 (2.28)	81 (84)
3	Südl. Bereich Netzwerk (Abb. 9s, über 4. Sohle)	z3LS-BD	930,1000	600,700	-372,-342	0.098 (1.96)	85 (78)
4	Südl. Bereich Netzwerk (Abb. 3, unter 4. Sohle)	z3LS-BD	930,1000	600,700	-402,-372	0.114 (2.28)	83 (77)
5	Bereich westlich und unterhalb der Abbaue 4a - 5a-Sohle	z2HS-z2SF, z3OS-z3AM	860,930	600,800	-460,-386	0.074 (1.48)	103 (100)
6	Bereich östlich und unterhalb der Abbaue 4a - 5a-Sohle	z2HS-z3LS (z3HA)	980,1020	670,800	-460,-372	0.066 (1.32)	97 (93)

Mikroakustik Südfeld ERAM: Bereiche für die Bestimmung der kumulativen Häufigkeitsverteilungen der Magnituden und pauschale Kennwerte b und M_{max} der Verteilungen 4/98 - 3/99.

ERA Morsleben

Anlagen



Anlage 2.3.1

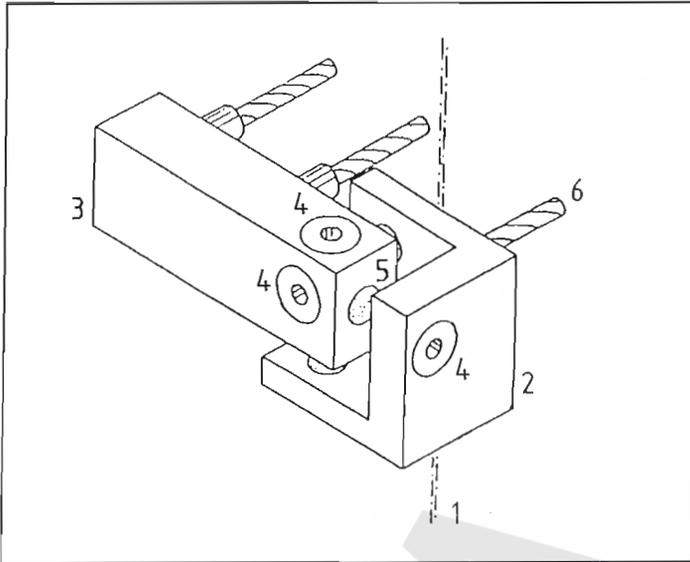
SW- Stoß Abbau 2n, 1. Sohle Bartensleben, mit horizontal verlaufenden Rissen und Lage von intakten Gipsmarken.



Anlage 2.3.2

BGR
B 2.4

Detailansicht der Risse mit intakten Gipsmarken von 1963 und 1967.

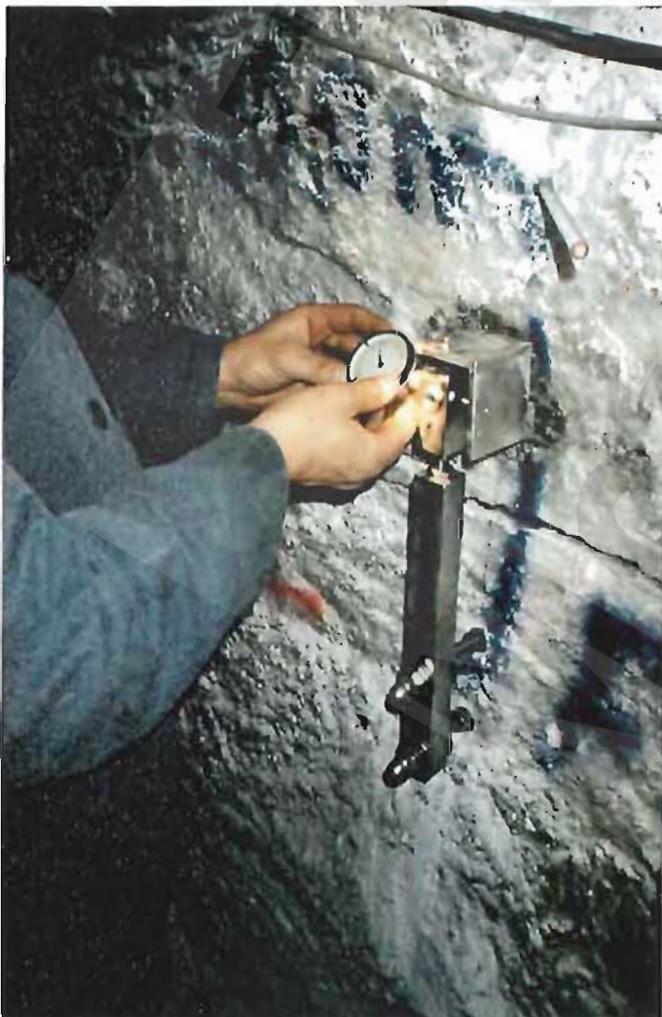


- 1 - Riß im Gebirge oder Mauerfuge
- 2 - und
- 3 - Meßsegmente
- 4 - Meßanschläge in u-, v- und w-Richtung
- 5 - Tasteranschläge für Meßuhr
- 6 - Bolzen zur Verankerung

Anlage 2.3.3

(nach Unterl. Fa. Interfels)

Segmentfissurometer



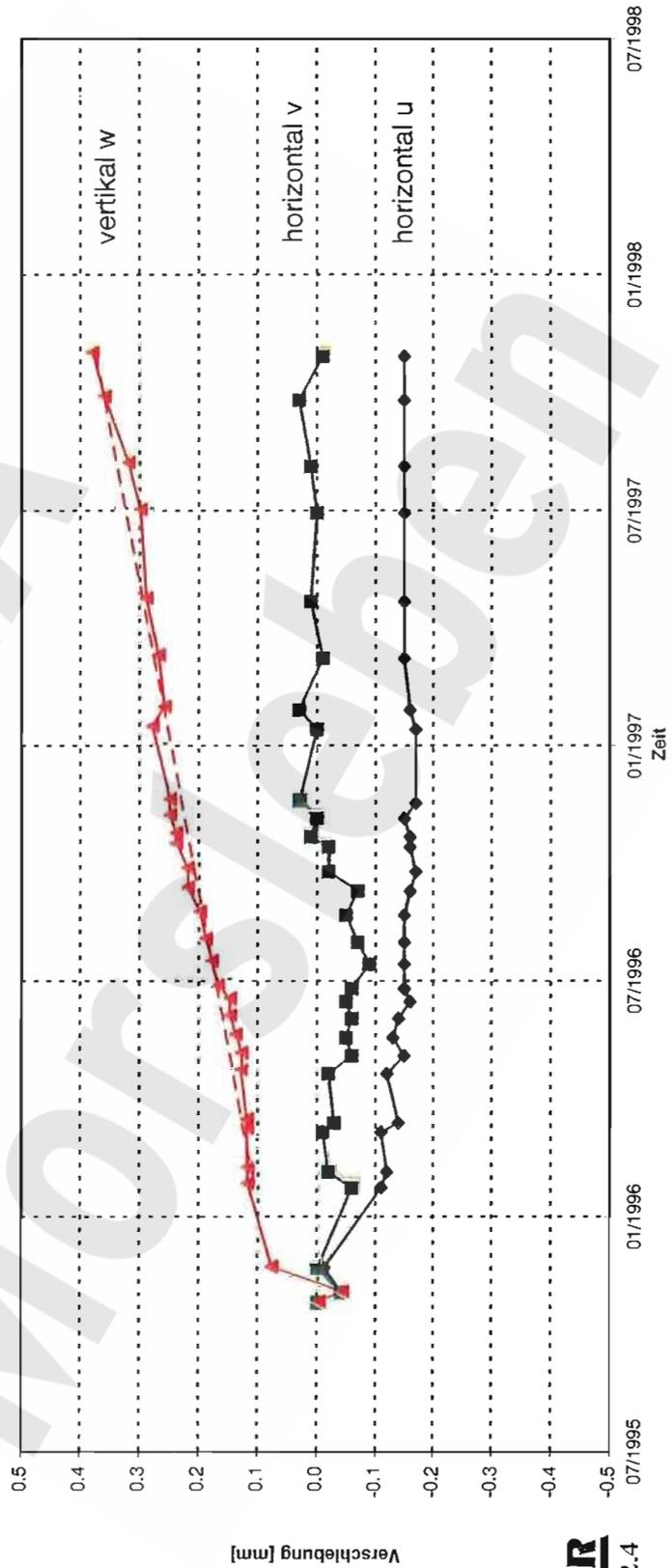
Anlage 2.3.4

BGR
B 2.4

Ablesung des Meßwertes auf der Meßuhr in Richtung v längs zum Stoß.

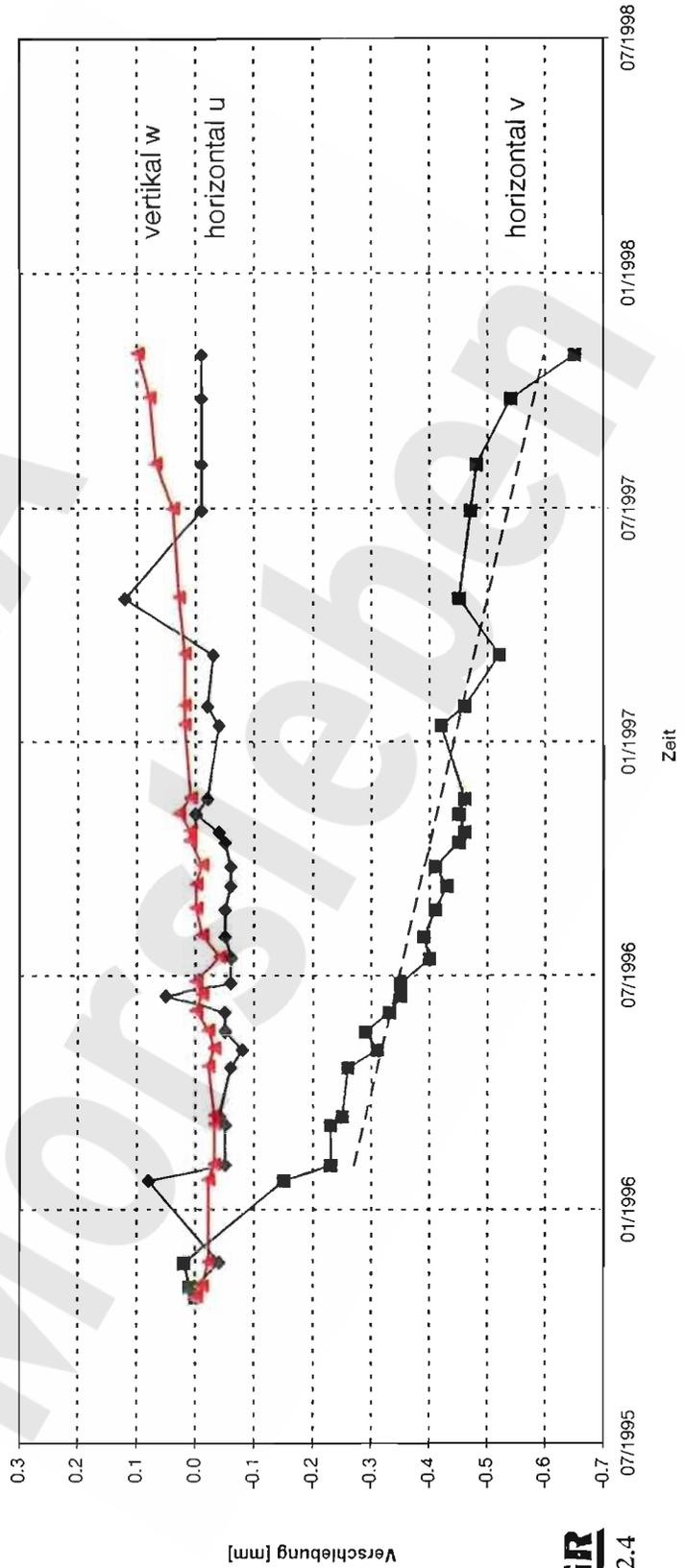
ERA Morsleben - Fissurometermessungen				Stand DBE:	29.01.1998
Bezeichnung:	09YER21	CG 089F			
Ort:	Bartensleben	387m	1. Sohle	Nordfeld	Abbau 2h
Teufe [mNN]	-253				
Geologie	z3OS				
Datum Auffahrung	05/1929				
Horizontalkomponente u	NE-SW	(quer)	CG089F-01		
Horizontalkomponente v	NW-SE	(längs)	CG089F-02		
Vertikalkomponente w		(Öffnung)	CG089F-03		
Datum Nullmessung			26.10.1995		
Technische Ausführung:	3D-Fissurometer Fa. Interfels GmbH (Ausführung DF-2)				

Fissurometermessungen CG 089F



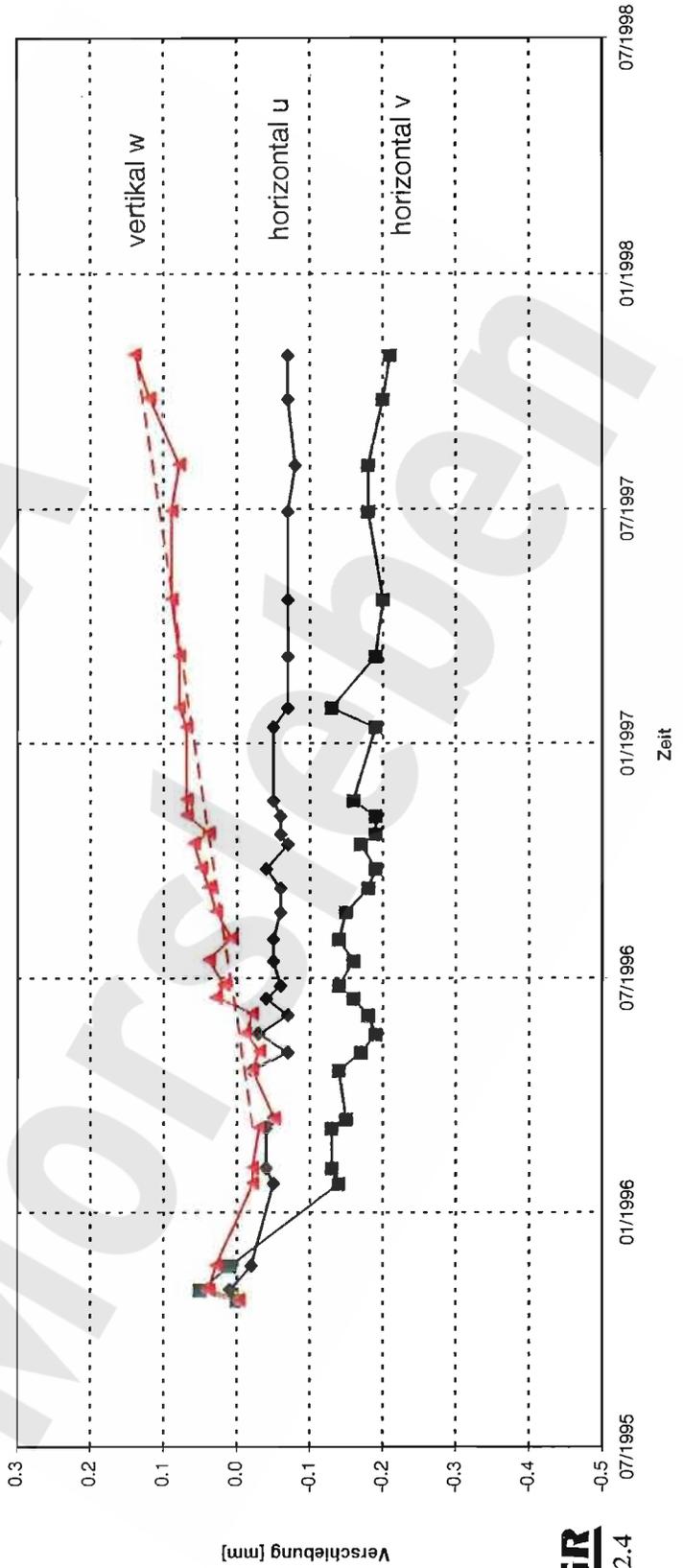
ERA Morsleben - Fissurometermessungen		Stand DBE:	29.01.1998
Bezeichnung:	09YER21 CG 090F		
Ort:	Bartensleben 387m	1. Sohle	Nordfeld
Teufe [mNN]	-253	Abbau 2n	Stoß SW
Geologie	z3OS		
Datum Auffahrung	05/1929		
Horizontalkomponente u NE-SW	(quer)	CG090F-01	
Horizontalkomponente v NW-SE	(längs)	CG090F-02	
Vertikalkomponente w	(Öffnung)	CG090F-03	
Datum Nullmessung		26.10.1995	
Technische Ausführung:	3D-Fissurometer Fa. Interfels GmbH (Ausführung DF-2)		

Fissurometermessungen CG 090F



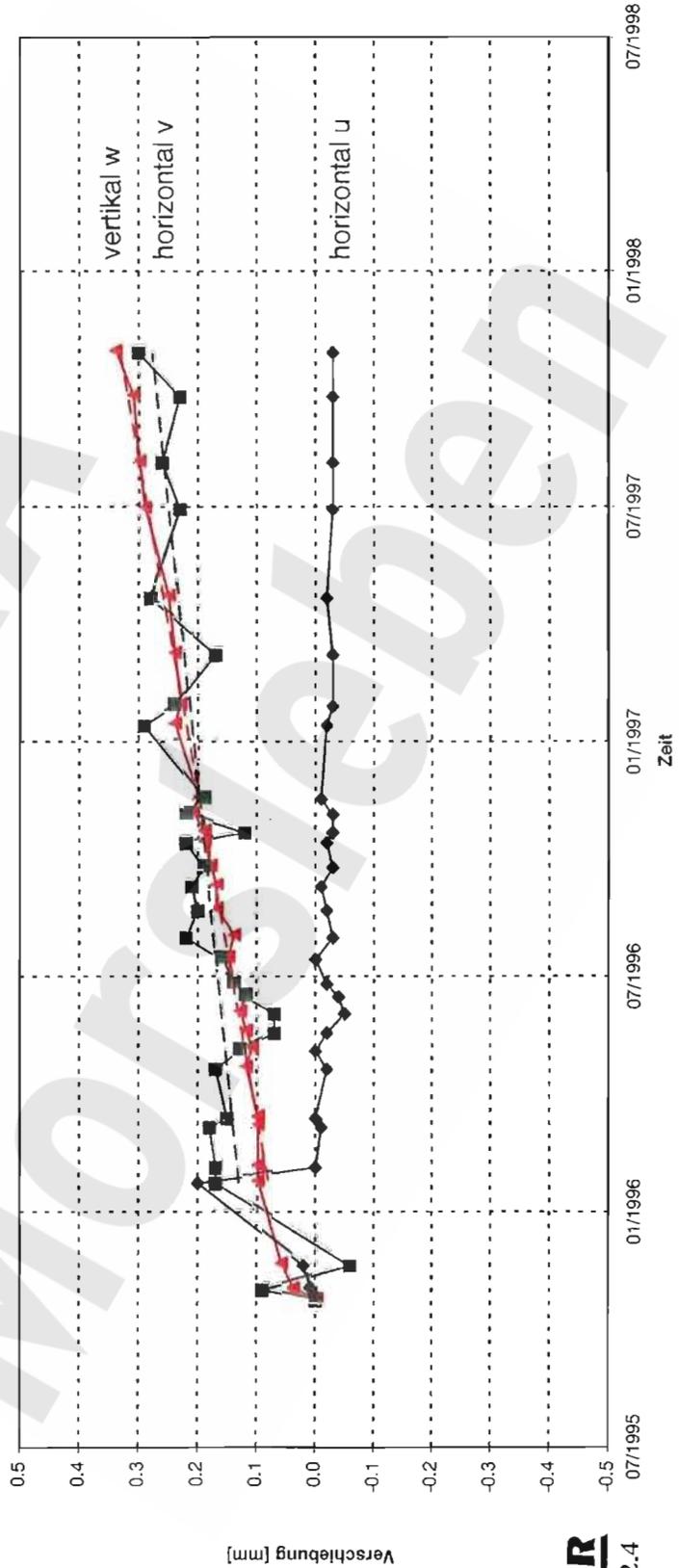
ERA Morsleben - Fissurometermessungen							Stand DBE:	29.01.1998
Bezeichnung:	09YER21	CG 091F						
Ort:	Bartensleben	387m	1. Sohle	Nordfeld	Abbau 2n	Stoß SW		
Tiefe [mNN]	-253							
Geologie	ZOS							
Datum Auffahrung	05/1929							
Horizontalkomponente u. NE-SW		(quer)	CG091F-01					
Horizontalkomponente v. NW-SE		(längs)	CG091F-02					
Vertikalkomponente w		(Öffnung)	CG091F-03					
Datum Nullmessung			26.10.1995					
Technische Ausführung:	3D-Fissurometer Fa. Interfels GmbH (Ausführung DF-2)							

Fissurometermessungen CG 091F



ERA Morsleben - Fissurometermessungen				Stand DBE:	29.01.1998
Bezeichnung:	09YER21	CG 092F			
Ort:	Bartensleben	387m	Nordfeld	Nordstrecke	Stoß SW
Teufe [m(NN)]	-253				
Geologie:	z3OS				
Datum Auffahrung	10/1931				
Horizontalkomponente u	ENE-WSW	(quer)	CG092F-01		
Horizontalkomponente v	NNW-SSE	(längs)	CG092F-02		
Vertikalkomponente w		(Öffnung)	CG092F-03		
Datum Nullmessung			26.10.1995		
Technische Ausführung:	3D-Fissurometer Fa. Interfels GmbH (Ausführung DF-2)				

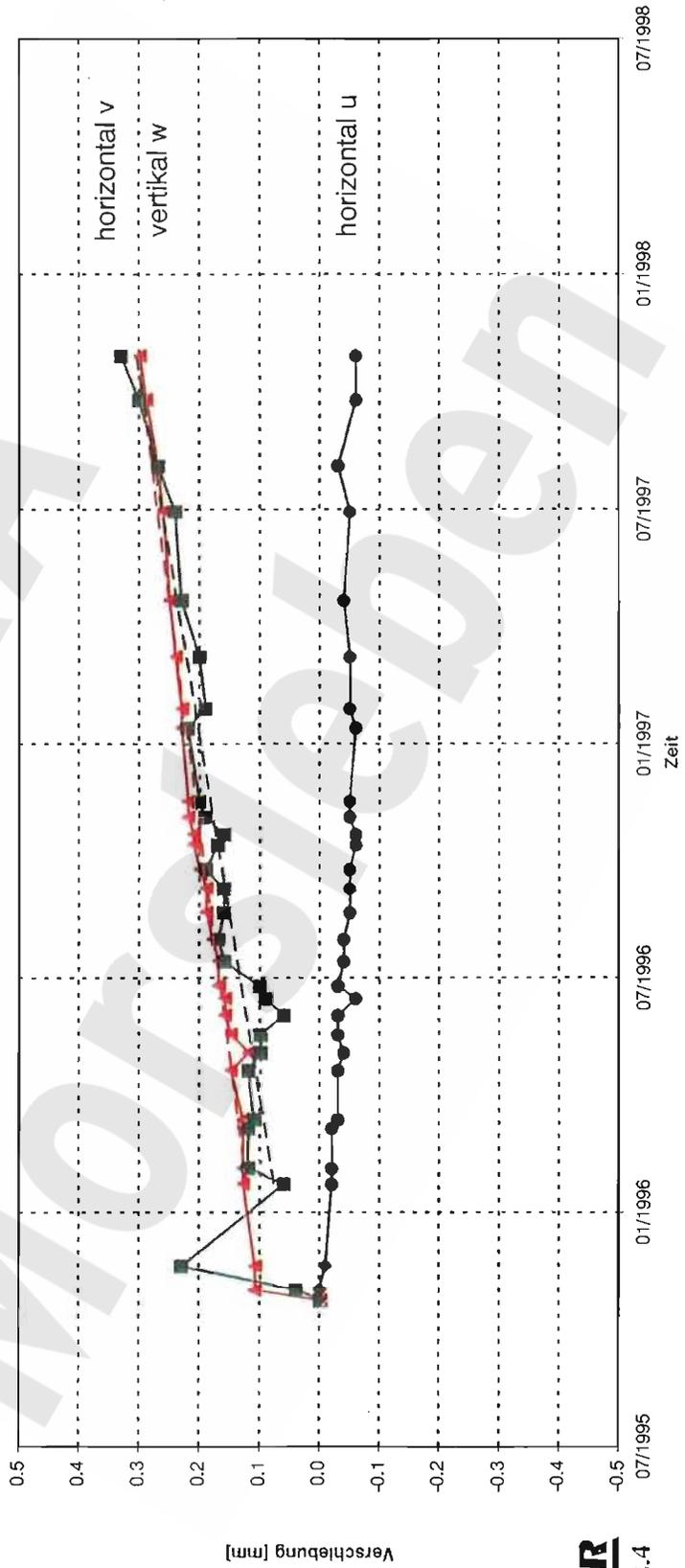
Fissurometermessungen CG 092F



B 2.4

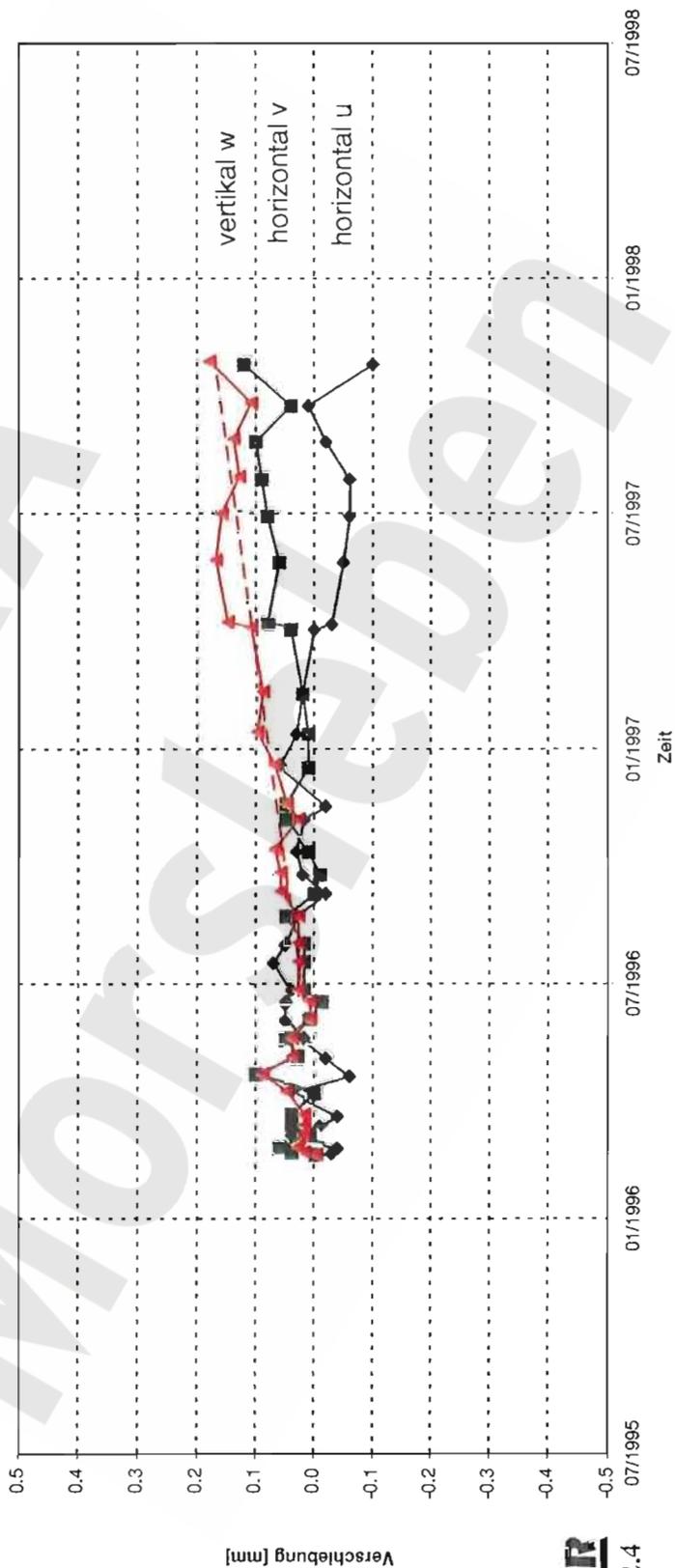
ERA Morsleben - Fissurometermessungen						Stand DBE:	29.01.1998
Bezeichnung:	09YER21	CG 093F					
Ort:	Bartensleben	387m	Nordfeld	Nordstrecke	Stoß NE		
Tiefe [mNN]	-253						
Geologie	z30S						
Datum Auffahrung	0						
Horizontalkomponente u	ENE-WSW	(quer)	CG093F-01				
Horizontalkomponente v	NNW-SSE	(längs)	CG093F-02				
Vertikalkomponente w		(Öffnung)	CG093F-03				
Datum Nullmessung			26.10.1995				
Technische Ausführung:	3D-Fissurometer Fa. Interfels GmbH (Ausführung DF-2)						

Fissurometermessungen CG 093F



ERA Morsleben - Fissurometermessungen				Stand DBE:	04.03.1998
Bezeichnung:	17YER31	CG 184F			
Ort:	Bartensleben	506m	4. Sohle	Südfield	1. südl. Richtstrecke
Teufe [mNN]	-372				
Geologie	z3OS-BK/BD				
Datum Aufahrung	5/1933				
Horizontalkomponente u	ENE-WSW	(quer)	CG184F-01		
Horizontalkomponente v	NINW-SSE	(längs)	CG184F-02		
Vertikalkomponente w		(Öffnung)	CG184F-03		
Datum Nullmessung			20.02.1996		
Technische Ausführung:	3D-Fissurometer Fa. Glözl (Ausführung F15/3D MB)				

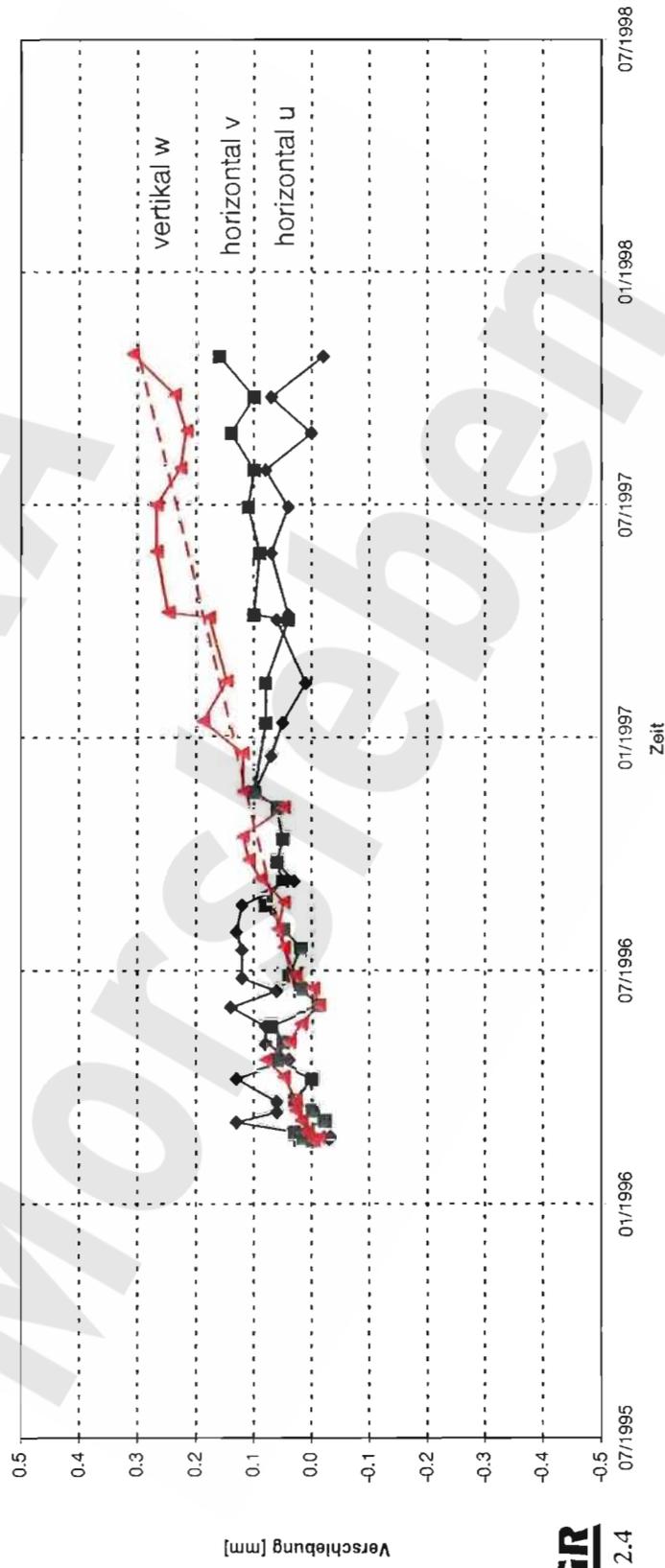
Fissurometermessungen CG 184F



B 2.4

ERA Morsleben - Fissurometermessungen						Stand DBE:	04.03.1998
Bezeichnung:	17YER31	CG 187F					
Ort:	Bartensleben	506m	4. Sohle	Südfeld		1. südl. Richtstrecke	
Teufe [mNN]	-372						
Geologie	z3AM						
Datum Auffahrung	5/1933						
Horizontalkomponente u	ENE-WSW						
Horizontalkomponente v	NNW-SSE	(quer)	CG187F-01				
Vertikalkomponente w		(längs)	CG187F-02				
Datum Nullmessung		(Öffnung)	CG187F-03				
Technische Ausführung:			20.02.1996				
			3D-Fissurometer Fa. Glözl (Ausführung F15/3D MB)				

Fissurometermessungen CG 187F

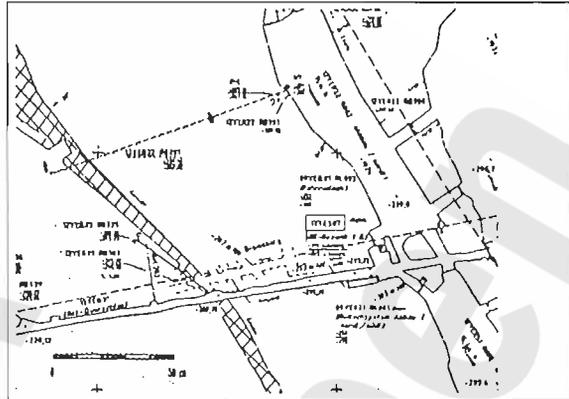


B 2.4

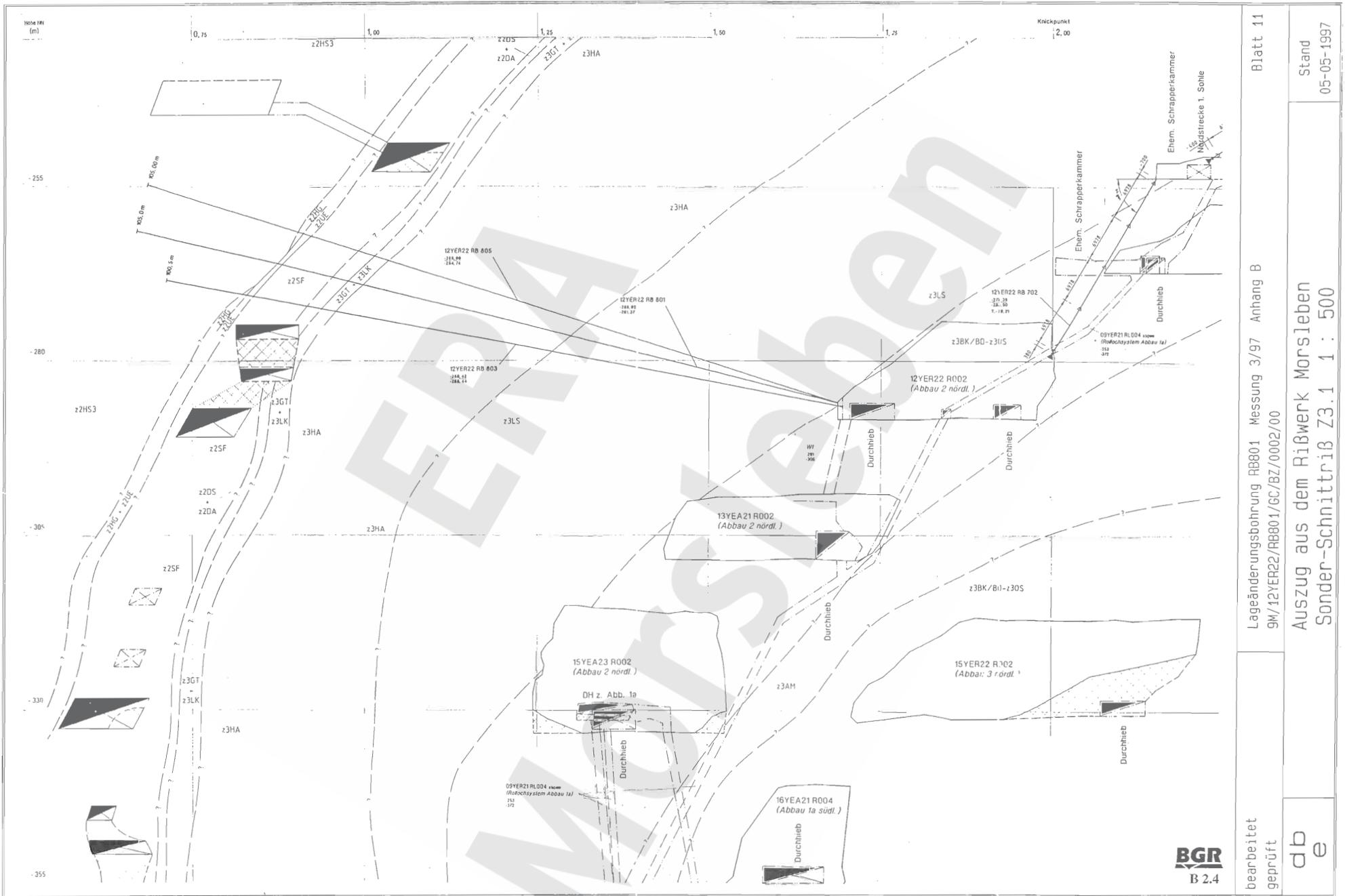
Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komp.	Baugr.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
9 M1			12YER22	RB801		H	MA	0001	00

Bohrkataster Morsleben

Nummer: <input type="text" value="801"/>		Name: <input type="text" value="RB 801"/>		Bohrjahr: <input type="text" value="1995"/>	
Dokumentationsnummer: <input type="text" value="12YER22 RB801"/>					
Hochwert:	<input type="text" value="5788332,38"/>				
Rechtswert:	<input type="text" value="4439074,3"/>				
Höhe:	<input type="text" value="-285,92"/> m				
Grube:	<input type="text" value="Bartensleben"/>				
Sohle:	<input type="text"/>				
Feld:	<input type="text" value="Nordfeld"/>				
Dok.-Nr. Strecke:	<input type="text" value="12YER22R002"/>				
Strecke:	<input type="text" value="Abbau 2 nördlich"/>				
Blatt:	<input type="text" value="20.1"/>	Schichtenverzeichnis:	<input type="text" value="Ja"/>	Vermessung:	<input type="text" value="Ja"/>
Richtung:	<input type="text" value="272,302"/> Gon				
Neigung:	<input type="text" value="15,12"/> Gon				
Lösung angetroffen:	<input type="text" value="Nein"/> bei: <input type="text"/> m				
Gas angetroffen:	<input type="text" value="Nein"/> bei: <input type="text"/> m				
Bohranlage:	<input type="text" value="DIAMEC (Thyssen)"/>				
Bohrart:	<input type="text" value="Drehend"/>				
Spülung:	<input type="text" value="Luft"/>				
		Kurzschichtenverzeichnis:			
		auf Zusatzblatt: <input type="text" value="Nein"/>			
		0 - 40,00 m z3LS Liniensalz 40,00 - 70,80 m z3HA Hauptanhydrit 70,80 - 71,20 m z3LK Leinekarbonat 71,20 - 73,20 m z3GT Grauer Salzton 73,20 - 74,80 m z2DA Deckanhydrit 74,80 - 75,25 m z2DS Decksteinsalz 75,25 - 83,00 m z2SF Kaliföz Staßfurt 83,00 - 83,40 m z2UE kieseritische Übergangsschichten 83,40 - 104,00 m z2HS3 Kristallbrockensalz			
erbohrte Länge:	<input type="text" value="104"/> m	Kernausbringen:	<input type="text"/> m	Kerngewinn:	<input type="text"/> %
Durchmesser:	<input type="text" value="132"/> mm	Ausbau:	<input type="text"/>	Verfüllung:	<input type="text"/>
Erwähnung:	<input type="text"/>				
Karte:	<input type="text"/>				
gefundene Länge:	<input type="text"/> m	gefundener Durchmesser:	<input type="text"/> mm		
offen:	<input type="text" value="Nein"/>	gesperrt:	<input type="text" value="Nein"/>	Grund:	<input type="text"/>



Lage der Meßbohrung RB801 im Abbau 2n, 2. Sohle Bartensleben, und weitere Angaben.

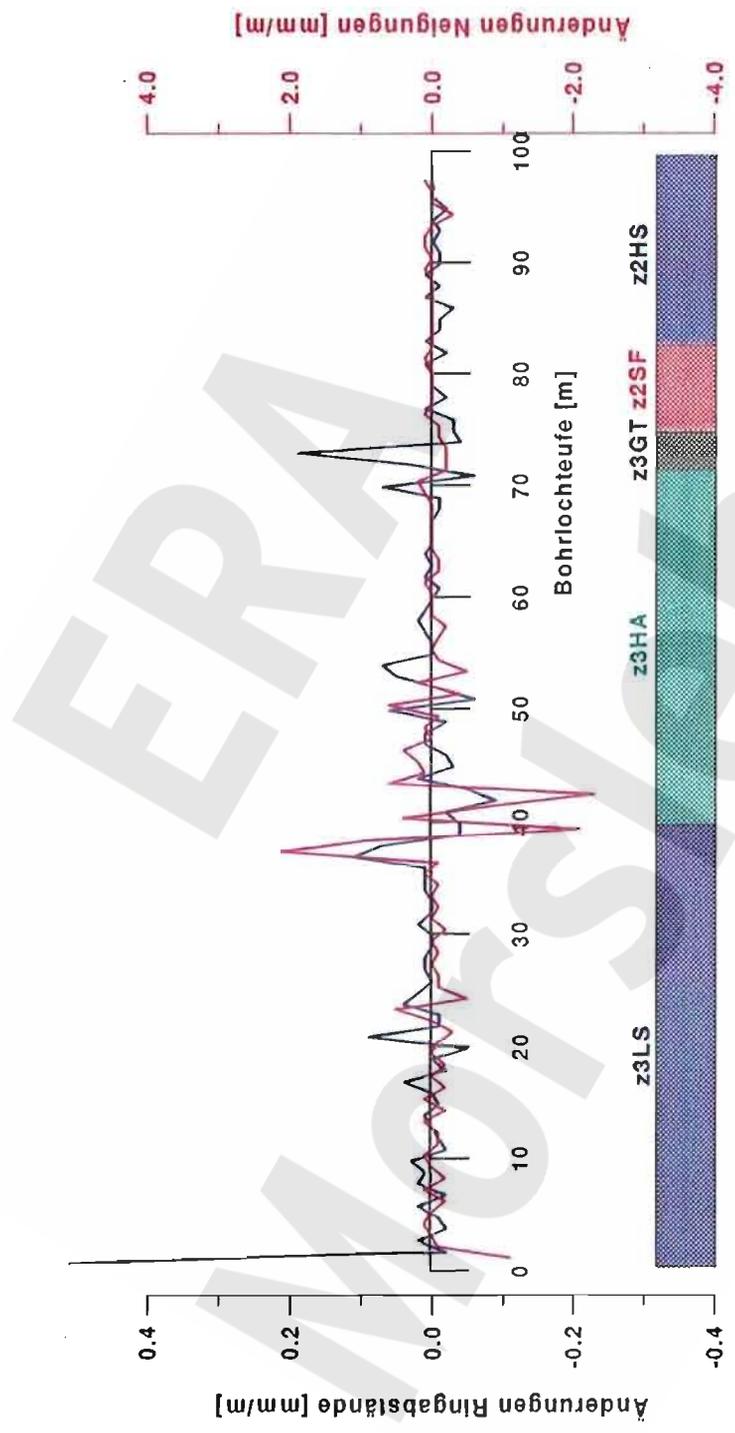


bearbeitet geprüft	Blatt 11	Lageänderungsbohrung RB801 Messung 3/97 Anhang B 9W/12YER22/RB801/GC/BZ/0002/00	Stand 05-05-1997
		Auszug aus dem Rißwerk Morsleben Sonder-Schnittriß Z3.1 1 : 500	

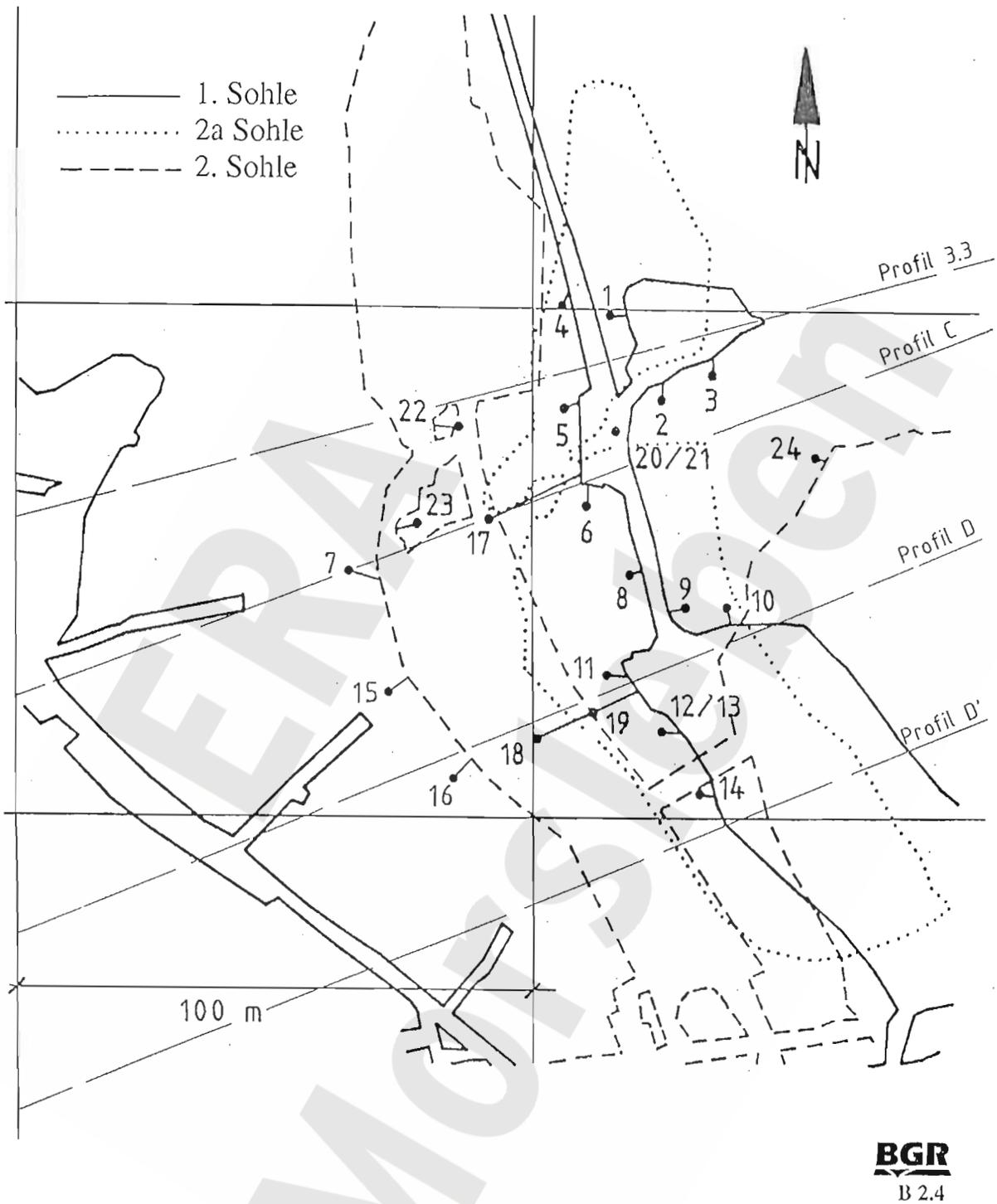
BGR
B 2.4

db
e

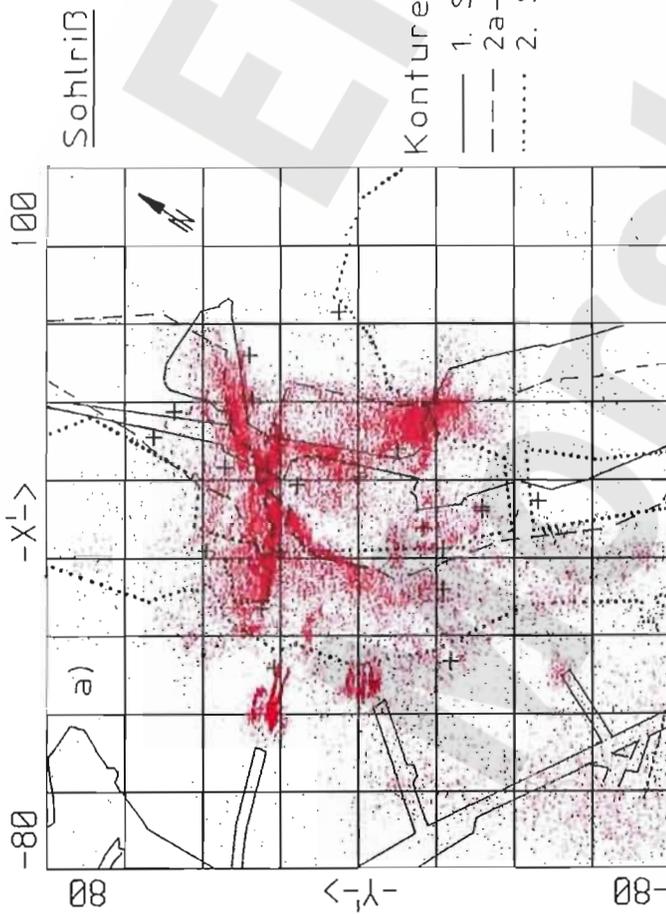
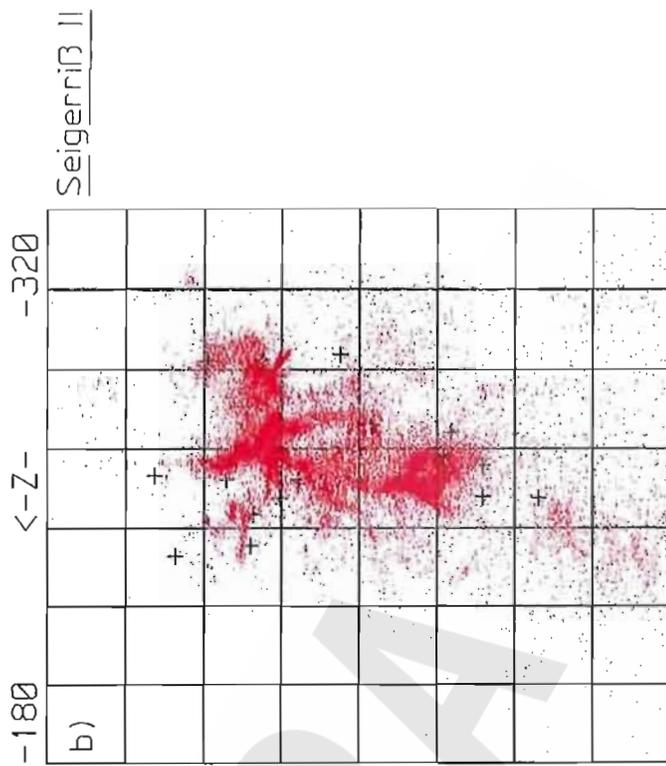
Lage der Meßbohrung RB801 im Vertikalschnitt mit Geologie.



Lageänderungsmessung RB 801,
 9. Folgemessung 9/98, Bezug 2. Folgemessung 4/96



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Sondenanordnung des Netzwerks im Bereich 1. Sohle (-253 mNN) bis 2. Sohle (-291 mNN) mit Lage der Profile 3.3, C, D und D'.



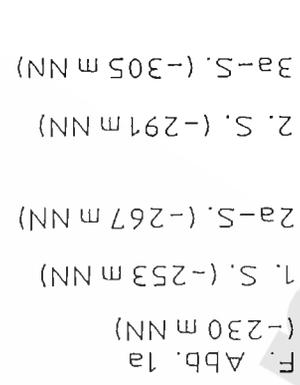
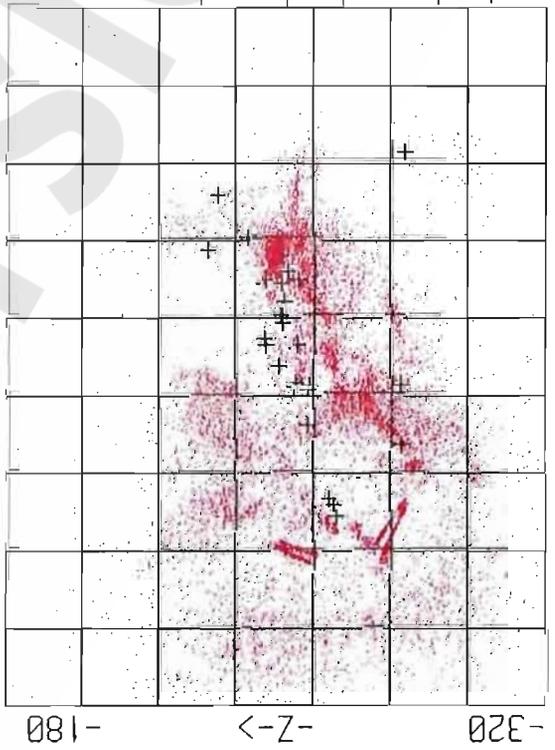
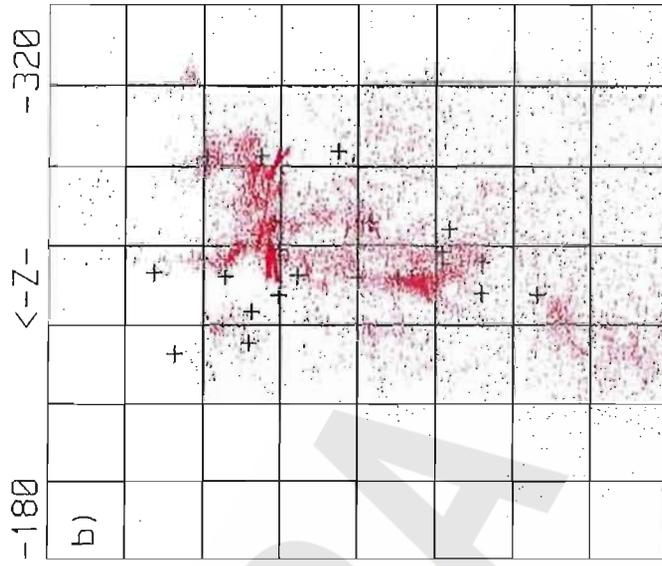
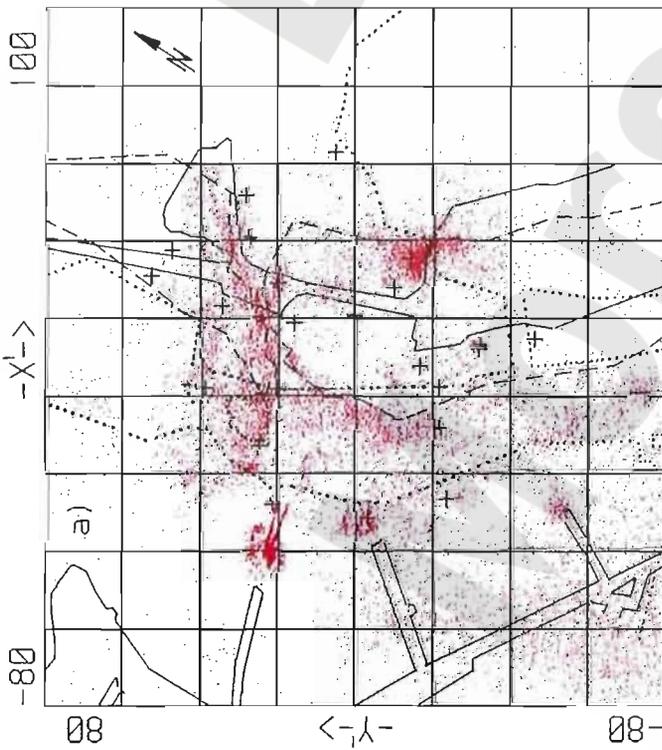
Konturen:
 — 1. Sohle
 - - - 2a-Sohle
 2. Sohle

Seigerriß I

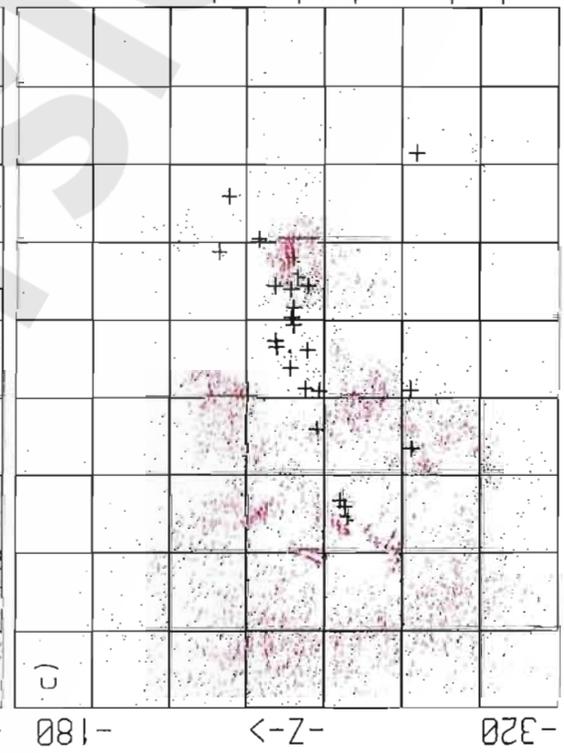
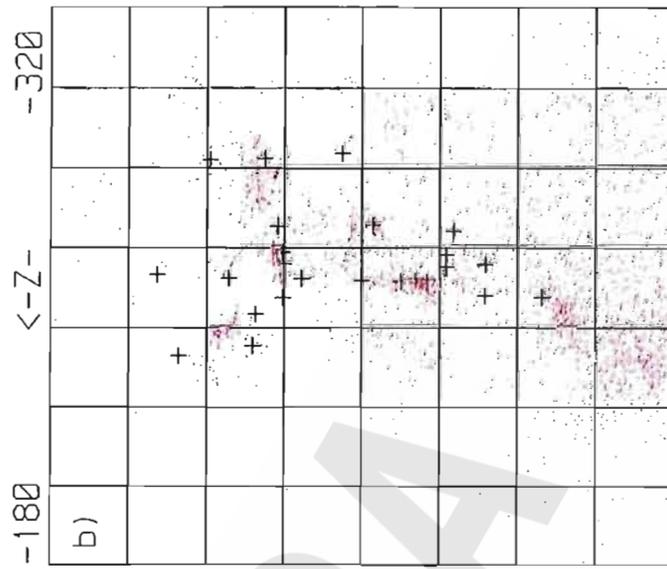
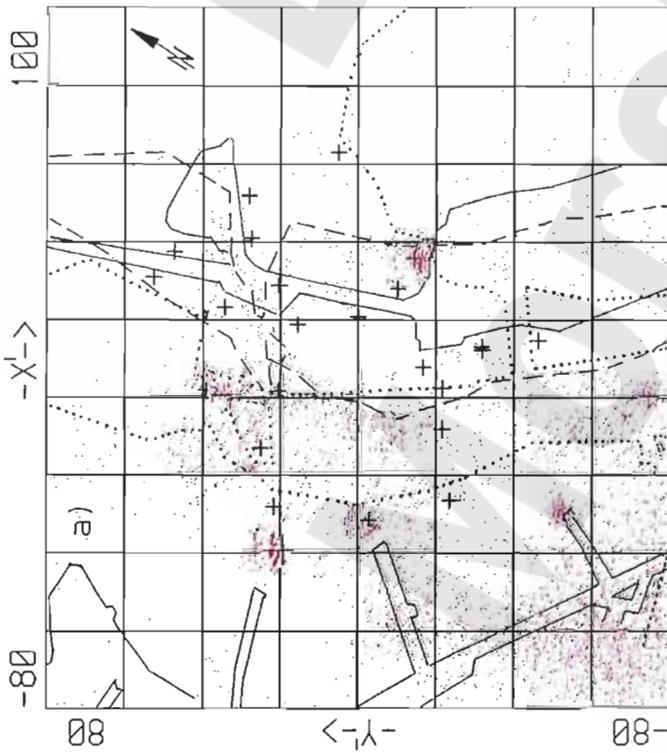
F. Abb. 1a
 (-230 m NN)
 - 1. S. (-253 m NN)
 - 2a-S. (-267 m NN)
 - 2. S. (-291 m NN)
 - 3a-S. (-305 m NN)

BGR
 B 2.4

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Ortungen 4/98 - 3/99, M > 0 dB



- F. Abb. 1a (-230 m NN)
- 1. S. (-253 m NN)
- 2a-S. (-267 m NN)
- 2. S. (-291 m NN)
- 3a-S. (-305 m NN)



- F. Abb. 1a (-230 m NN)
- 1. S. (-253 m NN)
- 2a-S. (-267 m NN)
- 2. S. (-291 m NN)
- 3a-S. (-305 m NN)



Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Ortungen 4/98 - 3/99, M > 50 dB

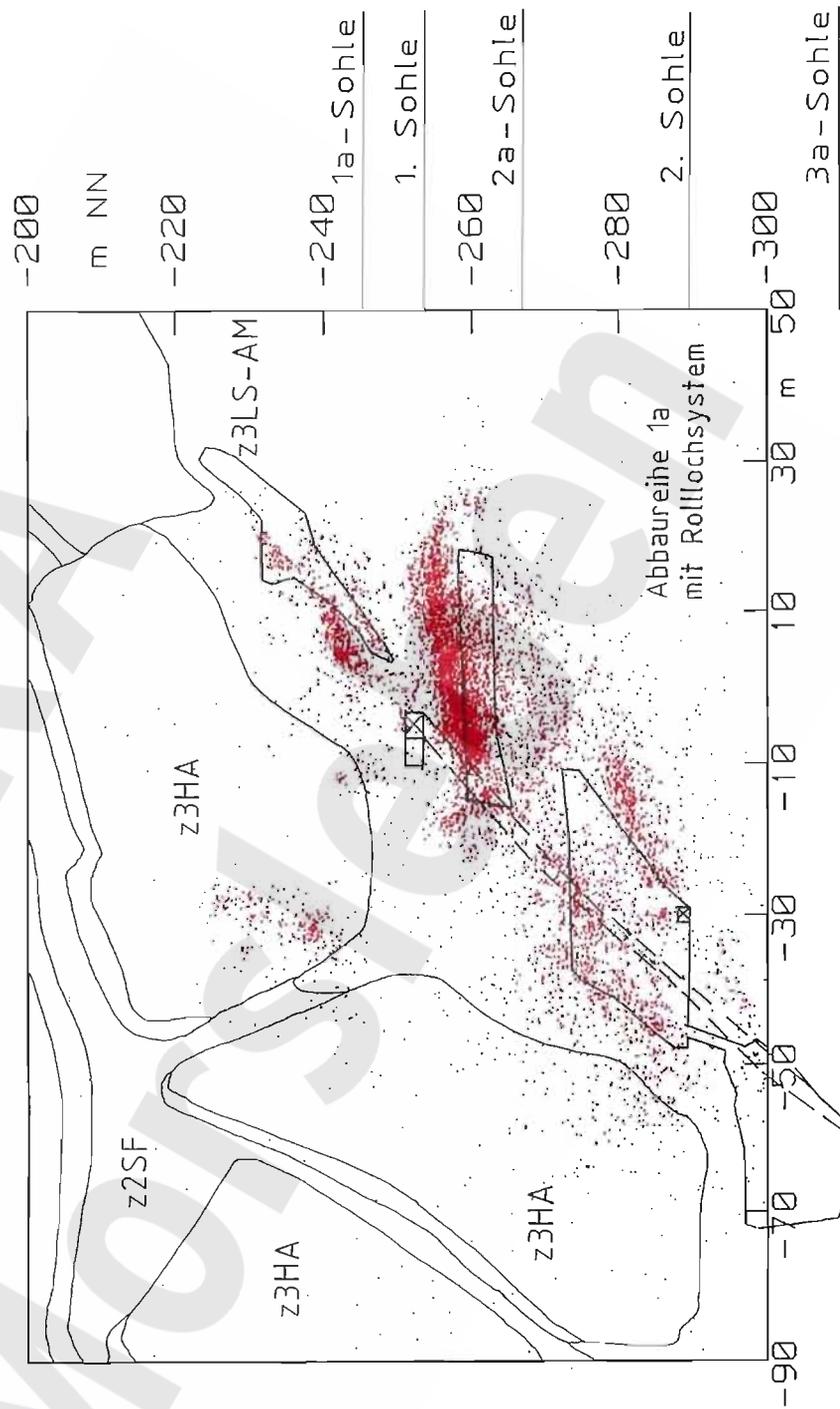
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil 3.3 mit Ortungen im Bereich Abbau 1a, 1. Sohle, und südlicher Abschluß Abbau 1a, 2. Sohle, sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.

Winkel der Blickrichtung gegenüber Nord: 15°

Drehachse im Punkt $x = 114$ m, $y = 389$ m

Schichtdicke -15 m bis 15 m

8708 Ereignisse



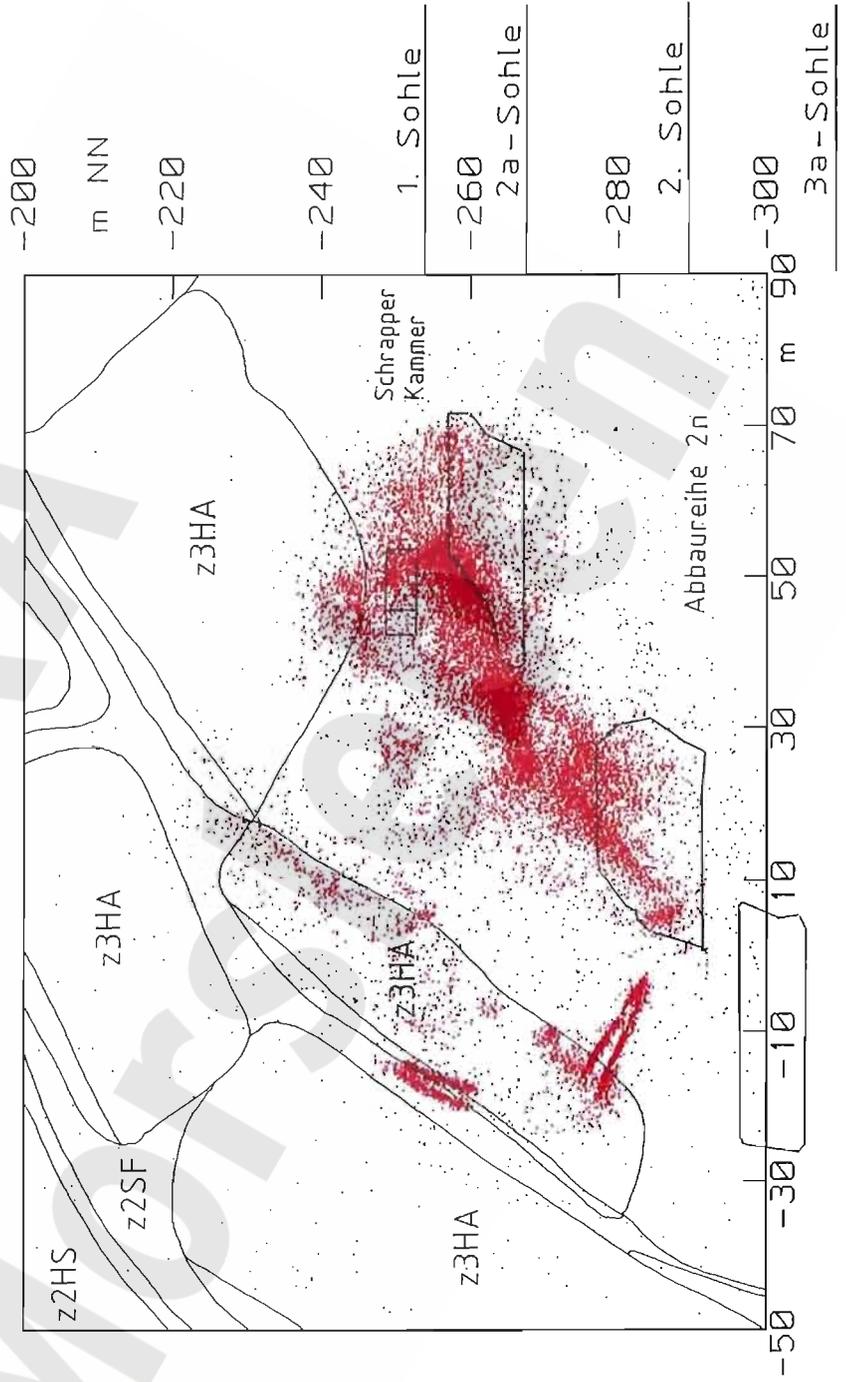
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil C (RB623) mit Ortungen im Bereich Schrapperkammer, 1.Sohle, und nördlicher Abschluß Abbau 2n, 2.Sohle, sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.

Winkel der Blickrichtung gegenüber Nord: 21°

Drehachse im Punkt x = 69 m, y = 350 m

Schichtdicke -20 m bis 10 m

22018 Ereignisse



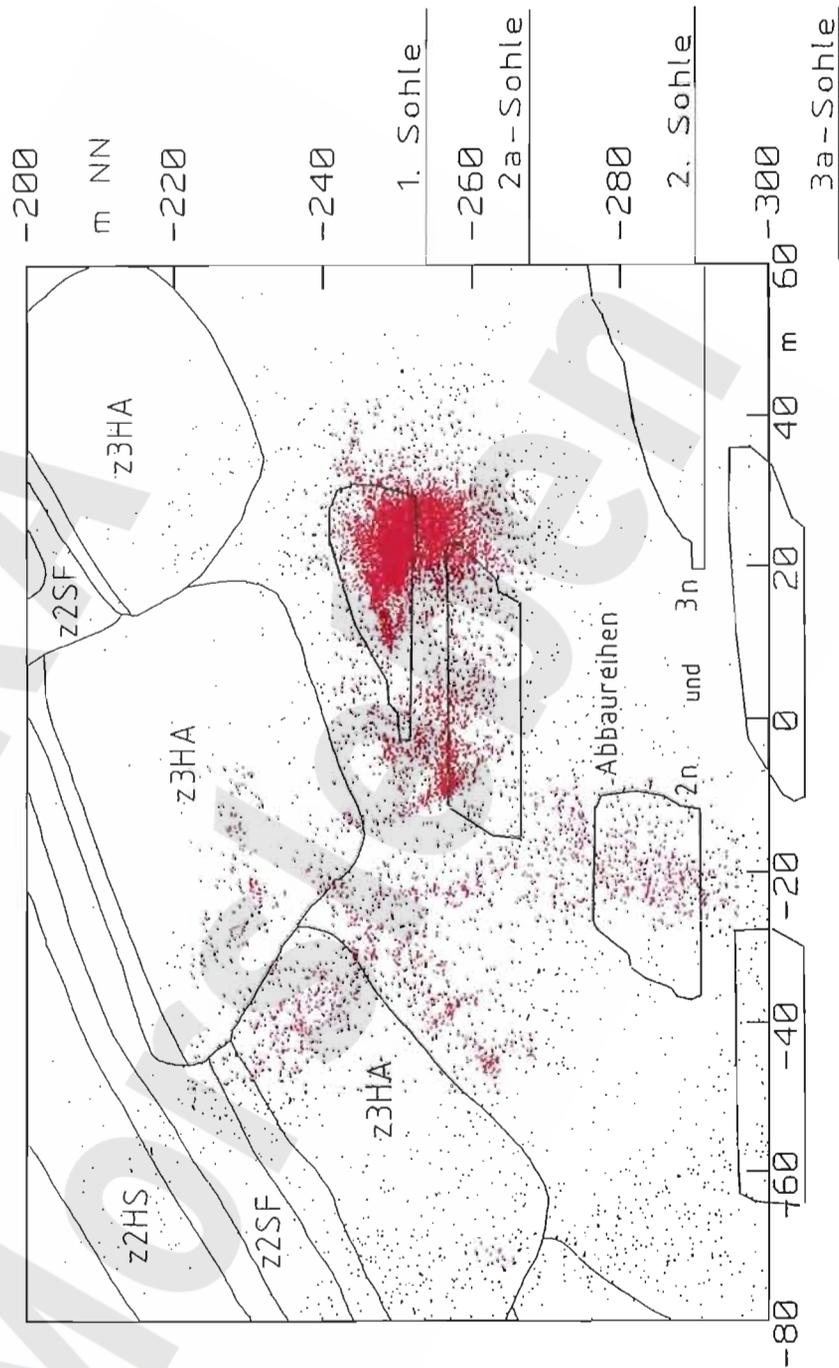
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil D (RB624) mit Ortungen im Bereich nördlicher Abschluß Abbau 2n, 1. Sohle, und Abbau 2n, 2.Sohle, sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.

Winkel der Blickrichtung gegenüber Nord: 22°

Drehachse im Punkt $x = 120 \text{ m}$, $y = 325 \text{ m}$

Schichtdicke -15 m bis 15 m

14315 Ereignisse



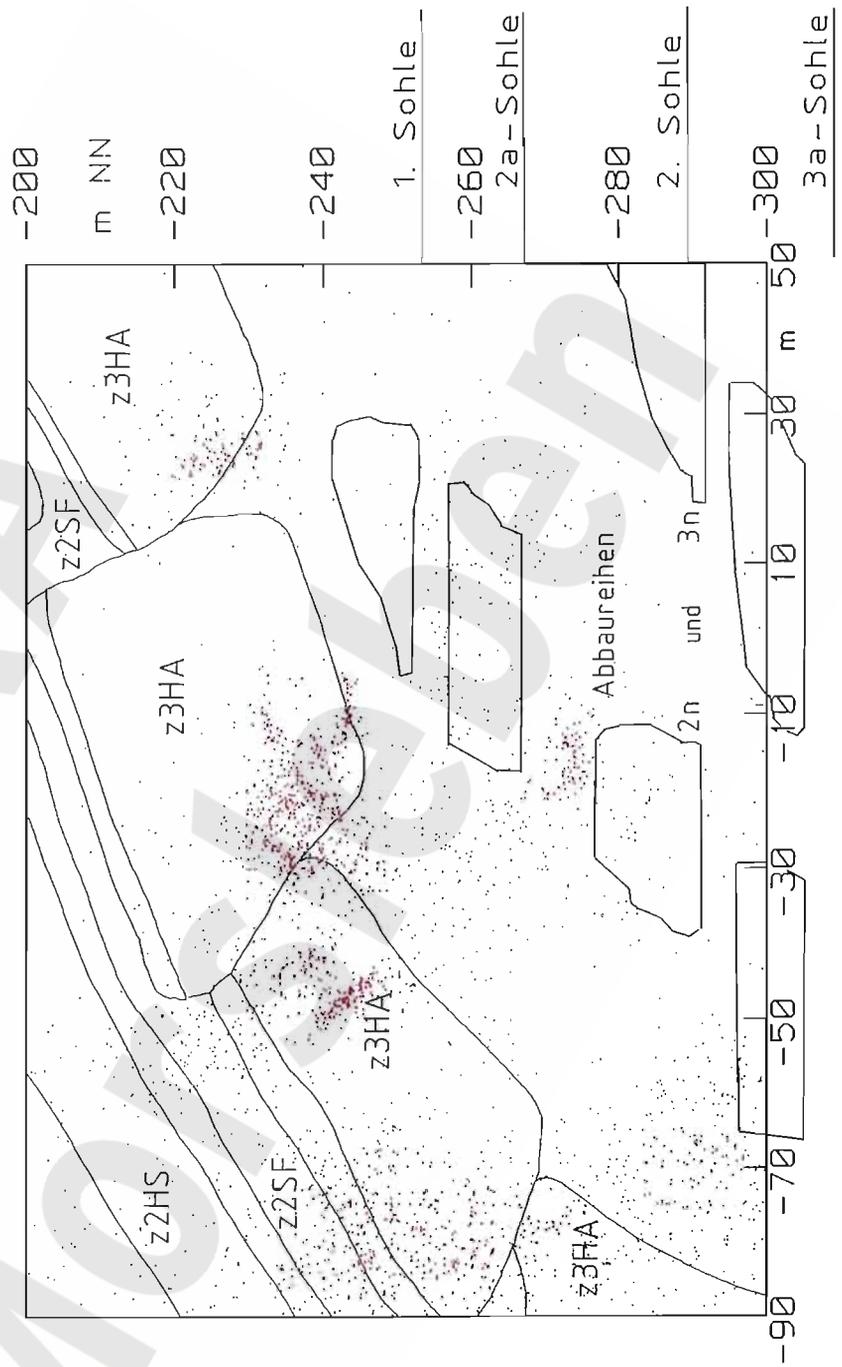
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Geologisches Profil D (RB624) mit
 Ortungen im mittleren Bereich Abbau 2n, 1. Sohle, und Abbau 2n,
 2.Sohle, (Profil D') sowie Abbaubezeichnungen, Zeitraum 4/98 - 3/99.

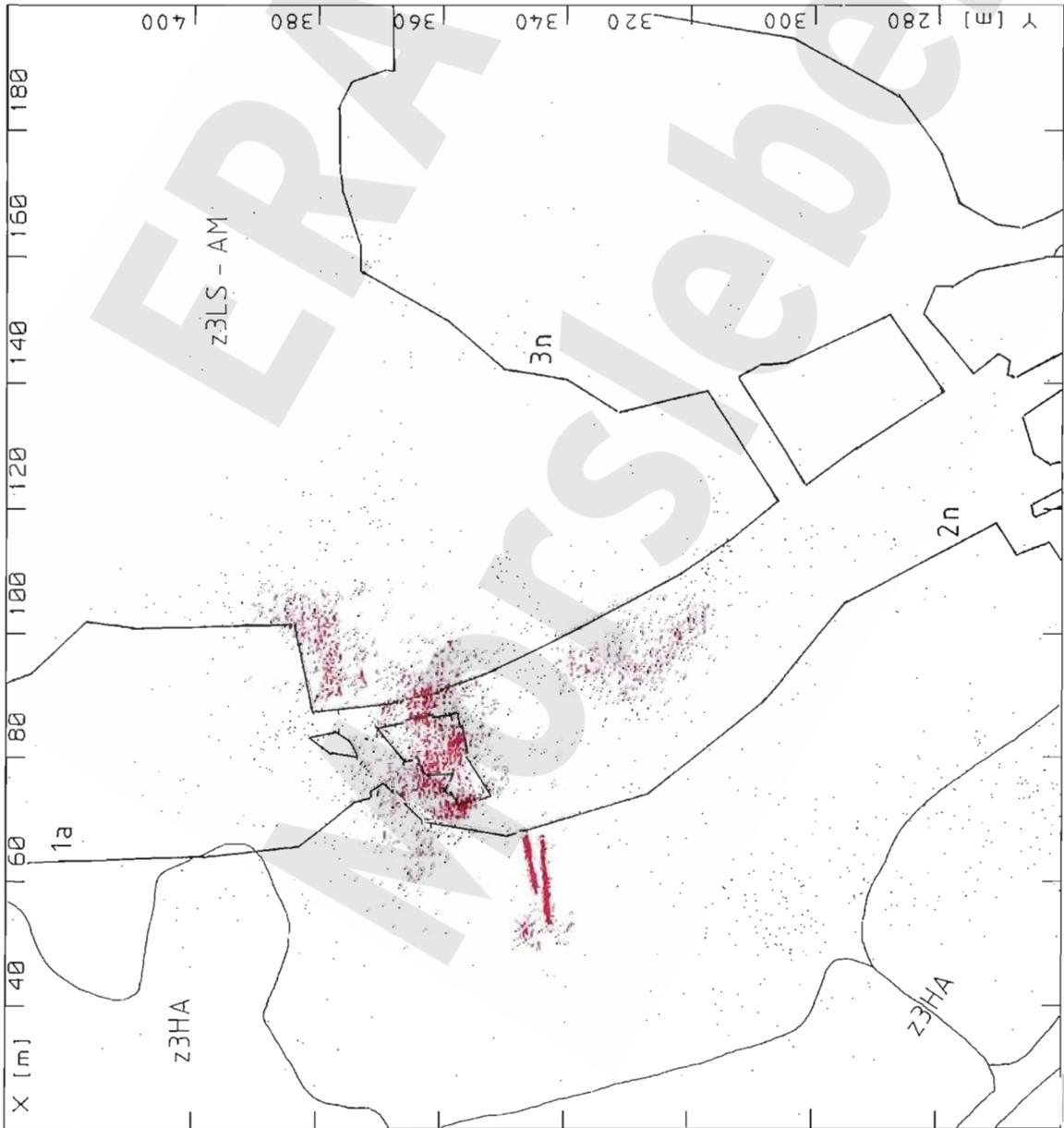
Winkel der Blickrichtung gegeneüber Nord: 22°

Drehachse im Punkt $x = 138$ m, $y = 298$ m

Schichtdicke -15 m bis 15 m

2740 Ereignisse





$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-291 \text{ m} < Z < -278 \text{ m}$
 5202 Ereignisse

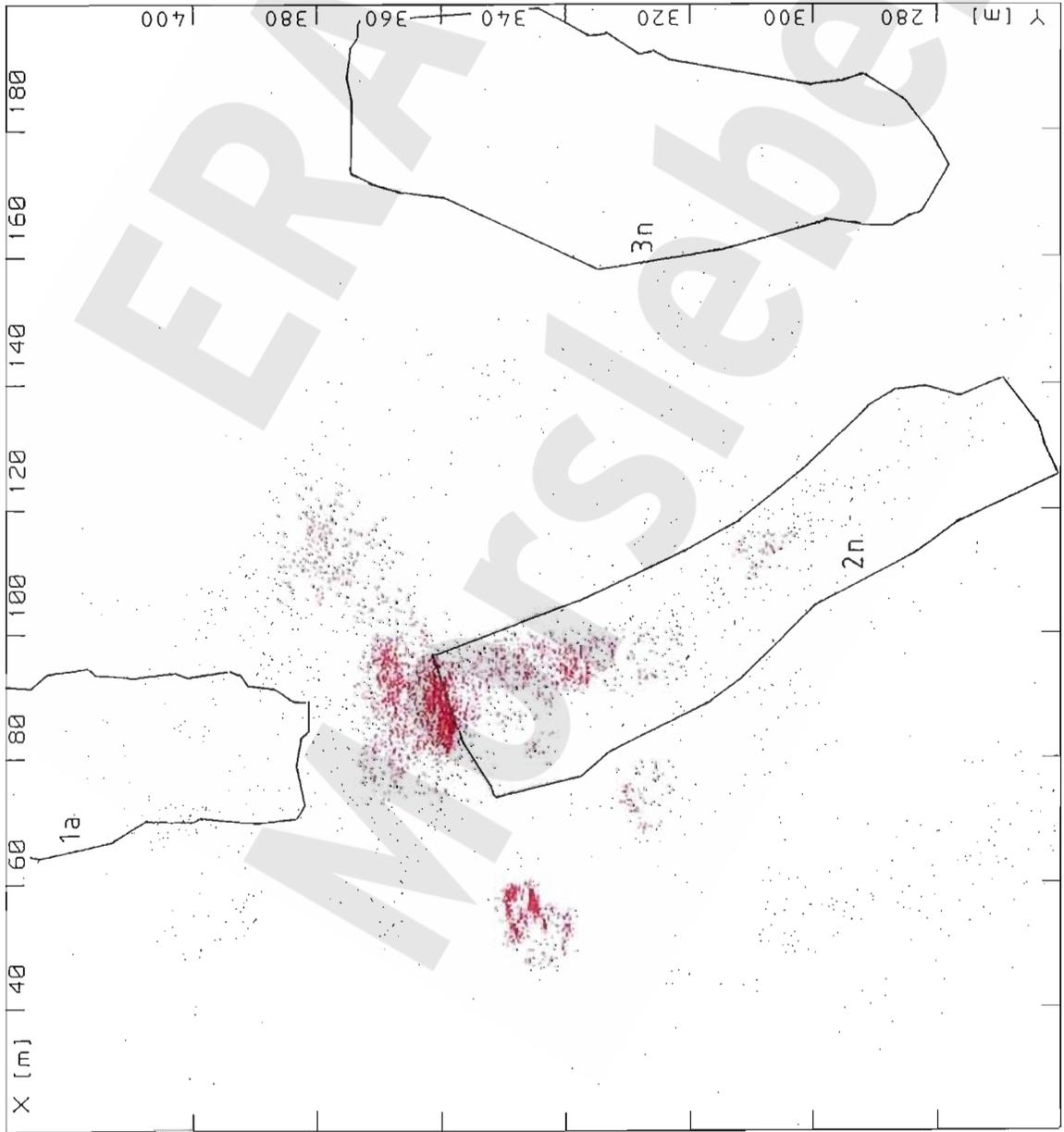
Konturen:

— 2. Sohle (-291 m NN)

Geologie:

Niveau 2. Sohle (-291 m NN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -291 mNN bis -278 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.

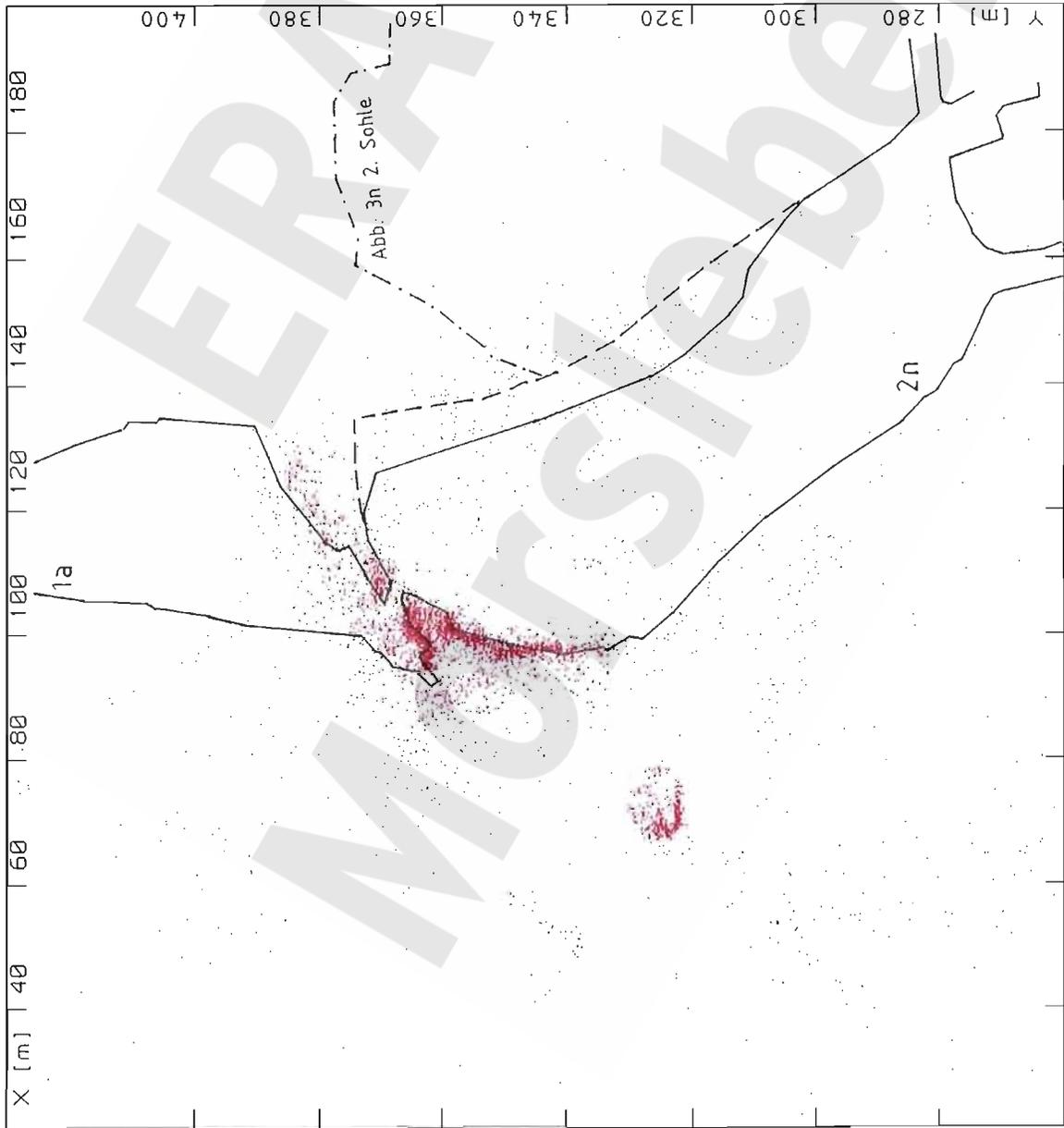


$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-278 \text{ m} < Z < -269 \text{ m}$
 5609 Ereignisse

Konturen:

— 2. Sohle
 (Firste - 280 mNN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -278 mNN bis -269 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.



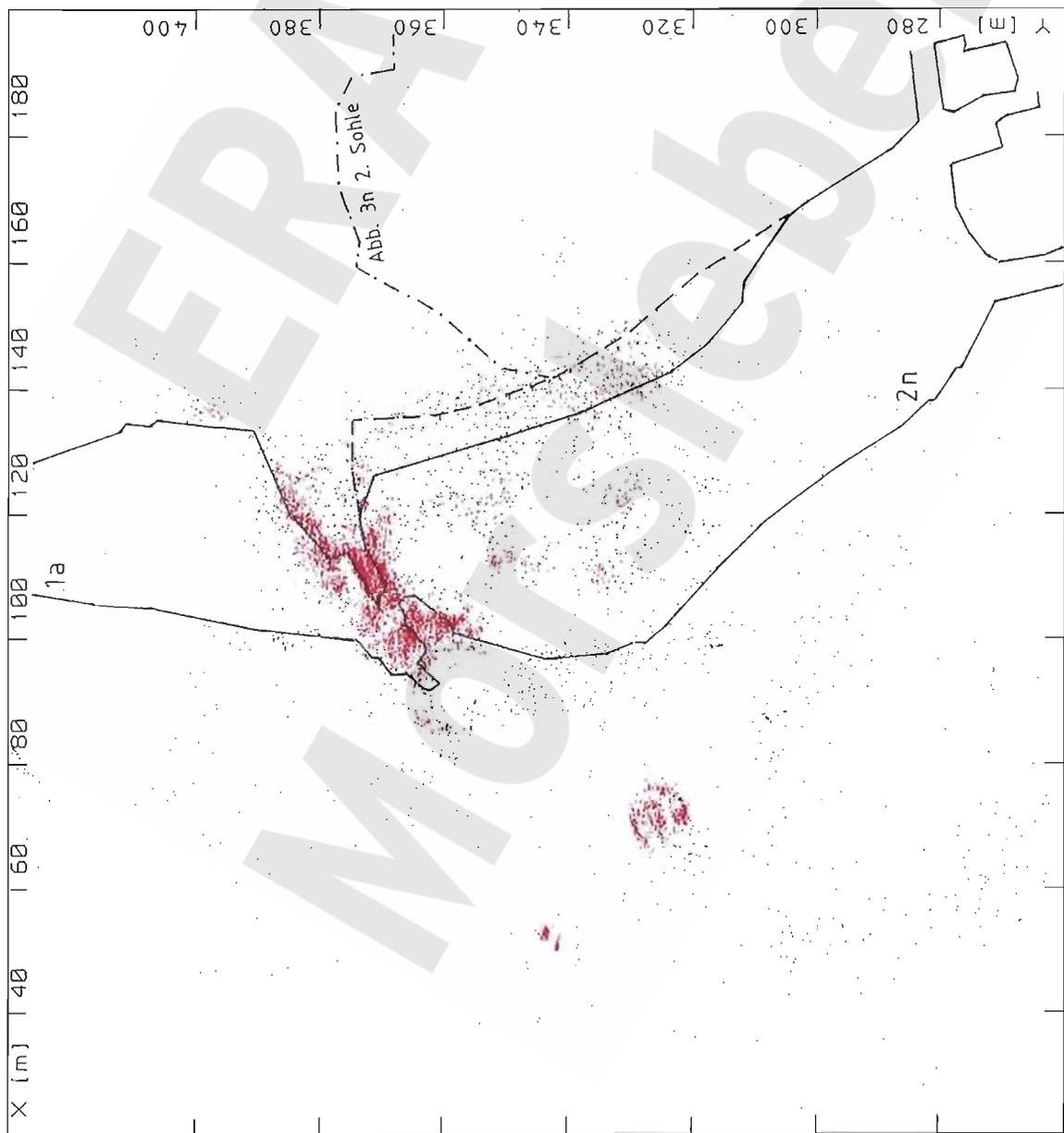
$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-269 \text{ m} < Z < -264 \text{ m}$
 4485 Ereignisse

Konturen:

- 2a-Sohle (Firste -258 m NN)
- 2a-Sohle (-267 m NN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:

Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -269 mNN bis -264 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.



$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-264 \text{ m} < Z < -259 \text{ m}$
 6105 Ereignisse

Konturen:

- 2a-Sohle
(Firste 258 m NN)
- 2a-Sohle (-267 m NN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -264 m NN bis -259 m NN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.



20 m < X < 200 m
 260 m < Y < 430 m
 -259 m < Z < -253 m
 10899 Ereignisse

Konturen:

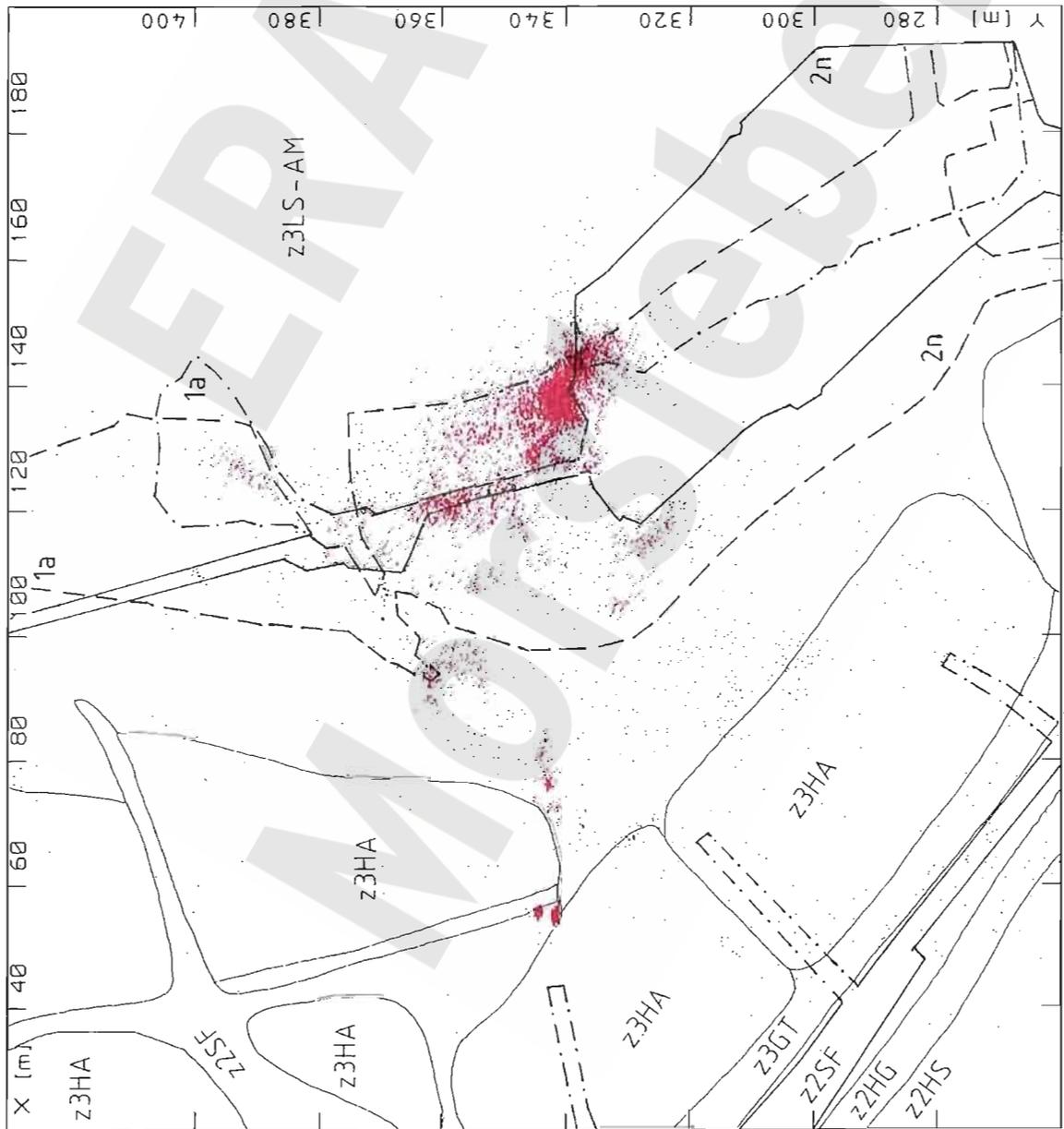
- 1. Sohle (-253 mNN)
- 2a-Sohle (-267 mNN)

Geologie:

Niveau 1. Sohle (-253 mNN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:

Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -259 mNN bis -253 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.



20 m < X < 200 m
 260 m < Y < 430 m
 -253 m < Z < -249 m
 7020 Ereignisse

Konturen:

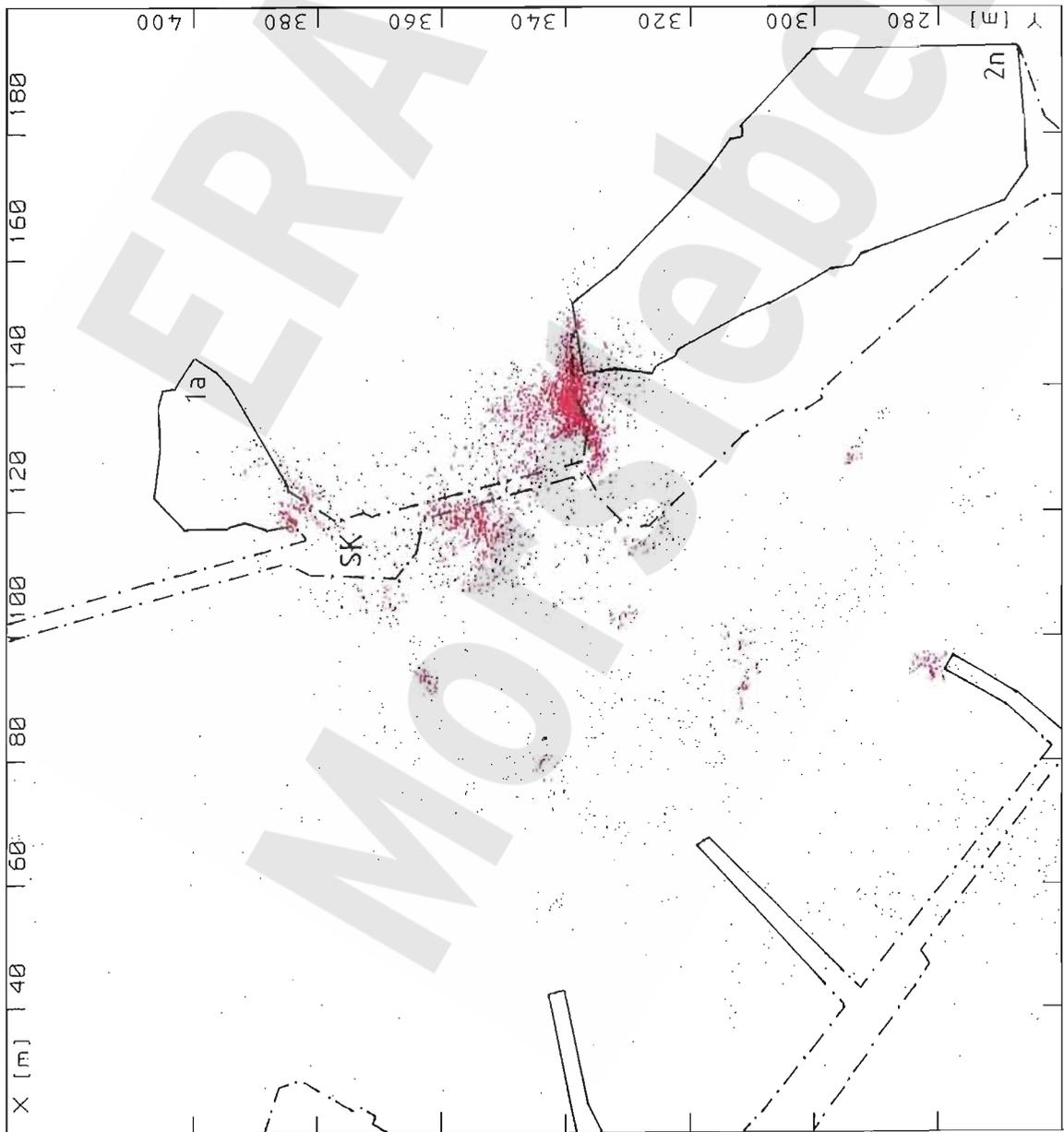
- · — · 1a-Sohle (-245 mNN)
- 1. Sohle (-253 mNN)
- — — — 2a-Sohle (-267 mNN)

Geologie:

Niveau 1. Sohle (-253 mNN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -253 mNN bis -249 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.

Anlage 2.7.14

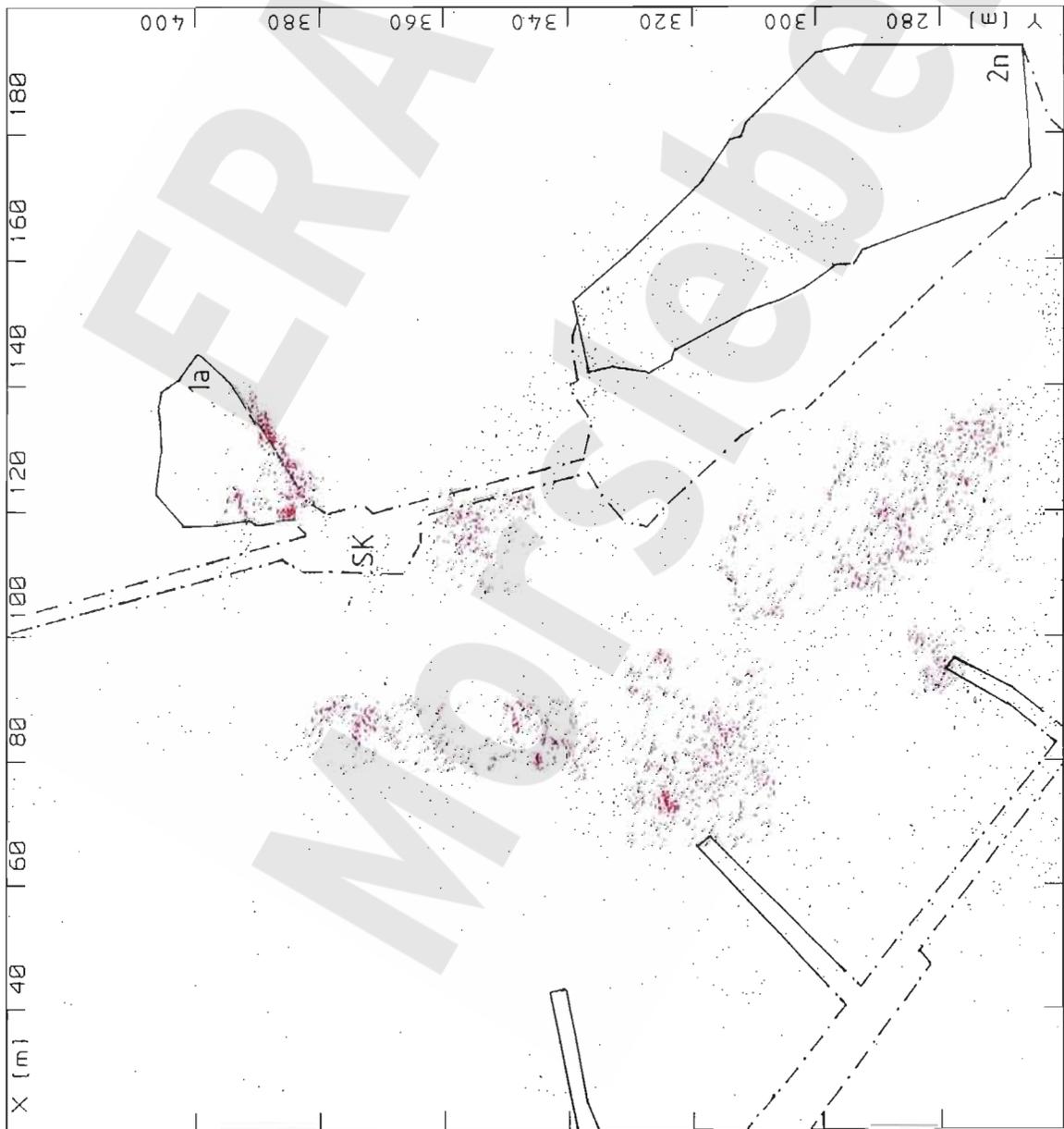


$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-249 \text{ m} < Z < -243 \text{ m}$
 5222 Ereignisse

Konturen:

— 1a-Sohle (-245 mNN)
 - - - 1. Sohle (-253 mNN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -249 mNN bis -243 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.

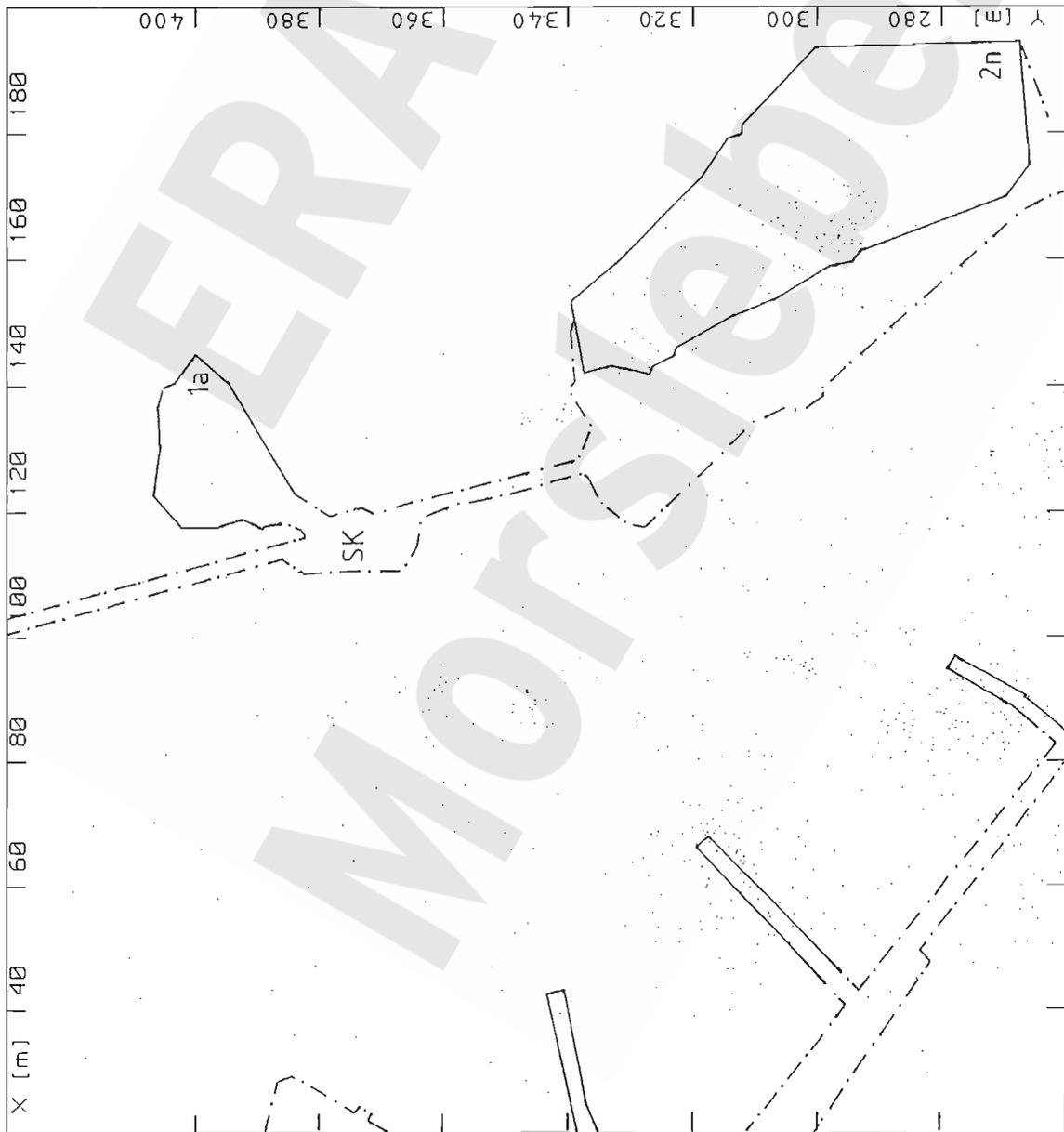


$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-243 \text{ m} < Z < -225 \text{ m}$
 4164 Ereignisse

Konturen:

- 1a-Sohle (-245 mNN)
- - - 1. Sohle (-253 mNN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -243 mNN bis -225 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.

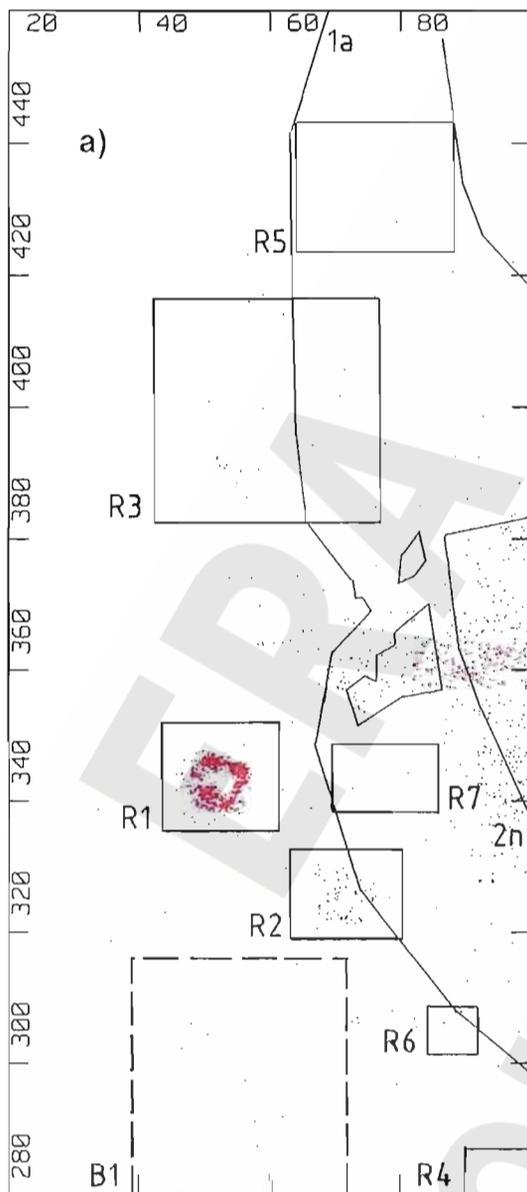


$20 \text{ m} < X < 200 \text{ m}$
 $260 \text{ m} < Y < 430 \text{ m}$
 $-225 \text{ m} < Z < -200 \text{ m}$
 678 Ereignisse

Konturen:

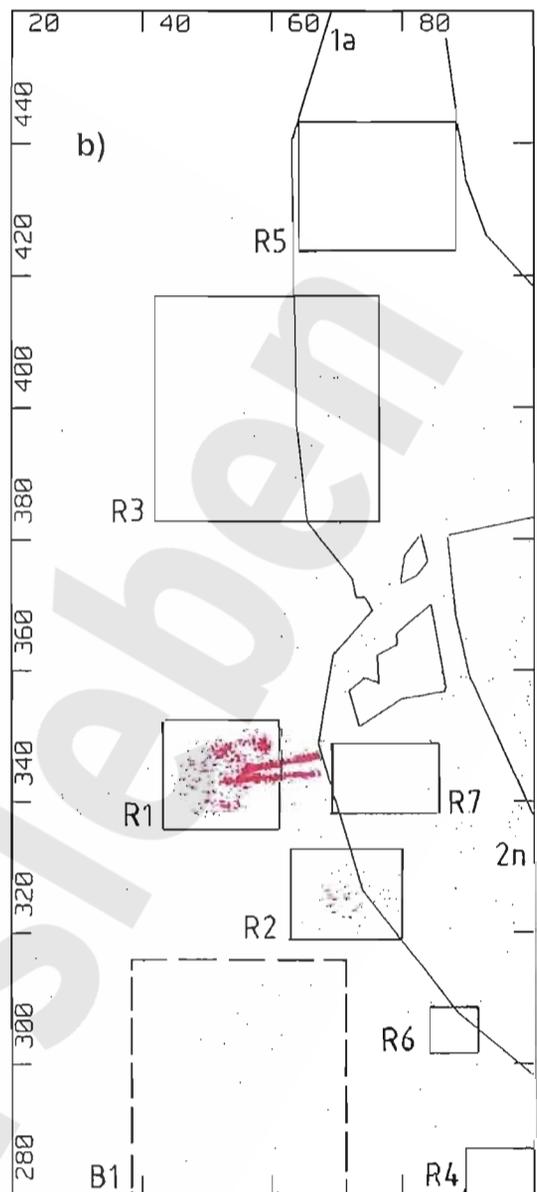
— 1a-Sohle (-245 mNN)
 - - - 1. Sohle (-253 mNN)

Mikroakustik ERAM Zentralteil:
 Horizontalschnitt mit Ortungen
 im Tiefenbereich -225 mNN bis -200 mNN
 und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99.



5/97

$20 \text{ m} < X < 100 \text{ m}$
 $280 \text{ m} < Y < 460 \text{ m}$
 $-290 \text{ m} < Z < -260 \text{ m}$
 1542 Ereignisse

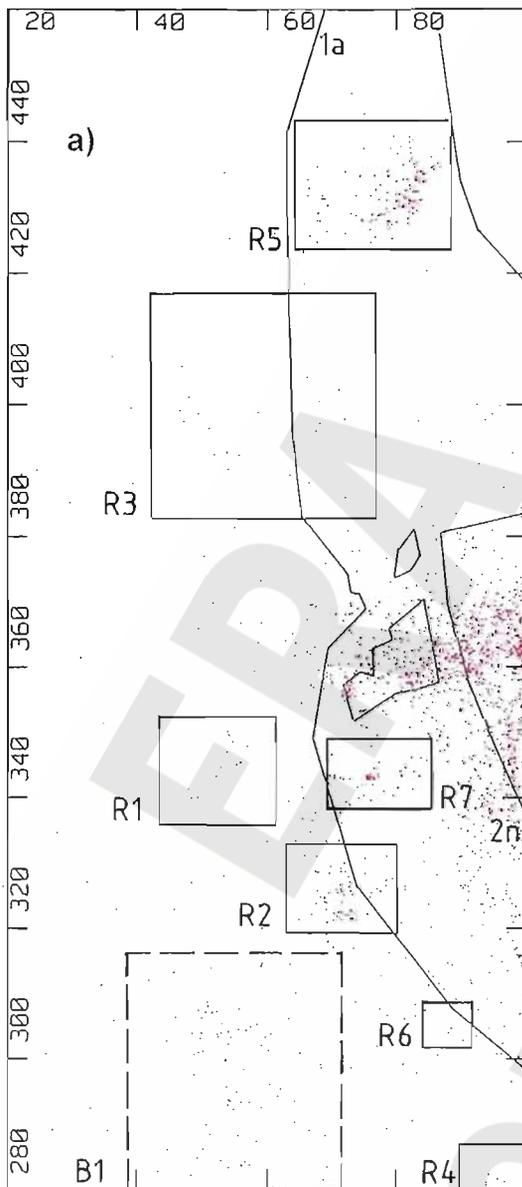


4/98

$20 \text{ m} < X < 100 \text{ m}$
 $280 \text{ m} < Y < 460 \text{ m}$
 $-290 \text{ m} < Z < -260 \text{ m}$
 2274 Ereignisse

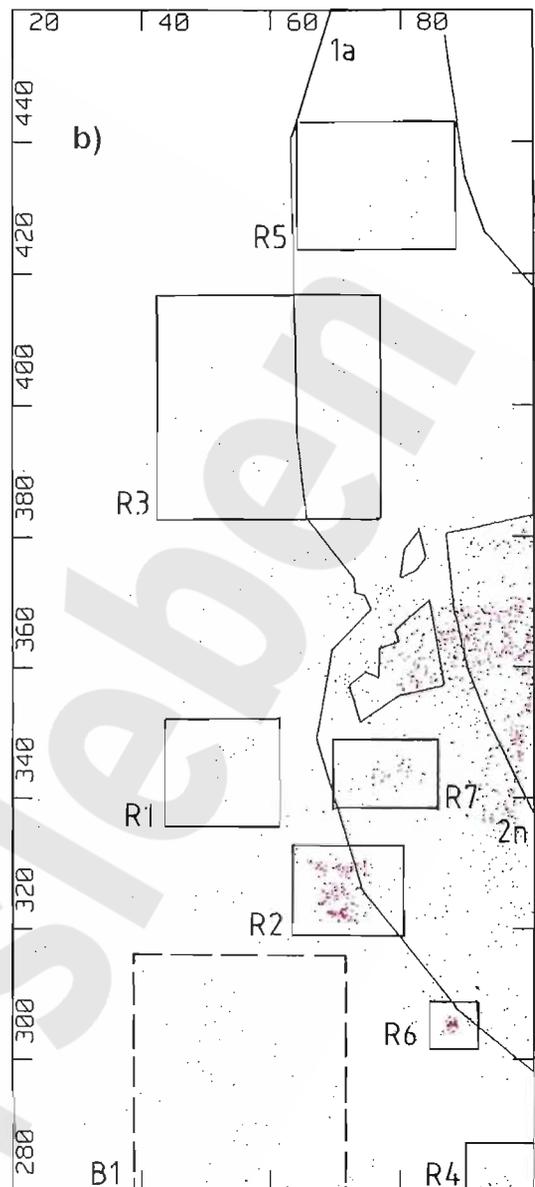
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt (Sohlriß) mit Ortungen westlich der Abbaureihen 2n und 1a, Teufenbereich -290 bis -260 m NN, Konturen 2. Sohle -291 m NN: a) Zeitraum Monat 5/97, b) Zeitraum Monat 4/98.

Anlage 2.7.19



10/98

$20 \text{ m} < X < 100 \text{ m}$
 $280 \text{ m} < Y < 460 \text{ m}$
 $-290 \text{ m} < Z < -240 \text{ m}$
 1716 Ereignisse

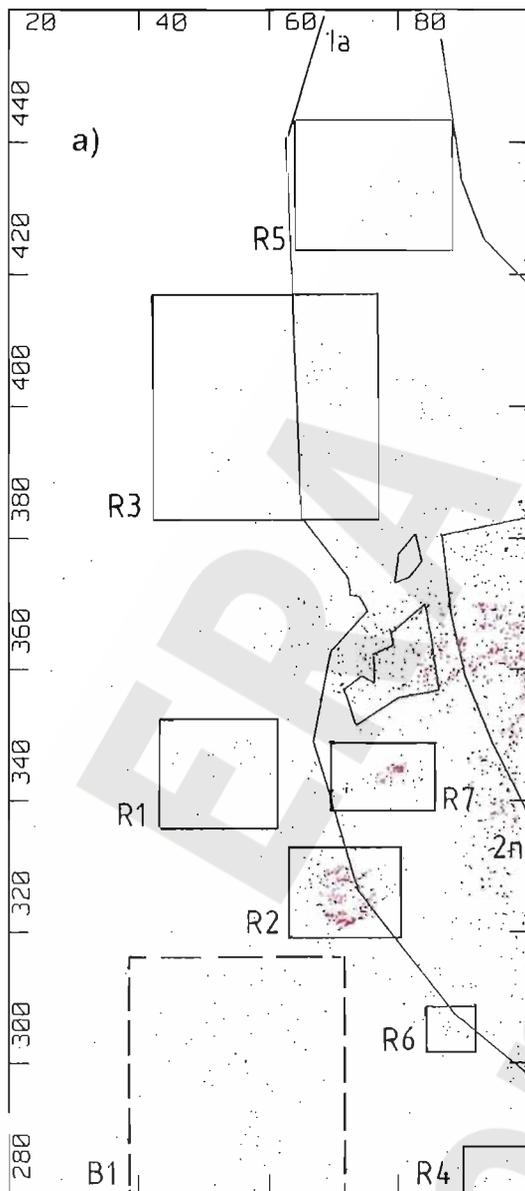


2/99

$20 \text{ m} < X < 100 \text{ m}$
 $280 \text{ m} < Y < 460 \text{ m}$
 $-290 \text{ m} < Z < -240 \text{ m}$
 1305 Ereignisse

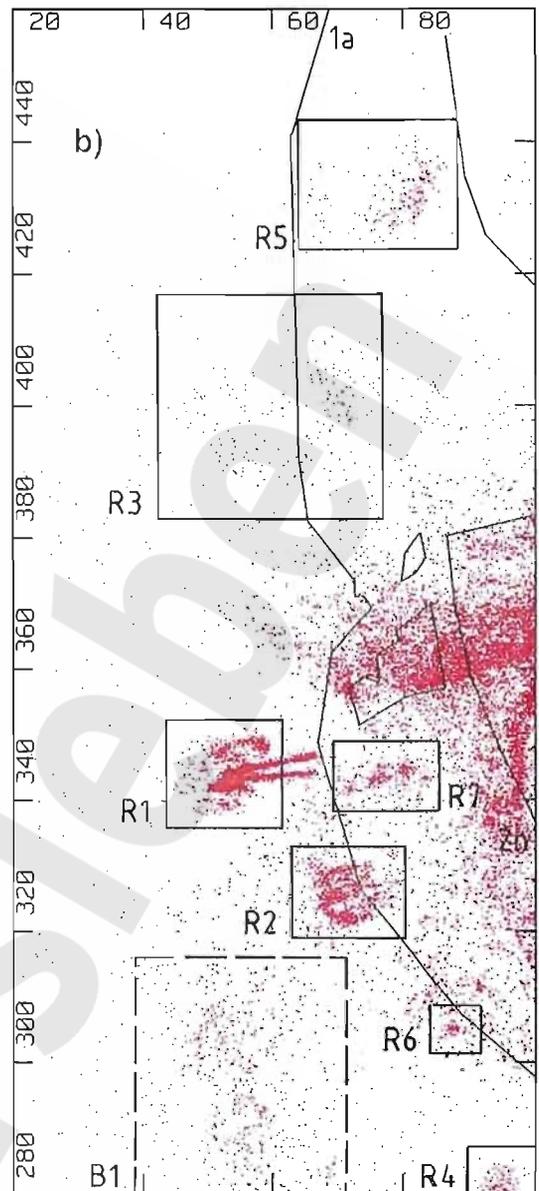
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt (Sohlriß) mit Ortungen westlich der Abbaureihen 2n und 1a, Teufenbereich -290 bis -240 m NN, Konturen 2. Sohle -291 m NN: a) Zeitraum Monat 10/98, b) Zeitraum Monat 2/99.

Anlage 2.7.20



3/99

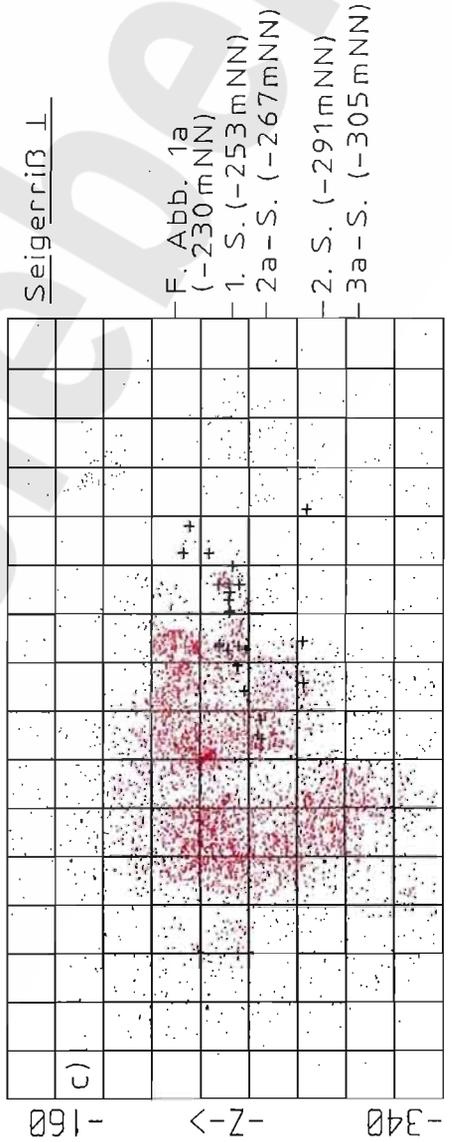
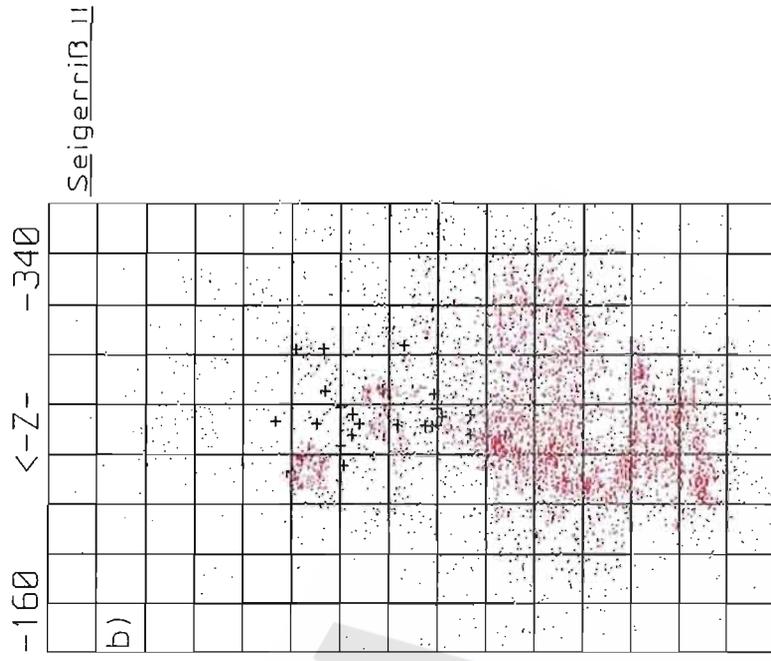
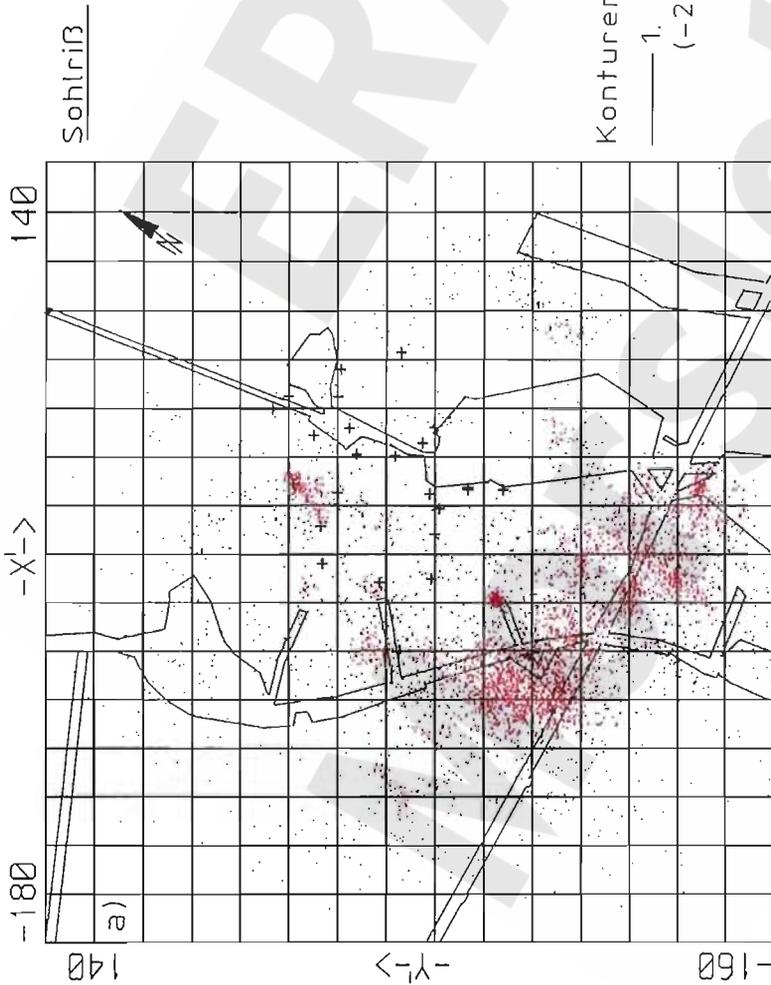
$20 \text{ m} < X < 100 \text{ m}$
 $280 \text{ m} < Y < 460 \text{ m}$
 $-290 \text{ m} < Z < -240 \text{ m}$
 1379 Ereignisse



4/98 - 3/99

$20 \text{ m} < X < 100 \text{ m}$
 $280 \text{ m} < Y < 460 \text{ m}$
 $-290 \text{ m} < Z < -240 \text{ m}$
 16602 Ereignisse

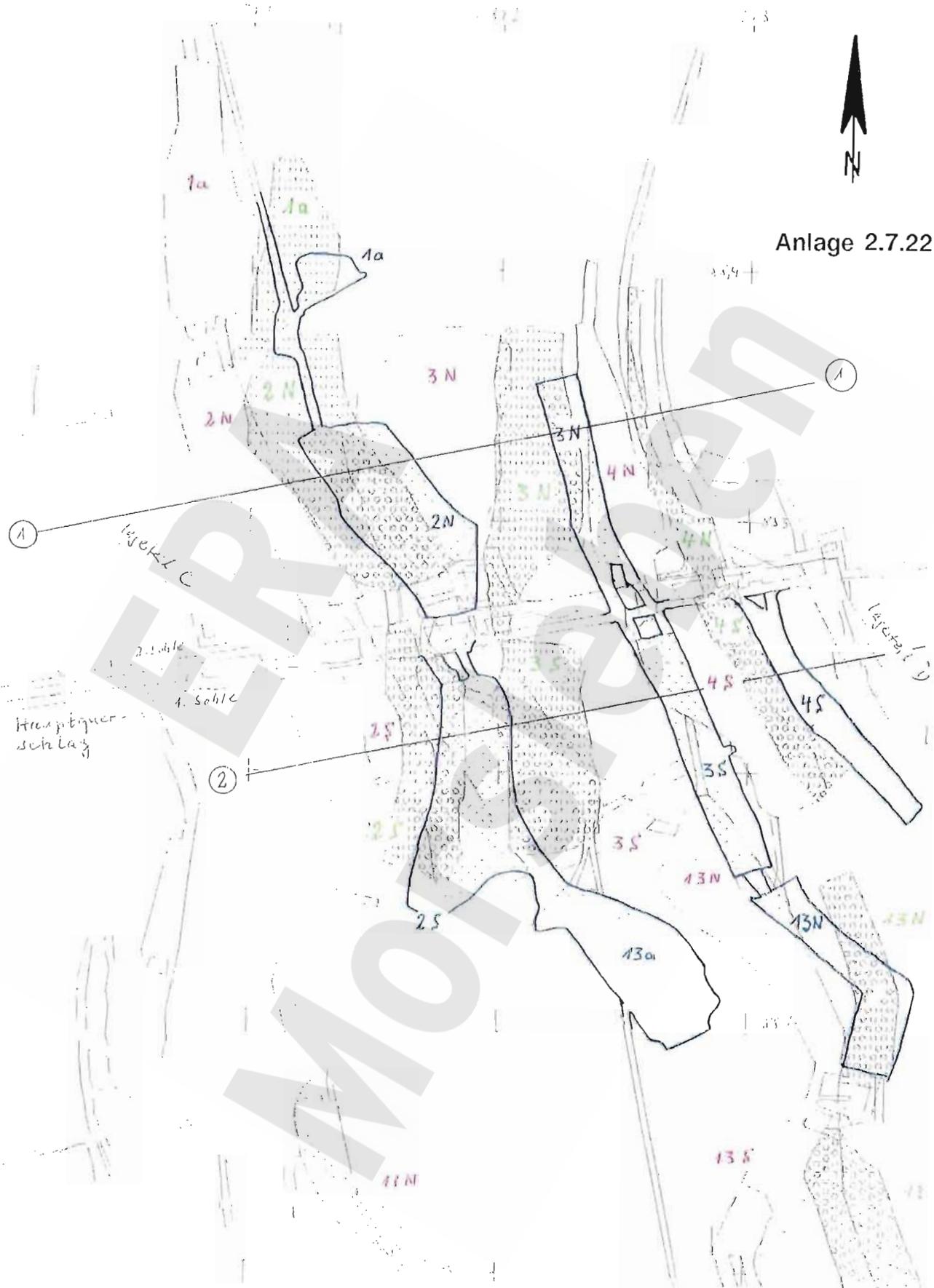
Mikroakustik ERAM Zentralteil: Horizontalschnitt (Sohlriß) mit Ortungen westlich der Abbaureihen 2n und 1a, Teufenbereich -290 bis -240 m NN, Konturen 2. Sohle -291 m NN: a) Zeitraum Monat 3/99, b) Gesamtzeitraum Monate 4/98 - 3/99.



- F. Abb. 1a (-230 mNN)
- 1. S. (-253 mNN)
- 2a-S. (-267 mNN)
- 2. S. (-291 mNN)
- 3a-S. (-305 mNN)
- F. Abb. 1a (-230 mNN)
- 1. S. (-253 mNN)
- 2a-S. (-267 mNN)
- 2. S. (-291 mNN)
- 3a-S. (-305 mNN)



Mikroakustik ERAM Zentralteil:
Ortungen im weiteren Bereich, M > 60 dB,
Zeitraum 4/98 - 3/99



Anlage 2.7.22

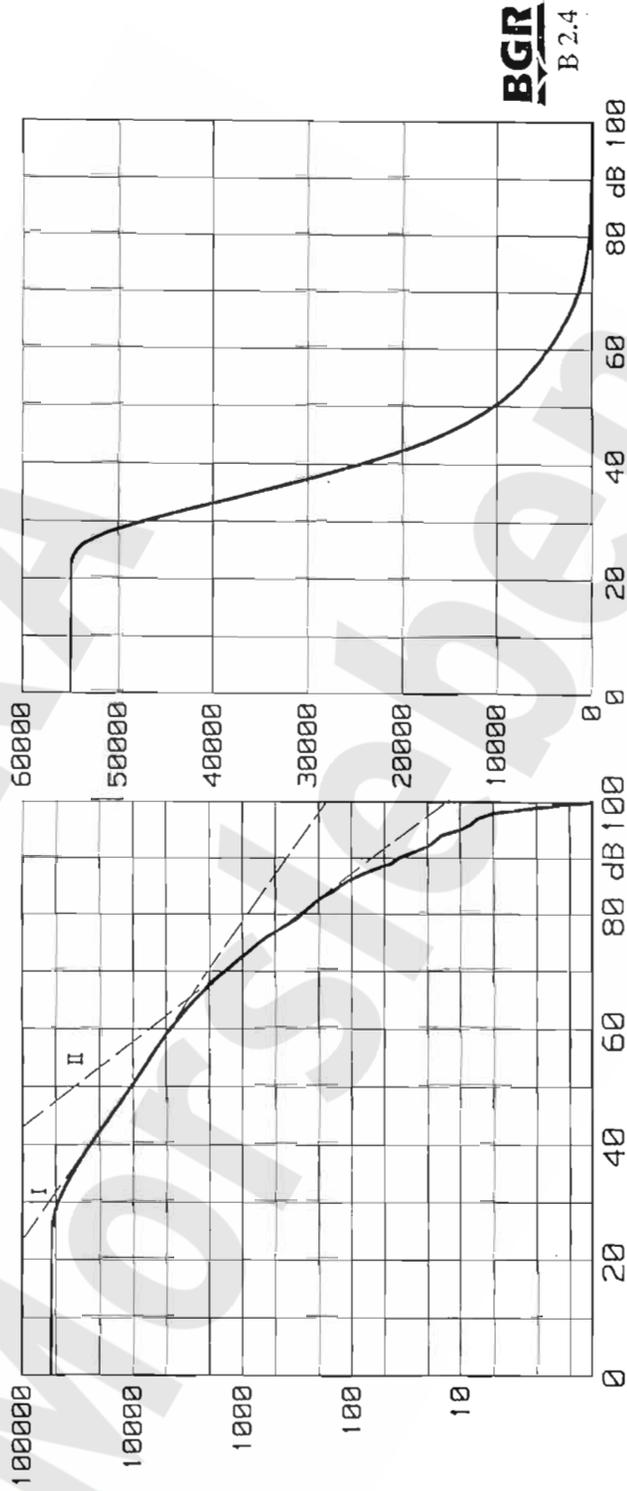
= 2. Sohle
 = 2a Sohle
 = 1. Sohle

Bartensleben
 Hauptmulde
 1:2000
 BGR, 2.4/2.5

Skizze der Hohlräume im oberen Zentralteil mit Hauptquerschlägen und angrenzenden Lagerteilen C und D (übereinanderprojizierte Sohlrisse 1., 2a- und 2. Sohle).

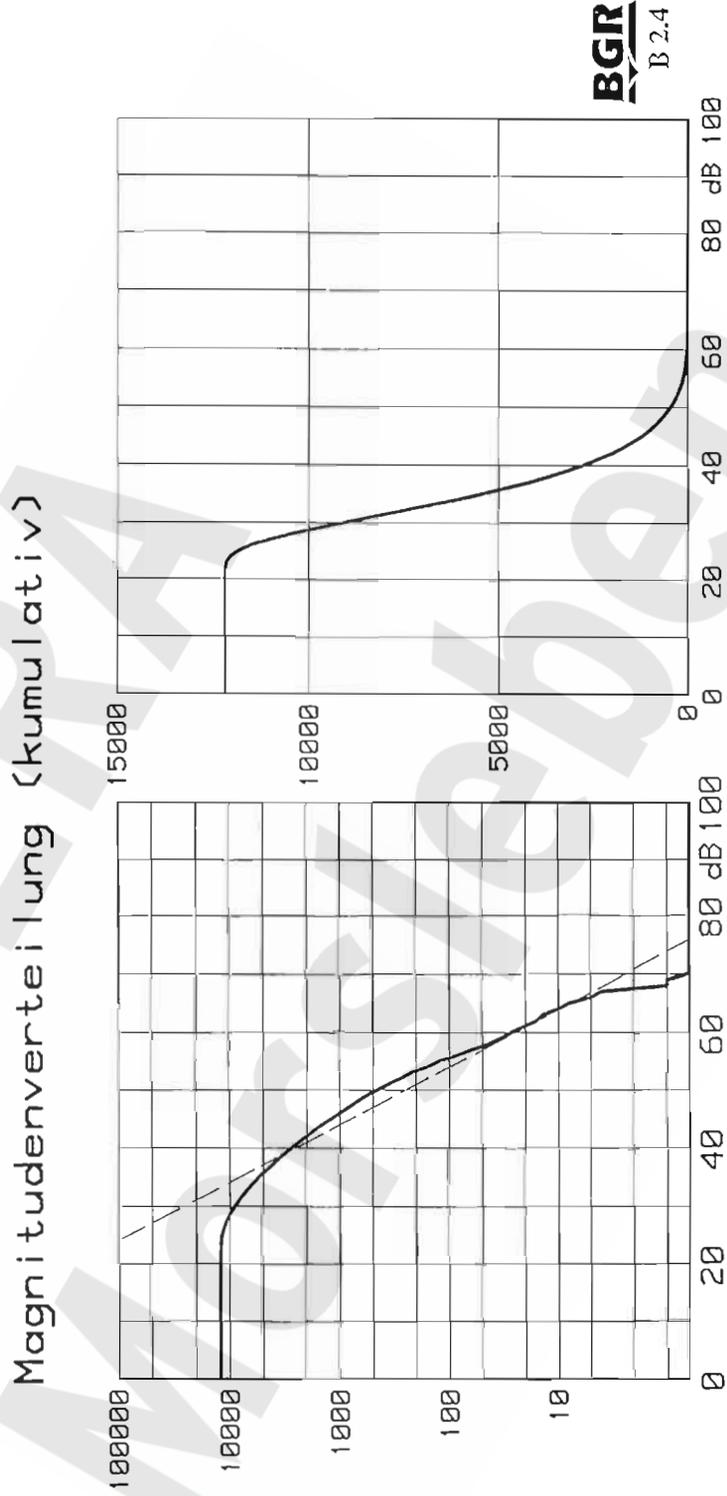
April 98 bis März 99, $0 < X < 220$, $220 < Y < 460$, $-350 < Z < -150$
 54966 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 41.1 dB

Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Gesamtbereich.

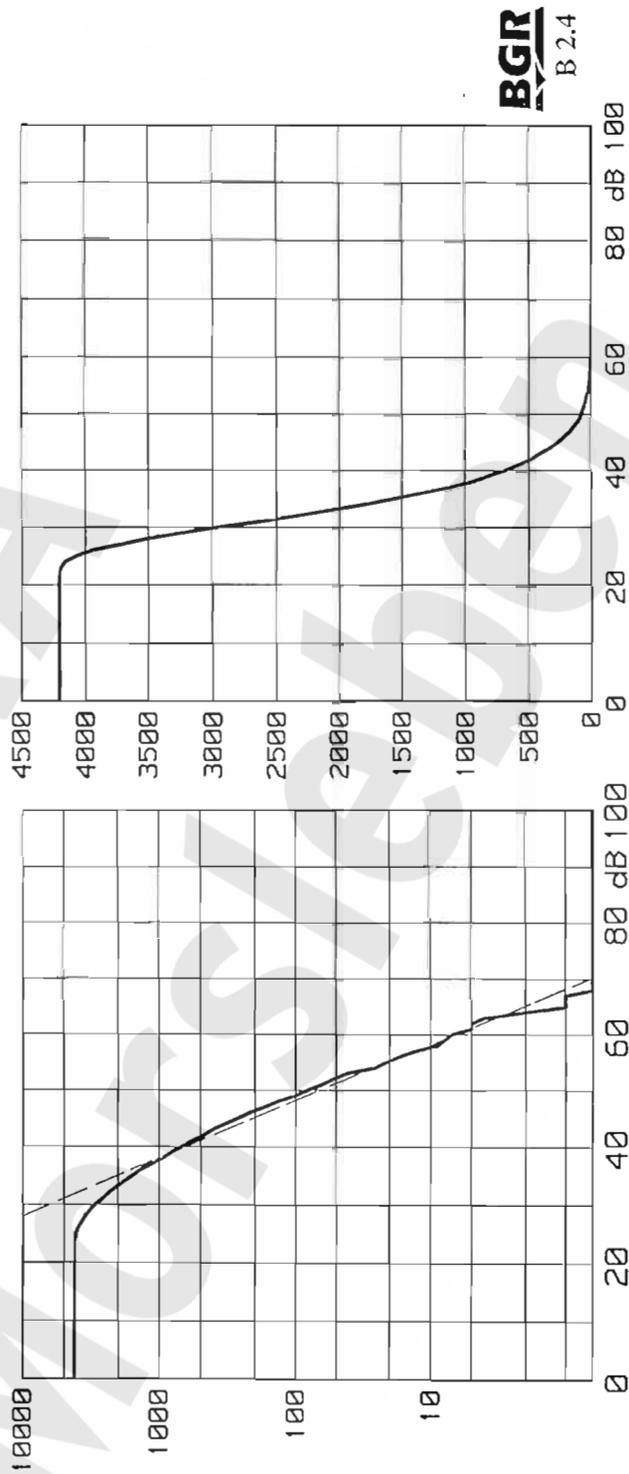
April 98 bis März 99, $110 < X < 170$, $330 < Y < 365$, $-259 < Z < -243$
 12211 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 35.15 dB



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 1.

April 98 bis Maerz 99, $110 < X < 170$, $350 < Y < 376$, $-264 < Z < -253$
 4206 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 33,95 dB

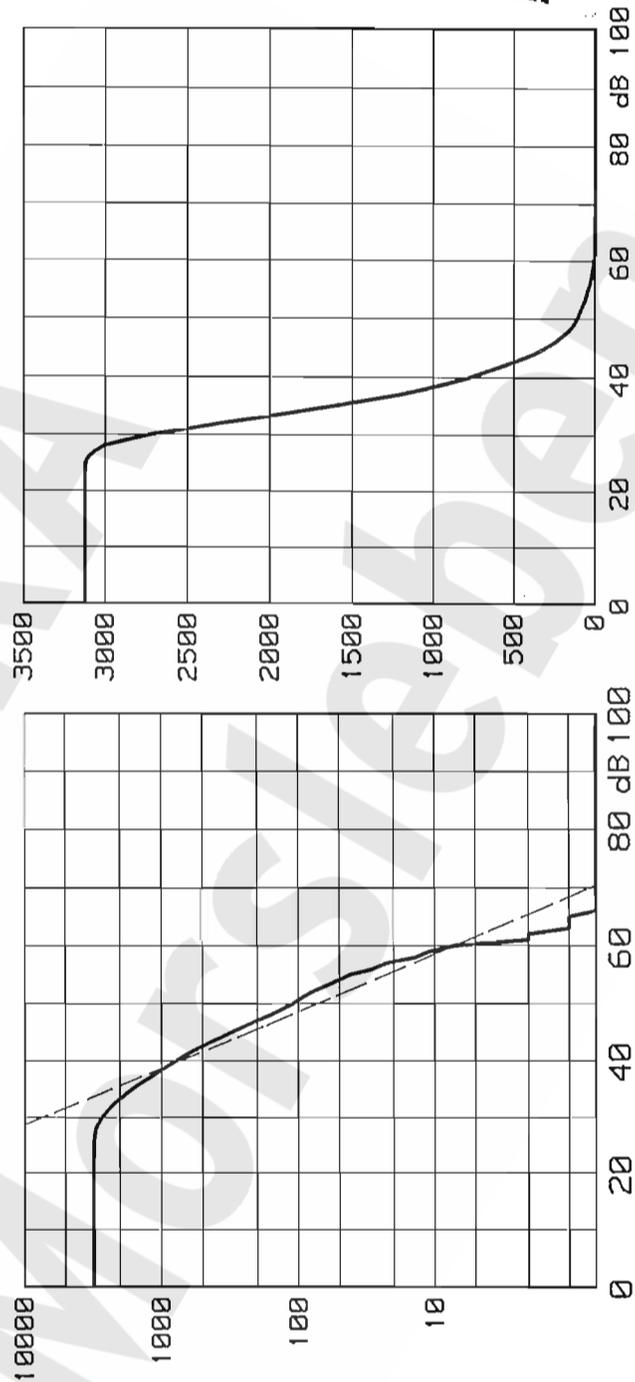
Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 2.

April 98 bis Maerz 99, $110 < X < 170$, $376 < Y < 430$, $-264 < Z < -253$
 3124 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 36.41 dB

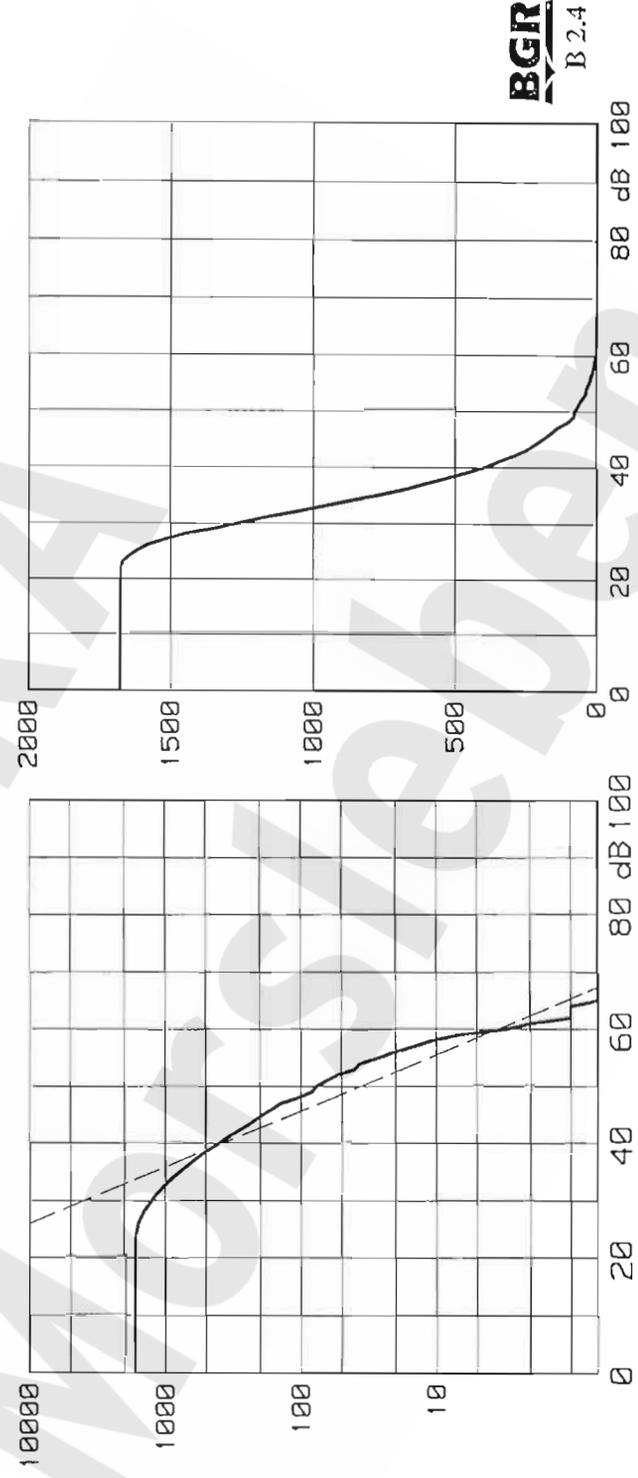
Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 3.

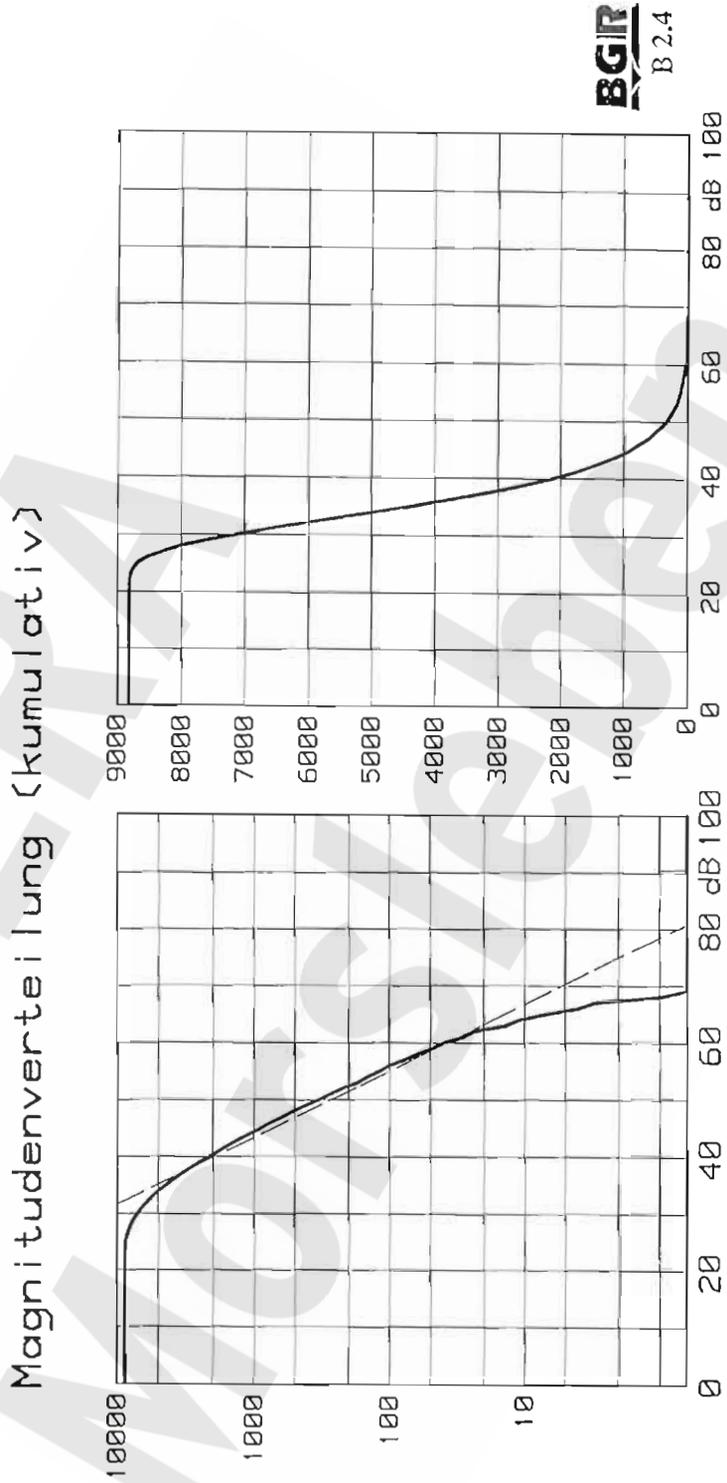
April 98 bis März 99, $420 < X + Y < 460$, $140 < Y - X < 240$, $-260 < Z < -240$
 1678 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 35.51 dB

Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 4.

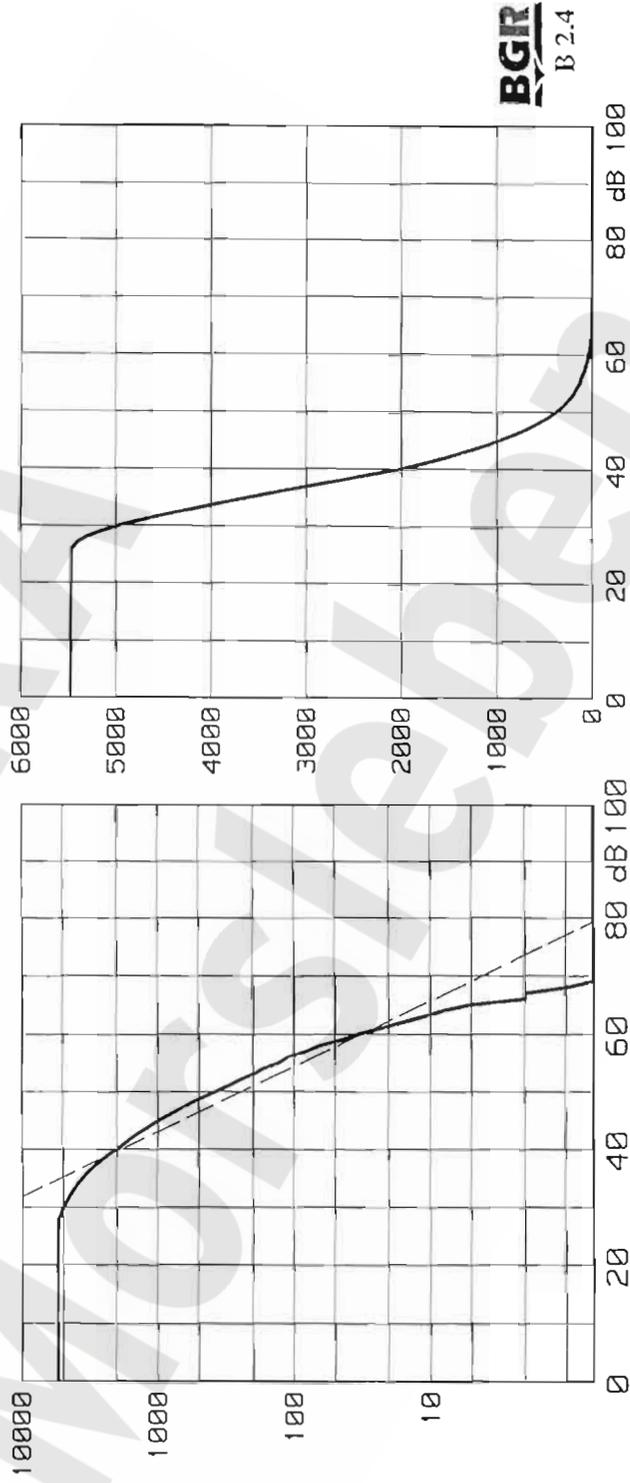
April 98 bis Maerz 99, $90 < X < 112, 330 < Y < 400, -278 < Z < -253$
 8821 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 35.97 dB



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 5.

April 98 bis März 99, $60 < X < 110$, $350 < Y < 390$, $-300 < Z < -269$
 5479 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 38.53 dB

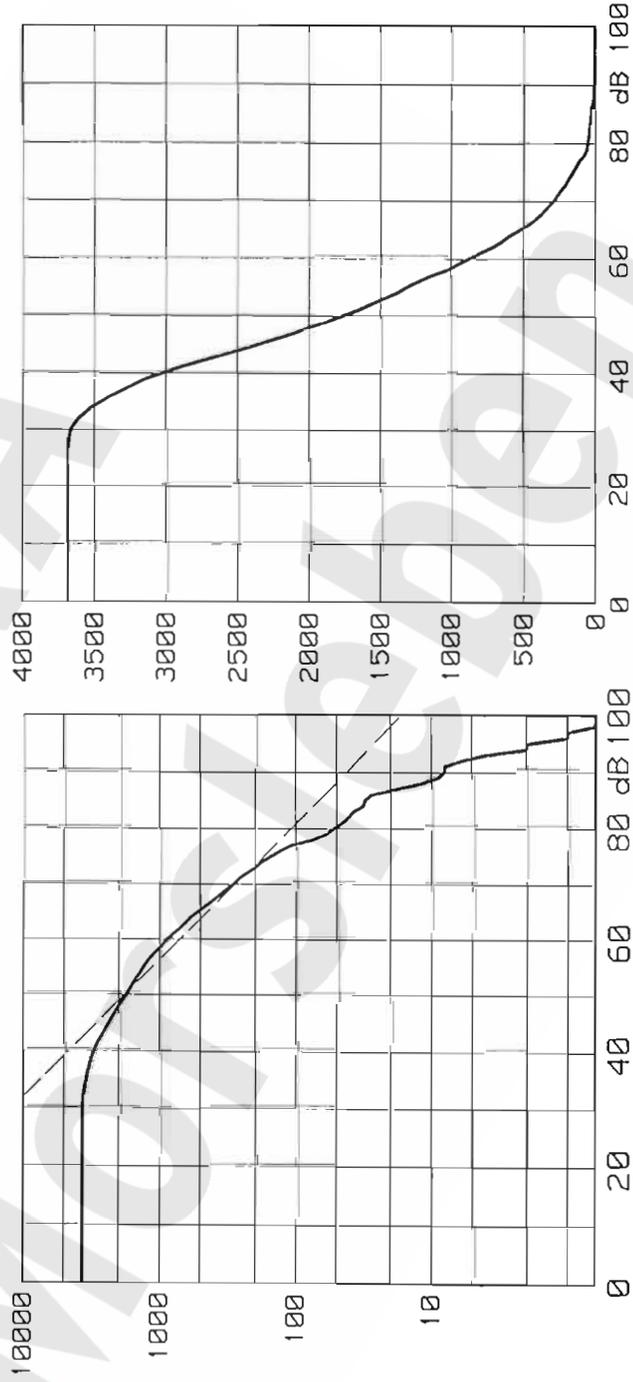
Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 6.

April 98 bis März 99, $20 < X < 90$, $240 < Y < 440$, $-253 < Z < -180$
 3685 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 51.27 dB

Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 7.

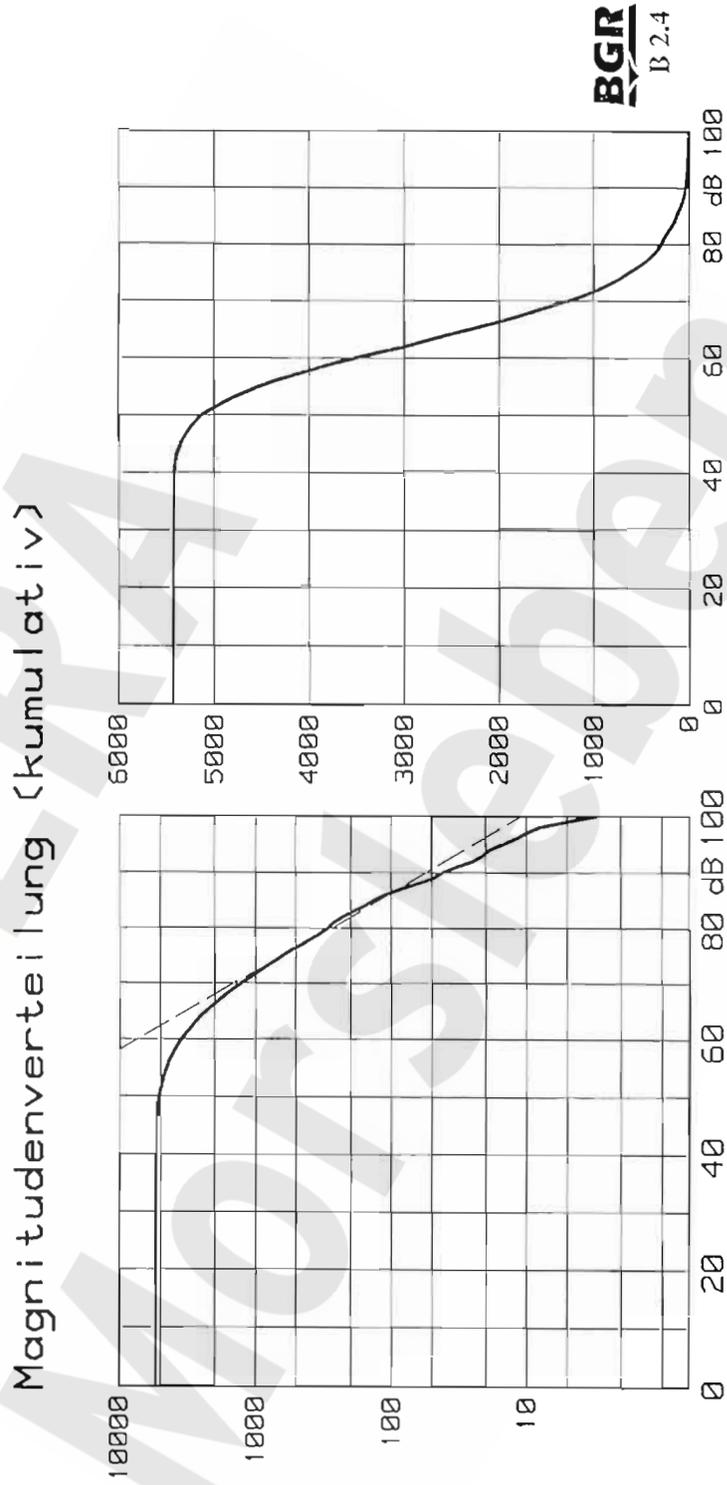
April 98 bis Maerz 99, $20 < X < 90$, $240 < Y < 440$, $-300 < Z < -253$
 10672 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 43.51 dB

Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 8.

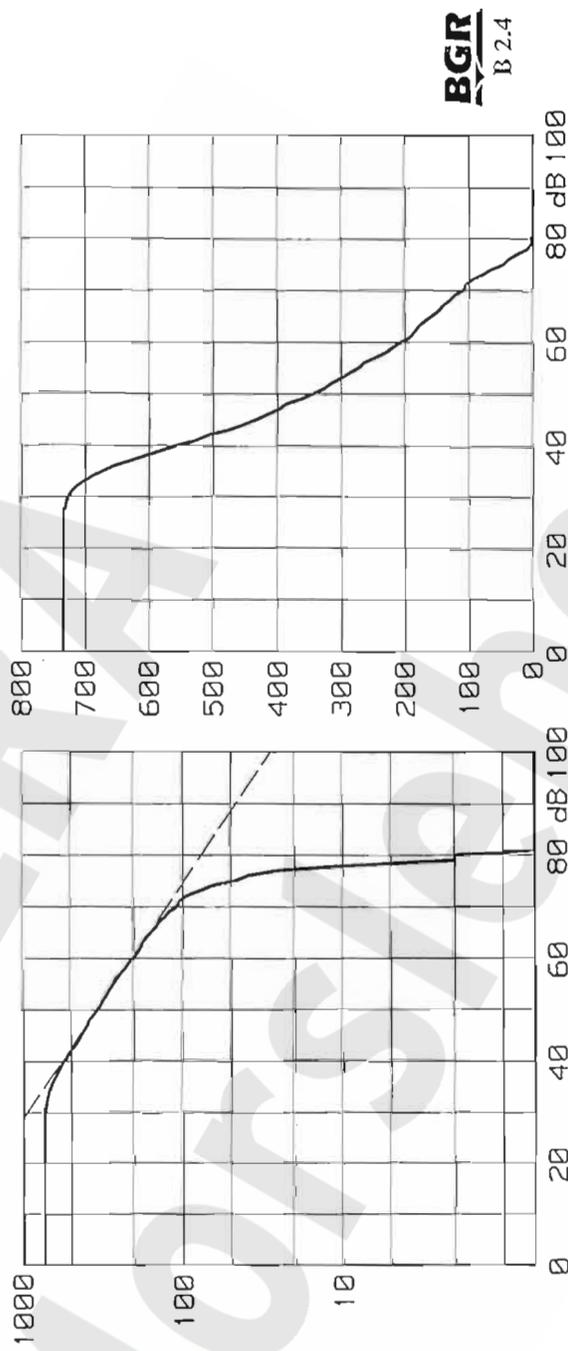
April 98 bis März 99, $0 < X < 250$, $200 < Y < 280$, $-340 < Z < -160$
 5428 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 63.87 dB



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 9.

April 98 bis März 99, $20 < X < 100$, $340 < Y < 420$, $-245 < Z < -200$
 735 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 51.58 dB

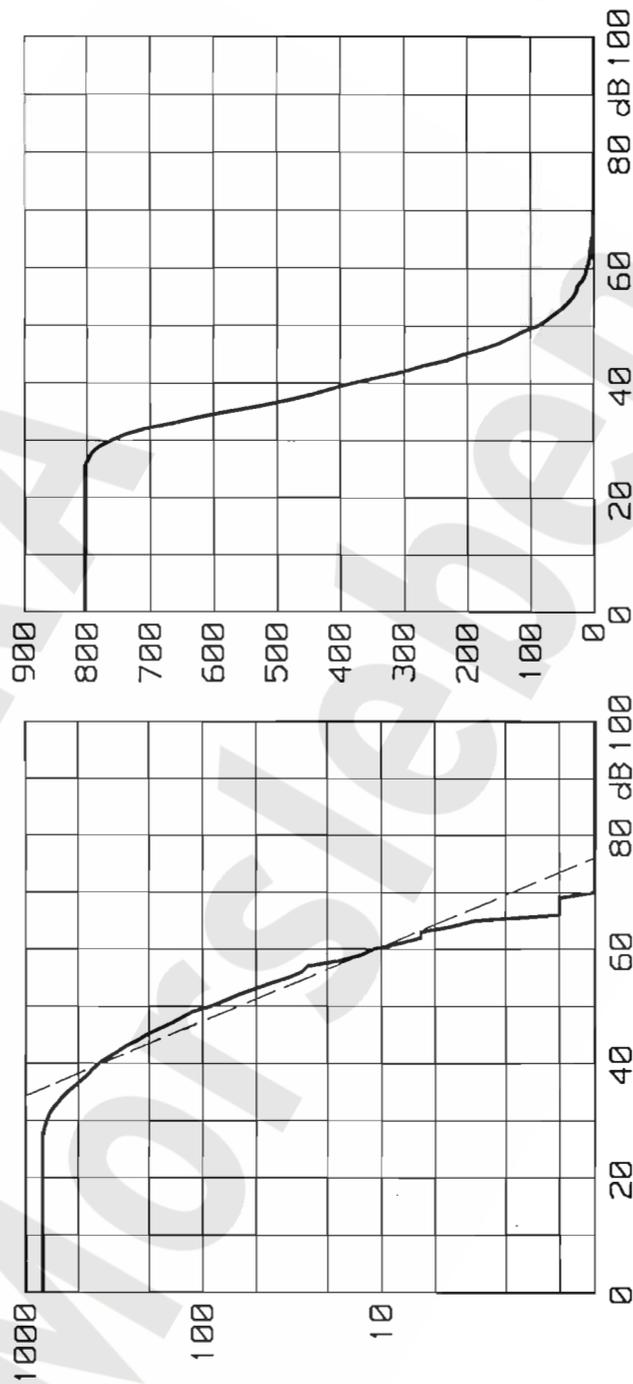
Magnitudenverteilung (kumulativ)



Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 10.

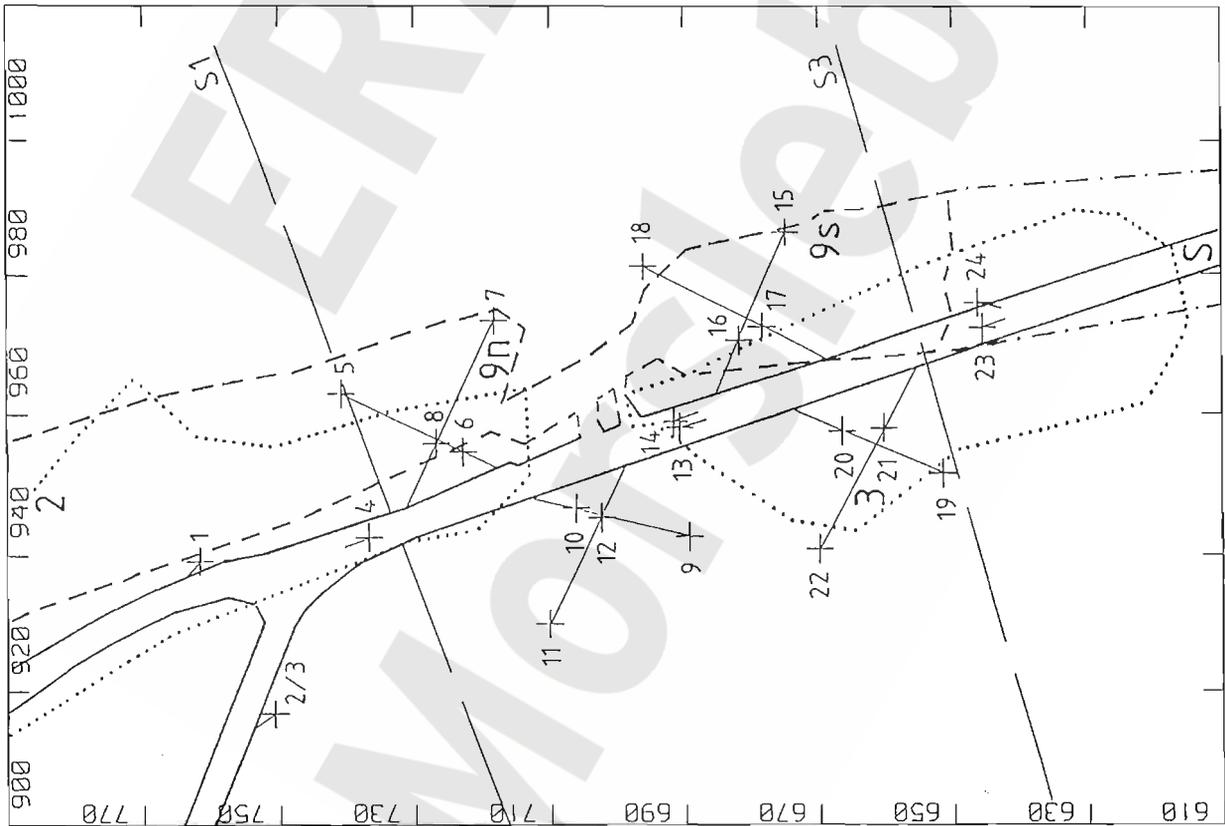
April 98 bis Maerz 99, $70 < X < 90$, $330 < Y < 370$, $-270 < Z < -245$
 804 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 40.3 dB

Magnitudenverteilung (kumulativ)



BGR
B 2.4

Mikroakustik ERAM Zentralteil: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), hier Bereich 11.

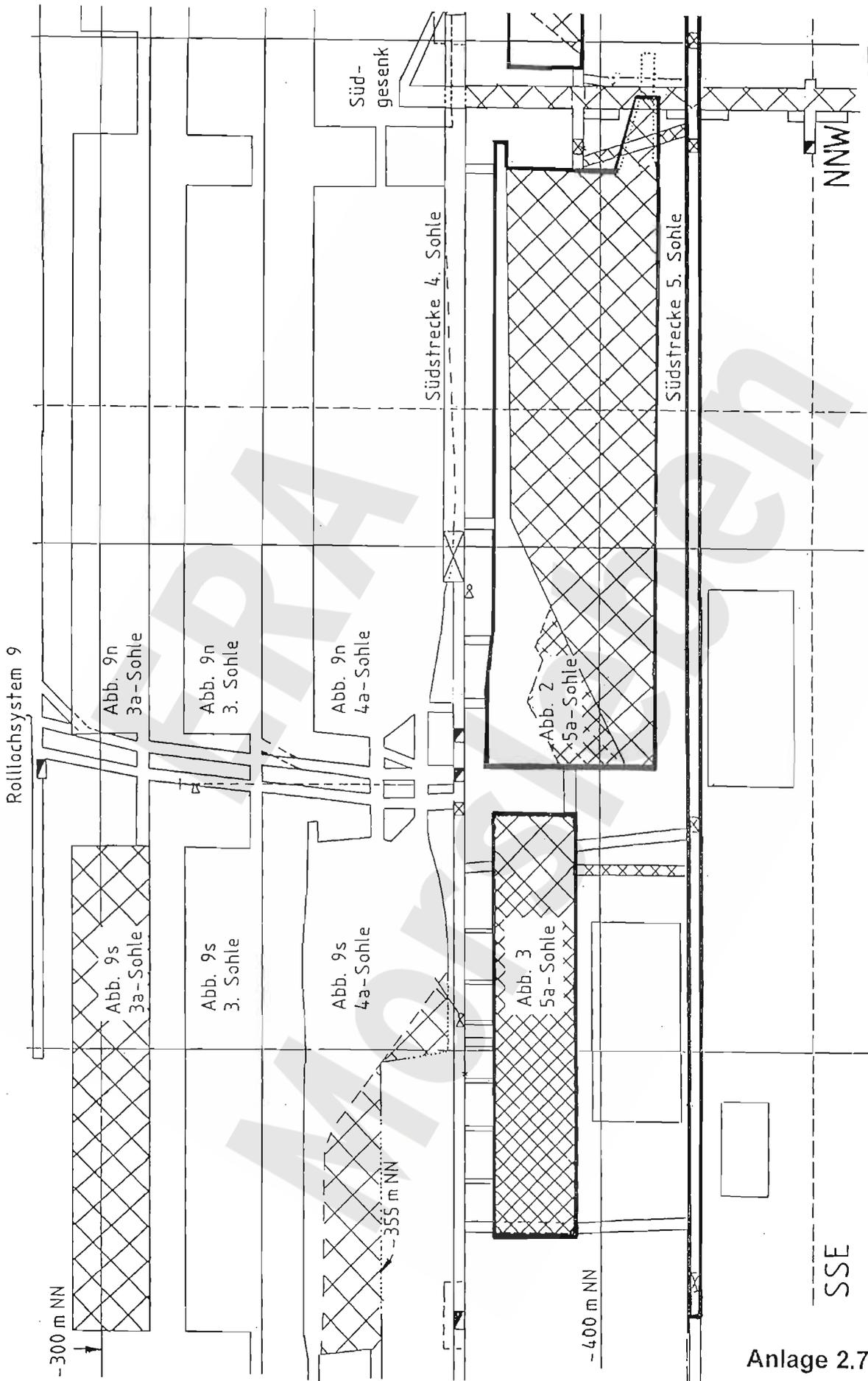


900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m

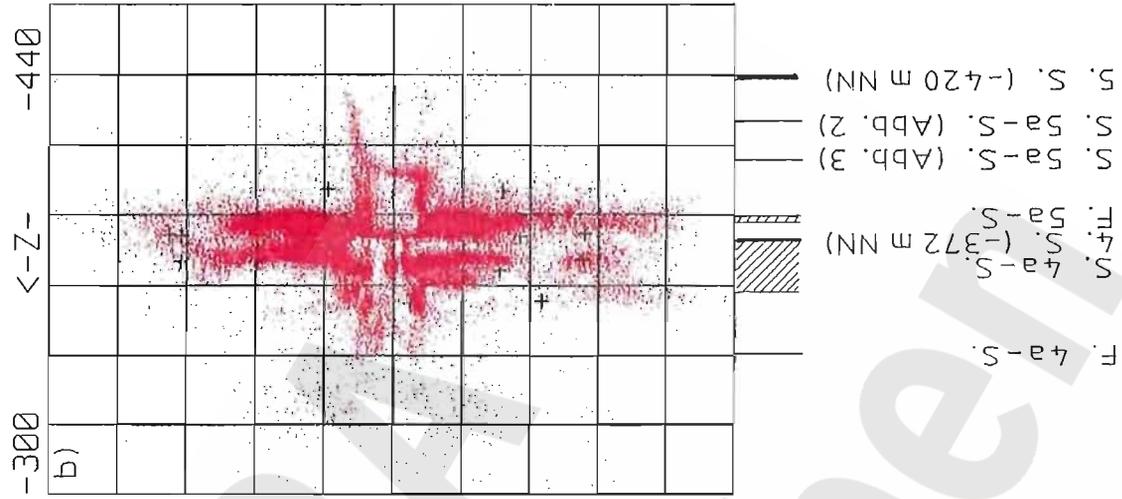
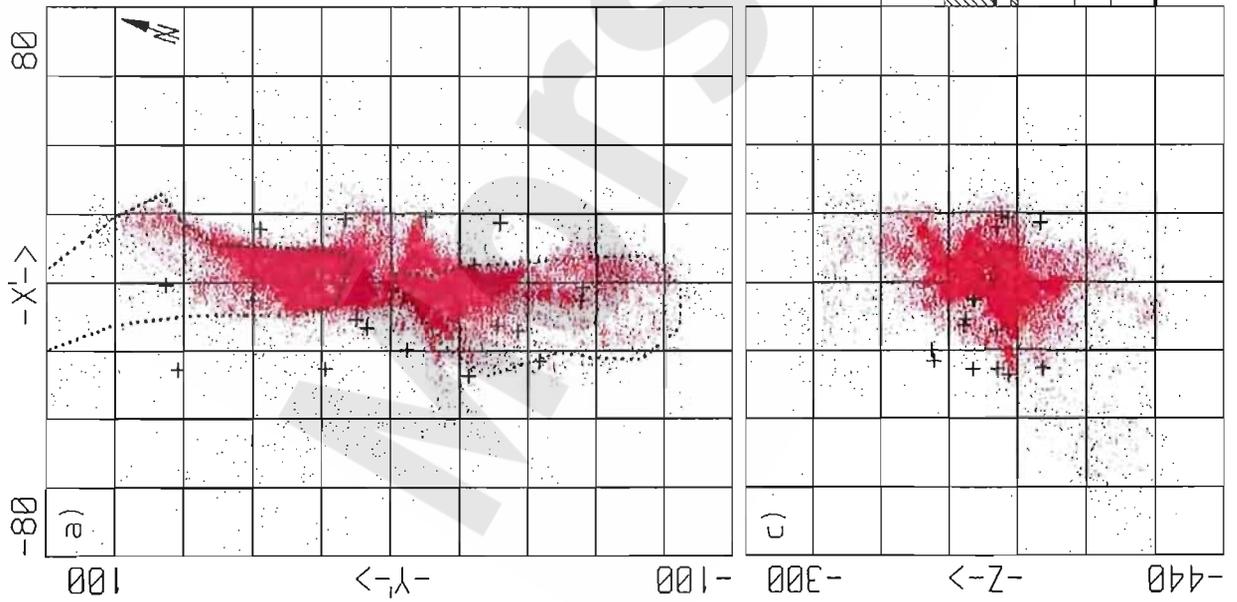
Konturen:

- 4a-Sohle (-355 m NN)
- - - 4a-Sohle (-372 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

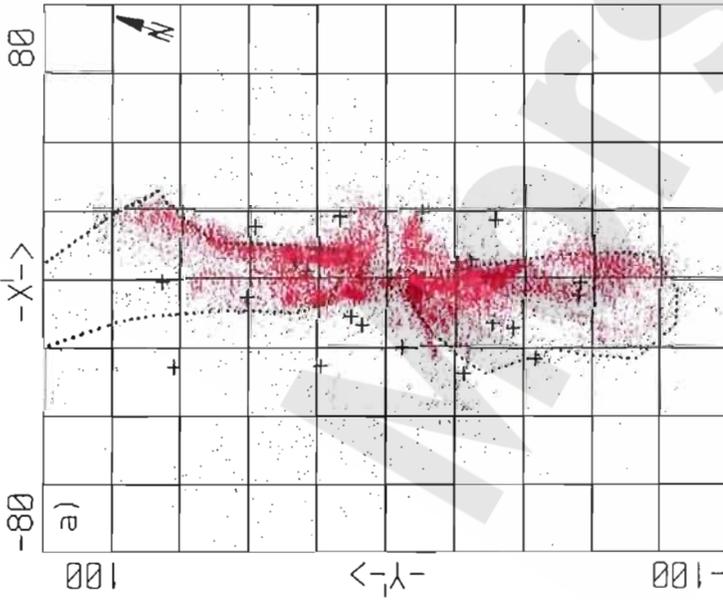
Sondenordnung Mikroakustik ERAM Südfeld
 im Bereich 4a-Sohle bis 5a-Sohle mit Lage
 der Vertikalschnitte S1 und S3 und Abbau-
 bezeichnungen



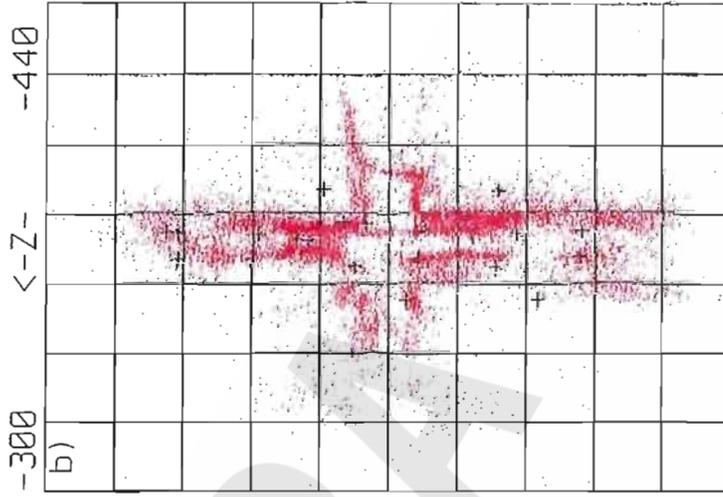
Seigerriß II (seitenverkehrt zu Seigerriß a₂ - d₂ des Rißwerks)



Sohlriß

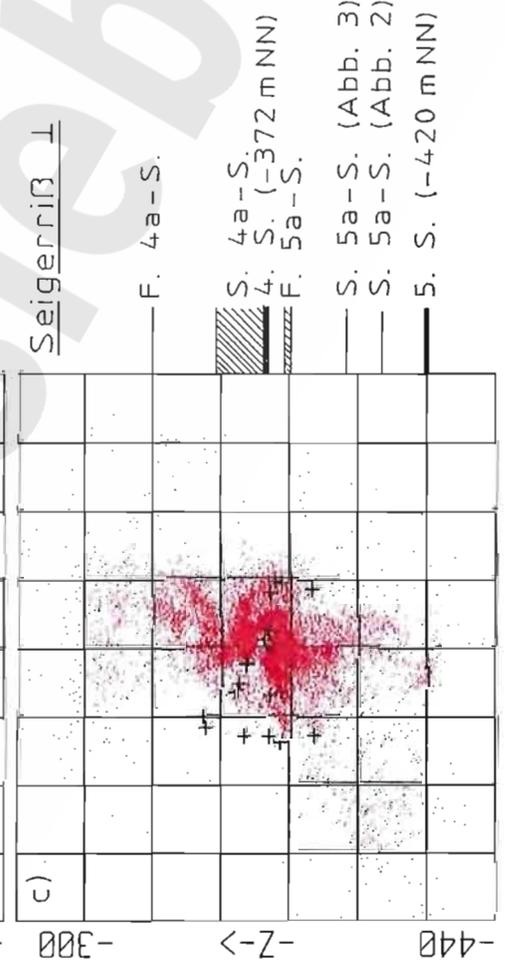


Seigerriß II



Konturen
..... 5a-Sohle

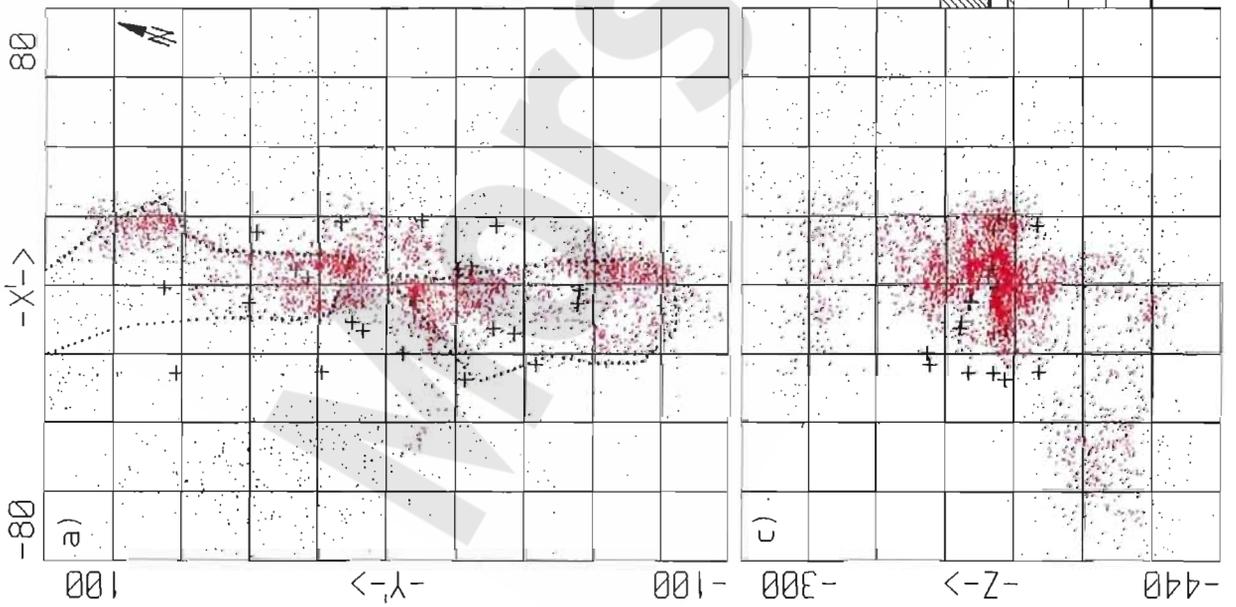
Seigerriß I



F. 4a-S.

S. 4a-S.
4. S. (-372 m NN)
F. 5a-S.

S. 5a-S. (Abb. 3)
S. 5a-S. (Abb. 2)
5. S. (-420 m NN)

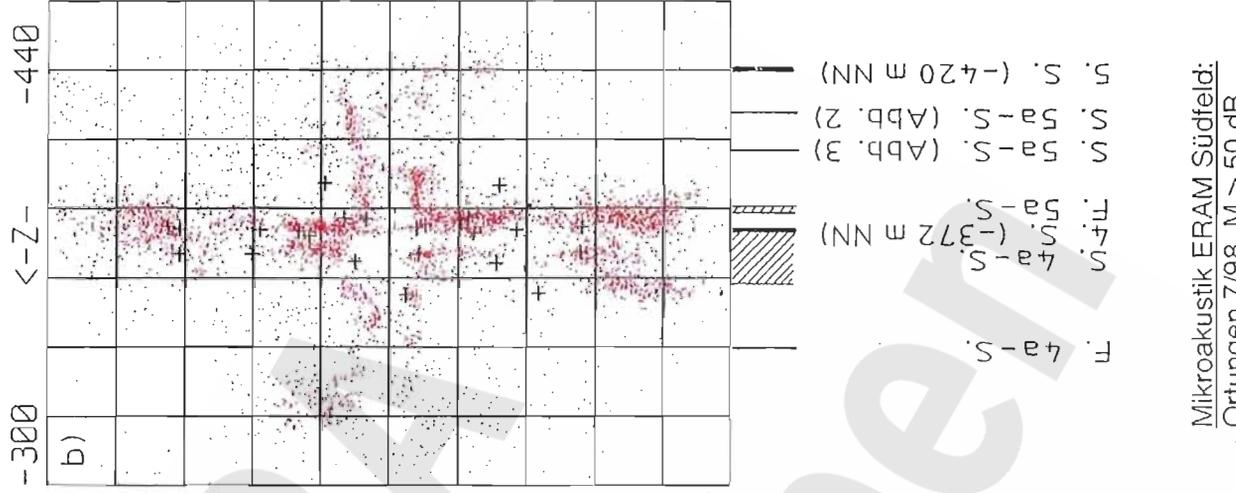


Sohlriß

Konturen
..... 5a-Sohle

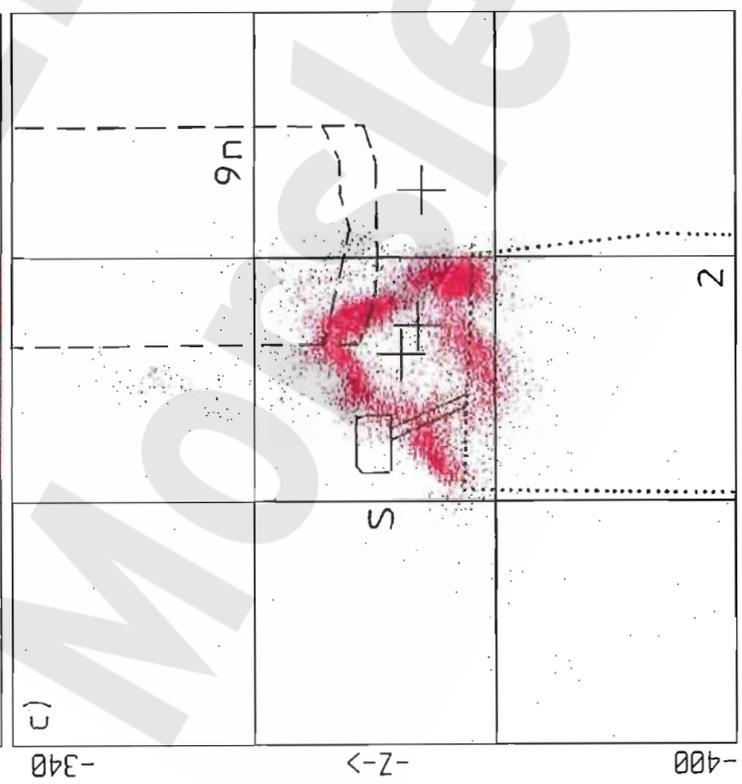
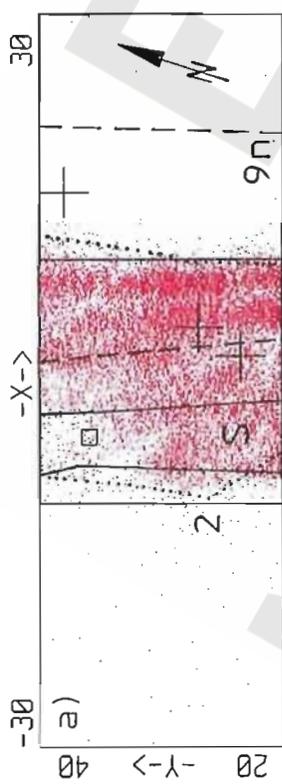
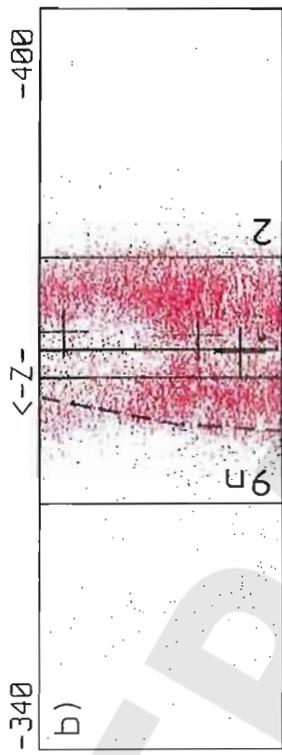
Seigerriß I

- F. 4a-S.
- S. 4a-S. (-372 m NN)
- F. 5a-S.
- S. 5a-S. (Abb. 3)
- S. 5a-S. (Abb. 2)
- S. S. (-420 m NN)



Seigerriß II

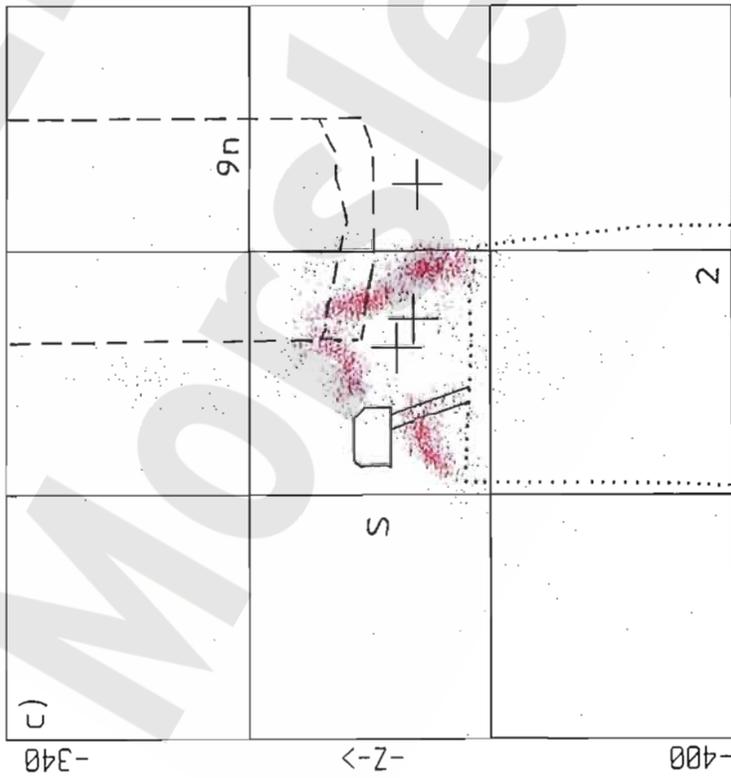
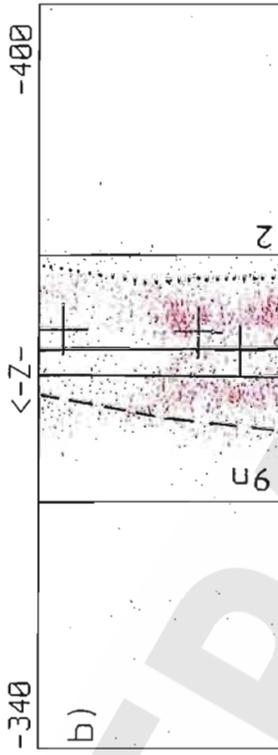
- F. 4a-S.
- F. 4a-S. (-372 m NN)
- S. 5a-S. (Abb. 3)
- S. 5a-S. (Abb. 2)
- S. S. (-420 m NN)



Konturen Schnitt S1:

- 4a-Sohle (-346 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:
 Vertikalschnitt S1 mit Ortungen und
 Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98,
 M > 0 dB: a) Sohlriss, b) Seigerriss II
 c) Seigerriss I

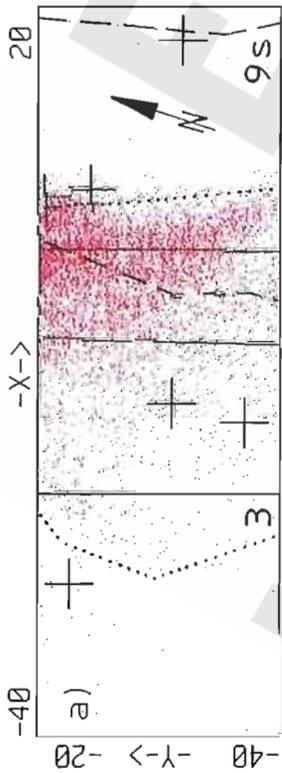
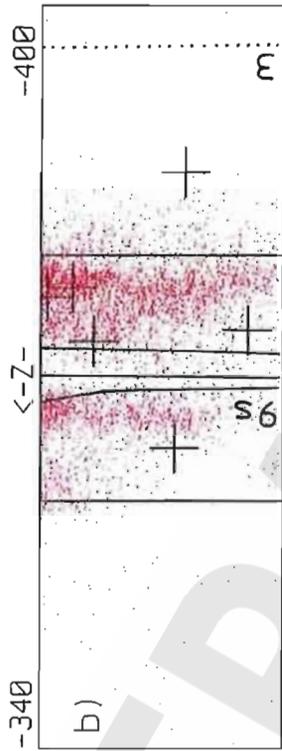


Konturen Schnitt S1:

- 4a-Sohle (-346 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Vertikalschnitt S1 mit Ortungen und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98, M > 40 dB: a) Sohlriss, b) Seigerriss II c) Seigerriss I

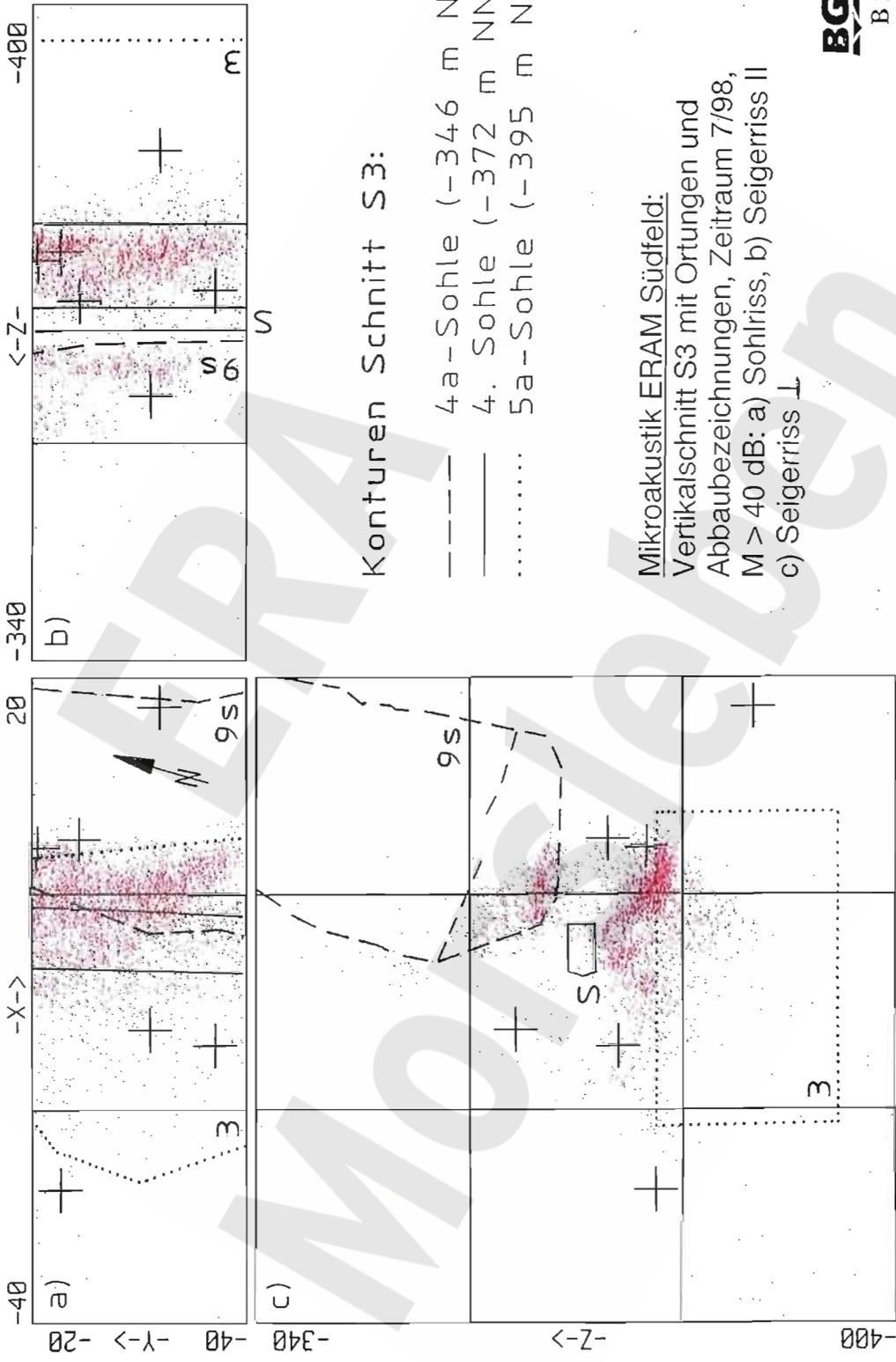


Konturen Schnitt S3:

- 4a - Sohle (-346 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a - Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Vertikalschnitt S3 mit Ortungen und Abbaubezeichnungen, Zeitraum 7/98, M > 0 dB: a) Sohlriss, b) Seigerriss II c) Seigerriss I



Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-350 m < Z < -334 m

7766 Ereignisse

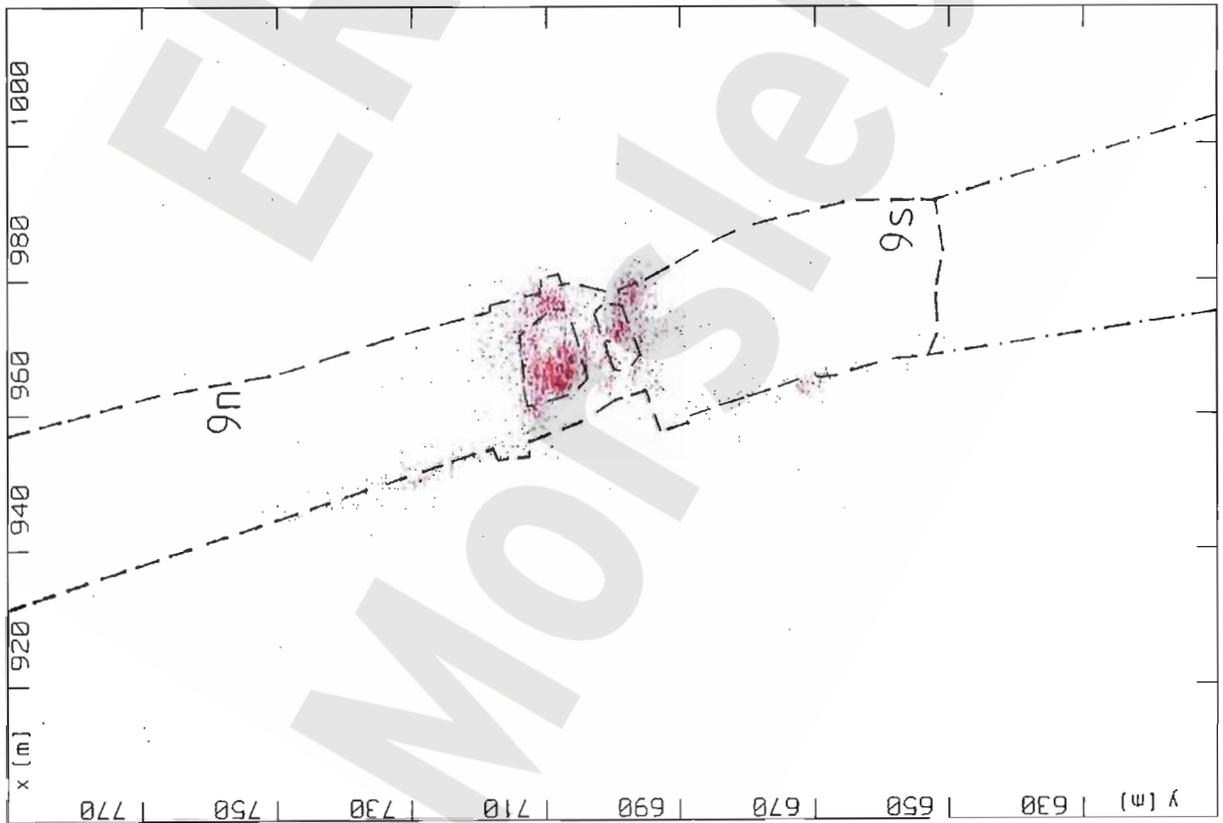
Konturen:

- · - · - 4a-Sohle (-346 m NN)

- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-350 mNN bis -334 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99



Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-358 m < Z < -350 m

19457 Ereignisse

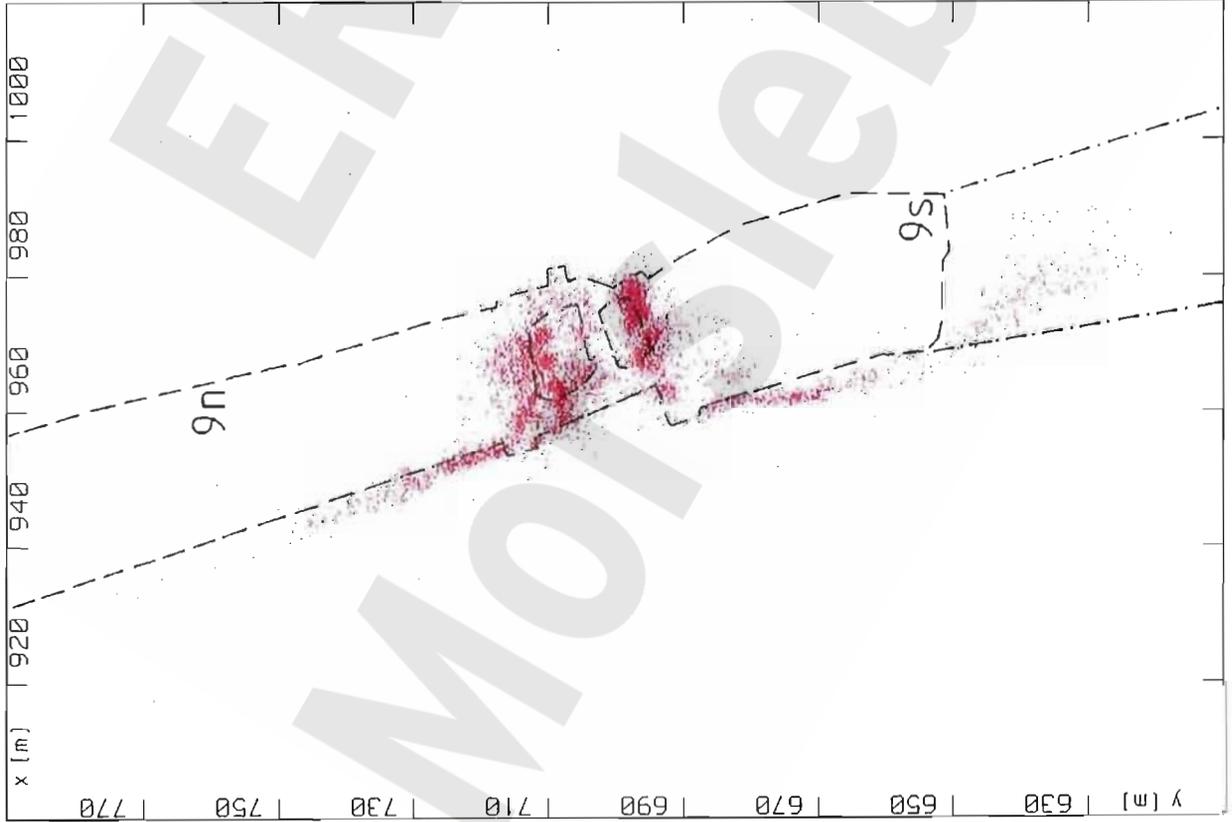
Konturen:

- · - · - 4a-Sohle (-346 m NN)

- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-358 mNN bis -350 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99



Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-362 m < Z < -358 m

17315 Ereignisse

Konturen:

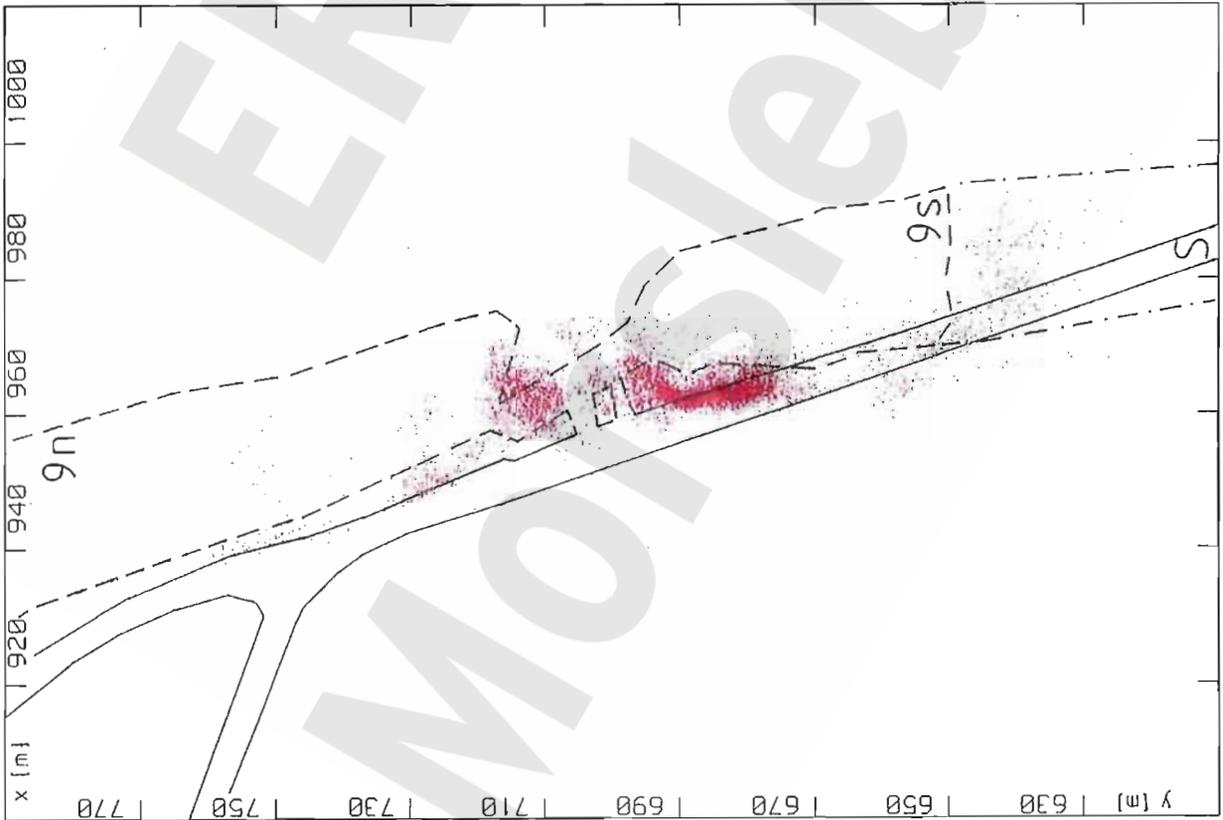
- · - · - 4a-Sohle (-357 m NN)

- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)

— 4. Sohle (-372 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-362 mNN bis -358 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99



Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-364 m < Z < -362 m

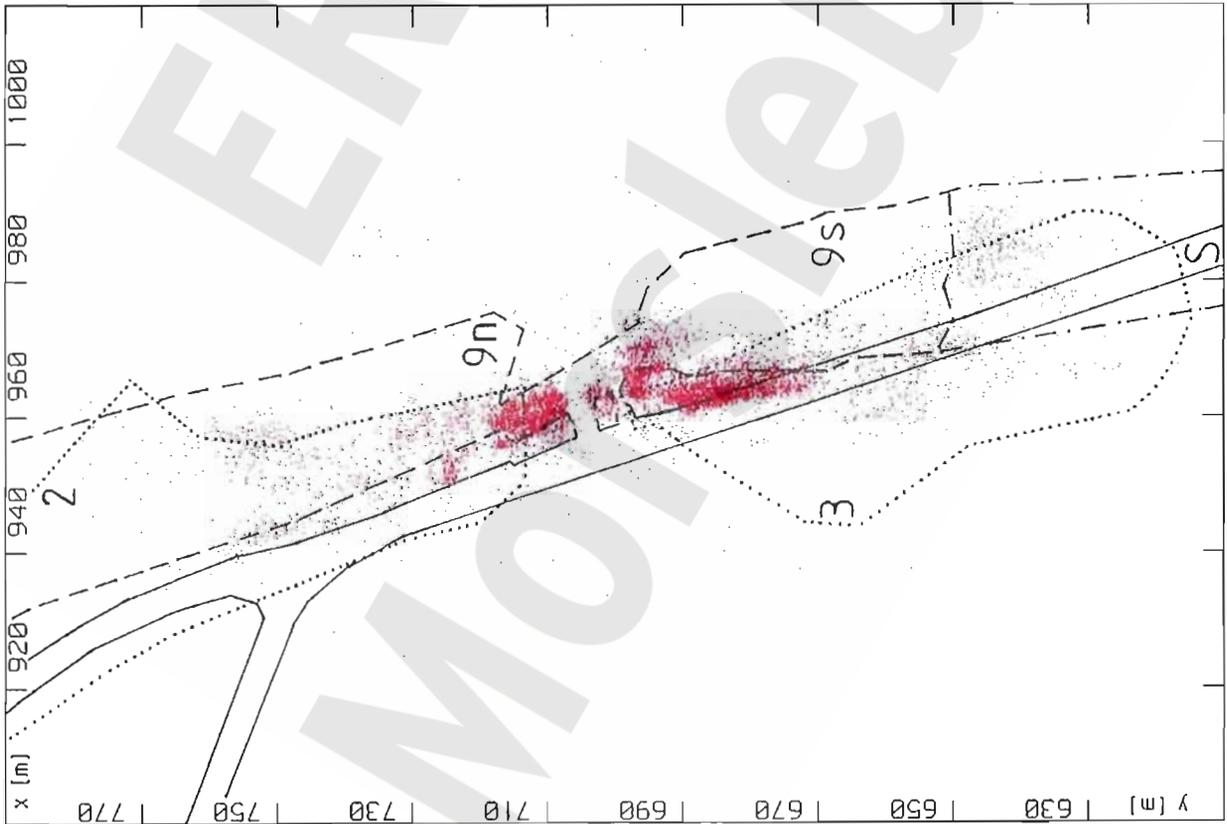
16037 Ereignisse

Konturen:

- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-364 mNN bis -362 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99



Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-366 m < Z < -364 m

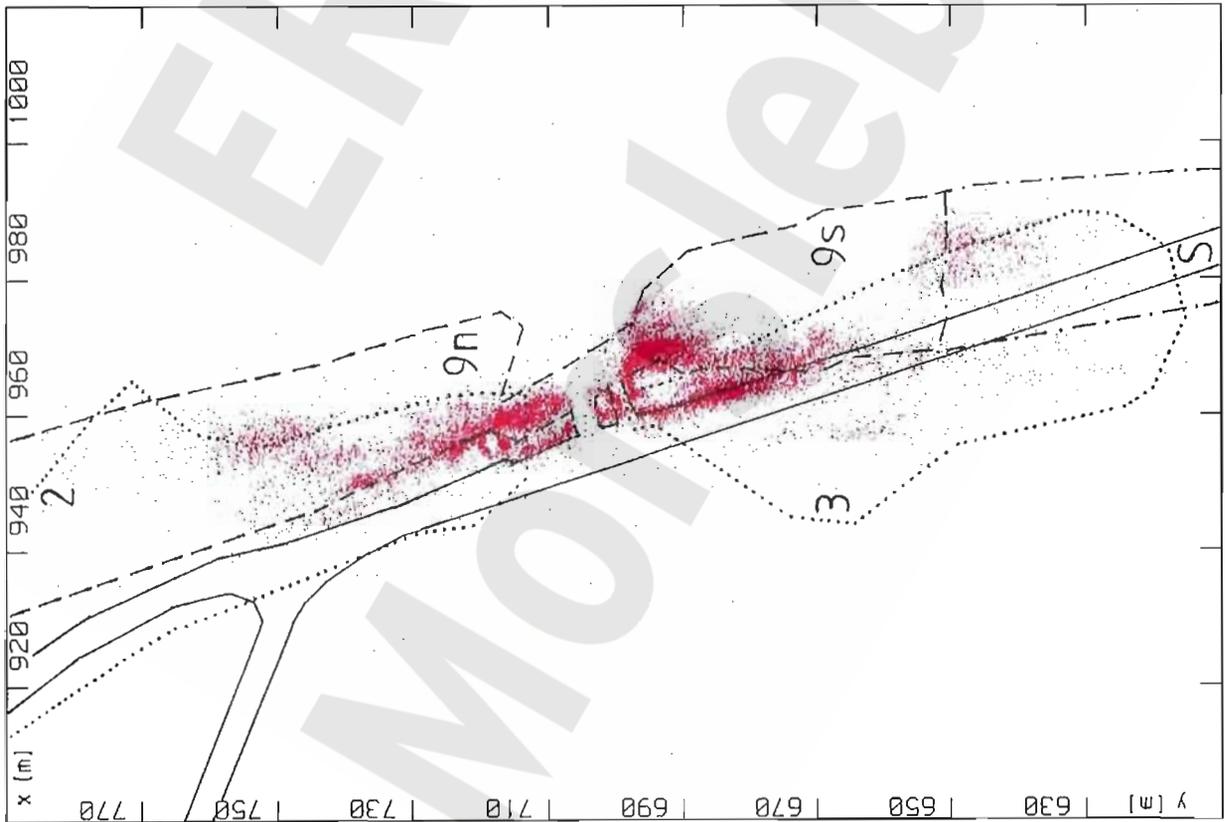
30053 Ereignisse

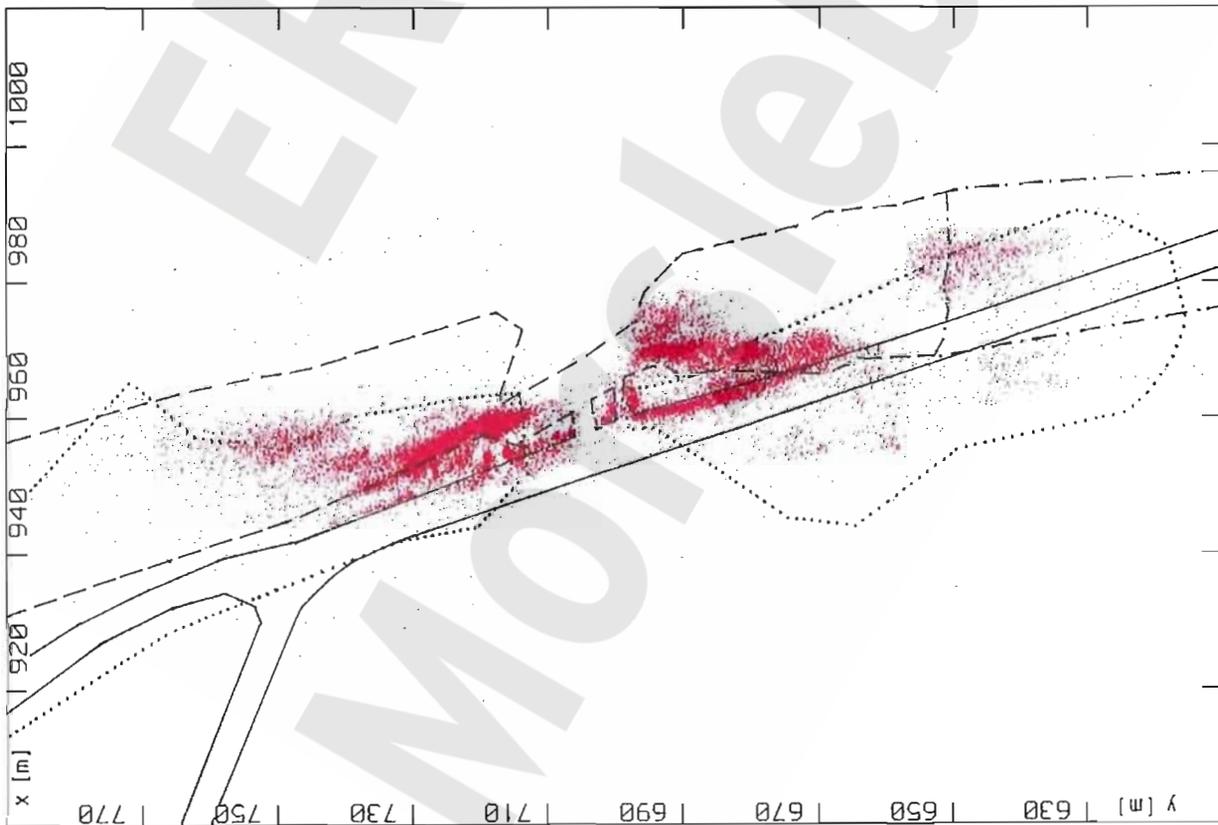
Konturen:

- · - · - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - 4a-Sohle (-370 m NN)
- - - 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-366 mNN bis -364 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99;





Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-368 m < Z < -366 m

51630 Ereignisse

Konturen:

- · - · - 4a-Sohle (-357 m NN)

- - - - 4a-Sohle (-370 m NN)

..... 4. Sohle (-372 m NN)

- · - · - 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich

-368 mNN bis -366 mNN und Abbaubezeichnungen,

Zeitraum 4/98 - 3/99

Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-370 m < Z < -368 m

45841 Ereignisse

Konturen:

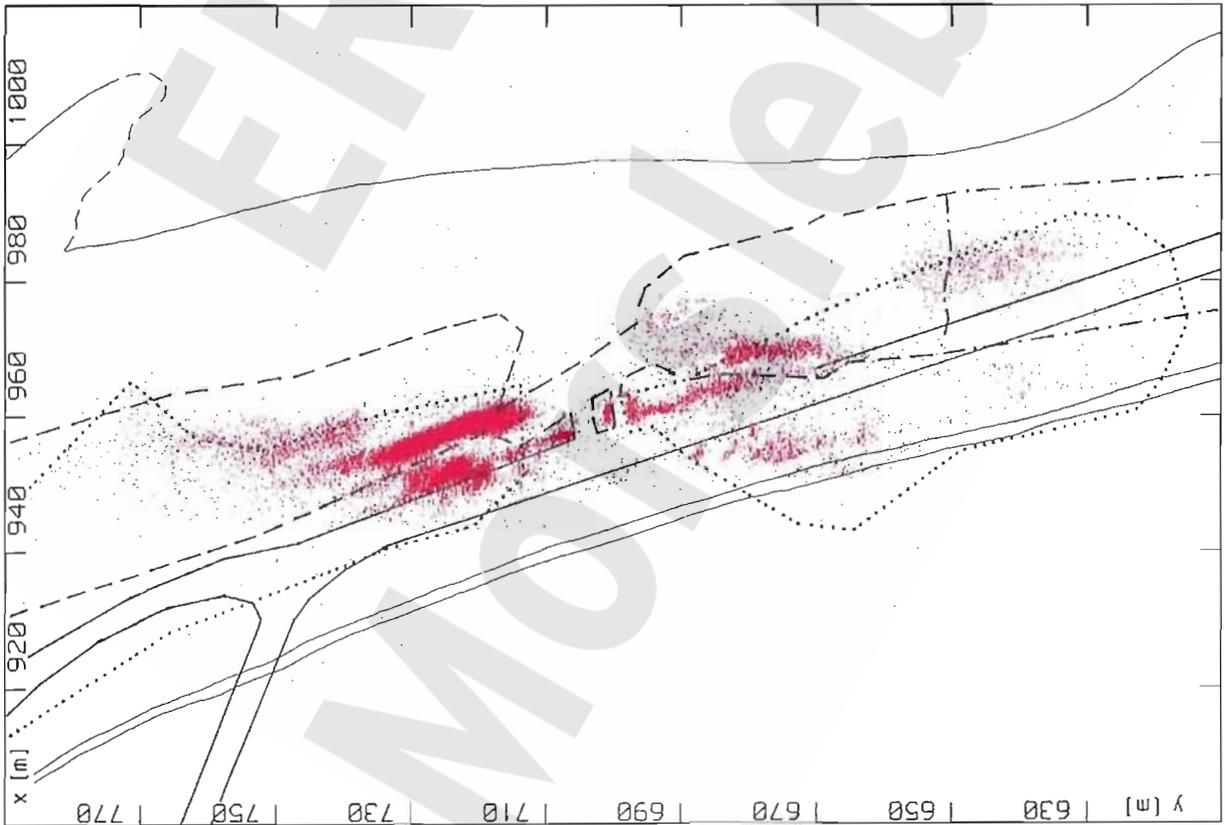
- · - · - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- - - - 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Geologie:

Niveau 4. Sohle (-372 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-370 mNN bis -368 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99



Horizontalschnitt

04/98 - 03/99

900 m < X < 1020 m

610 m < Y < 790 m

-372 m < Z < -370 m

29351 Ereignisse

Konturen:

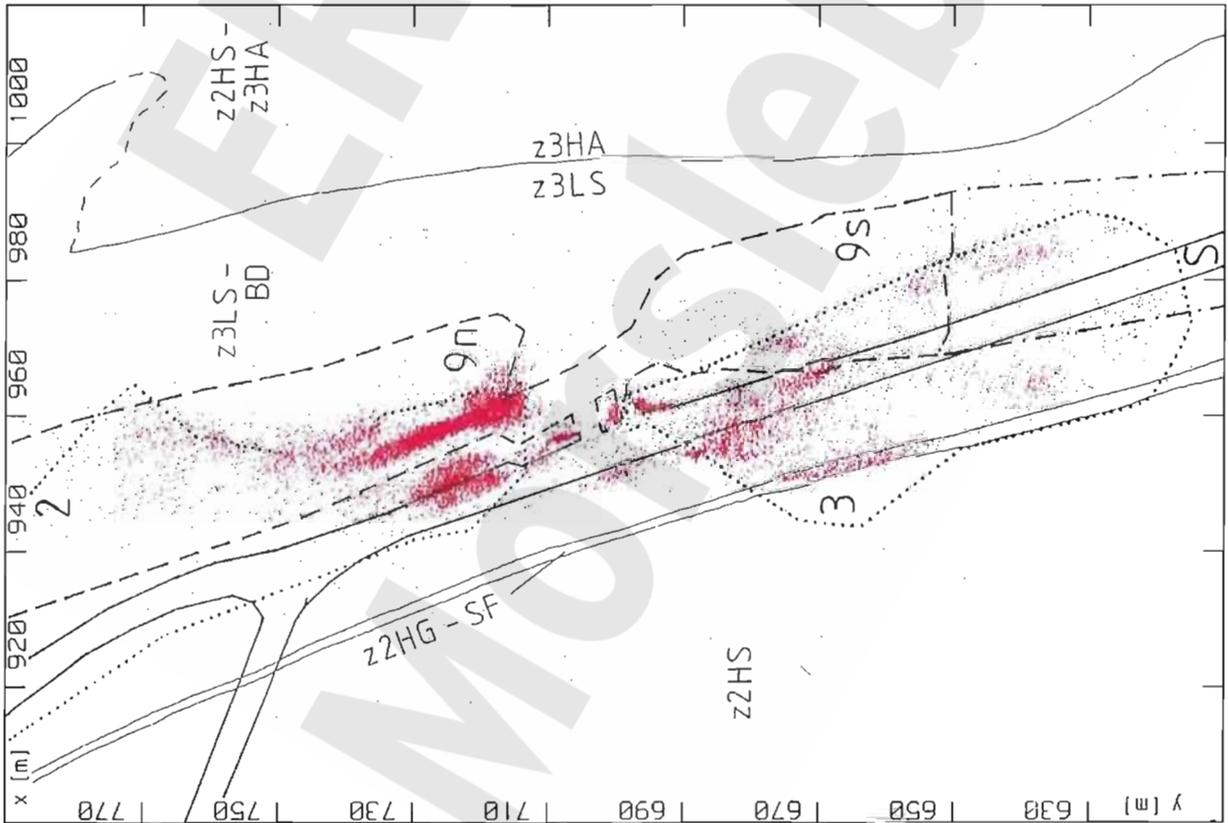
- · - · - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- - - - 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

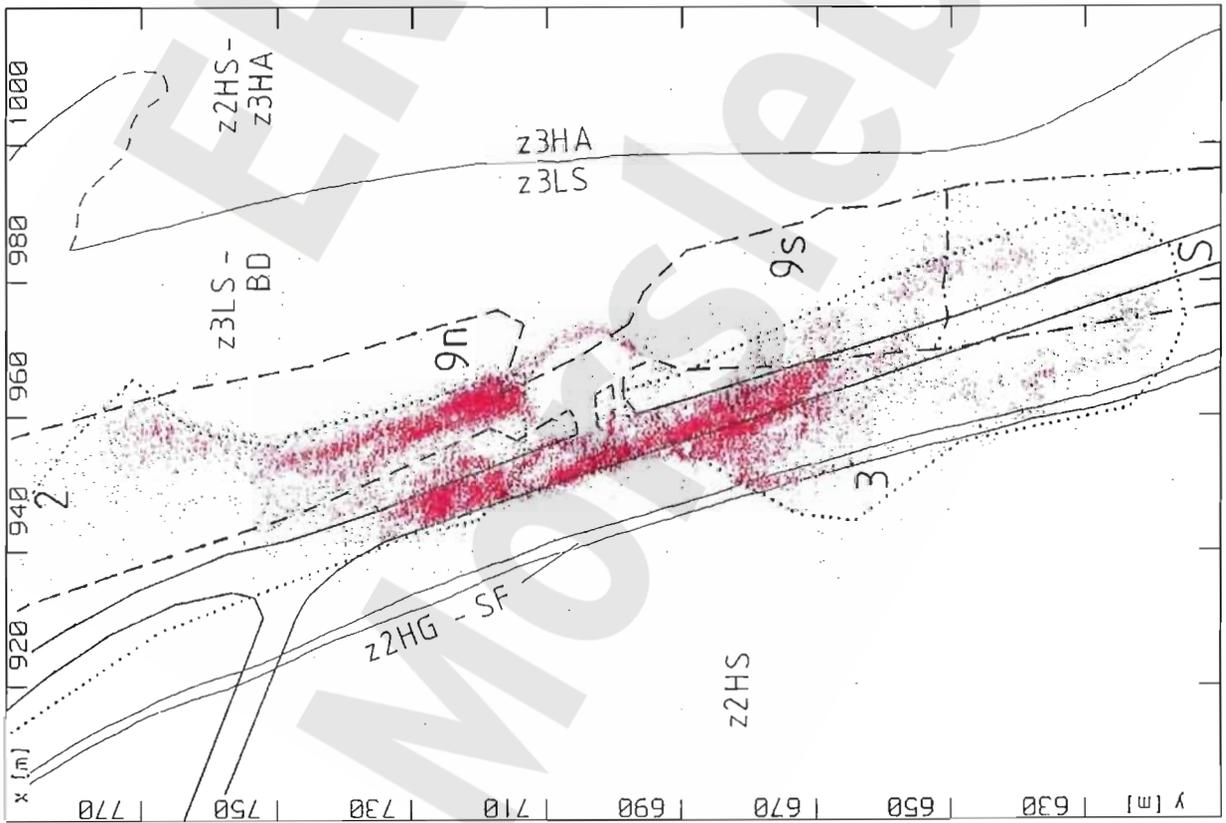
Geologie:

Niveau 4. Sohle (-372 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
-372 mNN bis -370 mNN und Abbaubezeichnungen,
Zeitraum 4/98 - 3/99





900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -374 m < Z < -372 m
 41160 Ereignisse

Konturen:

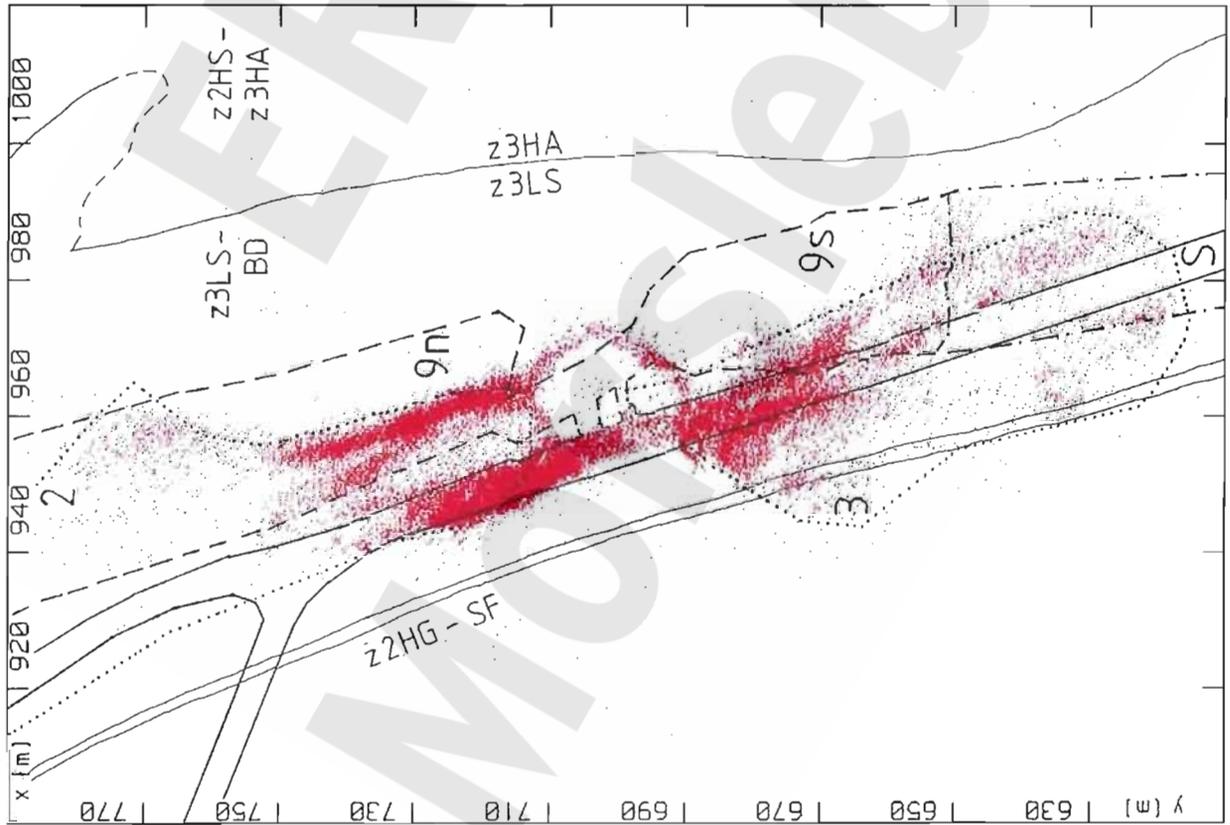
- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- — — 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Geologie:

Niveau 4. Sohle (-372 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -374 mNN bis -372 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -376 m < Z < -374 m
 80410 Ereignisse

Konturen:

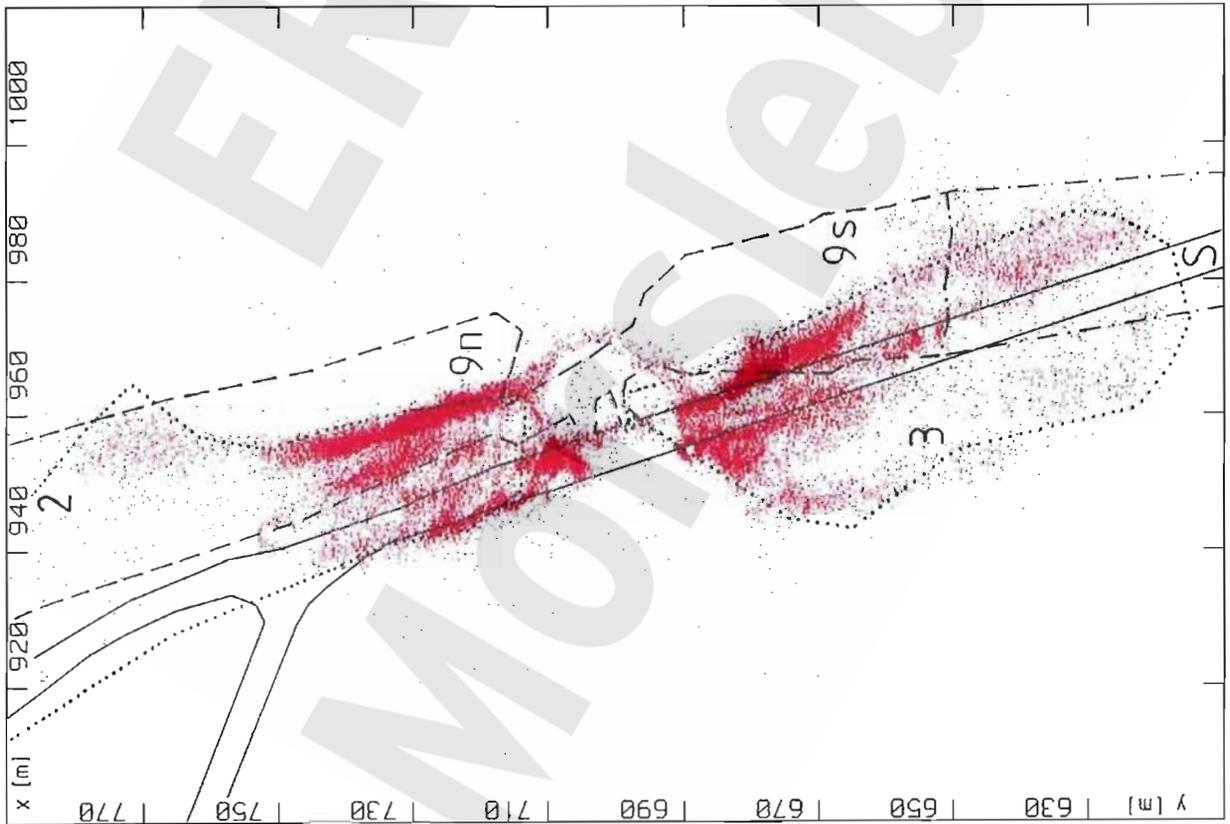
- - - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Geologie:

Niveau 4. Sohle (-372 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -376 mNN bis -374 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



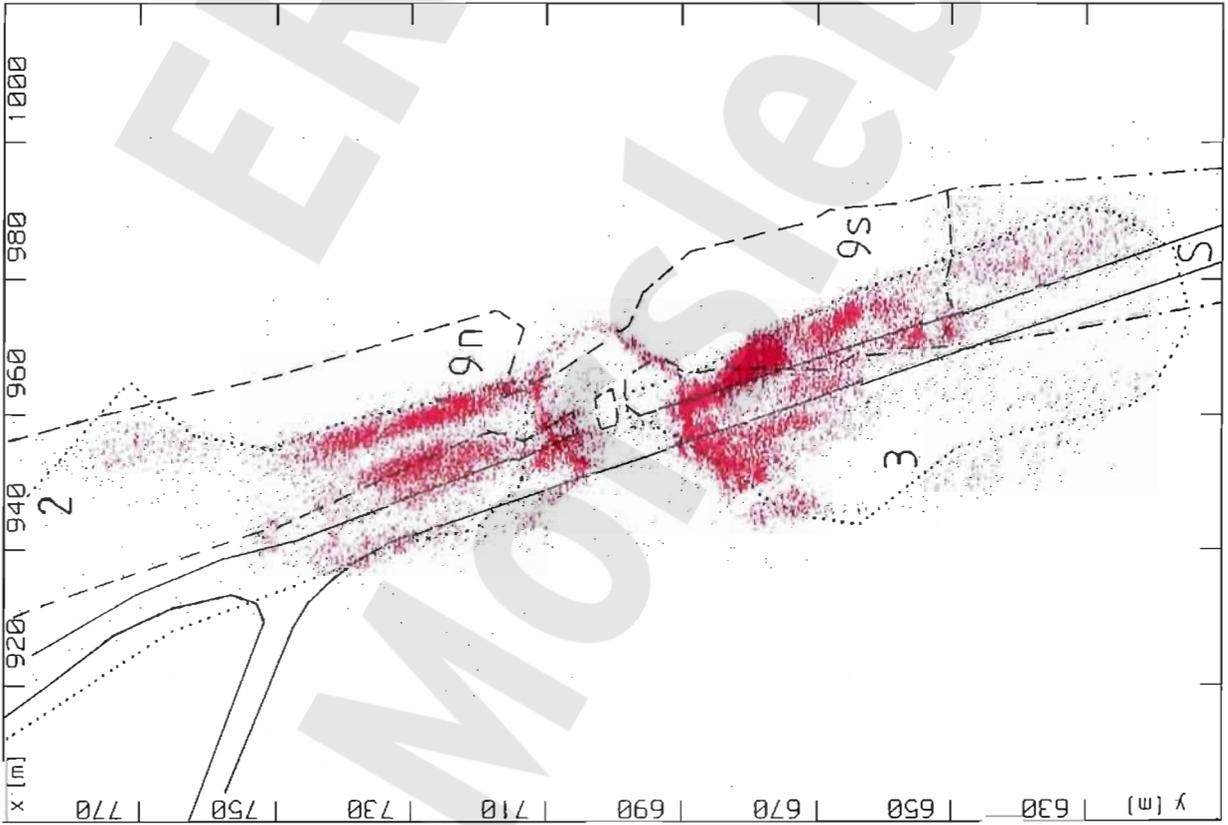
900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -378 m < Z < -376 m
 79254 Ereignisse

Konturen:

- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -378 mNN bis -376 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



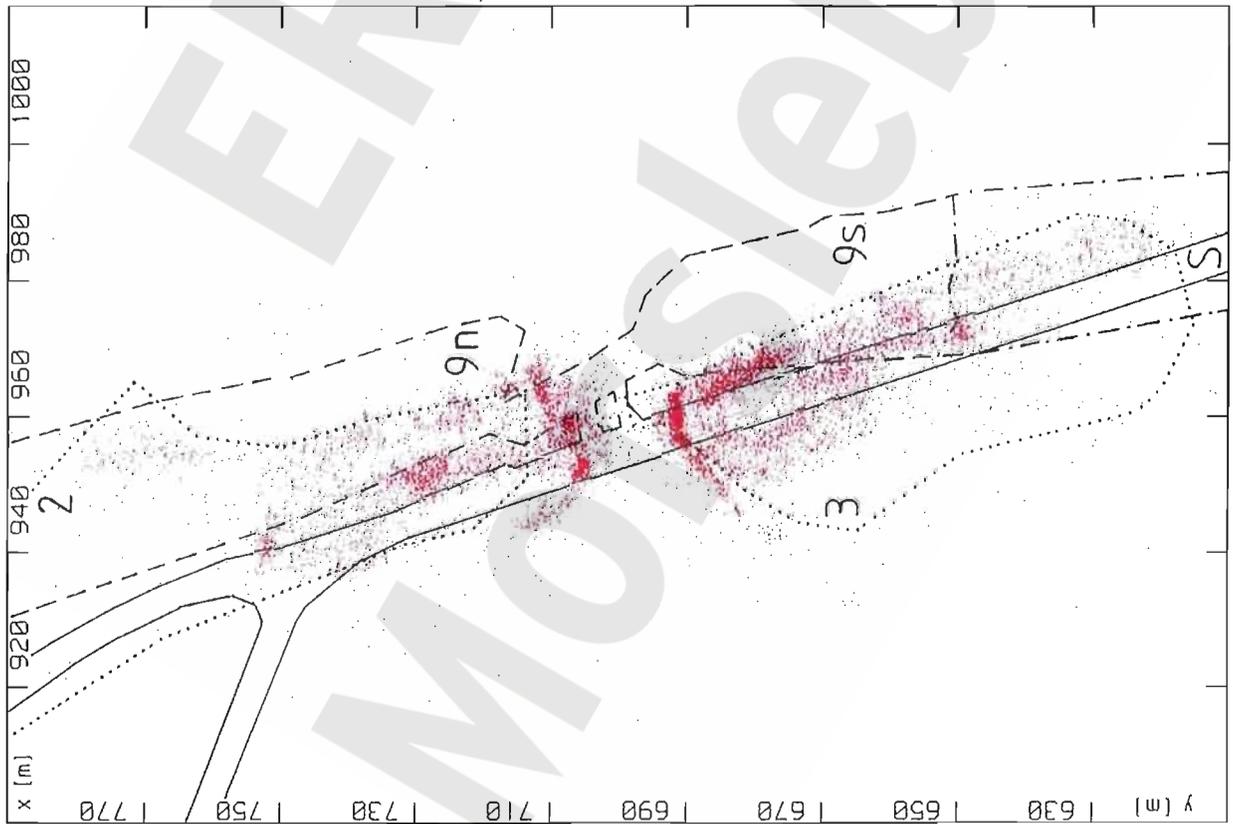
900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -380 m < Z < -378 m
 48175 Ereignisse

Konturen:

- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 - -365 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -380 mNN bis -378 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



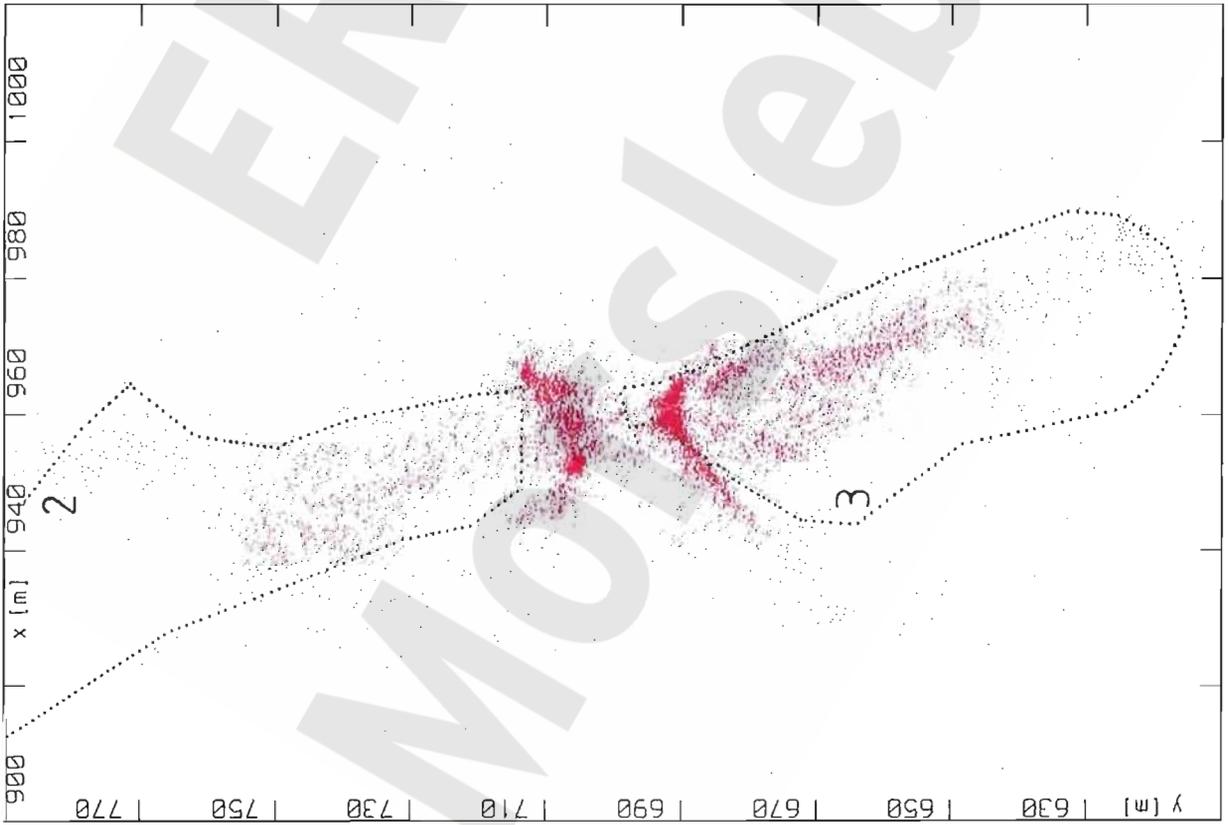
900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -382 m < Z < -380 m
 17704 Ereignisse

Konturen:

- - - - 4a-Sohle (-357 m NN)
- - - - 4a-Sohle (-370 m NN)
- 4. Sohle (-372 m NN)
- 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -382 mNN bis -380 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



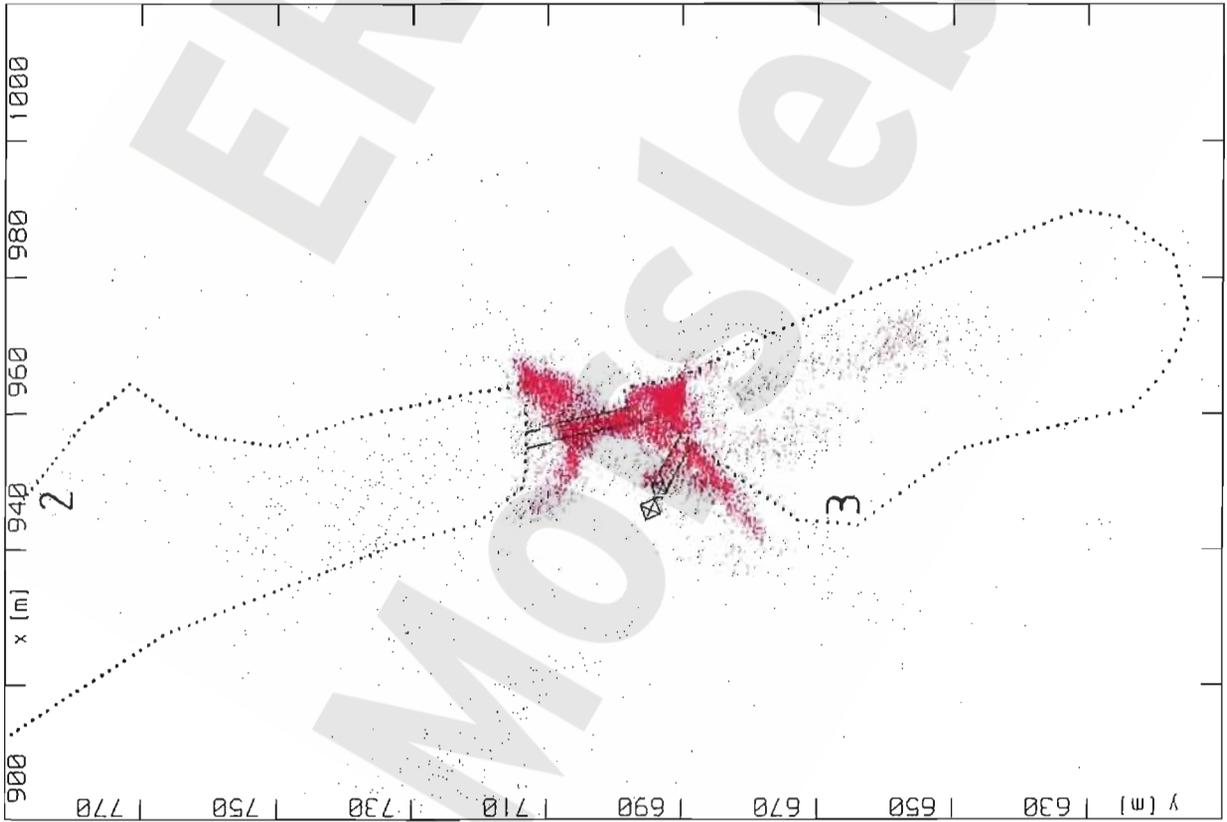
900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -386 m < Z < -382 m
 16984 Ereignisse

Konturen:

..... 5a-Sohle (-395 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -386 mNN bis -382 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



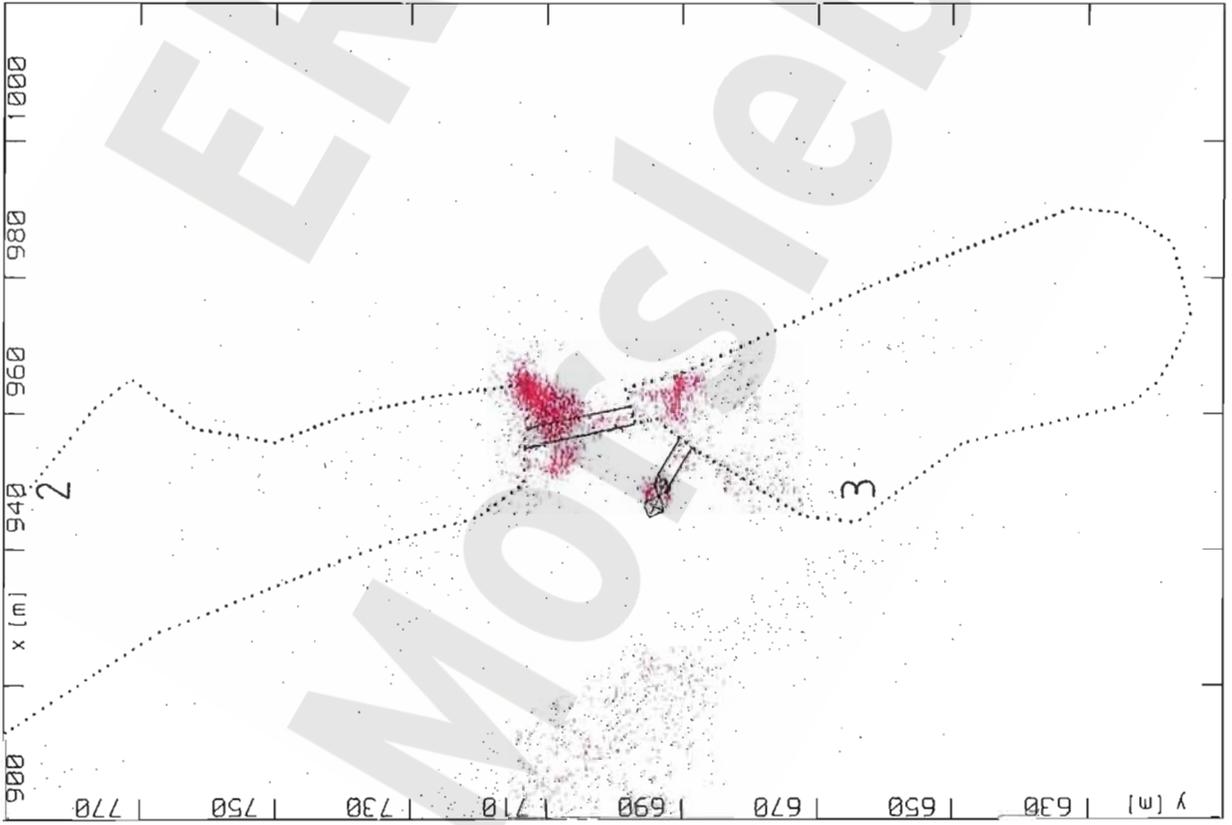
900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -394 m < Z < -386 m
 25083 Ereignisse

Konturen:

..... 5a-Sohle (-395 m NN)
 ————— dfo.

Mikroakustik ERAM Südfeld:

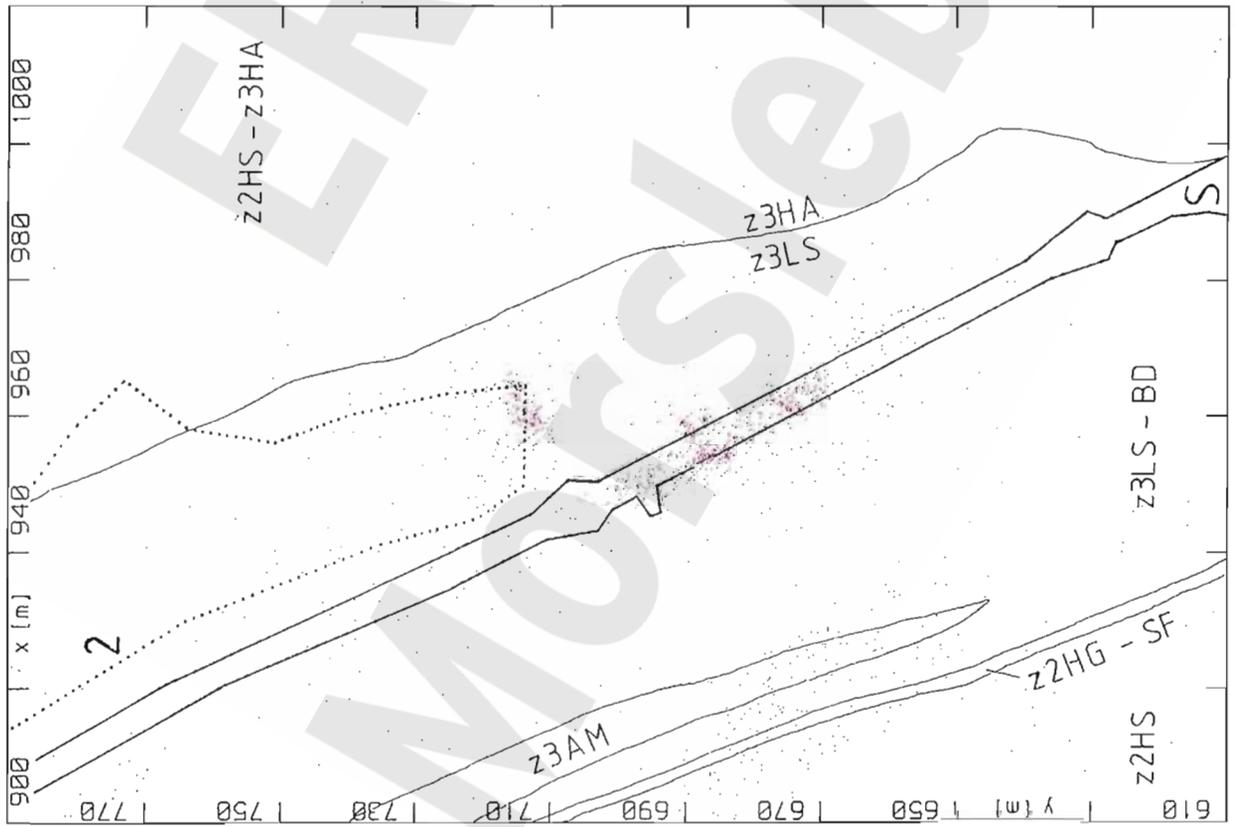
Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -394 mNN bis -386 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -410 m < Z < -394 m
 9619 Ereignisse

Konturen:
 5a-Sohle (-395 m NN)
 ————— dto.

Mikroakustik ERAM Südfeld:
 Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -410 mNN bis -394 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99



900 m < X < 1020 m
 610 m < Y < 790 m
 -430 m < Z < -410 m
 2502 Ereignisse

Konturen:

..... 5a-Sohle (-406 m NN)
 — 5. Sohle (-420 m NN)

Geologie:

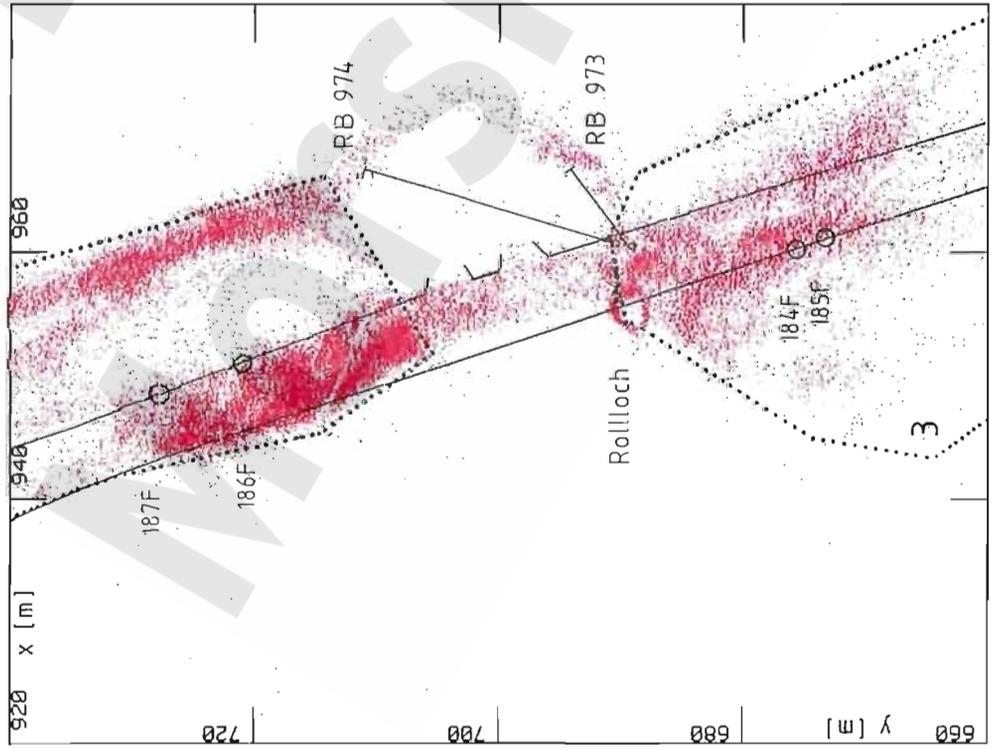
Niveau 5. Sohle (-420 m NN)

Mikroakustik ERAM Südfeld:

Horizontalschnitt mit Ortungen im Tiefenbereich
 -430 mNN bis -410 mNN und Abbaubezeichnungen,
 Zeitraum 4/98 - 3/99

Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle

Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelinie zwischen 4. Sohle (-372 mNN) und Firste 5a-Sohle (ca. -380 mNN) im Sohlriß: Teufenintervall -376 bis -374 mNN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 72.902 Ereignisse



Konturen

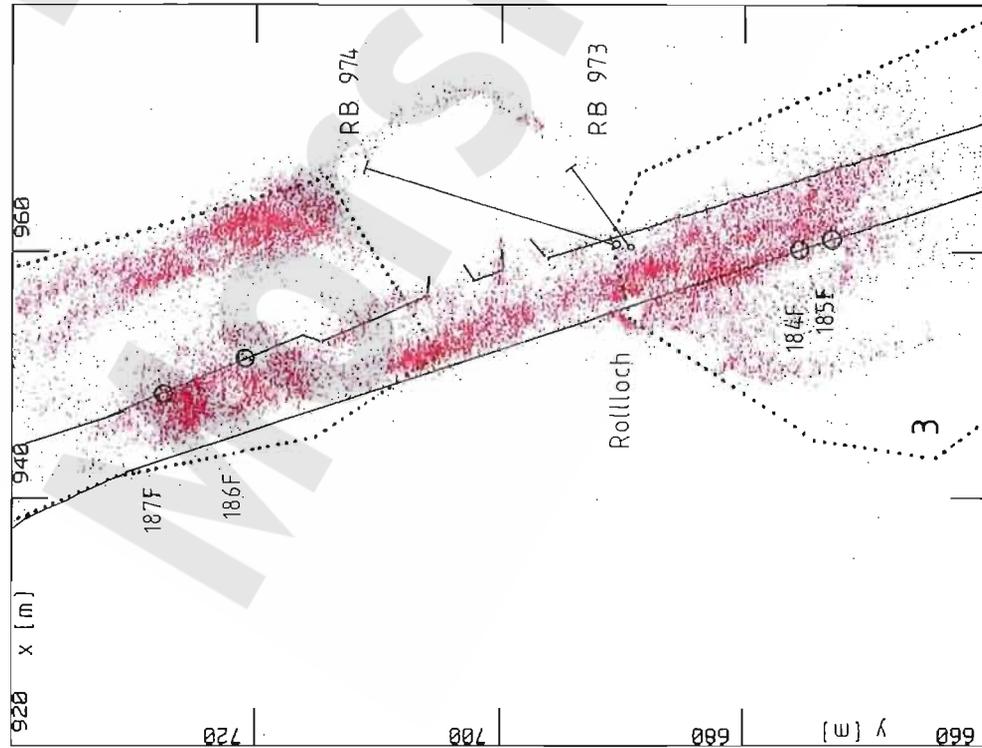
- 4. Sohle (Südstrecke, -372mNN)
- 5a-Sohle (Firste Abbaue 2 und 3, ca. -380mNN)

Bohrungen RB973 und RB974

- Ansatz in Südstrecke, Einfallen 30° bzw. 15°
- Zieltiefe RB973 und RB974: -376.7 mNN
- Bohrungen treffen vermuteten Hohlraum an

Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle

Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelinie zwischen 4. Sohle (-372 mNN) und Firste 5a-Sohle (ca. -380 mNN) im Sohlriß: Teufenintervall -374 bis -372 mNN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 36.898 Ereignisse



Konturen

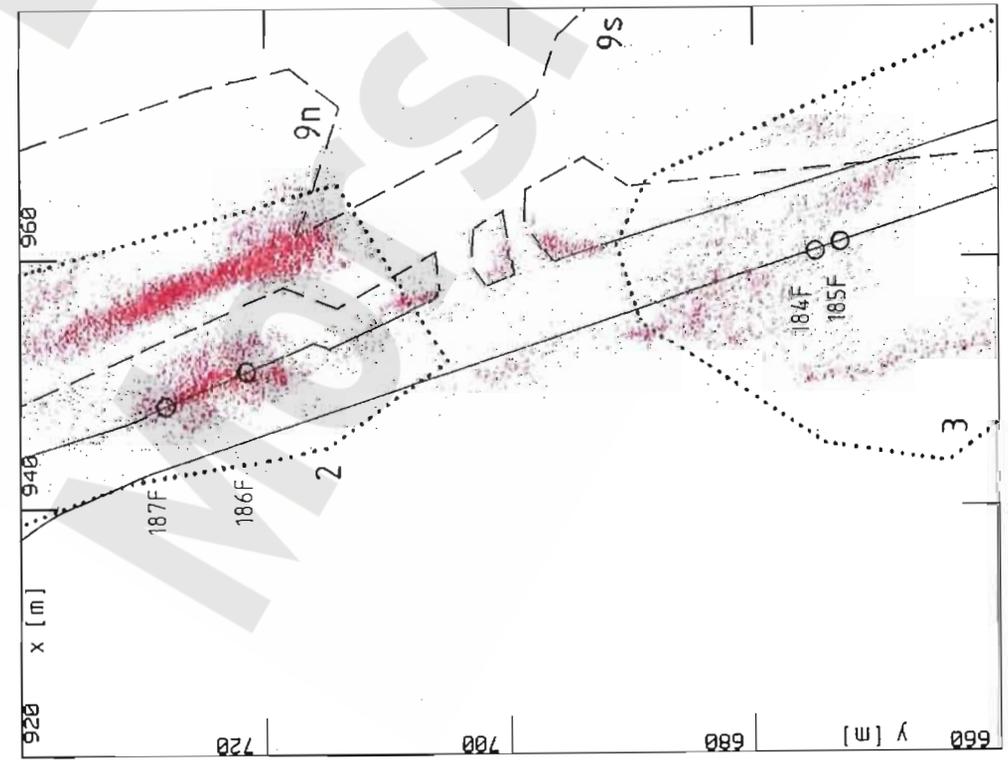
- 4. Sohle (Südstrecke, -372mNN)
- 5a-Sohle (Firste Abbaue 2 und 3, ca. -380mNN)

Bohrungen RB973 und RB974

- Ansatz in Südstrecke, Einfallen 30° bzw. 15°
- Zieftiefe RB973 und RB974: -376.7 mNN
- Bohrungen treffen vermuteten Hohlraum an

Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle

Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelinie zwischen 4. Sohle (-372 mNN) und 4a-Sohle (ca. -365 mNN) im Sohlriss: Teufenintervall -372 bis -370 mNN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 25.747 Ereignisse



Konturen

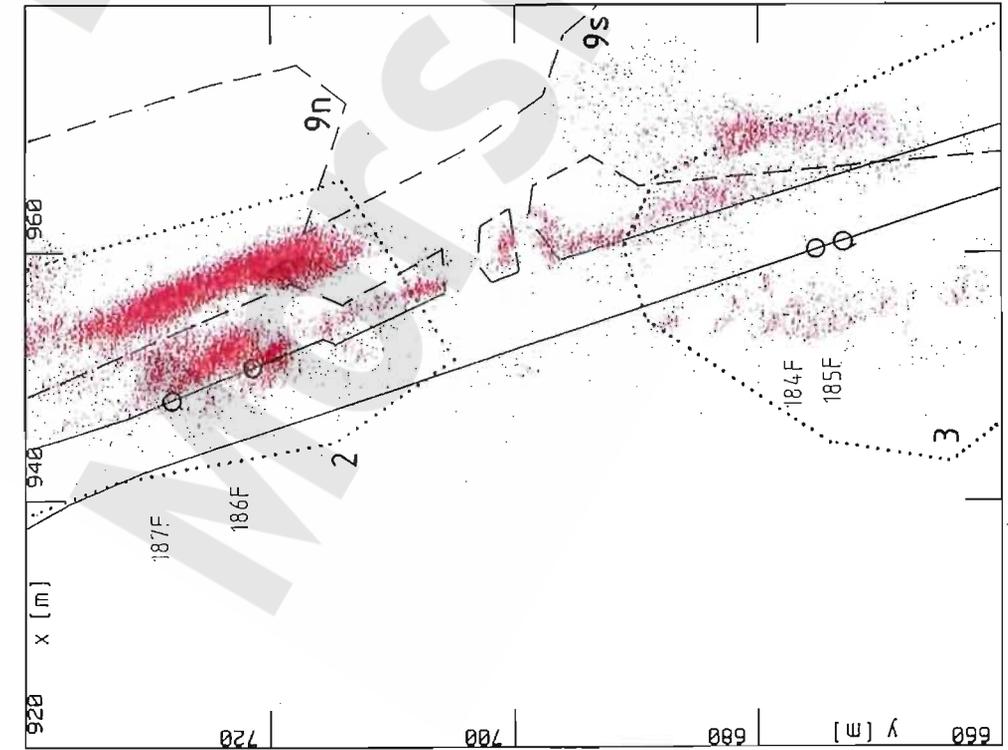
- 4a-Sohle (ca. -365 mNN)
- 4. Sohle (Südstrecke, -372mNN)
- 5a-Sohle (Firste Abbaue 2 und 3, ca. -380mNN)

Lage der Fissurometer

- 184F und 185F am Weststoß (Bereich Abbau 9s, 4a-Sohle, und Abbau 3, 5a-Sohle)
- 186F und 187F am Oststoß (Bereich Abbau 9n, 4a-Sohle, und Abbau 2, 5a-Sohle)

Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle

Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwebelinie zwischen 4. Sohle (-372 mNN) und 4a-Sohle (ca. -365 mNN) im Sohrlauf: Teufenintervall -370 bis -368 mNN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 41.249 Ereignisse



Konturen

- 4a-Sohle (ca. -365 mNN)
- 4. Sohle (Südstrecke, -372mNN)
- 5a-Sohle (Firste Abbaue 2 und 3, ca. -380mNN)

Lage der Fissurometer

- 184F und 185F am Weststoß (Bereich Abbau 9s, 4a-Sohle, und Abbau 3, 5a-Sohle)
- 186F und 187F am Oststoß (Bereich Abbau 9n, 4a-Sohle, und Abbau 2, 5a-Sohle)

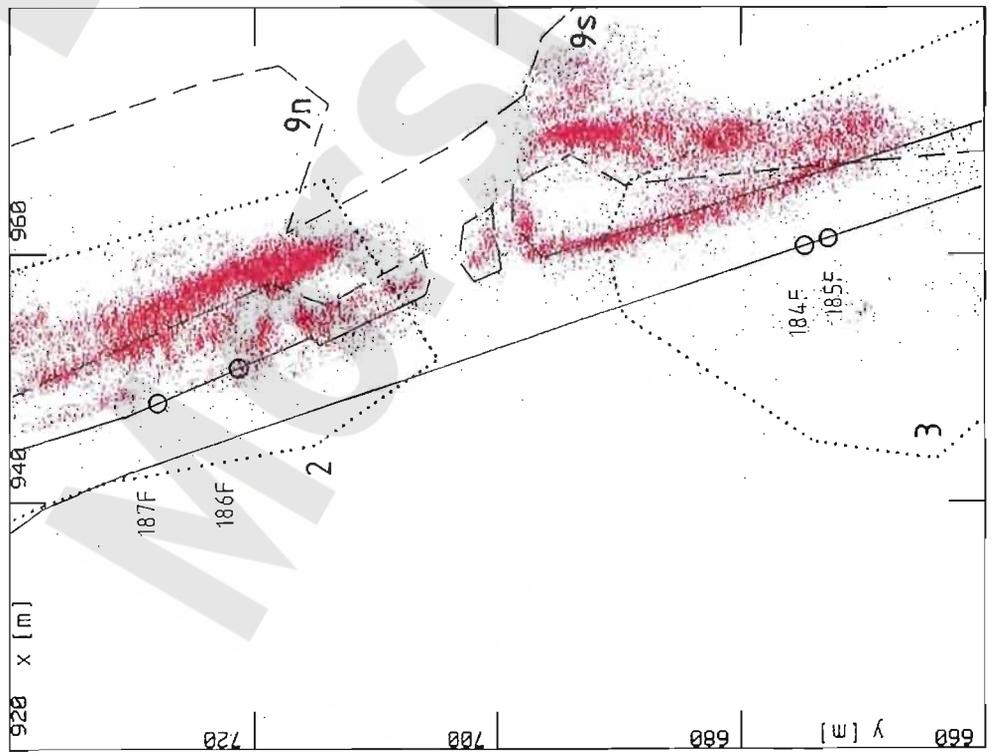
Mikroakustik ERAM Südfeld 4. Sohle

Ortungen akustischer Emissionen (AE) in der Schwabe zwischen 4. Sohle (-372 mNN) und 4a-Sohle (ca. -365 mNN) im Sohlriß: Teufenintervall -368 bis -366 mNN, Zeitraum 04/98 - 03/99, 46.147 Ereignisse

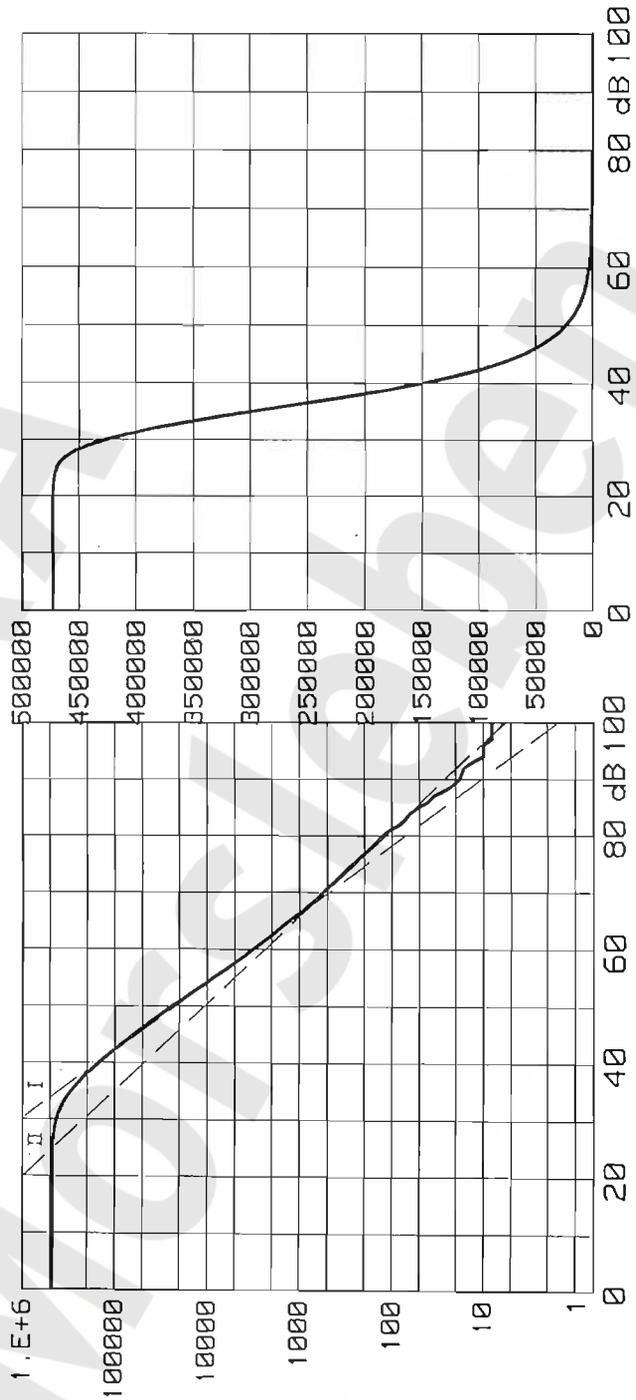


Lage der Fissurometer

- 184F und 185F am Weststoß (Bereich Abbau 9s, 4a-Sohle, und Abbau 3, 5a-Sohle)
- 186F und 187F am Oststoß (Bereich Abbau 9n, 4a-Sohle, und Abbau 2, 5a-Sohle)

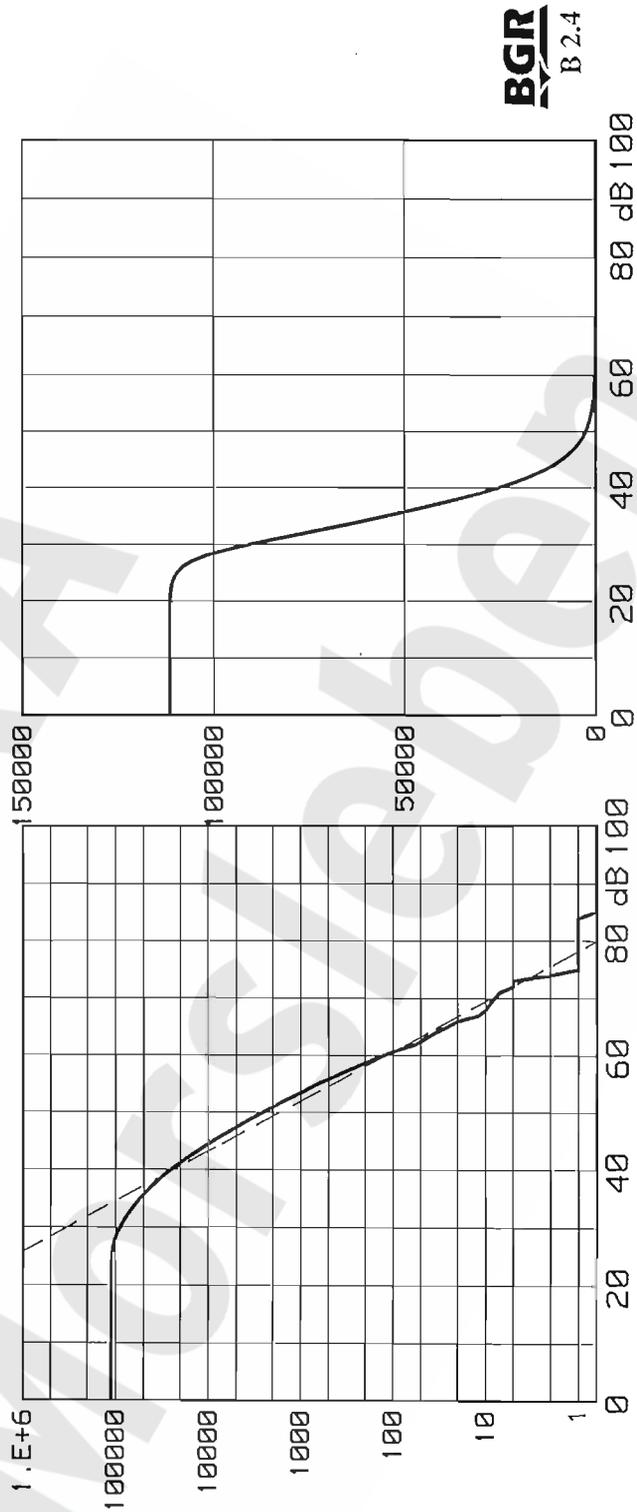


April 98bis Maerz 99, $860 < X < 1060$, $560 < Y < 860$, $-460 < Z < -280$
 472864 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 37.74 dB



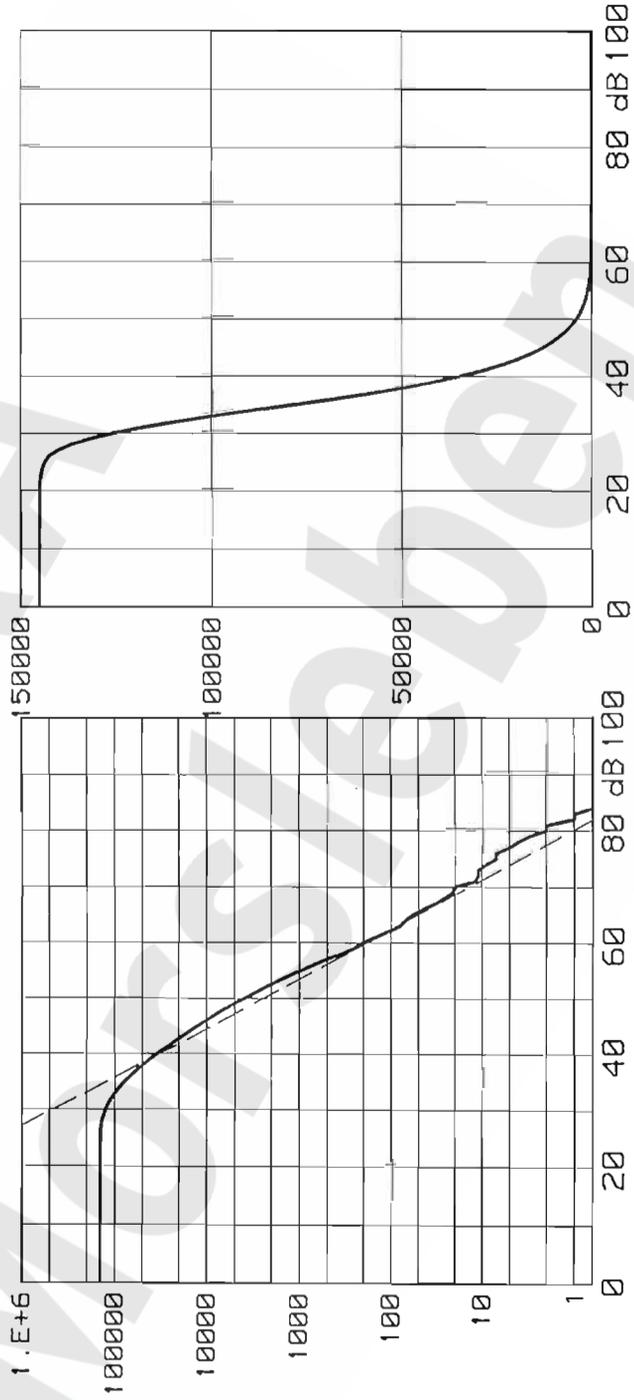
Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Gesamtbereich.

April 98bis Maerz 99, $930 < X < 1000$, $700 < Y < 800$, $-372 < Z < -342$
 111532 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 35.59 dB



Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 1 (Bereich Abbau 9n, über 4. Sohle).

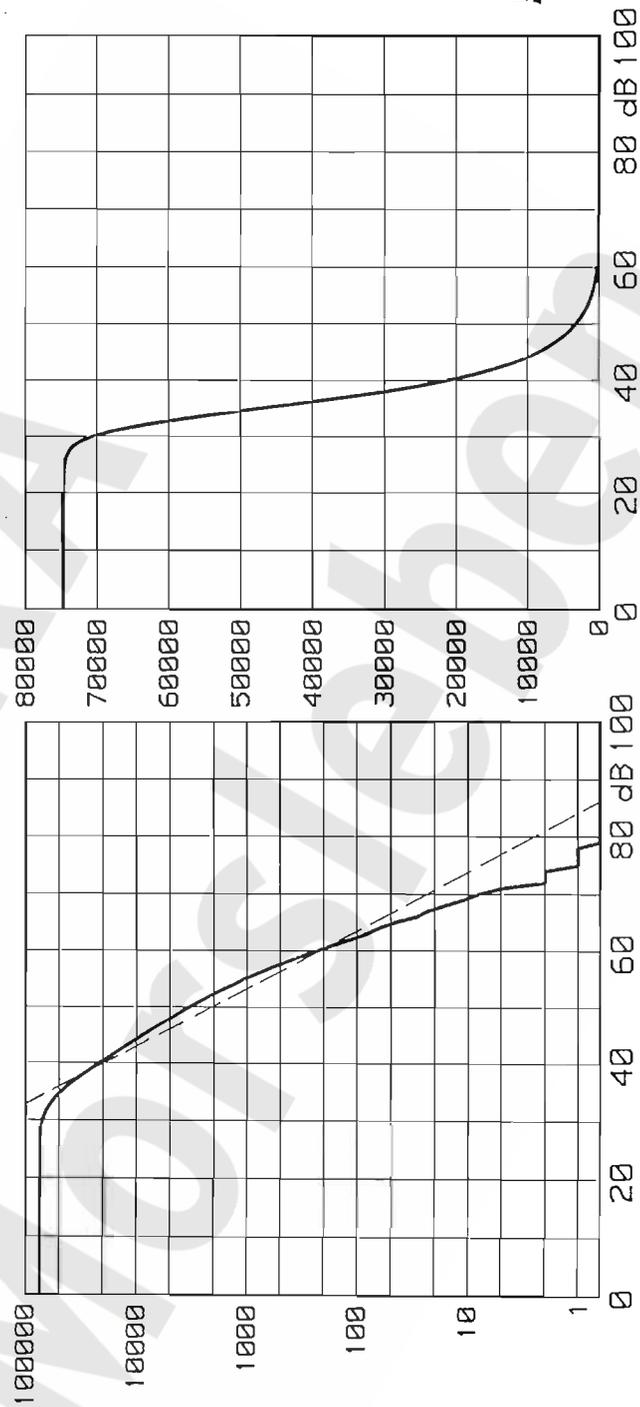
April 98 bis März 99, $930 < X < 1000$, $700 < Y < 800$, $-402 < Z < -372$
 145061 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 36.28 dB



BGR
 B 2.4

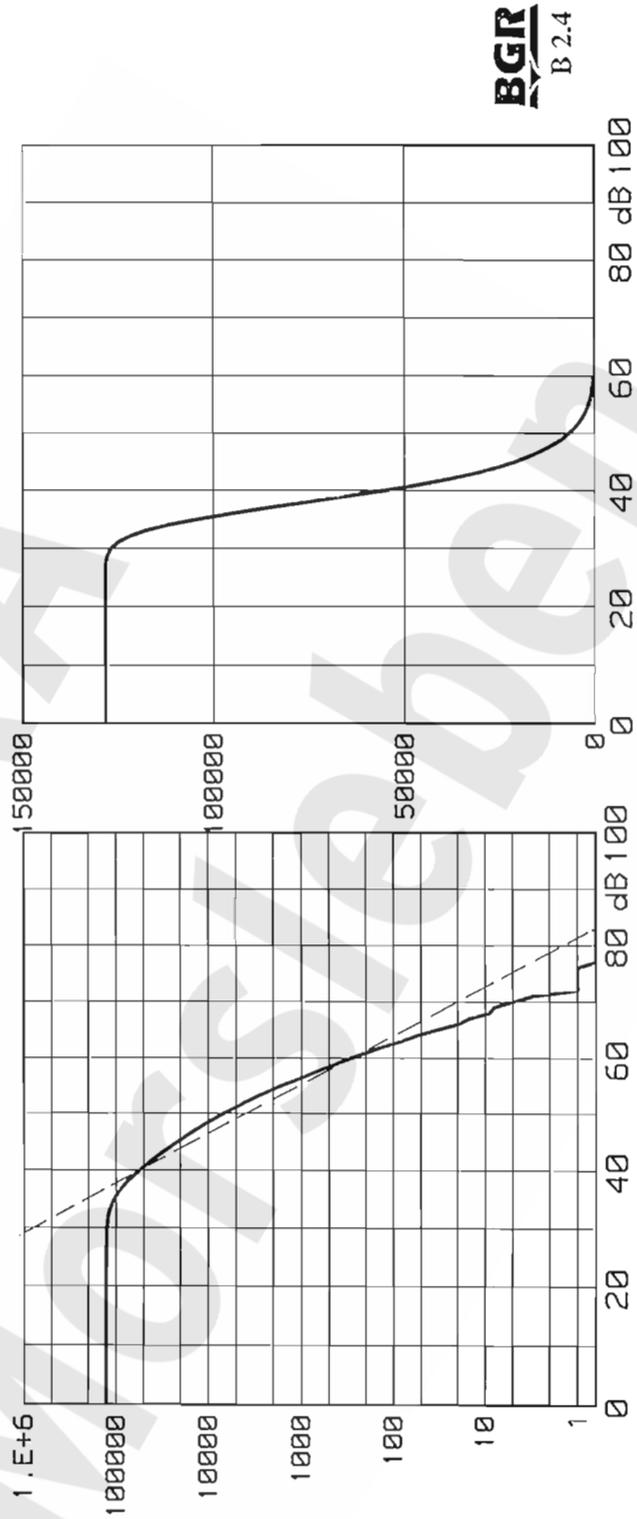
Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 2 (Bereich Abbau 2, unter 4. Sohle).

April 98bis Maerz 99, 930<X<1000, 600<Y<700, -372<Z<-342
 74780 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 37.68 dB



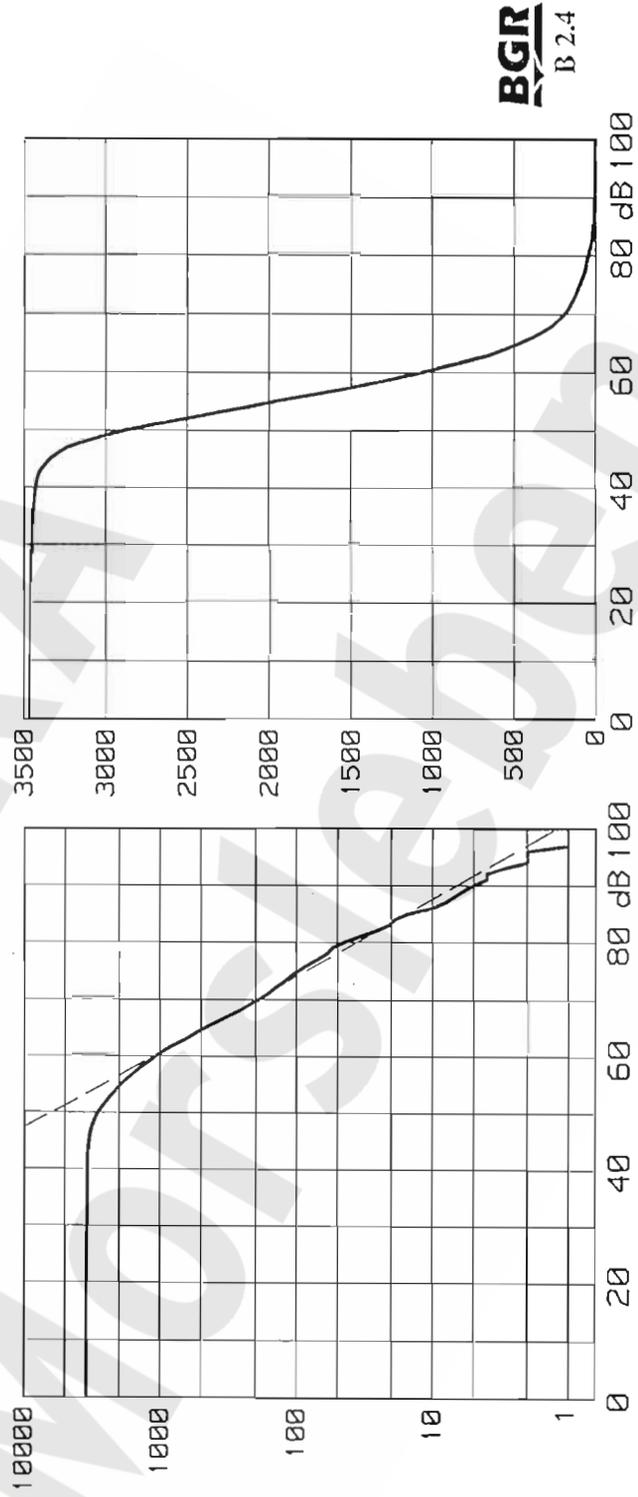
Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 3 (Bereich Abbau 9s, über 4. Sohle).

April 98bis März 99, $930 < X < 1000$, $600 < Y < 700$, $-402 < Z < -372$
 128374 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude(50m) 39.81 dB



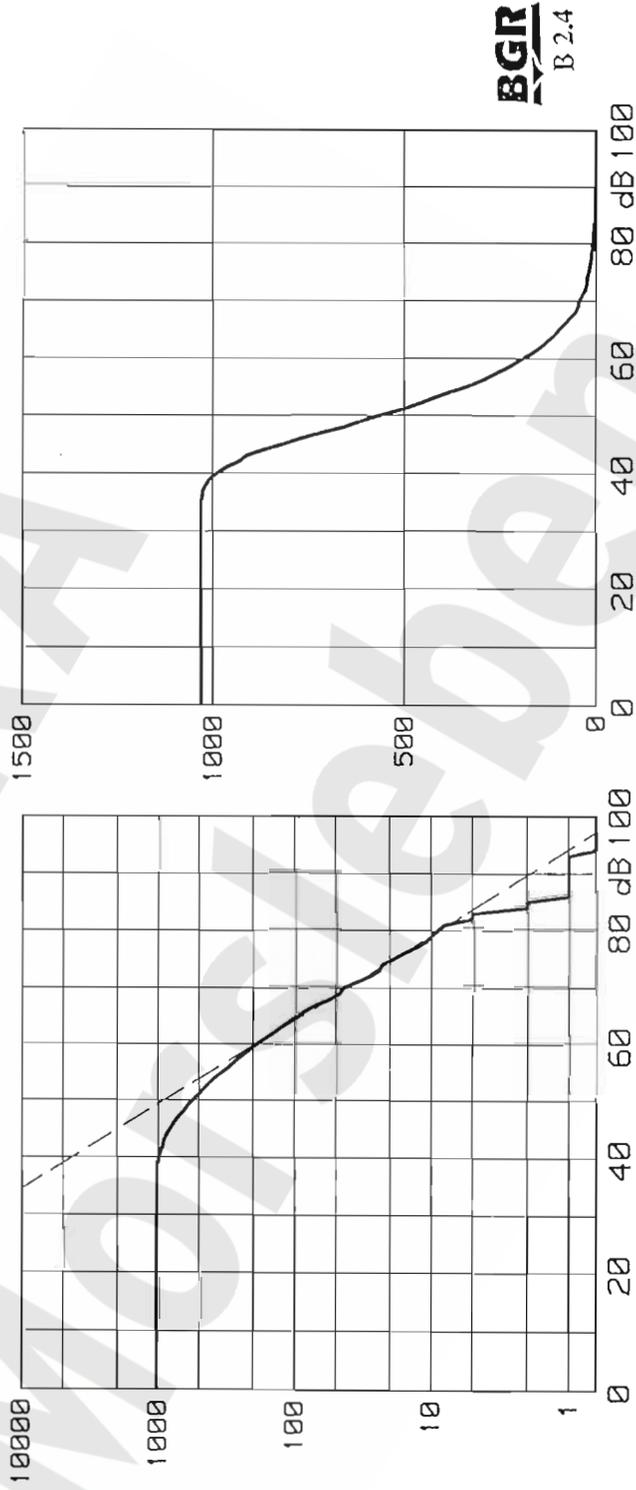
Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 4 (Bereich Abbau 3, unter 4. Sohle).

April 98bis Maerz 99, $860 < X < 930$, $600 < Y < 800$, $-460 < Z < -386$
 3468 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 56.85 dB



Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 5 (Bereich westl. und unterhalb der Abbaue mit eingefaltetem z3AM).

April 98bis Maerz 99, $980 < X < 1020$, $670 < Y < 800$, $-460 < Z < -372$
 1032 Ereignisse, mit Amplituden-Korrektur
 mittlere Magnitude (50m) 52.35 dB



Mikroakustik ERAM Südfeld: Kumulative Häufigkeitsverteilung der Magnituden (halblogarithmisch und linear), Bereich 6 (Bereich östlich und unterhalb der Abbaue mit z3HA).