

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

Verfahrensunterlage

Titel: Standsicherheits und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld

Autor: DBE


Erscheinungsjahr: 2006

Unterlagen-Nr.: P 234

Revision: 01

Unterlagenteil:




Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 3


Inhaltsverzeichnis

		Blatt
	Verzeichnis der Anlagen	11
	Abbildungsverzeichnis	12
	Tabellenverzeichnis	13
	Zusammenfassung	14
1	Aufgabenstellung	15
2	Annahmen und Voraussetzungen für das Rechenmodell	16
2.1	Geologie	16
2.2	Hohlraumsystem	16
2.3	Materialverhalten	18
2.3.1	Mechanisches Verhalten	19
2.3.2	Thermisches Verhalten	20
2.3.3	Thermomechanische Kopplung	20
2.3.4	Hydratationsmodell für Salzbeton M3	20
2.4	Nachweise und Nachweiskriterien für die Bauzustände und den stabilen Endzustand	22
2.5	Berechnungsmethode	24
3	Berechnungsmodell	25
4	Ergebnisse und Bewertung	33
4.1	Bewertung des unverfüllten Zustandes	35
4.2	Bewertung der Bauzustände	38
4.3	Nachweis des stabilen Endzustands	42
4.4	Temperaturberechnung	44
4.5	Berücksichtigung einer höheren Einbringtemperatur und geringerer Firstanbindung	46
4.5.1	Höhere Einbringtemperatur	46
4.5.2	Geringere Firstanbindung	46
5	Verwendete Unterlagen	48
6	Glossar	49

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1:	Hohlraumgeometrien und Einteilung in Homogenbereiche (NFII, Frontansicht)	52
Anhang 2:	Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	52
Anhang 3:	Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	53
Anhang 4:	Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)	53
Anhang 5:	Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H1)	54
Anhang 6:	Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	54
Anhang 7:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	55
Anhang 8:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)	55
Anhang 9:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	56
Anhang 10:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)	56
Anhang 11:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H1)	57
Anhang 12:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	57
Anhang 13:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	58
Anhang 14:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	58
Anhang 15:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L3, L7 und L10)	59
Anhang 16:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q5)	59
Anhang 17:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1, Q5 und Q8)	60
Anhang 18:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H1)	60
Anhang 19:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	61
Anhang 20:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)	61
Anhang 21:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	62
Anhang 22:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)	62
Anhang 23:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	63
Anhang 24:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)	63
Anhang 25:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)	64
Anhang 26:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	64
Anhang 27:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	65
Anhang 28:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	65
Anhang 29:	Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)	66
Anhang 30:	Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	66

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 5

Anhang 31: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)	67
Anhang 32: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	67
Anhang 33: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)	68
Anhang 34: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)	68
Anhang 35: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	69
Anhang 36: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	69
Anhang 37: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	70
Anhang 38: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)	70
Anhang 39: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	71
Anhang 40: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	72
Anhang 41: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)	73
Anhang 42: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	74
Anhang 43: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	75
Anhang 44: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	76
Anhang 45: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	77
Anhang 46: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)	77
Anhang 47: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	78
Anhang 48: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)	78
Anhang 49: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)	79
Anhang 50: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	79
Anhang 51: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	80
Anhang 52: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	80
Anhang 53: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)	81
Anhang 54: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	81
Anhang 55: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	82
Anhang 56: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)	82
Anhang 57: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	83
Anhang 58: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	83
Anhang 59: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	84
Anhang 60: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)	84
Anhang 61: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)	85
Anhang 62: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)	85
Anhang 63: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)	86
Anhang 64: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)	86
Anhang 65: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)	87
Anhang 66: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, L12)	87
Anhang 67: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, Q1)	88
Anhang 68: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, H1)	88

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 6

Anhang 69:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, L20)	89
Anhang 70:	Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, Q1)	89
Anhang 71:	Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, H2)	90
Anhang 72:	Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, L20)	90
Anhang 73:	Maximale rechnerische Temperaturänderung [K] am Salzspiegel in Abhängigkeit von der Zeit seit Beginn der Verfüllmaßnahmen	91
Anhang 74:	Maximale rechnerische Temperaturänderung [K] in Abhängigkeit von der Zeit für Punkte an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 3 (NF3D, L12)	91
Anhang 75:	Geometrische Anordnung der oberen Steinsalzabbaue der Abbaureihe 7 gegenüber der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat (NF3D)	92
Anhang 76:	Temperaturänderung [K] an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 ca. 7 Jahre nach Abschluss der Verfüllung zum Zeitpunkt 04/2017 (NF3D)	92
Anhang 77:	Festigkeitskriterium [-] an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D)	93
Anhang 78:	Festigkeitskriterium [-] an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 ca. 7 Jahre nach Abschluss der Verfüllung zum Zeitpunkt 04/2017 (NF3D)	93
Anhang 79:	Festigkeitskriterium [-] in der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 ca. 7 Jahre nach Abschluss der Verfüllung zum Zeitpunkt 04/2017 (NF3D, L19)	94
Anhang 80:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	94
Anhang 81:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	95
Anhang 82:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H1)	95
Anhang 83:	Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	96
Anhang 84:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L10)	96
Anhang 85:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q5)	97
Anhang 86:	Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H1)	97

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 7

Anhang 87: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	98
Anhang 88: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	98
Anhang 89: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	99
Anhang 90: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	99
Anhang 91: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	100
Anhang 92: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	100
Anhang 93: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	101
Anhang 94: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	101
Anhang 95: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	102
Anhang 96: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	102
Anhang 97: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	103
Anhang 98: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	103
Anhang 99: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	104
Anhang 100: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	104
Anhang 101: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	105
Anhang 102: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	105
Anhang 103: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	106
Anhang 104: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	106
Anhang 105: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	107
Anhang 106: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	107
Anhang 107: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	108

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 8

Anhang 108: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	108
Anhang 109: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	109
Anhang 110: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	109
Anhang 111: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	110
Anhang 112: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H1)	110
Anhang 113: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	111
Anhang 114: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	111
Anhang 115: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	112
Anhang 116: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	112
Anhang 117: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	113
Anhang 118: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	113
Anhang 119: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	114
Anhang 120: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	114
Anhang 121: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	115
Anhang 122: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	115
Anhang 123: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	116
Anhang 124: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	116
Anhang 125: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	117
Anhang 126: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	117
Anhang 127: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	118
Anhang 128: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	118

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 9

Anhang 129: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	119
Anhang 130: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)	119
Anhang 131: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L4)	120
Anhang 132: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)	120
Anhang 133: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)	121
Anhang 134: Dilatanzkriterium [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)	121
Anhang 135: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)	122
Anhang 136: Fluidkriterium [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)	122
Anhang 137: Ungestörtes geothermes Temperaturfeld [°C] unmittelbar vor Beginn der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	123
Anhang 138: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	123
Anhang 139: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L2, L7 und L12)	124
Anhang 140: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	124
Anhang 141: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	125
Anhang 142: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	125
Anhang 143: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)	126
Anhang 144: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	126
Anhang 145: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L2, L7 und L12)	127
Anhang 146: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	127
Anhang 147: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	128
Anhang 148: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	128
Anhang 149: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)	129

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 10

Anhang 150: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	129
Anhang 151: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	130
Anhang 152: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L2, L7 und L12)	130
Anhang 153: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	131
Anhang 154: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	131
Anhang 155: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)	132
Anhang 156: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)	132
Anhang 157: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)	133
Anhang 158: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)	133
Anhang 159: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)	134
Anhang 160: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)	134
Anhang 161: Zeitabhängiges Temperaturverhalten [°C] der Maximaltemperatur in den einzelnen Betonkörpern der Steinsalzabbaue (NF)	135
 Blattzahl dieser Unterlage	 135

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 11


Verzeichnis der Anlagen

Blattzahl der Anlage

- Anlage 1: Sonderschnitt NFM1 Geologie Kriechklassen 9M/99YZZ/GB/TY/0008/01 1
- Anlage 2: Sonderschnitt NFM2 Geologie Kriechklassen 9M/99YZZ/GB/TY/0010/02 1

Gesamtblattzahl dieser Unterlage (einschließlich Anlagen) 137




Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 12

Abbildungsverzeichnis


	Blatt
Abbildung 2-1: Auffahrungen des Nordfelds des Grubenfelds Bartensleben, Südwestansicht	17
Abbildung 2-2: Steinsalzabbau im mittleren Teil des Nordfelds des Grubenfelds Bartensleben aus Scanneraufnahmen, Südwestansicht	17
Abbildung 2-3: Steinsalzabbau im mittleren Teil des Nordfelds des Grubenfelds Bartensleben aus Scanneraufnahmen, Draufsicht	18
Abbildung 3-1: Berücksichtigte Steinsalzabbau im Berechnungsmodell NF3D	25
Abbildung 3-2: Berücksichtigte Steinsalzabbau im reduzierten 3D-Modell (NFII, Seitenansicht von Süden)	27
Abbildung 3-3: Berücksichtigte Steinsalzabbau im reduzierten 3D-Modell (NFII, Draufsicht)	27
Abbildung 3-4: Lage der geologischen Schnitte im Grubenfeld Bartensleben auf Höhe der 3. Sohle Bartensleben	28
Abbildung 3-5: Geometrisches Modell des Hauptanhydrits mit Steinsalzabbauen (Westansicht)	29
Abbildung 3-6: Geometrisches Modell des Hauptanhydrits mit Steinsalzabbauen (Nordansicht)	29
Abbildung 3-7: Diskretisierung und Materialzuordnung in der Umgebung der Steinsalzabbau (NFII, Südansicht)	30
Abbildung 3-8: Darstellung der einzelnen Steinsalzabbau nach Verfüllung (NF3D, Nordwestansicht)	32
Abbildung 4-1: Lage von Schnitten zur Darstellung der Berechnungsergebnisse (Draufsicht)	33

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 13

Tabellenverzeichnis

	Blatt
Tabelle 2-1: Materialparameter für linear-elastisches Verhalten	19
Tabelle 2-2: Materialparameter zur Temperaturberechnung	20
Tabelle 2-3: Wärmeausdehnungskoeffizient der berücksichtigten Materialien	20
Tabelle 3-1: Verfüllreihenfolge und rechnerischer Verfüllgrad der Steinsalzabbau des mittleren Teils des Nordfelds	31

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stichworte:

Hydratationsmodell, Nachweis der sicheren Bauzustände, Nachweis des stabilen Endzustandes, Salzbeton, Stilllegungskonzept, thermomechanische Berechnung

Zusammenfassung


Im Konzept zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist vorgesehen, die Grubenbaue des Nordfelds entsprechend vorgegebener Verfüllgrade mit Salzbeton zu verfüllen.

Zum Nachweis der Sicherheit der Bauzustände während des Verfüllens sowie des stabilen Endzustandes wurden thermomechanische Berechnungen an 3D-Modellen durchgeführt. Innerhalb der Berechnungsmodelle wurde der Verfüllgrad entsprechend der Verfüllplanung berücksichtigt, wobei die rechnerischen Verfüllgrade der einzelnen, im 3D-Modell berücksichtigten Abbaue zwischen ca. 76 % und 97 % liegen.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass der Einfluss der Hydratationswärme aus dem eingebrachten Salzbeton auf die Temperatur am Salzspiegel während des Zeitraumes der Bauzustände mit einer Temperaturerhöhung von ca. 1 K gering ist. In der obersten Hauptanhydritscholle wird lokal eine Temperaturerhöhung von mehr als 2 K erreicht. Da dieser Bereich der Temperaturerhöhung jedoch entweder mehr als 130 m unter dem Salzspiegel liegt oder in diesem Bereich das Festigkeitskriterium des Hauptanhydrits eingehalten wird, ist diese lokale Temperaturüberschreitung für die Zutrittsgefährdung ohne Bedeutung. Damit ist der Nachweis der Sicherheit der Bauzustände hinsichtlich der Wärmeentwicklung geführt.


Des weiteren weisen die Berechnungen nach, dass die Senkung und die Neigungsrate an der Tagesoberfläche gering sind, die Barriereintegrität gewährleistet ist und durch die Verfüllung eine Zustandsverbesserung während der Bauzustände hinsichtlich der Tragelemente eintritt. Damit ist der Nachweis der Sicherheit der Bauzustände hinsichtlich des geomechanischen Verhaltens geführt.

Im Hinblick auf den stabilen Endzustand zeigt die Auswertung des Dilatanz- und des Fluidkriteriums den Erhalt der vorhandenen Salzbarriere innerhalb des Betrachtungszeitraums von 1000 Jahren. Die Senkung der Tagesoberfläche beträgt auch nach 1000 Jahren deutlich weniger als 1 m. Damit ist der Nachweis des stabilen Endzustandes geführt.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

1 Aufgabenstellung

Das Konzept zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) beinhaltet die Verfüllung der bestehenden Hohlräume mit einem hydraulisch abbindenden Versatzstoff (Salzbeton M3). Für diese Verfüllmaßnahme ist die Sicherheit der Bauzustände sowie der stabile Endzustand nachzuweisen. Hierfür sind rechnerische Nachweise für die verschiedenen Feldesteile zu führen. Für das Nordfeld Bartensleben sind für den relevanten Abbaubereich thermomechanische 3D-Berechnungen durchzuführen, die das Hydratationsverhalten des Salzbetons M3 und damit die sich beim Abbinden entwickelnde Wärme berücksichtigen.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

2 Annahmen und Voraussetzungen für das Rechenmodell

2.1 Geologie

Das Nordfeld des Grubenfelds Bartensleben liegt in der Hauptmulde, an die im Osten der Ostsattel und im Westen der östliche Schachtsattel II anschließt, Anlage 1 und Anlage 2. In diesem Bereich liegt der Hauptanhydrit schollenartig zerbrochen vor und es wird angenommen, dass er eine bis ca. -550 mNN reichende Mulde nachzeichnet. An der östlichen Flanke der Hauptmulde hat das aufsteigende ältere Steinsalz den Hauptanhydrit im Ostsattel durchbrochen, daher reicht der Hauptanhydrit dort bis zu ca. -300 mNN hinauf. An der westlichen Flanke ist der Hauptanhydrit überkippt und reicht bis an den Salzspiegel heran. Durch die horizontale Verschiebung einzelner Schollen an der westlichen Flanke existiert in Richtung zum Muldentiefsten ein Bereich, in dem das in der Mulde vorhandene Steinsalz durch Hauptanhydrit überdeckt wird.

Im Bereich des mittleren Nordfelds befinden sich die Abbaue in unmittelbarer Nähe zum überkippten Hauptanhydrit. Im Fall der Abbaue der 4a-Sohle liegen sie im engeren Bereich der Mulde und sind zusätzlich durch den überkippten Hauptanhydrit und die nach Osten vorgeschobene Hauptanhydritscholle abgeschirmt. Oberhalb dieser Abbaue liegen die Abbaue überwiegend entweder in einem beidseitig durch Hauptanhydrit eng begrenzten Bereich oder in einem auf der einen Seite durch Hauptanhydrit und auf der anderen Seite durch Anhydritmittelsalz begrenzten Bereich.

2.2 Hohlraumssystem

Die relevanten Grubenbaue des Nordfelds sowie der Schacht Bartensleben sind auf der Basis des Risswerks /1/ in Abbildung 2-1 dreidimensional dargestellt. Eine Darstellung der Steinsalzabbaue des mittleren Nordfelds mit realen Konturen, basierend auf Scanneraufnahmen, zeigt Abbildung 2-2. Das Scannermodell bildet daher die Grundlage für das Rechenmodell. Wie beiden Abbildungen zu entnehmen ist, weist innerhalb des Nordfelds dessen mittlerer Bereich den höchsten Durchbauungsgrad und den geringsten Abstand zum Salzspiegel auf. Daher ist dieser Bereich für die Nachweise der Stand sicherheit und der Integrität maßgebend und wird im Folgenden weiter betrachtet.

In den Feldesteilen des Grubenfelds Bartensleben wurden die Steinsalzabbaue i. a. in Abbaureihen aufgefahrene, wobei sich übereinander liegende Abbaue einer Abbaureihe nur geringfügig gegeneinander verdrehen. Im mittleren Bereich des Nordfelds sind dem gegenüber auf Grund der geologischen Situation die Steinsalzabbaue 3, 4, 5 und 6 der 4a-Sohle nahezu rechtwinklig zu dem darüber liegenden Abbau 3 südlich (Abbau 3s), 3. Sohle und Abbau 3, 2. Sohle aufgefahrene, Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3. Die vier Steinsalzabbaue 3 bis 6 der 4a-Sohle umfassen einen Anteil von ca. 23 % des insgesamt im Nordfeld aufgefahrenen Volumens der Steinsalzabbaue und einen Anteil von ca. 33 %, wenn nur der mittlere Bereich des Nordfelds betrachtet wird. Das ist ein wesentlicher und daher zu berücksichtigender Anteil am aufgefahrenen Volumen innerhalb des Feldesteils.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 17

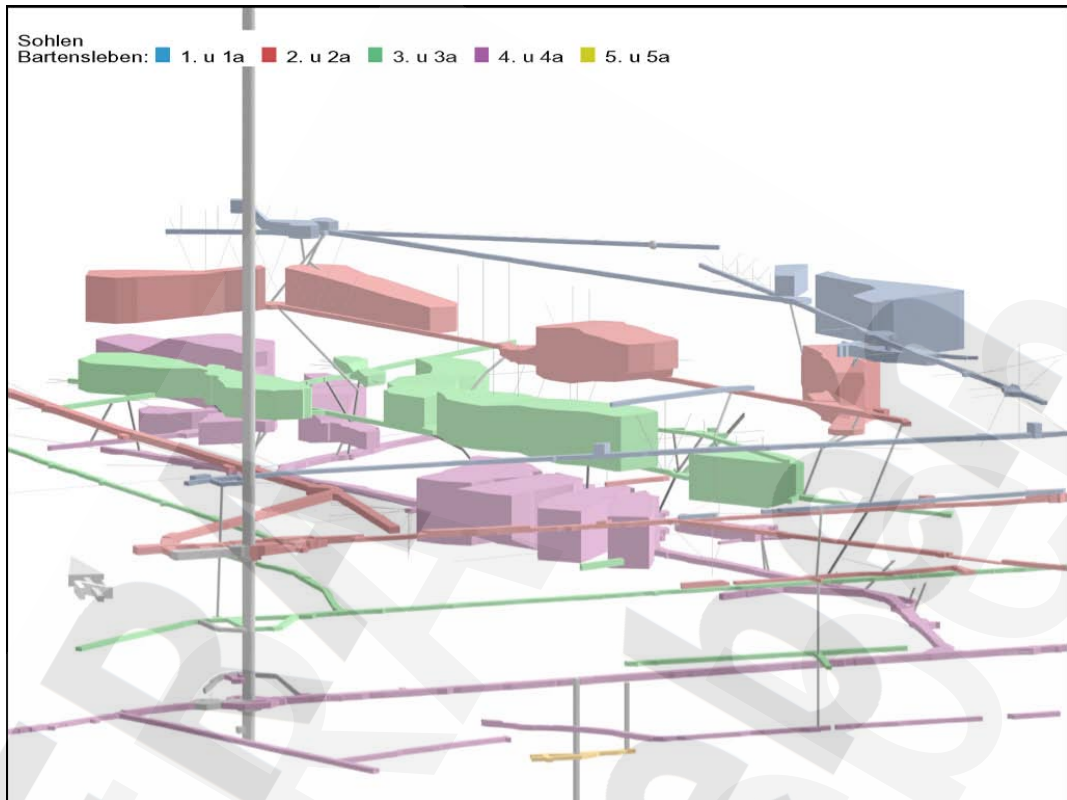


Abbildung 2-1: Auffahrungen des Nordfelds des Grubenfelds Bartensleben, Südwestansicht

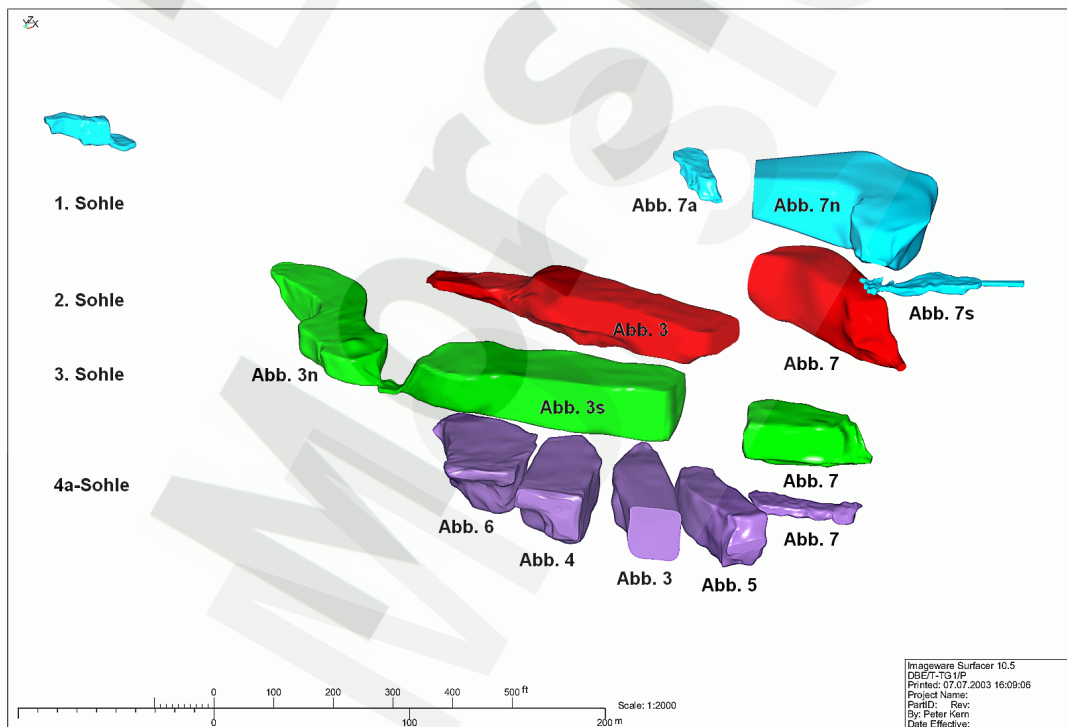


Abbildung 2-2: Steinsalzabbau im mittleren Teil des Nordfelds des Grubenfelds Bartensleben aus Scanneraufnahmen, Südwestansicht

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	
Morsleben	9M	22341021				GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 18

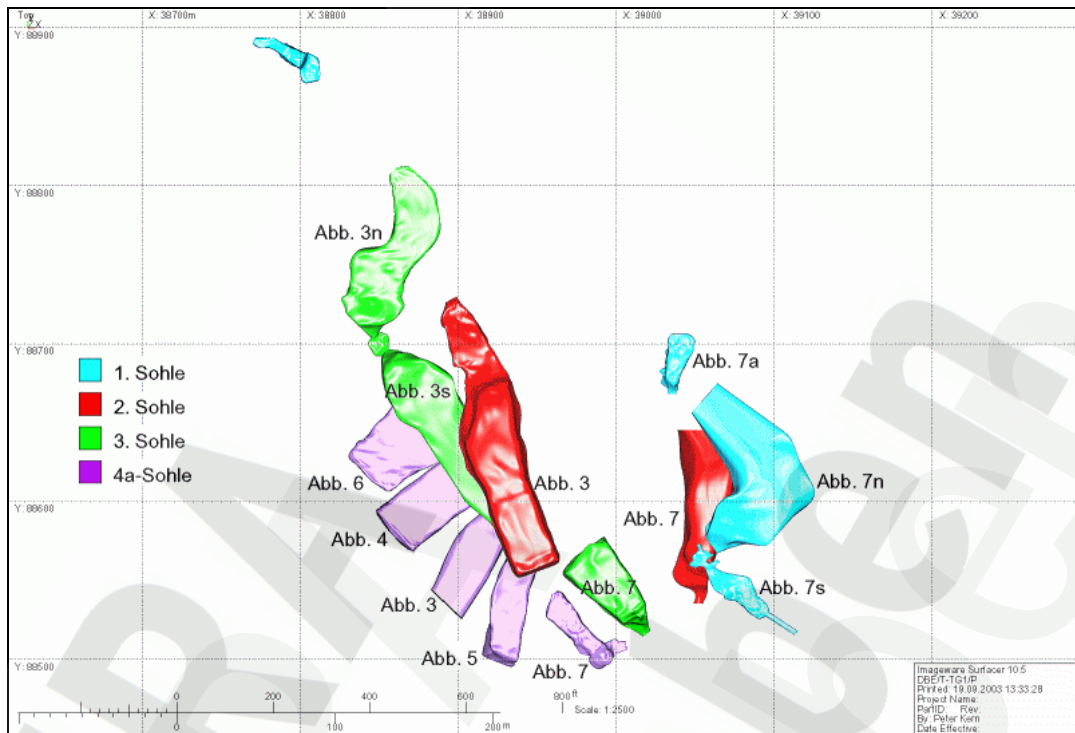



Abbildung 2-3: Steinsalzabbau im mittleren Teil des Nordfelds des Grubenfelds Bartensleben aus Scanneraufnahmen, Draufsicht

Als Folge der nahezu rechtwinkligen Anordnung der übereinander liegenden Abbaue, Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3, unterscheidet sich das Tragverhalten im Nordfeld von den anderen Feldesteilen. In den Rechenmodellen der anderen Feldesteile liegt von Randeffekten abgesehen ein zweidimensionaler Deformationszustand vor, so dass zur Berechnung i. a. zweidimensionale Modelle oder aus zweidimensionalen Modellen extrudierte dreidimensionale Modelle verwendet werden können. Im vorliegenden Fall des mittleren Nordfelds herrscht jedoch ein allgemeiner dreidimensionaler Zustand vor. Als Folge davon sind für die zu führenden Nachweise dreidimensionale Berechnungsmodelle erforderlich.

2.3 Materialverhalten

Der im Berechnungsmodell erfasste Bereich des mittleren Nordfelds enthält die Materialien Steinsalz, Hauptanhydrit und Deckgebirge sowie für die Verfüllung Salzbeton M3. Innerhalb der einzelnen Materialien wird von homogenem und isotropem Verhalten ausgegangen. Die verwendeten Stoffgesetze und Materialparameter für Steinsalz, Hauptanhydrit und Deckgebirge sind in den Kapiteln 2.3.1, 2.3.2 und 2.3.3 angegeben. In Kapitel 2.3.4 wird das zur Modellierung des thermomechanischen Verhaltens des Salzbetons M3 verwendete Hydratationsmodell zusammenfassend dargestellt.

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

2.3.1 Mechanisches Verhalten

Für Hauptanhydrit und Deckgebirge wird ein linear-elastisches Materialverhalten angenommen, Steinsalz weist ein elastisch-viskoplastisches Materialverhalten auf. Grundlage der Stoffgesetze zur Beschreibung des elastisch-viskoplastischen Materialverhaltens ist die additive Zerlegung des Verzerrungstensors und des Tensors der Verzerrungsgeschwindigkeiten in einen elastischen und einen viskoplastischen Anteil. Der elastische Anteil der Stoffgesetze wird als linear-elastisch betrachtet, die Materialdaten sind in Tabelle 2-1 angegeben.

Material	Elastizitätsmodul E [GPa]	Querkontraktion ν [-]
Deckgebirge	5	0,27
Hauptanhydrit	30	0,27
Steinsalz	25	0,27

Tabelle 2-1: Materialparameter für linear-elastisches Verhalten

Der viskoplastische Anteil des Materialgesetzes für Steinsalz wird als stationäres Kriechen nach /2/ modelliert

$$\dot{\epsilon}_{eff}^{cr} = A \cdot e^{-\frac{Q}{R \cdot T}} \left(\frac{\sigma_{eff}}{\sigma_*} \right)^n$$

mit

effektive stationäre Kriechrate $\dot{\epsilon}_{eff}^{cr}$

Effektivspannung nach von Mises σ_{eff}

$$\sigma_{eff} = \sqrt{3I_2^D}, I_2^D = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]$$


Hauptspannungen $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, zweite Invariante des Spannungsdeviators I_2^D

und den Materialparametern /2/

- Spannungsexponent n = 5 [-]
- Kriechfaktor A = 0,18 [1/d]
- Aktivierungsenergie Q = 54 [kJ/mol]

sowie der Gaskonstante $R = 8,314 \cdot 10^{-3}$ kJ/(mol K), der Normierungsspannung $\sigma_* = 1$ MPa und der Temperatur T [K] beschrieben. Um die Kriechfähigkeit an unterschiedliche stratigraphischen Einheiten anzupassen, werden die Vorfaktoren (Kriechklassen) entsprechend /2/ gewählt.

Die Dichte der Materialien wird zu 2200 kg/m³ für das Steinsalz, 2500 kg/m³ für den Hauptanhydrit und 2300 kg/m³ für das Deckgebirge angesetzt.

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

2.3.2 Thermisches Verhalten

Für alle Materialien wird von thermisch isotropem Verhalten ausgegangen. Eine Wärmeübertragung wird in den Berechnungen allein durch die Wärmeleitung berücksichtigt, der Einfluss von Konvektion und Strahlung wird vernachlässigt. Die Materialparameter sind in Tabelle 2-2 zusammengestellt, /3/, wobei alle Parameter temperaturunabhängig sind.

	spezifische Wärmekapazität c [J/(kg K)]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(K m)]
Luft	1010	0,026
Deckgebirge	710	1,8
Steinsalz	855	5,3
Hauptanhydrit	864	5,32

Tabelle 2-2: Materialparameter zur Temperaturberechnung

2.3.3 Thermomechanische Kopplung


Die Kopplung zwischen thermischer und mechanischer Berechnung erfolgt über den Wärmeausdehnungskoeffizienten α_T . Dieser ist für die einzelnen Materialien in Tabelle 2-3 nach /4/ angegeben.

Material	Wärmeausdehnungskoeffizient α_T [1/K]
Deckgebirge	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Steinsalz	$4,2 \cdot 10^{-5}$
Hauptanhydrit	$4,2 \cdot 10^{-5}$

Tabelle 2-3: Wärmeausdehnungskoeffizient der berücksichtigten Materialien

2.3.4 Hydratationsmodell für Salzbeton M3

Der hydraulisch abbindende Versatz wird mit dem in /5/ dargestellten Hydratationsmodell modelliert. Hierbei hängen die aktuellen thermischen und mechanischen Materialkennwerte Elastizitätsmodul sowie Druck- und Zugfestigkeit vom Abbindeprozess ab, d. h. sie sind über den Hydratationsfortschritt gekoppelt. Der aktuelle Hydratationsgrad α wird auf das wirksame Betonalter t_e bezogen

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 21

$$\alpha = e^{-\left(\ln\left(1 + \frac{t_e}{t_1}\right)\right)^b}$$

wobei b und t_1 betonspezifische Konstanten beschreiben. Das wirksame Betonalter t_e ergibt sich aus

$$t_e = \int_{t=0}^t e^{\frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T} \right)} dt$$

mit

- Aktivierungsenergie E_A = 33500 [J/mol] für $T > 293$ K
- Betonreferenztemperatur T_1 = 293 [K] bei der reales und wirksames Betonalter übereinstimmen
- Betontemperatur T

In /6/ wird die Identifikation der Parameter beschrieben, die zu folgenden Werten führt

- Materialparameter t_1 = 4,2101 [d]
- Materialparameter b = -1,1255 [-]
- Zugfestigkeit f_{cte} bei $\alpha = 1$ = 2,09 [MPa]
- Druckfestigkeit f_{ce} bei $\alpha = 1$ = 42,1 [MPa]
- Elastizitätsmodul E_{cte} bei $\alpha = 1$ = 10,7 [GPa]


sowie auf eine auf die Zementmenge $C = 197 \text{ kg/m}^3$ bezogene Wärmemenge $Q_{ce}^{\max} = 482,5 \text{ J/g}$. Weitere, zur Modellierung benötigte betonspezifische Parameter sind der Mindesthydratationsgrad α_0 sowie die Konstanten a und c. Diese ergeben sich nach /6/ wie folgt

- α_0 = 0,385 [-]
- a = 0,6667 [-]
- c = 0,155 [MPa^{1/3}]

Der Einfluss des Abbindevorganges auf die Querkontraktionszahl ν wird in den hier vorliegenden Berechnungen wie in /6/ angegeben vernachlässigt. Es gilt $\nu = 0,26$.

Weitere vom Hydratationsgrad unabhängige Materialkennwerte sind entsprechend /6/

- Festmaterialdichte ρ = 1950 [kg/m³]
- Volumenspezifische Wärmekapazität c_v = 920 [J/(kg K)]
- Wärmeleitfähigkeit λ = 0,87 [W/(m K)]
- Wärmeausdehnungskoeffizient α_T = $2,6 \cdot 10^{-5}$ [1/K]

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Das mechanische Verhalten des Salzbetons wird durch einen elastisch-plastischen Ansatz nach Drucker-Prager /7/ approximiert. Die Materialparameter Kohäsion und Winkel der inneren Reibung lassen sich aus den aktuellen Werten der einaxialen Zug- und Druckfestigkeit und damit abhängig vom Hydratationsgrad bestimmen, wobei der Hydratationsprozess in der vorliegenden Berechnung als über die gesamte Berechnungsdauer aktiv angenommen wird.

2.4 Nachweise und Nachweiskriterien für die Bauzustände und den stabilen Endzustand

Zur Bewertung der Bauzustände werden die folgenden, in /8/ dargestellten Nachweise geführt:

- (1) Nachweis der Begrenzung der Senkung der Tagesoberfläche
- (2) Nachweis der Begrenzung der Schiefstellung von Gebäuden auf der Tagesoberfläche
- (3) Nachweis des Erhalts der vorhandenen Barriereintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume

Die Sicherheit der Salzbarriere wird mit dem Dilatanzkriterium auf Basis der Mikrorissgrenze nach /9/

$$\text{zul. } \frac{\tau}{\sigma_*} \leq -0,01679 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sigma_*} \right)^2 + 0,8996 \cdot \frac{\sigma}{\sigma_*}$$

mit

$$\text{Oktaederschubspannung } \tau = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

$$\text{mittlere Spannung } \sigma = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

$$\text{Normierungsspannung } \sigma_* = 1 \text{ [MPa]}$$

oder dem Fluidkriterium

$$\text{zul. } p < \sigma_1$$


mit

$$\text{kleinste Hauptspannung } \sigma_1$$

$$\text{teufenspezifischer Laugendruck } p = 0,012655 \text{ MPa/m} \cdot z_T, \text{ Teufe } z_T$$

bewertet. Der Druck wird hier abweichend von der üblichen Vorzeichenkonvention der Mechanik mit positivem Vorzeichen versehen.

- (4) Nachweis einer ausreichend dicken Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

- (5) Nachweis der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel
- (6) Nachweis der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung in der jeweils obersten Hauptanhydritscholle, wenn der Hauptanhydrit ein potentieller Lösungspfad ist. Alternativ wird der Nachweis durch einen ausreichend großen Abstand des Bereichs der Temperaturüberschreitung zum Salzspiegel erbracht oder durch den Nachweis der Zustandsverbesserung im Anhydrit durch Kontrolle des lokalen Festigkeitskriteriums bzw. durch die Einhaltung des lokalen Festigkeitskriteriums.

Zur Bewertung der Festigkeit des Hauptanhydrits wird das folgende Kriterium nach Drucker-Prager verwendet, /8/,

$$F = 0 = \alpha J_1 + \sqrt{J_2^D} - k$$

mit

- J_1 : 1. Invariante des Spannungstensors
- J_2^D : 2. Invariante des Spannungsdeviators
- α = 0,415
- k = 0,0

- (7) Nachweis der Zustandsverbesserung des Salzes in den Konturbereichen der Grubenräume sowie den Tragelementen der Schweben durch Kontrolle der lokalen Festigkeitskriterien (Kurzzeitbruchfestigkeit, Dilatanzbedingung, Zugspannung (Zugfestigkeit 1 MPa /8/) und Druckspannung (Druckfestigkeit 15 MPa /8/))

Die Kurzzeitbruchfestigkeit wird anhand des folgenden Kriteriums bewertet, /8/,


$$\text{zul. } \frac{\tau}{\sigma_*} \leq b_B \cdot \left(\frac{\sigma}{\sigma_*} \right)^{p_B} \cdot \frac{2k}{(1+k) + (1-k) \cdot J_m}$$

mit den Parametern $b_B=2,7$, $p_B=0,65$ und $k=0,74$ sowie der vom Lode-Parameter m abhängigen Spannungsinvarianten $J_m = \frac{m \cdot (9 - m^2)}{(3 + m^2)^{3/2}}$. Konservativ wird $m=1$ gesetzt.

Hinsichtlich der Barrierenintegrität wird der Verzerrungszustand überprüft, wobei das Aversin-Kriterium /8/ zu Grunde gelegt wird, aus dem eine maximal zulässige Vergleichsdehnung von 1 % für die Salzbarriere folgt.

Für den Nachweis des stabilen Endzustandes gelten analoge, aber weniger Nachweiskriterien, da der Einfluss der Hydratationswärme und das Schutzziel Arbeitsschutz nicht mehr betrachtet werden müssen. Folgende Nachweise sind zu führen:

- (1) Nachweis der Begrenzung der Senkung der Tagesoberfläche

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

(2) Nachweis der Begrenzung der Schiefstellung von Gebäuden auf der Tagesoberfläche

Die Grubenräume des Nordfelds sind zutrittsgefährdet, da potentielle Zutrittspfade aus dem Deckgebirge über den Hauptanhydrit bzw. das Kailager C existieren, /10/. Wünschenswert ist der Erhalt der vorhandenen Salzbarriere für zutrittsgefährdete Grubenbaue sowie eine ausreichend dicke Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume.

2.5 Berechnungsmethode

Die Berechnungen werden mit dem Programm FLAC^{3D} 2.2 (Fast Lagrangian Analysis of Continua in 3 Dimensions) /11/ durchgeführt. Es ist ein Programm auf der Basis der Finite Differenzen Methode (FDM), mit dem thermomechanische Strukturberechnungen durchgeführt werden können. Die Zeitintegration erfolgt über ein explizites Verfahren. Die Diskretisierung wird auf der Basis eines gemischten Verfahrens vorgenommen, so dass unstrukturierte Gitter möglich sind. Im Hinblick auf die Diskretisierung und das resultierende Gleichungssystem ergeben sich zwischen der Finite Elemente Methode (FEM) und der FDM keine Unterschiede, falls bei der FEM ein Elementansatz mit linearer Verschiebungsfunktion gewählt wird.

Für die Temperaturberechnung wird ebenfalls ein linearer Ansatz verwendet. Es wird eine thermo-mechanische Kopplung verwendet, bei der die Zeitschrittweite in der mechanischen Berechnung identisch mit der in der thermischen Berechnung ist, so dass der Berechnungsschritt des mechanischen Zustandes jeweils im Anschluss an den thermischen Berechnungsschritt erfolgt.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

3 Berechnungsmodell

Der für die Standsicherheits- und Integritätsnachweise des Nordfelds relevante mittlere Bereich des Feldesteils ist in Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3 dargestellt. Um den erheblichen Rechenaufwand bei einem System dieser Größe und Komplexität zu begrenzen, der sich bei der Durchführung von Berechnungen an einem vollständigen Modell des Feldesteils ergeben würde, wird das Modell unter Ansatz einer Symmetriebedingung auf die südliche Hälfte des mittleren Nordfelds beschränkt. Diese Beschränkung auf die südliche Hälfte ergibt sich daraus, dass der Durchbaugrad, Abbildung 2-2, und der Überdeckungsgrad in vertikaler Richtung zwischen Abbau 3, 2. Sohle und Abbau 3s, 3. Sohle, Abbildung 2-3, nach Norden abnimmt. Daher ist die gebirgsmechanische Beanspruchung in der nördlichen Hälfte geringer und diese Hälfte kann für die Auslegung unberücksichtigt bleiben. Im Berechnungsmodell wird eine Schnittebene durch den Abbau 4, 4a-Sohle geführt, Abbildung 3-1, die als Symmetrieebene angenommen wird. Diese Symmetrieebene ist dabei so gewählt, dass die gebirgsmechanische Auswirkung aus der Spannweite des Abbaus 4, 4a-Sohle im Rechenmodell abgebildet wird. Insgesamt wird so die räumliche Anordnung der Abbaue 3 und 4 der 4a-Sohle gegenüber Abbau 3s, 3. Sohle genau abgebildet, die des Abbaus 6, 4a-Sohle näherungsweise. Die aus der Umsetzung der Scannerdaten gewonnenen Abbaugeometrien, Abbildung 2-2, werden mit geringen Vereinfachungen, die im Wesentlichen die Oberflächenstruktur und die Ausformung der Stöße betreffen, in das Berechnungsmodell übernommen, Abbildung 3-1. Der Bezug auf diese Scannerdaten gewährleistet eine genaue Beschreibung der Geometrie.

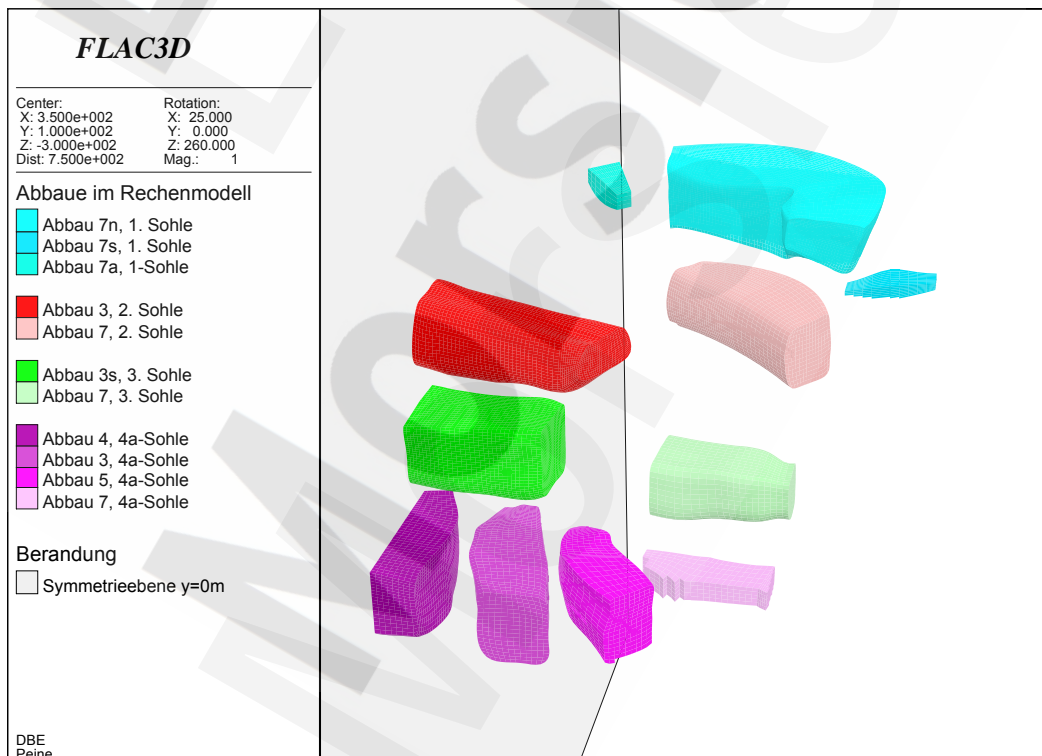



Abbildung 3-1: Berücksichtigte Steinsalzabbaue im Berechnungsmodell NF3D

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 26

Die Nachweise für den stabilen Endzustand werden mit einem weiter reduzierten 3D-Modell geführt. Zwischen dem 3D-Modell (NF3D) und dem reduzierten 3D-Modell (NFII) bestehen Unterschiede im Hinblick auf die Größe des betrachteten Gebietes und damit im Umfang der berücksichtigten Steinsalzabbau. Keine Unterschiede bestehen jedoch in den weiteren Merkmalen der Berechnungsmodelle wie den Materialbereichen, der Zuordnung der Stoffgesetze und den Randbedingungen. Es wird im Folgenden zunächst auf die Geometrie und die Vernetzung der einzelnen Berechnungsmodelle eingegangen und im Anschluss daran wird auf die gemeinsamen Merkmale eingegangen.

Die im 3D-Modell (NF3D) berücksichtigten Steinsalzabbau sind in Abbildung 3-1 dargestellt. Insgesamt erstreckt sich das Berechnungsgebiet in horizontaler Richtung über eine Länge von ca. 820 m und eine Breite von ca. 350 m sowie in vertikaler Richtung über eine Tiefe von ca. 620 m, vgl. beispielhaft Anhang 1 mit Anlage 2. Der obere Berechnungsrand liegt bei -9,3 mNN. Der Abstand zum westlichen Rand beträgt ausgehend von den westlichen Stößen der Steinsalzabbau der 4a-Sohle ca. 350 m, der zum östlichen Rand beträgt auf Grund des vorhandenen Hauptanhydrits ausgehend vom östlichen Stoß des Abbaus 7n, 1. Sohle ca. 250 m und der zum südlichen Rand beträgt ausgehend vom südlichen Stoß des Abbaus 7n, 1. Sohle ca. 150 m. In vertikaler Richtung beträgt der Abstand des unteren Randes zur Sohle der Abbaue der 4a-Sohle ca. 250 m bzw. zur Mulde des Hauptanhydrits ca. 30 m. Bei einer Zonenlänge von 1,5 bis 2 m auf der Hohlraumkontur beinhaltet das Berechnungsmodell 2.101.392 Zonen und 1.907.471 Gitterpunkte. Der Anteil der Hexaeder am Gesamtnetz beträgt ca. 84 %, der Anteil der Tetraeder ca. 16 %, andere prismatische Zonen sind nur in sehr geringem Umfang enthalten.

Im reduzierten 3D-Modell (NFII) wird die besondere Anordnung der Steinsalzabbau im mittleren Teil des Nordfelds berücksichtigt, so dass sich dieses Modell auf die Abbaue beschränkt, aus denen sich die dreidimensionale Anordnung der Abbaue ergibt. Gegenüber dem komplexen 3D-Modell beschränkt sich das vereinfachte Modell auf die Abbaue 3 und 4 der 4a-Sohle, den Abbau 3s, 3. Sohle und den Abbau 3, 2. Sohle, Abbildung 3-2. Wie im komplexen 3D-Modell wird eine Symmetrieebene durch den Abbau 4, 4a-Sohle angenommen, zusätzlich wird noch eine Symmetrieebene durch den Abbau 3, 4a-Sohle angenommen. Durch diese Symmetrieanahmen verlaufen die äußeren Modellränder im Bereich der beiden Abbaue der 4a-Sohle in einem spitz zulaufenden Winkel und erst außerhalb der aufgefahrenen Hohlräume geht das vereinfachte Modell in ein Scheibenmodell mit parallelen Rändern über, Abbildung 3-3. Durch den spitz zulaufenden Winkel der Symmetrieebenen bleibt die Stützweite der Abbaue der 4a-Sohle erhalten und es wird deren Tragverhalten realitätsnah abgebildet.

Die Abmessungen des reduzierten 3D-Modells (NFII) weichen lediglich in der Breite gegenüber denen des 3D-Modells ab, die Breite beträgt westlich der Abbaue bis zu ca. 63 m und östlich der Abbaue bis ca. 30 m, Abbildung 3-3. Bei einer Zonenlänge von 1,5 bis 2 m auf der Hohlraumkontur beinhaltet das Berechnungsmodell 202.407 Zonen und 206.683 Gitterpunkte. Der Anteil der Hexaeder beträgt ca. 97 % und der Anteil der Tetraeder ca. 3 %, andere prismatische Zonen sind nur in sehr geringem Umfang enthalten.

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 27

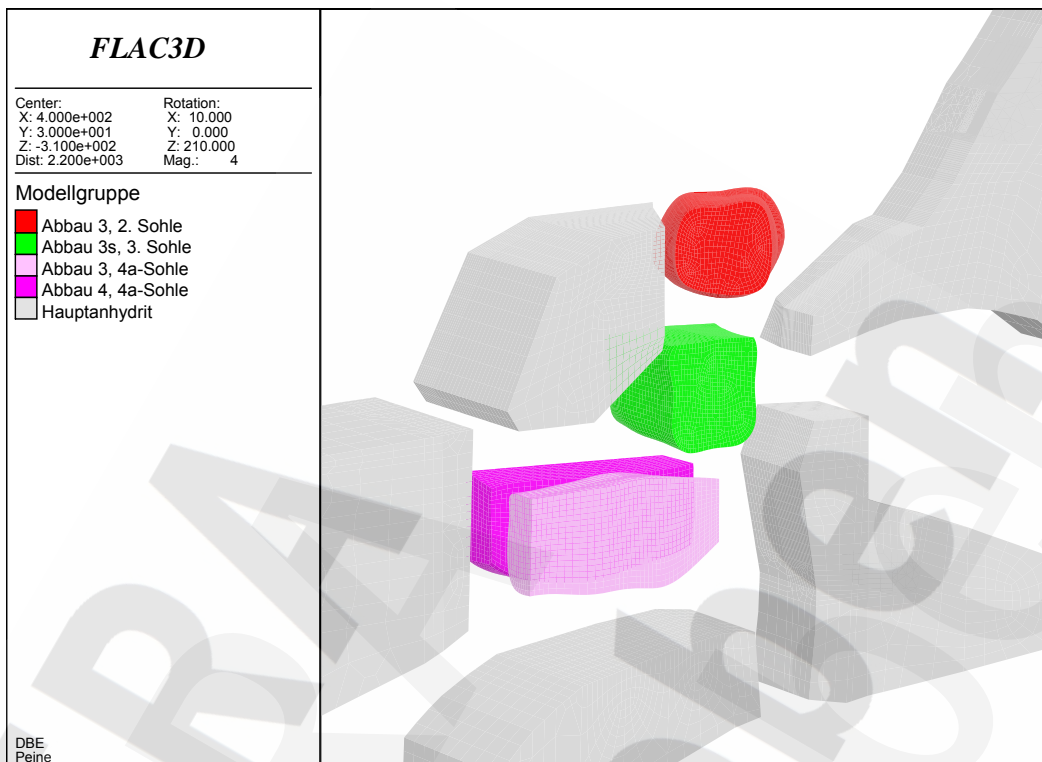


Abbildung 3-2: Berücksichtigte Steinsalzabbaue im reduzierten 3D-Modell (NFII, Seitenansicht von Süden)

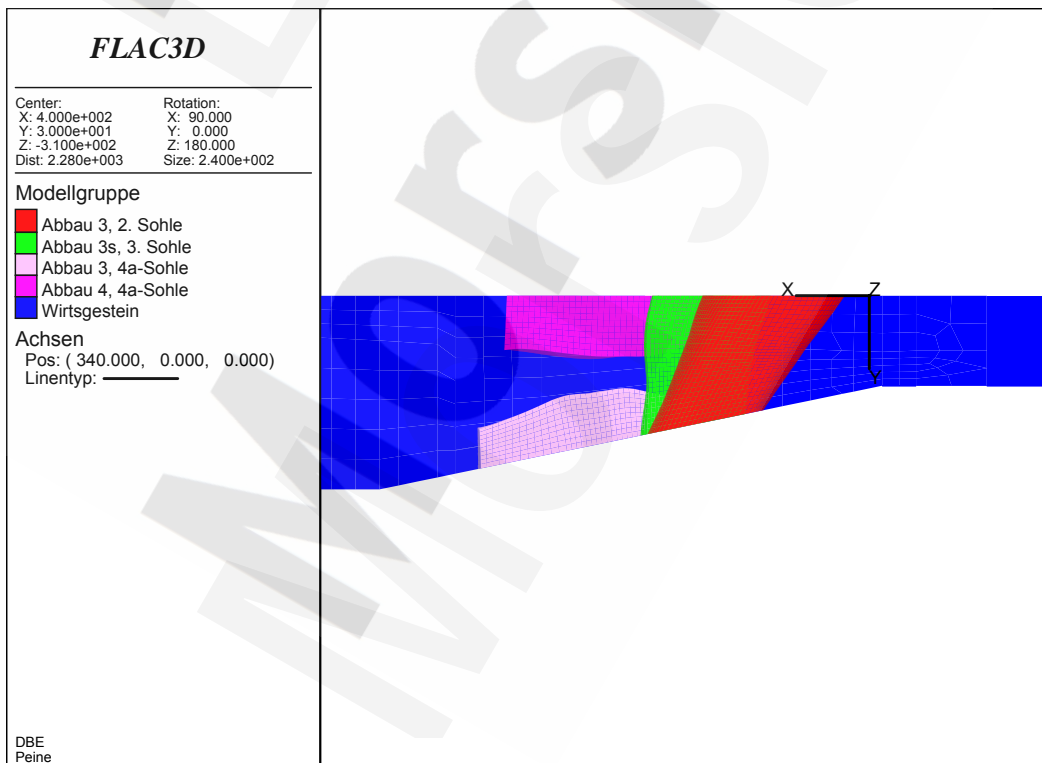


Abbildung 3-3: Berücksichtigte Steinsalzabbaue im reduzierten 3D-Modell (NFII, Draufsicht)

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 28

Die nahezu rechtwinklige Auffahrung der Steinsalzabbaue der 4a-Sohle gegenüber den darüber liegenden Abbauen ist die Folge der geologischen Situation in diesem Feldesteil. Die Modellierung der geologischen Einheiten erfolgt auf der Basis der Schnitte NFM1, Anlage 1, und NFM2, Anlage 2, durch das mittlere Nordfeld. Die Lage der beiden Schnitte ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Der im nördlichen Teil des Grubenfelds liegende Schnitt NFN 1 in Abbildung 3-4 ist für die Modellbildung nicht relevant.

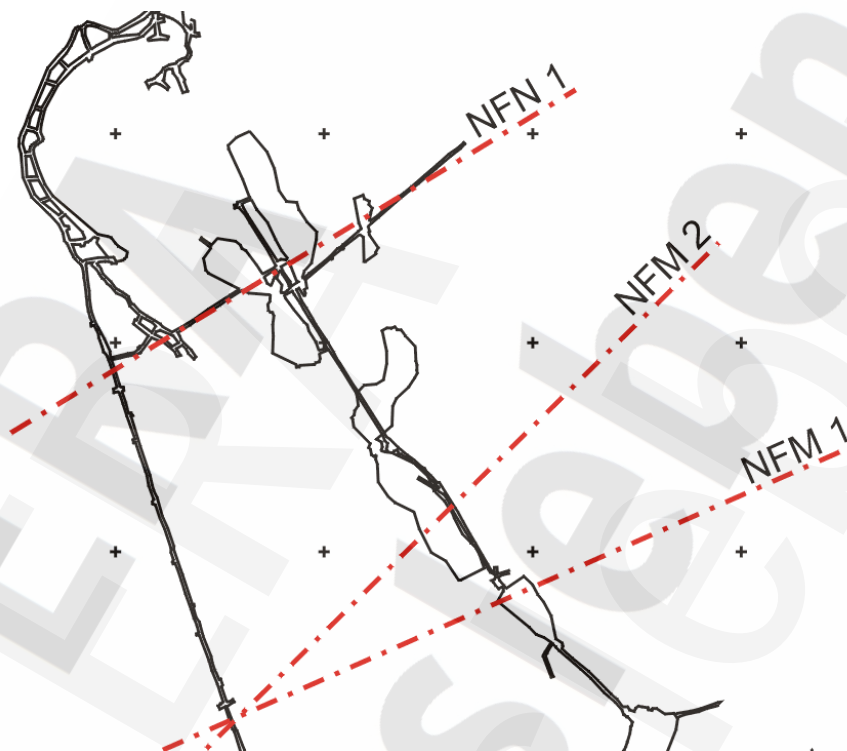


Abbildung 3-4: Lage der geologischen Schnitte im Grubenfeld Bartensleben auf Höhe der 3. Sohle Bartensleben

Das geometrische Modell des Hauptanhydrits, Abbildung 3-5 und Abbildung 3-6, basiert auf den geologischen Schnitten NFM1, Anlage 1, und NFM2, Anlage 2. Darin wird eine Angleichung der Kontur des Hauptanhydrits zwischen den beiden geologischen Schnitten NFM1 und NFM2 berücksichtigt, weiter nach Norden ist der Hauptanhydrit auf der Basis des Schnitts NFM2 extrudiert. In horizontaler Richtung erfolgt eine Zerblockung in die einzelnen Hauptanhydritschollen auf der Basis von /12/. Um die Schnitte im Kreuzungsbereich einander anzupassen, werden Unterschiede im Muldentiefstpunkt und der Lage der einzelnen Hauptanhydritschollen zwischen den Schnitten aneinander angeglichen, vgl. Anlage 1 und Anlage 2. In Teilbereichen war es erforderlich, das geologische Modell an die mit hoher Genauigkeit vorliegenden Scannerdaten aus der Hohlraumvermessung und die Erkenntnisse aus Befahrungen anzupassen. Als Ergebnis ergibt sich für die Hauptanhydritschollen mit Anschluss an den Salzspiegel im Modell NF3D ein minimaler Abstand von ca. 0,8 m gegenüber Abbau 7n, 1. Sohle, Abbau 7, 2. Sohle grenzt mit seinem westlichen Stoß unmittelbar an die Hauptanhydritscholle. Im reduzierten Modell NFII ergibt sich durch die dort nicht mit berücksichtigte Abbaureihe 7 der geringste Abstand zur Hauptanhydritscholle von Abbau 3, 2. Sohle aus zu ca. 10 m.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

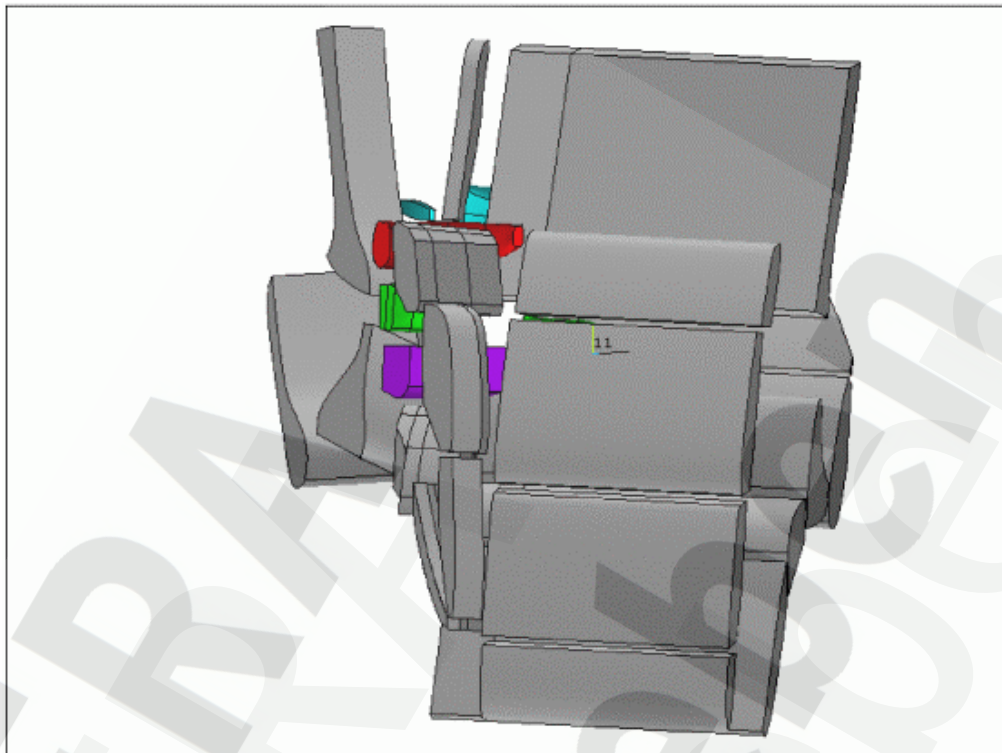


Abbildung 3-5: Geometrisches Modell des Hauptanhydrits mit Steinsalzabbauen (Westansicht)

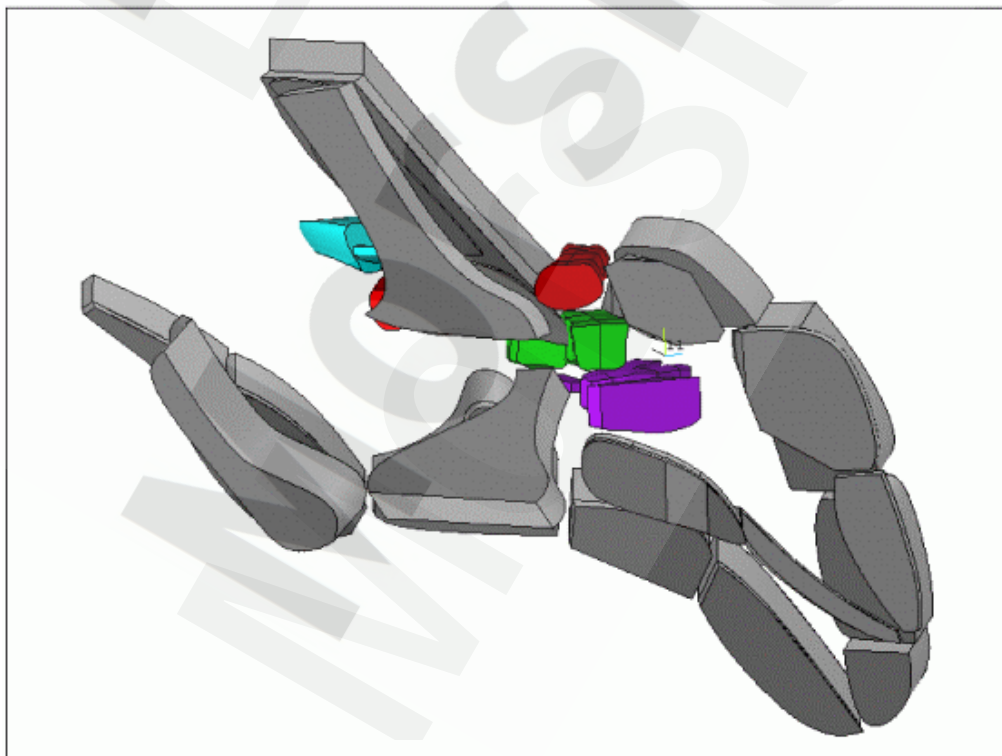


Abbildung 3-6: Geometrisches Modell des Hauptanhydrits mit Steinsalzabbauen (Nordansicht)

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 30

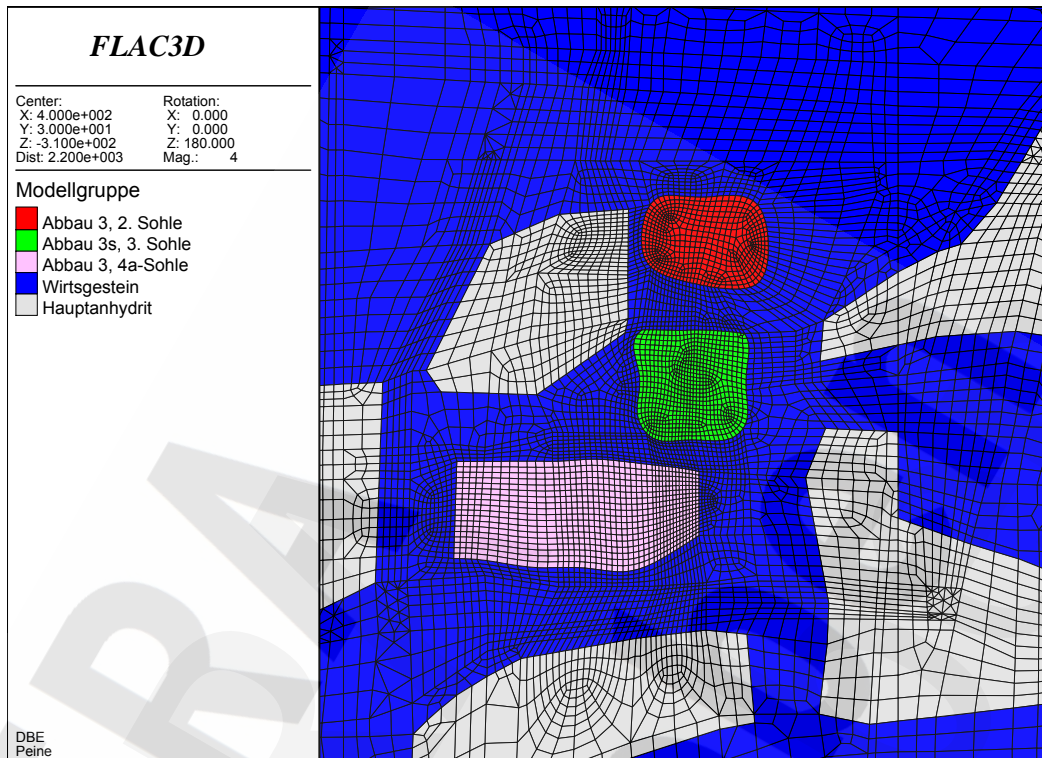



Abbildung 3-7: Diskretisierung und Materialzuordnung in der Umgebung der Steinsalzabbaue (NFII, Südansicht)

In den Berechnungsmodellen sind Vereinfachungen in der Geologie vorgenommen, indem allein die Materialbereiche Deckgebirge, Hauptanhydrit und Steinsalz berücksichtigt werden. Dabei wird dem Deckgebirge das Hutgestein zugeordnet. Im Bereich des Nordfelds liegen in der Hauptmulde überwiegend langsam kriechende Steinsalze vor. Im Einzelnen handelt es sich dabei um z3OS-BK/BD, Kriechklasse 1, z3AM, Kriechklasse 0, in das z3SS-TM, Kriechklasse 2, eingeschlossen ist. Die Steinsalzeinheit z3LS, Kriechklasse 5, liegt nur in geringer Mächtigkeit unmittelbar am Hauptanhydrit. Die Abbaue des Nordfelds liegen überwiegend im z3OS-BK/BD. Daher wird dem Steinsalz vereinfachend ein einheitliches Kriechvermögen entsprechend der Kriechklasse 1 zugeordnet, Anhang 1. Ein Ausschnitt aus dem reduzierten Berechnungsmodell NFII im Umfeld der Steinsalzabbaue ist in Abbildung 3-7 dargestellt. Er beinhaltet neben der Einteilung in Materialbereiche auch die Diskretisierung.

In den Berechnungsmodellen werden die üblichen mechanischen Randbedingungen verwendet: Verschiebungen in Normalenrichtung können auf den seitlichen Rändern und dem unteren Rand nicht auftreten, tangential zu den Rändern sind Verschiebungen reibungsfrei möglich. Für die Auflast auf dem oberen Berechnungsrand wird davon ausgegangen, dass die Tagesoberfläche bei +134 mNN liegt. Es wird ein lithostatisch isotroper Anfangsspannungszustand angenommen, wobei für die Erdbeschleunigung ein Wert von $9,81 \text{ m/s}^2$ zu Grunde gelegt wird. Der Anfangstemperaturverteilung liegt ein sich mit der Teufe linear verändernder Temperaturverlauf mit den Parametern $T_0 (z=0 \text{ m}) = 17,5 \text{ °C}$ und $dT/dz = -0,012 \text{ °K/m}$ /13/ zu Grunde. Auf den Rändern werden adiabate Randbedingungen angenommen. Aufgrund eines Fehlers beim Setzen der Anfangstemperaturver-

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 31

teilung findet über den Berechnungszeitraum ein Ausgleich des Temperaturfeldes zu einem konstanten Temperaturfeld mit einer Temperatur von ca. 21,4 °C statt. Auf die Auswirkung dieses Fehlers wird im Rahmen der Bewertung der Temperaturberechnungen eingegangen. Hinsichtlich der Aussagen zu den thermomechanischen Berechnungen ist die Auswirkung dieses Fehlers nicht signifikant.

Sämtliche Auffahrungen der hier betrachteten Steinsalzabbau sind im Zeitraum zwischen 01.10.1956 und 01.10.1967 erfolgt. Auf Grund der Kürze dieses Zeitbereichs erfolgt die rechnerische Auffahrung einheitlich zum Zeitpunkt 01.07.1962.

Abbau, Sohle	Kennzeichnung	Verfüllreihenfolge in Berechnung	Verfüllbeginn t [d]	Verfülldauer in Arbeitstagen	Verfüllgrad [%]	
					Planung	Modell
Abbau 6, 4a-Sohle	16YEA22 R006	-	1	36	91	-
Abbau 4, 4a-Sohle	16YEA22 R005	1	58	34	90	91,5
Abbau 3, 4a-Sohle	16YEA22 R004	2	106	29	94	92,2
Abbau 5, 4a-Sohle	16YEA22 R003	3	147	20	86	85,2
Abbau 3s, 3. Sohle	15YER22 R006	4	222	63	90	90,0
Abbau 3n, 3. Sohle	15YER22 R007	-	300	21	80	-
Abbau 7, 3. Sohle	15YER22 R005	5	309	15	76	76,3
Abbau 7n, 1. Sohle	09YER21 R005	6	386	23	95	93,4
Abbau 3, 2. Sohle	12YER22 R005	7	390	48	95	96,5
Abbau 7s, 1. Sohle	09YER21 R004	8	421	2	95	95,7
Abbau 7, 2. Sohle	12YER22 R004	9	460	42	95	97,4
Abbau 7a, 1. Sohle	09YER21 R006	10	518	3	93	92,0
Abbau 7, 4a-Sohle	16YEA22 R002	-	-	0	0	0

Tabelle 3-1: Verfüllreihenfolge und rechnerischer Verfüllgrad der Steinsalzabbau des mittleren Teils des Nordfelds

Die zeitliche Abfolge der Verfüllung der Steinsalzabbau im Rahmen der Stilllegung wird auf der Basis einer täglichen Verfüllmenge von 1.450 m³ Salzbeton je Verfüllrohrleitung bei zwei Verfüllrohrleitungen modelliert, wobei jeweils ein Rohr pro Abbau zur Verfügung steht. Die Verfülldauer berücksichtigt eine 5-Tage-Woche. Angaben zur zeitlichen Reihenfolge der Verfüllung und zum Verfüllgrad sind in Tabelle 3-1 zusammengefasst. Bestehende Unterschiede zwischen dem geplanten und dem modellierten Verfüllgrad resultieren aus der Diskretisierung. In Tabelle 3-1 ist der nicht in den Modellen enthaltenen Abbau 6, 4a-Sohle sowie der Abbau 3n, 3. Sohle zur Vollständigkeit mit aufgeführt.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 32

Die Angaben in Tabelle 3-1 und die später ausgeführten Berechnungszeitpunkte (z.B. Verfüllbeginn 01/2009) beruhen auf dem zum Zeitpunkt der Modellbildung und der Berechnung verfügbaren Verfüllplan. Dem gegenüber weist der aktuelle Verfüllplan, /14/, Abweichungen in den folgenden Punkten auf:

- Die tägliche Verfüllmenge eines Verfüllrohres beträgt 970 m³ Beton
- Die Zeitspanne, in der ein einzelner Abbau verfüllt wird, verlängert sich durch die reduzierte Verfüllmenge
- Die Kriterien der Verfüllreihenfolge werden konsequent eingehalten, so dass bei den zu verfüllenden Abbauen tiefer liegende Abbaue vor weiter oben liegenden verfüllt werden und bei mehreren nebeneinander liegenden Abbauen werden die Abbaue in der Reihenfolge ihrer Lage verfüllt
- Der geplante Verfüllgrad sieht bei Abbau 7a, 1. Sohle einen um 2 % höheren Verfüllgrad vor und bei Abbau 3s, 3. Sohle einen um 1 % geringeren
- Die Abbaue 3, 4, 5 und 6 auf der 4a-Sohle sowie die Abbaue 3n, 3s und 7 auf der 3. Sohle sind als Pufferabbaue vorgesehen, d. h. dass diese Abbaue ggf. zu anderen Zeitpunkten als vorgesehen und ggf. auch zunächst mit geringerem Verfüllgrad als vorgesehen verfüllt werden.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Einfluss des geänderten Verfüllplans auf das thermomechanische Verhalten des Feldesteils gering ist.

Bei den in Tabelle 3-1 genannten Verfüllgraden ergibt sich für die einzelnen Abbaue im Rechenmodell nach Verfüllung der in Abbildung 3-8 dargestellte Füllstand.

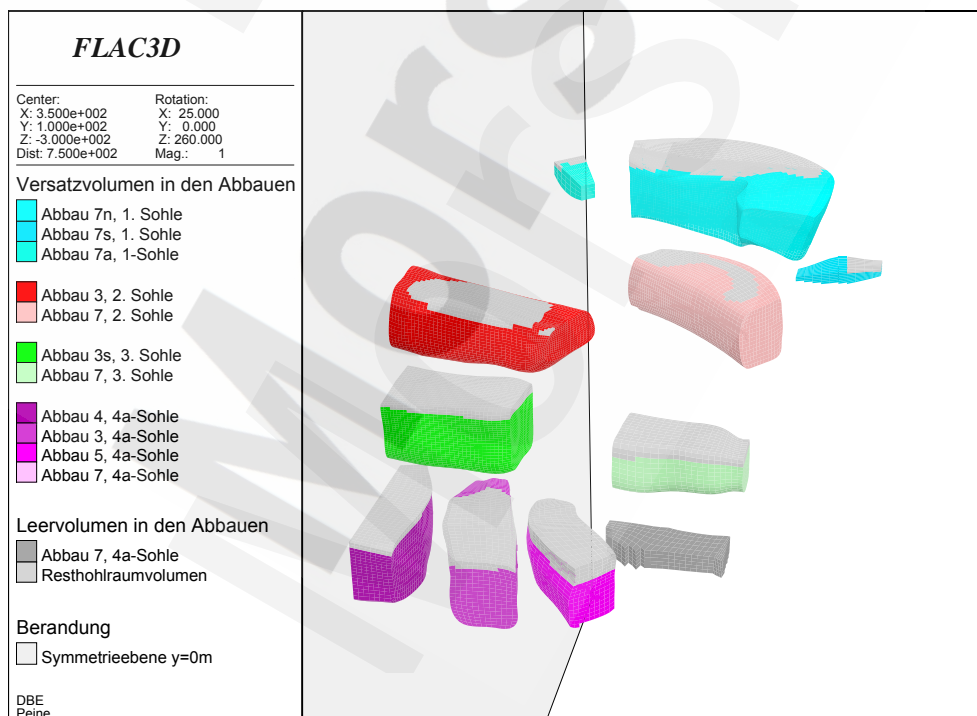


Abbildung 3-8: Darstellung der einzelnen Steinsalzabbaue nach Verfüllung (NF3D, Nordwestansicht)

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

4 Ergebnisse und Bewertung

Mit den Ergebnissen des Berechnungsmodells NF3D werden die Nachweise für die Bauzustände geführt, die Nachweise für den stabilen Endzustand werden an Hand der Ergebnisse des reduzierten Modells NFII geführt. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse der 3D-Modelle erfolgt an Hand ausgewählter Schnittebenen, deren Lage für die vertikal geführten Schnitte in Abbildung 4-1 dargestellt ist. Mit den Schnitten H1, der in der Tiefe von -350 mNN liegt, H2 in der Tiefe von -340 mNN und H8 in der Tiefe von -250 mNN sind auch horizontal geführte Schnitte in den Anhängen mit enthalten. Um die Entwicklung einzelner Ergebnisgrößen in räumlicher Richtung darzustellen, sind in den Anhängen u. a. die Ergebnisse aus mehreren Schnitten in einer Abbildung zusammengefasst. In diesen Fällen ist jeweils ein für die Beanspruchung wesentlicher Ausschnitt gewählt.

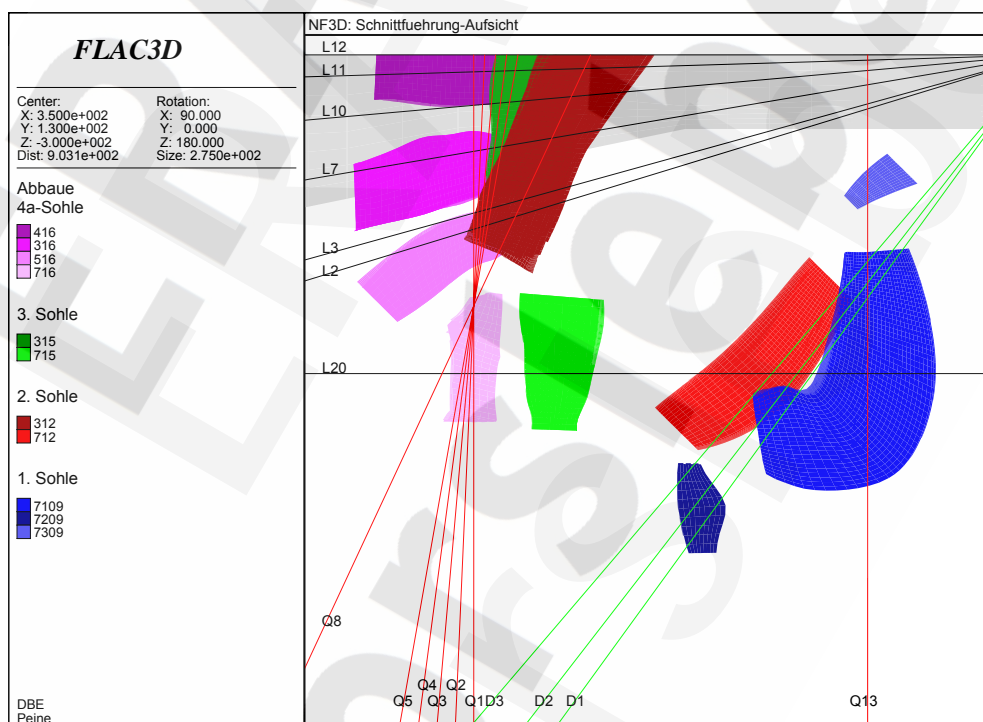



Abbildung 4-1: Lage von Schnitten zur Darstellung der Berechnungsergebnisse (Draufsicht)

Zur Bewertung des unverfüllten Zustands, der Standsicherheit und Integrität während der Bauzustände sowie für den stabilen Endzustand sind die Berechnungsergebnisse für verschiedene Zeitpunkte vor und nach der Verfüllung wie folgt dargestellt:

Für den Zeitpunkt 01/2003 werden in Anhang 2 bis Anhang 14 das vektorielle Verschiebungsfeld und der Betrag der Gesamtverschiebung dargestellt sowie in Anhang 15 bis Anhang 20 die viskoplastische Vergleichsdehnung. In Anhang 21 bis Anhang 44 wird die Verteilung der maximalen und die der minimalen Hauptspannung gezeigt sowie die Spannungstrajektorien. In Anhang 45 bis Anhang 65 wird die Auswertung der spannungsbasierten Kriterien zur Dilatanz und zur Kurzzeitbruchfestigkeit sowie die Auswertung des Fluidkriteriums dargestellt. Die Weiterentwicklung des

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 34

Verschiebungszustandes bis zum Beginn der Verfüllung in 01/2009 ist in Anhang 66 bis Anhang 69 mit dem Gesamtverschiebungsbetrag dargestellt, in Anhang 70 bis Anhang 72 ist der Ausnutzungsgrad angegeben, der sich auf das Dilatanzkriterium bezieht.


Für die Bauzustände wird der Nachweis der geringfügigen Temperaturerhöhung am Salzspiegel durch die zeitliche Entwicklung der stärksten Erwärmung am Salzspiegel erbracht, Anhang 73. Der Nachweis der geringfügigen Temperaturentwicklung in den obersten, an das Deckgebirge angeschlossenen Hauptanhydritschollen erfolgt auf der Basis der Temperaturentwicklung und des Ausnutzungsgrads des Hauptanhydrits, der durch das Festigkeitskriterium des Hauptanhydrits bestimmt wird, Anhang 74 bis Anhang 79. Für die weiteren Nachweise wird in Anhang 80 bis Anhang 107 der Zustand unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue in 02/2010 mit dem Gesamtverschiebungsbetrag, der viskoplastischen Vergleichsdehnung und der maximalen sowie der minimalen Hauptspannung dargestellt. Des weiteren werden die Ausnutzungsgrade gezeigt, die aus dem Dilatanz-, dem Kurzzeitbruchfestigkeits- sowie dem Fluidkriterium resultieren. In Anhang 108 bis Anhang 129 wird der Zustand zwei Jahre nach Abschluss der Verfüllung mit der maximalen sowie der minimalen Hauptspannung gezeigt sowie dem jeweiligen Ausnutzungsgrad des Dilatanz-, des Kurzzeitbruchfestigkeits- und des Fluidkriteriums.

Der stabile Endzustand wird an Hand des Zustandes 1000 a nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue in 02/3010 unter Verwendung des Modells NFII nachgewiesen. Dazu werden in Anhang 130 bis Anhang 136 der Gesamtverschiebungsbetrag, die viskoplastische Vergleichsdehnung, maximale und minimale Hauptspannung sowie dem jeweiligen Ausnutzungsgrad des Dilatanz-, des Kurzzeitbruchfestigkeits- und des Fluidkriteriums dargestellt.

Die Entwicklung der Temperatur ist zu einzelnen Zeitpunkten in Anhang 137 bis Anhang 160 dargestellt, und zwar für den Ausgangszustand in 01/2003, unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue in 02/2010 sowie 2, 15 und 50 a nach Abschluss der Verfüllung. Zur Darstellung der wärmeproduzierenden Bereiche ist in Anhang 161 die zeitliche Entwicklung der maximalen Betonkerntemperatur innerhalb der Steinsalzabbaue gezeigt.

Soweit in den folgenden Bewertungen nicht auf Elemente einzelner Abbaue Bezug genommen wird, erfolgt eine Unterteilung in zwei räumliche Teilbereiche, die als Abbaureihe 3 und als Abbaureihe 7 bezeichnet werden. Im Rahmen der Abbaureihe 3 werden auch die Abbaue 4 und 5 der 4a-Sohle betrachtet.


Innerhalb der Darstellungen wird, soweit nicht durch die Begriffsbestimmung vorgegeben, die in der Mechanik übliche Vorzeichenkonvention verwendet, d. h. dass es sich bei Werten mit positivem Vorzeichen um Zugspannungen bzw. Streckungen handelt und bei Werten mit negativem Vorzeichen um Druckspannungen bzw. Stauchungen.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

4.1 Bewertung des unverfüllten Zustandes

Im unverfüllten Zustand und bis zum Beginn der Verfüllmaßnahme wird das Verschiebungsfeld im Wesentlichen durch die Auflast des Gebirges sowie die Anordnung der Abbaue zueinander bestimmt und, mit untergeordnetem Einfluss, durch die Lage der Hauptanhydritschollen, Anhang 2 bis Anhang 14. Für die Abbaue der Abbaureihe 3 und die Abbaue der 4a-Sohle ergeben sich durch das Einfallen der Schichten von Osten und der vorhandenen Anordnung der Abbaue zueinander an den westlichen Stößen größere Verschiebungen als an den östlichen. Verschiebungen mit über 4 cm treten in der Firstmitte der Abbaue 3 und 4 der 4a-Sohle unterhalb des seitlichen, westlichen Stoßes des Abbaus 3s, 3. Sohle auf, Anhang 7 bis Anhang 10. Die größte Verschiebung im gesamten Modell ergibt sich mit ca. 5,5 cm am südlichen Stoß des Abbaus 3, 4a-Sohle; das ist im Pfeiler zwischen den Abbauen 3 und 5 der 4a-Sohle, Anhang 9 und Anhang 11. Dazu ist anzumerken, dass der Abbau 3s, 3. Sohle gerade oberhalb dieses Pfeilers endet. Bei dem höher liegenden Abbau 3s, 3. Sohle nimmt die Maximalverschiebung, die ebenfalls an der Firste auftritt, nach Norden hin zu, Anhang 8. Die Ursache ist in der in diese Richtung abnehmenden Überdeckung zwischen Abbau 3s, 3. Sohle und Abbau 3, 2. Sohle zu sehen, wodurch die Abschirmung des Abbaus 3s, 3. Sohle durch den Abbau 3, 2. Sohle nach Norden immer geringer wird. Insgesamt verringert sich jedoch die Größe der Maximalverschiebung mit abnehmender Teufe. Insbesondere im Fall der Abbaureihe 7 wirkt sich diese Teufenabhängigkeit aus. Die Verschiebungen erreichen bei den Abbauen der beiden oberen Sohlen trotz der großen Abbauabmessungen weniger als 3 cm, Anhang 12 bis Anhang 14. Dabei ist anzumerken, dass Abbau 7, 2. Sohle durch seine Lage zwischen dem Hauptanhydrit im Westen und dem im Osten oberhalb liegenden Abbau 7n, 1. Sohle abgeschirmt wird.

In den Schweben der Abbaureihe 3 existieren eng begrenzte Bereiche, in dem sich die Bewegungsrichtung aus der Firstsenkung des tiefer liegenden Abbaus auf der westlichen Seite in die Sohlhebung des darüber liegenden Abbaus auf der östlichen Seite umkehrt, Anhang 2. Eine entsprechende Bewegung in Nord-Südrichtung findet sich in schwächerer Ausprägung im Bereich des Pfeilers zwischen den Abbauen 3 und 4 der 4a-Sohle und der darüber liegenden Schweben auf Höhe des westlichen Stoßes von Abbau 3s, 3. Sohle, Anhang 3 bis Anhang 5. Dort trifft die Aufwärtsbewegung im Längspfeiler sowie die Sohlhebung des Abbaus 3s, 3. Sohle mit der Firstsenkung der Abbaue der 4a-Sohle zusammen. Eine vergleichbare Situation von aufeinandertreffenden, gegenläufigen Bewegungsrichtungen findet sich im Bereich oberhalb des östlichen Stoßes des Abbaus 7, 2. Sohle und unterhalb des westlichen Stoßes des Abbaus 7n, 1. Sohle, Anhang 6. In diesen Bereichen der Bewegungsumkehr akkumulieren die Verzerrungen, Anhang 15 bis Anhang 20. In den Tragelementen der Abbaureihe 3 treten rechnerisch lokal Verzerrungen auf, die Werte von ca. 1 % erreichen. Außerhalb dieser Lokalisierungen beträgt der Wert der viskoplastischen Vergleichsdehnung durchgängig weniger als ca. 0,5 %. Gegenüber den Werten der viskoplastischen Vergleichsdehnung in der Abbaureihe 3 werden im Fall der Abbaureihe 7 sowohl im Hinblick auf die Maximalwerte in den Lokalisierungen als auch durchgängig in den Tragelementen weiter reduzierte Dehnungen erzielt, Anhang 19 und Anhang 20. Zusammenfassend liegt damit die viskoplastische Vergleichsdehnung in den Tragelementen einschließlich seiner Spitzenwerte unterhalb der für diese Strukturelemente angestrebten maximalen Vergleichsdehnung von 2 %. Innerhalb der Salzbar-


	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 36

riere beträgt die viskoplastische Vergleichsdehnung unter 0,1 % und liegt damit deutlich unter dem Wert von 1 %.

Im konturnahen Bereich um die Steinsalzabbauereie treten Zugspannungen auf, die Werte von etwa 1 MPa erreichen, Anhang 21 bis Anhang 29. Zugspannungen von über 2 MPa, Anhang 26, sind die Folge des kontinuumsmechanischen Modells, da Abbau 7, 2. Sohle einerseits mit seinem westlichen Stoß unmittelbar an den rein elastisch modellierten Hauptanhydrit grenzt und andererseits im übrigen Konturbereich im viskoplastischen Steinsalz eingebettet ist. Im Bereich der Abbaureihe 3 lassen sich mehrere durchgängige Zugspannungsbänder feststellen. Von der Firste des Abbaus 3s, 3. Sohle ausgehend verläuft ein Band zur Sohle des Abbaus 3, 2. Sohle. Ebenso verläuft zwischen der Firste des Abbaus 4, 4a-Sohle bzw. Abbaus 3, 4a-Sohle je ein Band zur Sohle und ein Band zum westlichen Stoß des Abbaus 3s, 3. Sohle, Anhang 21. Dabei treten in den Bändern zwischen Firste und Sohle zonal Spannungen bis 1 MPa auf. Wie in Anhang 22 dargestellt, schwächt sich die Ausbildung der Zugbänder bei den Abbauen der 4a-Sohle mit zunehmendem Abstand vom zentralen Abbau 4, 4a-Sohle ab. Darüber hinaus treten Zugspannungen oberhalb der Firste des Abbaus 3, 2. Sohle auf. In den Längspfeilern der Abbaue der 4a-Sohle treten ebenfalls Zugspannungsbereiche auf. Sie befinden sich bei etwa 2/3 der Pfeilerhöhe, im Fall des Pfeilers zwischen den Abbauen 3 und 5 auch bei etwa 1/3 der Pfeilerhöhe, Anhang 23 und Anhang 24. Diese Beanspruchung lässt sich über der gesamten Pfeilerlänge verteilt wiederfinden, Anhang 25. Durch den geringeren Durchbaugrad und den geringeren Teufendruck fällt die Beanspruchung in der Abbaureihe 7 geringer aus als in der Abbaureihe 3, Anhang 26 bis Anhang 29. Zugspannungen treten nur in einem geringen Umfang auf. Durchgängige Bänder mit Zugspannungen ergeben sich im Bereich des abknickenden westlichen Stoßes des Abbaus 7n, 1. Sohle und durch seine Nähe zum Hauptanhydrit am nördlichen Ende des westlichen Stoßes. Von dem oben genannten kontinuumsmechanischen Effekt abgesehen treten im Hauptanhydrit und in der Salzbarriere keine Zugspannungen auf. Insgesamt lässt sich feststellen, dass das Steinsalz im Nahbereich um die Abbaue nahezu entlastet ist.

Die minimale Hauptspannung, Anhang 30 bis Anhang 38, weist im gesamten Berechnungsmodell ausschließlich Druckspannungen auf. Entlastete Zonen ergeben sich am westlichen Stoß des Abbaus 3s, 3. Sohle und am östlichen Stoß des Abbaus 4, 4a-Sohle, wobei die Druckspannungen weniger als 1 MPa erreichen, Anhang 30. Im Fall der Abbaue der 4a-Sohle nimmt die Druckentlastung mit zunehmendem Abstand zum Abbau 4, 4a-Sohle ab, Anhang 31 bis Anhang 34. In den Pfeilern und Schweben der Abbaureihe 3 weist die minimale Hauptspannung überwiegend Druckspannungen von mehr als 6 MPa auf. Im Übergang zwischen Pfeiler und Schweben existieren Bereiche mit einer signifikanten Überdrückung; es werden Drücke bis zu 14 MPa erreicht. Sowohl die entlasteten Bereiche wie die überdrückten Bereiche lassen sich den Scherbändern zuordnen. Im Fall der Abbaureihe 7 tritt nur in einem geringen Umfang eine Entlastung auf, da ein Druck von 4 MPa nicht unterschritten wird, Anhang 34 bis Anhang 38. Eine Überdrückung findet sich in dieser Abbaureihe jedoch in stärkerem Umfang, Anhang 34 und Anhang 35. Sie trifft im Bereich zwischen Abbau 7, 4a-Sohle und Abbau 7, 2. Sohle auf. Die Druckbeanspruchung von über 18 MPa westlich des Stoßes des Abbaus 7, 2. Sohle resultiert aus dem unmittelbaren Anschluss dieses Abbaus an den Hauptanhydrit, Anhang 35. Im Steinsalz ergibt sich außerhalb des unmittelbaren Nahbereichs um die Abbaue ein Druckanstieg in der minimalen Hauptspannung bis etwa 12 MPa, in der Nähe zum

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 37


Hauptanhydrit werden auch Druckspannungen bis ca. 14 MPa erreicht. Die minimale Hauptspannung in den die Abbaue umgebenden Hauptanhydritschollen liegt überwiegend im Druckbereich zwischen 10 MPa und 12 MPa. Durch die Lage der Abbaue in einer durch Schollen aus Hauptanhydrit begrenzten Mulde findet sich unterhalb der Sohle der Abbaue der 4a-Sohle ein mit Druckspannungen bis ca. 16 MPa überdrückter Bereich. Der Verlauf der Spannungstrajektorien ist in Anhang 39 bis Anhang 44 dargestellt.

Mit Hilfe des spannungsbezogenen Dilatanzkriteriums werden beanspruchte Bereiche ausgewiesen, Anhang 45 bis Anhang 53. Diese Bereiche stimmen weitgehend mit denen überein, in denen Zugspannungen auftreten. In den Anhängen sind die Bereiche mit Zugspannungen als maximale Hauptspannung gesondert gekennzeichnet. Im Fall der Abbaureihe 3 lässt sich durch die Anordnung der dilatanten Zonen in den Schweben ableiten, dass mit zunehmendem Kriechen Bruchkörper ausgebildet werden, Anhang 45 bis Anhang 48. Ebenso weisen die Pfeiler zwischen den Abbauen der 4a-Sohle rechnerisch durchgängig dilatante Bereiche aus, Anhang 47 bis Anhang 49. Zusätzlich zu den dilatanten Bereichen in den Schweben werden weitere dilatante Bereiche zwischen dem westlichen Stoß des Abbaus 3s, 3. Sohle bzw. Abbau 3, 2. Sohle und der westlich dieser Abbaue liegenden Hauptanhydritscholle ausgewiesen sowie oberhalb der Firste des Abbaus 3, 2. Sohle. Der Umfang der dilatanten Zonen nimmt für die Abbaue der 4a-Sohle mit zunehmendem Abstand von der gewählten Symmetrieebene ab. Die Abbaue der Abbaureihe 7 weisen nur in ihrer unmittelbaren Umgebung dilatante Zonen aus, Anhang 47 und Anhang 49 bis Anhang 53. Durchgängige Bereiche gibt es nur im Bereich des abknickenden westlichen Stoßes des Abbaus 7n, 1. Sohle und am nördlichen Ende des westlichen Stoßes zum Hauptanhydrit, Anhang 52 und Anhang 53. Mit Ausnahme der Zonen, in denen Zugspannungen auftreten, weist das Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium im gesamten Berechnungsgebiet keine Zonen mit einem Ausnutzungsgrad über 1 aus, Anhang 54 bis Anhang 59.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in konturnahen Bereichen sowie in den Tragelementen der Abbaureihe 3 ein Spannungszustand ausgewiesen wird, der auf dilatante Auflockerungen hinweist. Die Tragelemente weisen durchgängige, dilatante Bereiche aus. Die ebenfalls ausgewiesenen Verzerrungsgrößen sind mit maximal ca. 1 % noch gering.

Der geringste Abstand zum Salzspiegel wird in der Abbaureihe 7 erreicht. Hinsichtlich der Barriereintegrität lässt sich festhalten, dass die Salzbarriere in dieser Abbaureihe entlang der Schichtgrenzen zum Hauptanhydrit eine Dicke von ca. 130 m aufweist und in vertikaler Richtung eine Dicke von ca. 90 m. Die Salzbarriere weist damit eine Dicke von mehr als 60 m auf. Die Barriereintegrität ist demnach durch das Abstandskriterium nachgewiesen und wird durch die Einhaltung des Dilatanzkriteriums untermauert. Das Fluidkriterium ist im vorliegenden Fall ein zum Dilatanzkriterium alternatives Kriterium zur Bewertung der Barriere. Es weist bis in einem Abstand von ca. 30 m oberhalb der Abbaue einen Ausnutzungsgrad von über 1 aus, Anhang 60 bis Anhang 65.

Bis zum rechnerischen Beginn der Verfüllmaßnahmen im Berechnungsschnitt des Nordfelds nehmen die Deformationen auf Grund der Kriechfähigkeit des Salzes zu, Anhang 66 bis Anhang 69, Änderungen im Spannungszustand treten nur in geringem Umfang auf, Anhang 70 bis Anhang 72.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


4.2 Bewertung der Bauzustände

Die Bewertung der Bauzustände erstreckt sich auf den Zeitraum, in dem die Steinsalzabbauverfüllung durchgeführt wird, was für das Berechnungsmodell NF3D einem Zeitraum von ca. 1,25 a entspricht, /14/, sowie dem daran anschließenden Zeitraum von 50 a.

Nachweis der Begrenzung der Senkung der Tagesoberfläche /8/: Die maximale Senkung am oberen Berechnungsrand beträgt zum Zeitpunkt 01/2003 rechnerisch ca. 0,9 cm und sie nimmt bis zum Beginn der Verfüllung um ca. 0,3 mm zu. Die maximale Senkung hat sich bis zum Abschluss der Verfüllmaßnahme durch die thermische Expansion des die Abbau umgebenden Steinsalzes auf ein Maß verringert, das geringfügig unter dem des unverfüllten Zustands liegt. In der Folgezeit überwiegt noch der Prozess der thermischen Expansion des Wirtsgesteins gegenüber dem Konvergenzprozess der offenen Hohlräume, so dass die maximale Senkung am oberen Berechnungsrand ca. 8 Jahre nach Abschluss der Verfüllung nur noch ca. 0,6 cm beträgt. Im Hinblick auf den geringeren Abstand, den der obere Berechnungsrand im Vergleich zur Tagesoberfläche gegenüber den Auffahrungen hat, ist anzumerken, dass mit zunehmendem Abstand von den Abbauen sich das Verschiebungsfeld über eine größere Fläche verteilt und dabei in seinem Absolutwert abnimmt. Gegenüber den Senkungen am oberen Berechnungsrand werden die Senkungen an der Tagesoberfläche daher noch geringer ausfallen. Insgesamt ist festzustellen, dass die bestehende geringe Deformationsgeschwindigkeit im Nordfeld durch die Stabilisierung des Grubengebäudes in Folge der Verfüllmaßnahme wesentlich reduziert wird. Der Schutz der Tagesoberfläche ist bei einer maximal zulässigen Senkung von 1 m, /8/, zu jedem Zeitpunkt sicher gewährleistet.

Nachweis der Begrenzung der Schiefstellung von Gebäuden auf der Tagesoberfläche /8/: Wird die Neigungsrate zwischen dem Anfangszustand und dem Zeitpunkt unmittelbar vor der Verfüllung für Punkte auf dem oberen Berechnungsrand bestimmt, ergibt sich eine maximale Neigungsrate von unter 0,01 %/100 a. Indem dabei der Zeitraum unmittelbar im Anschluss an die Hohlraum-auffahrung berücksichtigt wird, enthält diese Rate den Zeitraum der größten Spannungsumlagerungen und berücksichtigt gleichzeitig noch nicht die Stabilisierung des Grubengebäudes durch den Versatz. Weiterhin wird sich die Neigungsrate, wie oben bereits geschrieben, im weiteren Verlauf des Deckgebirges zur Tagesoberfläche hin noch reduzieren, so dass es sich bei dem oben angegebenen Wert um einen konservativen Wert für die zu erwartende Neigungsrate handelt. Bei einer zulässigen Neigungsrate von 1m/300m pro 100a, /8/, entsprechend 0,33 %/100 a ist der Schutz der Gebäude gegen Schiefstellung an der Tagesoberfläche sicher gewährleistet.

Nachweis des Erhalts der vorhandenen Barriereintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume /8/: Im Hinblick auf die Barriereintegrität des Steinsalzes wird vom Dilatanzkriterium zum Zeitpunkt 01/2003 ein dilatanter Bereich bei den oben liegenden Abbauen 3, 2. Sohle und 7n, 1. Sohle bis ca. 10 m oberhalb der Firste ausgewiesen (siehe Anhang 45). Mit weiter zunehmendem Abstand zu den beiden Abbauen verringert sich der Ausnutzungsgrad auf Basis des Dilatanzkriteriums, so dass der Ausnutzungsgrad z. B. in einer Teufe von ca. 35 m oberhalb der Firste des o. g. Abbaue nur noch 0,4 beträgt. Die mit der Verfüllung und der anschließenden Gebirgserwärmung einhergehende thermische Expansion bewirkt, dass der Ausnutzungsgrad bis zum Ende der Verfüllung re-

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 39

duziert wird, vgl. Anhang 45 mit Anhang 96. Im anschließenden Zeitraum verbessert sich der Barrierezustand zunächst weiter. Die Wärmeausbreitung bei nahezu abgeschlossenem Hydratationsprozess führt jedoch zu einer thermischen Kontraktion und damit steigt der Ausnutzungsgrad wieder an, Anhang 118. In Bereichen mit einem hohem Durchbauungsgrad, und so mit einer entsprechend langen Wärmefreisetzung, wirkt sich der Prozess der thermischen Kontraktion erst zu einem späteren Zeitpunkt aus als in Bereichen, in denen die verfüllten Abbaue sich in einer Randlage befinden. Der Zustand zum Zeitpunkt von zwei Jahren nach Abschluss der Verfüllung stellt gegenüber dem unverfüllten Zustand jedoch immer noch eine Zustandsverbesserung dar. 10 bis 20 Jahre nach Abschluss der Verfüllung überwiegt der Konvergenzprozess mit seinem Abbau der Deviatorspannung gegenüber dem Einfluss aus der thermischen Kontraktion, so dass sich ab dem Zeitpunkt die Barriereintegrität wieder kontinuierlich verbessert. Der Ausnutzungsgrad, der aus dem Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium bestimmt wird, wird zu keinem Zeitpunkt während und nach der Verfüllung für die Bruchgrenze relevant, vgl. Anhang 54 mit Anhang 100 und Anhang 122 sowie Anhang 100 bis Anhang 103 sowie Anhang 122 bis Anhang 125. Bei geringerer Überschreitung der Dilatanzgrenze als im unverfüllten Zustand, /8/, und einer vorhandenen Steinsalzbarriere von 90 m in vertikaler Richtung ist die Barriereintegrität jederzeit sicher gewährleistet.

Nachweis einer ausreichend dicken Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume /8/: Dieser Nachweis ist bereits auf Grund der in /8/ angegebenen Sicherheitsabstände geführt, da für die nicht zutrittsgefährdeten Grubenbaue ein Abstand von 130 m zum Salzspiegel gegeben ist und dieser durch die Verfüllung nicht verringert wird.

Nachweis der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel /8/: Durch den Abstand zwischen dem Salzspiegel und den zu verfüllenden Abbauen tritt die Temperaturänderung am Salzspiegel zeitlich verzögert ein. Deshalb ist die größte Temperaturänderung am Salzspiegel für einen Betrachtungszeitraum von 50 a nach Beginn der Verfüllung in Anhang 73 dargestellt. Trotz des geringeren Abstands zum Salzspiegel, den der oberste Abbau in der Berechnungsvariante NF3D gegenüber dem der Berechnungsvariante NFII hat, besteht in der Zeitdauer, die für die Bewertung der Bauzustände zu Grunde gelegt wird, nur ein geringer Unterschied in der zeitlichen Entwicklung der Temperaturänderung. In der Variante NF3D wird der geringere Abstand zum Salzspiegel durch die dreidimensionale Temperatursausbreitung ausgeglichen. Wird die rechnerische Temperaturänderung um die aus der fehlerhaft gesetzten Anfangstemperatur resultierenden Temperaturänderung korrigiert, ergibt sich eine maximale Temperaturänderung von ca. 0,5 K am Salzspiegel. Bei einer zulässigen Temperaturerhöhung am Salzspiegel von 1 K während der Bauzustände, /8/, ist die Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung selbst über einen Zeitraum von insgesamt 50 a sicher gegeben.

Nachweis der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung in der jeweils obersten Hauptanhydritscholle, wenn der Hauptanhydrit ein potentieller Lösungspfad ist /8/: Im Rahmen der Modellbildung in Kapitel 3 ist auf den geringen Abstand zwischen Steinsalzabbauen und oberer Hauptanhydritscholle eingegangen worden. Es existieren zwei Bereiche, die im Hinblick auf die Temperaturerhöhung im Hauptanhydrit zu betrachten sind.


	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 40

Ein Bereich befindet sich östlich von Abbau 3s, 3. Sohle und Abbau 3, 2. Sohle. Für Punkte, die auf der abbaunahen spitz ausgebildeten Kontur der relevanten Hauptanhydritscholle liegen, ist in Anhang 74 die zeitliche Entwicklung der Temperaturänderung dargestellt. In Punkt 5, der am tiefsten liegt, ergibt sich mit mehr als 5 K die größte Temperaturänderung. Sie wird ca. 8 a nach Abschluss der Verfüllung erreicht. Die maximal zulässige Temperaturerhöhung von 2 K innerhalb des Betrachtungszeitraums, /8/, wird oberhalb von Punkt 1 erreicht. Dieser Punkt liegt mehr als 130 m unterhalb des Salzspiegels, in Richtung des Einfallswinkels der Schichten beträgt der Abstand etwa ca. 165 m. Lokal wird die zulässige Temperaturerhöhung in diesem Bereich überschritten, da dieser Bereich jedoch mehr als 130 m unterhalb des Salzspiegels liegt, /8/, ist diese lokale Temperaturerhöhung für die Zutrittsgefährdung ohne Bedeutung.

Ein weiterer Bereich befindet sich westlich von Abbau 7, 2. Sohle und Abbau 7n, 1. Sohle, Anhang 75. Abbau 7, 2. Sohle grenzt am westlichen Stoß unmittelbar an eine Hauptanhydritscholle, die Anschluss an den Salzspiegel hat, und auch bei dem darüber liegenden Abbau 7n, 1. Sohle endet der westliche Stoß sowohl im Norden als auch im Südwesten in geringer Entfernung zur oberen Hauptanhydritscholle. Durch die geometrische Lage der beiden Abbaue zueinander ergibt sich die stärkere Beanspruchung im Bereich des Stoßes im Südwesten. Unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung beträgt die maximale Temperaturerhöhung ca. 10 K und wird am Stoß des Abbaus 7, 2. Sohle erreicht. Dieser unmittelbare Kontaktbereich zwischen Versatz und Hauptanhydrit liegt in einem Abstand von ca. 150 m unterhalb des Salzspiegels und ca. 180 m in Richtung des Einfallswinkels der Schichten. Im Einflussbereich des Abbaus 7n, 1. Sohle wird die zulässige Temperaturerhöhung zu diesem Zeitpunkt mit 5 K ebenfalls überschritten. Dieser Einflussbereich liegt ca. 100 m unterhalb des Salzspiegels bzw. ca. 130 m in Richtung des Einfallswinkels der Schichten. Zwei Jahre nach Abschluss der Verfüllung beträgt die maximale Temperaturerhöhung ca. 7 K, 7 a nach Abschluss der Verfüllung weniger als 5 K, Anhang 76. Zu diesem zuletzt genannten Zeitpunkt hat sich allerdings das Gebiet, in dem eine Temperaturerhöhung von mehr als 2 K auftritt, bis auf ca. 75 m dem Salzspiegel genähert. Der Nachweis der Vernachlässigbarkeit der Temperaturerhöhung wird daher für diesen Bereich an Hand des Festigkeitskriteriums für den Hauptanhydrit erbracht.

Der Ausnutzungsgrad des Festigkeitskriteriums ist für den Zeitpunkt 01/2003 in Anhang 77 dargestellt. Innerhalb der Hauptanhydritscholle besteht an ihrem unteren Abschluss an das Steinsalz ein Bereich, in dem der Ausnutzungsgrad Werte von über 1 erreicht. In Anhang 79 ist dieser Bereich zu einem späteren Zeitpunkt dargestellt. Auf die Ursache für diese Überschreitung ist bereits im Zusammenhang mit der maximalen Hauptspannungsverteilung eingegangen worden. Dieser Bereich weist einen Abstand von 160 m senkrecht zum Salzspiegel bzw. 200 m dem Schichteinfallen folgend auf und ist deshalb für die Zutrittsgefährdung ohne Bedeutung. Ein weiterer Bereich mit einem Ausnutzungsgrad über 1 existiert am Übergang zwischen westlichem und nördlichem Stoß des Abbaus 7, 2. Sohle, Anhang 77. Außerhalb dieser beiden Bereiche erreicht der Ausnutzungsgrad auf Höhe des Abbaus 7, 2. Sohle maximal Werte von 0,9, auf Höhe des Abbaus 7n, 1. Sohle und darüber Werte bis zu 0,5. Der mit der Verfüllung einhergehende Wärmeeintrag und die daraus resultierende thermische Expansion wirkt sich günstig auf den Ausnutzungsgrad aus. Abgesehen von dem o. g. Bereich innerhalb der Hauptanhydritscholle erreicht der Ausnutzungsgrad zum Zeit-

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 41

punkt unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung nur Werte bis zu 0,6. In der Folgezeit steigt der Ausnutzungsgrad durch den Abfluss der Wärme und der sich daraus ergebenden thermischen Kontraktion wieder an, erreicht aber auch 7 a nach Abschluss der Verfüllung außerhalb des Bereichs mit Überschreitung des Ausnutzungsgrads nur geringfügig höhere Werte als 0,6, Anhang 78. Ein Schnitt durch die Hauptanhydritscholle, Anhang 79, zeigt die Konzentration des Ausnutzungsgrads auf den konturnahen Bereich. Wie Anhang 78 und Anhang 79 zu entnehmen ist, weist das Festigkeitskriterium insbesondere in dem barriere relevanten Bereich des Hauptanhydrits nur einen geringen Ausnutzungsgrad aus.

Insgesamt lässt sich zum Nachweis der Temperaturerhöhung in der obersten Hauptanhydritscholle feststellen, dass die Barrierewirksamkeit des Hauptanhydrits zu jedem Zeitpunkt gegeben ist. Lokal wird die zulässige Temperaturerhöhung überschritten, da dieser Bereich jedoch entweder mehr als 130 m unterhalb des Salzspiegels liegt, /8/, oder der Ausnutzungsgrad, der durch das Festigkeitskriterium des Hauptanhydrits beschrieben wird, unter einem Wert von 1 liegt, /8/, ist diese lokale Temperaturerhöhung für die Zutrittsgefährdung ohne Bedeutung.

Nachweis der Zustandsverbesserung des Salzes in den Konturbereichen der Grubenräume sowie in den Tragelementen der Schweben und Pfeiler /8/: Für den Nachweis der Zustandsverbesserung des Salzes in den Konturbereichen sowie in den Tragelementen sind drei Effekte zu berücksichtigen: Mit der auflaufenden Konvergenz in den verfüllten Abbauen übernimmt das Verfüllmaterial eine mittragende Funktion und aus dem Hydratationsprozess resultiert sowohl ein instationäres Temperaturfeld als auch eine über der Zeit zunehmende Festigkeit des Verfüllmaterials.

Im konturnahen Bereich und in den Tragelementen wirkt sich der Wärmeeintrag während der Zeitdauer der Bauzustände günstig aus, indem mit dem Wärmeeintrag beginnend zusätzlich zum ursprünglich vorhandenen Spannungszustand ein Druckspannungszustand aus der thermischen Expansion überlagert wird, vgl. z. B. Anhang 21 mit Anhang 88 und Anhang 110. Die in den Schweben vorhandenen Zugspannungen werden in der folgenden Zeit zunächst weitgehend abgebaut. Im Anschluss daran kommt es bedingt durch die thermische Kontraktion im Lauf der folgenden Jahre zur Entlastung des konturnahen Bereichs und zu Zugspannungen in den Schweben. Im Fall der minimalen Hauptspannung führt der Wärmeeintrag zu einer Erhöhung der Druckspannungen auf ca. 15 MPa, lokal werden auch mehr als 15 MPa erzielt, und zwar sowohl in den konturnahen Zonen der verfüllten Steinsalzabbau als auch in den Schweben, Anhang 92 und Anhang 114. Mit fortschreitender Zeit wird diese Druckbeanspruchung von den konturnahen Zonen des Steinsalzes weg in das Steinsalz und vor allem auf die umgebenden Hauptanhydritschollen verlagert. Innerhalb des Steinsalzes können sich diese Druckspannungen abbauen. Die zeitliche Entwicklung des Ausnutzungsgrades im Dilatanz- und im Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium stimmt in erster Linie mit der aus der maximalen Hauptspannung überein, Anhang 96 und Anhang 118 für das Dilatanzkriterium sowie Anhang 100 und Anhang 122 für das Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium. Insofern ergibt sich während der Verfüllung und dem anschließenden Zeitraum eine Verbesserung in den Konturbereichen und Tragelementen. Daran anschließenden steigt der Ausnutzungsgrad wieder an.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Insgesamt lässt sich zum Nachweis der Zustandsverbesserung feststellen, dass die Verfüllung im unmittelbaren Zeitraum der Bauzustände zu einer Verbesserung des unverfüllten Zustands führt, /8/. Trotz der Zustandsverbesserung wird jedoch die Schwebelast zwischen Abbau 3s, 3. Sohle und Abbau 4, 4a-Sohle weiterhin als stark beansprucht ausgewiesen. Mit der thermischen Expansion stellt sich eine Zustandsverbesserung des Spannungszustandes ein, wobei sich in Verbindung mit der Abkühlung des Salzbetons und des die Abbaue umgebenden Steinsalzes in den Schweben Zugspannungen und damit rechnerisch dilatante Zonen ausbilden. Diese treten jedoch erst im Anschluss an die Verfüllung auf.


Zusammenfassende Bewertung: Entsprechend den dargestellten Ergebnissen ist der Nachweis der Sicherheit der Bauzustände für das Nordfeld am Beispiel des mittleren Bereichs des Nordfelds geführt.

Ergänzende Bemerkungen zu Änderungen in der Verfüllplanung: Der den Berechnungen zu Grunde liegende Verfüllplan weist eine tägliche Verfülleistung eines Verfüllrohres von 1.450 m³/d aus. Dem steht die tägliche Verfülleistung eines Verfüllrohres von 970 m³/d des aktuellen Verfüllplans gegenüber, /14/, so dass sich daraus eine um ca. 50 % verlängerte Verfülldauer für den mittleren Bereich des Nordfelds ergibt. Darüber hinaus ist in dem aktuellen Verfüllplan die Verfüllreihenfolge und der Verfüllgrad zweier Abbaue geringfügig geändert worden.

Durch die Aktualisierung ergeben sich keine wesentlichen Änderungen im Verfüllgrad des einzelnen Abbaus, so dass die in die Abbaue sowie in das gesamte System eingebrachte Wärmemenge unabhängig vom Verfüllplan ist, es erfolgt im Wesentlichen eine zeitliche Streckung des Wärmetransports. Dies führt nicht zu signifikant anderen Ergebnissen, da in den Versatzkörpern gleich bleibende oder niedrigere Temperaturmaxima zu erwarten sind und Abweichungen zu höheren Temperaturen in Folge von Überlagerungseffekten nur sehr gering sind. Bei geringen Änderungen im Temperaturfeld sind auch die Änderungen der thermisch induzierten Spannungen und die Änderungen im Kriechverhalten gering. Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Einfluss des geänderten Verfüllplans auf das thermomechanische Verhalten des Feldesteils gering ist, so dass sich für die Bewertung der Sicherheit der Bauzustände keine Änderung ergibt.

4.3 Nachweis des stabilen Endzustands

Der Nachweis des stabilen Endzustandes erfolgt auf der Basis der Ergebnisse des reduzierten Modells NFII für den Zeitpunkt des Berechnungsendes, das sind ca. 1000 a nach der Verfüllung. Im Vergleich der Ergebnisse zwischen den Berechnungsvarianten NF3D und NFII zeigt sich, dass im Nordfeld der dreidimensionale Trageffekt eine wesentliche Rolle spielt. Mit einer vollständig dreidimensionalen Modellierung ergeben sich für den unverfüllten Zustand Verschiebungen, die nur etwa ein Drittel der Verschiebungen ausmachen, die mit dem reduzierten Modell bestimmt werden. Dieses ist die Folge eines ausgeglicheneren Spannungszustandes. Die Extremwerte in den Spannungen fallen bei der Berechnung mit dem Modell NF3D sowohl im Druck- wie auch im Zugbereich wesentlich gemäßiger aus. Es ist daher konservativ, wenn die Nachweise des stabilen Endzustands auf der Basis des Berechnungsmodells NFII geführt werden.


	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 43

Nachweis der Begrenzung der Senkung der Tagesoberfläche und der Begrenzung der Schiefstellung von Gebäuden auf der Tagesoberfläche /8/: Die verbleibenden Resthohlräume der teilverfüllten Abbaue schließen sich vorzugsweise, indem sich die Firste senkt, Anhang 130. Die maximale Firstsenkung beider Abbaue der 4a-Sohle beträgt ca. 17 cm, Anhang 130. Die maximale Firstsenkung im Rechenmodell fällt mit ca. 20 cm noch geringfügig höher aus und wird oberhalb von Abbau 3, 4a-Sohle im teilverfüllten Bereich des Abbaus 3, 2. Sohle erzielt. Aus der Konvergenz aller vorhandenen Resthohlräume ergibt sich am oberen Berechnungsrand rechnerisch eine maximale Senkung von ca. 5 cm. Die Senkung in den 1000 a nach Abschluss der Verfüllung ist daher nahezu genau so groß, wie die in dem etwa 45-jährigen Zeitraum zwischen der Auffahrung und dem Beginn der Verfüllung. Die Neigungsrate ist bereits zu Beginn des verfüllten Zustandes auf einem Wert, der eine Größenordnung unter dem zulässigen Grenzwert liegt. Wie aus der Senkung erkennbar ist, hat die Verfüllung der Resthohlräume zu einer wesentlichen Verzögerung in der Senkungsrate geführt. Der Schutz der Tagesoberfläche und der Gebäude auf der Tagesoberfläche ist bei einer zulässigen Senkung von 1 m und einer zulässigen Neigungsrate von 1 m/300 m pro 100 a, /8/, entsprechend 0,33 %/100 a im stabilen Endzustand sicher gewährleistet.

Nachweis des Erhalts der vorhandenen Barriereintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume /8/: Die anhaltende Kriechfähigkeit des Salzes hat dazu geführt, dass sich Spannungsspitzen im Salz weitgehend abgebaut haben. Zugspannungen treten nur noch in den Schweben auf sowie in geringem Umfang zwischen der obersten westlichen Hauptanhydritscholle und den Abbauen der 4a-Sohle, Anhang 132. In der Salzbarriere oberhalb des Abbaus 3, 2. Sohle existieren keine Zugspannungen mehr. Im Hinblick auf die minimale Hauptspannung haben sich besonders im Hauptanhydrit Druckspannungen aufgebaut, Anhang 133. Im Steinsalz werden nur an wenigen Stellen, die i. a. unmittelbar zwischen zwei Hauptanhydritschollen liegen, noch Drücke bis zu 15 MPa erreicht; außerhalb dieser Bereiche wird ein Druck von 12 MPa kaum überschritten. Die Ausnutzungsgrade des Dilatanz- und des Kurzzeitbruchfestigkeitskriteriums zeigen in Übereinstimmung mit der maximalen Hauptspannung nur noch innerhalb der Schweben sowie zwischen den Abbauen und dem Hauptanhydrit beanspruchte Bereiche, Anhang 134 und Anhang 135. Da für die Konturbereiche rechnerisch keine Langzeitstandsicherheit gezeigt wird, muss von lokalen Verbrüchen in diesen Bereichen ausgegangen werden. Aufgrund des vorhandenen Verfüllgrades ist dennoch die Barriereintegrität gewährleistet, da von einem Totlaufen der Brüche ausgegangen werden kann. Im Hinblick auf die Barriereintegrität sind die Spannungsdifferenzen so weit abgebaut, dass vom Dilatanzkriterium im konturfernen Bereich nur Werte unter 0,4 erreicht werden. Das Fluidkriterium weist nach 1000 a innerhalb der Salzbarriere keine Bereiche mit einem Ausnutzungsgrad von über 1 aus, /8/, Anhang 136. Damit ist der Erhalt der vorhandenen Barriereintegrität nachgewiesen.

Nachweis einer ausreichend dicken Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume /8/: Dieser Nachweis ist bereits auf Grund der in /8/ angegebenen Sicherheitsabstände geführt, da für die nicht zutrittsgefährdeten Grubenbaue ein Abstand von 130 m zum Salzspiegel gegeben ist und dieser durch die Verfüllung nicht verringert wird.


	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Zusammenfassende Bewertung: Entsprechend den dargestellten Ergebnissen ist der Nachweis des stabilen Endzustandes für das Nordfeld am Beispiel des mittleren Bereichs des Nordfelds geführt.

4.4 Temperaturberechnung

Wie bereits in Kapitel 3 dargestellt, bleibt aufgrund eines Fehlers beim Setzen der Anfangsbedingungen der geothermische Gradient nicht erhalten, sondern es findet ein Temperatenausgleich statt, der zum Ende des Berechnungszeitraums, also nach ca. 1000 Jahren, zu einem nahezu konstanten Temperaturfeld mit einer Temperatur von ca. 21,4°C führt. Im Bereich der verfüllten Abbaue ist dieser Fehler gering und kann vernachlässigt werden. Für die Temperaturerhöhung am Salzspiegel ergeben sich rechnerisch zu hohe Werte.

Ausgangspunkt für die thermische Komponente in der Berechnung ist das Temperaturfeld auf der Basis eines geothermischen Temperaturgradienten, Anhang 137. Zum Zeitpunkt unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung sind die Abbaue der 4a-Sohle seit einem Jahr verfüllt, die Abbaue der 3. Sohle seit ca. einem halben Jahr und die Abbaue der 1. und 2. Sohle seit weniger als vier Monaten. Dabei befinden sich die zuletzt verfüllten Abbaue im Bereich der Abbaureihe 7. Die unterste Schicht des rechnerisch in 42 Schichten verfüllten Abbaus 7, 2. Sohle ist 61 d alt, die oberste Schicht 4 d alt, Tabelle 3-1. Durch die Verfüllreihenfolge bedingt ist die unterste Schicht des Abbaus 7n, 1. Sohle, der rechnerisch in 23 d verfüllt wird, 135 d alt und die oberste Schicht ist 101 d alt. Abbau 7a, 1. Sohle ist der zuletzt verfüllte Abbau, dessen oberste Schicht nur 1 d alt ist. Auf Grund des Hydratationsprozesses werden die zum Zeitpunkt unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung höchsten Temperaturen in Abbau 7n, 1. Sohle erzielt. Doch auch die Abbaue der 4a-Sohle und die der 3. Sohle weisen noch nahezu ihre maximale Betonkerntemperatur auf, die nur geringfügig niedriger als die des Abbaus 7n, 1. Sohle ist, Anhang 138 bis Anhang 143. Die wesentliche Temperaturerhöhung erfolgt im Betonkörper, außerhalb dieses Körpers und damit im Salz kommt es nur im unmittelbaren Konturbereich und im Bereich gegenseitiger thermischer Beeinflussung zu Temperaturerhöhungen von mehr als 5 K. Im unverritzten Gebirge genügt bereits ein Abstand von wenigen Meter zu den Abbauen, und die Temperaturerhöhung durch die Hydratationswärme beträgt weniger als 5 K. Durch die aus dem Einfallswinkel der geologischen Schichten folgende seitliche Verlagerung der obenliegenden Abbaue nach Osten bildet sich ein entsprechend asymmetrisches Temperaturfeld aus. Wird die Wärmeabfuhr eines Abbaus durch die Wärmeproduktion benachbarter Abbaue vermindert, wie es z. B. bei den Abbauen der 4a Sohle der Fall ist, ergibt sich im zentralen Abbau die höchste Temperatur, Anhang 140 und Anhang 141. Der Firstanschluss wird in den einzelnen Abbauen entsprechend der zu Grunde liegenden Verfüllklasse nur unvollständig erreicht. In diesem Fall breitet sich die Wärme nur in geringem Maß über die Firste in dem Gebirge aus. Zwei Jahre nach Abschluss der Verfüllung ist die Wärmeproduktion im Versatzmaterial abgeschlossen und die Betonkörper kühlen bereits wieder ab. Dagegen steigt die Temperatur im Salz zunächst noch, die Temperatur in den meisten Tragelementen ebenfalls. Zentrale Bereiche einzelner Pfeiler und Schweben kühlen sich jedoch bereits ab, Anhang 144 bis Anhang 149. Weiterhin genügt im unverritzten Gebirge ein Abstand von wenigen Metern zu den Abbauen, um eine Temperaturerhöhung von weniger als 5 K zu erzielen. Die Annäherung an die ursprüngliche Temperatur-

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	


Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 45

verteilung setzt sich in der Folgezeit fort. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung wird innerhalb des gesamten Berechnungsgebiets eine Maximaltemperatur von ca. 32 °C erreicht, Anhang 150 bis Anhang 155. Die höchsten Temperaturen werden in Abbau 4, 4a-Sohle und Abbau 3s, 3. Sohle erreicht und sind die Folge des verminderten Wärmeabtransports aus diesen Abbauen. Zwar hat sich das Temperaturniveau mittlerweile in einem wesentlich größeren Gebiet um die Abbaue erhöht. Diese Erhöhung ist jedoch überwiegend geringer als 5 K und wird nur im Nahbereich einiger Abbaue überschritten. Bei den übrigen Abbauen beträgt bereits die maximale Temperaturerhöhung gegenüber der Ausgangstemperatur weniger als 5 K. Zum Zeitpunkt 50 Jahre nach Verfüllung hat sich wiederum im Bereich der Abbaue ein nahezu teufenabhängiges Temperaturfeld eingestellt, wobei die größte Temperaturerhöhung gegenüber dem Ausgangszustand einzelner Abbaue zwischen 1,0 und 1,5 K beträgt, Anhang 156 bis Anhang 161.

Mit dem Einbringen des Salzbetonversatzes im Zuge der Verfüllung stellt sich im Betonkörper innerhalb weniger Tage ein deutlicher Temperaturanstieg ein, Anhang 161. Das Temperaturmaximum im Betonkörper stellt sich jedoch erst nach ca. 100 bis 150 d nach Beginn seiner Verfüllung ein. Allerdings ist auch die Verfülldauer der jeweiligen Steinsalzabbaue zu berücksichtigen. Die maximal auftretende Temperaturdifferenz im Betonkern gegenüber der Verfülltemperatur beträgt je nach Abbau zwischen 36 K und 43 K, so dass im Abbau Temperaturen von über 60 °C erzielt werden. Wird ein Wertebereich großer Temperaturerhöhung definiert, der durch Erreichen von 90 % der maximalen Temperaturdifferenz innerhalb des einzelnen Abbaus gekennzeichnet ist, ergibt sich mit Ausnahme der Abbaue 7a und 7s der 1. Sohle eine Zeitdauer für diesen Wertebereich, die zwischen 1,5 a und 3 a beträgt. Die beiden genannten Abbaue verfügen über die größte spezifische Oberfläche und werden nur wenig von den benachbarten Abbauen thermisch beeinflusst, so dass sie innerhalb einer sehr kurzen Zeitdauer die in ihnen enthaltene Hydratationswärme nahezu vollständig abgeben. Bei den übrigen Abbauen wirkt sich die Abbaugröße und der Einfluss benachbarter Abbaue aus, wie am Zeitverlauf der Temperatur des zentralen Abbaus der 4a-Sohle im Vergleich mit den beiden weiteren Abbauen dieser Sohle zu erkennen ist.

Für die Temperatur am Salzspiegel ergibt sich aus den Ergebnissen des Berechnungsmodells NFII über der gesamten Zeit ein Temperaturanstieg, der rechnerisch nach 1000 Jahren zu einem Wert von etwas mehr als 2 K führt. Ein Vergleich zur Temperaturentwicklung am Salzspiegel zwischen den beiden Berechnungsmodellen ist für einen Zeitraum, der sich bis ca. 50 a nach Verfüllung erstreckt, in Anhang 73 dargestellt. Es ist erkennbar, dass mit dem Berechnungsmodell NF3D die Temperaturerhöhung am Salzspiegel geringer ist als die mit dem Berechnungsmodell NFII, da bereits zum in Anhang 73 dargestellten Endzeitpunkt die Rate der Temperaturänderung im Berechnungsmodell NF3D geringer ausfällt als die im Berechnungsmodell NFII.

Durch den Fehler beim Setzen der Anfangsbedingungen kommt es rechnerisch auch ohne Verfüllung zu einer Temperaturerhöhung am Salzspiegel. Diese ist ebenfalls in Anhang 73 dargestellt. Wird die rechnerische Temperaturerhöhung am Salzspiegel um diesen Wert korrigiert, so ergibt sich zu einem rechnerischen Zeitpunkt ca. 80 Jahre nach Beginn der Stilllegung eine Temperaturänderung von ca. 0,5 K, also deutlich unter 1 K. Die weitere Temperaturänderung ist dann nur noch sehr gering und kann vernachlässigt werden.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Ergänzende Bemerkungen zu Änderungen in der Verfüllplanung: Der Einfluss der gegebenen Unterschiede in den Verfüllplänen und die sich daraus ergebenden Änderungen des instationären Temperaturfelds sind gering, da insgesamt die gleiche Wärmemenge in die gleiche geometrische Anordnung über einen für die Temperatursausbreitung nur geringfügig längeren Zeitraum eingebracht wird. Die größte Änderung tritt im Kern des Salzbetonversatzkörpers auf. Die Auswirkung auf das Temperaturfeld in der Salzbarriere, den barriere wirksamen Bereich des Hauptanhydrits und am Salzspiegel ist vernachlässigbar.

4.5 Berücksichtigung einer höheren Einbringtemperatur und geringerer Fir stanbindung

Im Rahmen der Durchführung der bergbaulichen Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil (bGZ) wurde festgestellt, dass während der Verfüllung der Abbaue Löserfälle nicht ausgeschlossen sind, so dass möglicherweise in Abbauen, für die eine weitgehende Fir stanbindung vorgesehen ist, diese nicht wie geplant erreicht wird. Zudem wurde festgestellt, dass die in den Berechnungen angenommene Einbringtemperatur des Versatzes von 20°C ggf. nicht abdeckend ist. Im Folgenden wird dargestellt, welche Auswirkungen sich hieraus auf die Bewertung der Berechnungsergebnisse ergeben.


4.5.1 Höhere Einbringtemperatur

Die Annahme einer um 10 K höheren Einbringtemperatur von 30°C führt zu einer um etwa 15-20% größeren eingebrachten Wärmemenge. Hinsichtlich der Sicherheit der Bauzustände führt dies nicht zu einer anderen Bewertung, insbesondere da die Berechnung eine schnellere Verfüllung (1.450 m³ statt 970 m³) und damit einen schnelleren Wärmeeintrag als gemäß /14/ vorgesehen berücksichtigt.

Auch hinsichtlich der Temperaturkriterien am Anhydrit und am Salzspiegel gilt weiterhin die in Kapitel 4.2 und 4.4 dargestellte Bewertung. Für den Salzspiegel kann abgeschätzt werden, dass die Temperaturerhöhung weiterhin unter 1 K liegen würde. Für den Anhydrit kann der Nachweis der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung bei Überschreitung des Kriteriums wie in 4.2 angegeben mittels Abstandskriterien und dem Festigkeitskriterium geführt werden.

4.5.2 Geringere Fir stanbindung

Im Rahmen der Durchführung der bGZ wurde festgestellt, dass es während der Verfüllung der Abbaue zu Löserfällen kommen kann. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass für Abbaue, für die eine weitgehende Fir stanbindung vorgesehen ist, diese nicht im geplanten Maße und damit auch nicht wie in den rechnerischen Nachweisen angenommen erreicht wird. Durch die Anordnung der Verfüllbohrungen im Firsthöchsten mit Austritt des Salzbetons über die Entlüftungsbohrungen ist jedoch eine weitgehende Verfüllung dieser Abbaue realisierbar, so dass der Verfüllgrad wahrscheinlich über den in /14/ angenommenen Verfüllgrad von 95% hinausgeht. Ein hoher Fir stanbindungsgrad und ein geringes


	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 47

Resthohlraumvolumen ist durch diese Vorgehensweise gewährleistet. Sollte durch einen Löserfall die Verfüllbohrung nicht mehr das Firsthöchste darstellen, so ist das verbleibende Resthohlraumvolumen gegebenenfalls geringfügig größer als geplant.


Für die in dieser Unterlage durchgeführten Berechnungen betrifft dies die Abbaue 7s, 7n und 7 a auf der 1. Sohle sowie die Abbaue 3 und 7 auf der 2. Sohle. Für diese wird eine weitgehende Firstanbindung und Verfüllung angestrebt, da diese Abbaue als zutrittsgefährdet bewertet werden und eine nennenswerte Ausweitung dilatanter Zonen zu vermeiden ist /8/.

In Abbildung 3-8 ist die modellierte Firstanbindung dargestellt. Ein Firstanschluss wird im Berechnungsmodell für alle Abbaue, für die eine Anbindung vorausgesetzt wird, nur unvollständig erreicht. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass in Schweben oberhalb von Bereichen ohne Firstanbindung ggf. die Zugfestigkeit bzw. das Dilatanzkriterium überschritten wird. Eine nennenswerte Aufweitung der dilatanten Bereiche gegenüber dem unverfüllten Zustand wird aber auch bei unvollständiger Firstanbindung vermieden, so dass der Nachweis gemäß /8/ auch hier geführt ist. Langfristig können aber kleine Verbrüche nicht ausgeschlossen werden. Da diese Verbrüche jedoch nicht deutlich über den Konturbereich hinausgehen, ist eine Berücksichtigung in den rechnerischen Nachweisen nicht erforderlich.

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

5 Verwendete Unterlagen

- /1/ DBE: Morsleben – Risswerk ERAM. Stand: 30.06.2002
- /2/ BGR: ERA Morsleben - Gebirgsmechanische und geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ - Ingenieurgeologische Erkundung von Homogenbereichen. - Abschlußbericht zum AP 9M21310015. - Archiv-Nr. 117 213. Hannover: BGR, 1998
- /3/ Gröber, Erk, Grigull: Grundgesetze der Wärmeübertragung. New York: Springer, 1988
- /4/ BGR: Geotechnische Erkundung und Standsicherheitskriterien. In: Salzmechanik X. Hannover: BGR, 1989
- /5/ Onken, Rostasy: Wirksame Betonzugfestigkeit im Bauwerk bei früh einsetzendem Temperaturzwang. - Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 449, 1995
- /6/ DBE: Salzbeton - Zusammenstellung der Eigenschaften und Materialkennwerte (Referenzmaterial M3). Stand 13.01.2006
- /7/ Zienkiewicz, O. C.; Taylor, R. L.: The Finite Element Method. Vol. 2: Solid and Fluid Mechanics, Dynamics and Non-Linearity. London: McGraw-Hill, 1991
- /8/ DBE: Sicherheitsnachweismethoden und Sicherheitsnachweiskriterien für die Maßnahmen der Stilllegung (Stand sicherheit und Integrität). Stand 15.12.2005
- /9/ Cristescu, N.D.; Hunsche, U.: Time Effects in Rock Mechanics, In: Desai, C.S.; Krempf, E. (Hrsg.): Wiley Series in Materials, Modelling and Computation. Chichester: John Wiley & Sons, 1998
- /10/ BGR: Projekt ERA Morsleben: Szenarienanalyse - Geologische Langzeitbewertung und Ermittlung der Zuflussszenarien ohne technische Maßnahmen. Hannover: BGR, 1999
- /11/ Itasca: FLAC Fast Lagrangian Analysis of Continua, Theory and Background. Minneapolis: Itasca Consulting Group, 1998
- /12/ BGR: Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells. Abschlussbericht zum AP 9M/212 460 11. Hannover: BGR, 1997
- /13/ BGR: Untertägige Temperaturmessungen im Rahmen der geowissenschaftlichen Standort erkundung des Endlagers für radioaktive Abfälle in Morsleben. – Abschlussbericht. Archiv-Nr. 116 704. Hannover: BGR, 1998
- /14/ DBE: Verfüllplanung zur Stilllegung des ERAM nach Durchführung der bergbaulichen Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil - Konzeptplanung. Stand 15.12.2005

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	N N A A A N N	A A N N N A	A A N N	X A A X X	A A	N N N N	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

6 Glossar

Abbau: Bezeichnung für einen durch bergmännische Tätigkeiten bei der Gewinnung von Kali- oder Steinsalz hergestellten Hohlraum

Abfall, radioaktiver: Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 und 2 des Atomgesetzes, die nach § 9a Abs. 1 Nr. 2 des Atomgesetzes geordnet beseitigt werden müssen

adiabatisch: Ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung

Altversatz: Versatz, der gegenüber dem Betrachtungszeitpunkt vor langer Zeit in den Hohlräumen eingebracht wurde und dadurch dem Einfluss der Gebirgskonvergenz ausgesetzt sein kann

Auffahren (Auffahrung): Herstellen einer söhlichen oder geneigten Strecke oder eines anderen Grubenbaus

Ausnutzungsgrad: Relatives Bewertungsmaß in Bezug auf einen Grenzzustand

Bauzustand: Zustand, der während der Baumaßnahme temporär auftritt

Deckgebirge: Die Lagerstätte überdeckende Gebirgsschichten

Dilatanzkriterium: Grenzbedingung für das Auftreten von mikroskopischen Rissen, die zur Volumenvergrößerung und über Risswachstum innerhalb eines langen Zeitraums zum Versagensfall Bruch führen


elastoplastisch: Materialverhalten mit reversiblen, elastischen und irreversiblen, plastischen Anteilen

Endzustand, stabiler: Zustand eines (Trag)systems, in dem sich sein Zustand im Betrachtungszeitraum nicht mehr verschlechtert

Firste: Obere Grenzfläche eines Grubenbaus

Hydratationsgrad: Verhältnis von hydratisierten zu hydratisierbaren Bindemittelanteilen

Hydratationsmodell: Mathematische Beschreibung des Abbindevorganges von Bindemittelsystemen im Hinblick auf die Materialeigenschaften E-Modul, Druckfestigkeit und Zugfestigkeit in Abhängigkeit der

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Temperaturentwicklung

Hydratationswärme: Wärme, die als Folge exothermer Mineralreaktionen der Bindemittel (z. B. Zement, Flugasche) mit der Anmischflüssigkeit freigesetzt wird

isotrop: Stoffeigenschaft, bei der alle Raumrichtungen gleiche physikalische Eigenschaften aufweisen; Gegenteil: anisotrop

Kontur: Umriss(linie)

Kurzzeitbruchfestigkeit: Festigkeit gegenüber Bruch im Kurzzeitversuch

lithostatisch: Unter Einfluss der ruhenden Gebirgslast

Porosität: Das Gesamtvolumen eines Gesteins setzt sich aus dem Volumen der festen Bestandteile und dem Volumen der Hohlräume oder Poren im Gestein zusammen. Die Gesamtporosität ist definiert als das Verhältnis von Porenvolumen zu dem Gesamtvolumen des Gesteins. Die effektive Porosität ist definiert als das Verhältnis des für die Durchströmung nutzbaren Porenvolumens zu dem Gesamtvolumen des Gesteins

Salzbeton: Baustoff, bestehend aus den Grundbestandteilen Zement, Betonzusatzstoff, Salzzuschlag sowie Wasser oder Salzlösung als Anmachflüssigkeit

Scherband: Lokalisierte Zone großer Verzerrung, die überwiegend durch Schubbeanspruchung erzeugt wird

Sohle: Untere Grenzfläche eines Grubenbaus

Tensor: Mathematische Form (Multilinearform) zur Beschreibung des physikalischen Zustandes oder der physikalischen Eigenschaft eines Raumpunktes: Z. B. ist Temperatur als skalare Größe ein Tensor nullter Stufe, Verschiebung als vektorielle Größe ein Tensor erster Stufe, Spannung und Verzerrung sind Tensoren zweiter Stufe und ein mechanisches Stoffgesetz ein Tensor vierter Stufe

Teufe: Tiefenlage unter der Tagesoberfläche

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 51

Versatz: Material für die Verfüllung oder Stützung von Grubenhohlräumen

Verzerrung: Änderung von Längen- und Winkelgrößen eines Körpers in Folge von Formänderungen des Körpers

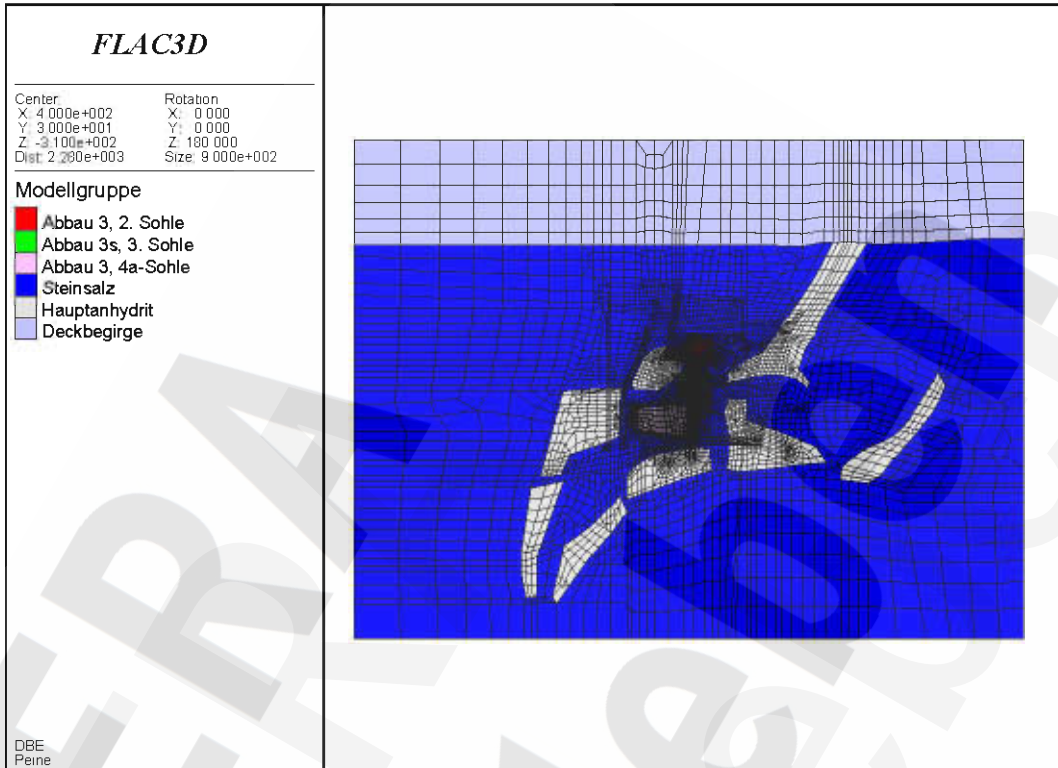
Viskoplastizität: Verhalten eines Stoffes, bei dem das plastische Verhalten von der Zeit abhängt



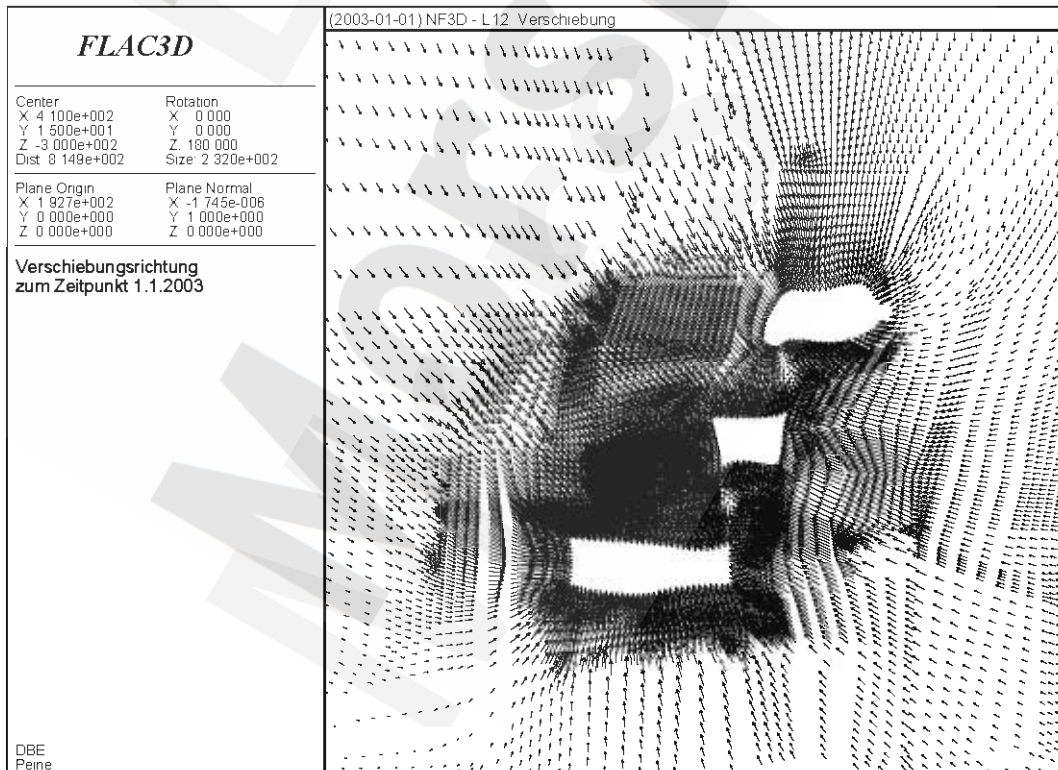
Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 52

Anhang



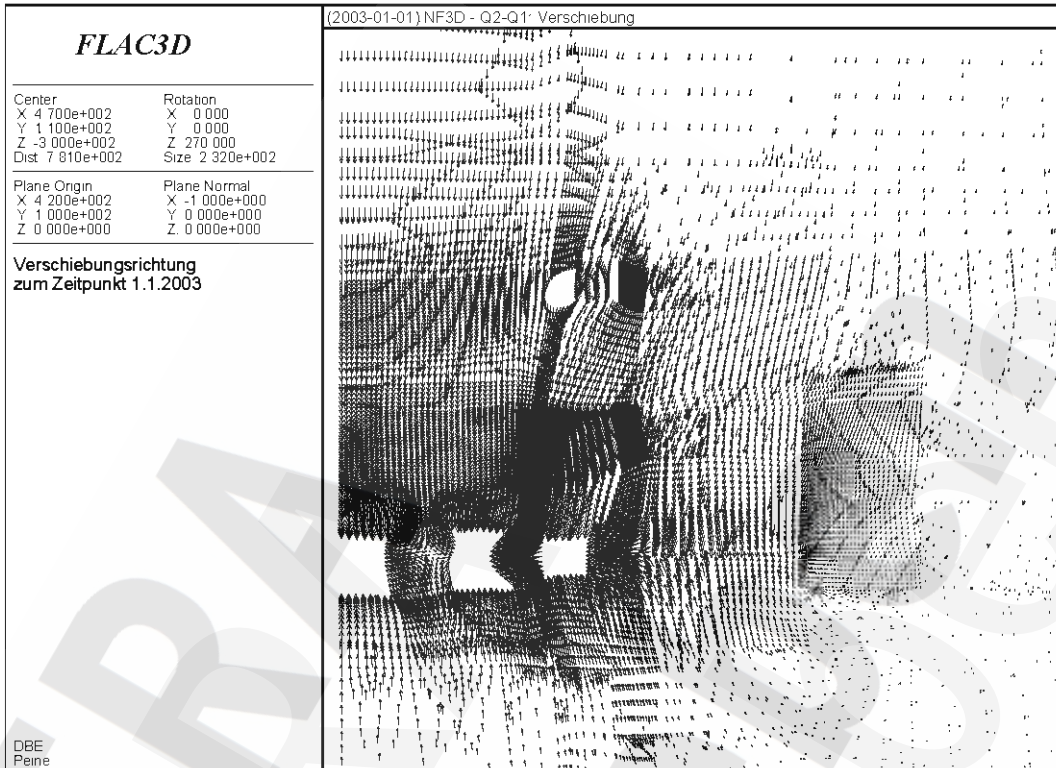
Anhang 1: Hohlraumgeometrien und Einteilung in Homogenbereiche (NFII, Frontansicht)



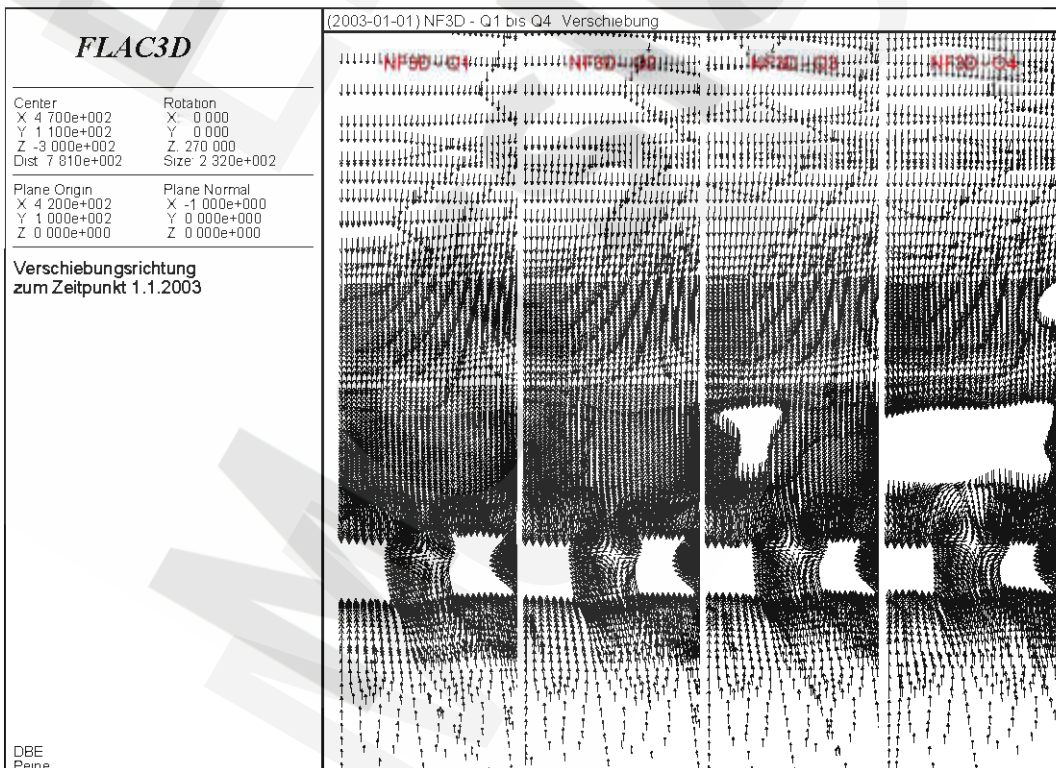
Anhang 2: Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 53



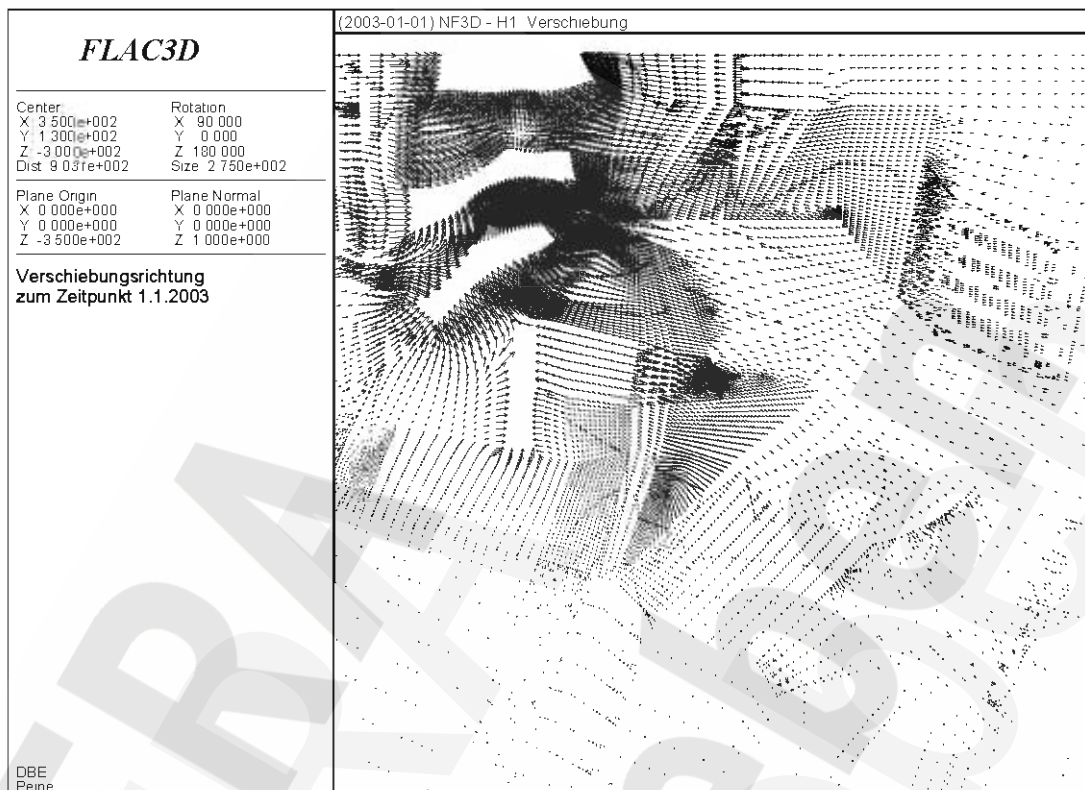
Anhang 3: Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)



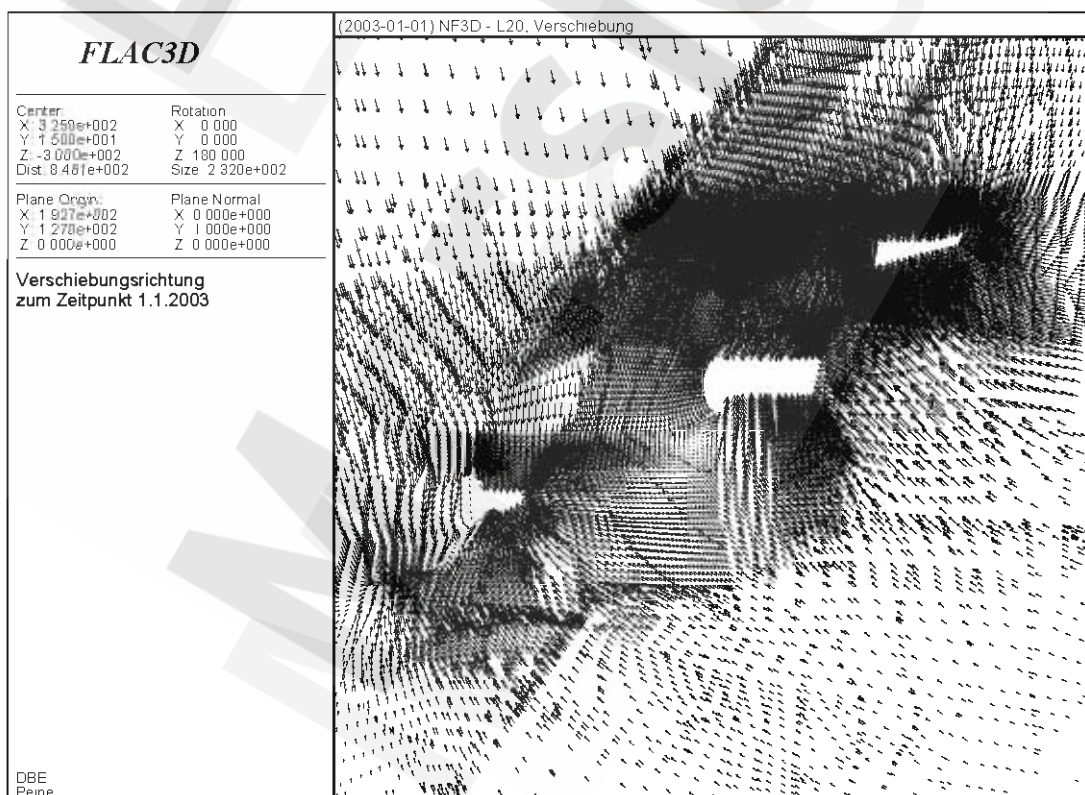
Anhang 4: Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 54



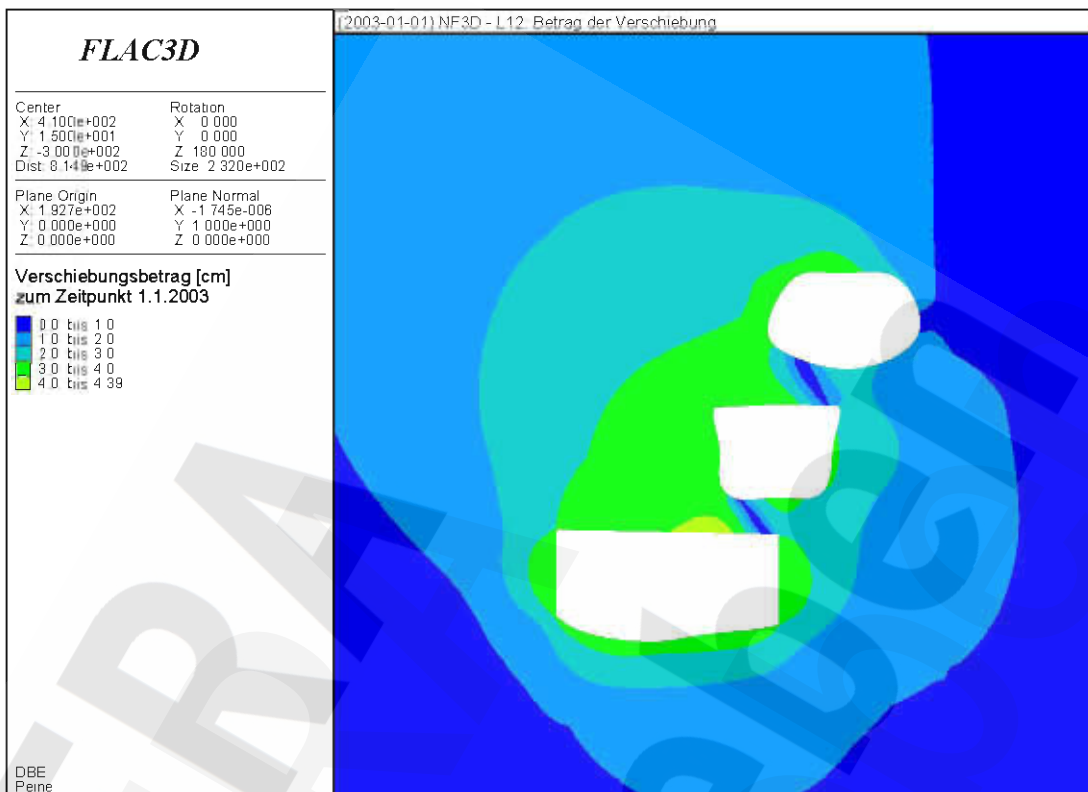
Anhang 5: Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H1)



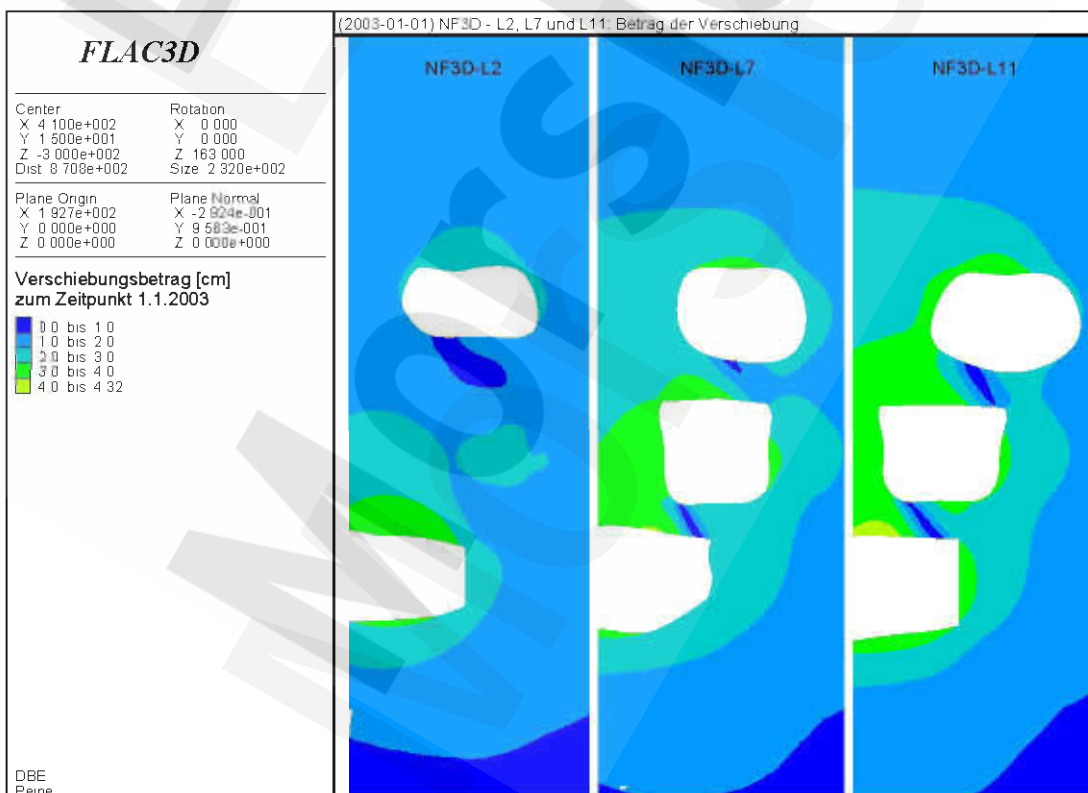
Anhang 6: Verschiebungsfeld zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 55



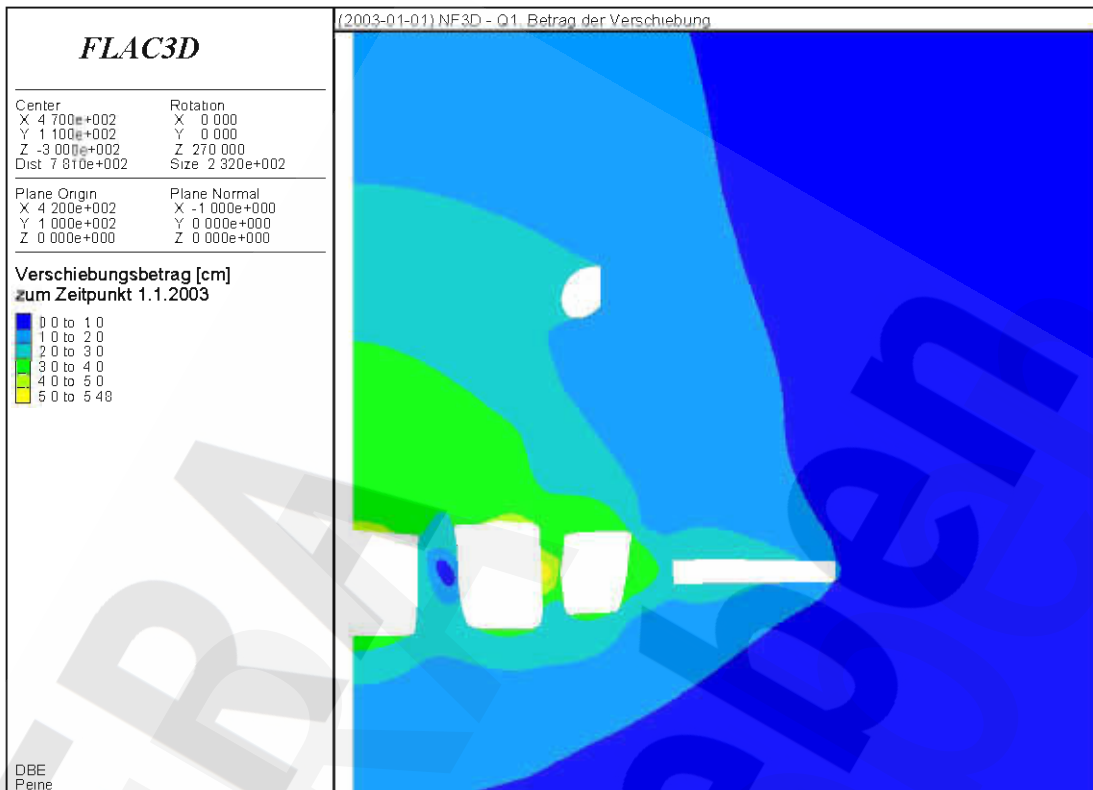
Anhang 7: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)



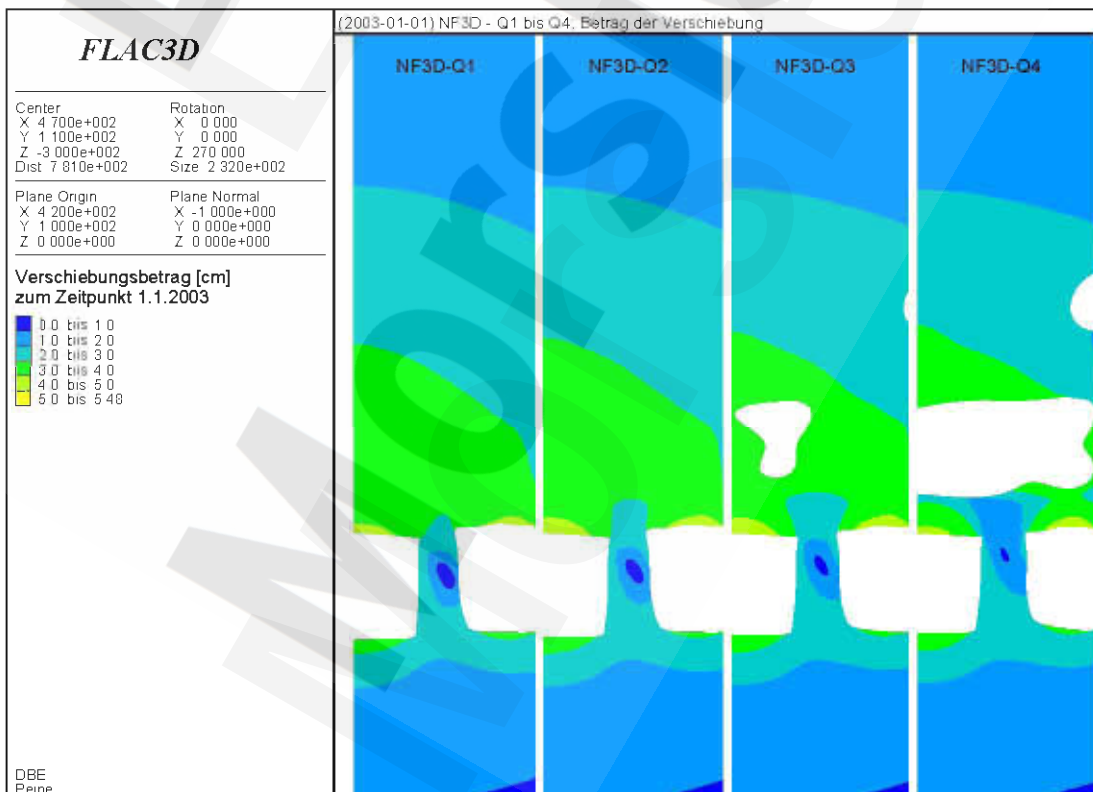
Anhang 8: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 56



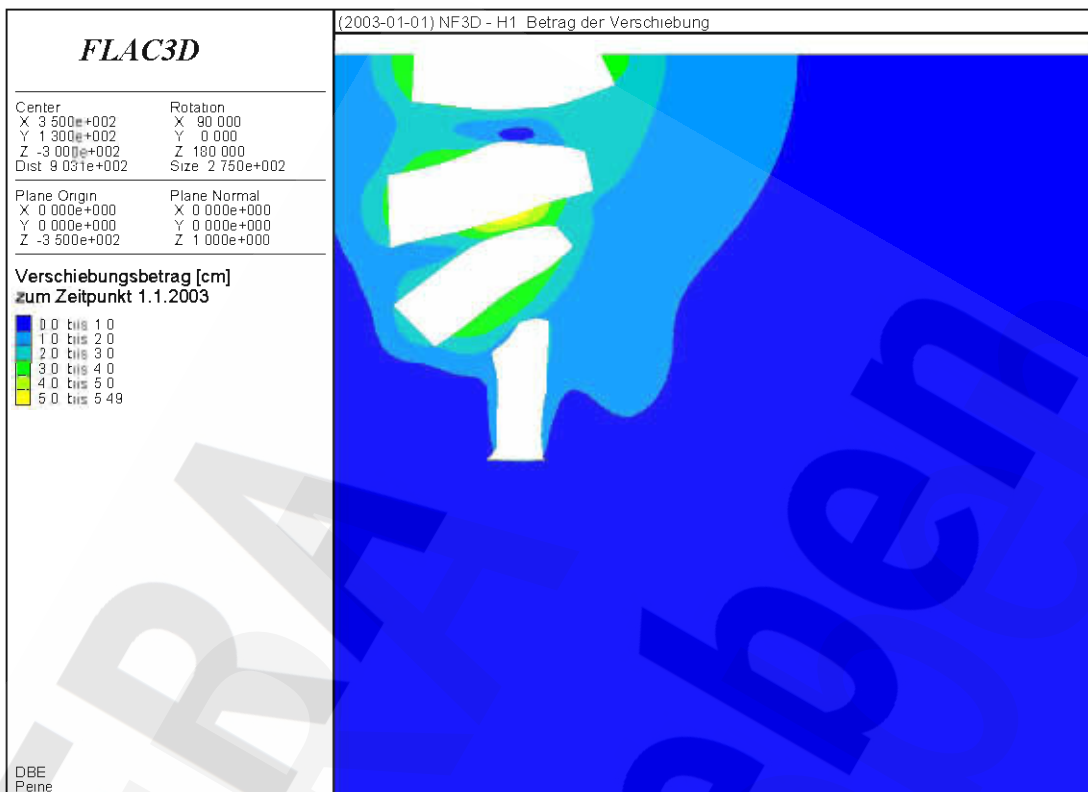
Anhang 9: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)



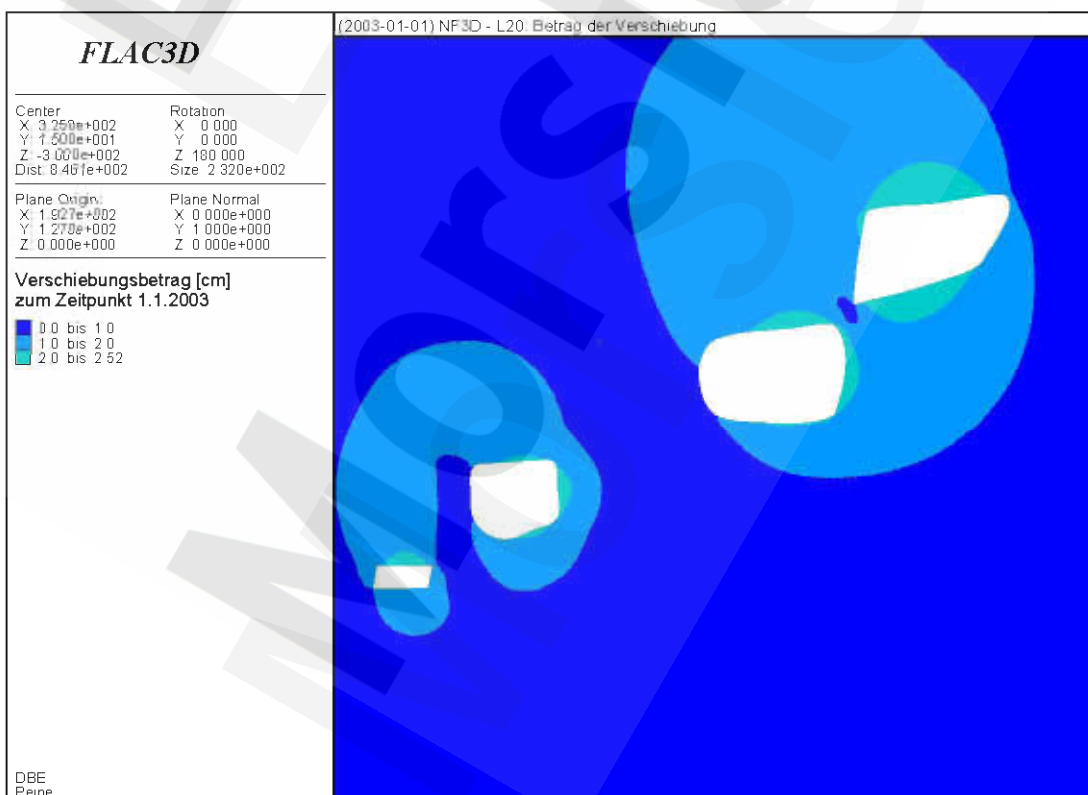
Anhang 10: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 57



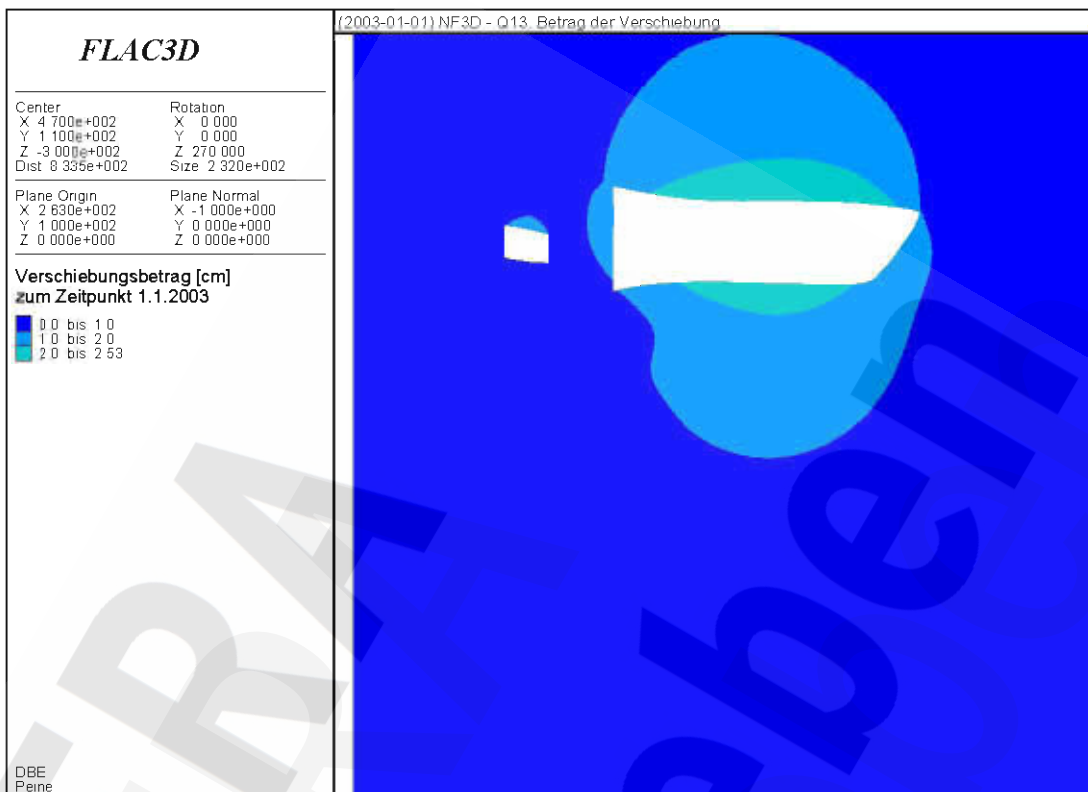
Anhang 11: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H1)



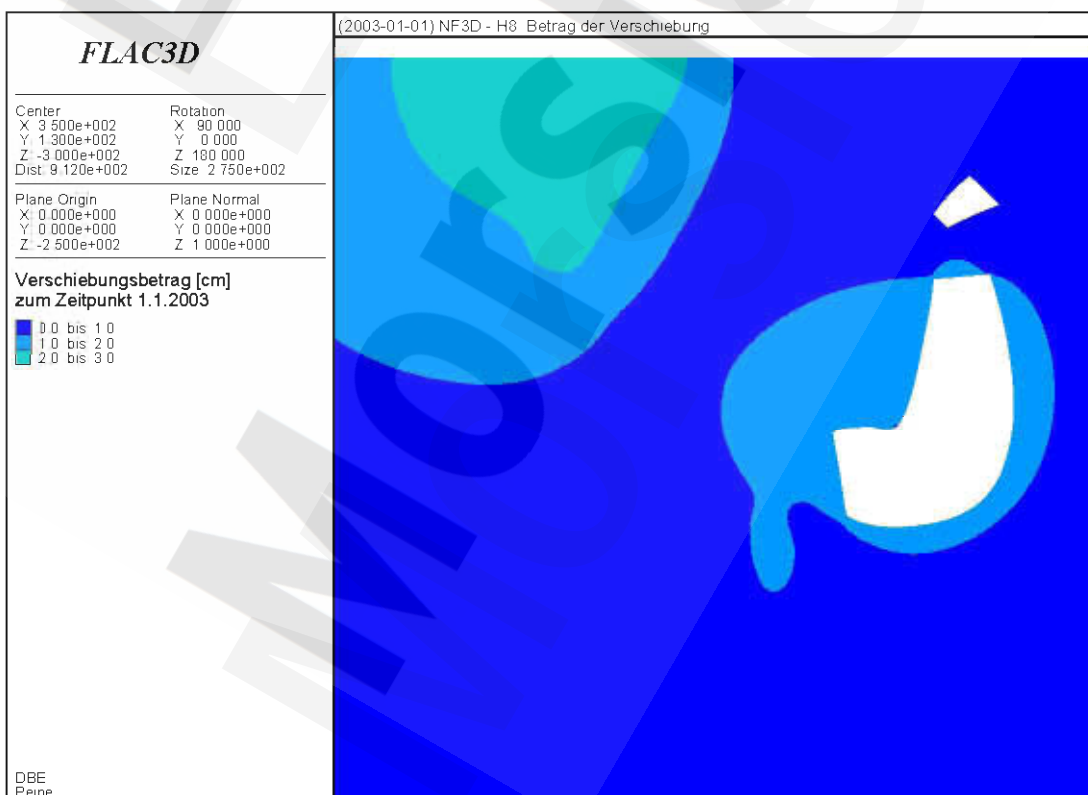
Anhang 12: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 58



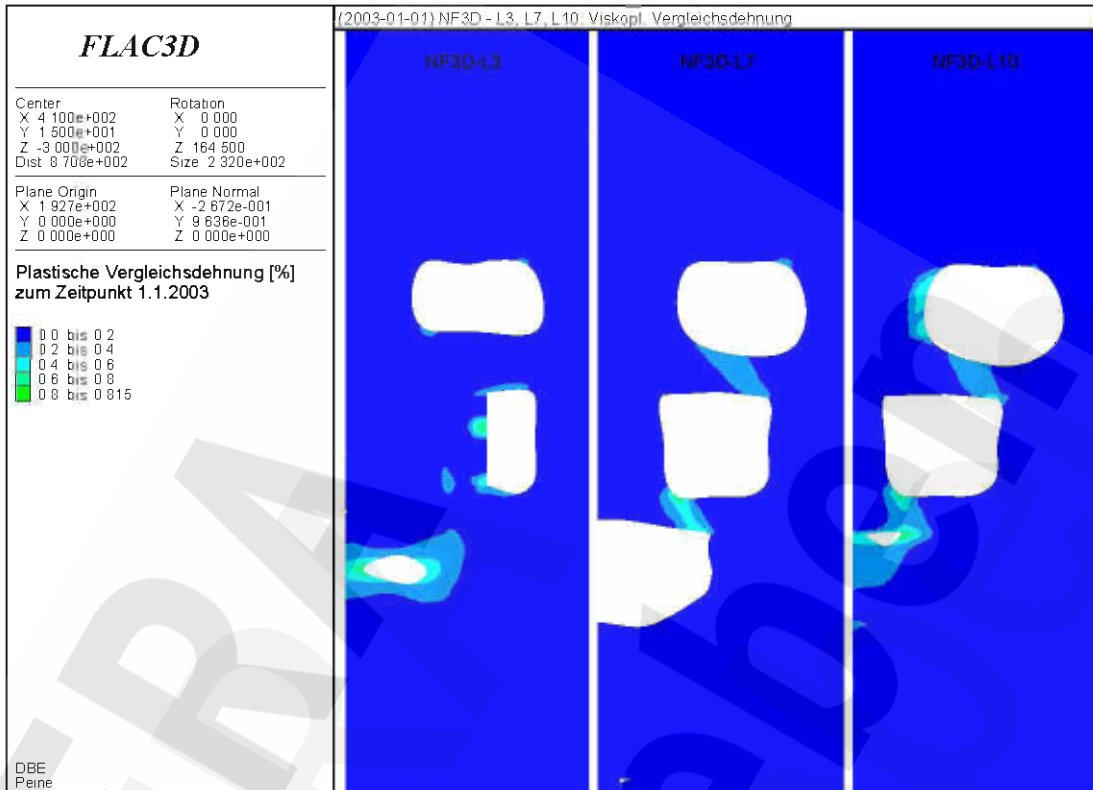
Anhang 13: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)



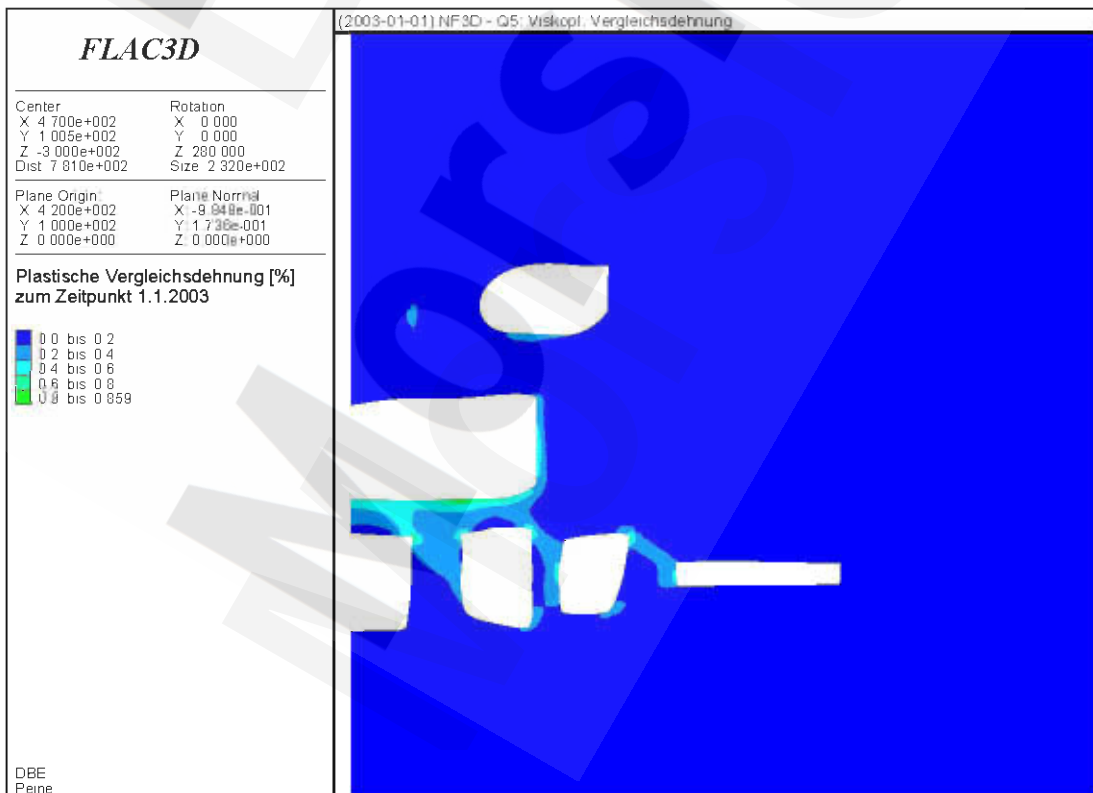
Anhang 14: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 59



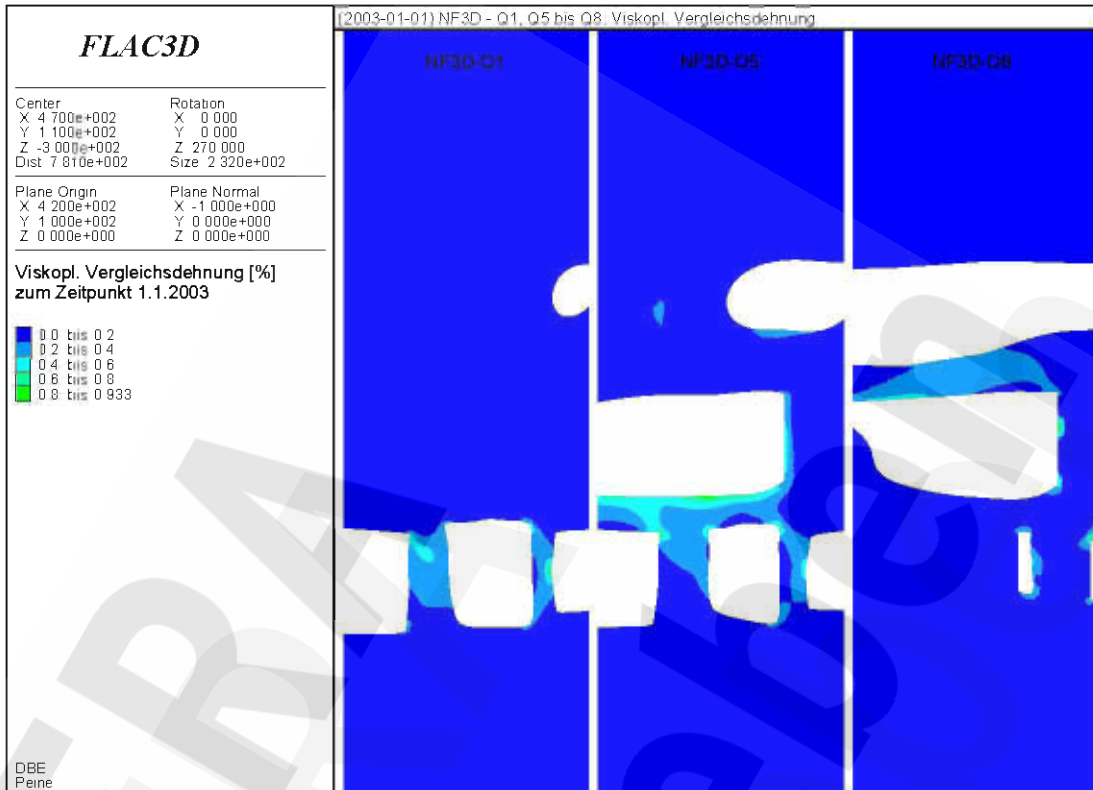
Anhang 15: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L3, L7 und L10)



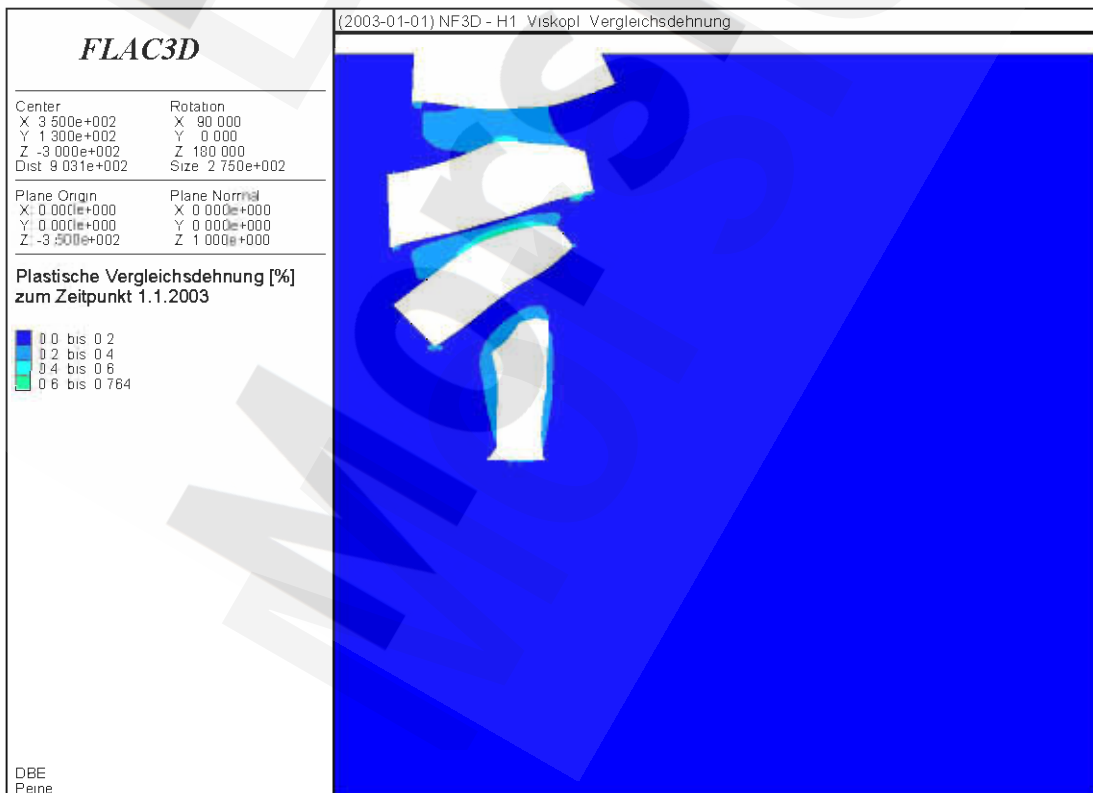
Anhang 16: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q5)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 60



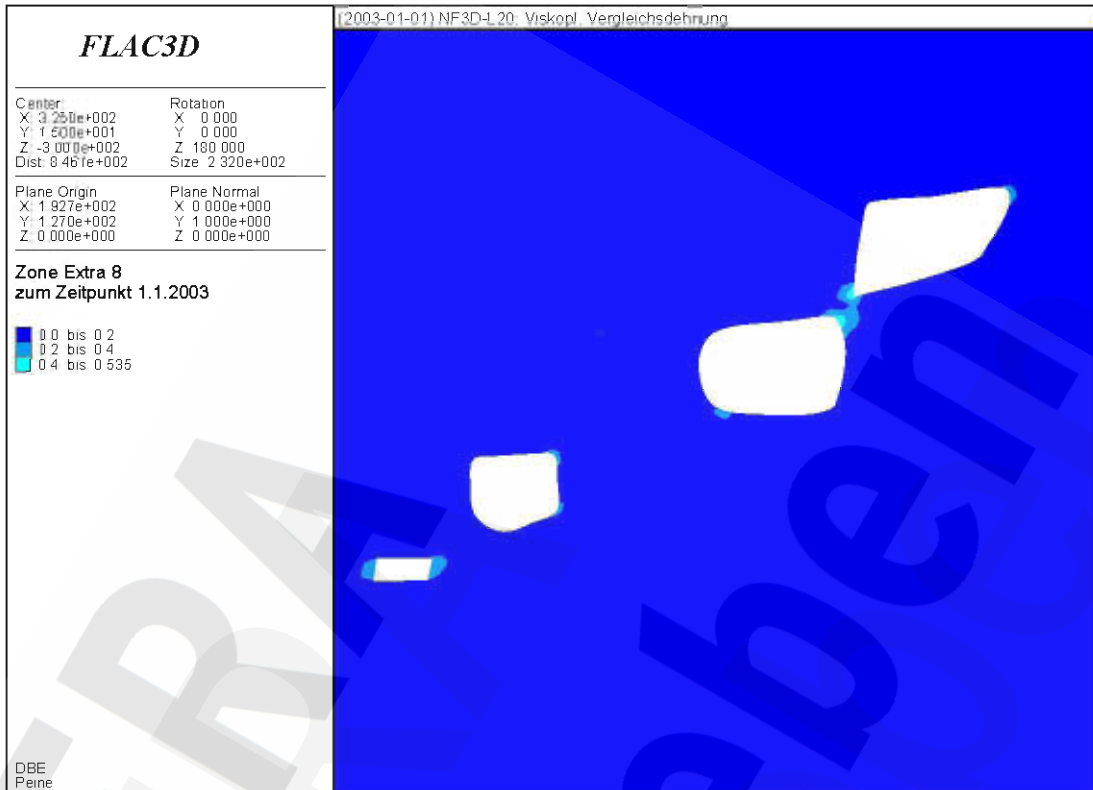
Anhang 17: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1, Q5 und Q8)



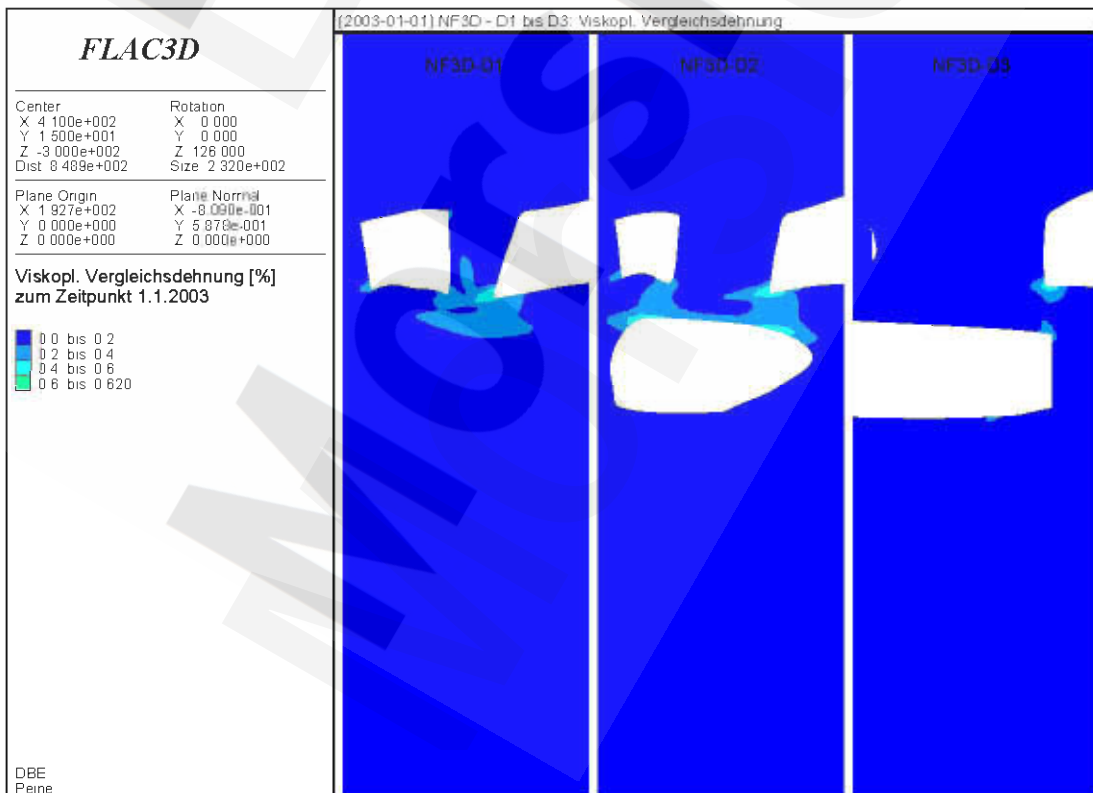
Anhang 18: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H1)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021				GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 61



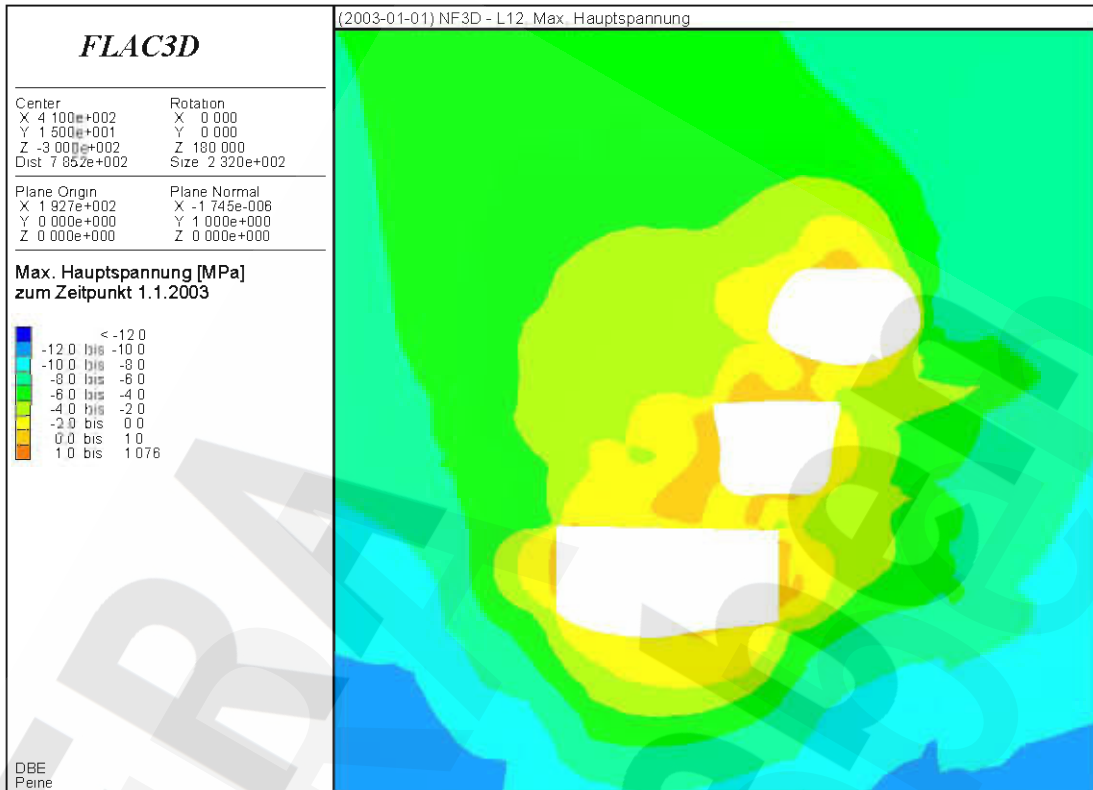
Anhang 19: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)



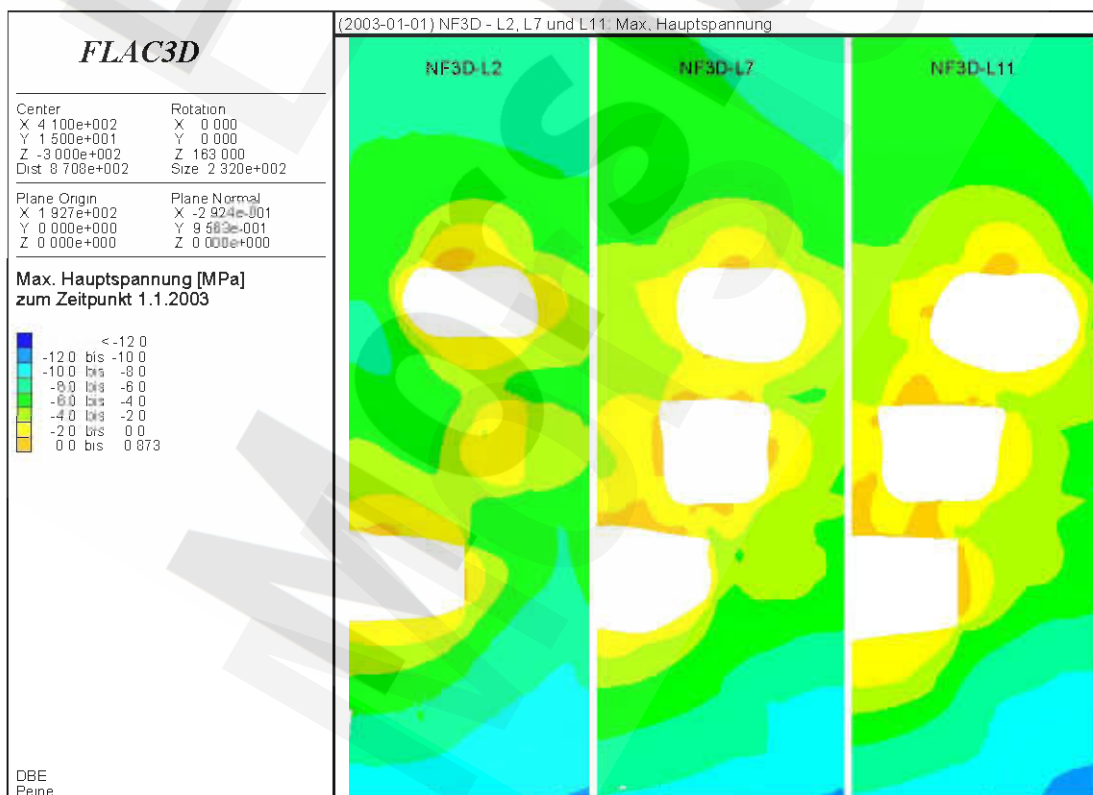
Anhang 20: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 62



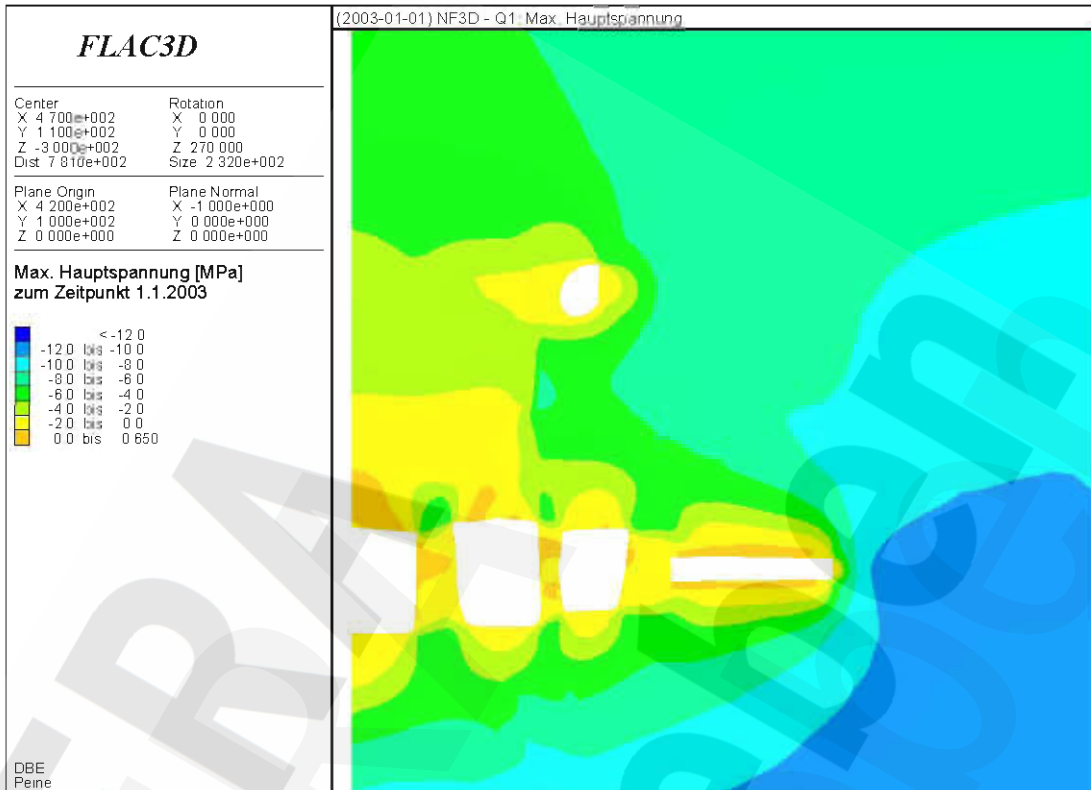
Anhang 21: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)



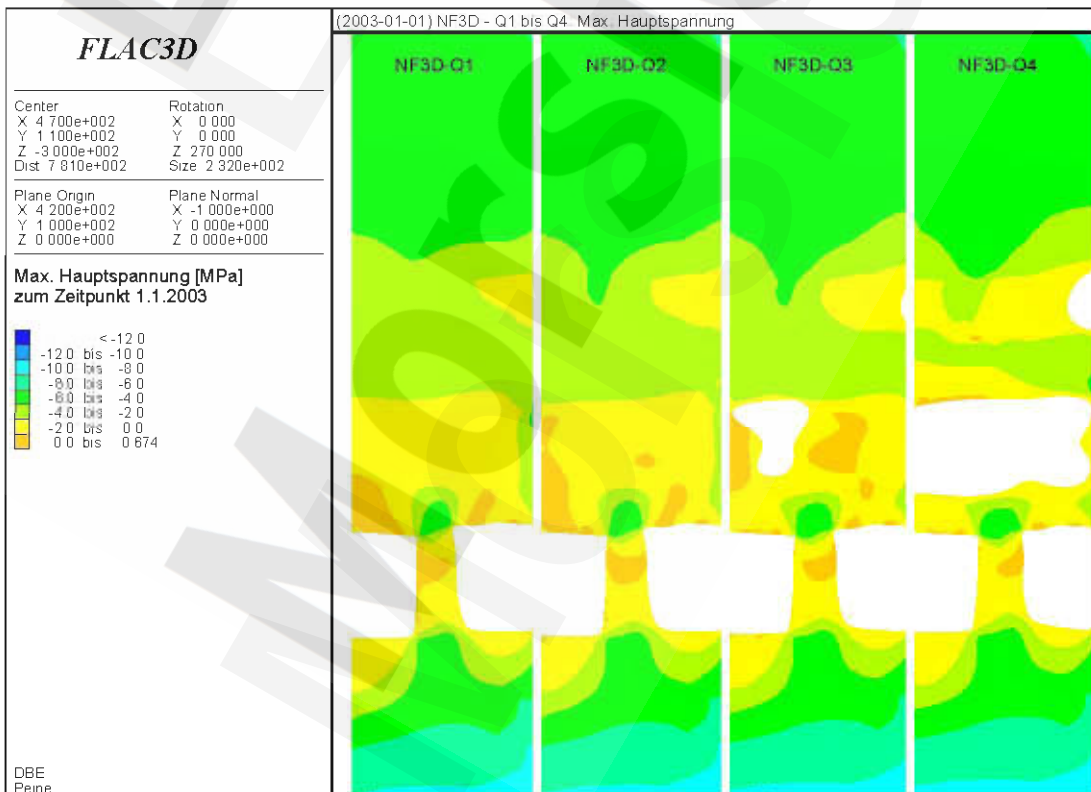
Anhang 22: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 63



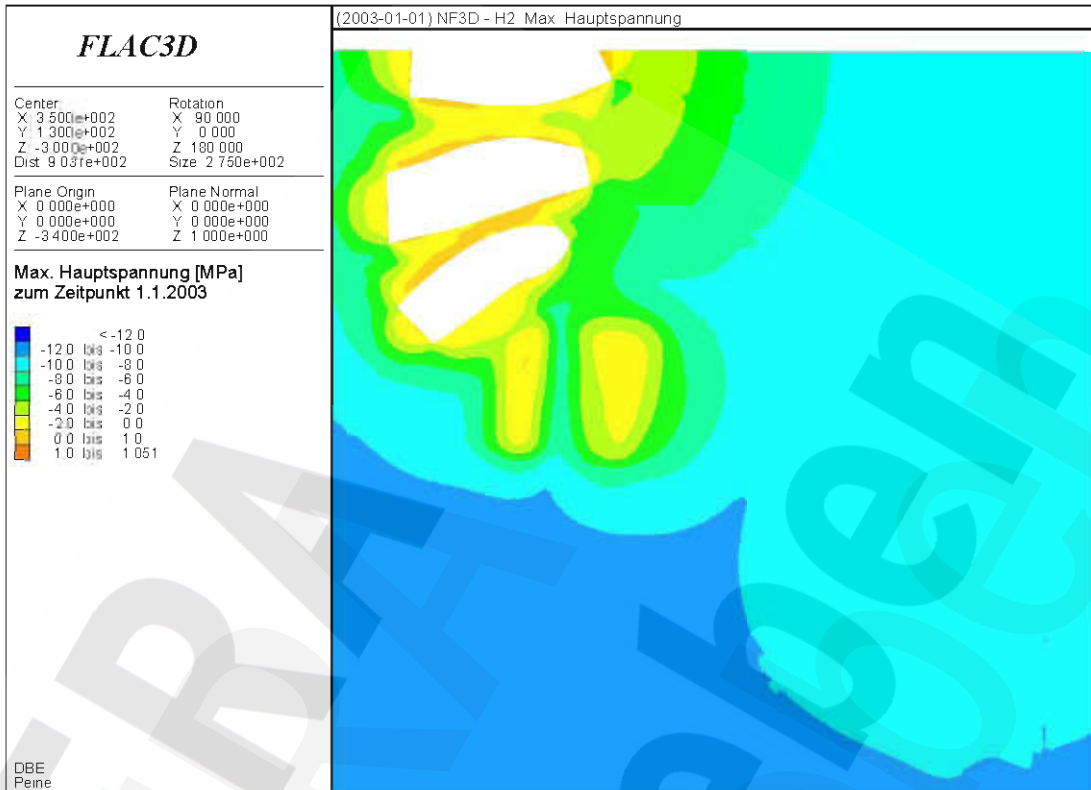
Anhang 23: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)



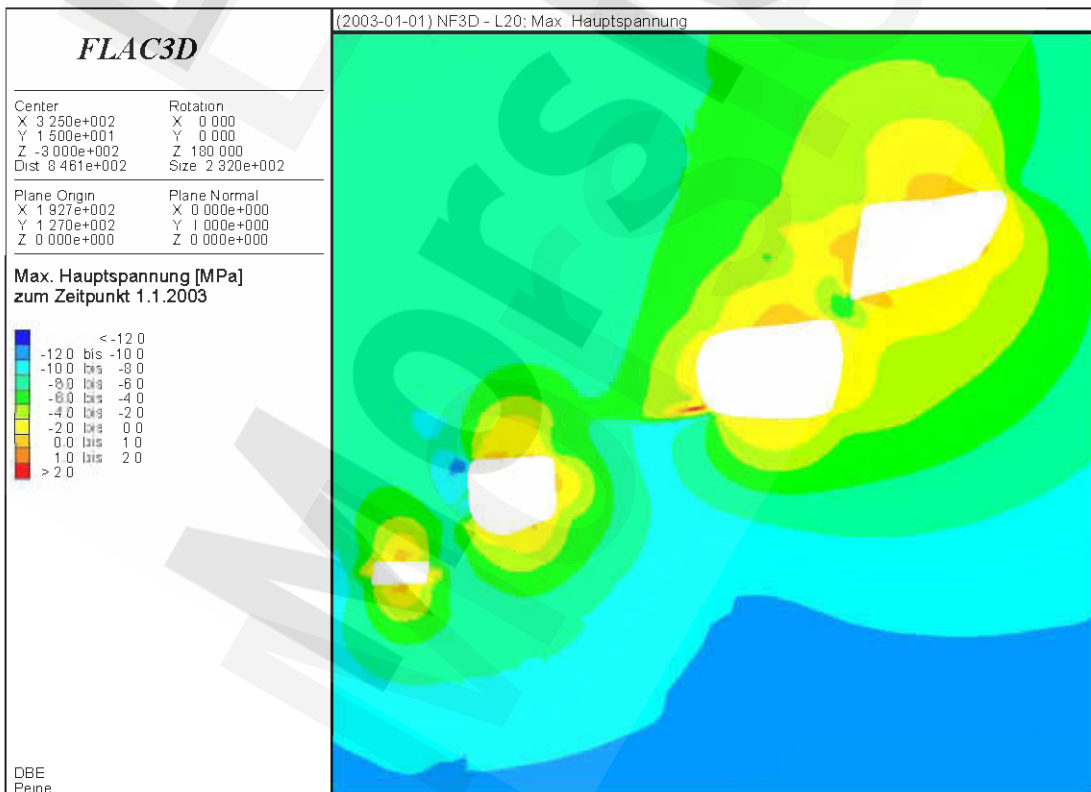
Anhang 24: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 64



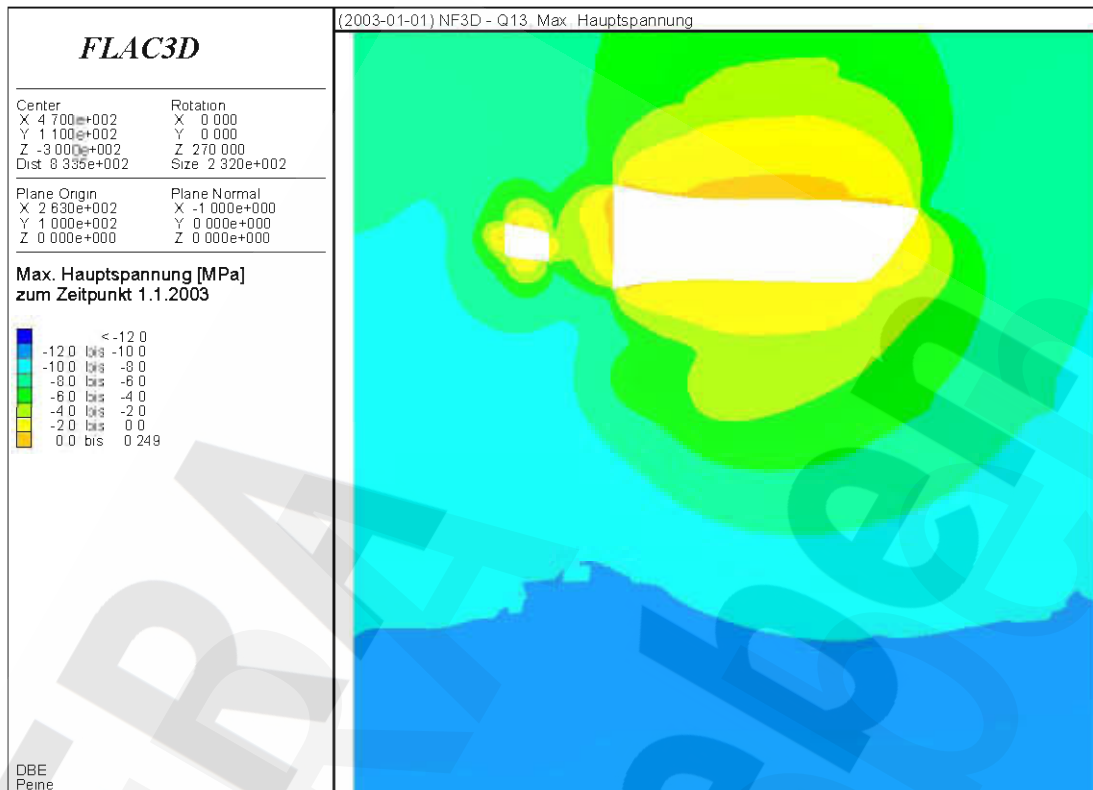
Anhang 25: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)



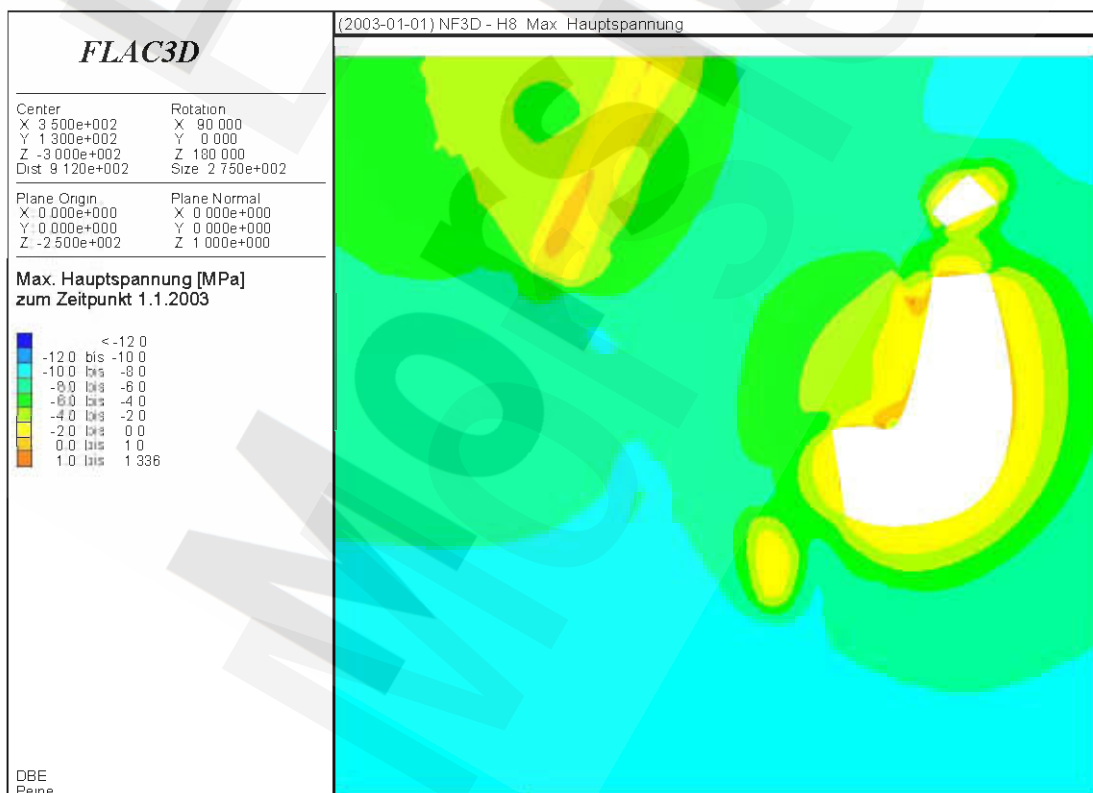
Anhang 26: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 65



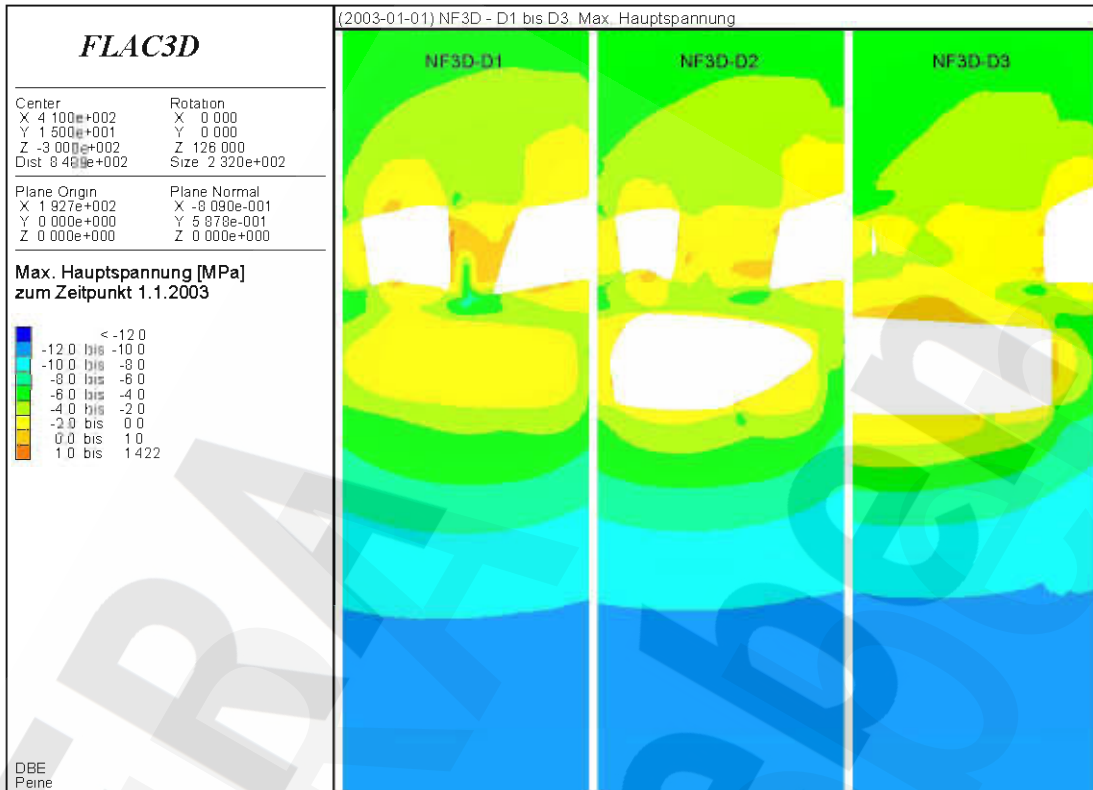
Anhang 27: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)



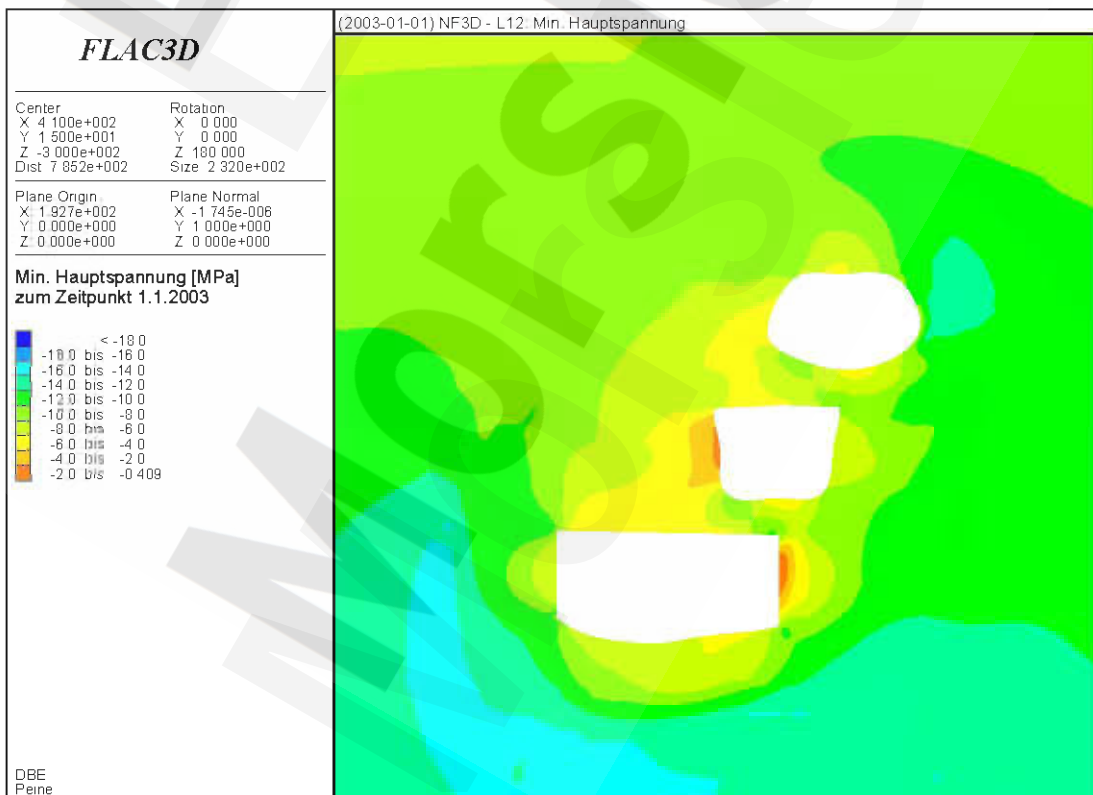
Anhang 28: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 66



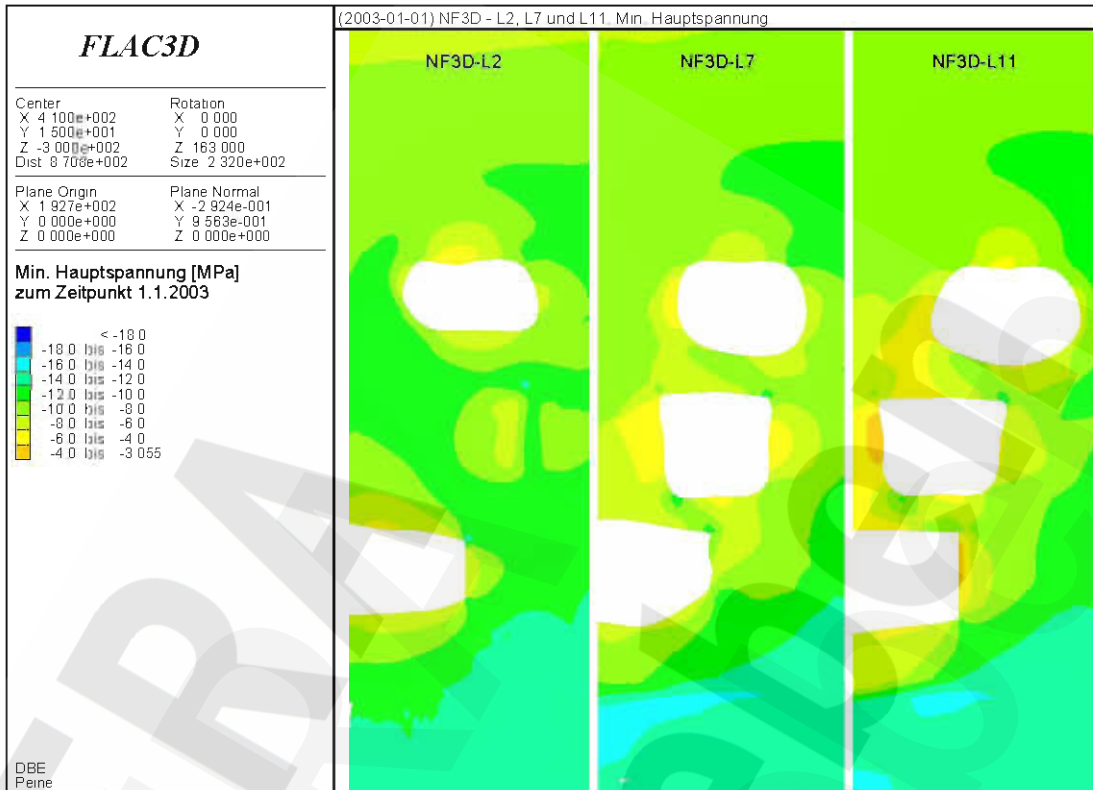
Anhang 29: Maximale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)



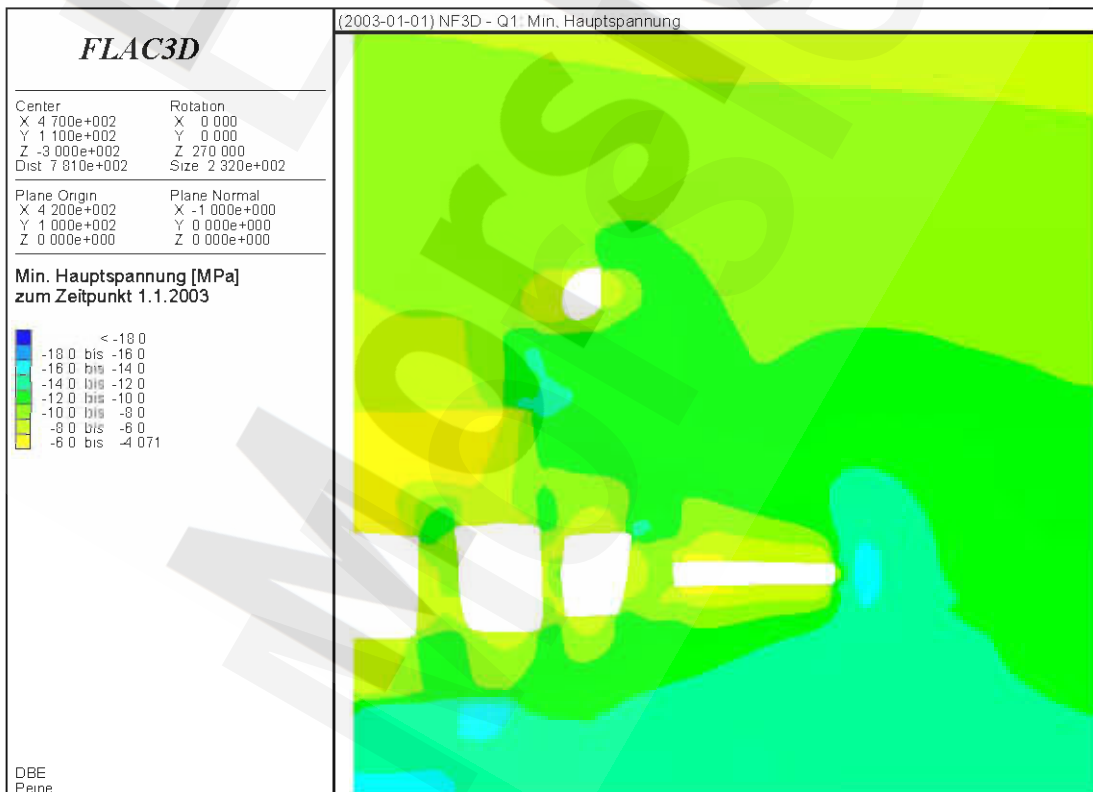
Anhang 30: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 67



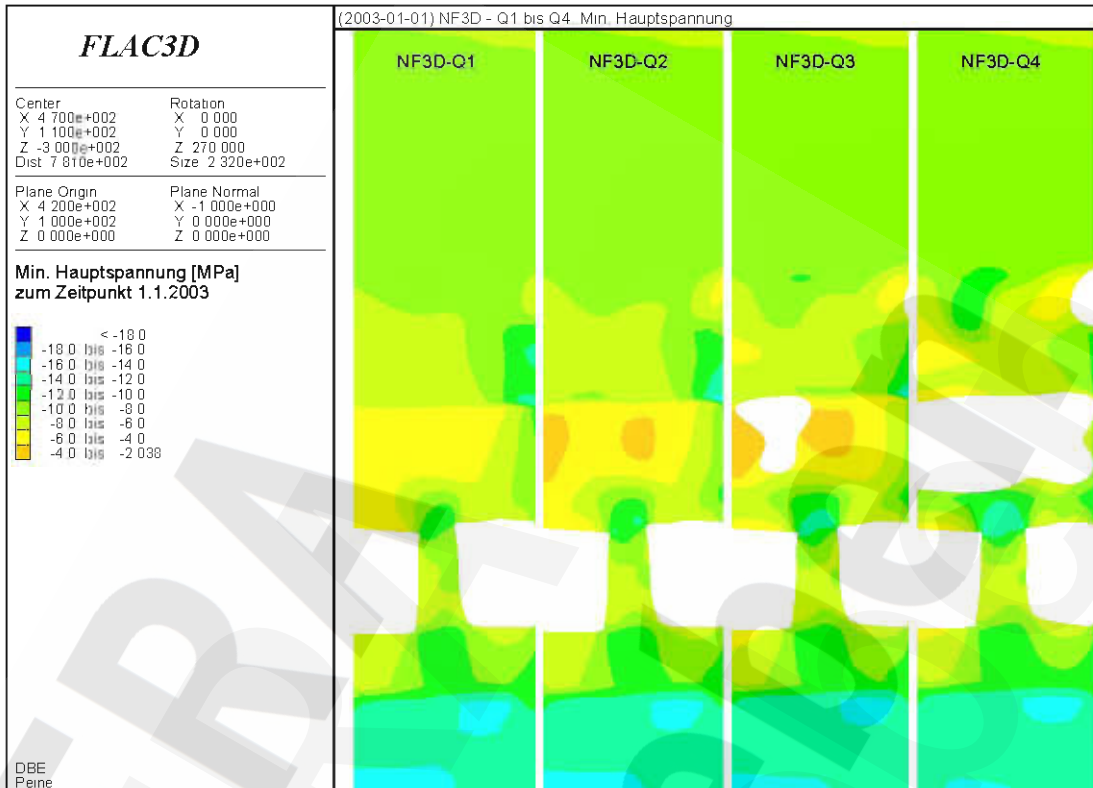
Anhang 31: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)



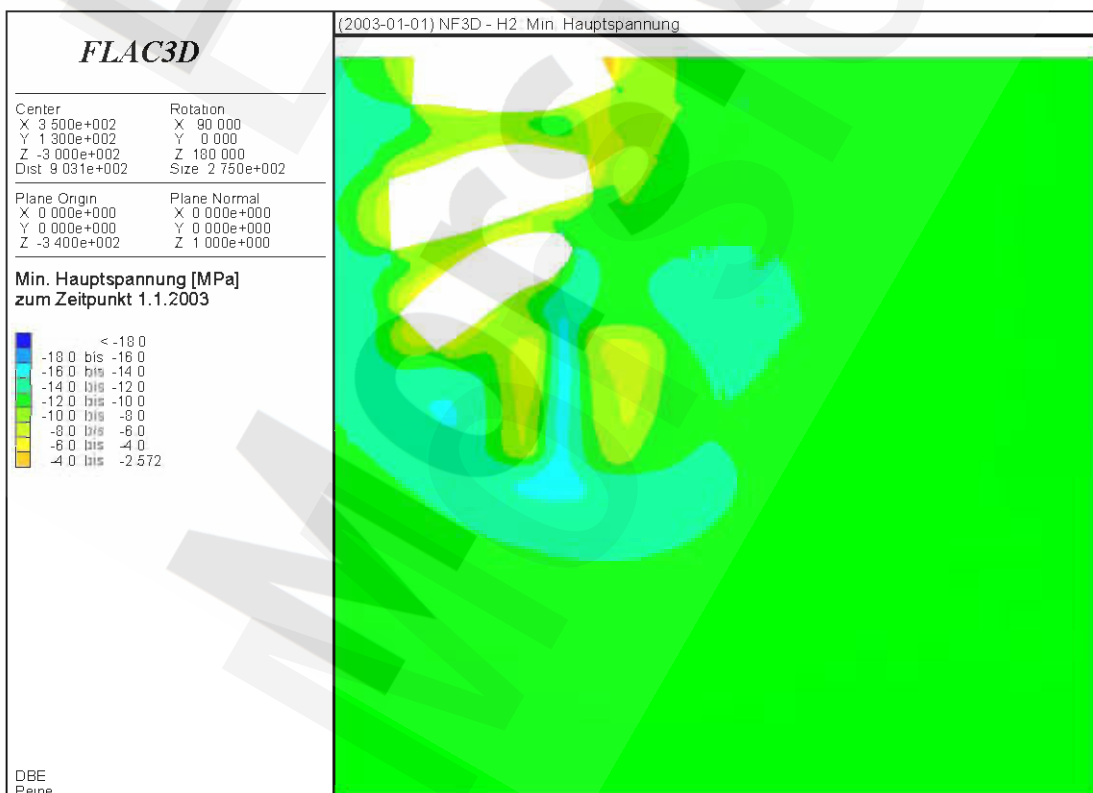
Anhang 32: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 68



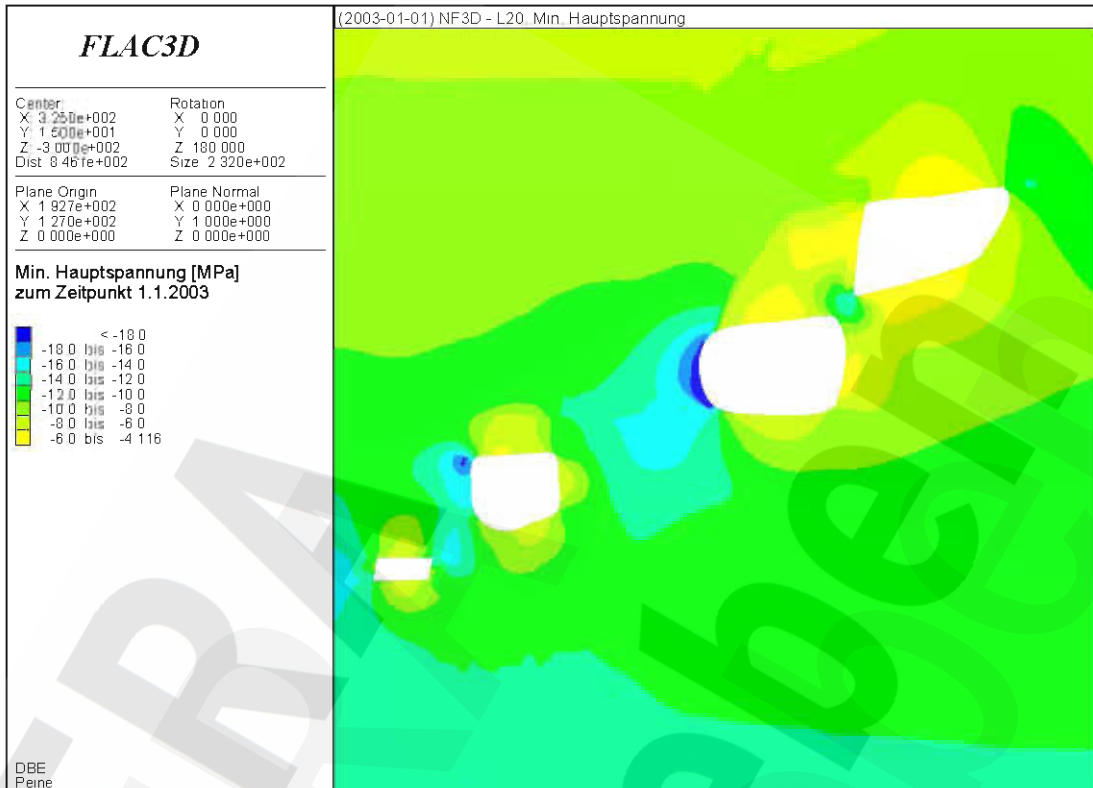
Anhang 33: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)



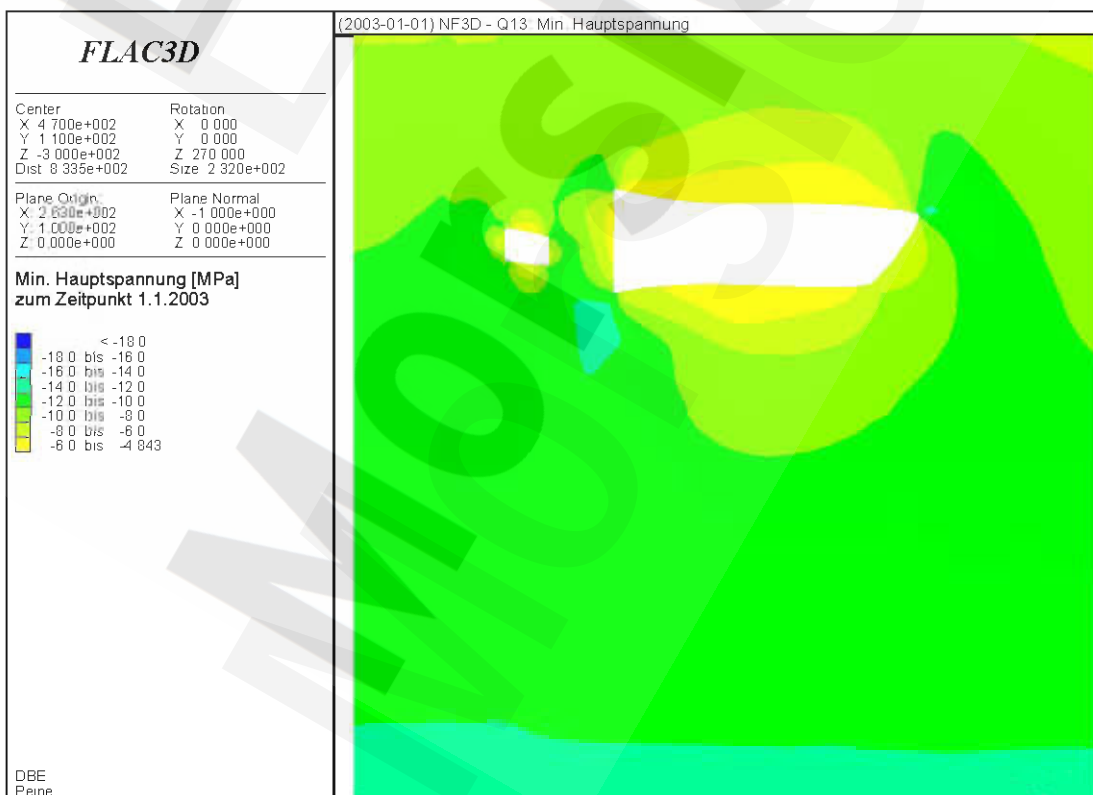
Anhang 34: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 69



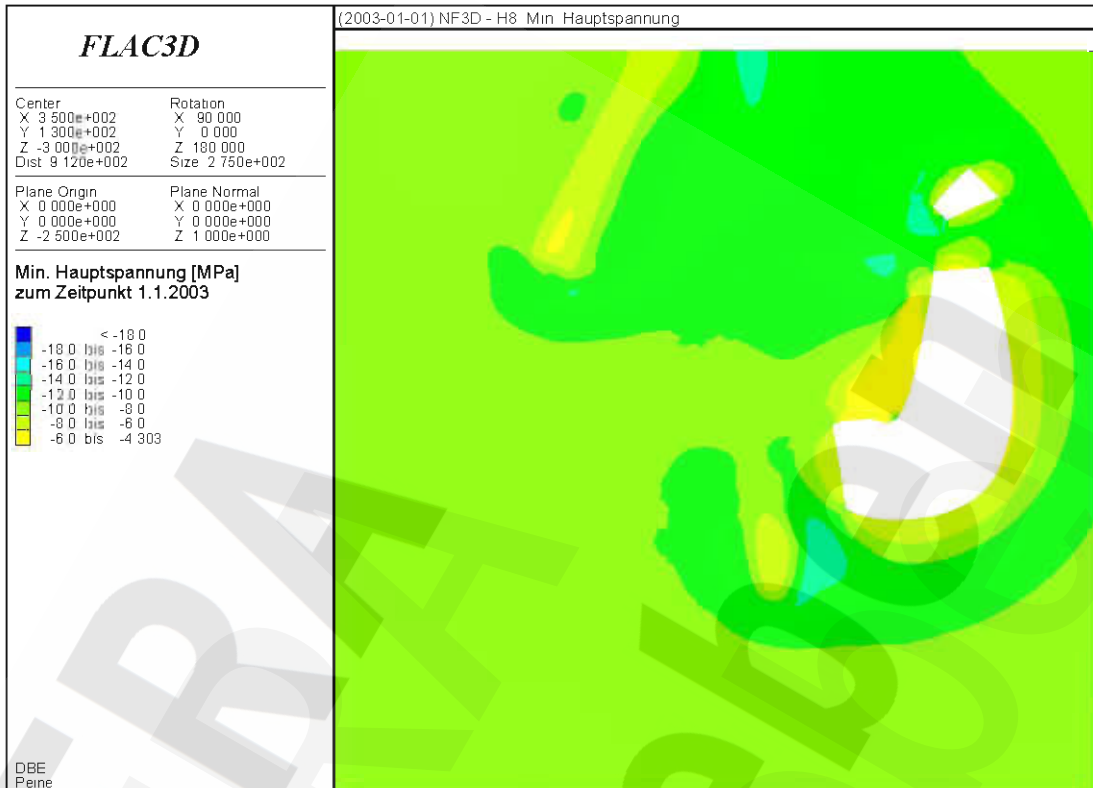
Anhang 35: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)



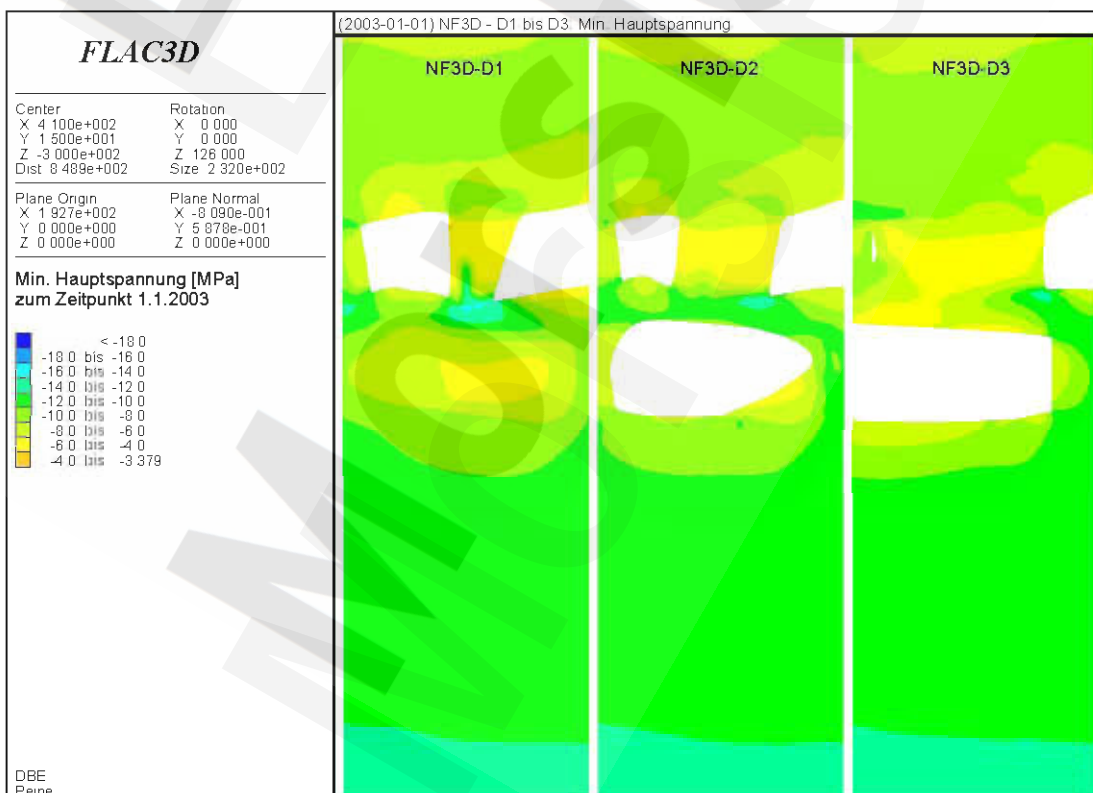
Anhang 36: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 70



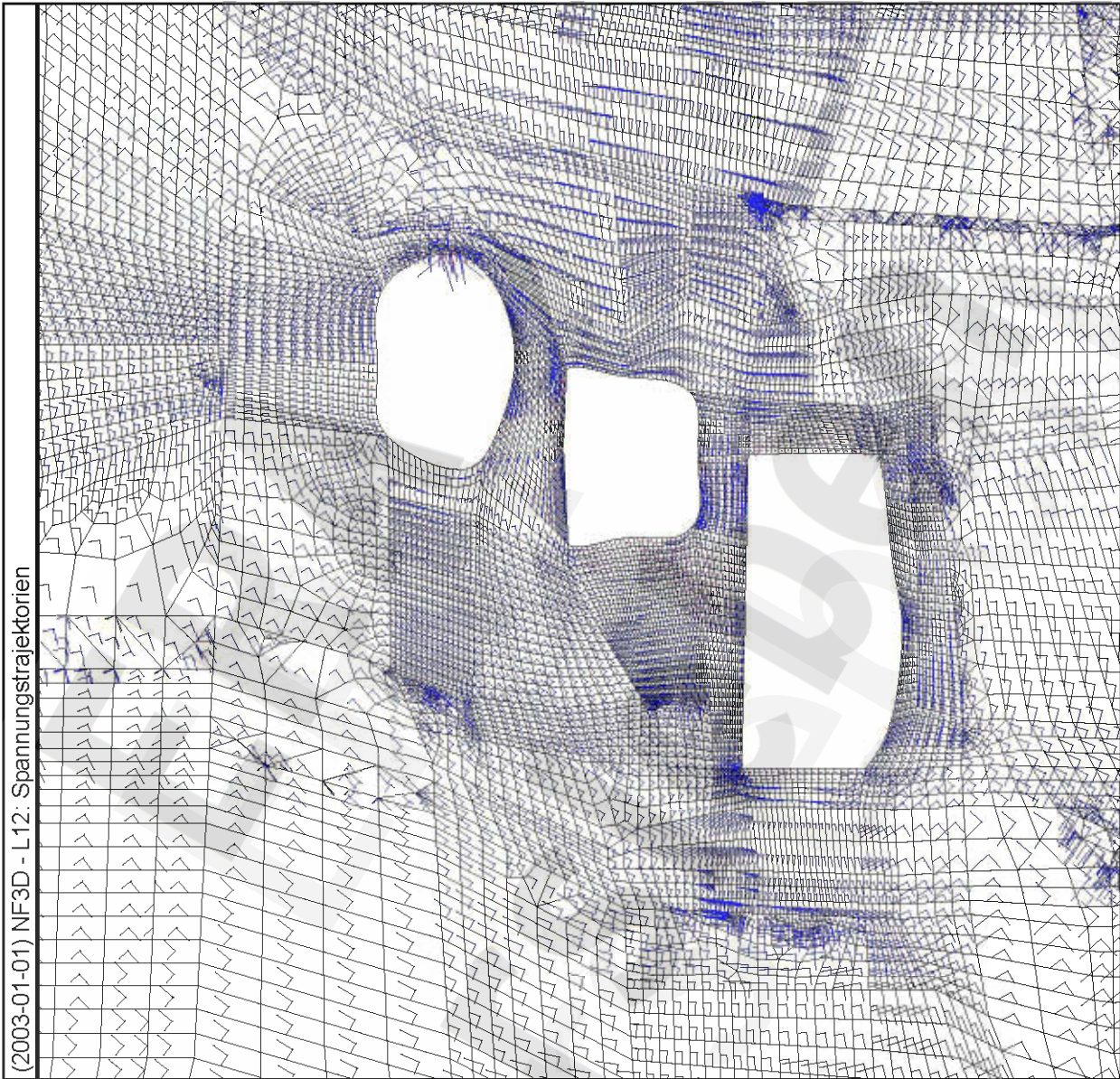
Anhang 37: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)



Anhang 38: Minimale Hauptspannung [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 71



(2003-01-01) NF3D - L12: Spannungstrajektorien

FLAC3D

Center:	Rotation:
X: 4.100e+002	X: 0.000
Y: 1.500e+001	Y: 0.000
Z: -3.000e+002	Z: 180.000
Dist: 8.149e+002	Size: 2.320e+002
Plane Origin:	Plane Normal:
X: 1.927e+002	X: -1.745e-006
Y: 0.000e+000	Y: 1.000e+000
Z: 0.000e+000	Z: 0.000e+000

Spannungstrajektorien zum Zeitpunkt 1.1.2003

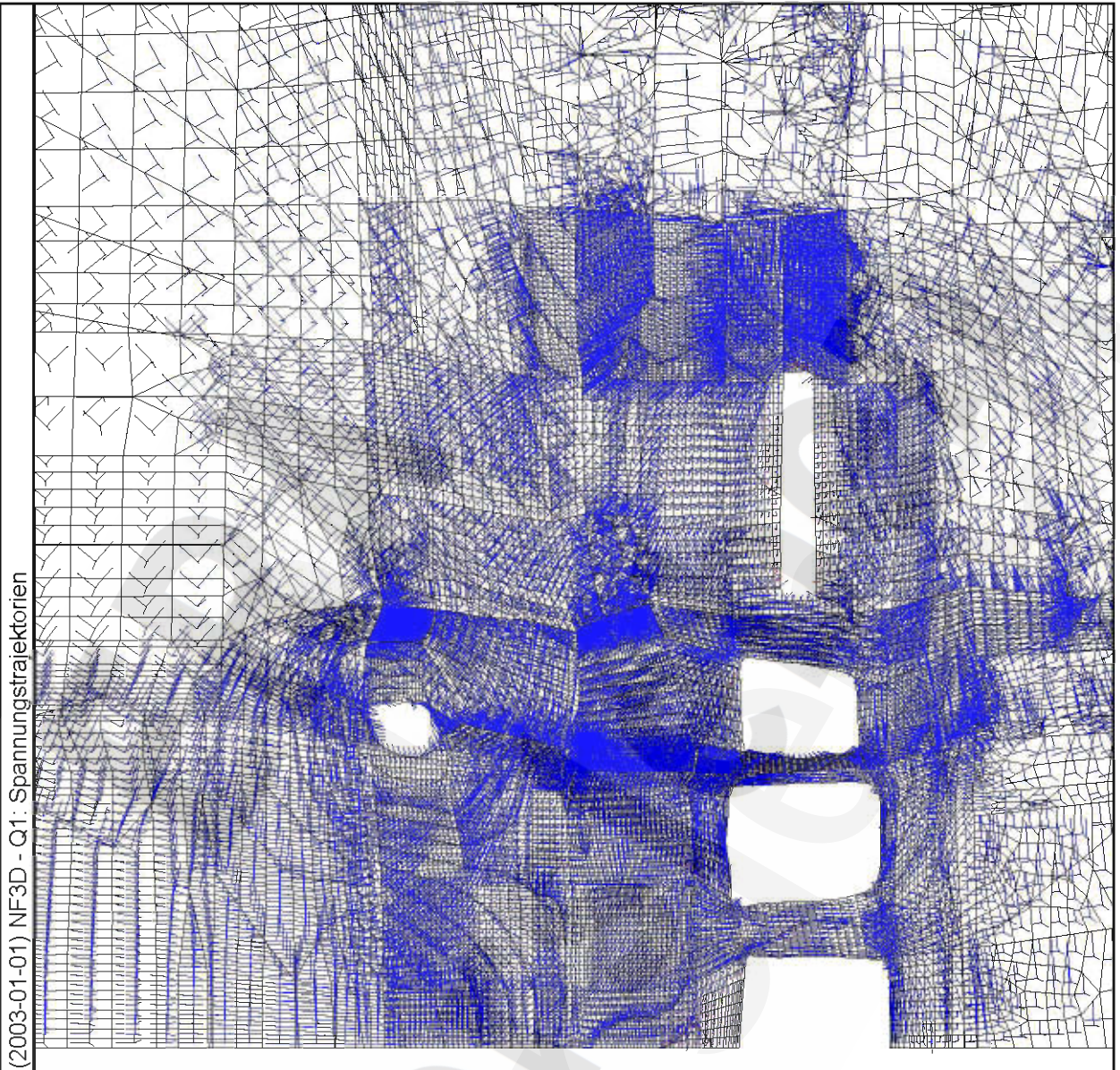
Druck (blue line) Zug (red line)

DBE
Peine

Anhang 39: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 72



FLAC3D

Center:	Rotation:
X: 4.700e+002	X: 0.000
Y: 1.100e+002	Y: 0.000
Z: -3.000e+002	Z: 270.000
Dist: 7.810e+002	Size: 2.320e+002

Plane Origin:	Plane Normal:
X: 4.200e+002	X: -1.000e+000
Y: 1.000e+002	Y: 0.000e+000
Z: 0.000e+000	Z: 0.000e+000

Spannungstrajektorien zum Zeitpunkt 1.1.2003

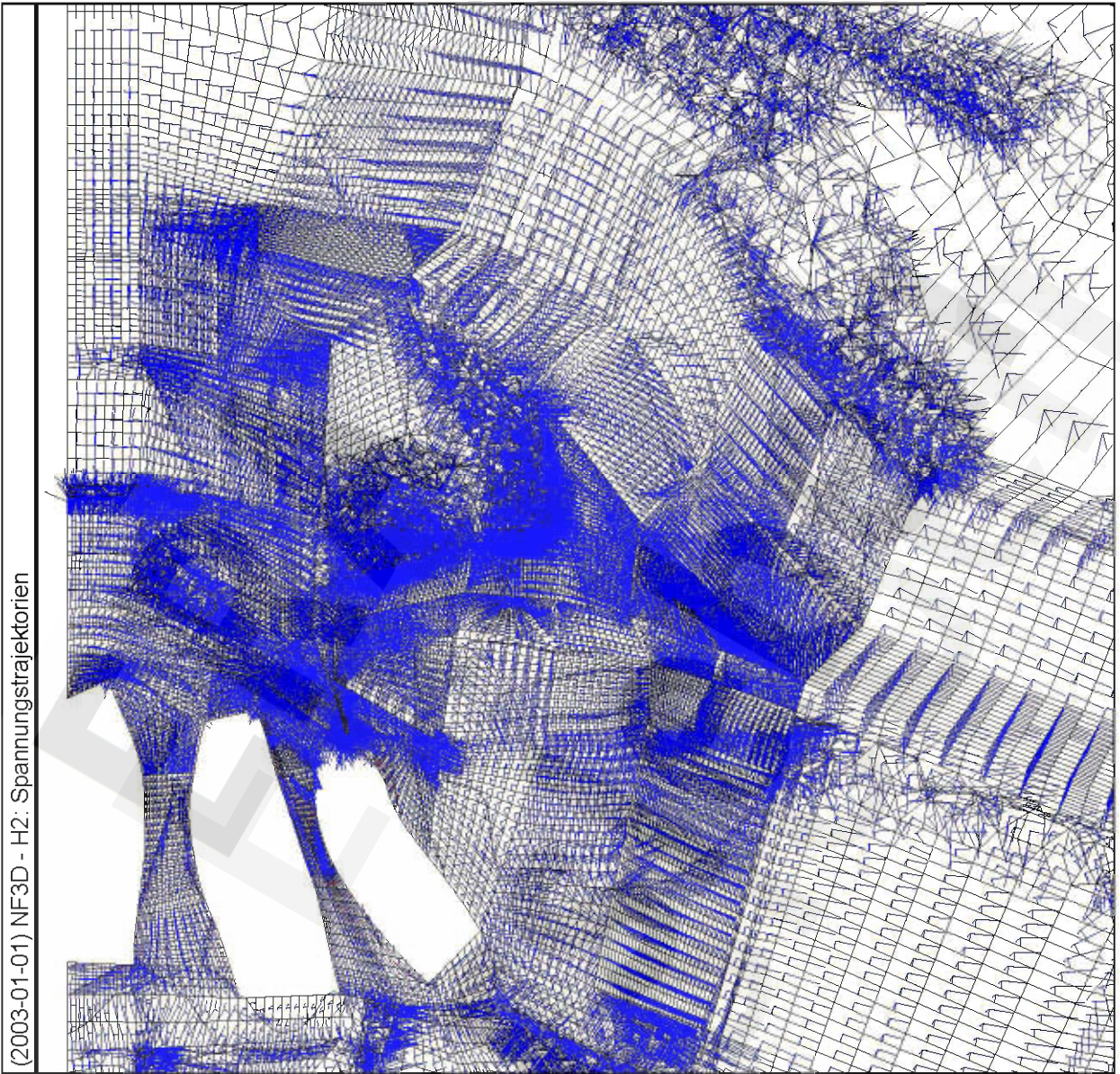
Druck (blue line) Zug (red line)

DBE
Peine

Anhang 40: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 73



(2003-01-01) NF3D - H2: Spannungstrajektorien

FLAC3D

Center:	Rotation:
X: 3.500e+002	X: 90.000
Y: 1.300e+002	Y: 0.000
Z: -3.000e+002	Z: 180.000
Dist: 9.031e+002	Size: 2.750e+002
Plane Origin:	Plane Normal:
X: 0.000e+000	X: 0.000e+000
Y: 0.000e+000	Y: 0.000e+000
Z: -3.400e+002	Z: 1.000e+000

Spannungstrajektorien zum Zeitpunkt 1.1.2003

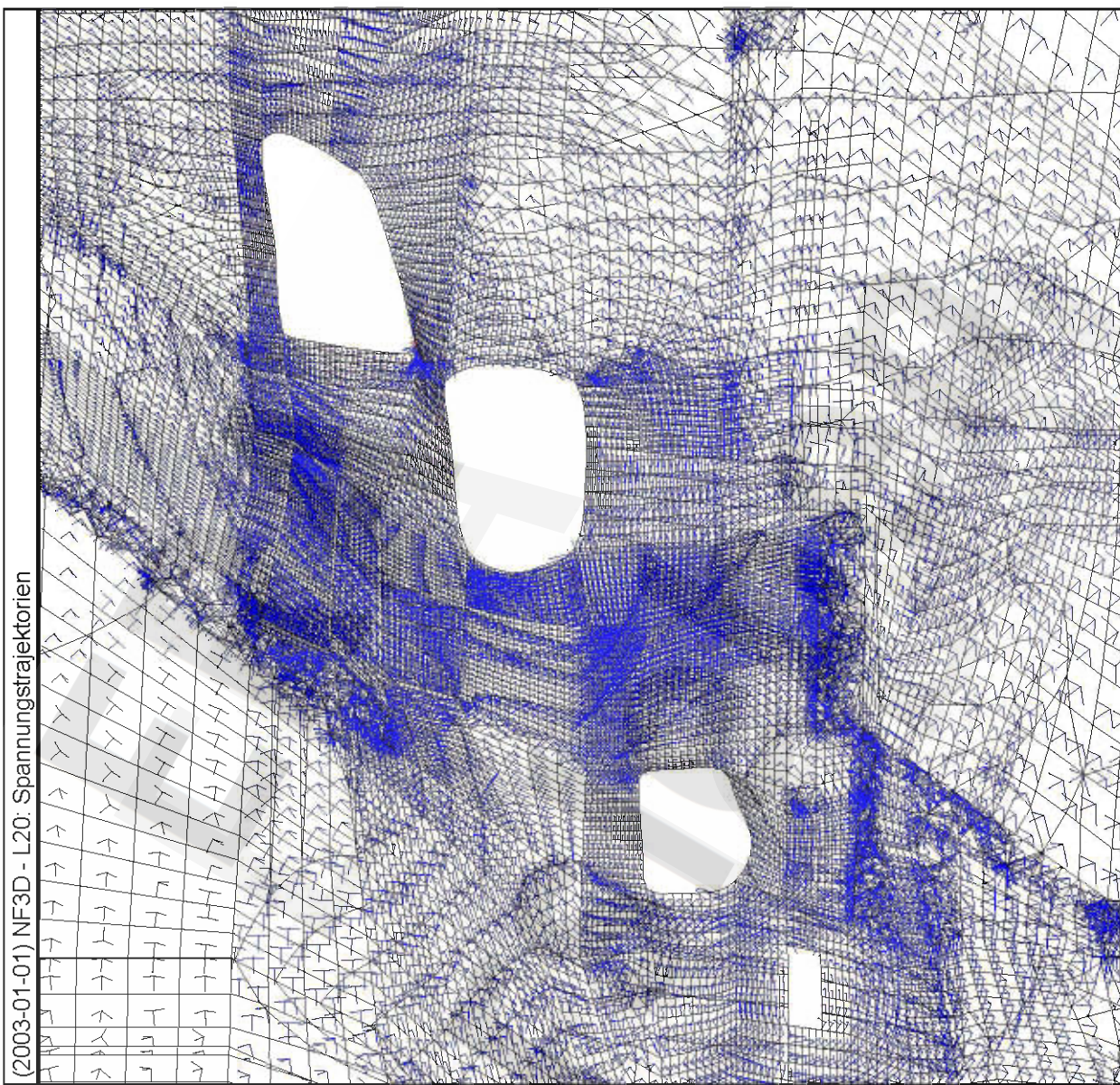
Druck (blue line)
Zug (red line)

DBE
Peine

Anhang 41: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 74



(2003-01-01) NF3D - L20: Spannungstrajektorien

FLAC3D

Center:	Rotation:
X: 3.250e+002	X: 0.000
Y: 1.500e+001	Y: 0.000
Z: -3.000e+002	Z: 180.000
Dist: 8.461e+002	Size: 2.320e+002
Plane Origin:	Plane Normal:
X: 1.927e+002	X: 0.000e+000
Y: 1.270e+002	Y: 1.000e+000
Z: 0.000e+000	Z: 0.000e+000

Spannungstrajektorien zum Zeitpunkt 1.1.2003

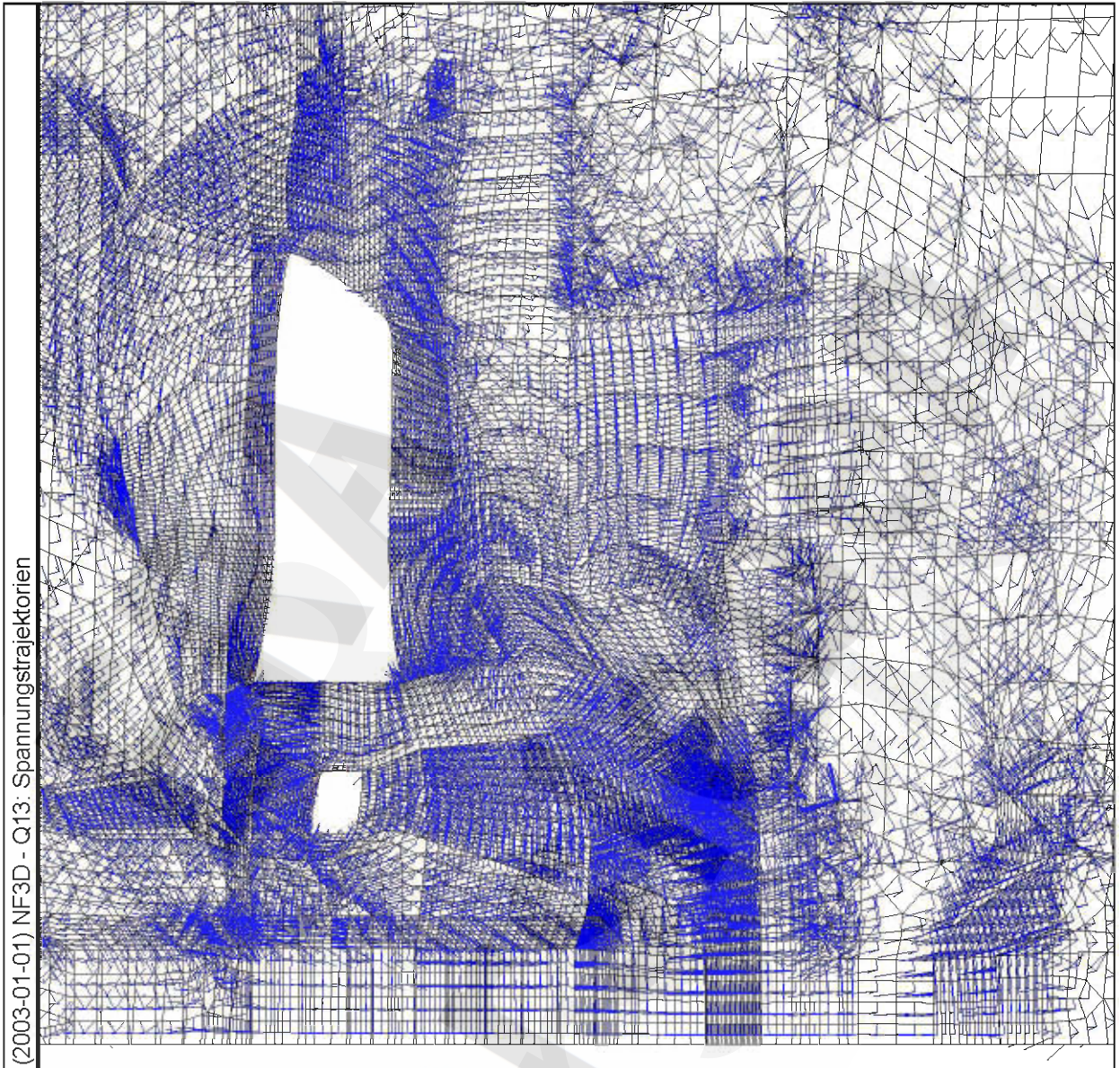
Druck (blue line) / Zug (red line)

DBE
Peine

Anhang 42: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 75



(2003-01-01) NF3D - Q13: Spannungstrajektorien

FLAC3D

Center:	Rotation:
X: 4.700e+002	X: 0.000
Y: 1.100e+002	Y: 0.000
Z: -3.000e+002	Z: 270.000
Dist: 8.335e+002	Size: 2.320e+002
Plane Origin:	Plane Normal:
X: 2.630e+002	X: -1.000e+000
Y: 1.000e+002	Y: 0.000e+000
Z: 0.000e+000	Z: 0.000e+000

Spannungstrajektorien zum Zeitpunkt 1.1.2003

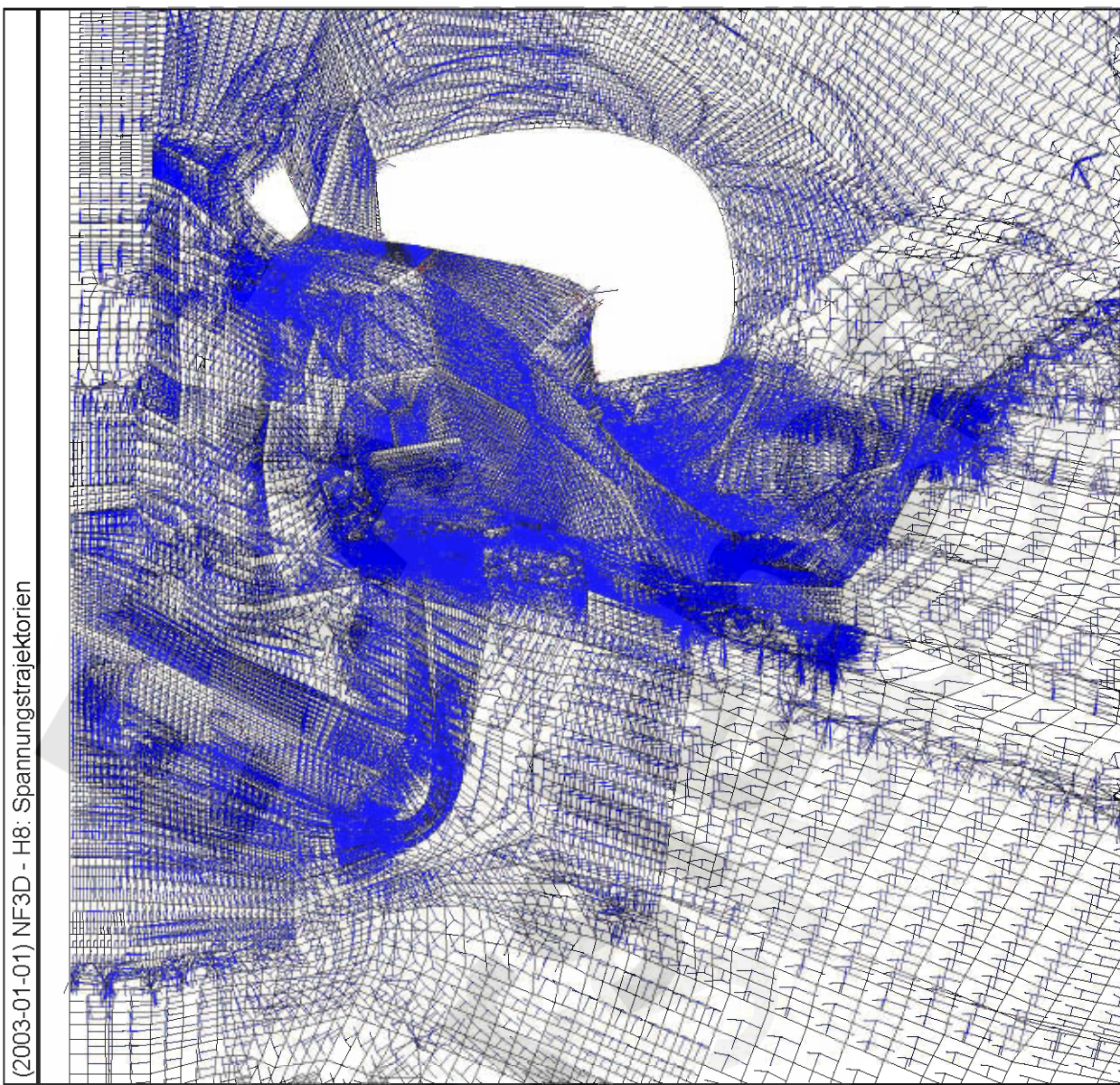
Druck (blue line) Zug (red line)

DBE
Peine

Anhang 43: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 76



(2003-01-01) NF3D - H8: Spannungstrajektorien

FLAC3D

Center:	Rotation:
X: 3.500e+002	X: 90.000
Y: 1.300e+002	Y: 0.000
Z: -3.000e+002	Z: 180.000
Dist: 9.120e+002	Size: 2.750e+002
Plane Origin:	Plane Normal:
X: 0.000e+000	X: 0.000e+000
Y: 0.000e+000	Y: 0.000e+000
Z: -2.500e+002	Z: 1.000e+000

Spannungstrajektorien zum Zeitpunkt 1.1.2003

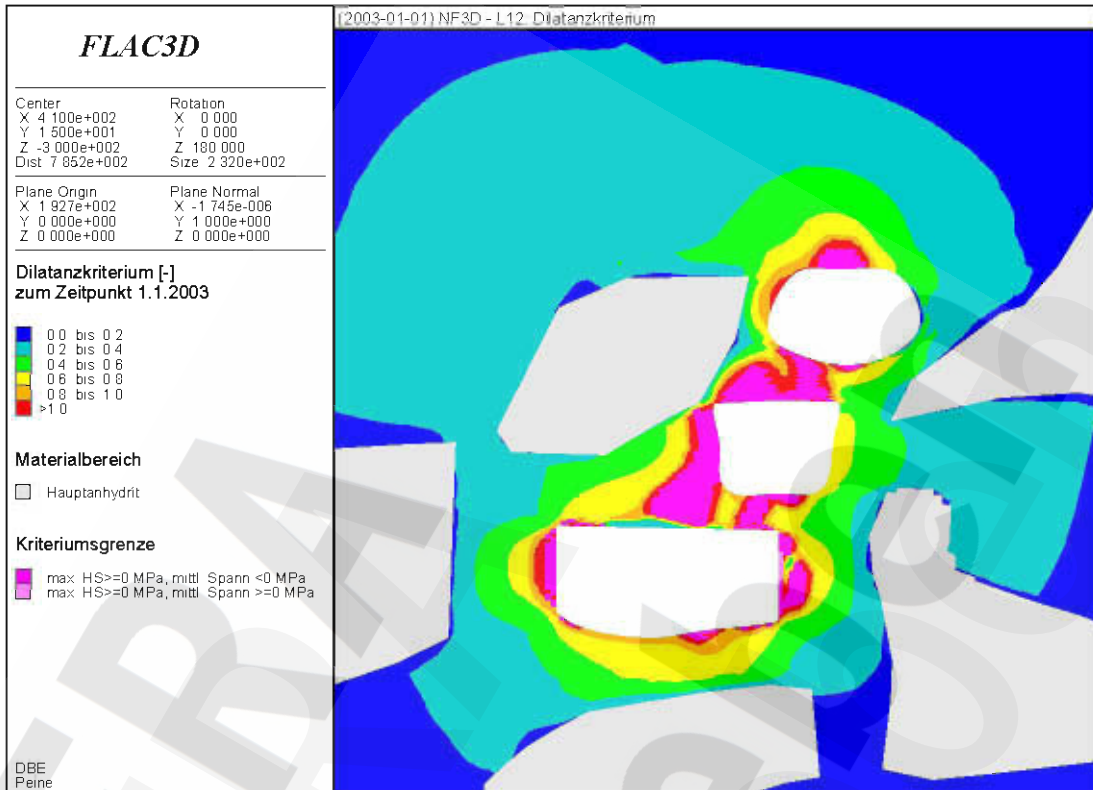
Druck (blue line) / Zug (red line)

DBE
Peine

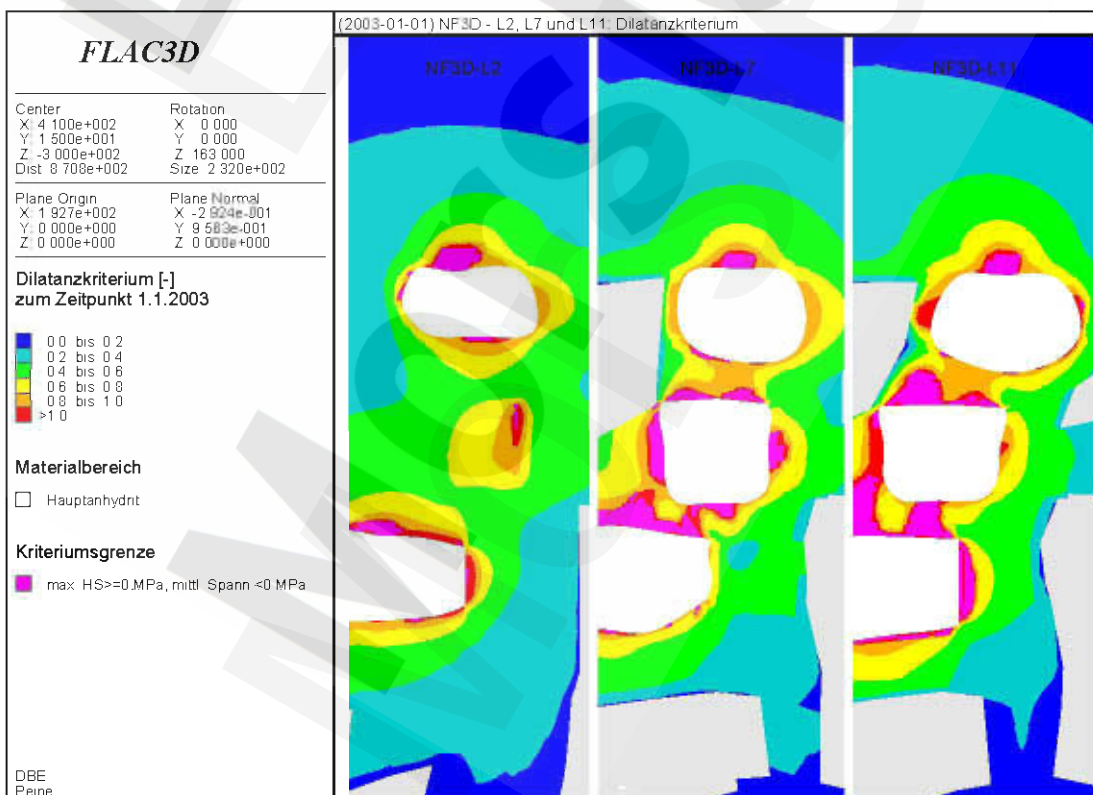
Anhang 44: Spannungstrajektorien [MPa] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 77



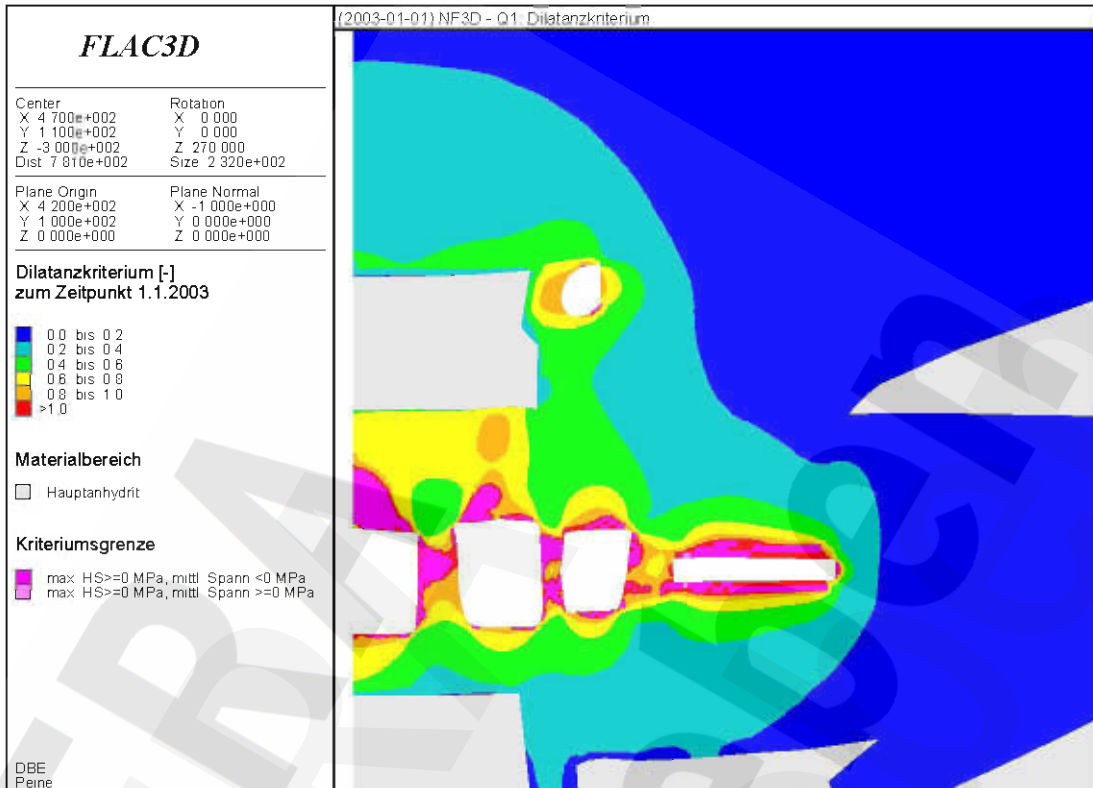
Anhang 45: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)



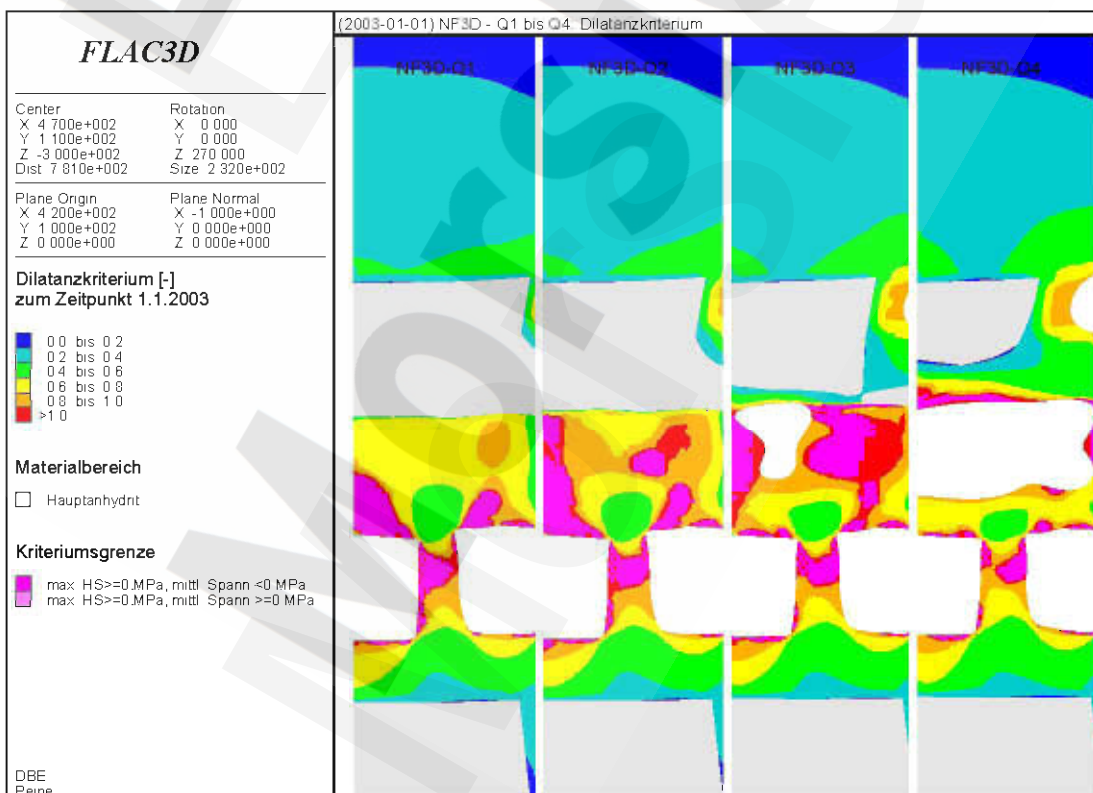
Anhang 46: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L2, L7 und L11)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 78



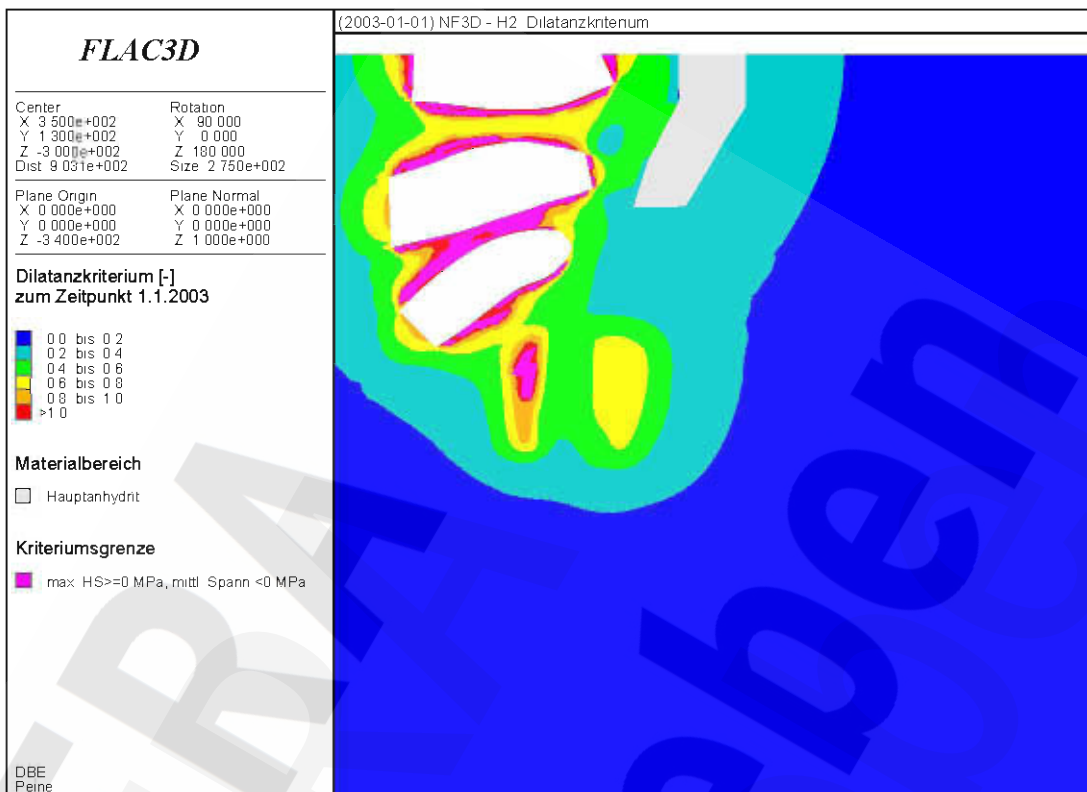
Anhang 47: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)



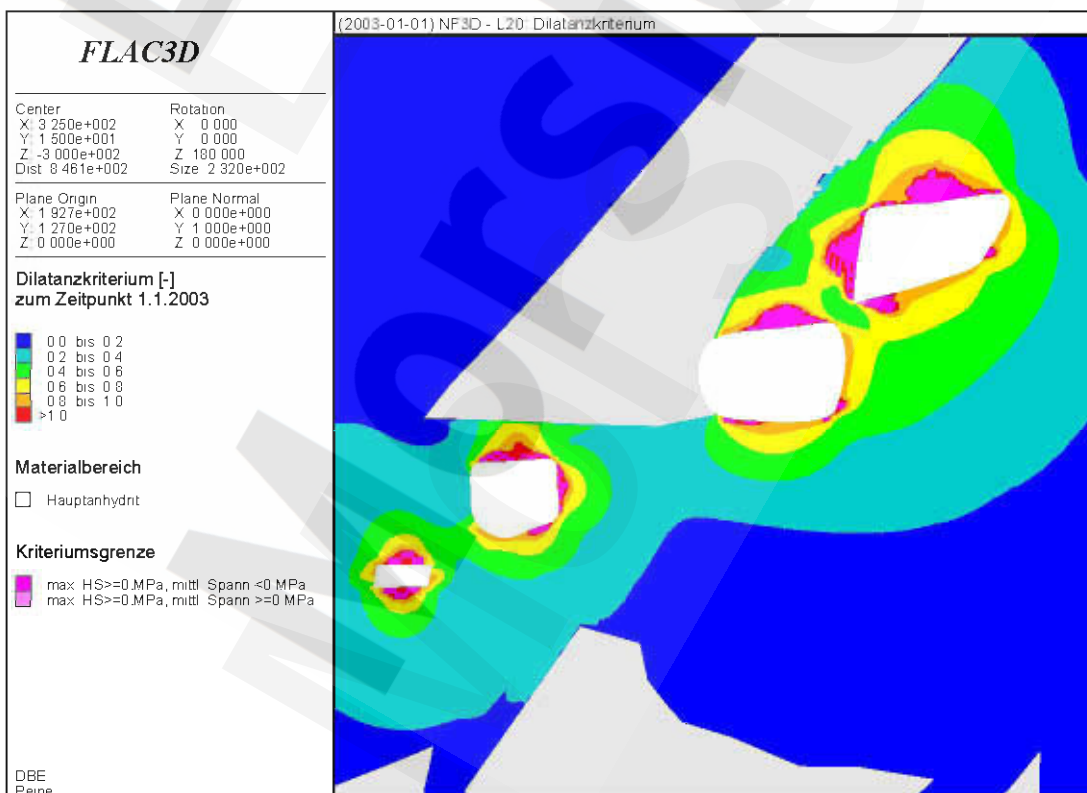
Anhang 48: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1 bis Q4)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 79



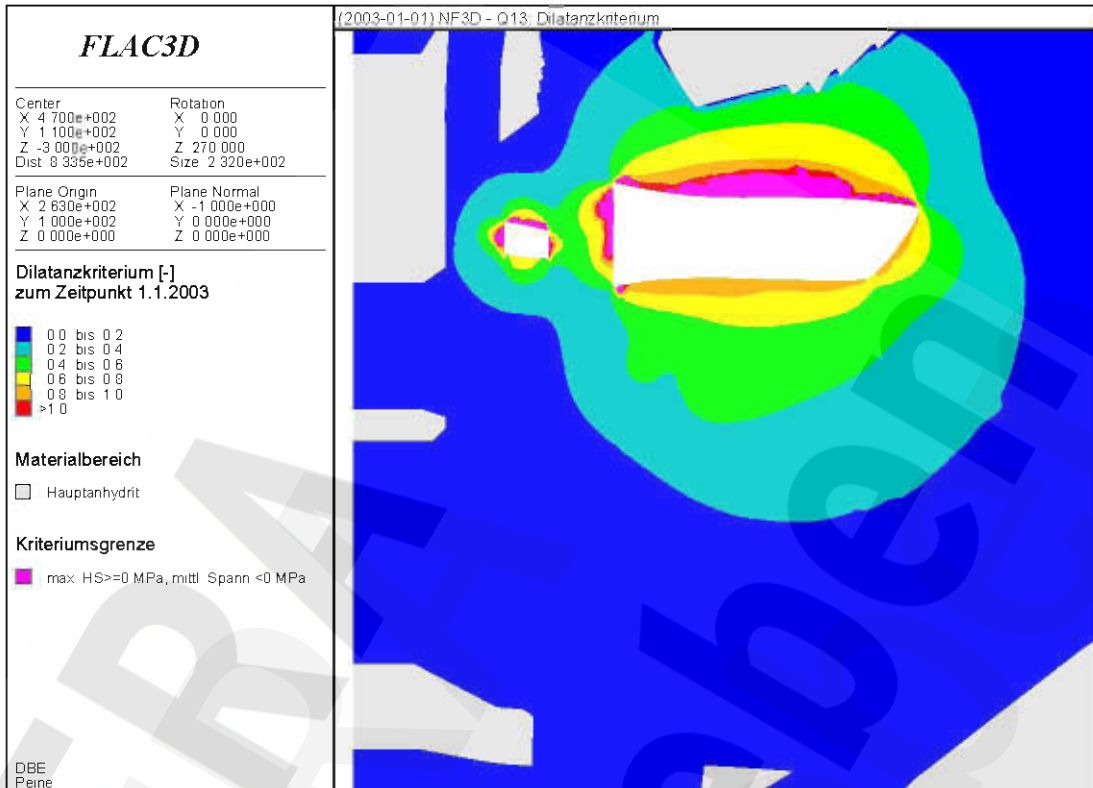
Anhang 49: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)



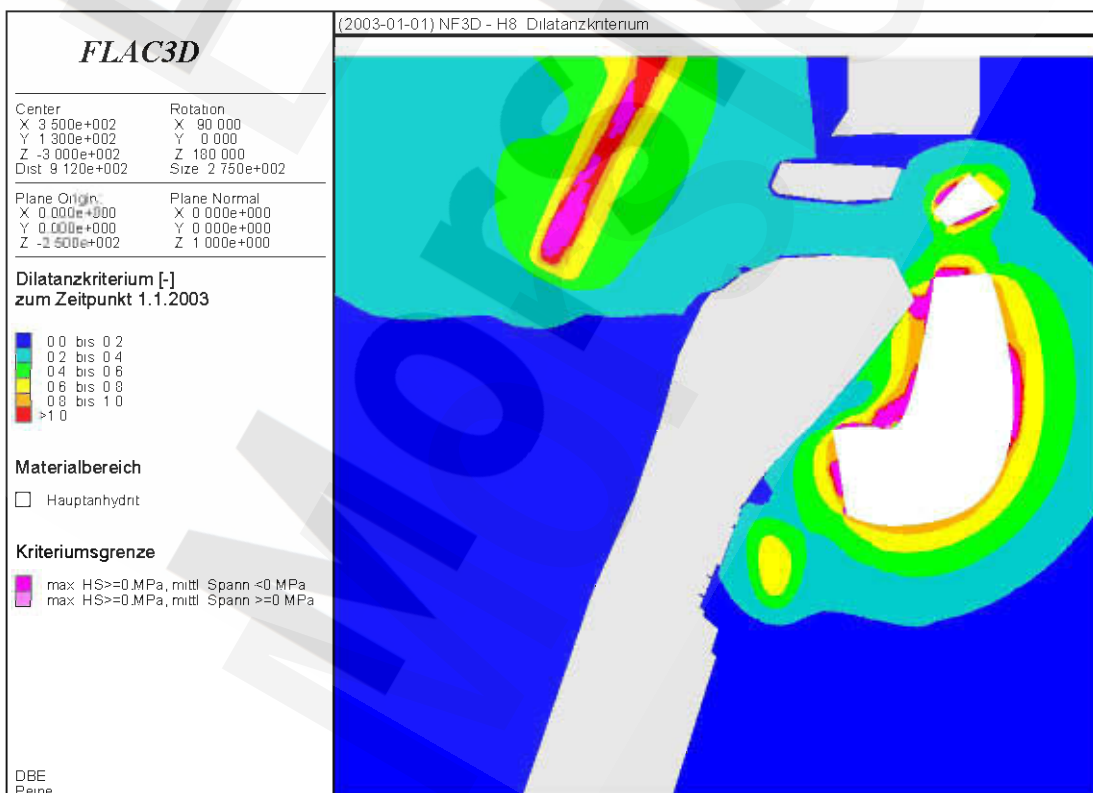
Anhang 50: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 80



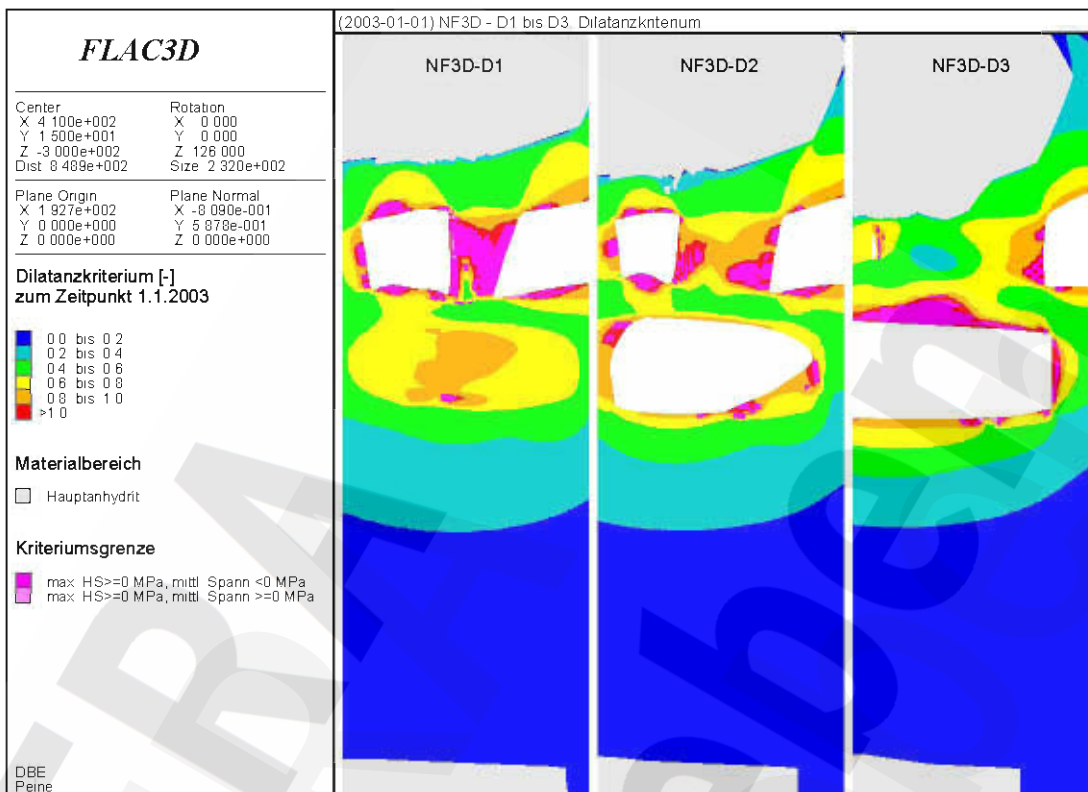
Anhang 51: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)



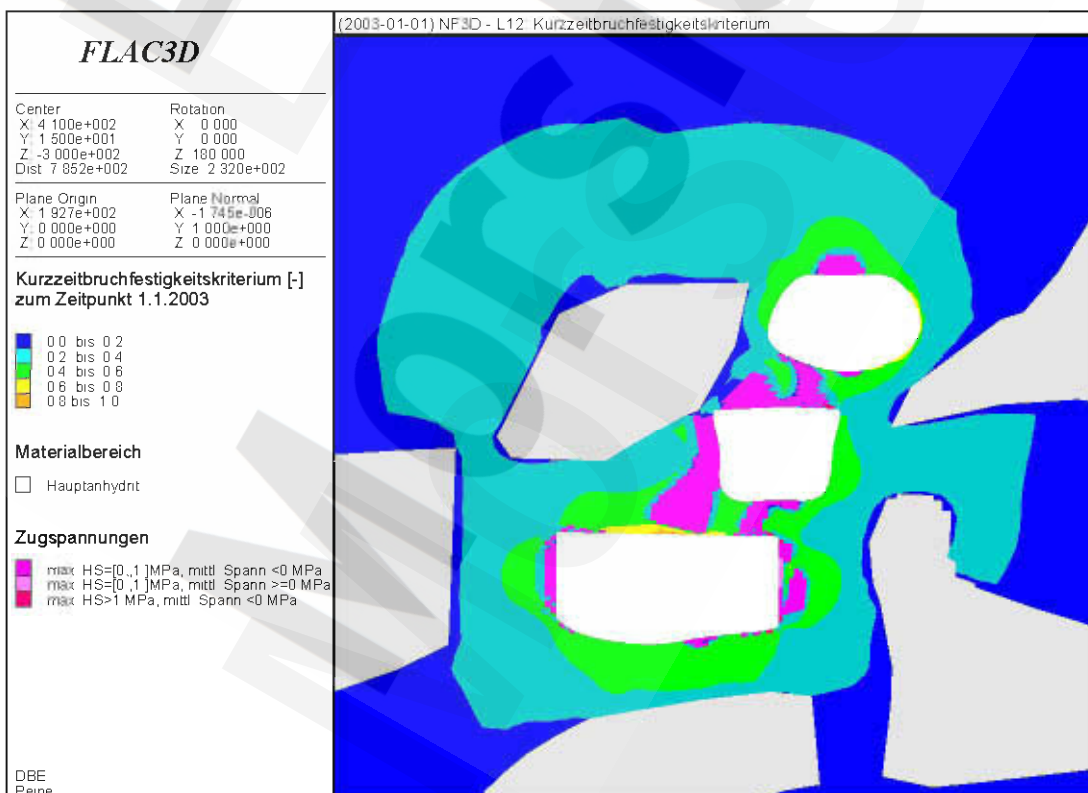
Anhang 52: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 81



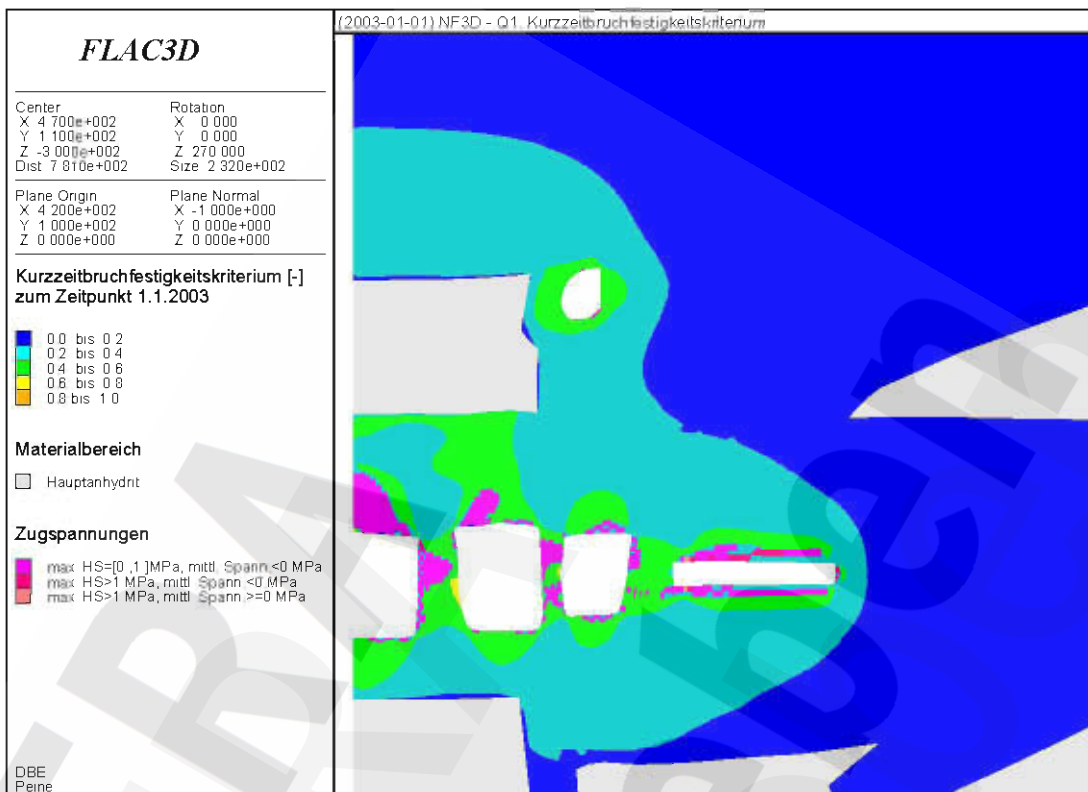
Anhang 53: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, D1 bis D3)



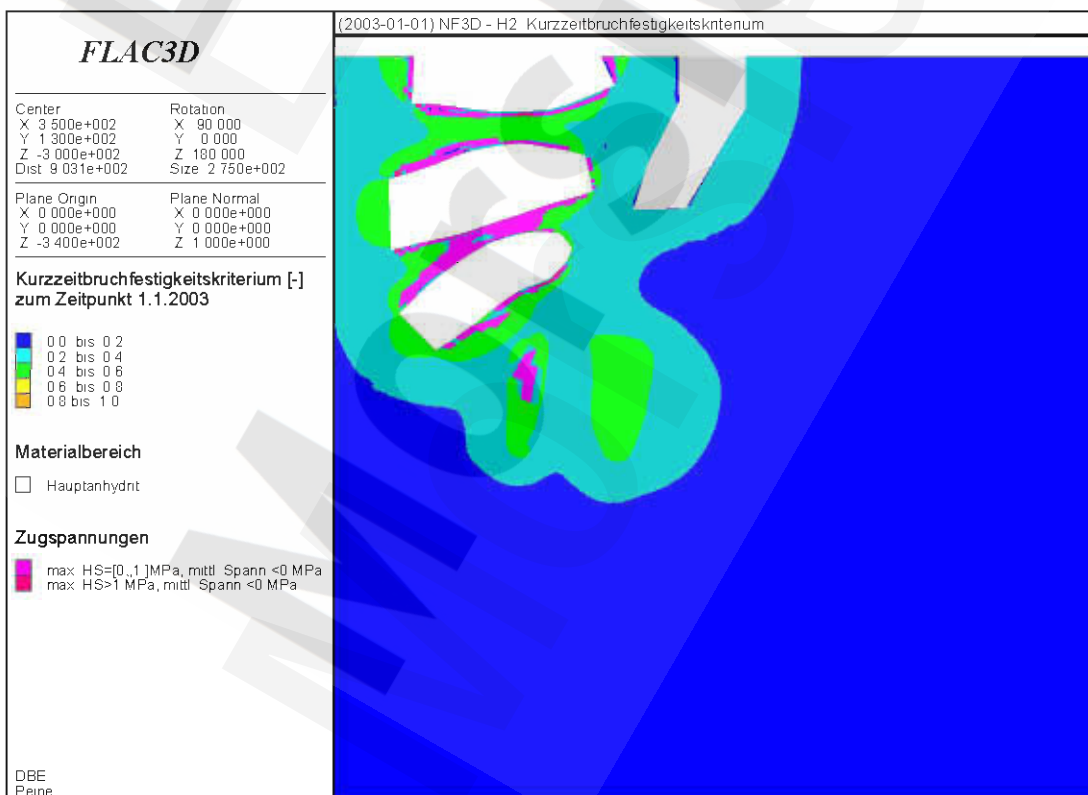
Anhang 54: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 82



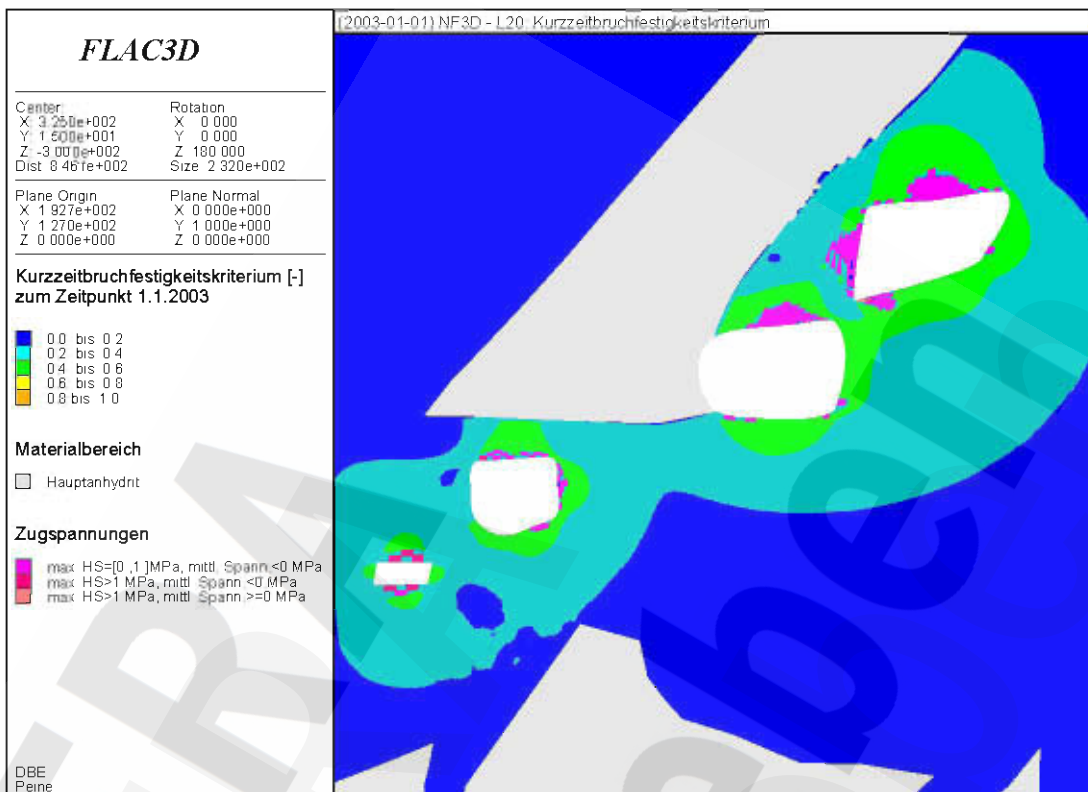
Anhang 55: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)



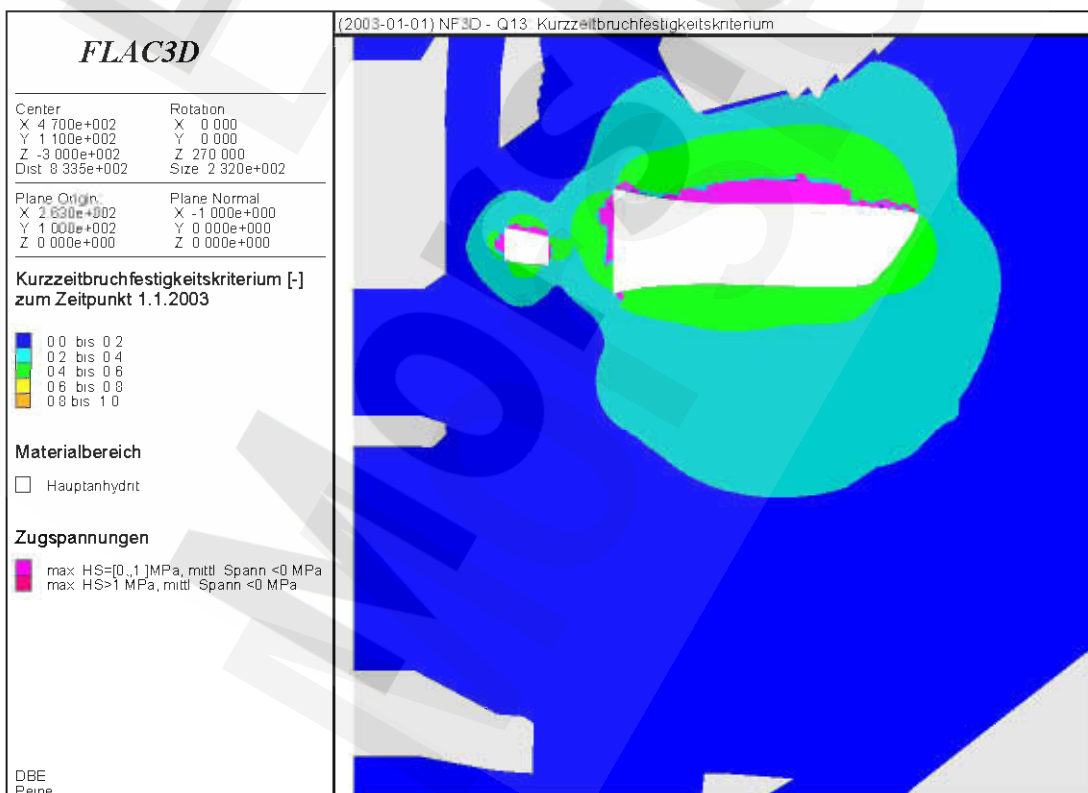
Anhang 56: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021				GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 83



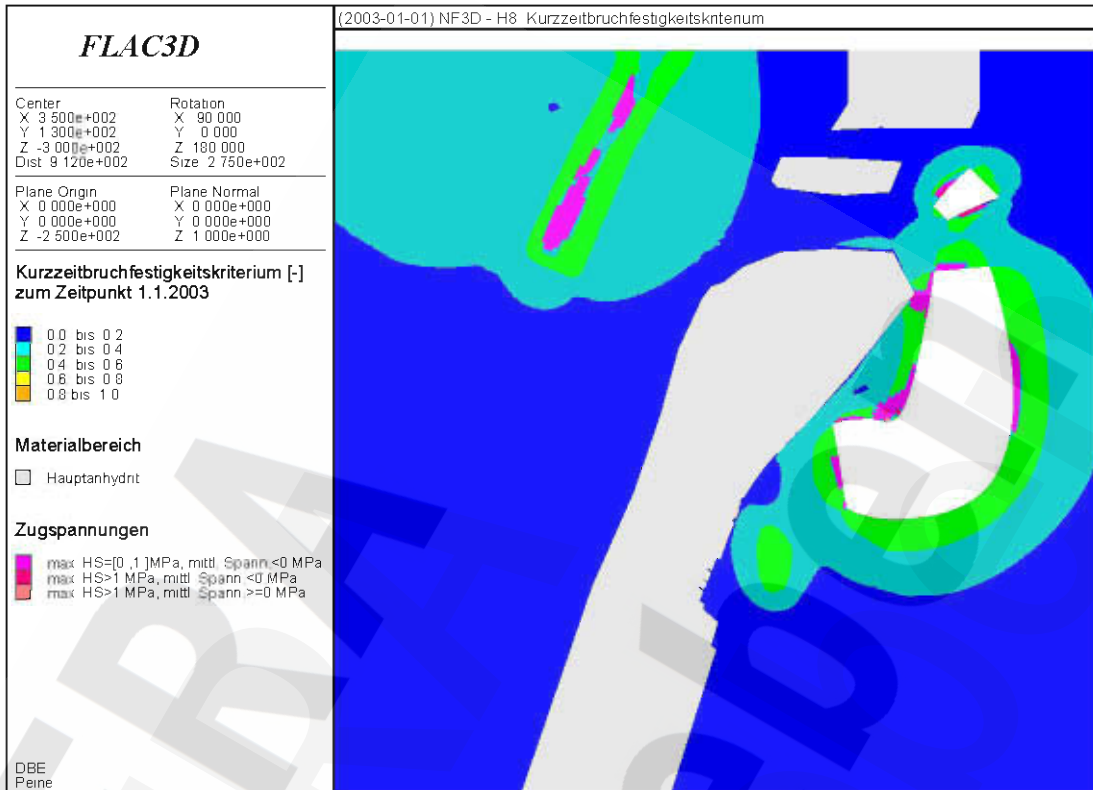
Anhang 57: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)



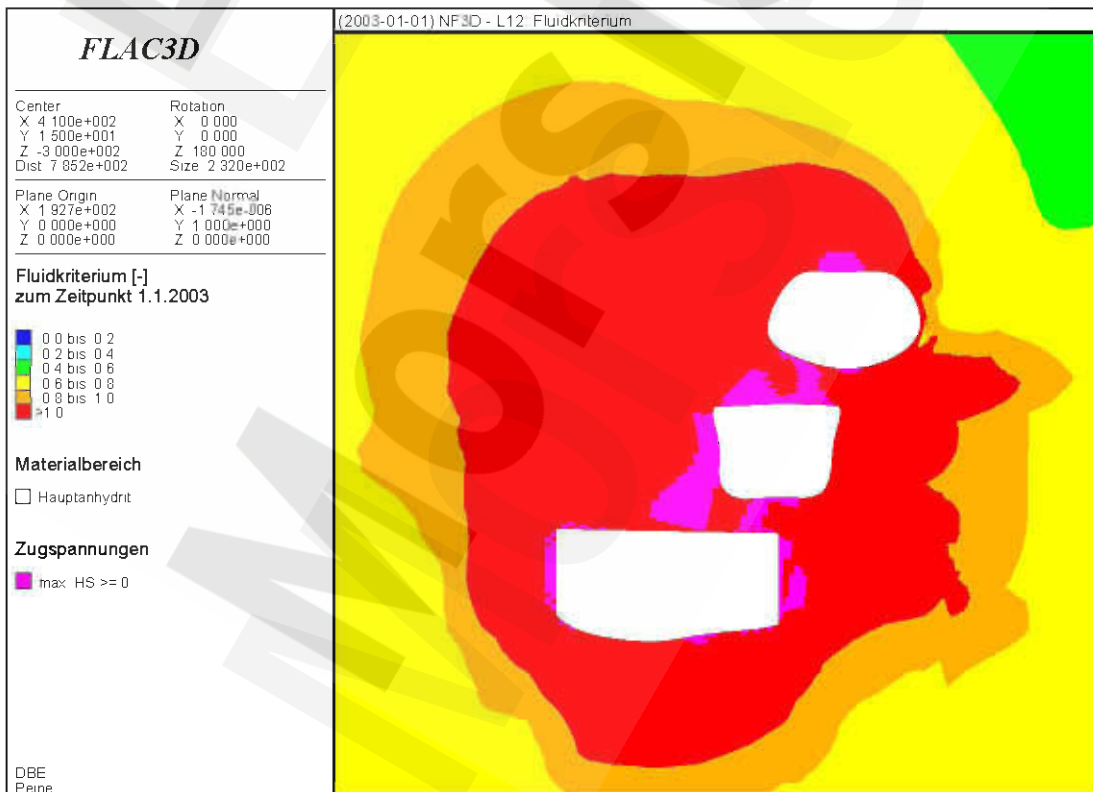
Anhang 58: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 84



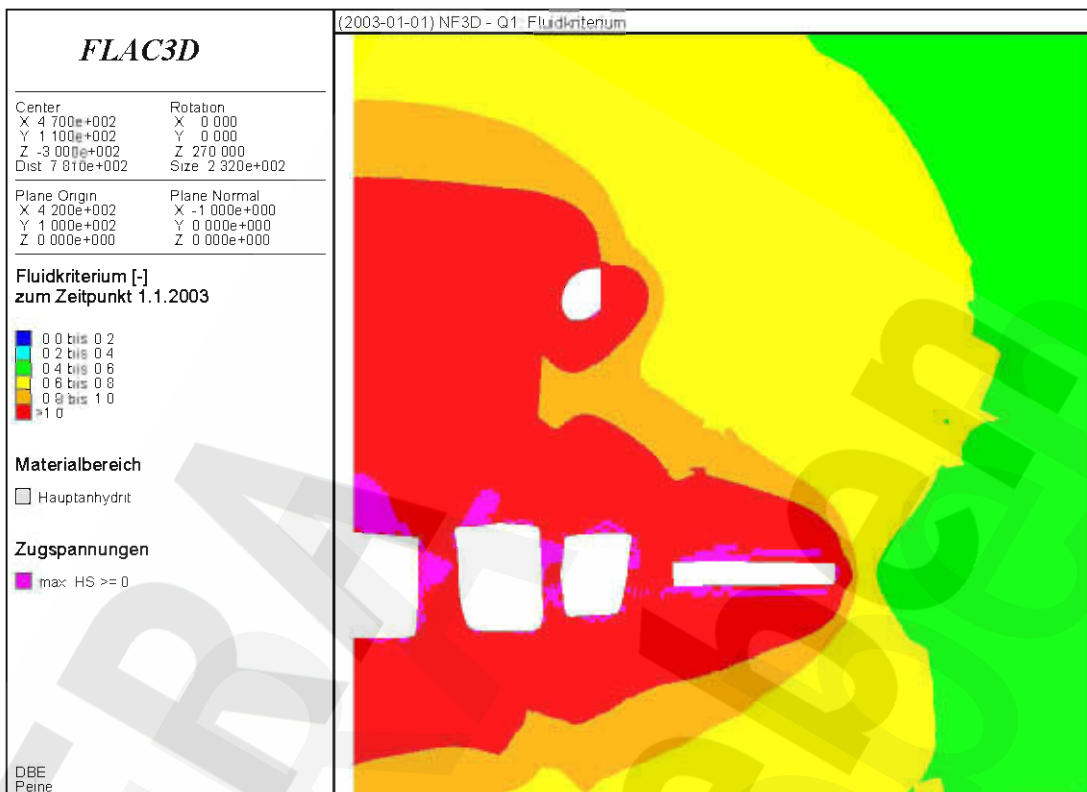
Anhang 59: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)



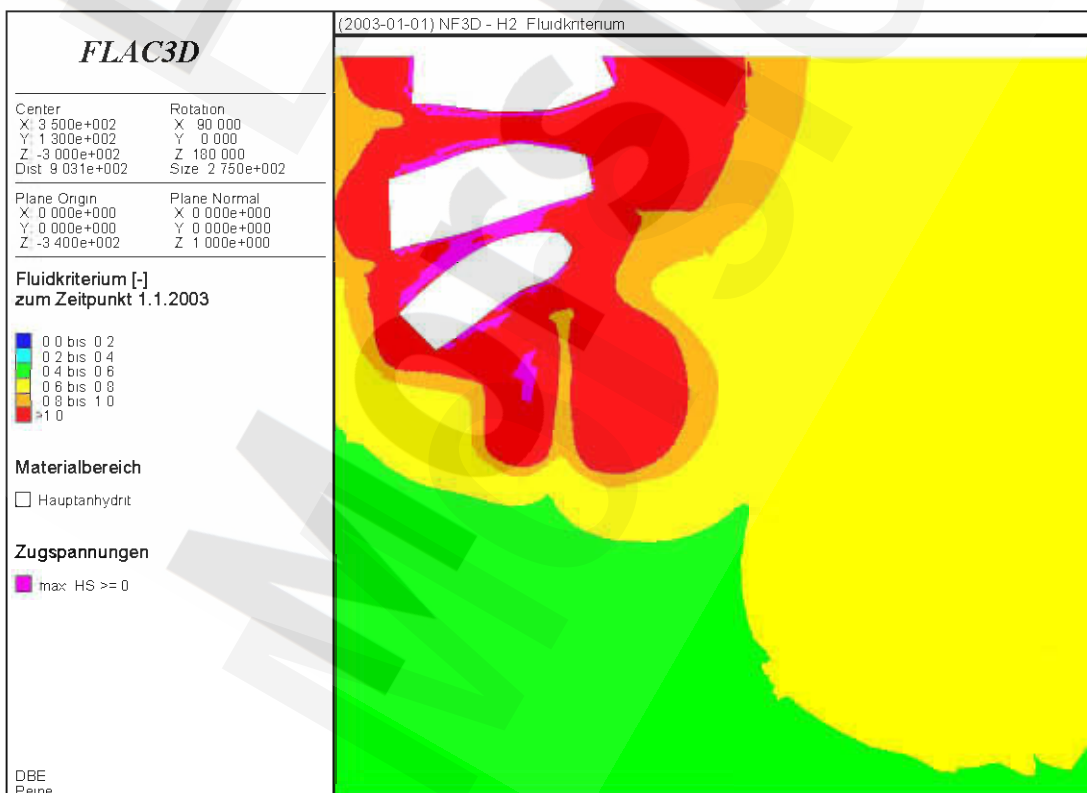
Anhang 60: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 85



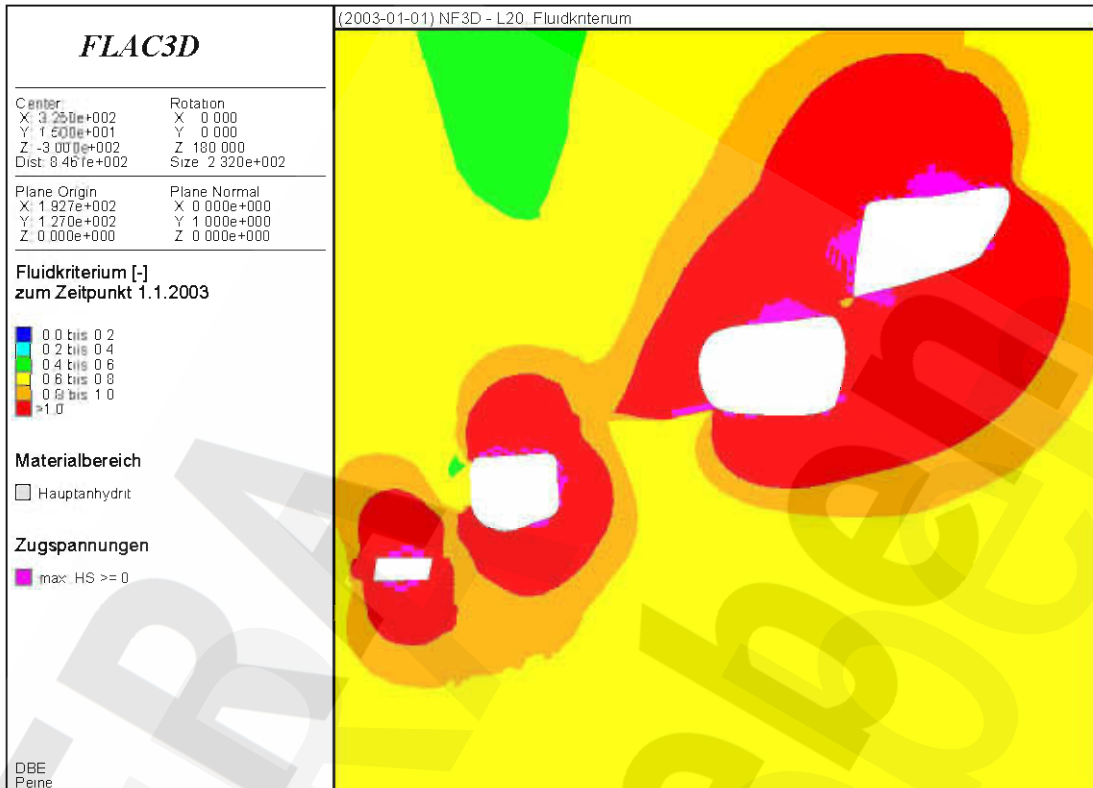
Anhang 61: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q1)



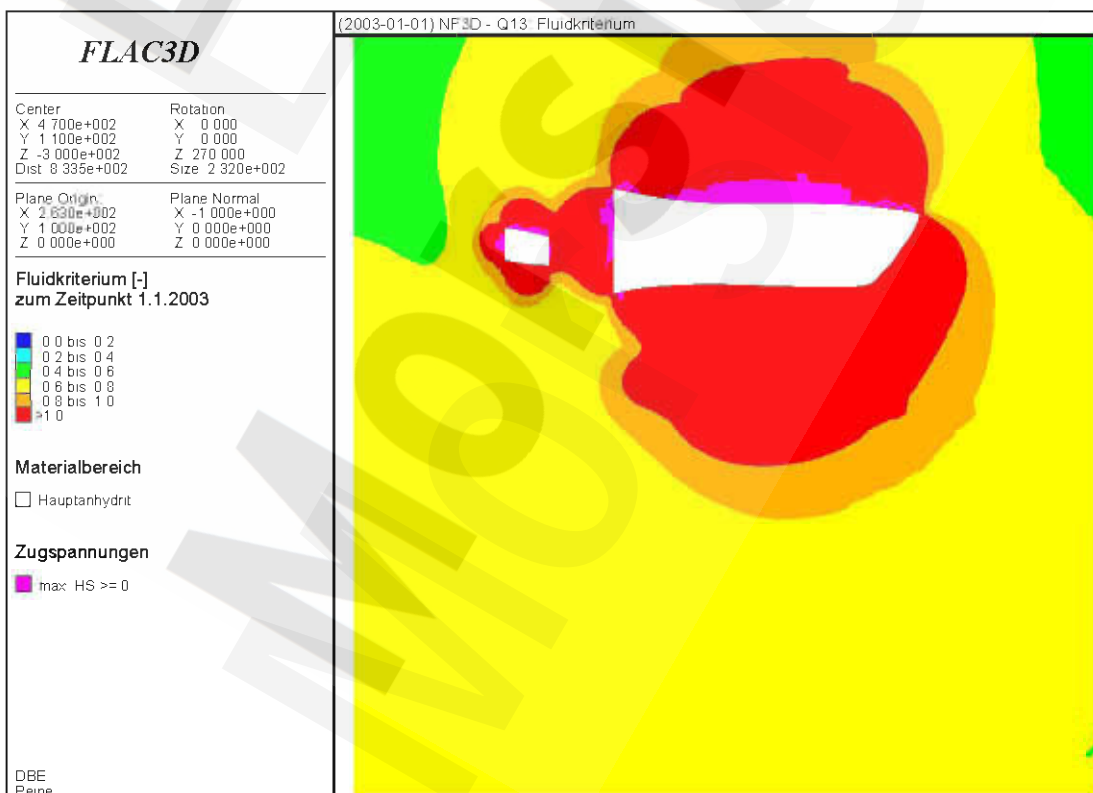
Anhang 62: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H2)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 86



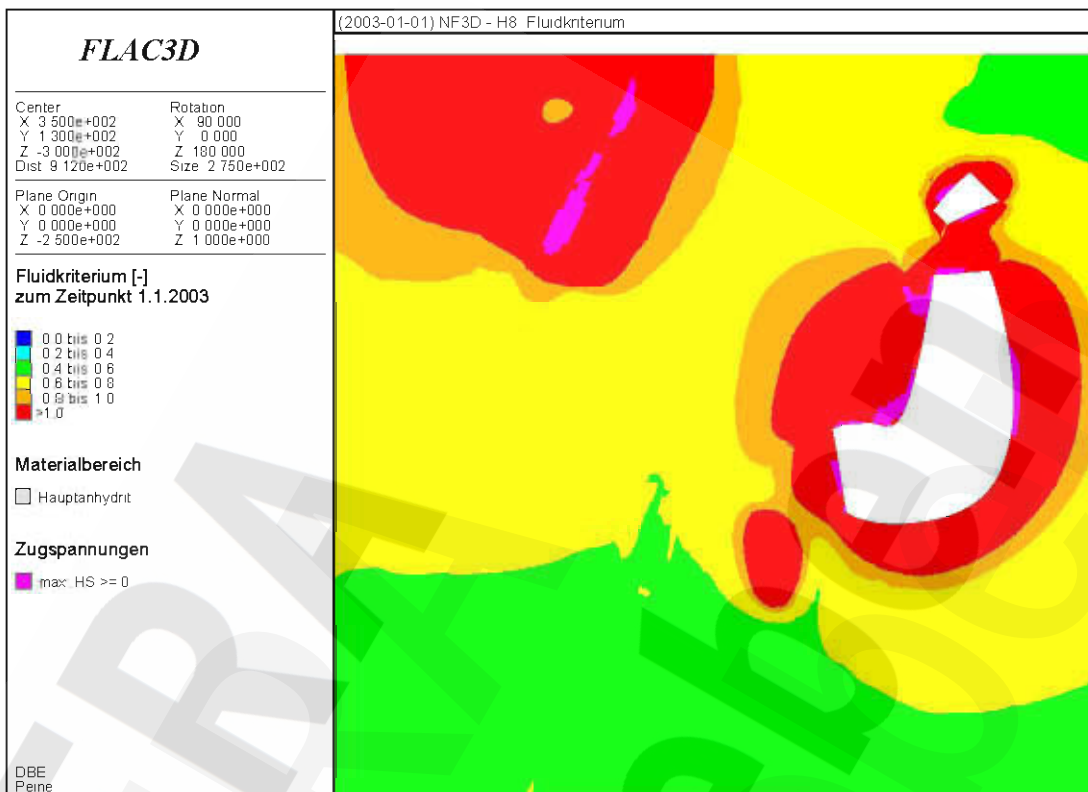
Anhang 63: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, L20)



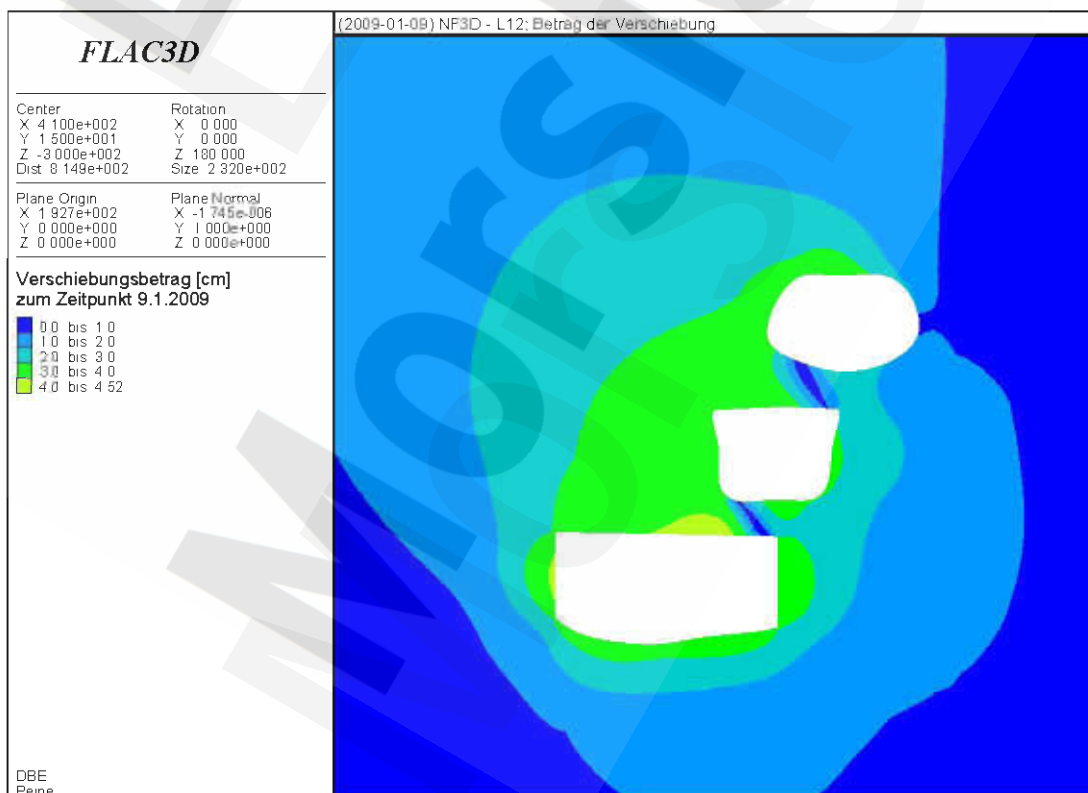
Anhang 64: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, Q13)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 87



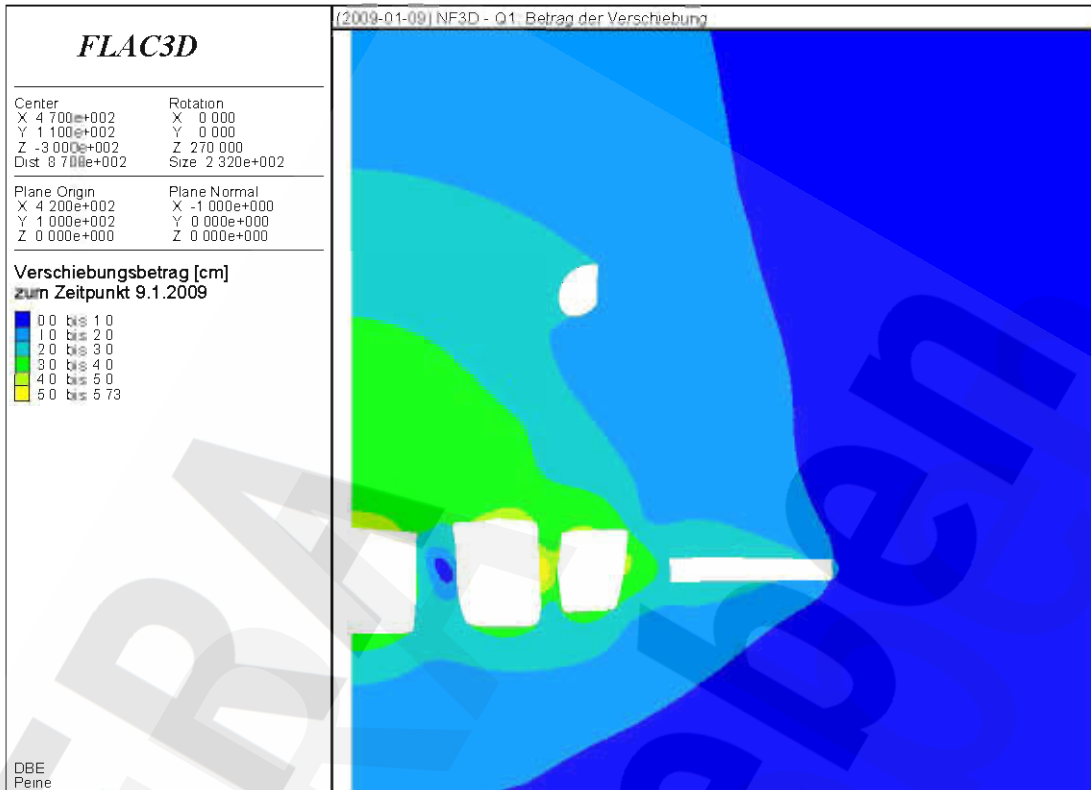
Anhang 65: Fluidkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D, H8)



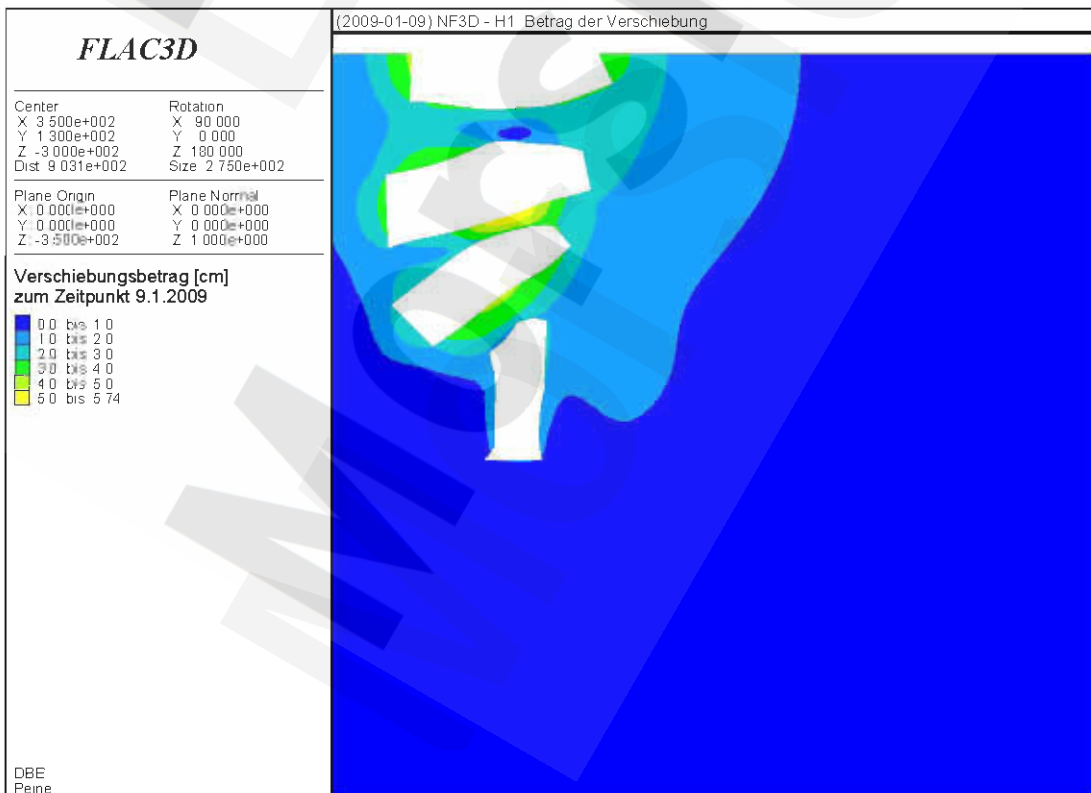
Anhang 66: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 88



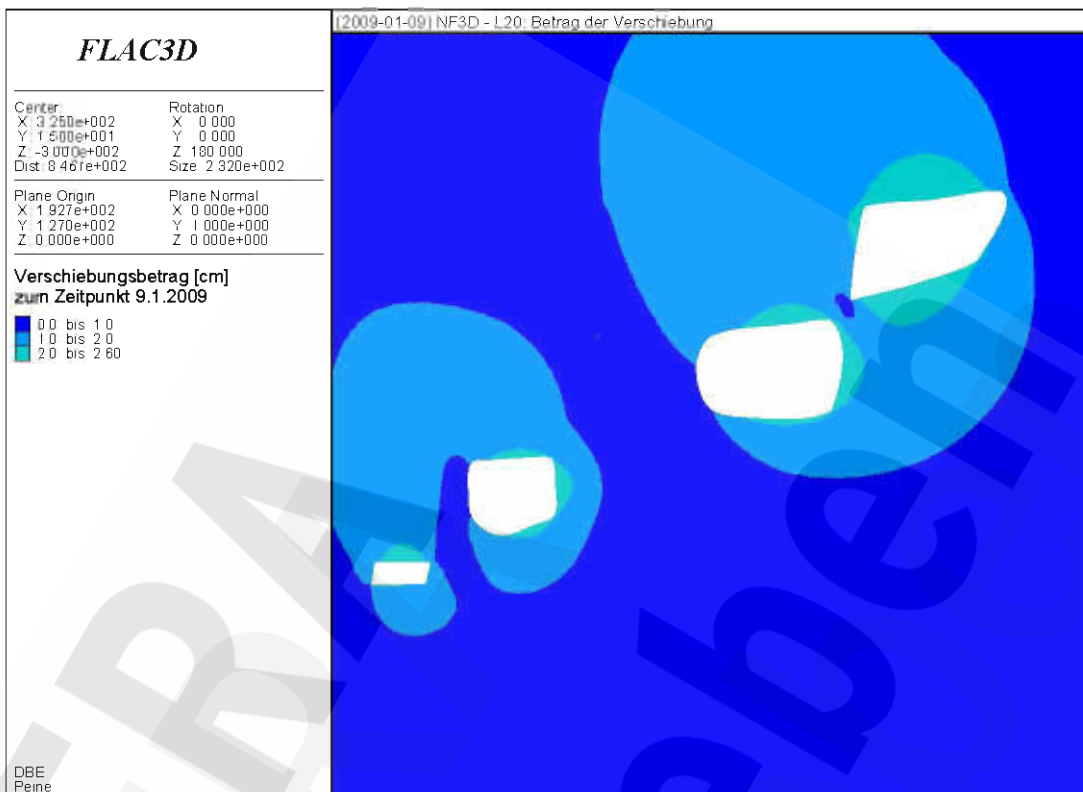
Anhang 67: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, Q1)



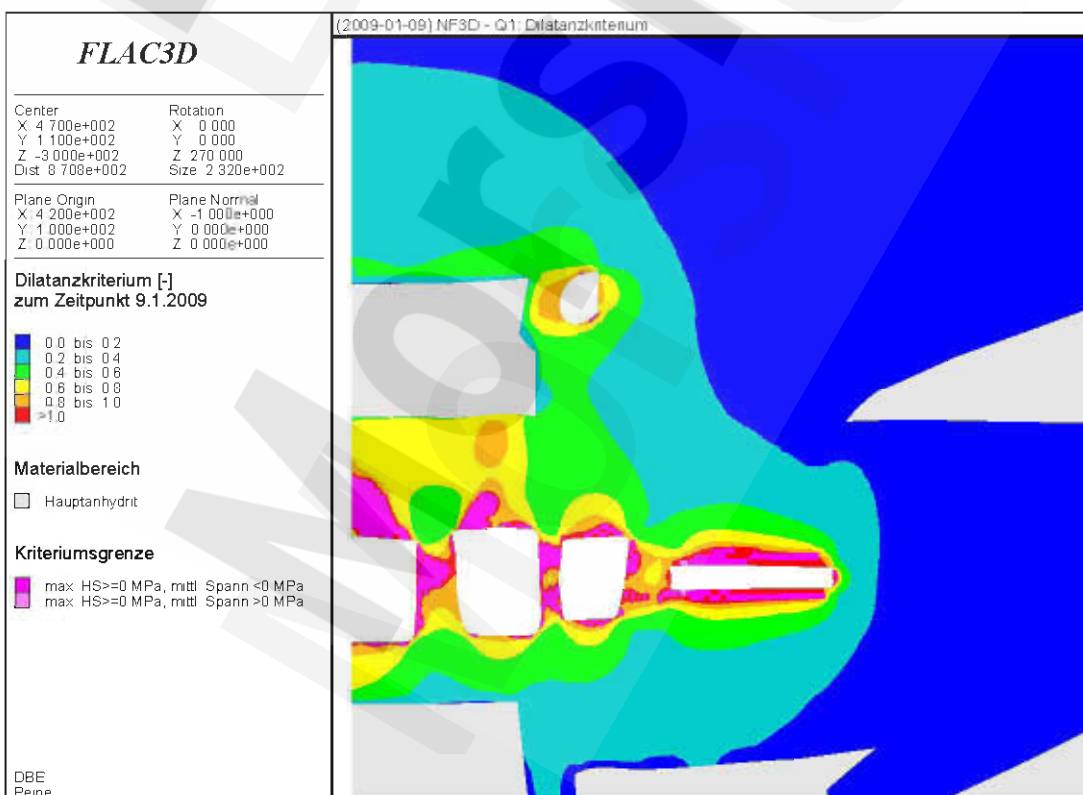
Anhang 68: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, H1)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 89



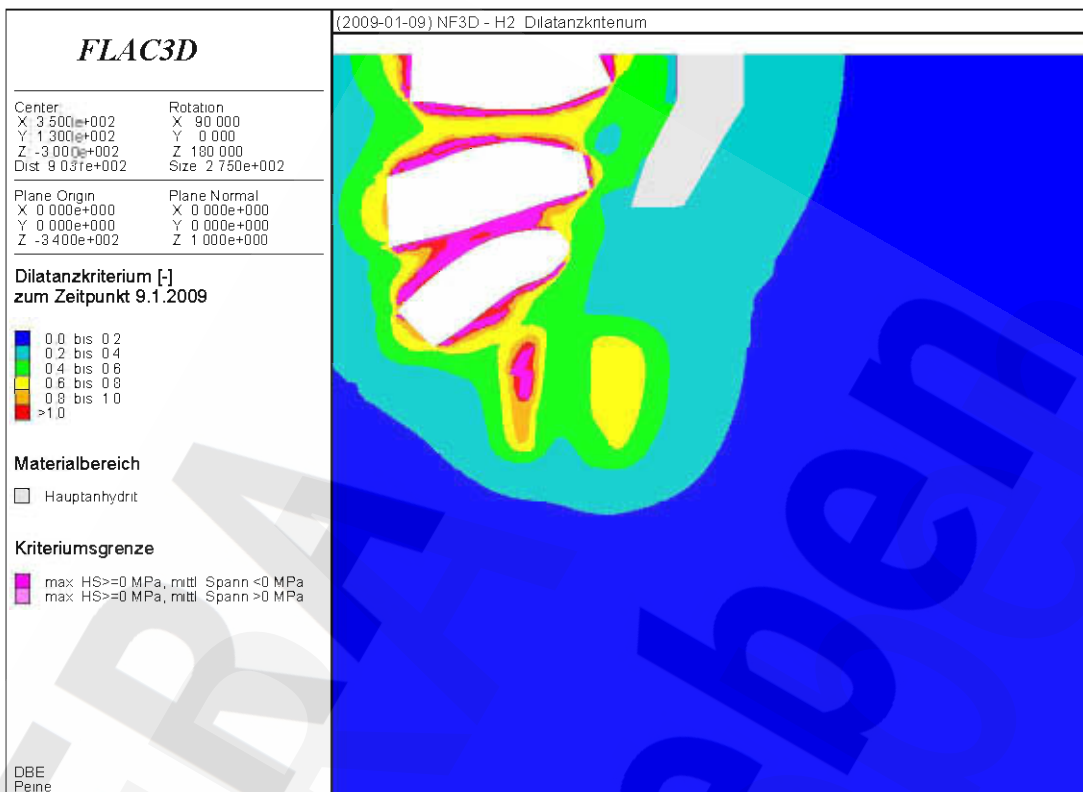
Anhang 69: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, L20)



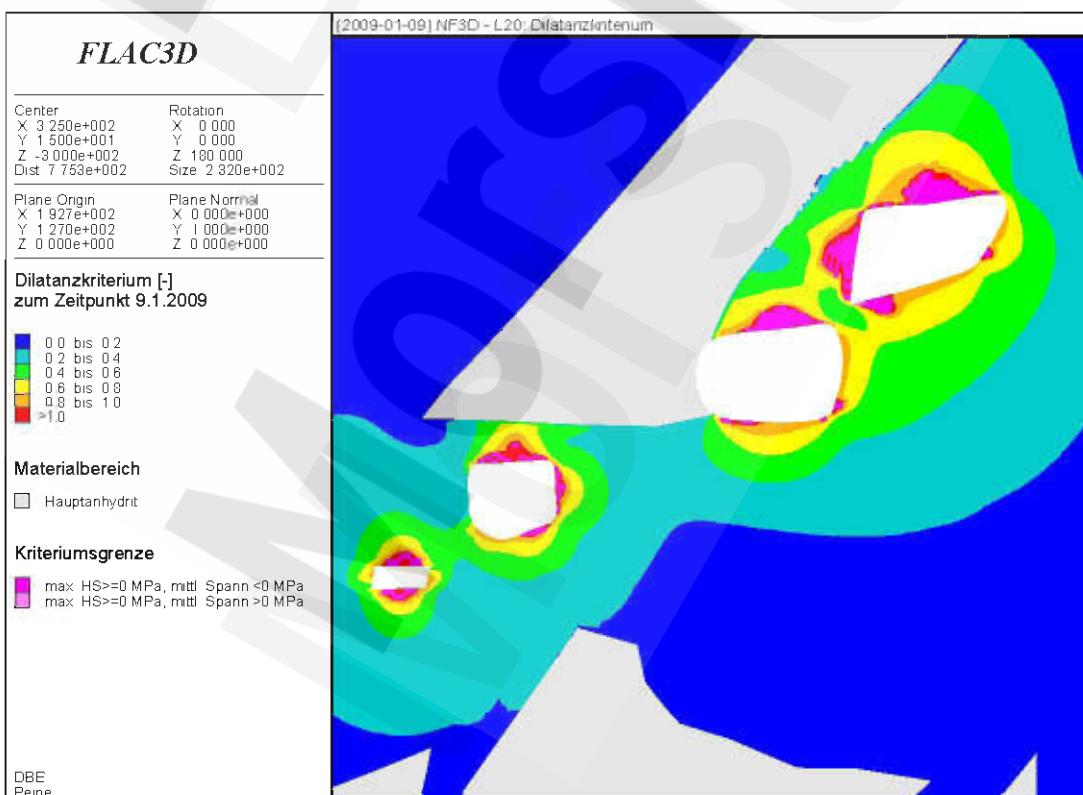
Anhang 70: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, Q1)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 90



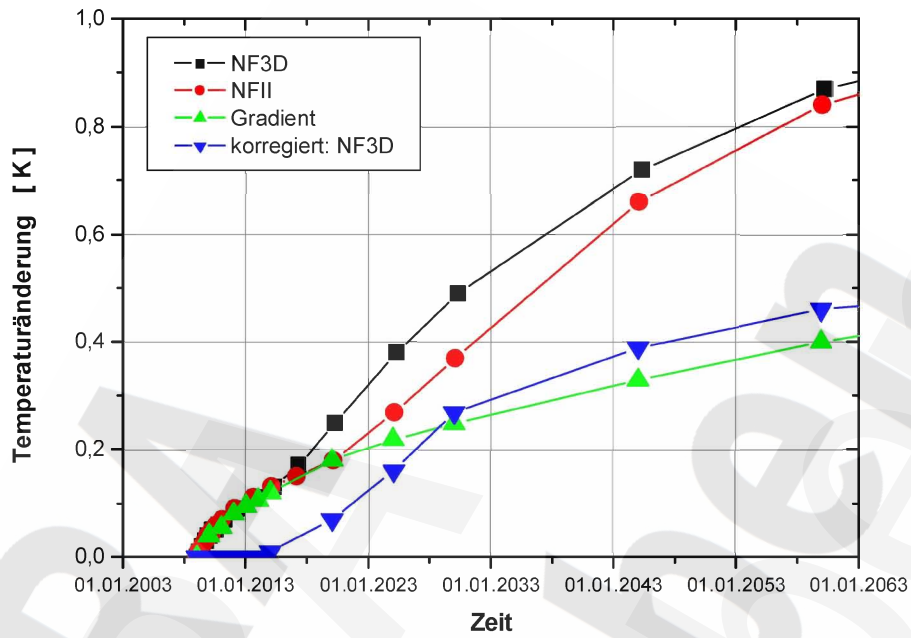
Anhang 71: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, H2)



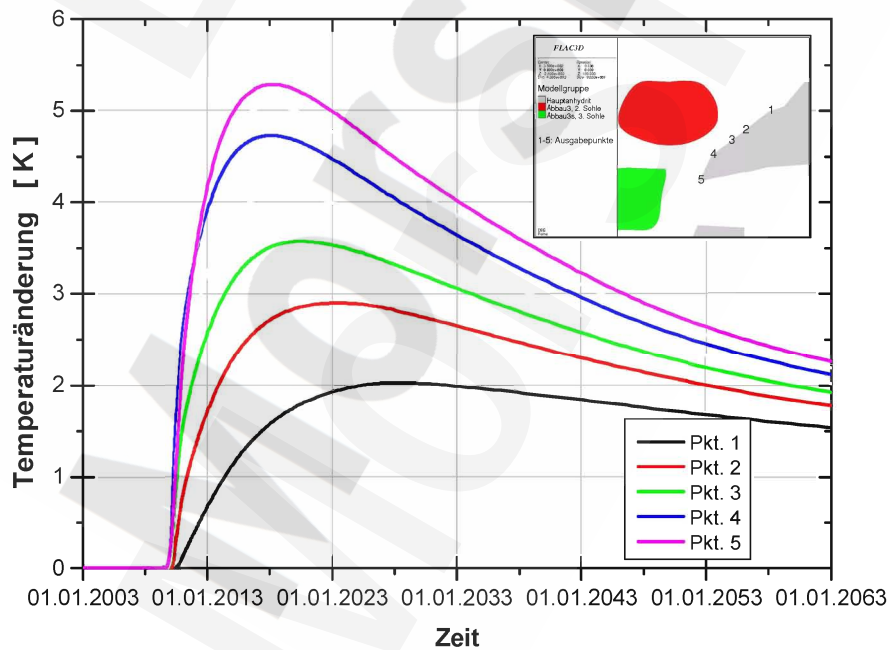
Anhang 72: Dilatanzkriterium [-] zum Zeitpunkt 01/2009, unmittelbar vor Beginn der Verfüllmaßnahmen (NF3D, L20)

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021				GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 91



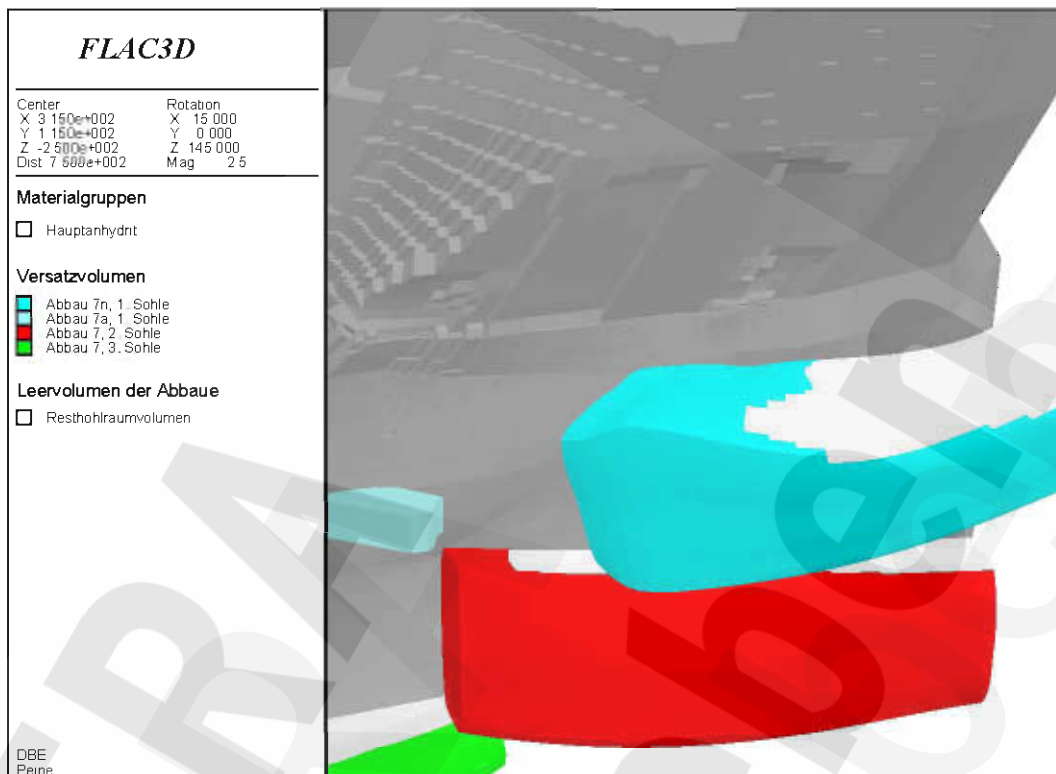
Anhang 73: Maximale rechnerische Temperaturänderung [K] am Salzspiegel in Abhängigkeit von der Zeit seit Beginn der Verfüllmaßnahmen



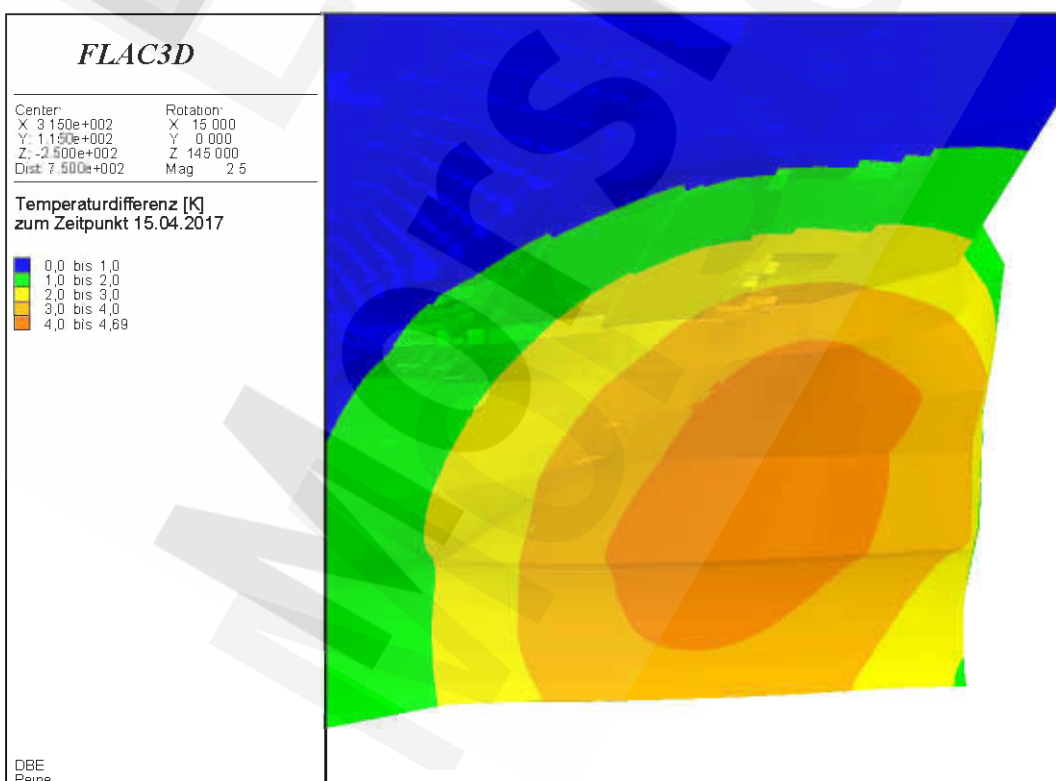
Anhang 74: Maximale rechnerische Temperaturänderung [K] in Abhängigkeit von der Zeit für Punkte an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 3 (NF3D, L12)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 92



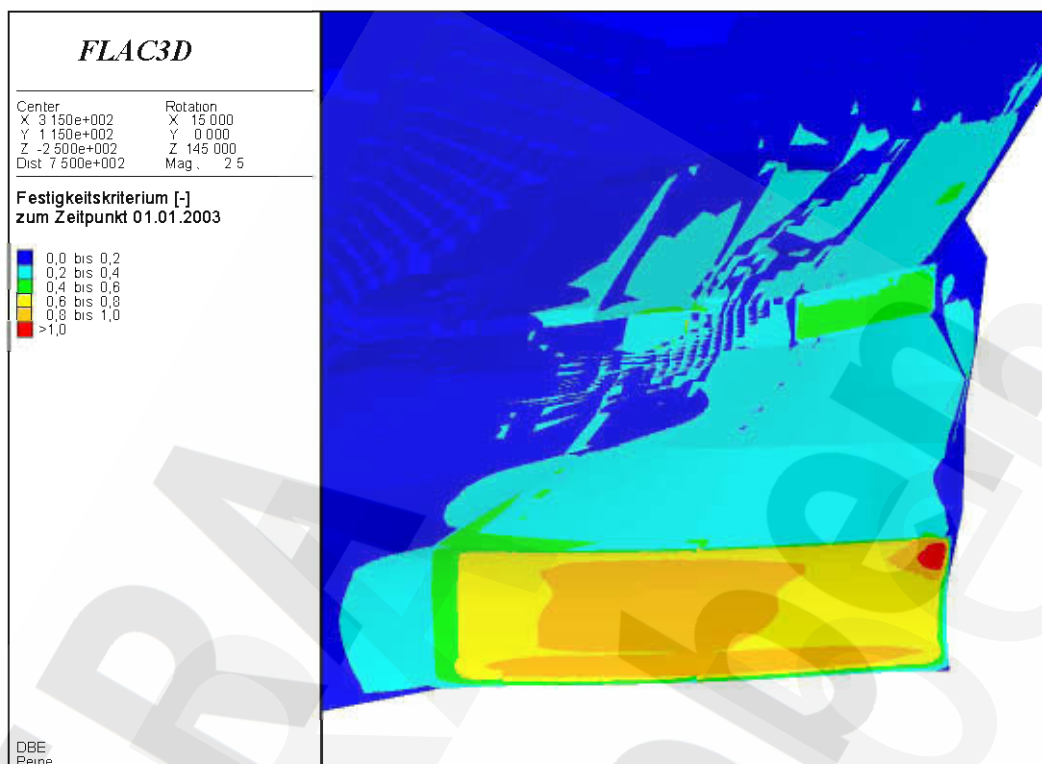
Anhang 75: Geometrische Anordnung der oberen Steinsalzabbaue der Abbaureihe 7 gegenüber der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat (NF3D)



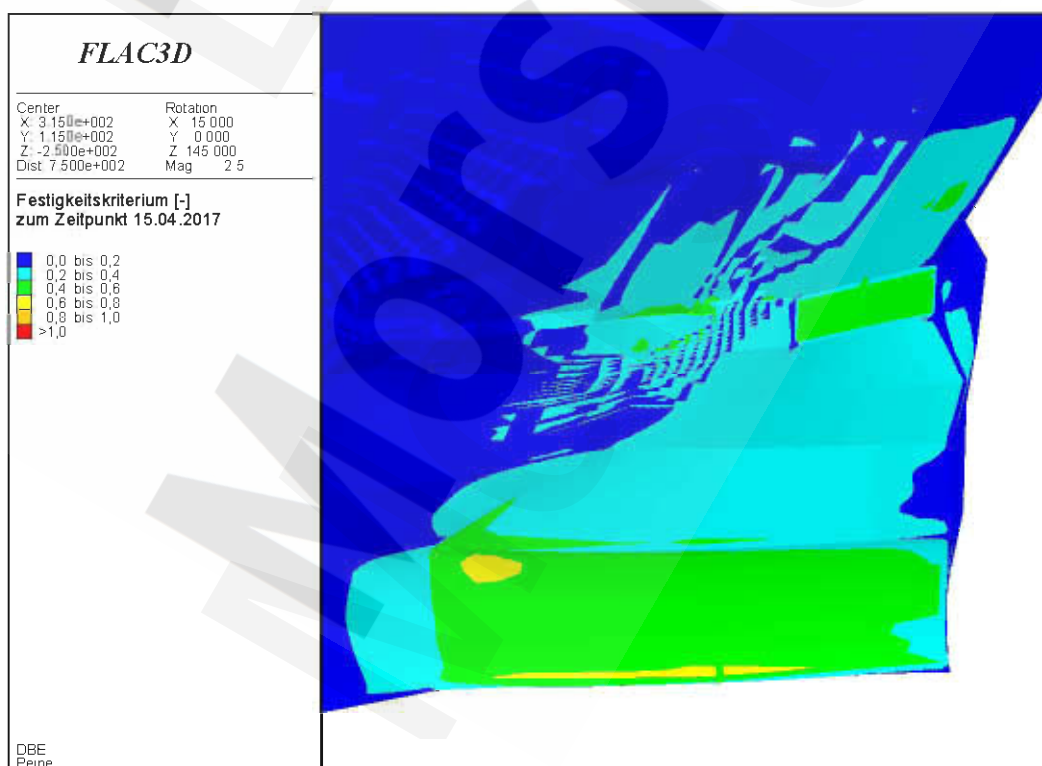
Anhang 76: Temperaturänderung [K] an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 ca. 7 Jahre nach Abschluss der Verfüllung zum Zeitpunkt 04/2017 (NF3D)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 93



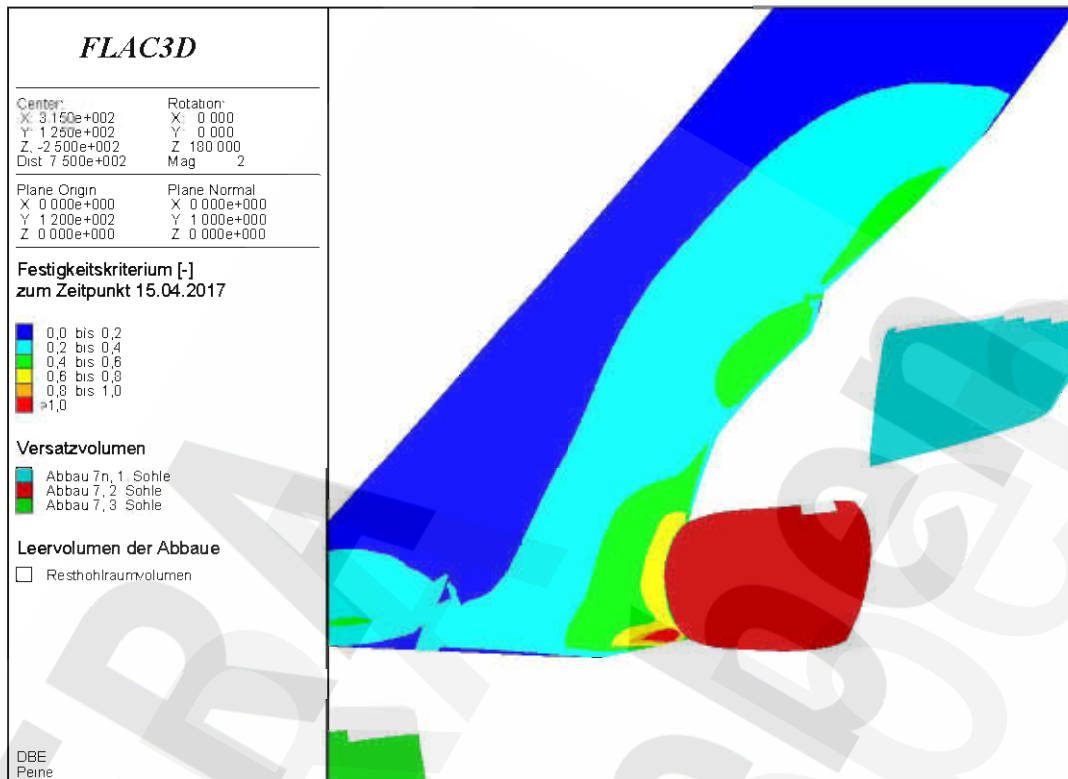
Anhang 77: Festigkeitskriterium [-] an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 zum Zeitpunkt 01/2003 (NF3D)



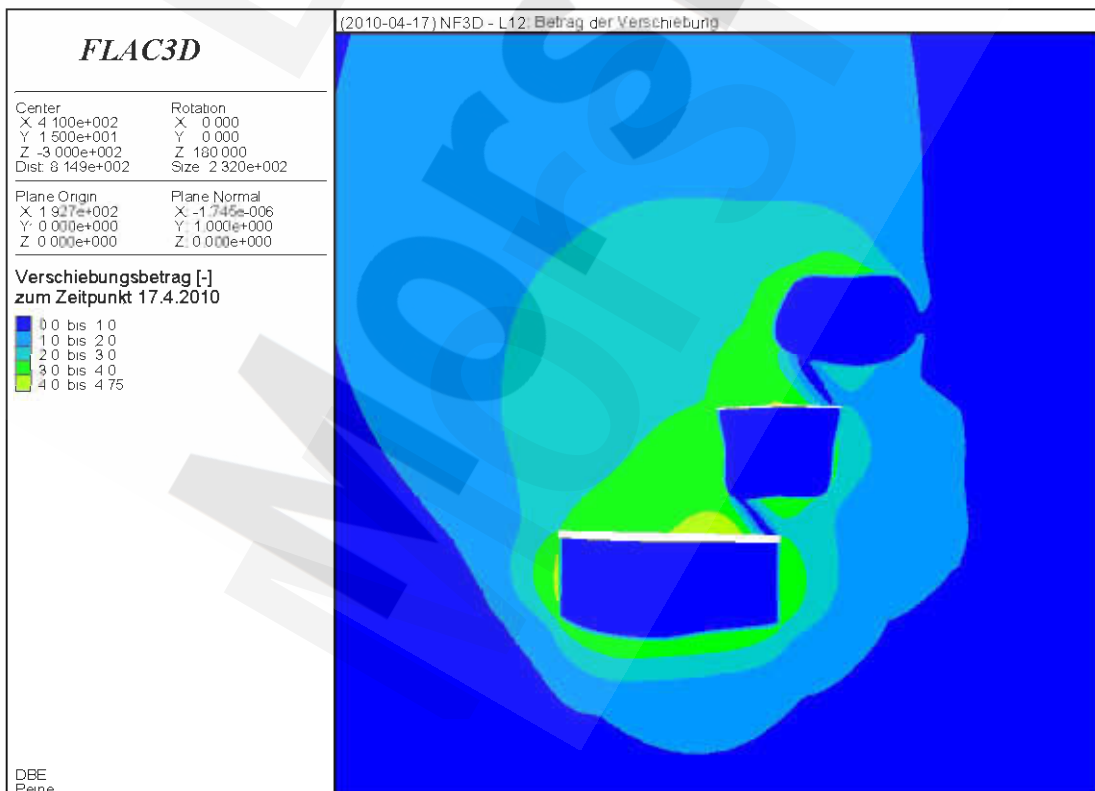
Anhang 78: Festigkeitskriterium [-] an der Kontur der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 ca. 7 Jahre nach Abschluss der Verfüllung zum Zeitpunkt 04/2017 (NF3D)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 94



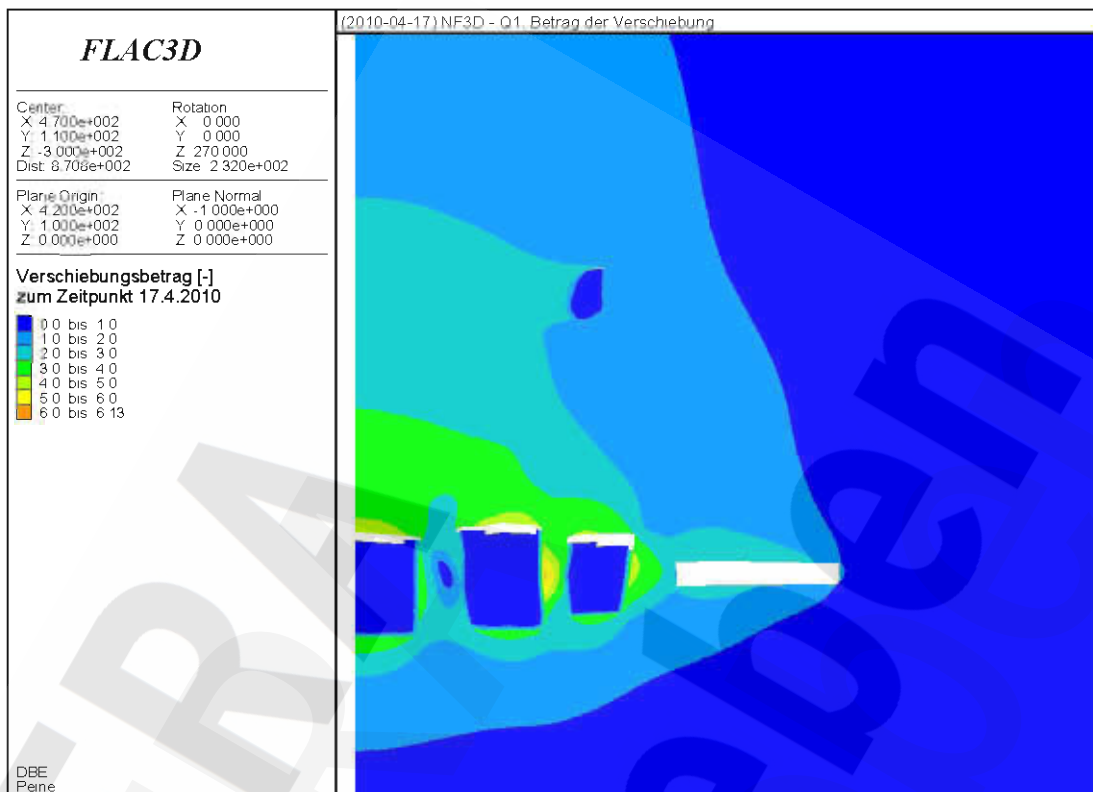
Anhang 79: Festigkeitskriterium [-] in der Hauptanhydritscholle, die Anschluss an das Deckgebirge hat, im Bereich der Abbaureihe 7 ca. 7 Jahre nach Abschluss der Verfüllung zum Zeitpunkt 04/2017 (NF3D, L19)



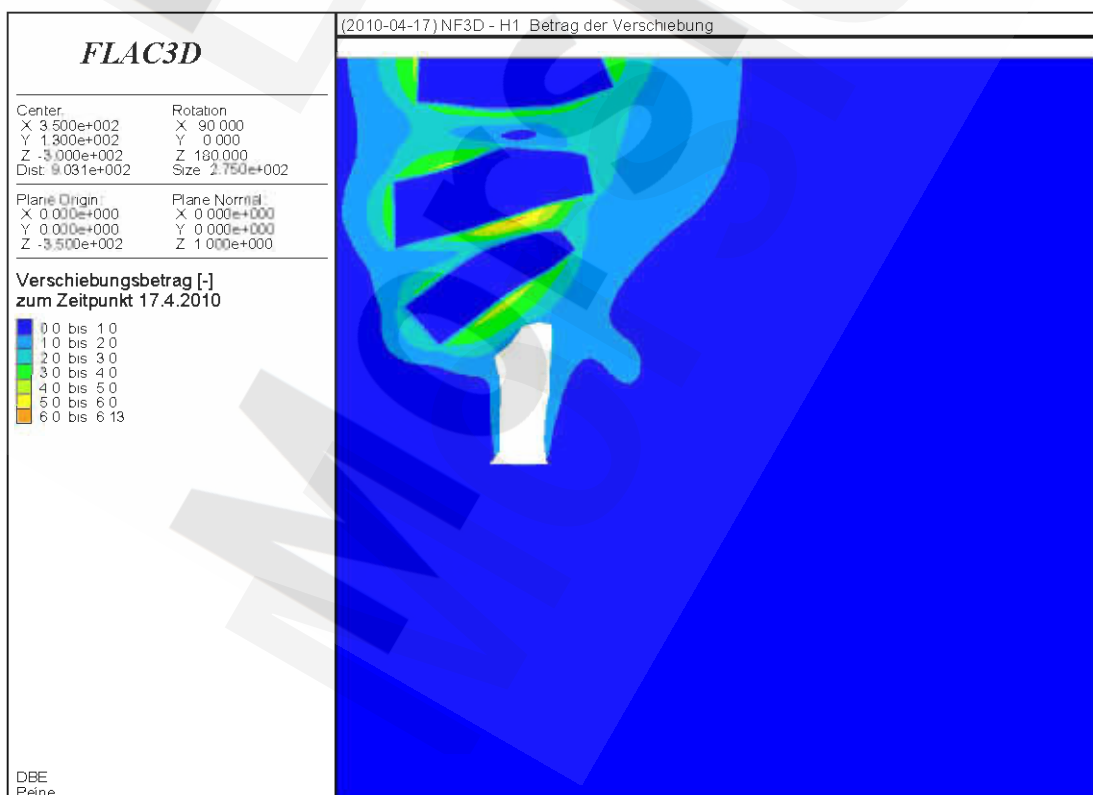
Anhang 80: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 95



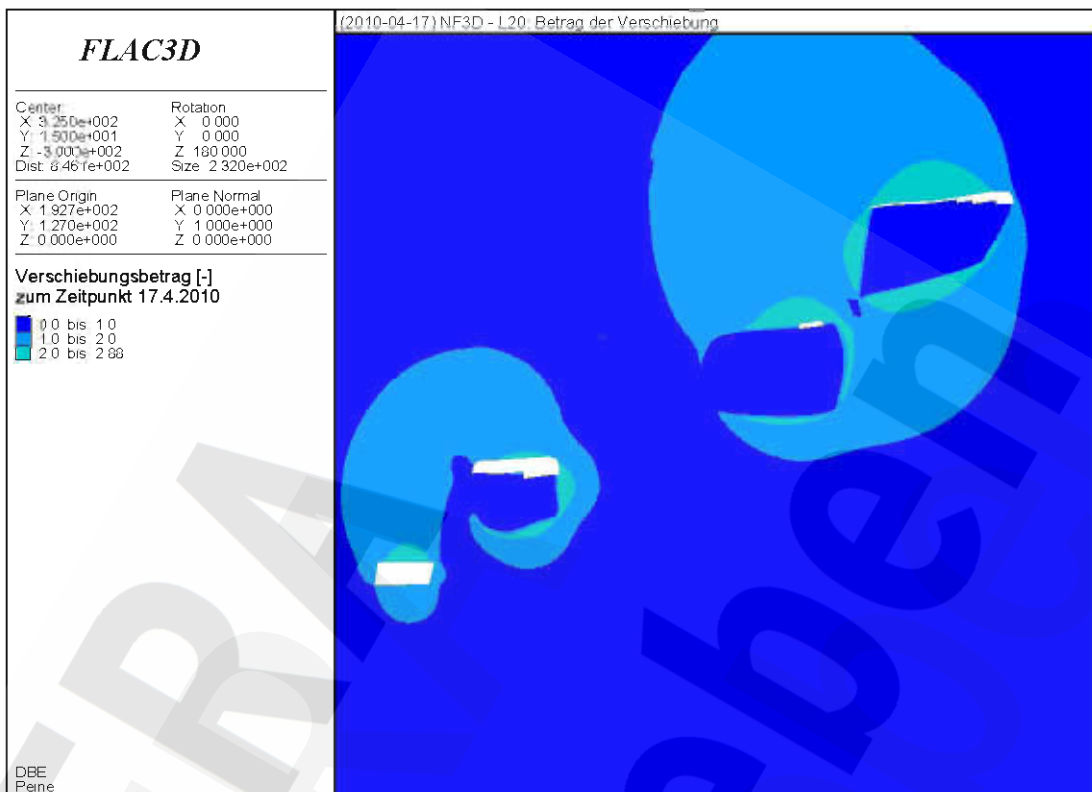
Anhang 81: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



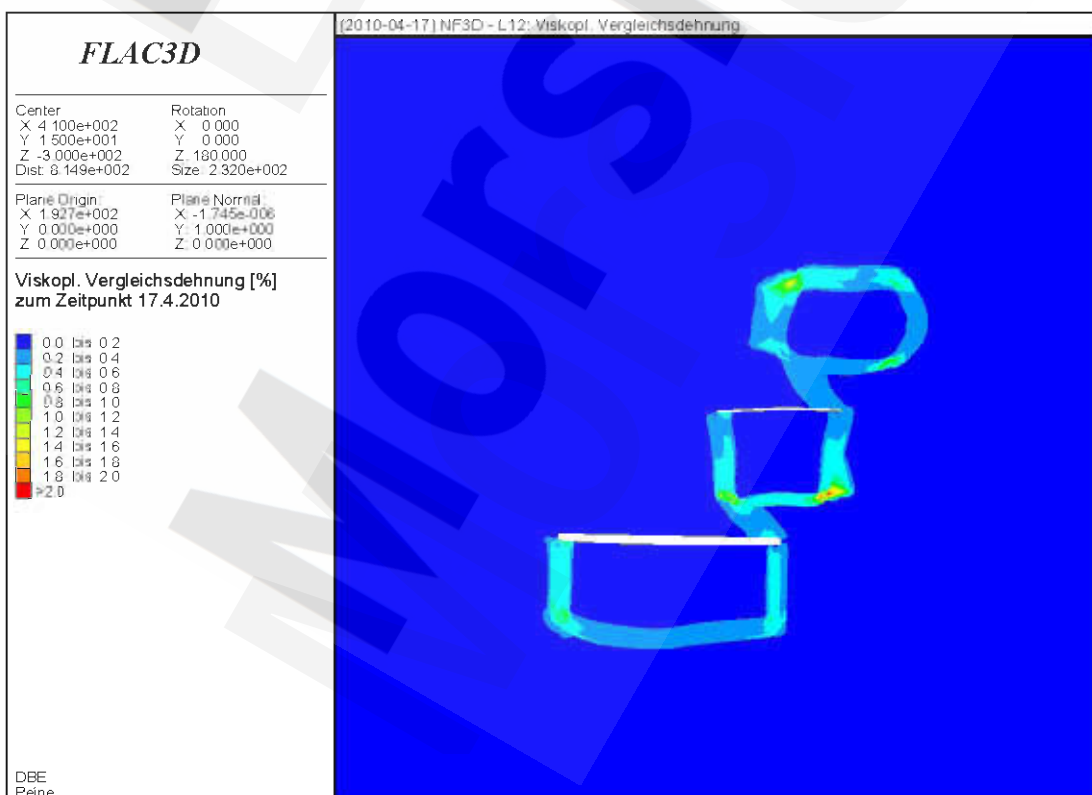
Anhang 82: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H1)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 96



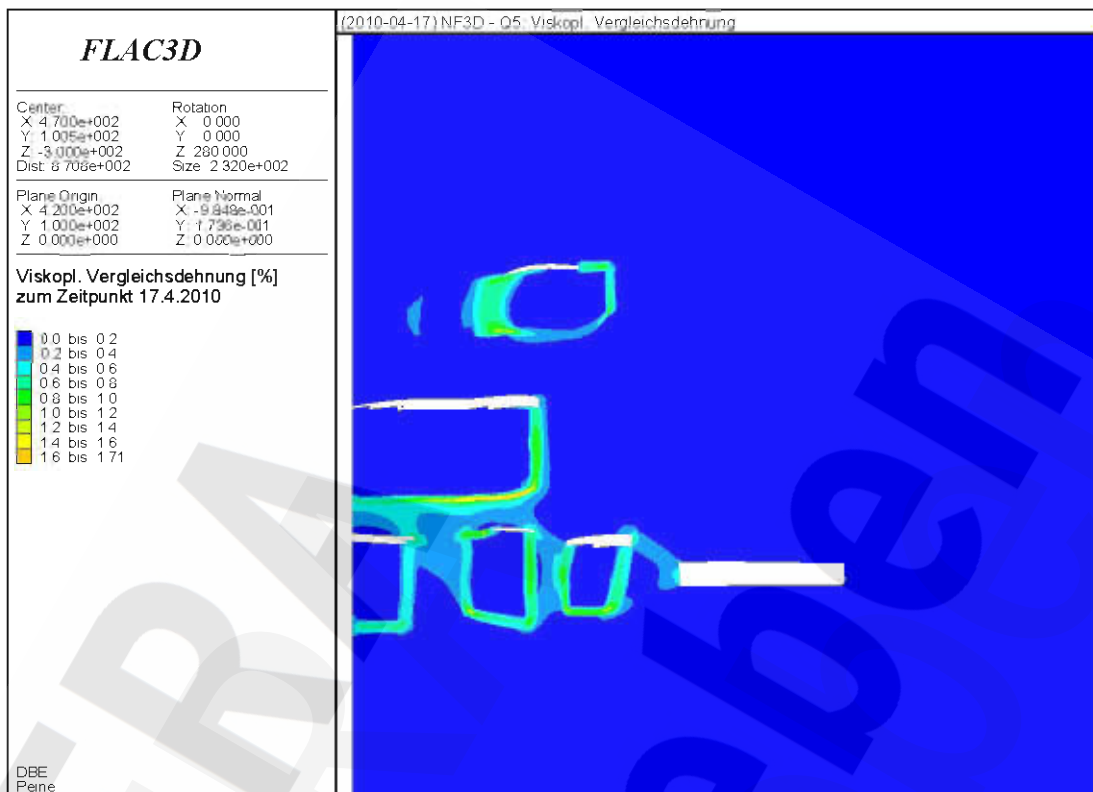
Anhang 83: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



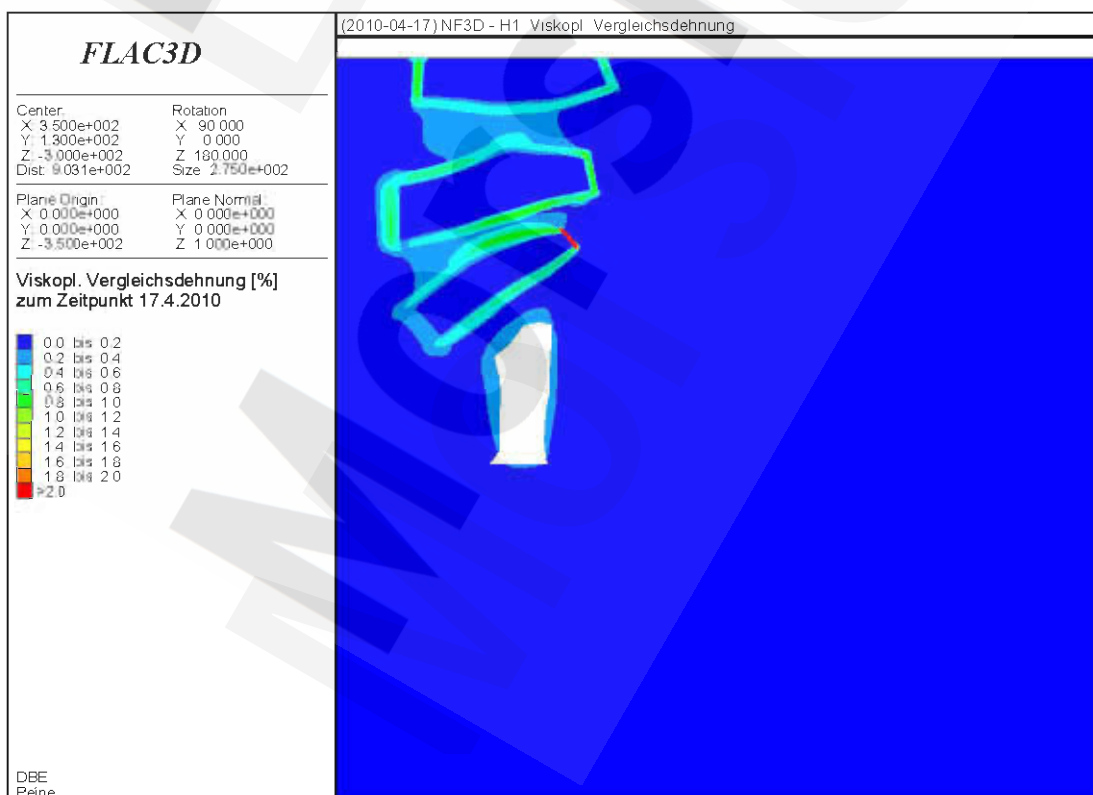
Anhang 84: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L10)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 97



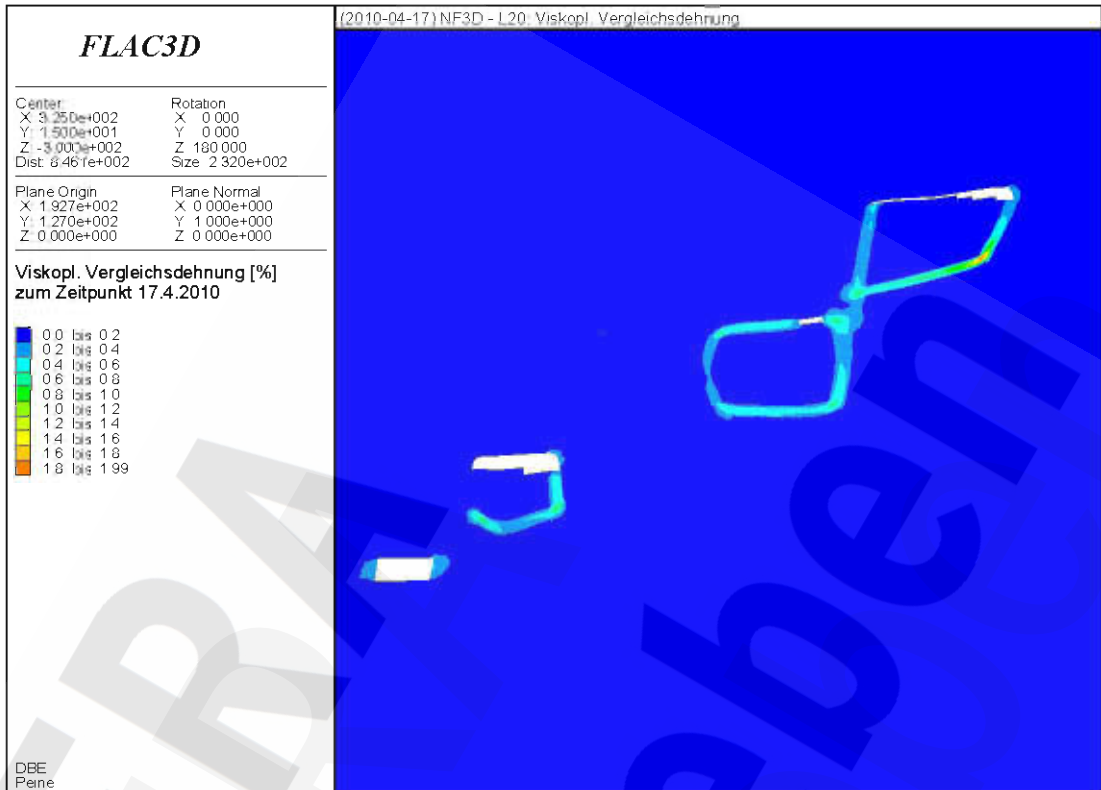
Anhang 85: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q5)



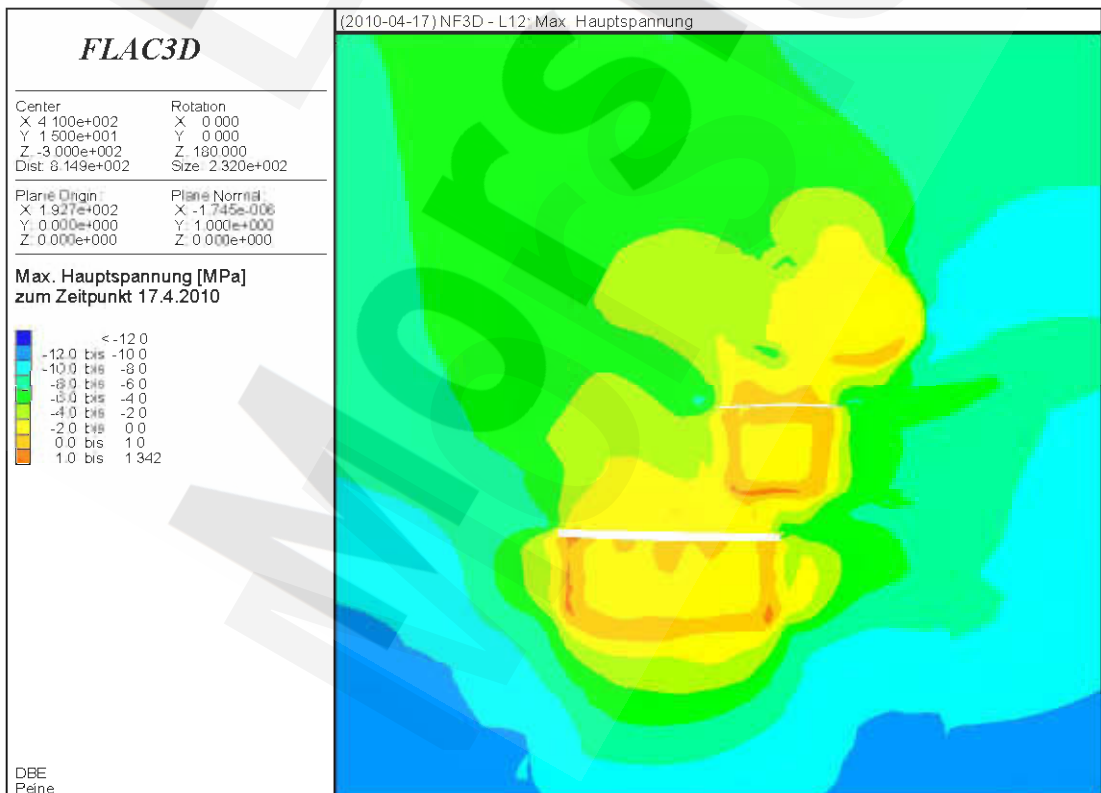
Anhang 86: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H1)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 98



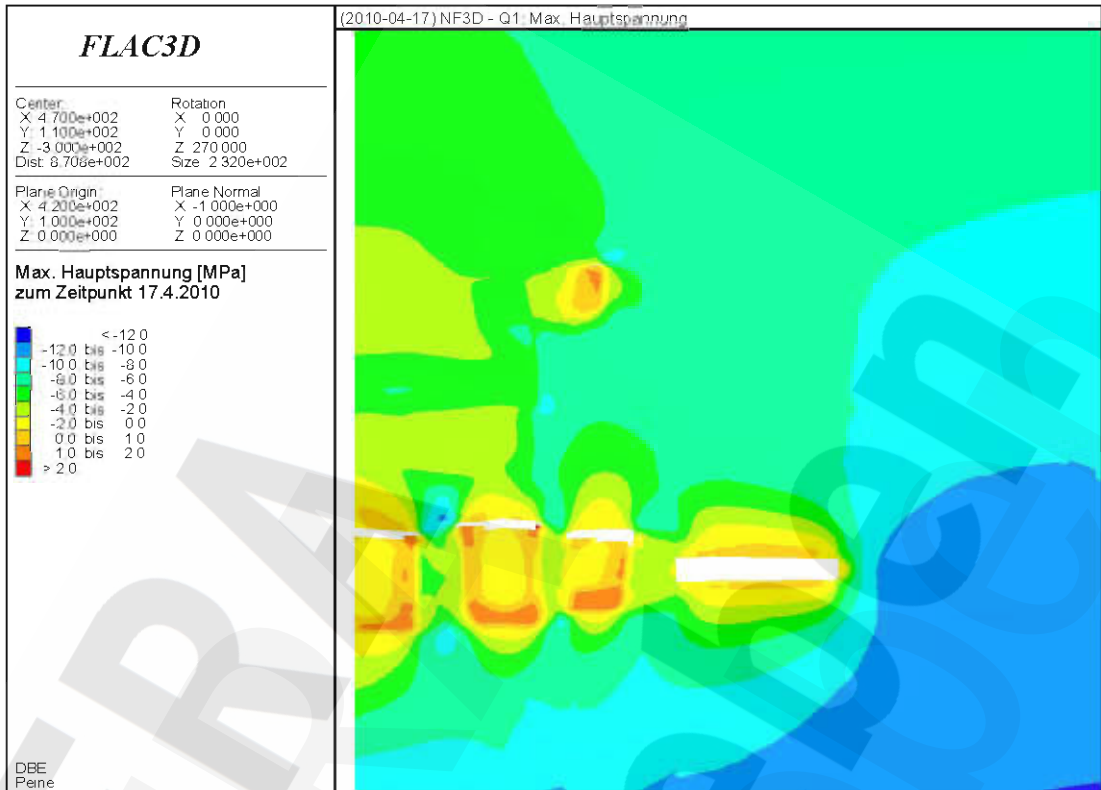
Anhang 87: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



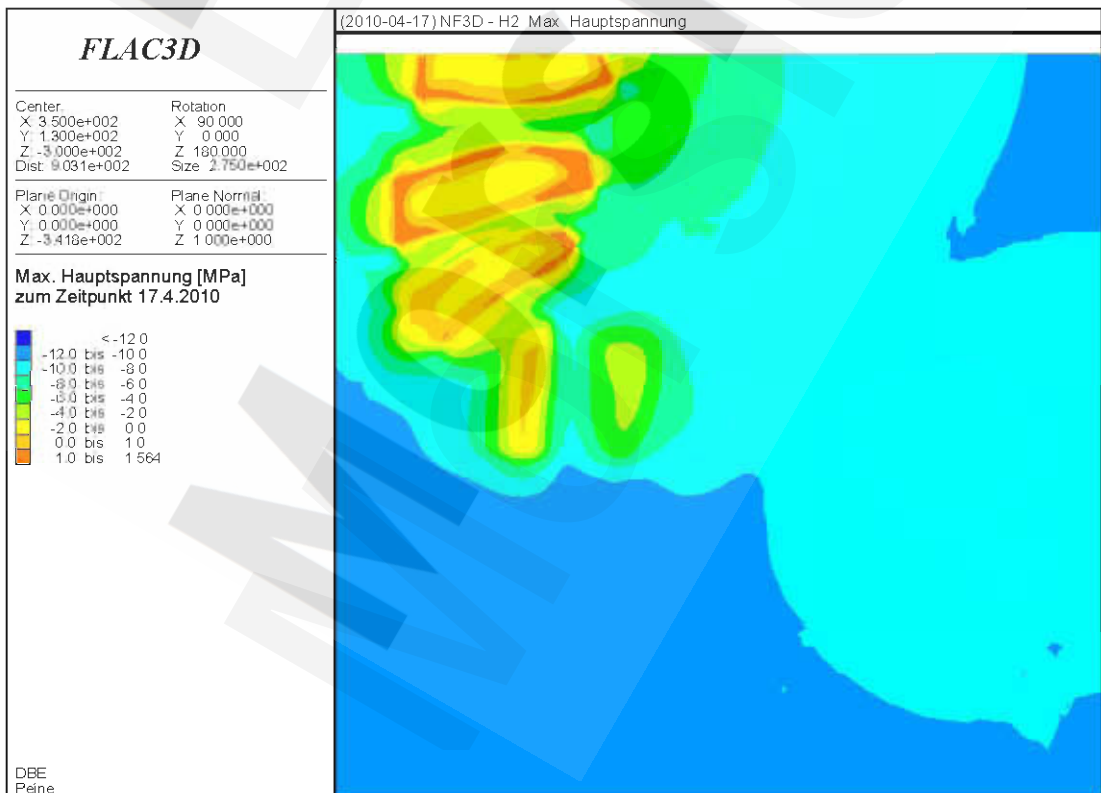
Anhang 88: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 99



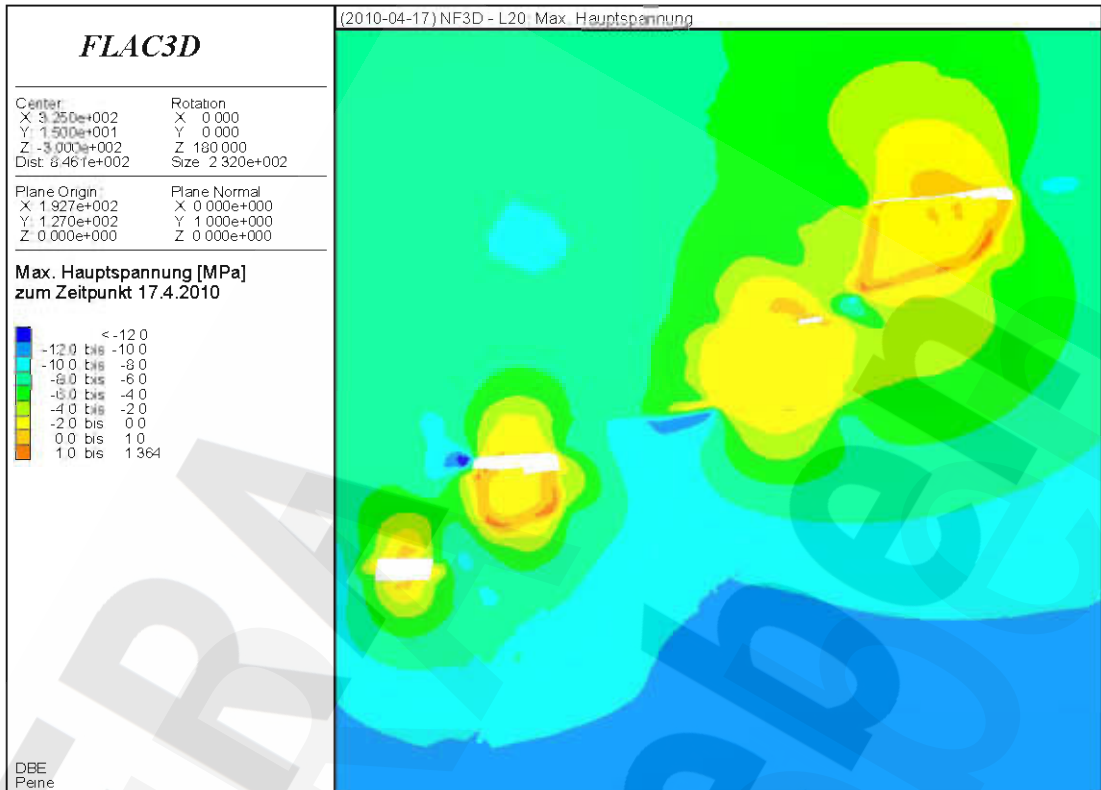
Anhang 89: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



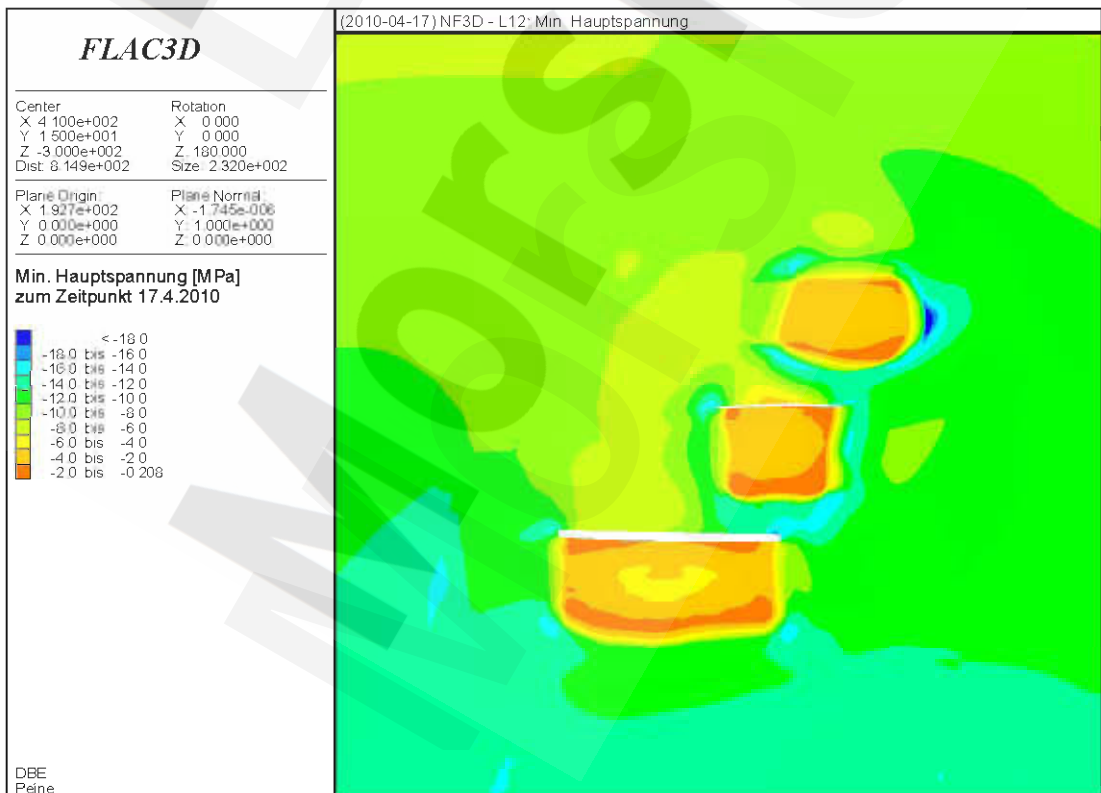
Anhang 90: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 100



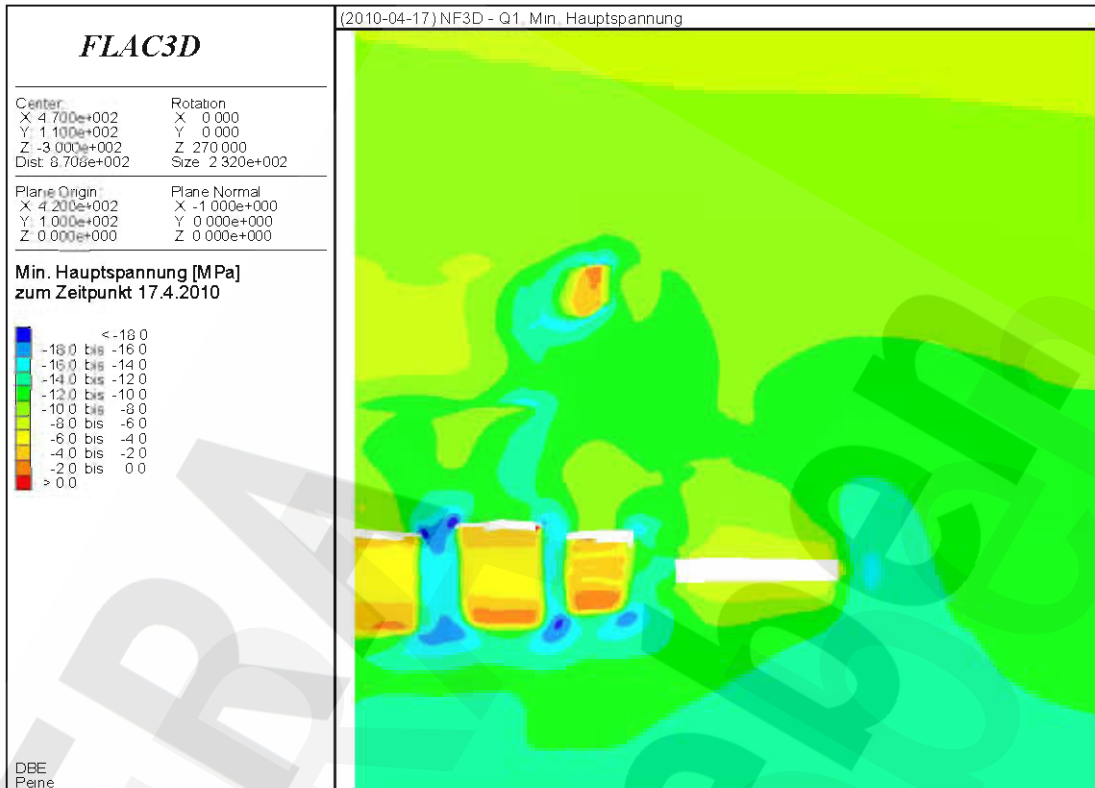
Anhang 91: Maximale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



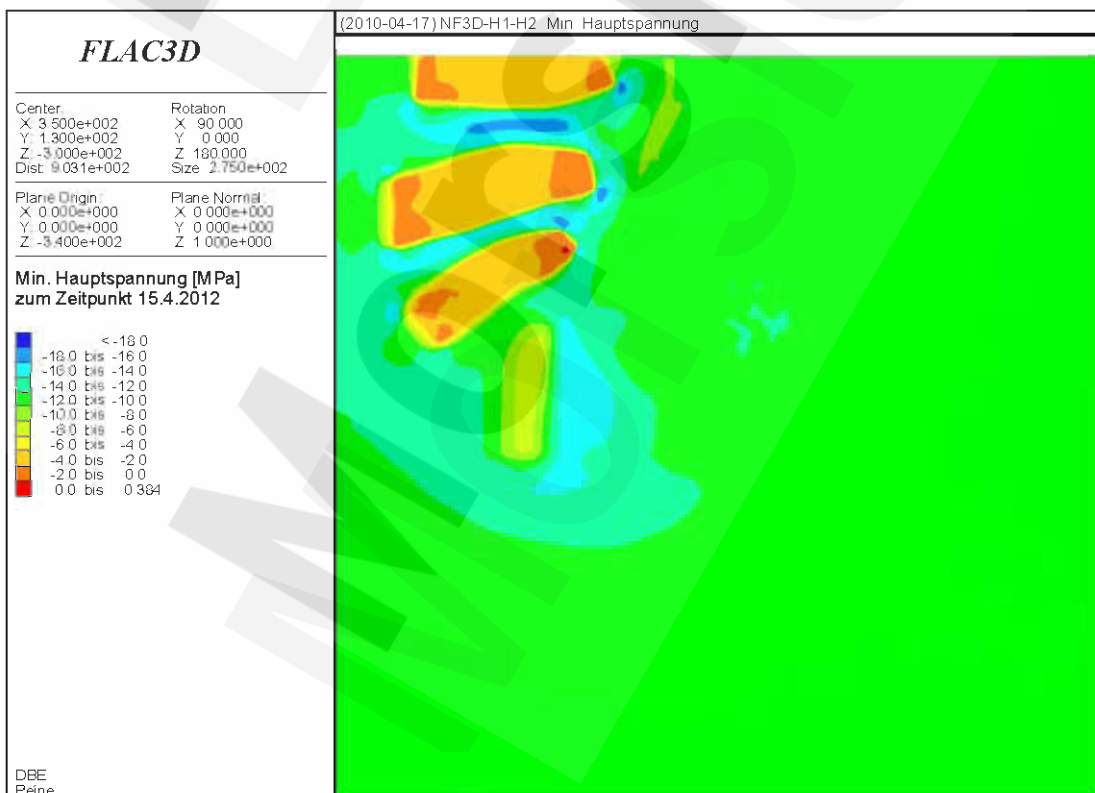
Anhang 92: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 101



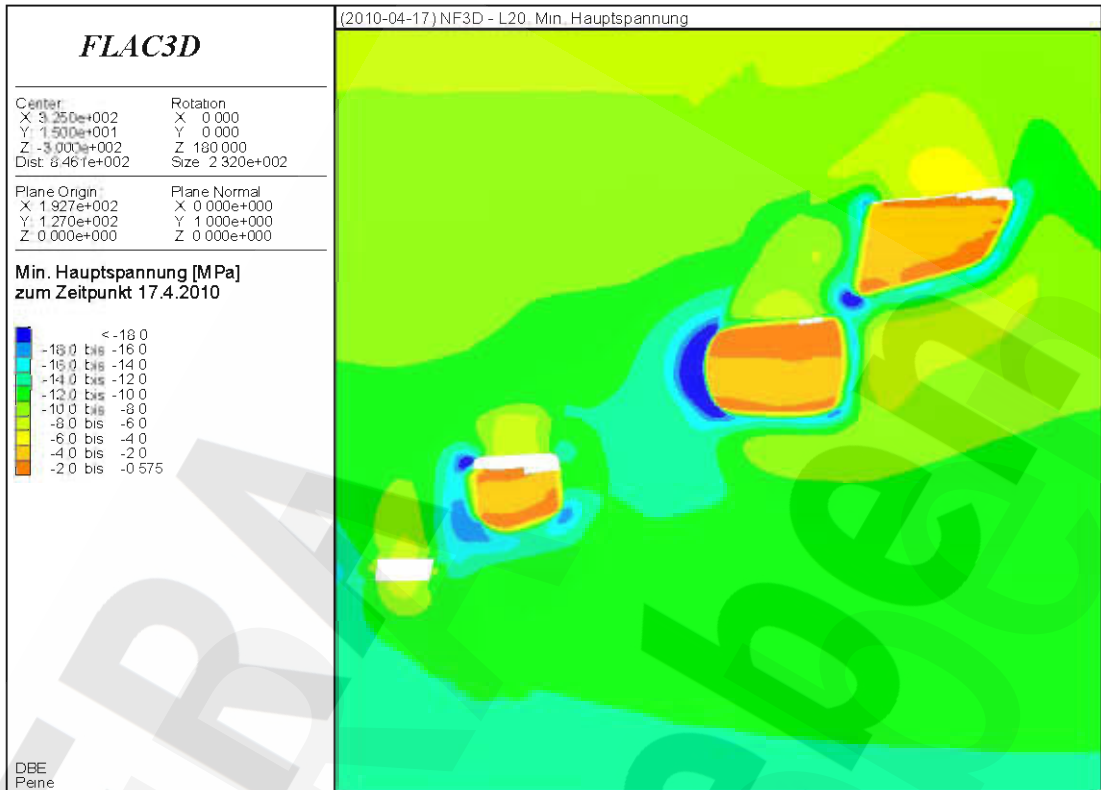
Anhang 93: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



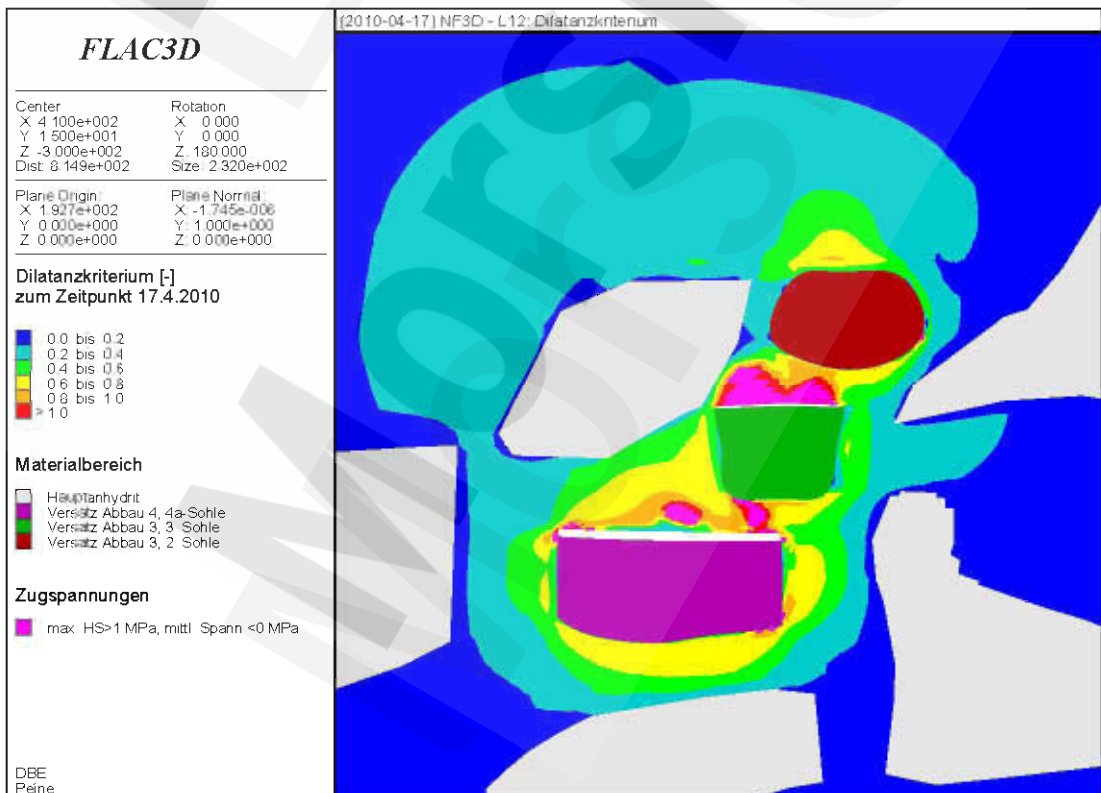
Anhang 94: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021				GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 102



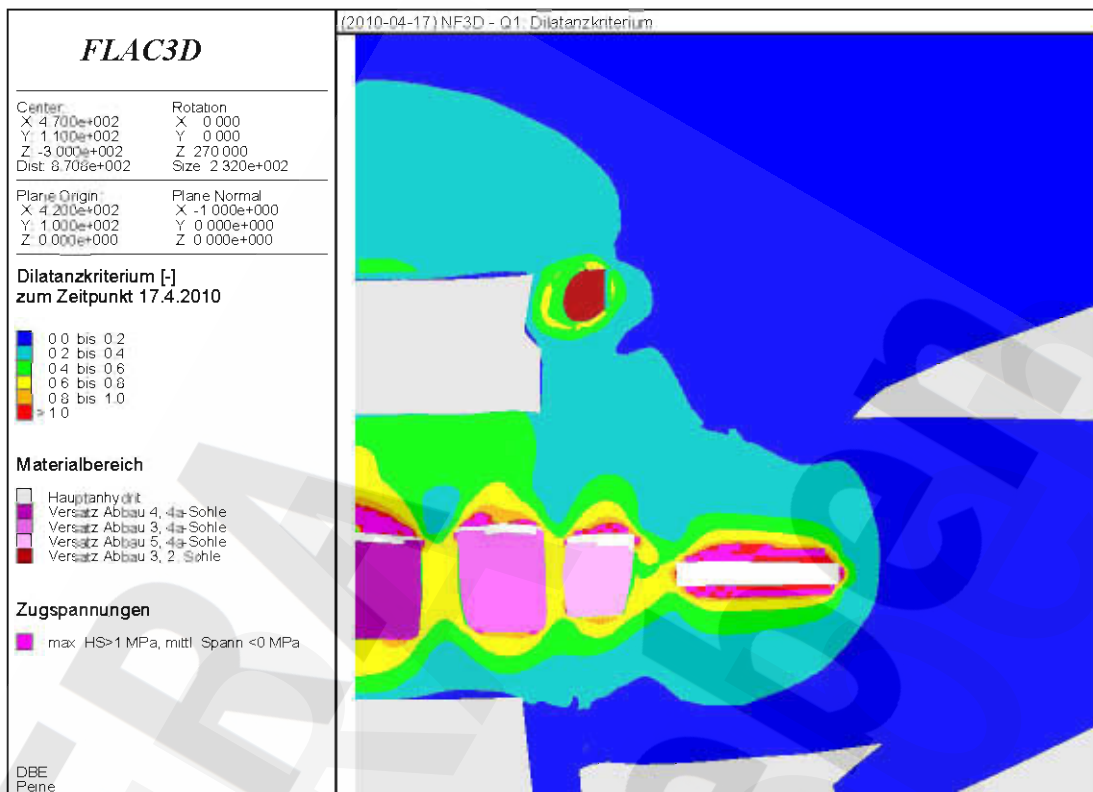
Anhang 95: Minimale Hauptspannung [MPa] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L20)



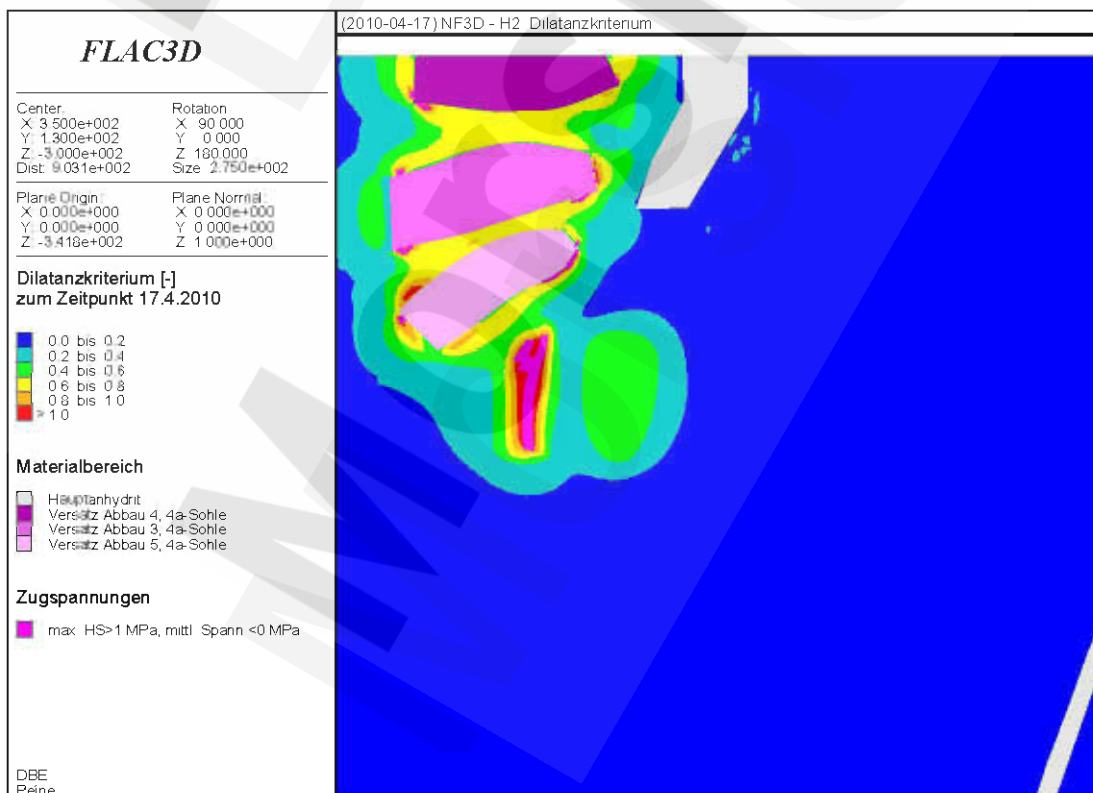
Anhang 96: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 103



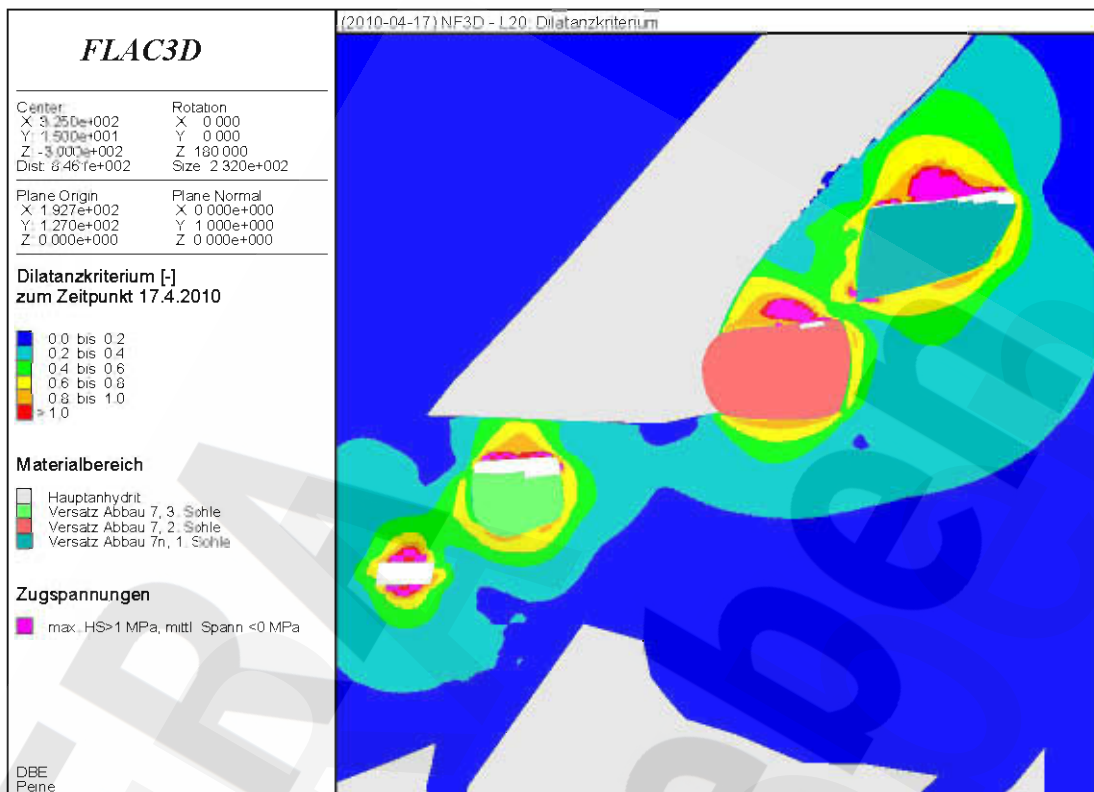
Anhang 97: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, Q1)



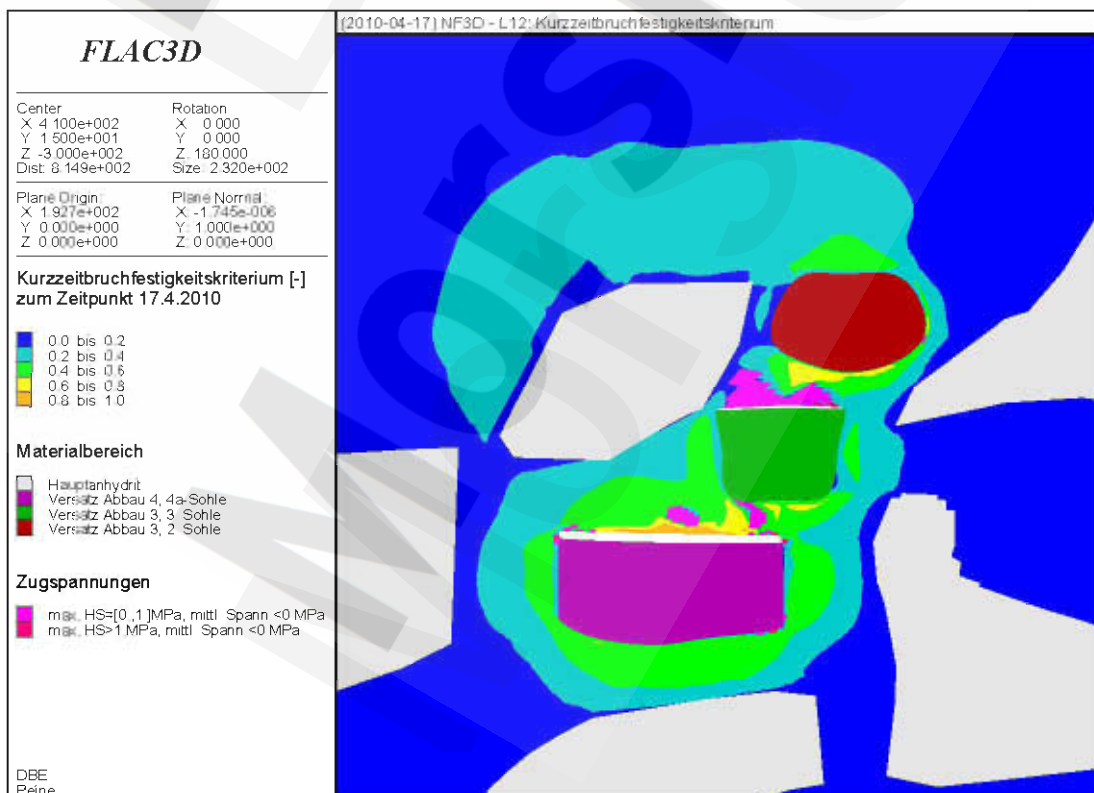
Anhang 98: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 104



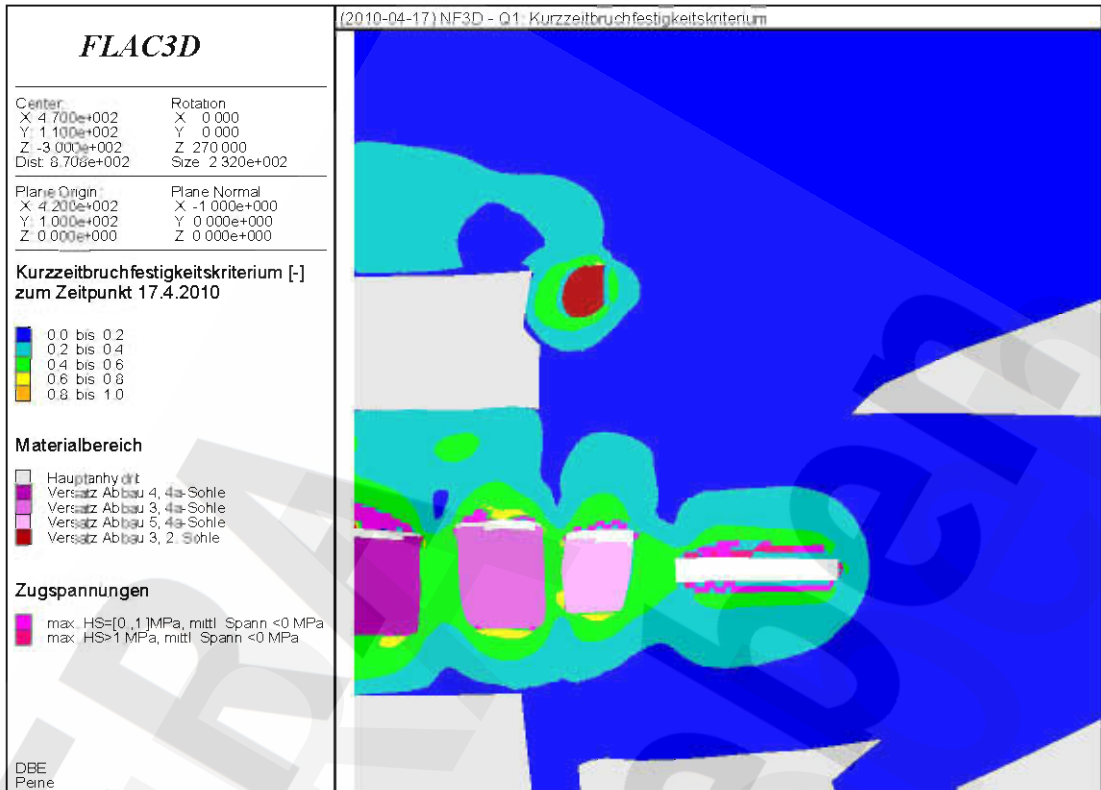
Anhang 99: Dilatanzkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



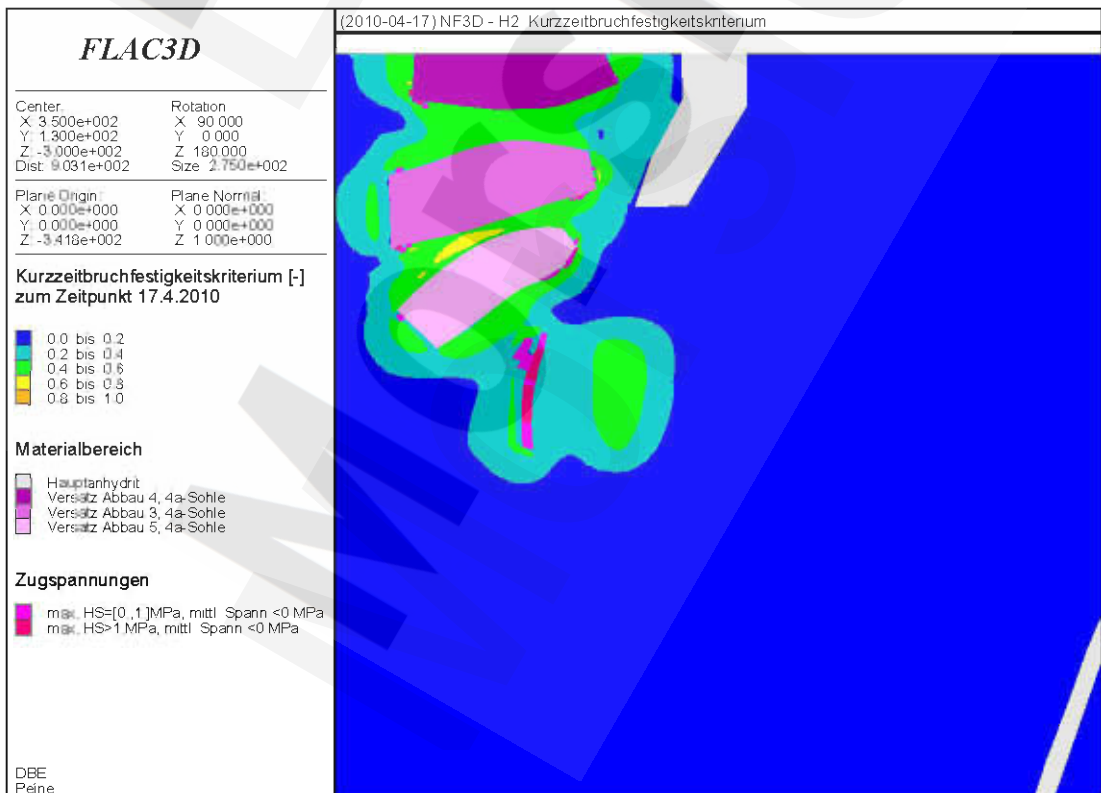
Anhang 100: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 105



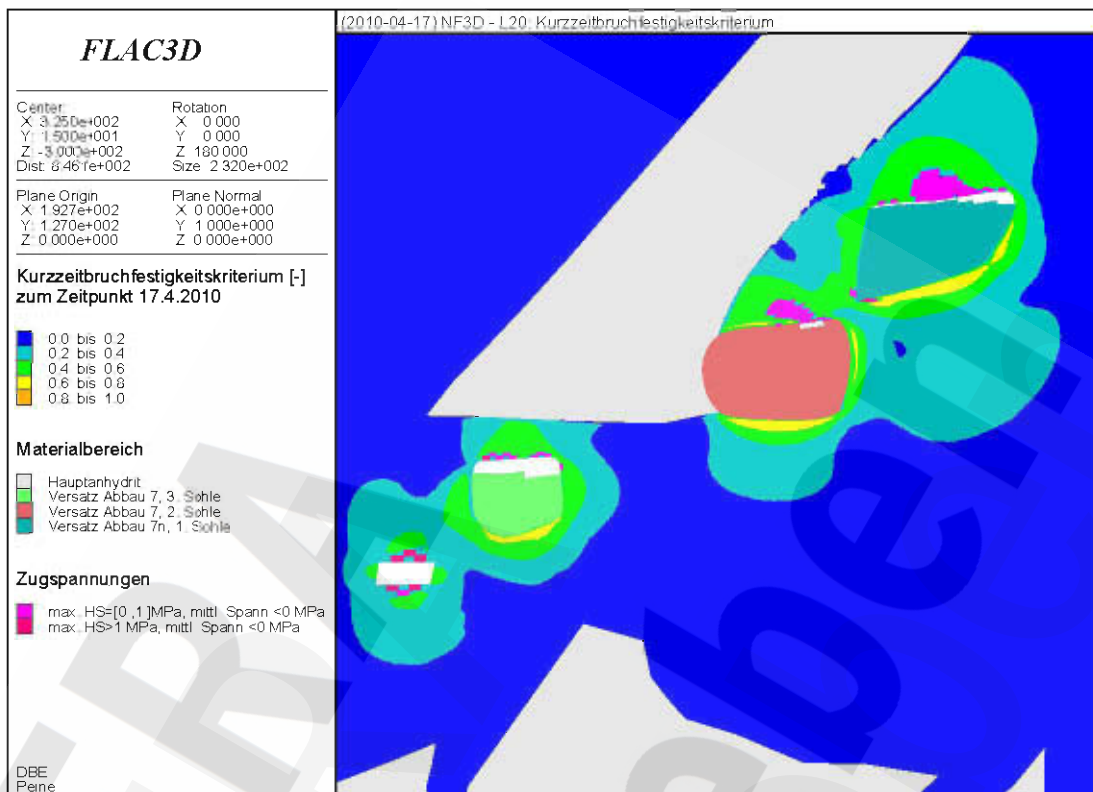
Anhang 101: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, Q1)



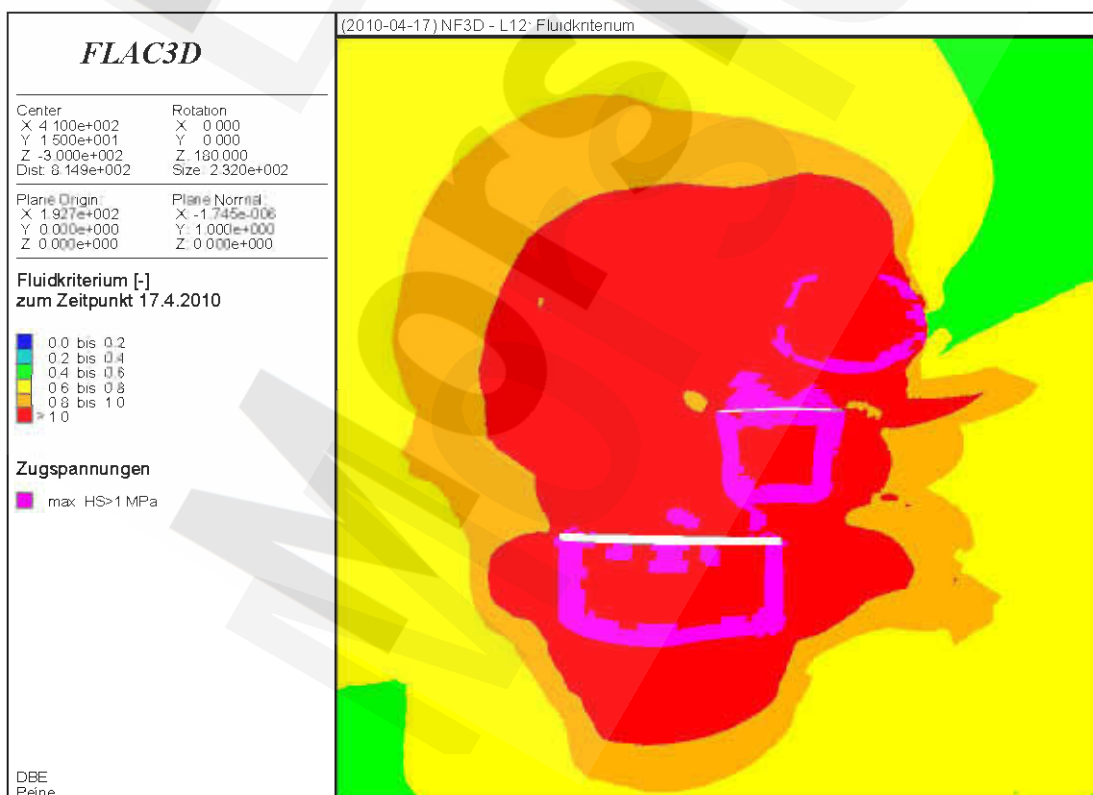
Anhang 102: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 106



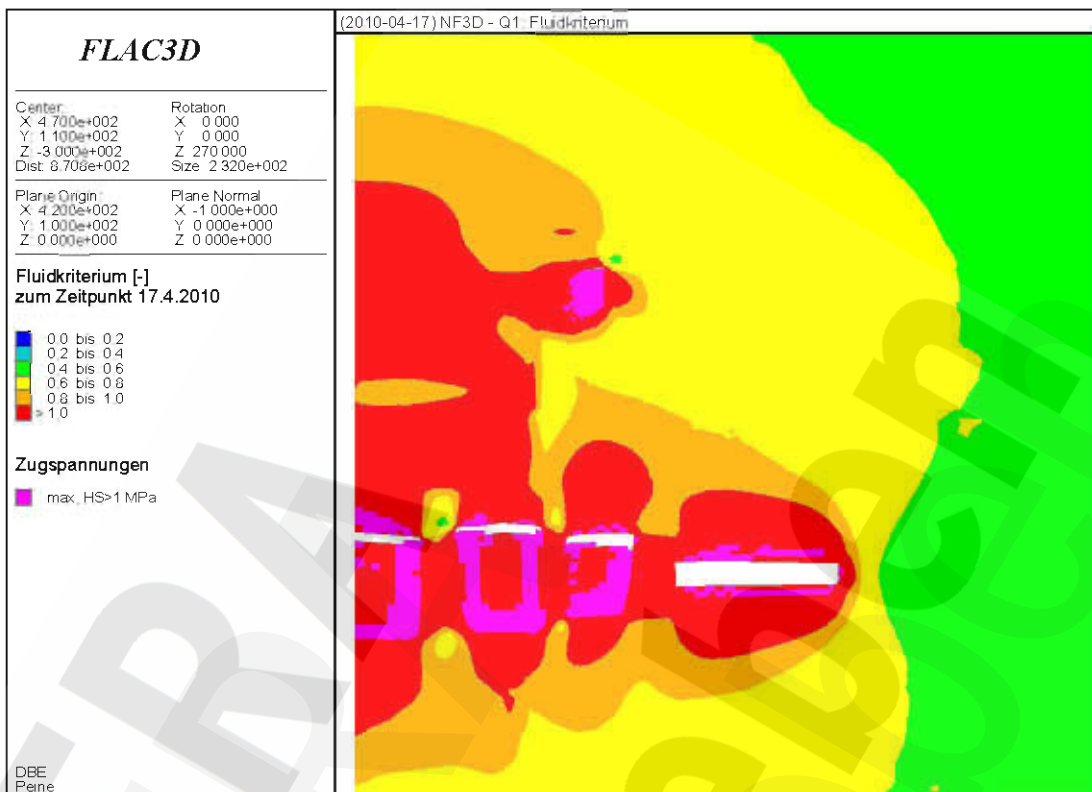
Anhang 103: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L20)



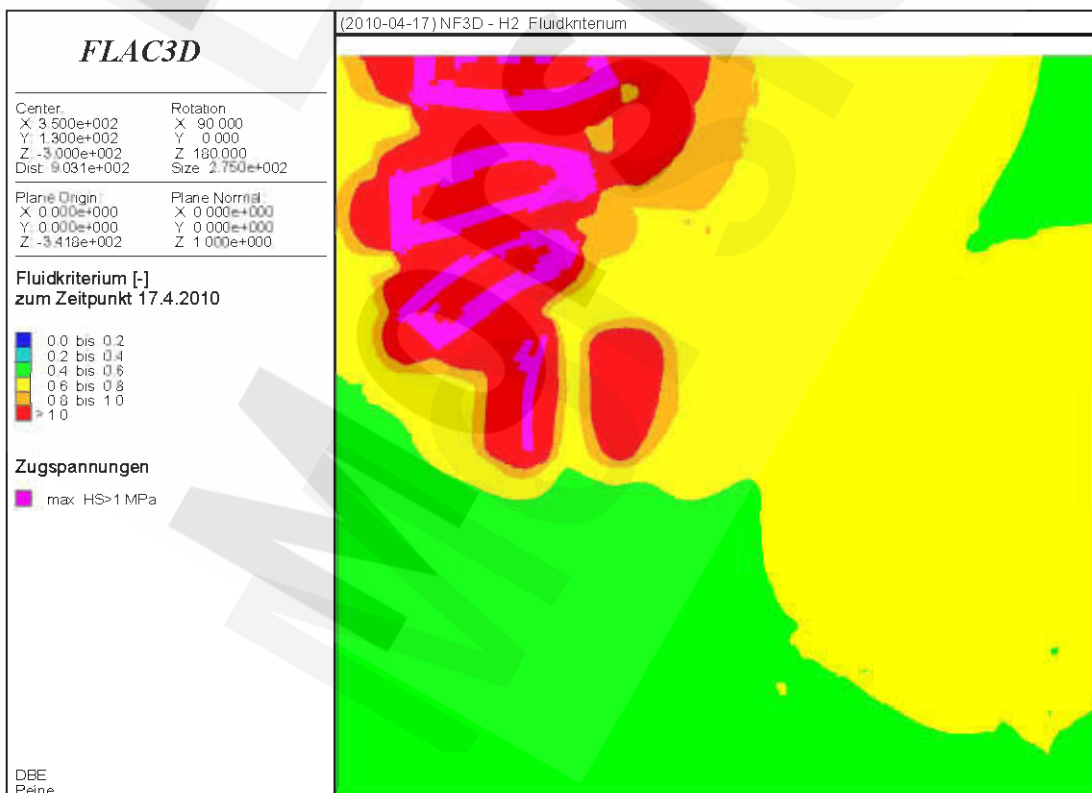
Anhang 104: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 107



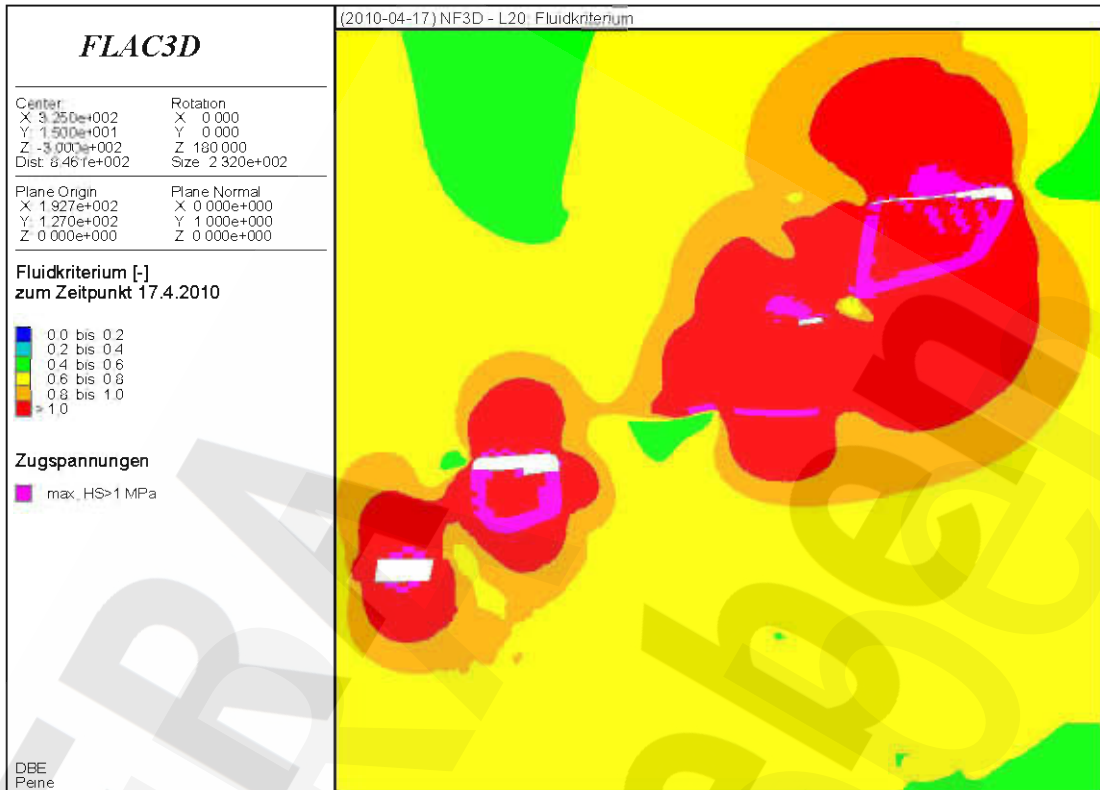
Anhang 105: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



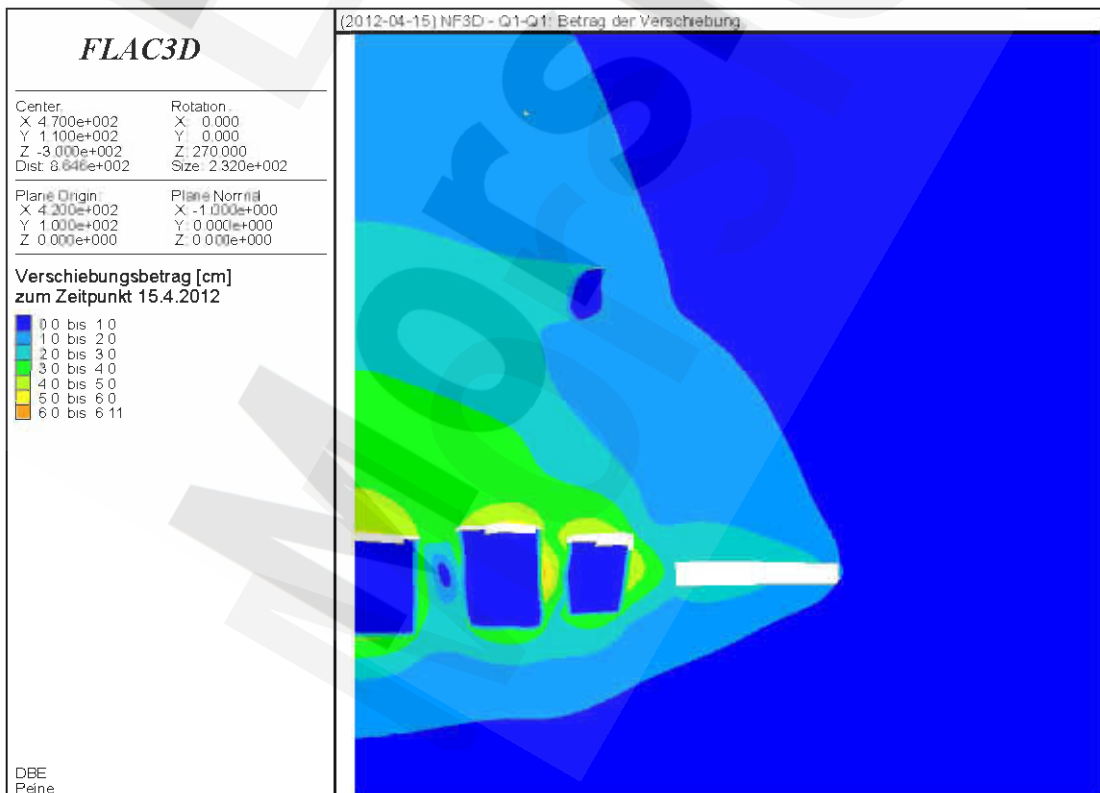
Anhang 106: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 108



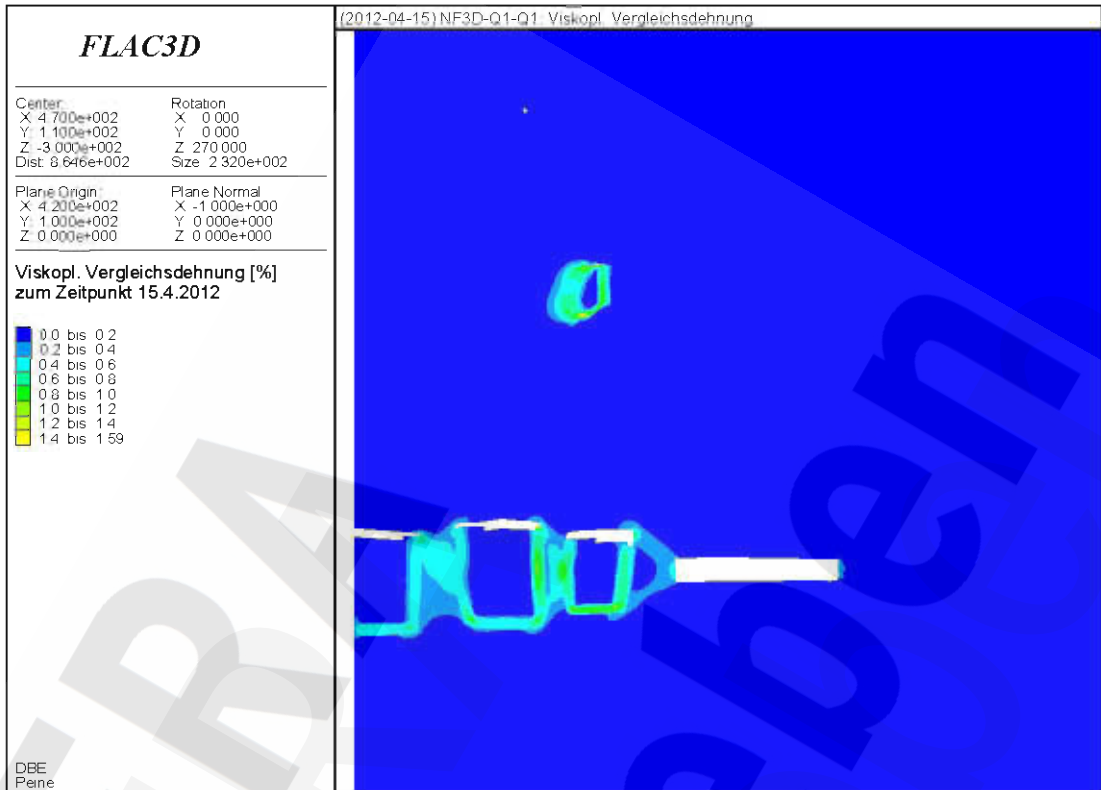
Anhang 107: Fluidkriterium [-] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



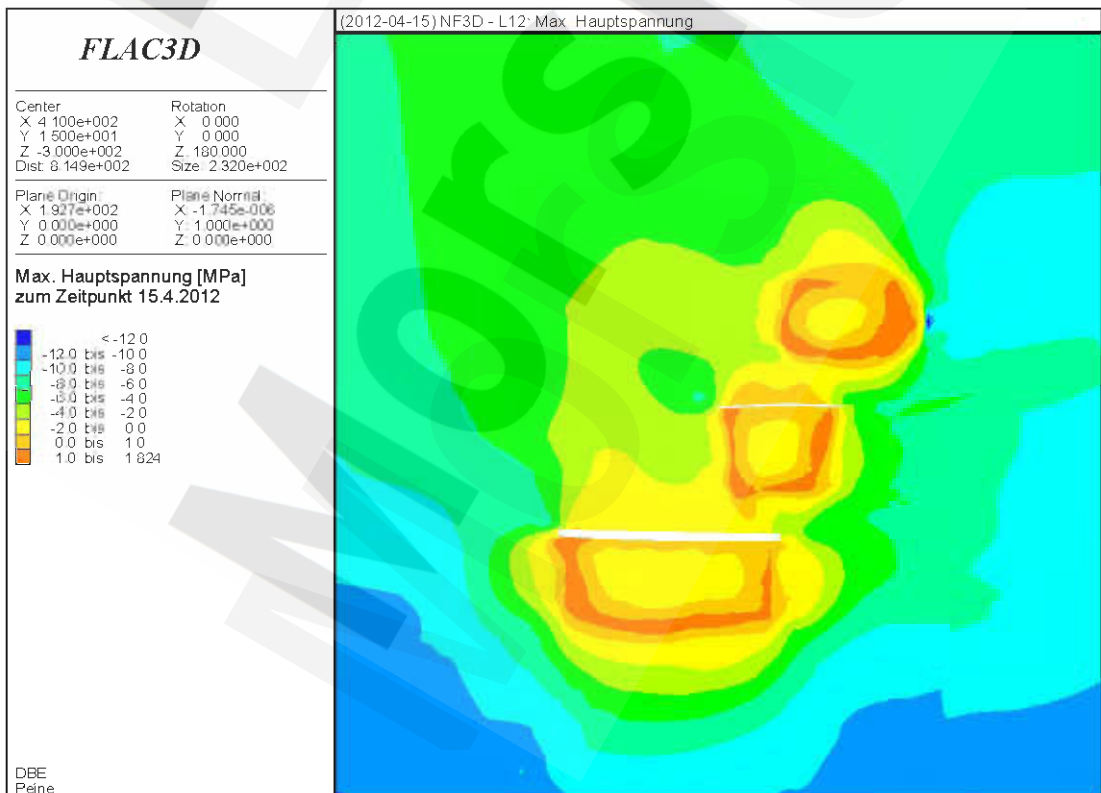
Anhang 108: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 109



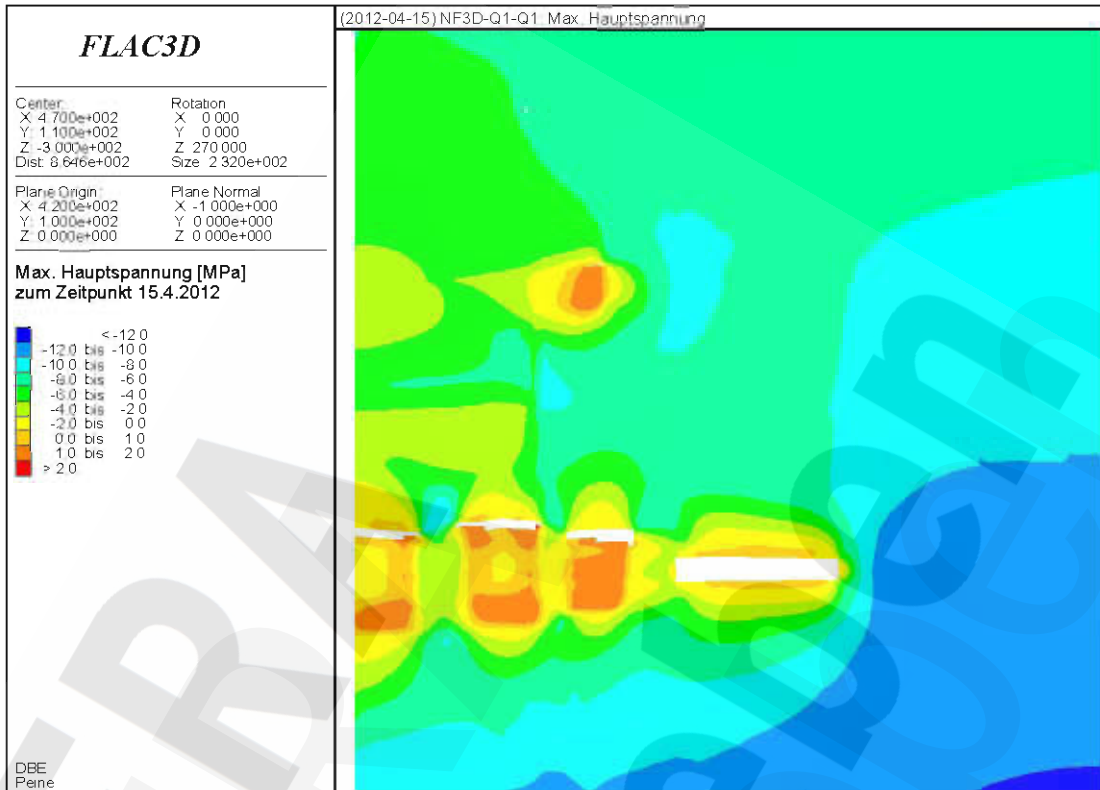
Anhang 109: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



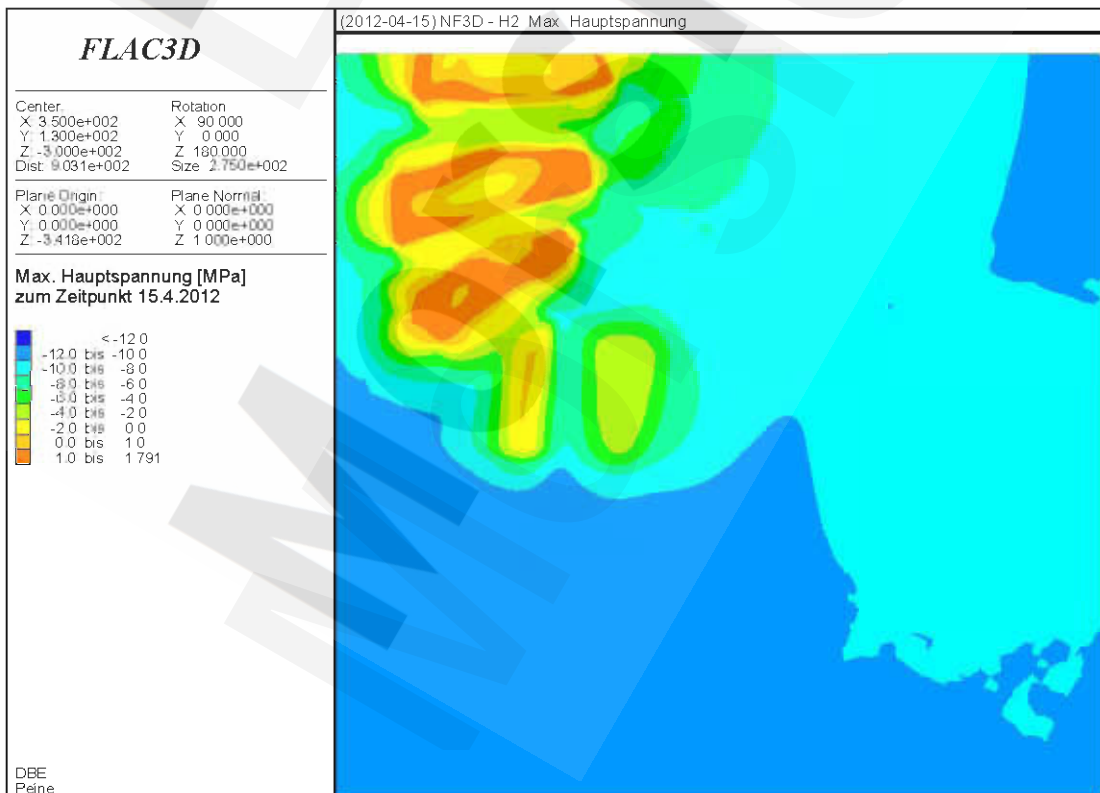
Anhang 110: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 110



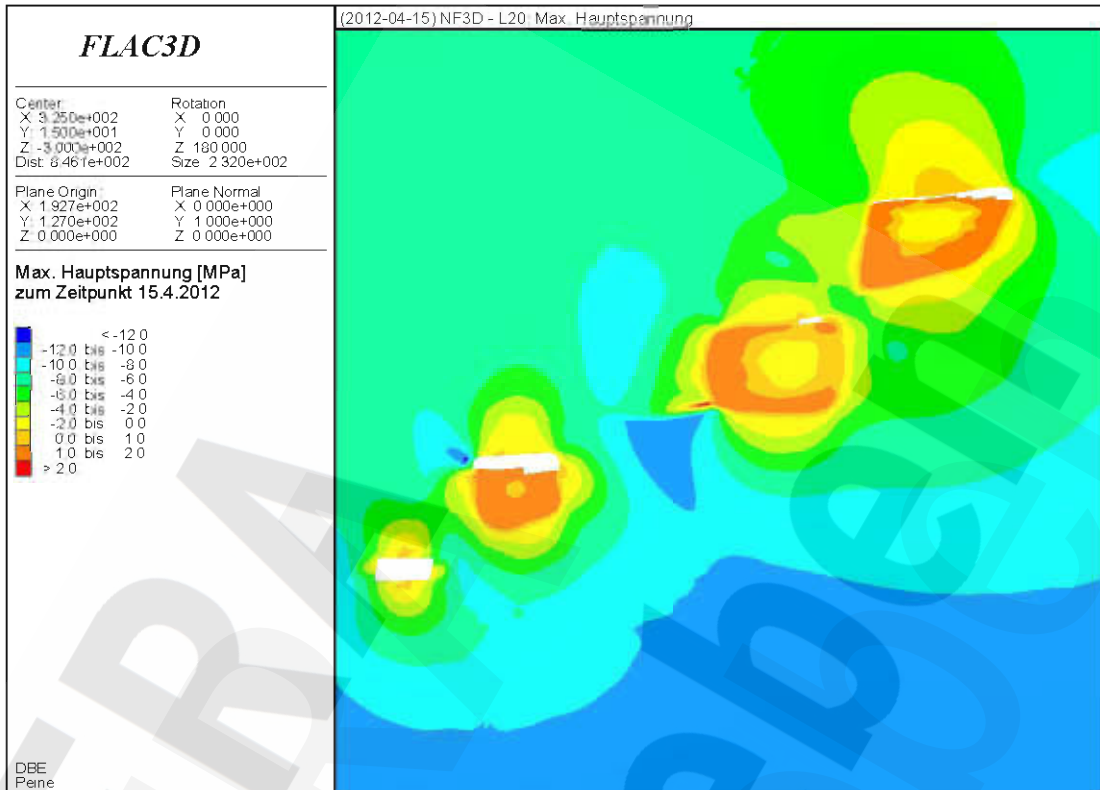
Anhang 111: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



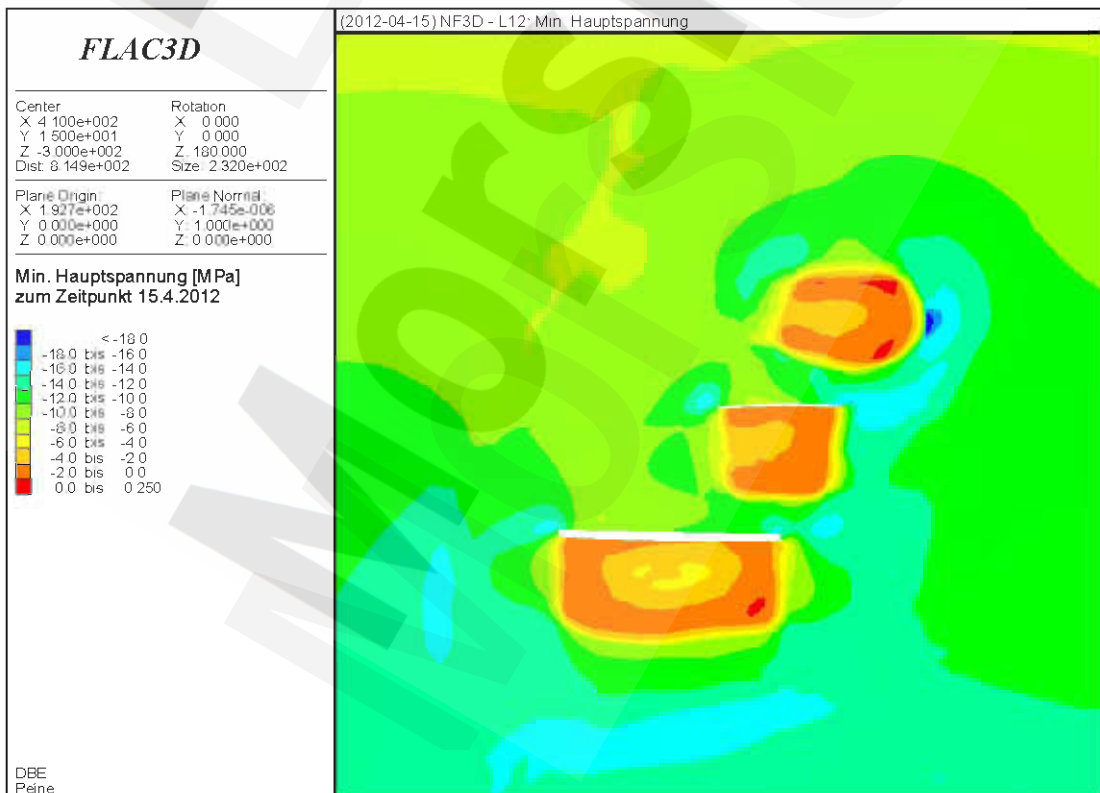
Anhang 112: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H1)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 111



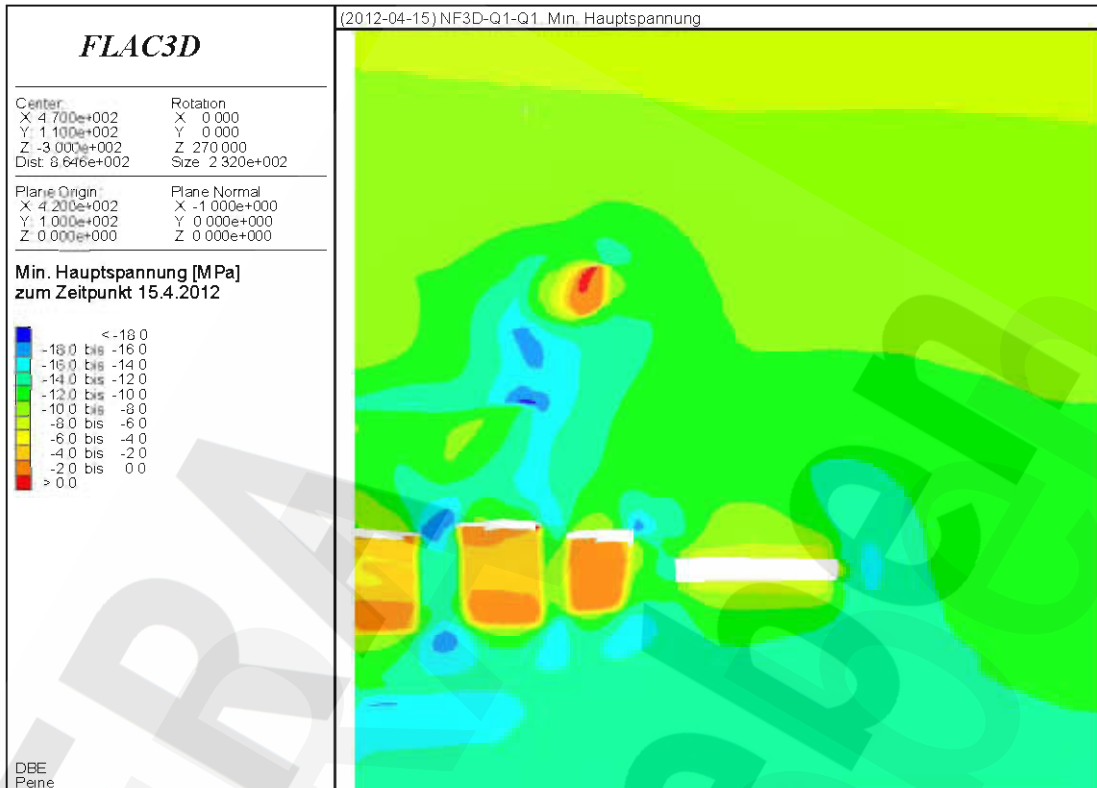
Anhang 113: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



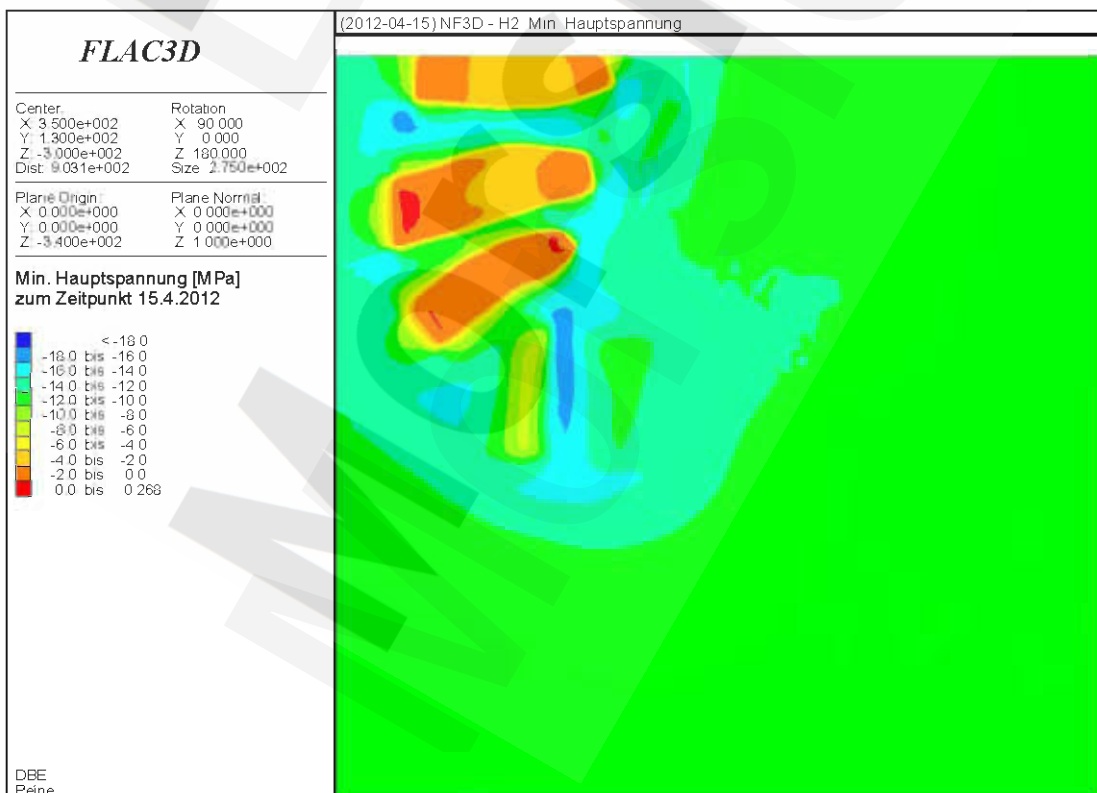
Anhang 114: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 112



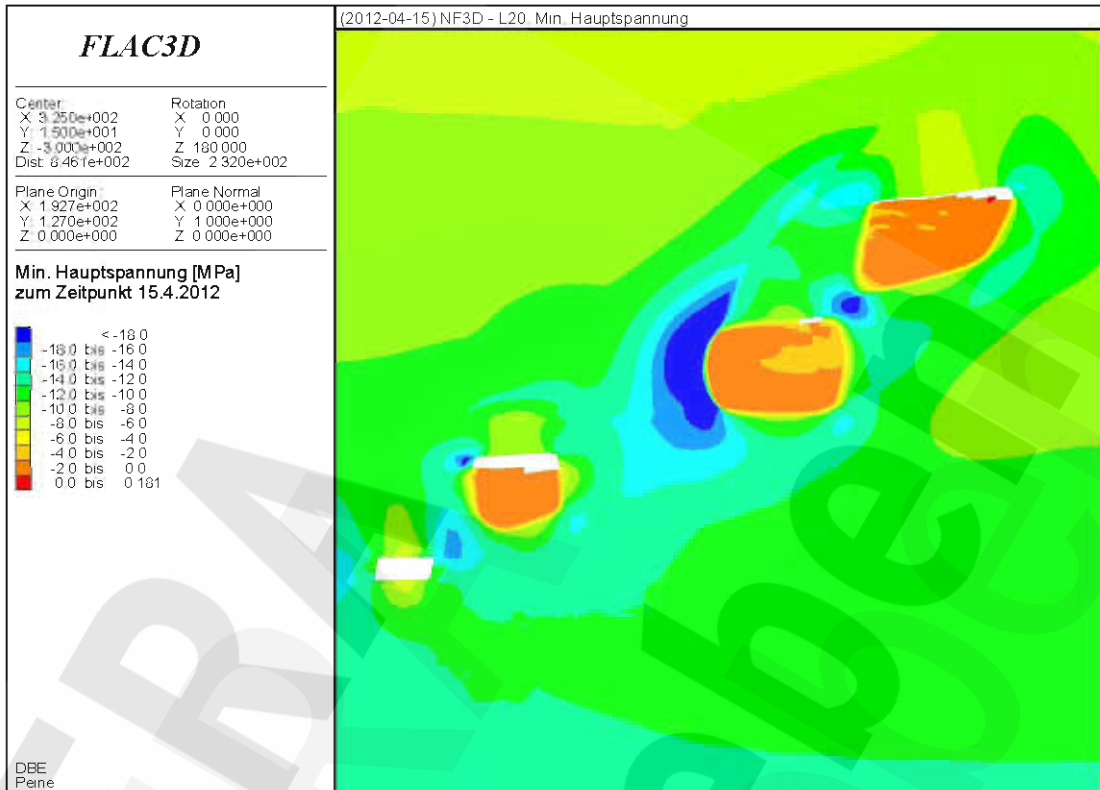
Anhang 115: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



Anhang 116: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 113



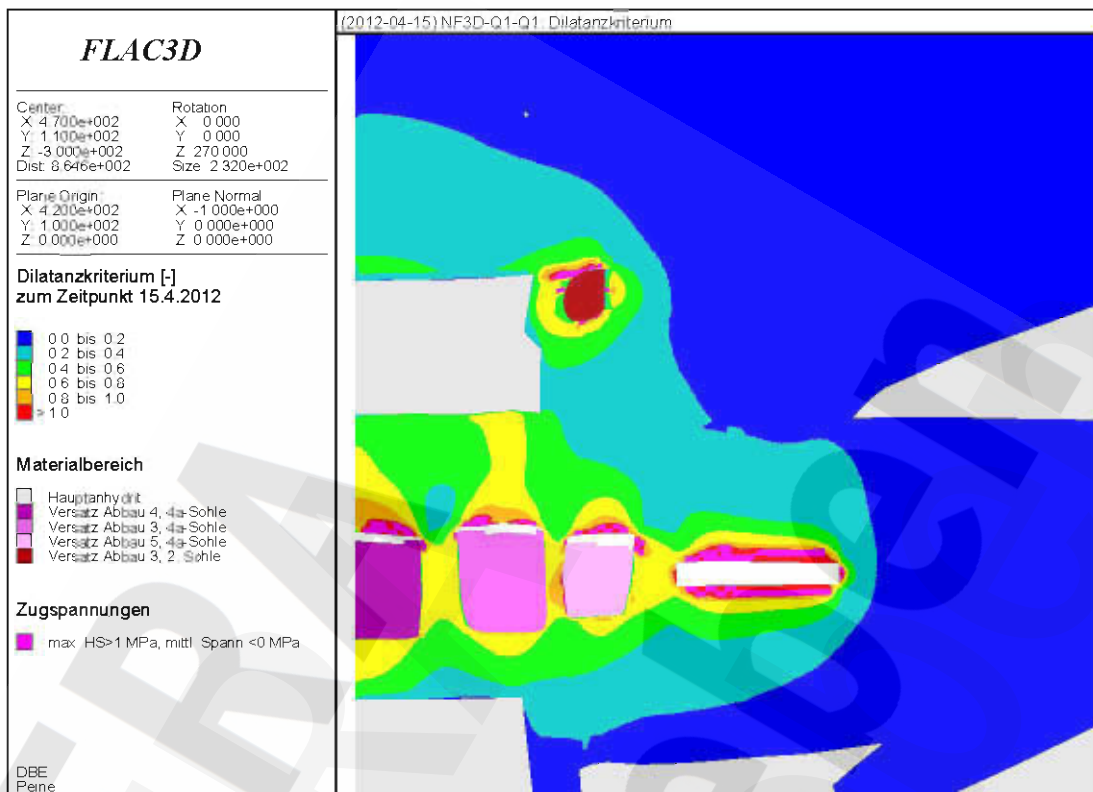
Anhang 117: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L20)



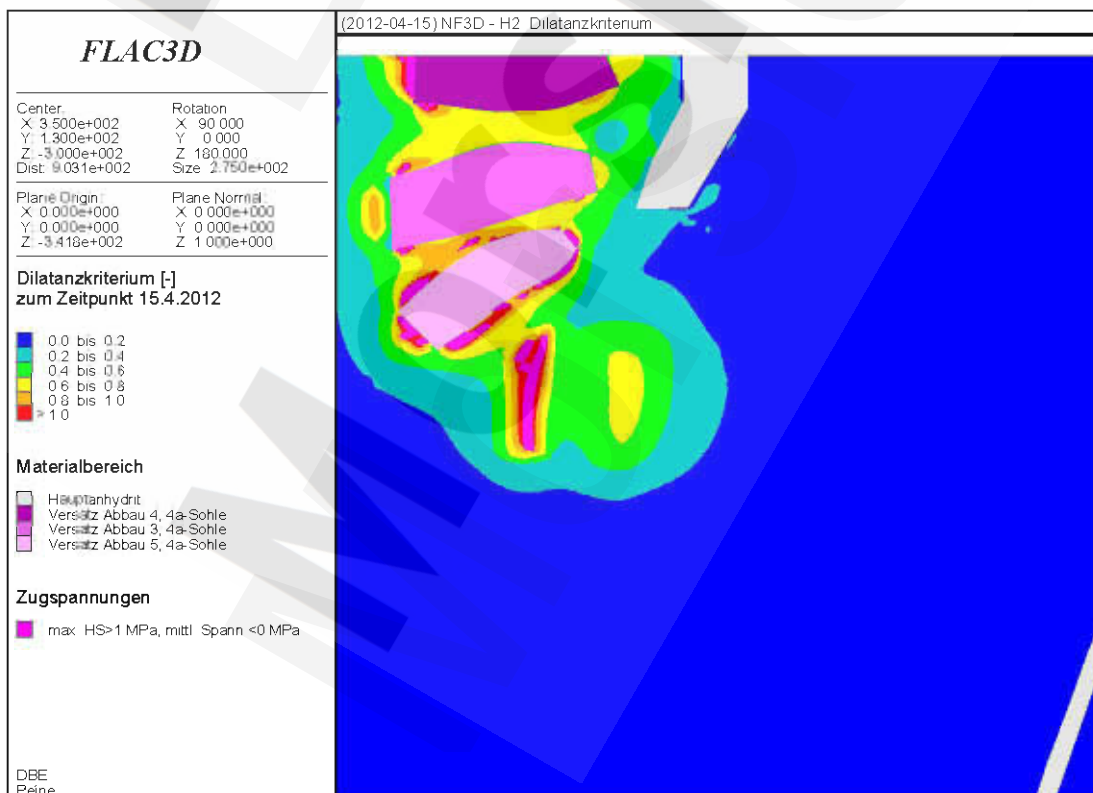
Anhang 118: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 114



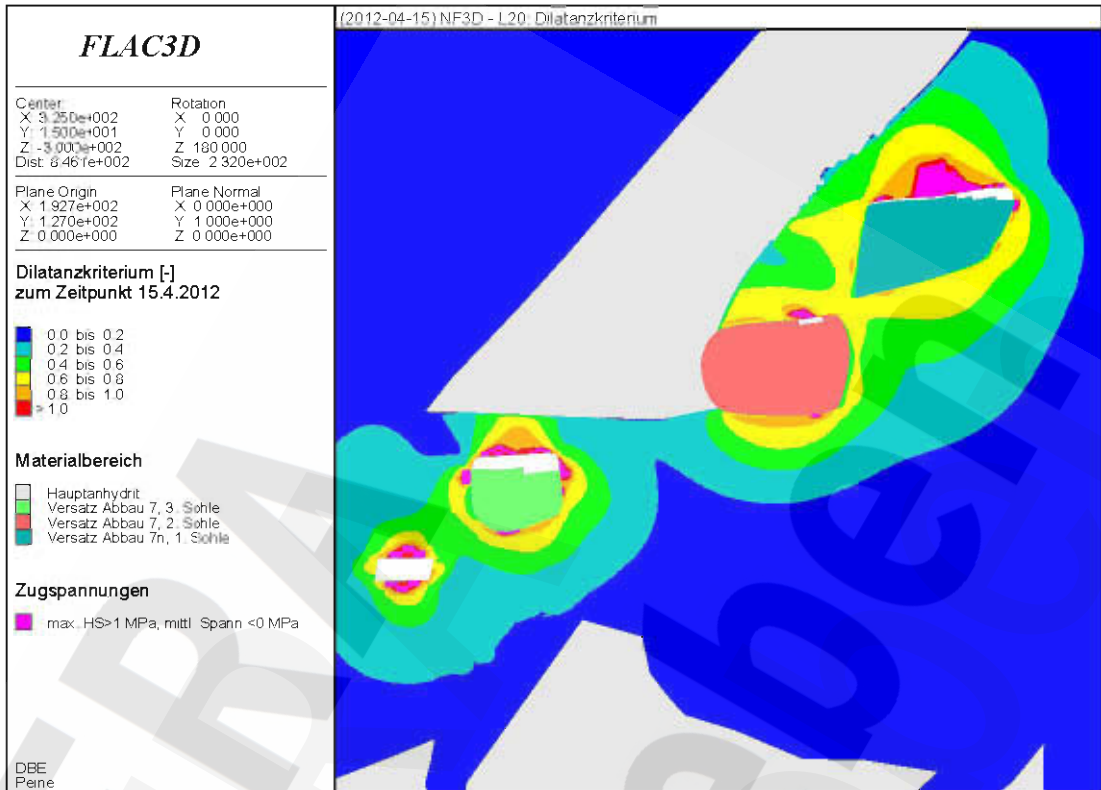
Anhang 119: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



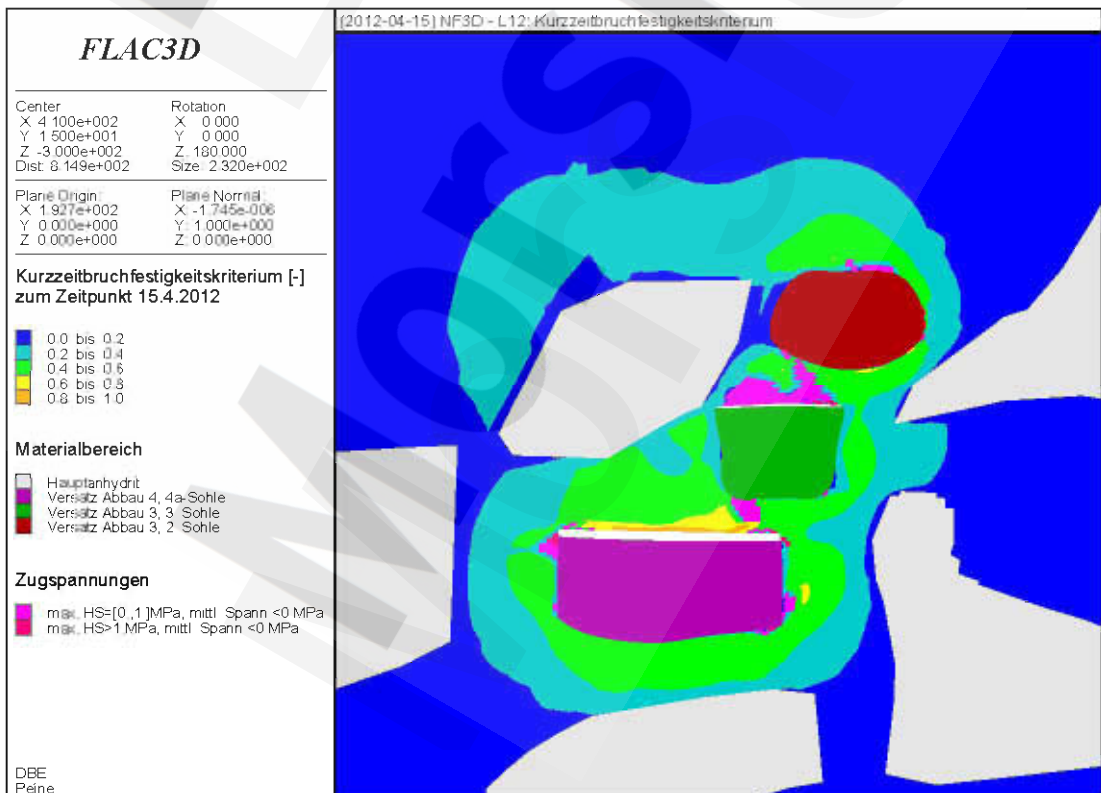
Anhang 120: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 115



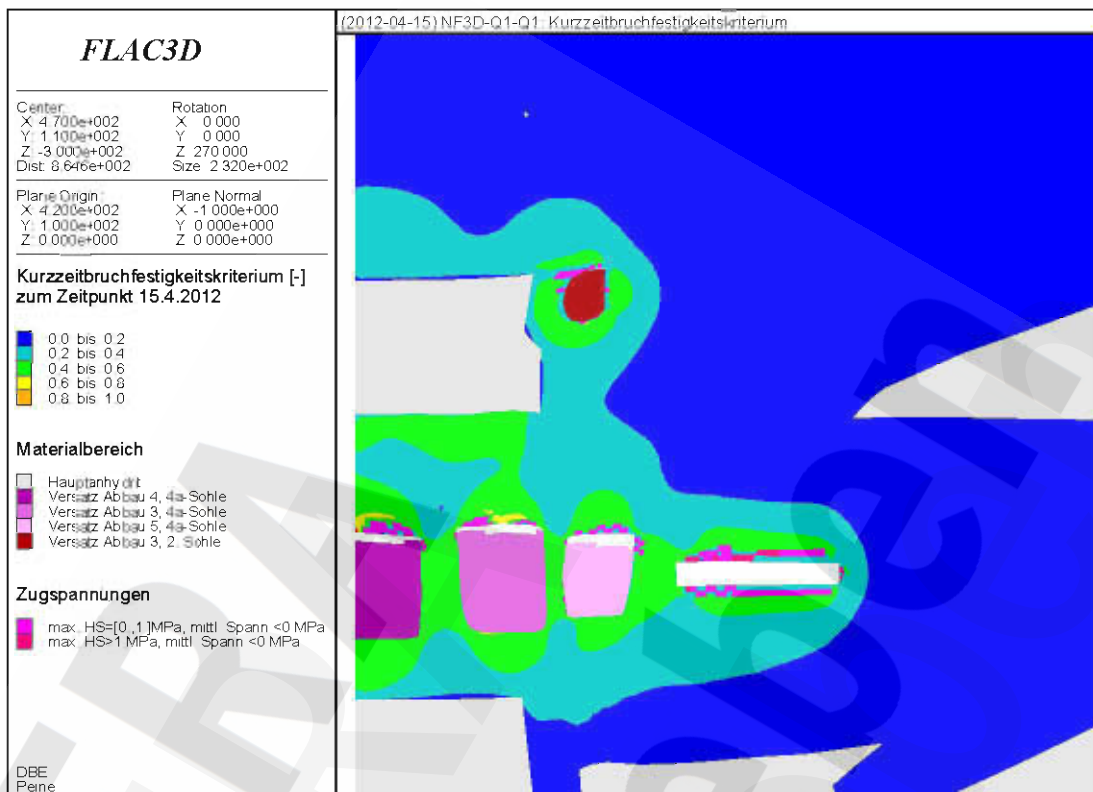
Anhang 121: Dilatanzkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L20)



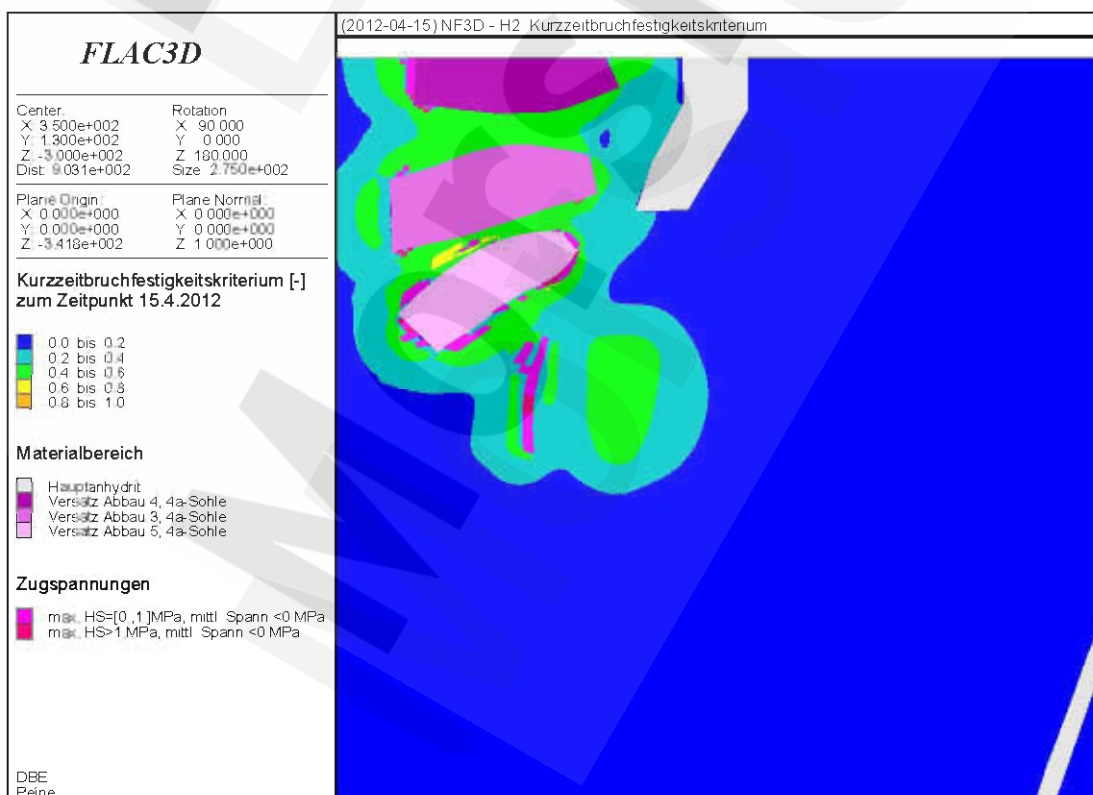
Anhang 122: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	X.AXXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 116



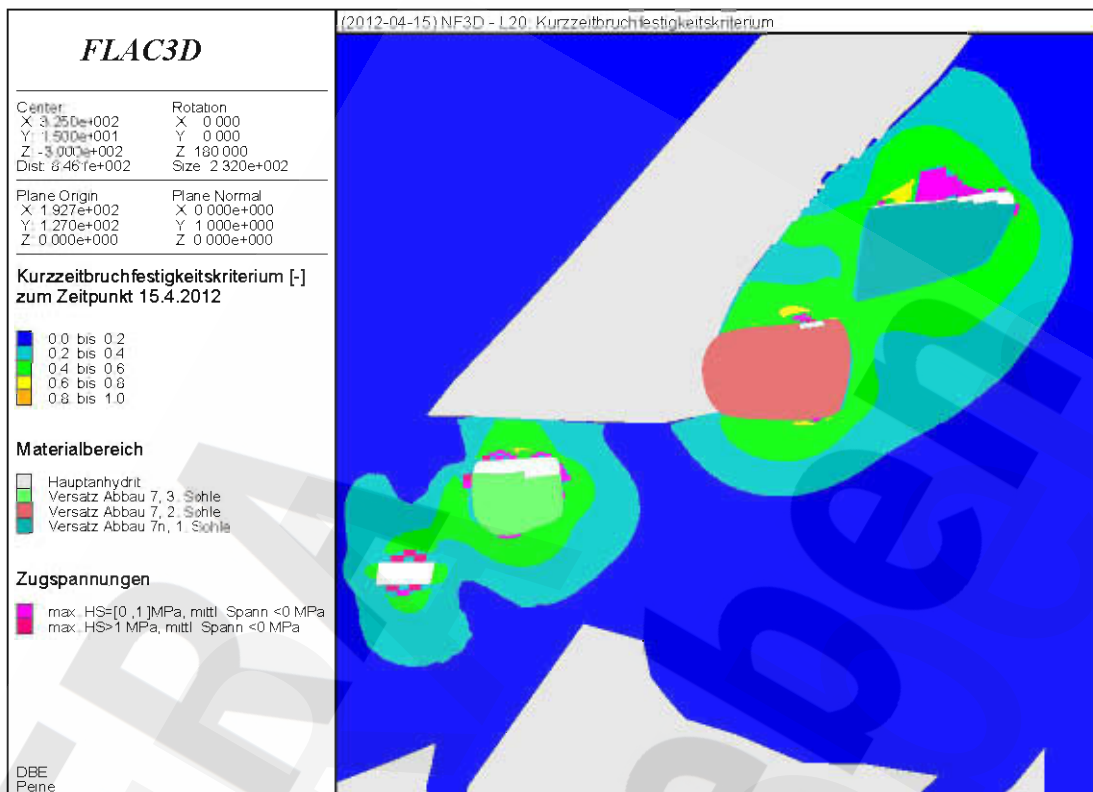
Anhang 123: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, Q1)



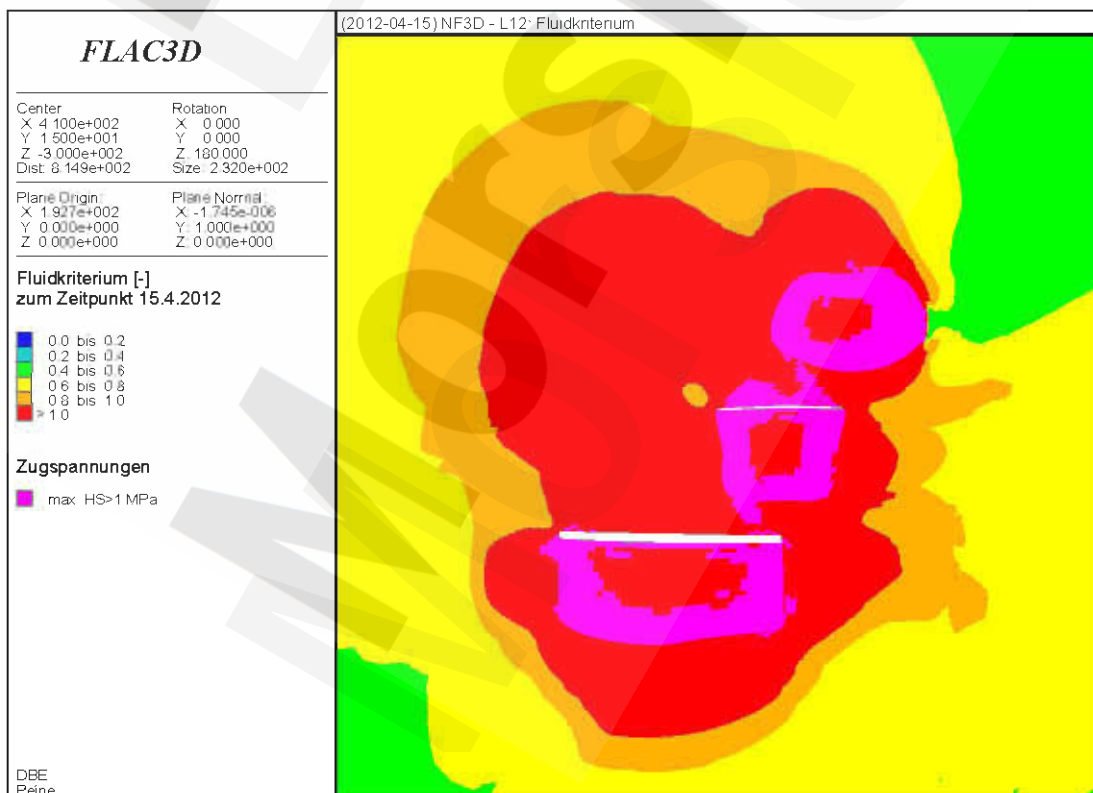
Anhang 124: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 117



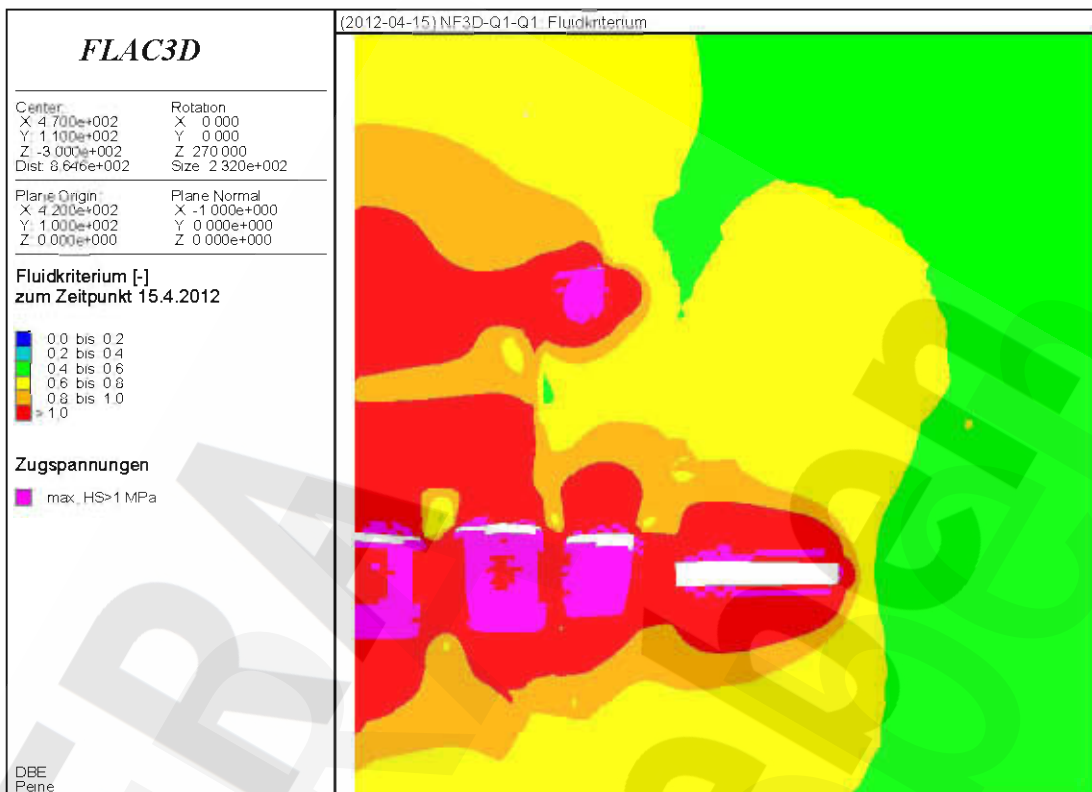
Anhang 125: Kurzzeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



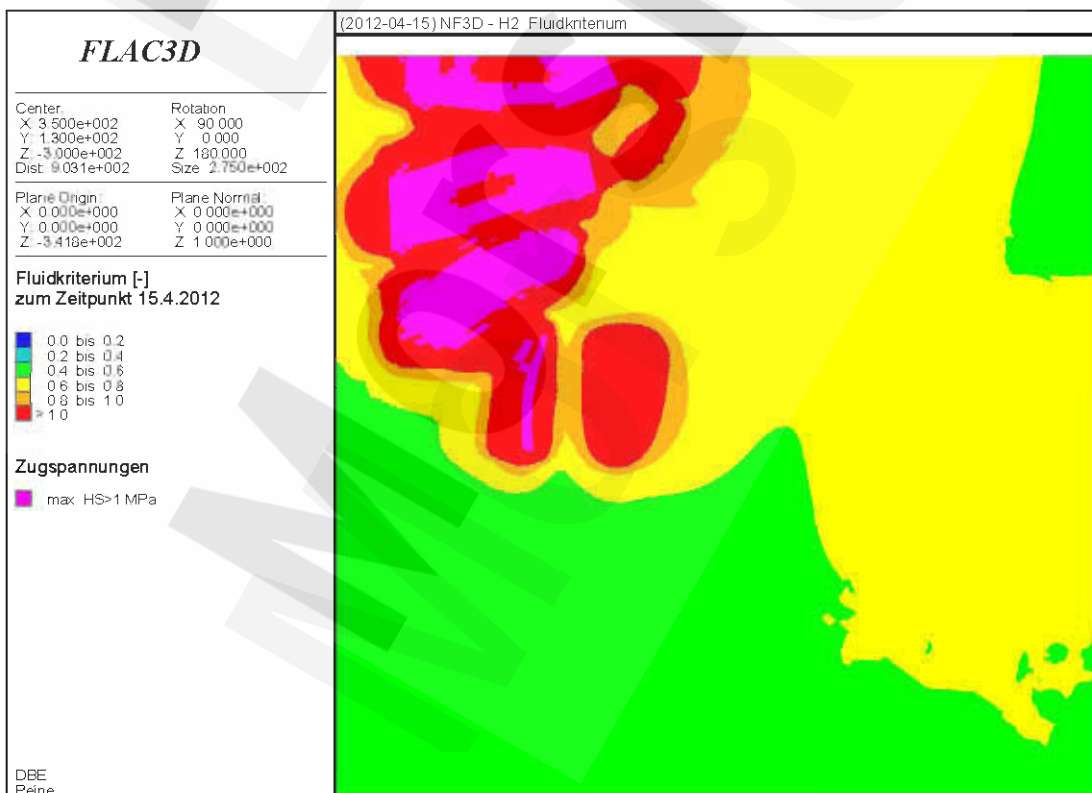
Anhang 126: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 118



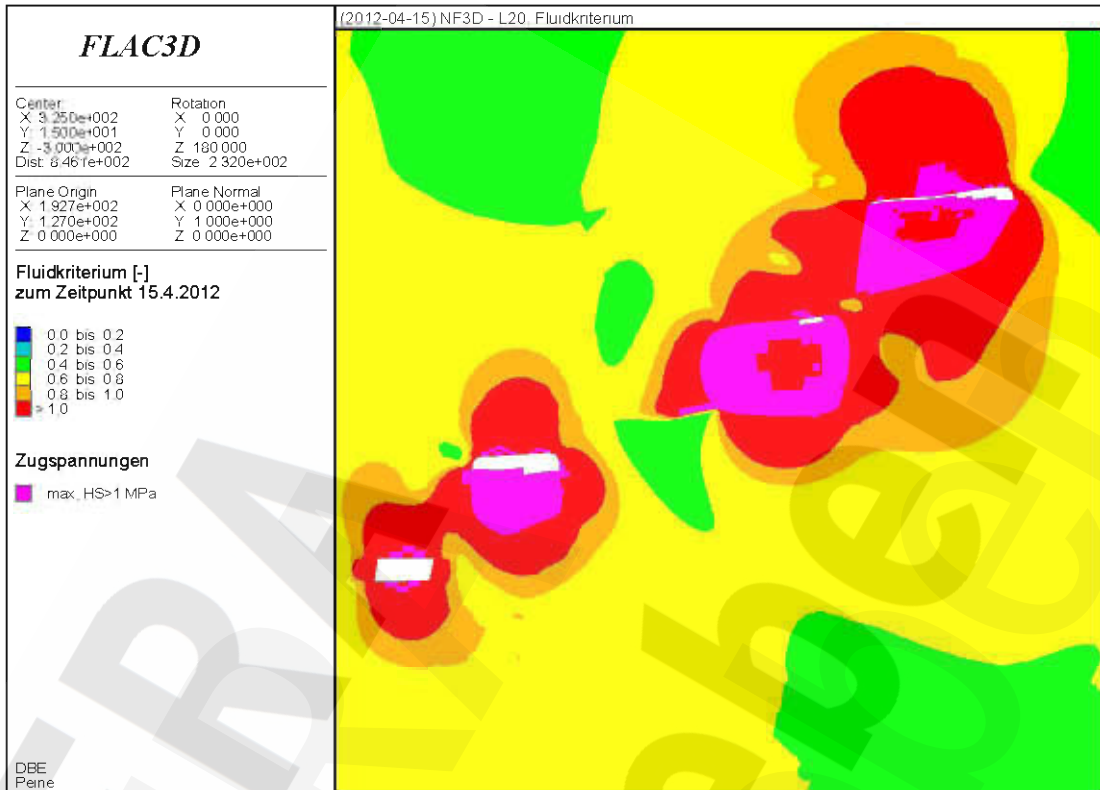
Anhang 127: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



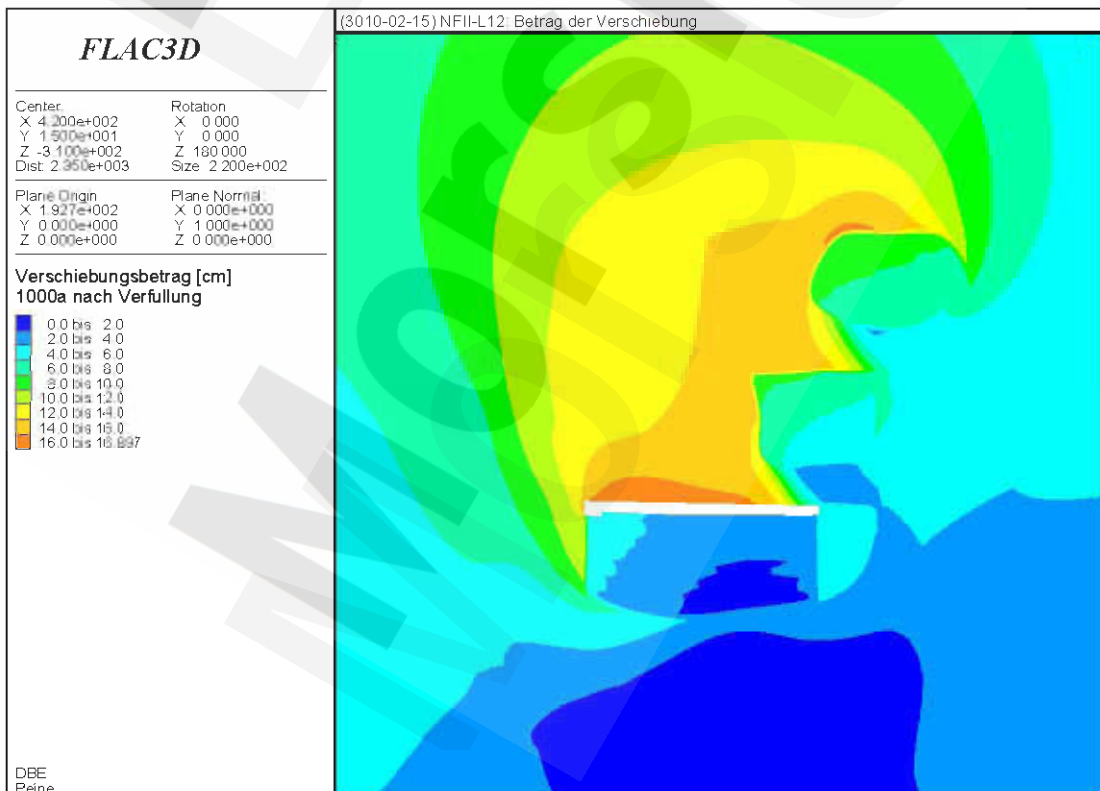
Anhang 128: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Standicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 119



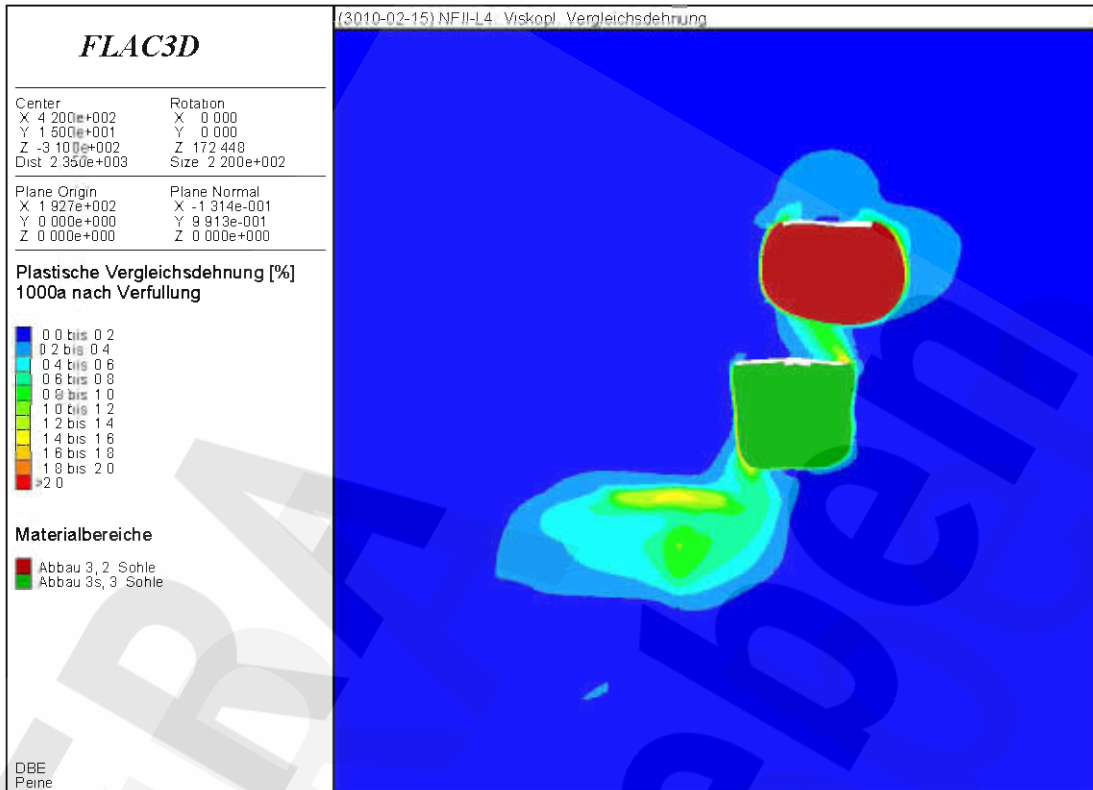
Anhang 129: Fluidkriterium [-] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



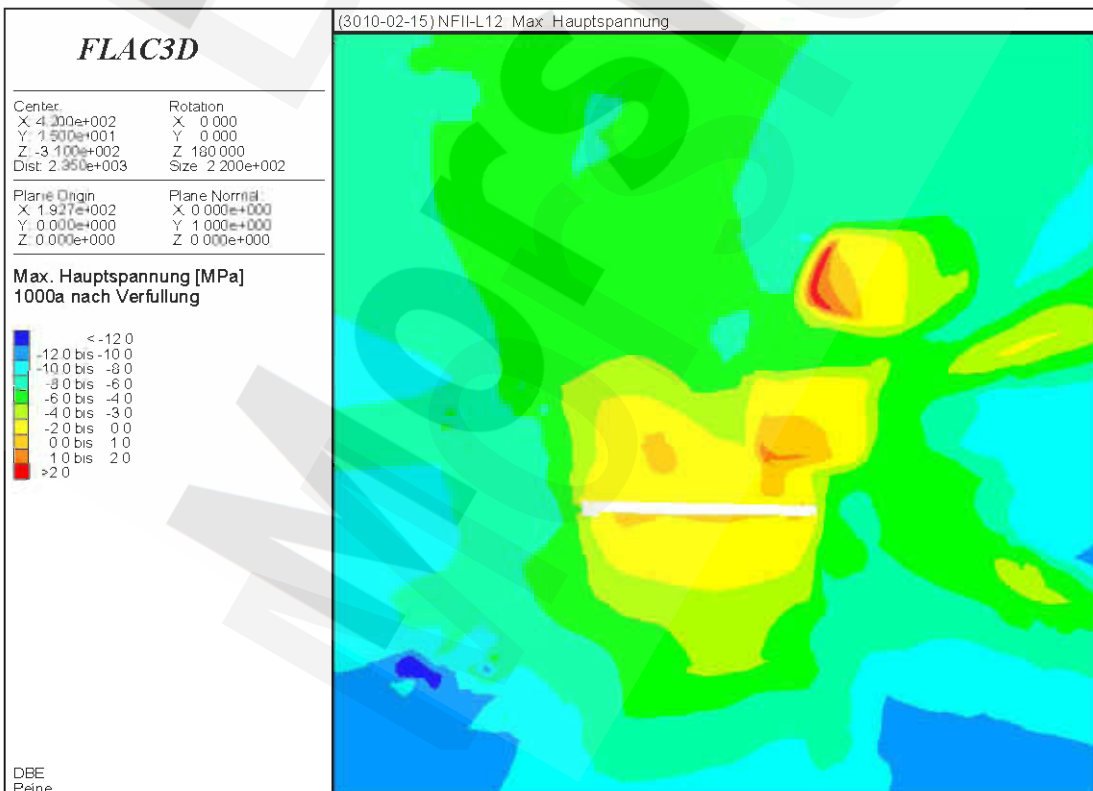
Anhang 130: Betrag der Gesamtverschiebung [cm] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Standicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 120



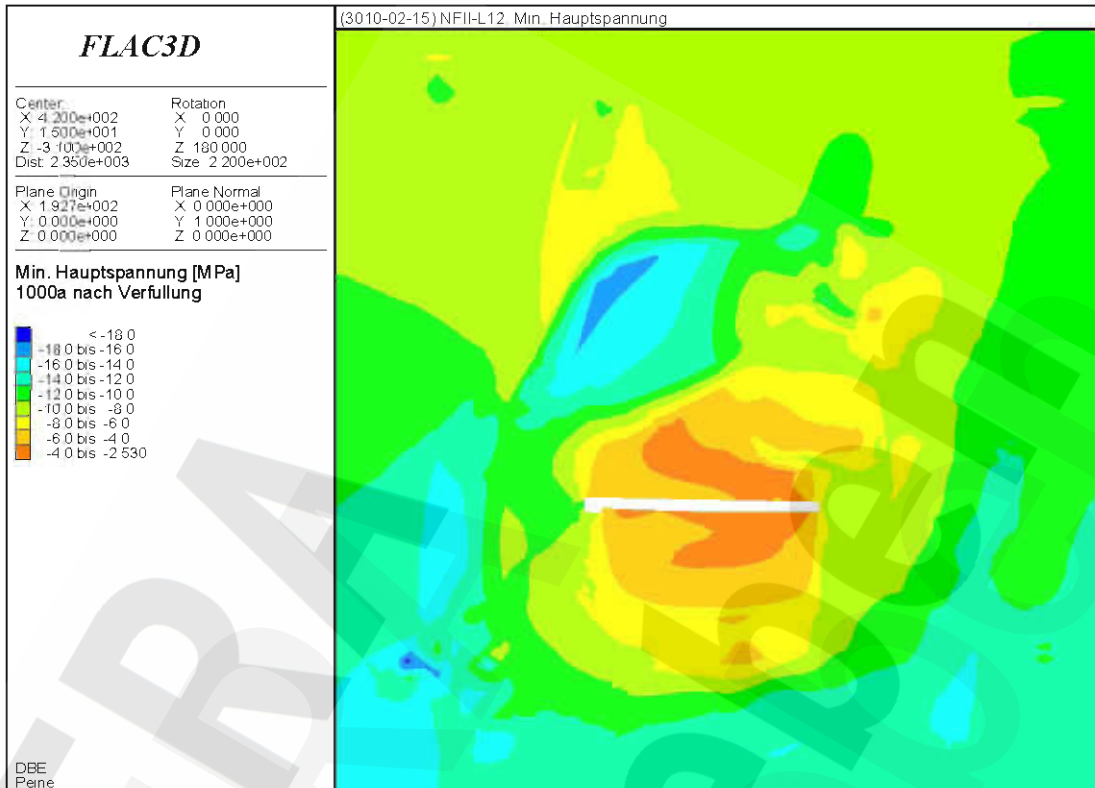
Anhang 131: Effektive viskoplastische Vergleichsdehnung [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L4)



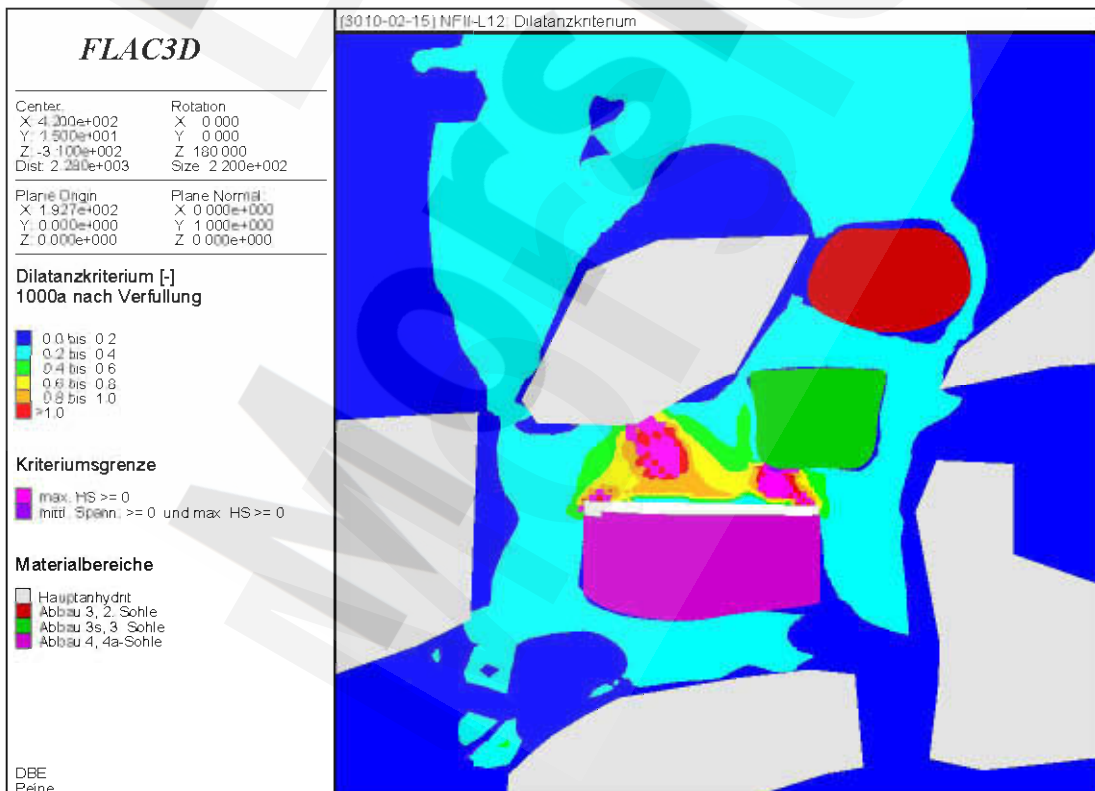
Anhang 132: Maximale Hauptspannung [MPa] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 121



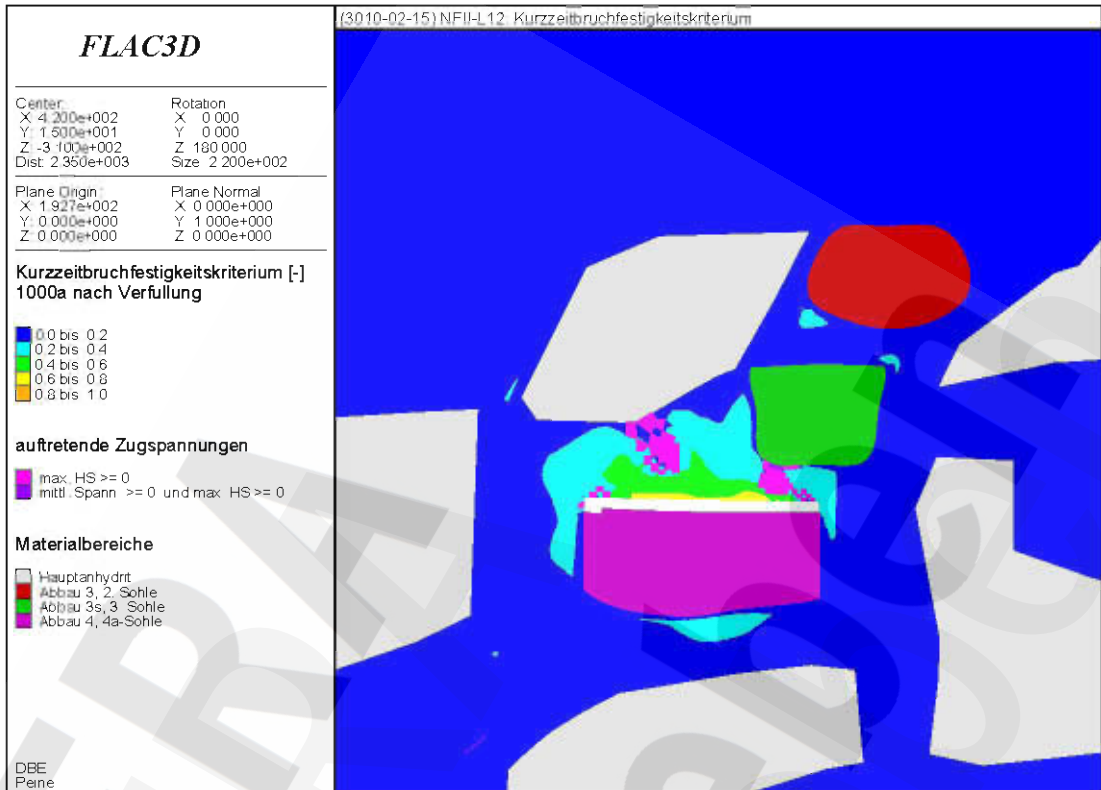
Anhang 133: Minimale Hauptspannung [MPa] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)



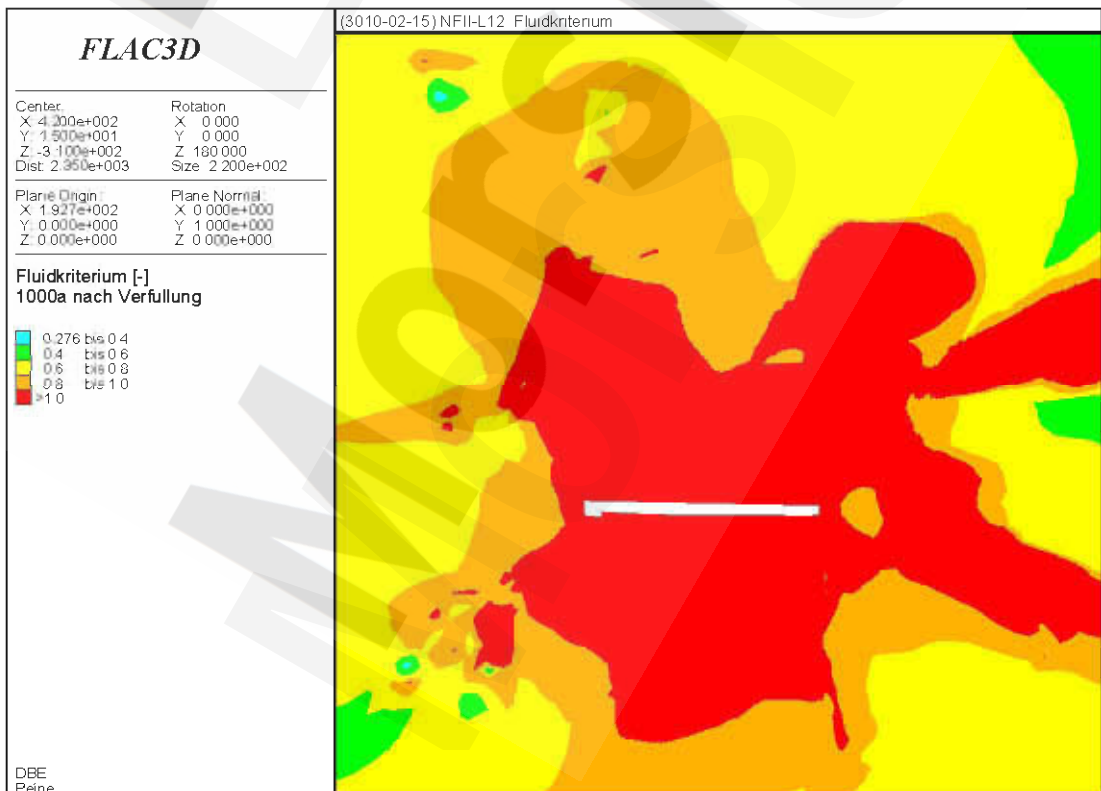
Anhang 134: Dilatanzkriterium [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NFII, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 122



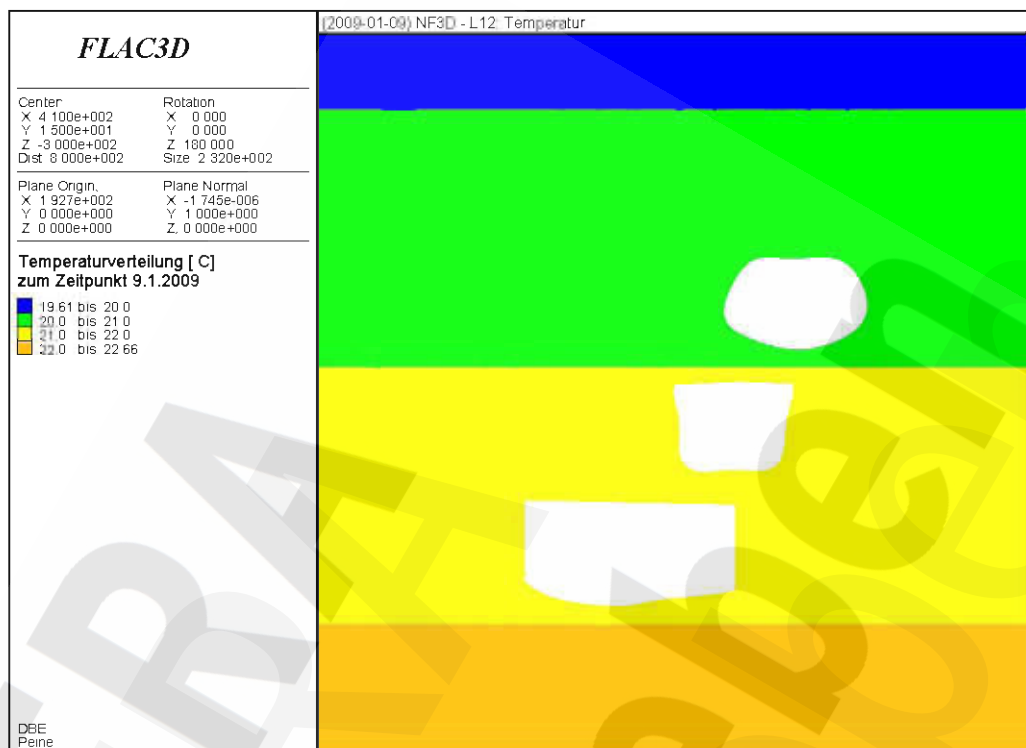
Anhang 135: Kurzezeitbruchfestigkeitskriterium [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NFII, L12)



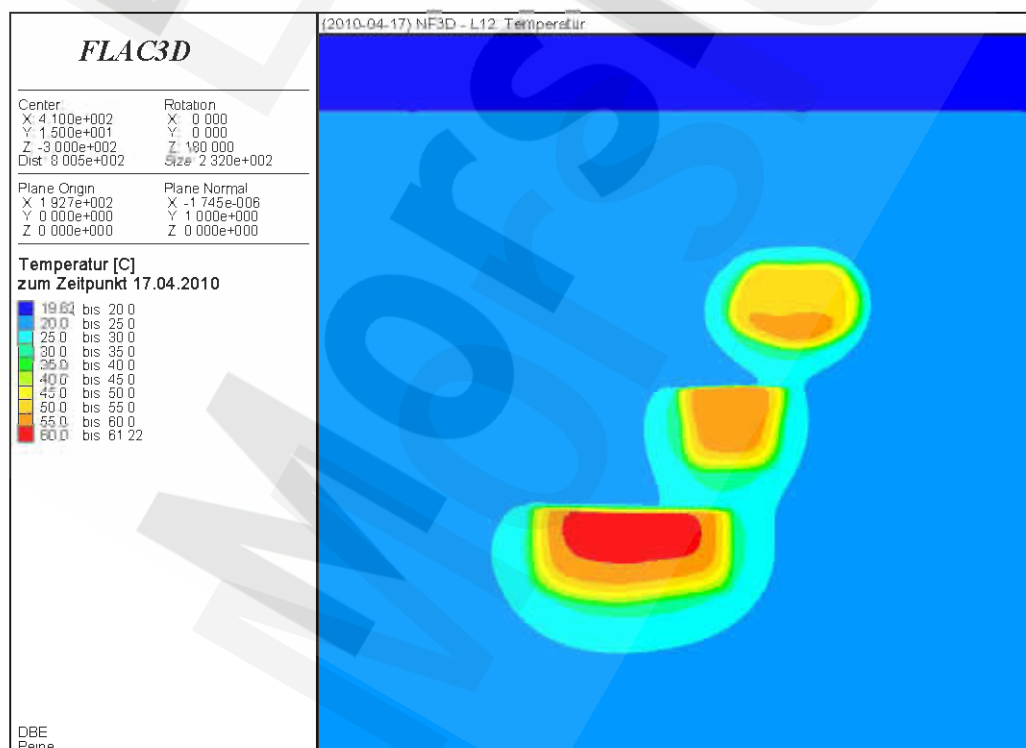
Anhang 136: Fluidkriterium [-] ca. 1000 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbau (NFII, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 123



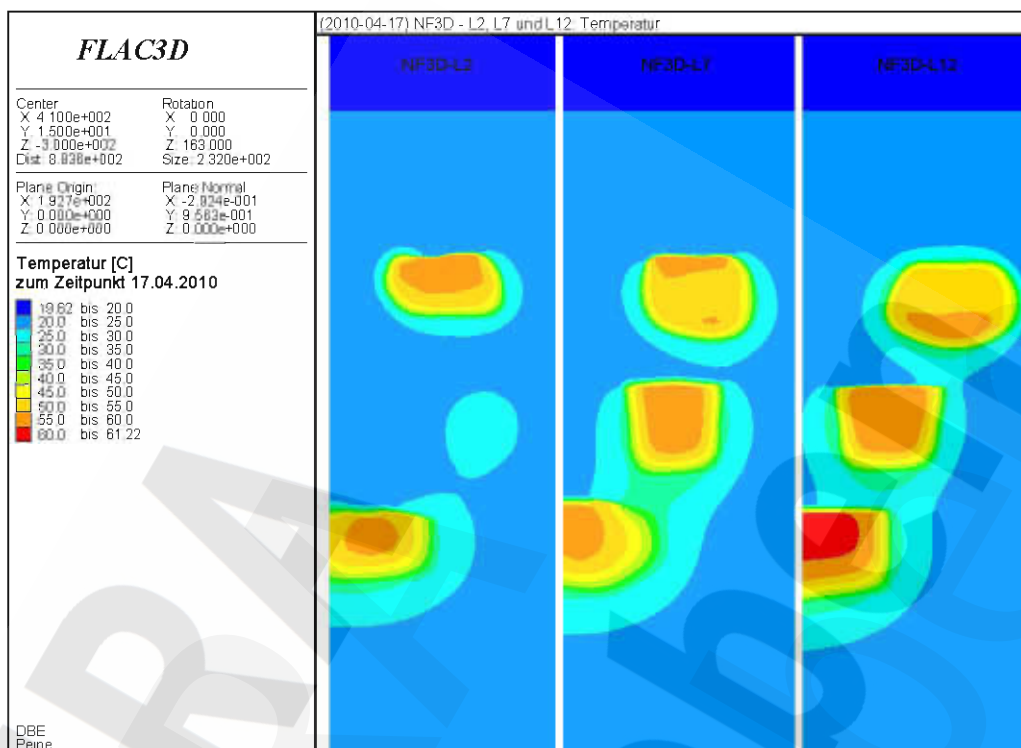
Anhang 137: Ungestörtes geothermes Temperaturfeld [°C] unmittelbar vor Beginn der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)



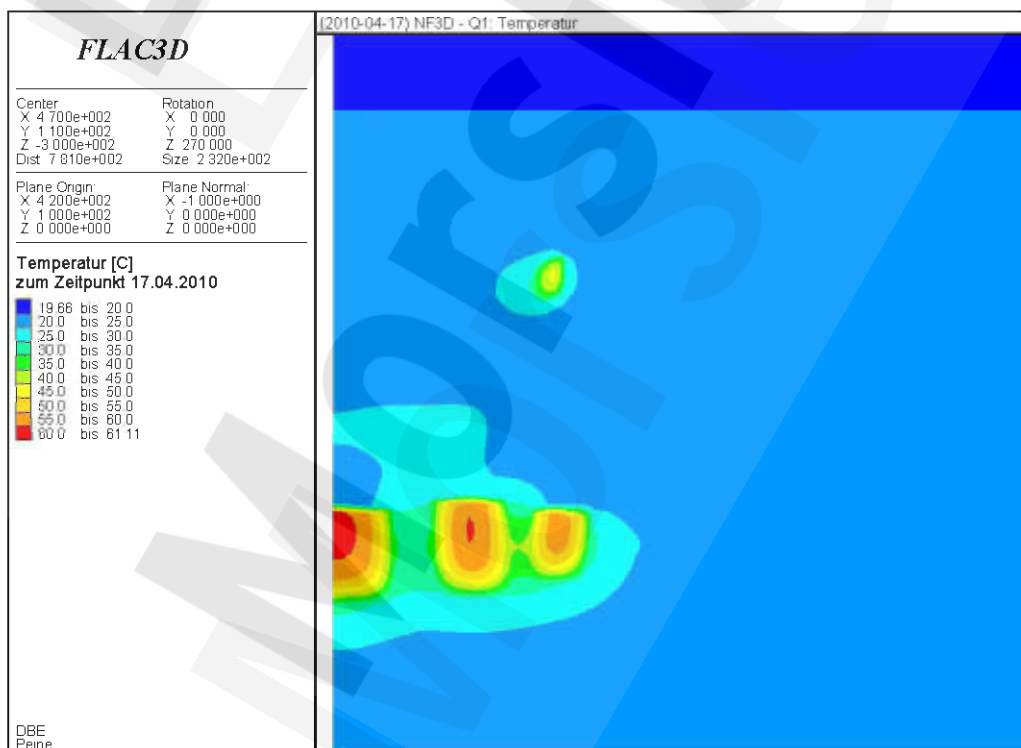
Anhang 138: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 124



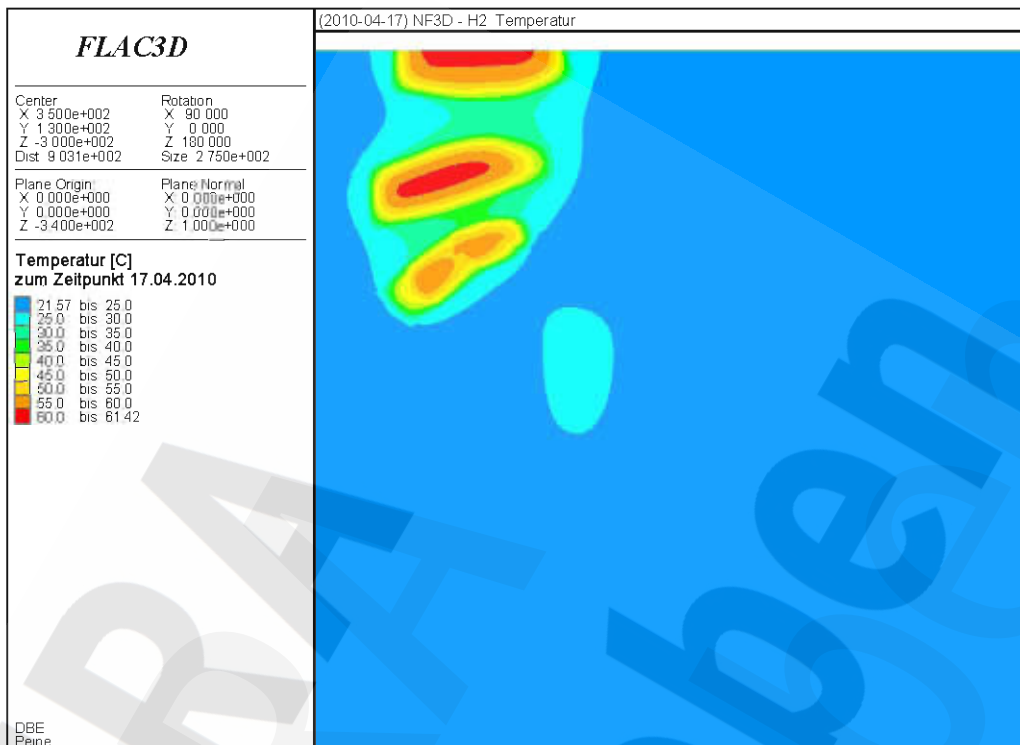
Anhang 139: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L2, L7 und L12)



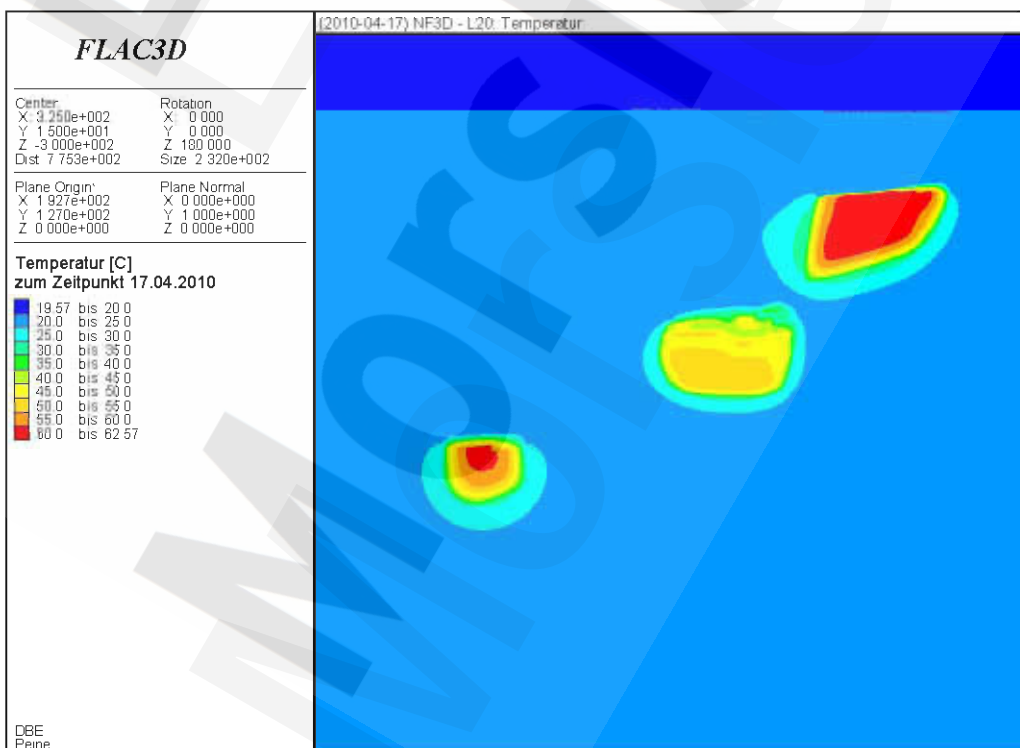
Anhang 140: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 125



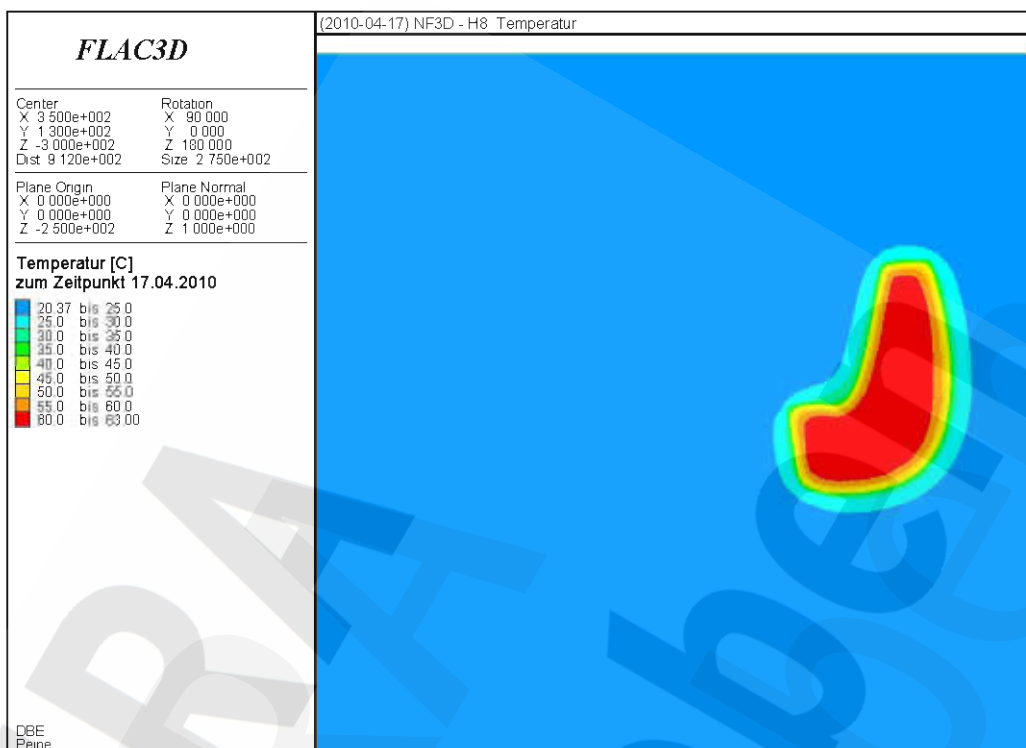
Anhang 141: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)



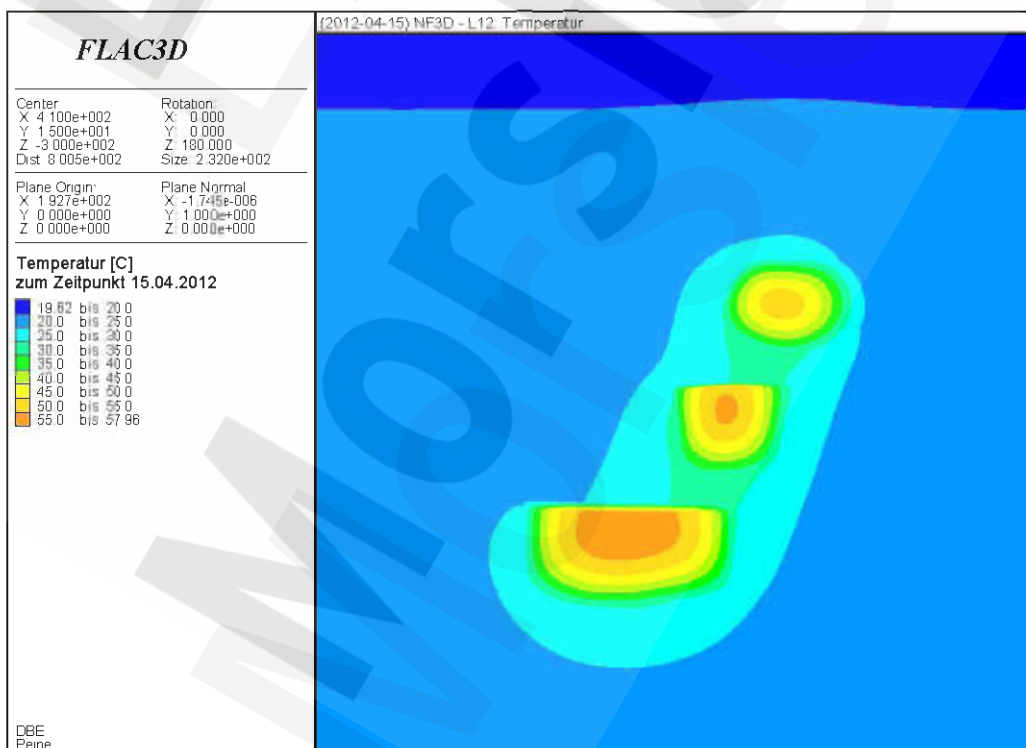
Anhang 142: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)

	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 126



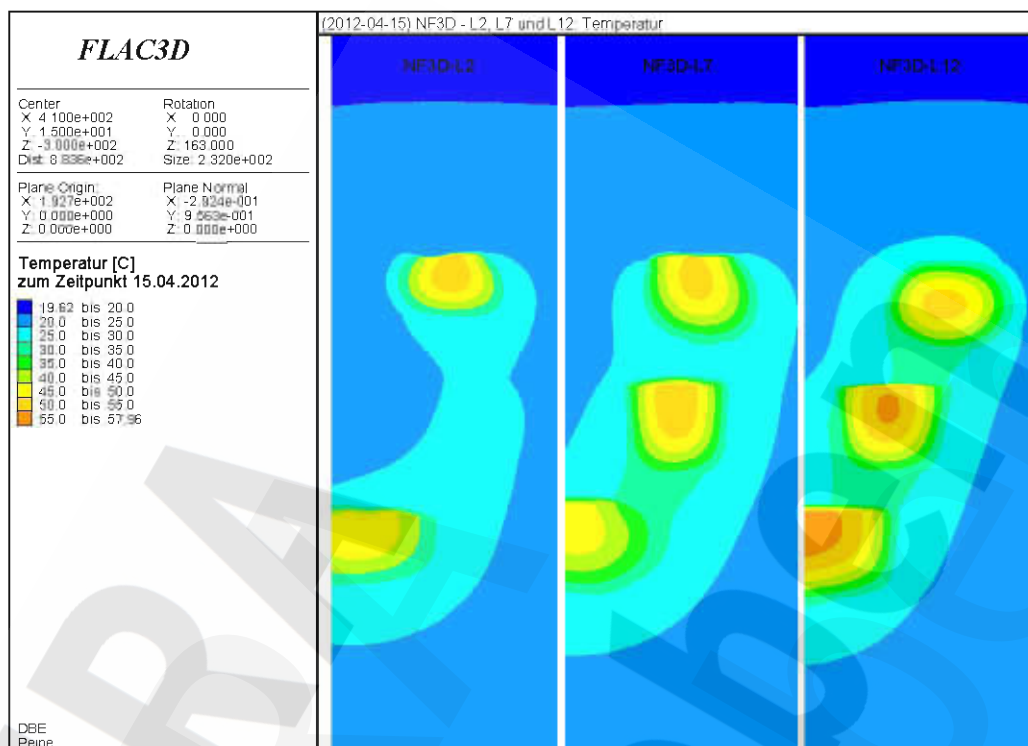
Anhang 143: Temperaturfeld [°C] unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)



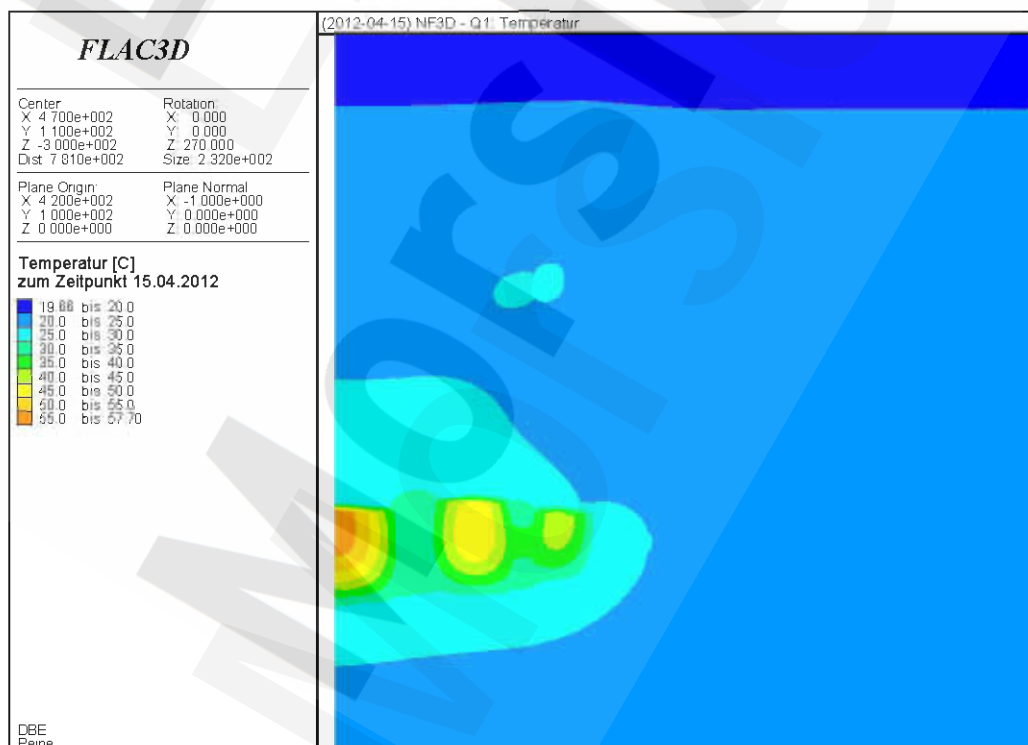
Anhang 144: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 127



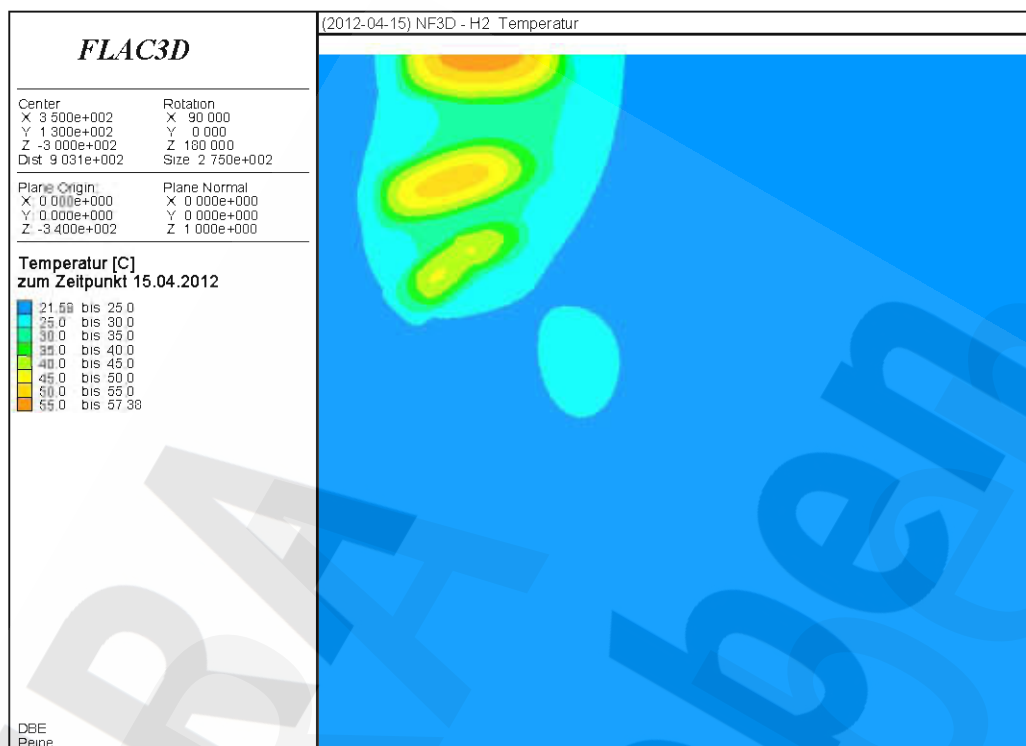
Anhang 145: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L2, L7 und L12)



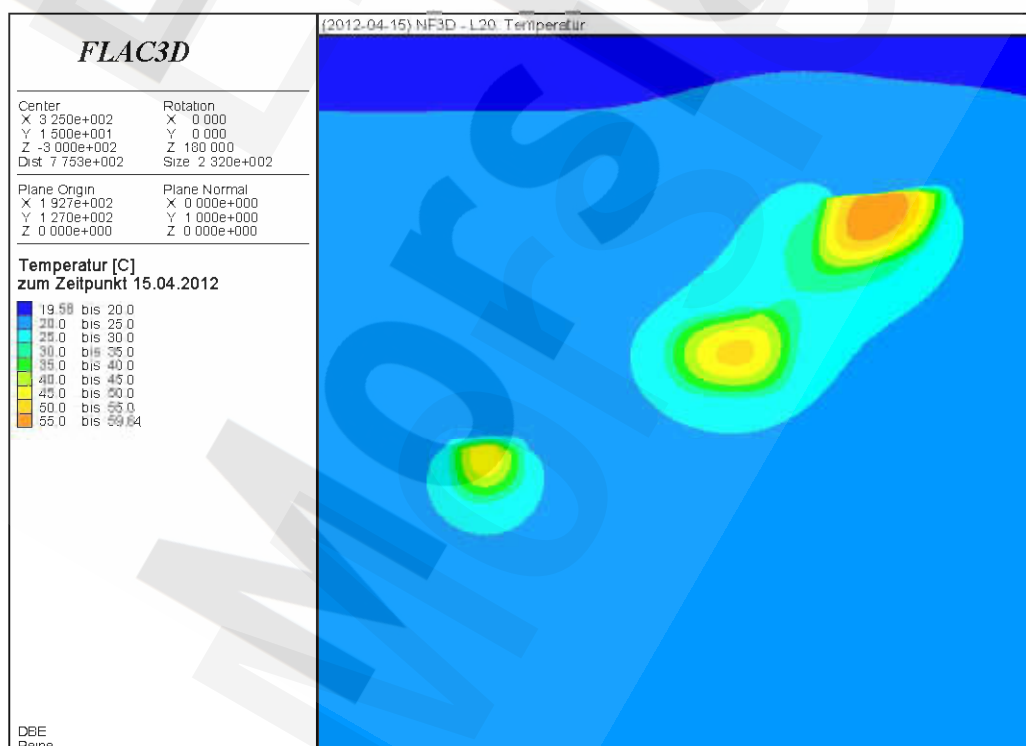
Anhang 146: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 128



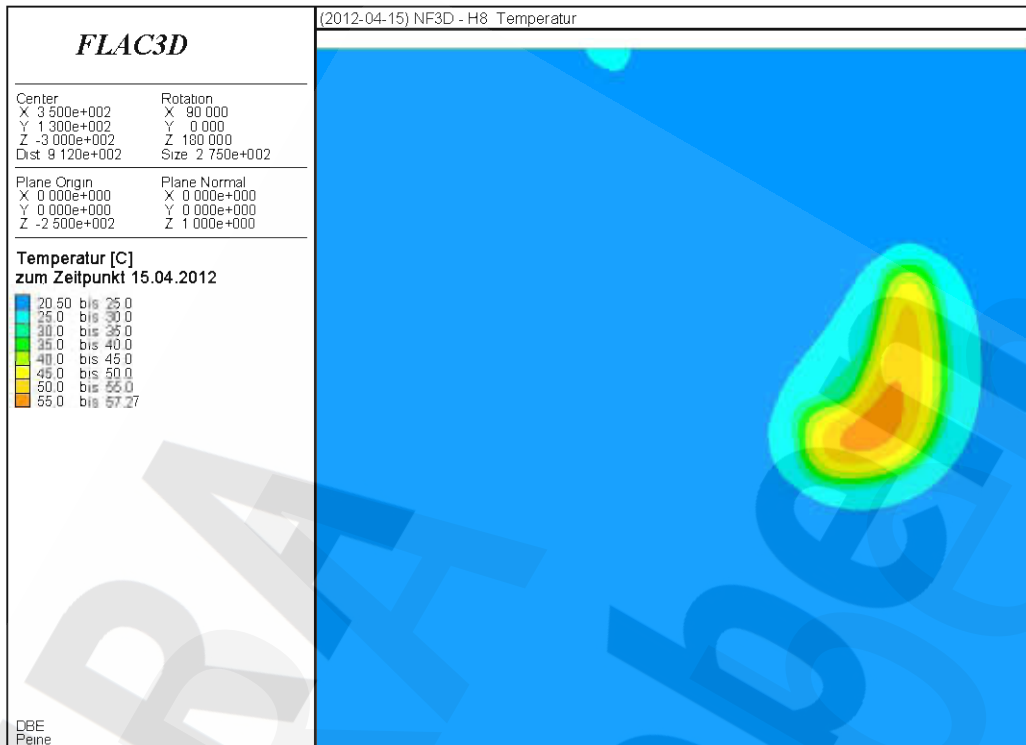
Anhang 147: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)



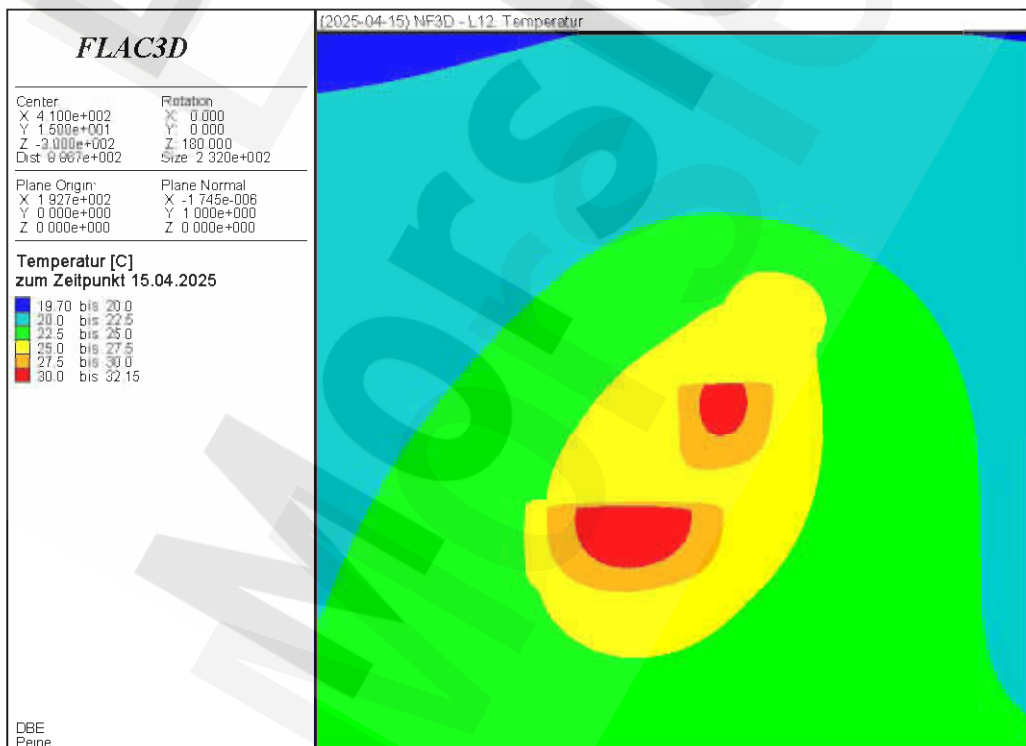
Anhang 148: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 129



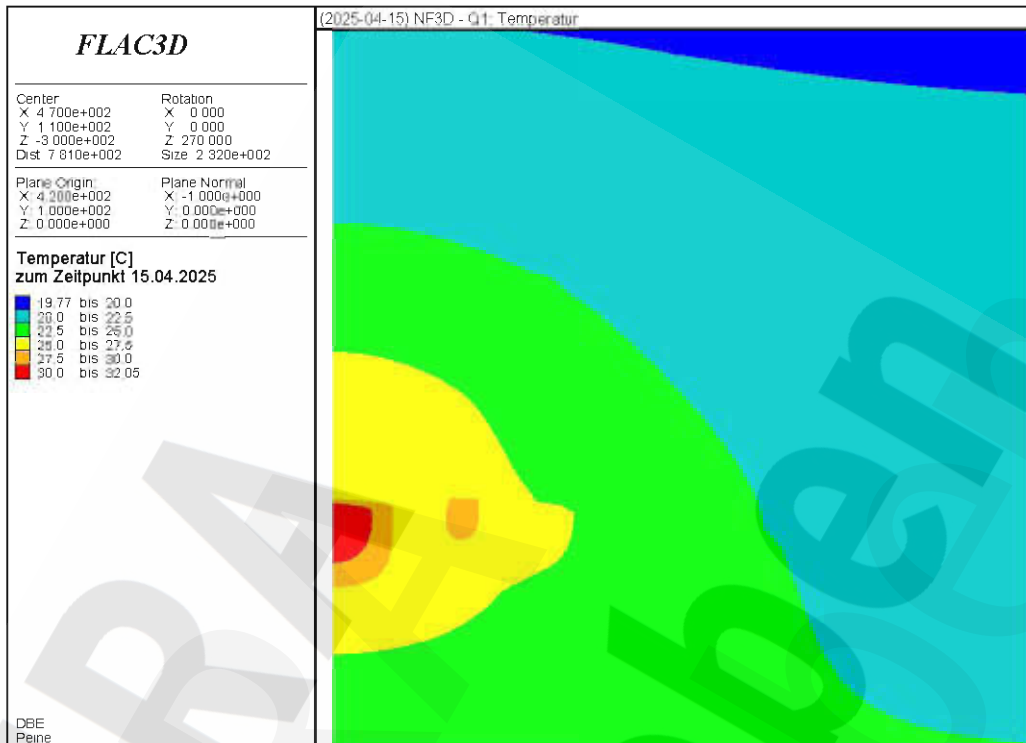
Anhang 149: Temperaturfeld [°C] ca. 2 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)



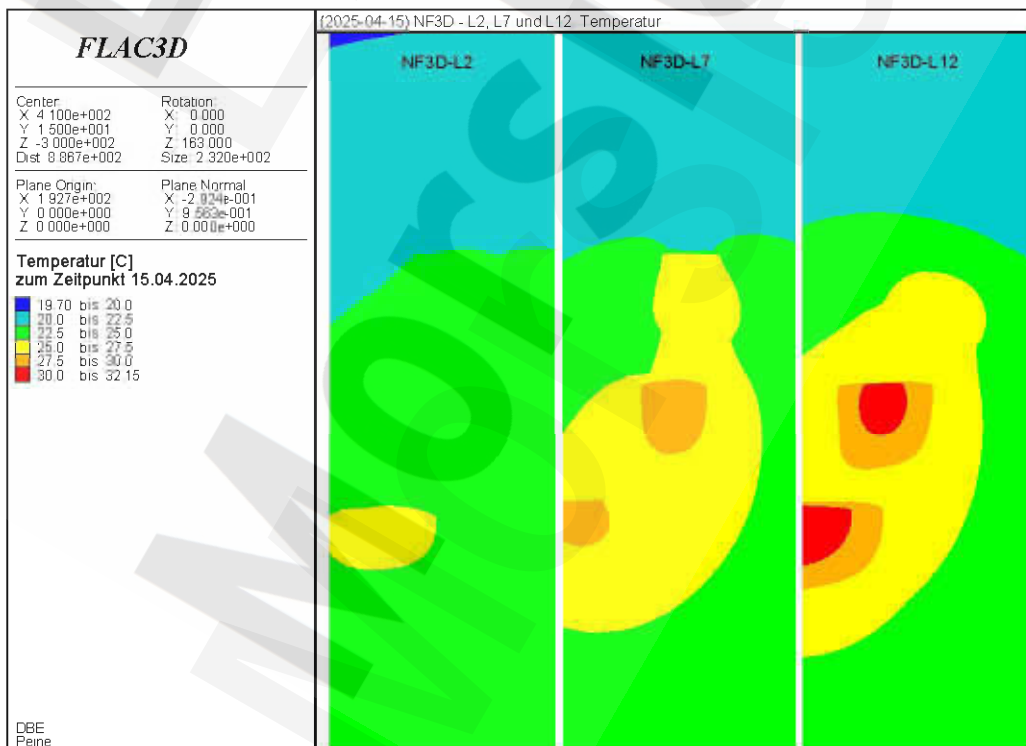
Anhang 150: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 130



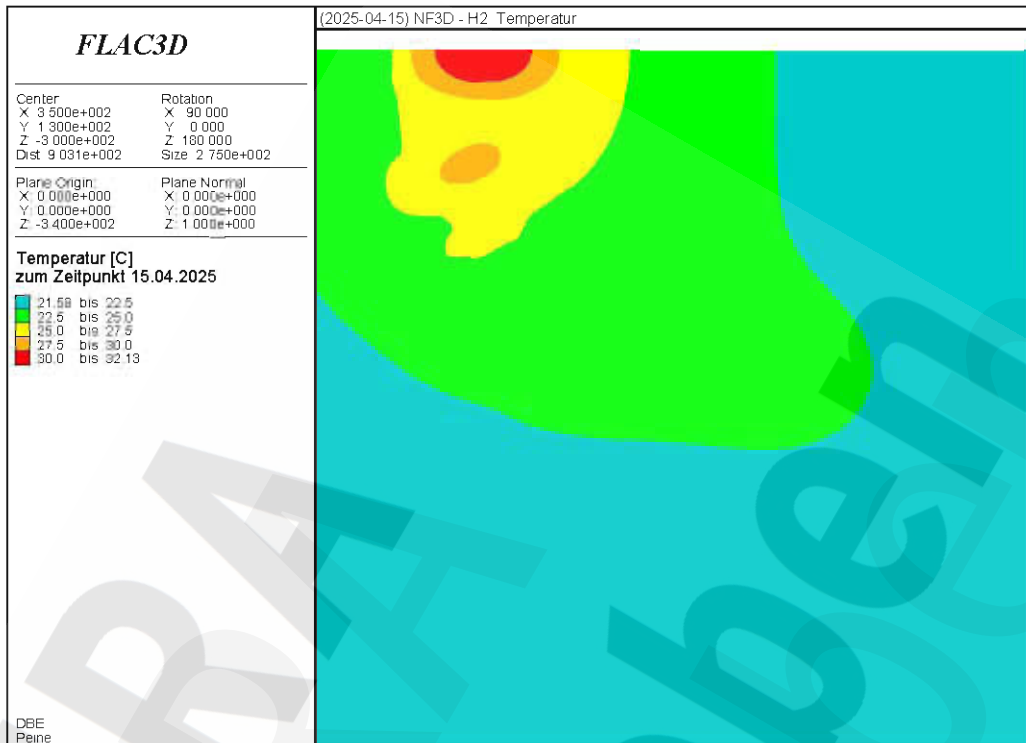
Anhang 151: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



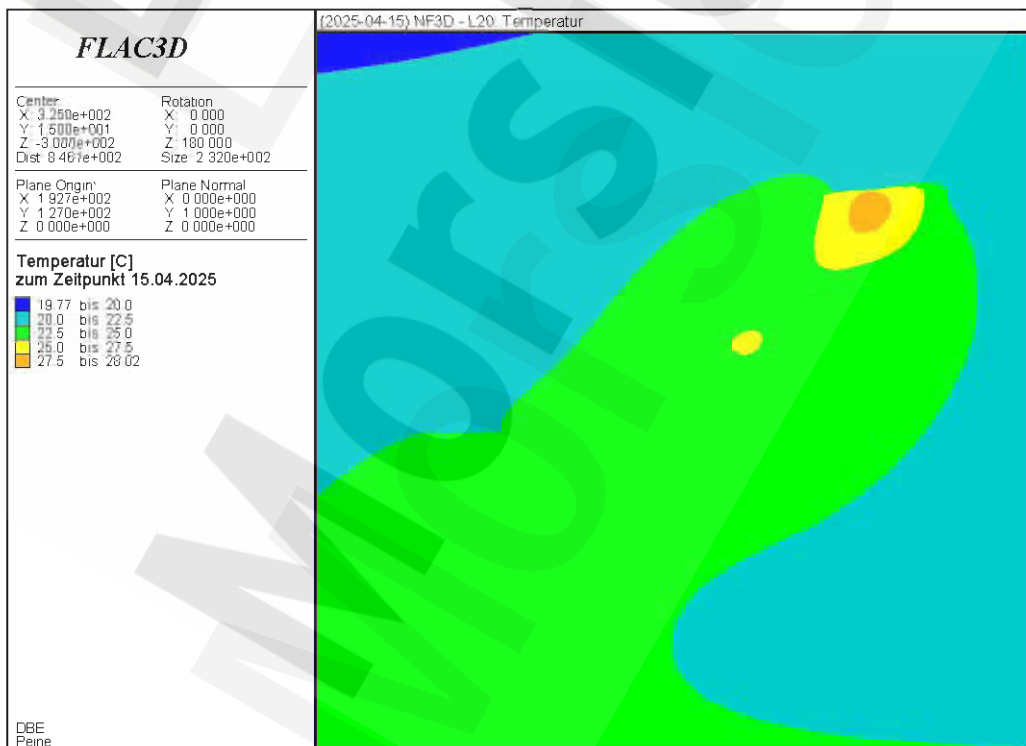
Anhang 152: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L2, L7 und L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 131



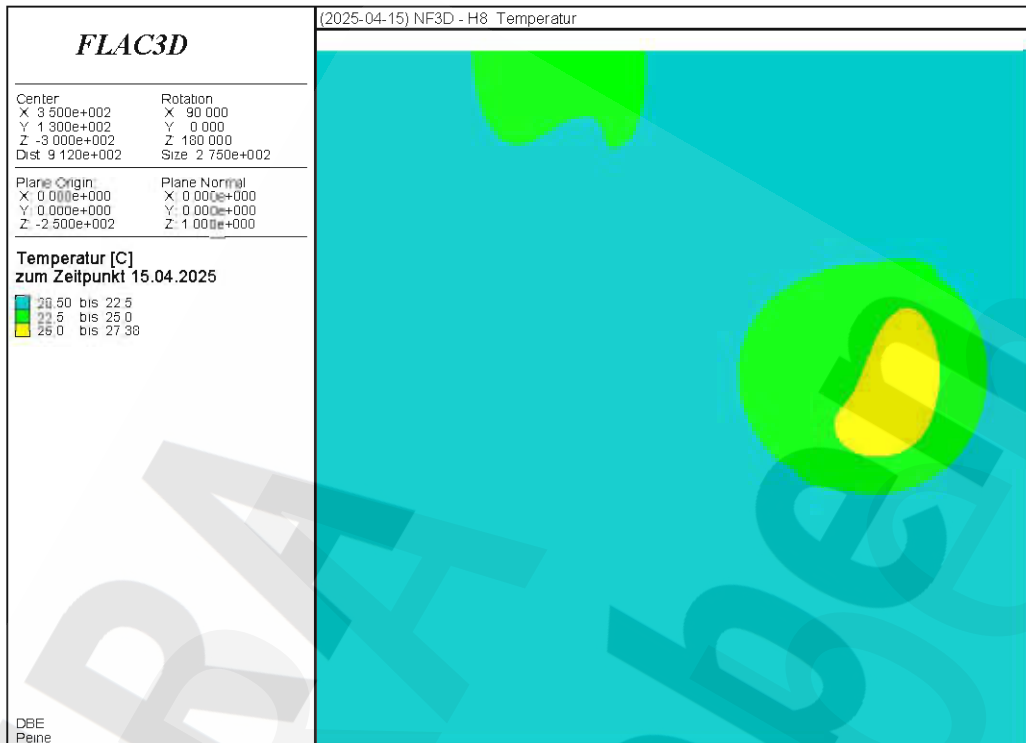
Anhang 153: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)



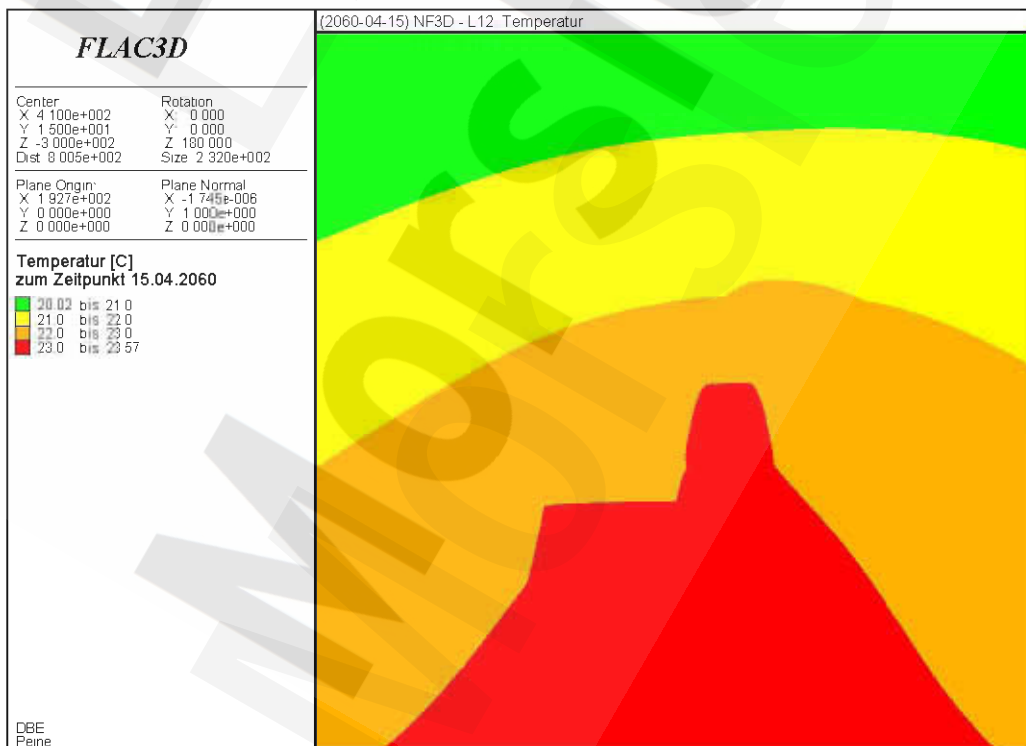
Anhang 154: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 132



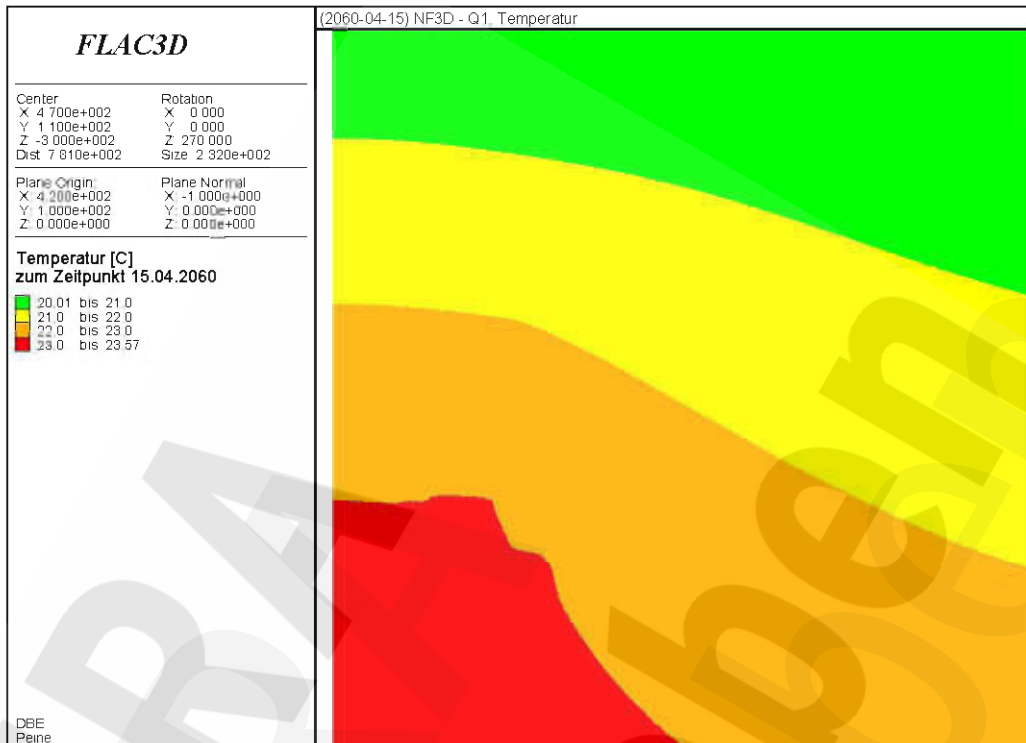
Anhang 155: Temperaturfeld [°C] ca. 15 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)



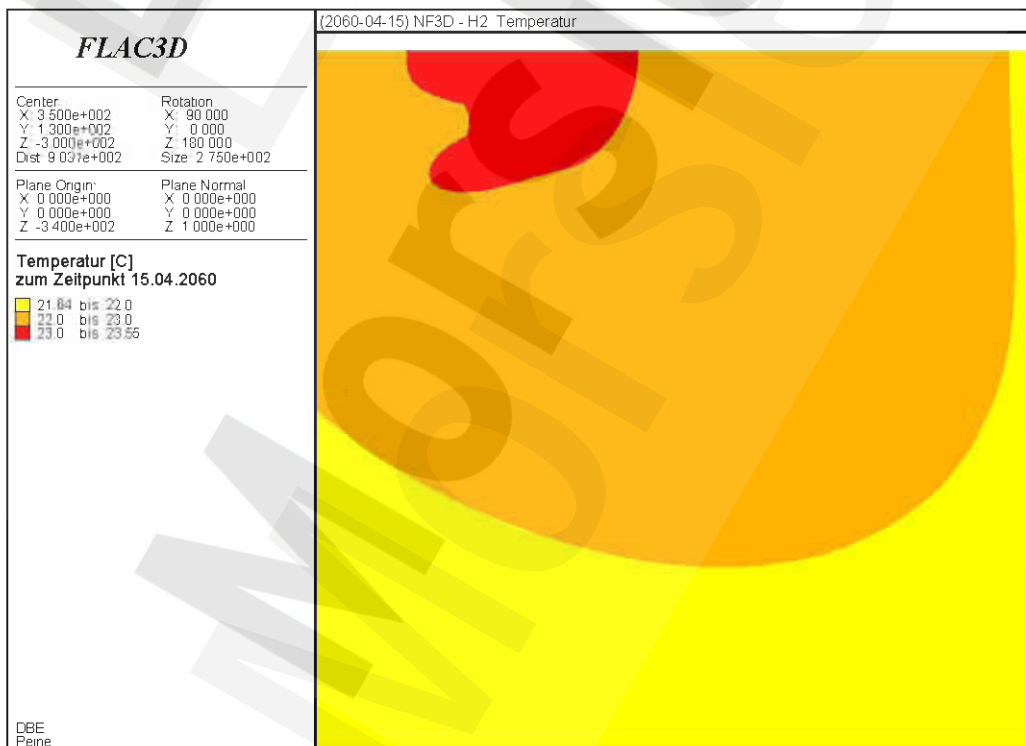
Anhang 156: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L12)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 133



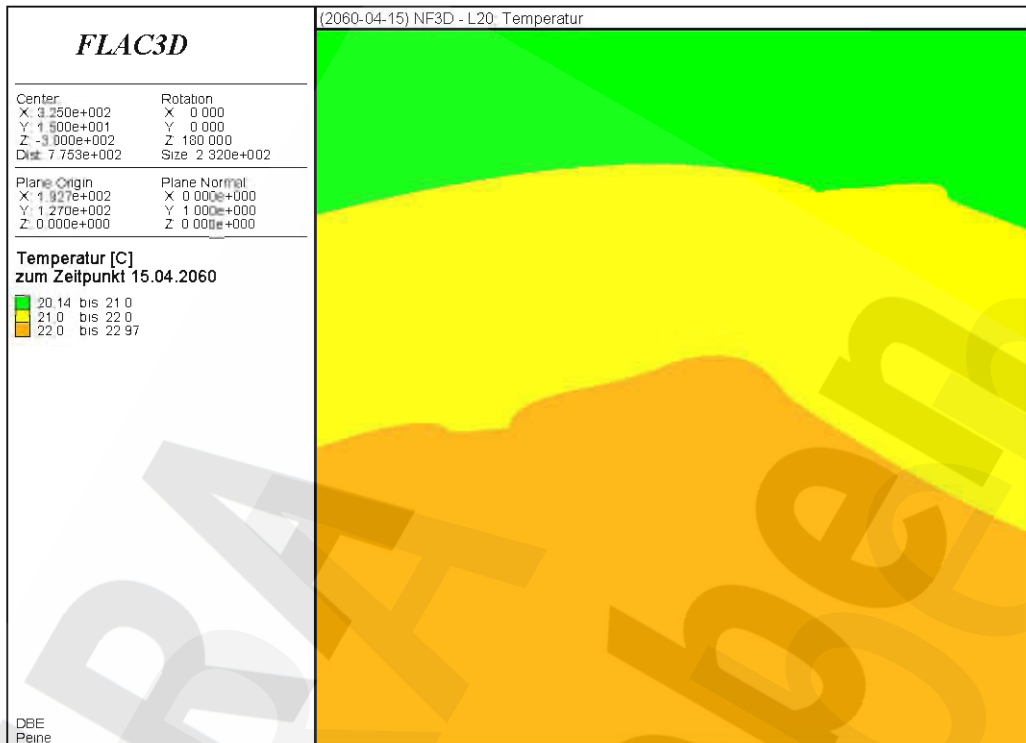
Anhang 157: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, Q1)



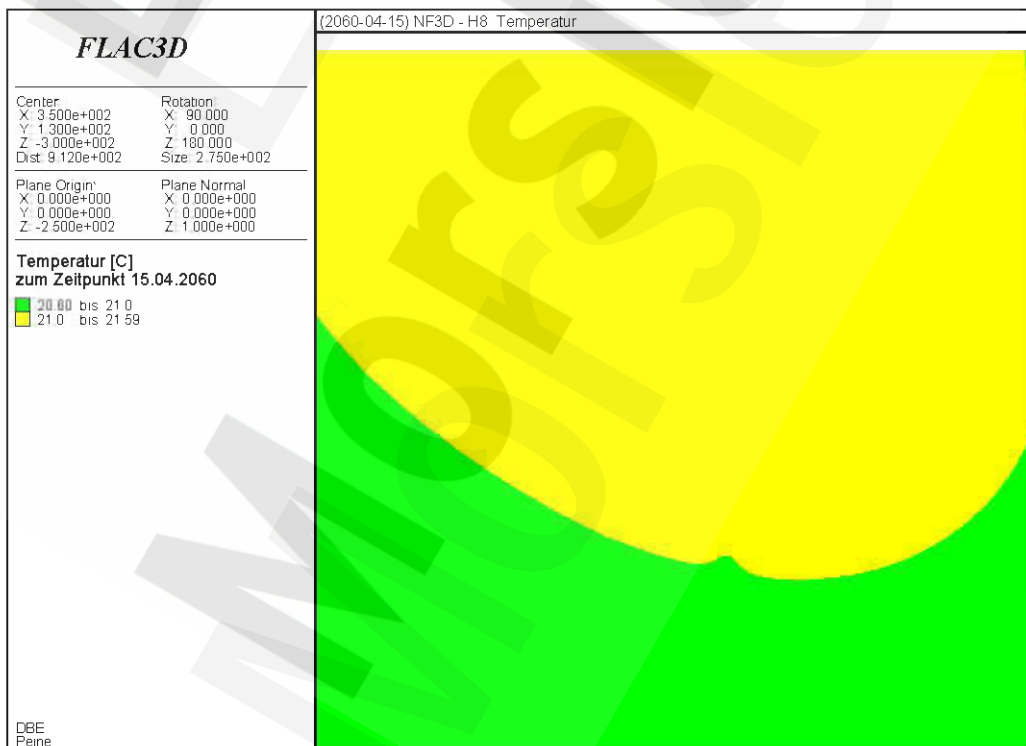
Anhang 158: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H2)

Morsleben	Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN	
	9M	22341021					GC	LD	0026	03	

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 134



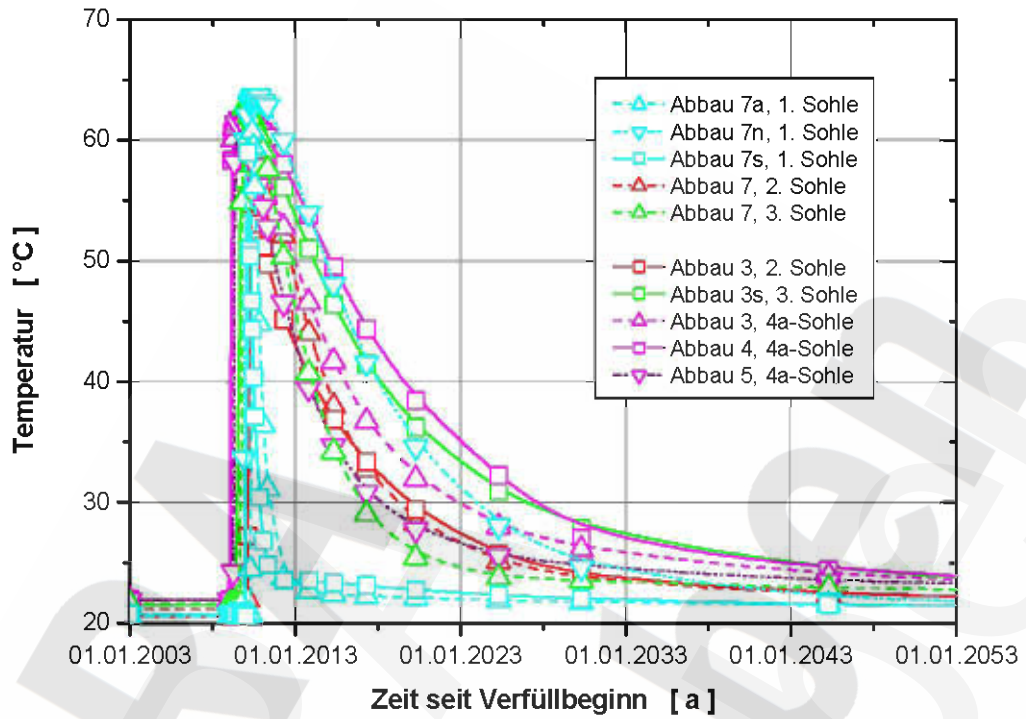
Anhang 159: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, L20)



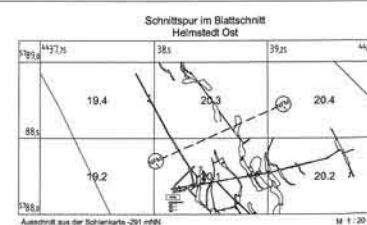
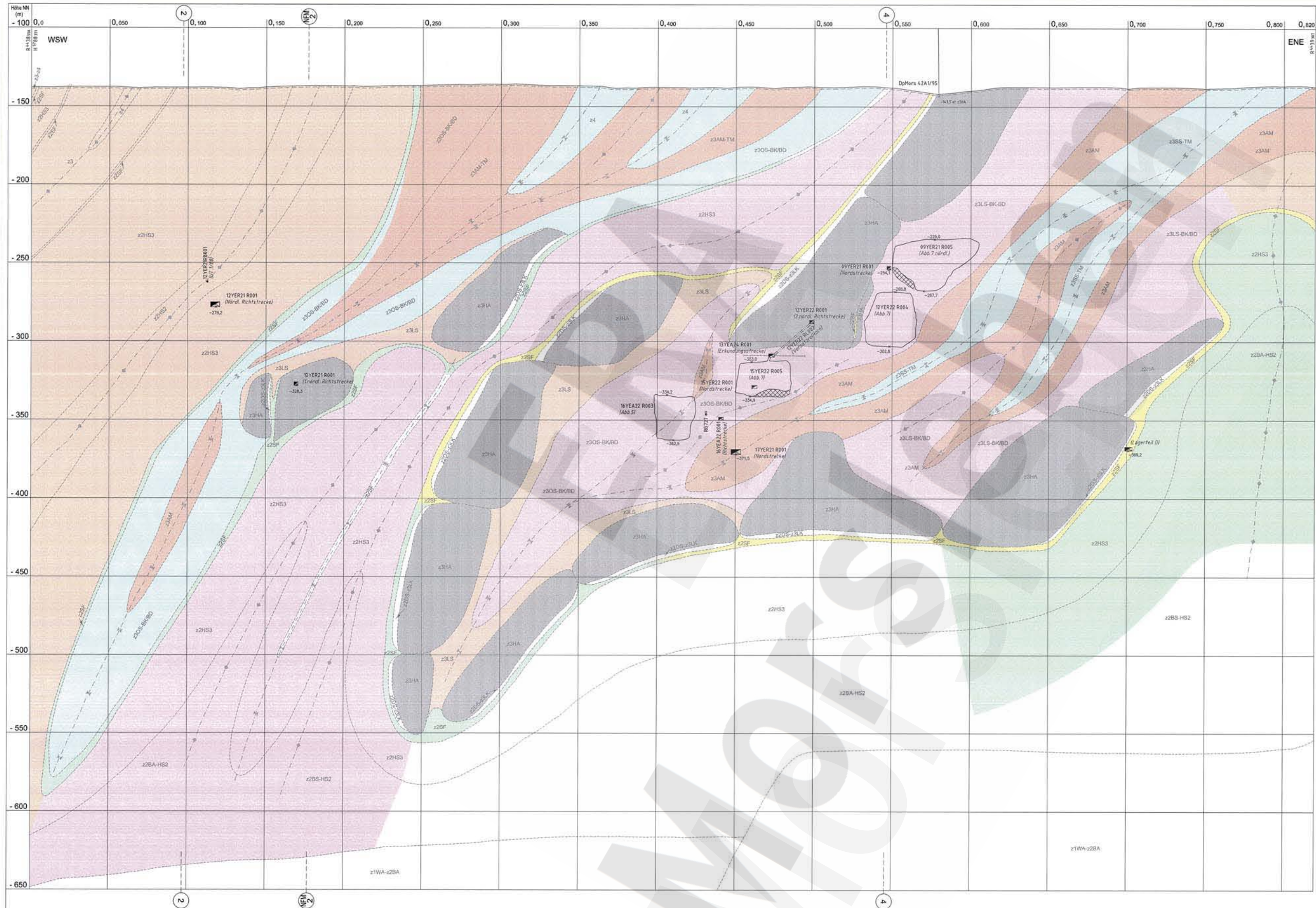
Anhang 160: Temperaturfeld [°C] ca. 50 Jahre nach Abschluss der Verfüllung der Steinsalzabbaue (NF3D, H8)

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr	Rev	DBE
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	
Morsleben	9M	22341021					GC	LD	0026	03

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubenteil Nordfeld Blatt 135



Anhang 161: Zeitabhängiges Temperaturverhalten [°C] der Maximaltemperatur in den einzelnen Betonkörpern der Steinsalzabbaue (NF)



Geologie

Spuren von Flächen nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich

Sattelachse

Muldenachse

Senke gemäß dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "30A Moränen - Einwirkung eines geringen Lagerflächensinks, Absinkensbereich" ist "2. Ordnung zum Absinkensbereich" (Grundmoräne des Westflügels der Heidehöhe im Bereich des Abbaus IV, BM 51512/218 003/003/003) und ist durch Kanalarbeitungen (Lagerstätte und Senke) in Sichtweise projiziert.

Kriechklassen

5	2	BGR-Camillit
4	1	kein Kriechen
3	0	nicht bestimmt

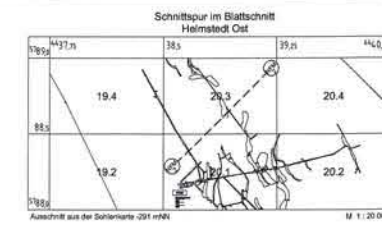
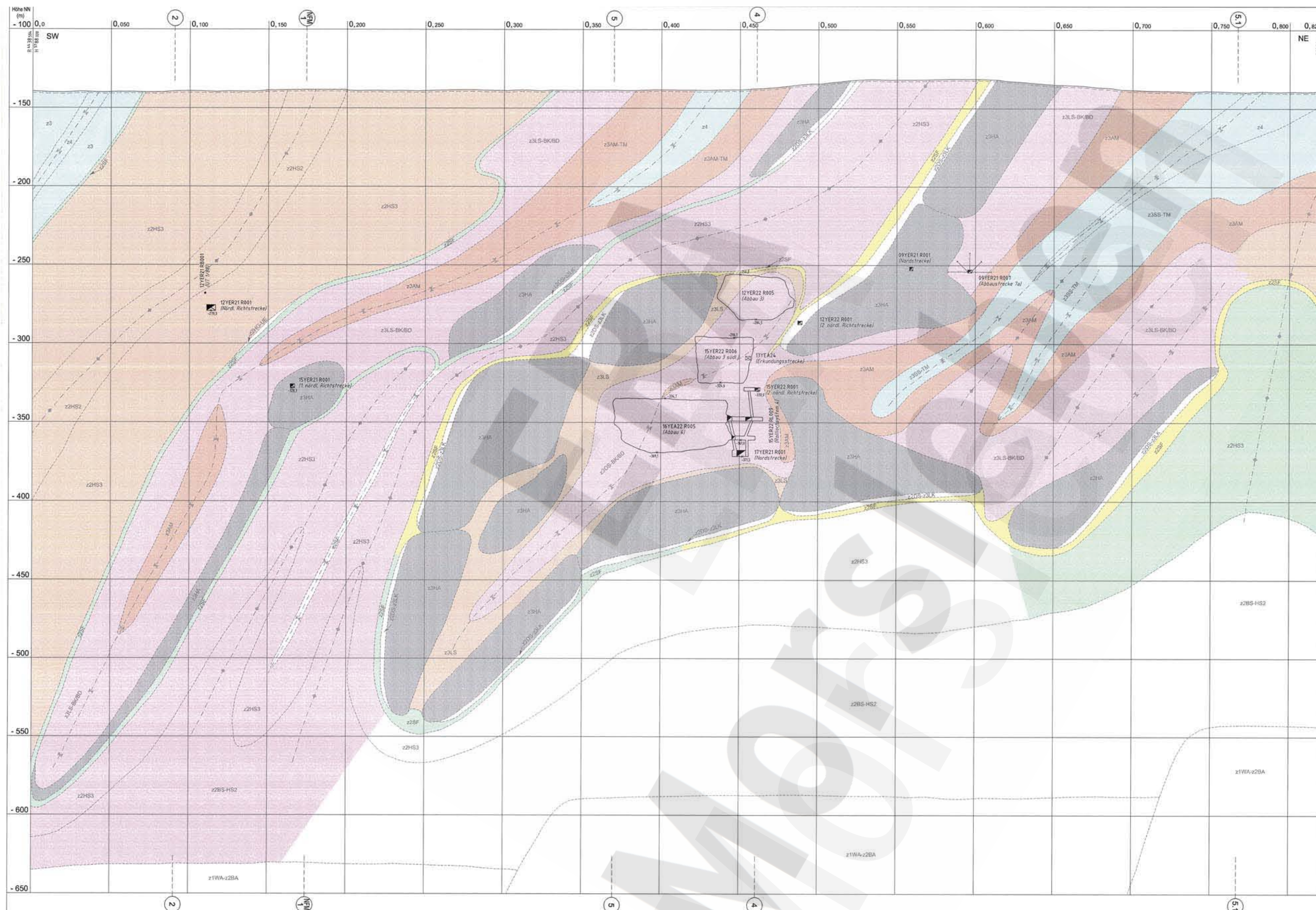
Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "30A Moränen - Einwirkung eines geringen Lagerflächensinks, Absinkensbereich" ist "2. Ordnung zum Absinkensbereich" (Grundmoräne des Westflügels der Heidehöhe im Bereich des Abbaus IV, BM 51512/218 003/003/003) und ist durch Kanalarbeitungen (Lagerstätte und Senke) in Sichtweise projiziert.

4.4.0.1028 Kriechklassen					
gep.	gepl.	gebr.	gep.	gepl.	gebr.

4.4.0.1027 Geologie					
gep.	gepl.	gebr.	gep.	gepl.	gebr.

4.3.5.1072 Sonderschnitt NFM 1					
gep.	gepl.	gebr.	gep.	gepl.	gebr.

Freigele		Freigele DBE	
Datum / Unterschrift			
Bezeichnung: ULV 327456			
BfS Bundesamt für Strahlenschutz			
Morsleben			
Projekt: Entwerfer und Zeichnungsleiter: [Name]			
gep.	gepl.	gebr.	gep.
Maßstab: 1:1000		CAD-Nr.: 33062200	
Blattgröße: 1050 X 594		DWG	
Blatt-Nr.: 1		002333	
Blatt 1 von 1 Blatt			
Klassifizierung		Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.	
Projekt	DFP-Einzel	Entwerfer	Funktion
B M			
Komponenten		Anfragen	
DBE Deutsche Gesellschaft für Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)			



Geologie

Spuren von Flächen
nicht aufgeschlossen: wahrscheinlich

Sattelachse
Muldenachse

Geologie gemäß dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "30a Morsleben - Darstellung einer geologischen Lagerstättenkarte, Abfallwirtschaft" mit 2. Anhang zum Abfallwirtschaftsplan Strukturierter Bau der Westflanke der Haupthalde im Bereich des Abbaus 14. (BGR 100/2010, BGR 100/2011) und aktuellen Kartenaufzeichnungen. Lagerstätten und Geologie in Schnittebene projiziert.

Kriechklassen

5	2	BGR-Camalit
4	1	kein Kriechen
3	0	nicht bestimmt

Kriechklassen entnommen aus dem Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: "30a Morsleben - Lagerstättenkarte und geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ. Abfallwirtschaftsplan Strukturierter Bau der Westflanke der Haupthalde im Bereich des Abbaus 14. (BGR 100/2010, BGR 100/2011) und aktuellen Kartenaufzeichnungen".

4.4.0.1031		Kriechklassen	
gepl.	21.02.01		
gegr.	23.02.01	02	29.05.02 Aktualisierung
gepr.	23.02.01	01	08.08.01 Aktualisierung
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand

4.4.0.1030		Geologie	
gepl.	18.02.01		
gegr.	05.02.01	02	28.05.02 Anpassung an Schnitt 51 und 5.
gepr.	20.02.01	01	08.08.01 Aktualisierung
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand

4.3.5.1073		Sonderschnitt NFM 2	
gepl.	01.09.01		
gegr.	22.08.01		
gepr.	19.09.01		
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand

Freigele		Freigele 081																													
Datum / Unterschrift																															
Bezeichnung																															
LULV 334 269 (Stand 08/20)																															
BfS Bundesamt für Strahlenschutz																															
Morsleben																															
Projekt																															
Datum	Name / Unterschrift	Ersteller	Zustimmender Freund																												
gepl.																															
gegr.																															
gepr.																															
Datum	Name / Unterschrift	Rev.	Stand																												
<table border="1"> <tr> <td>Maßstab</td> <td>(A3)-Nr.</td> <td>Titel</td> </tr> <tr> <td>1 : 1000</td> <td>34010000</td> <td>090922</td> </tr> <tr> <td>Stichtag</td> <td>DWG</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1050 X 600</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blatt-Nr.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0007210</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Blatt</td> <td>1</td> <td>von 1 Blatt</td> </tr> </table>				Maßstab	(A3)-Nr.	Titel	1 : 1000	34010000	090922	Stichtag	DWG		1050 X 600			Blatt-Nr.			1	0007210		Blatt	1	von 1 Blatt							
Maßstab	(A3)-Nr.	Titel																													
1 : 1000	34010000	090922																													
Stichtag	DWG																														
1050 X 600																															
Blatt-Nr.																															
1	0007210																														
Blatt	1	von 1 Blatt																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Klassifizierung</td> <td colspan="2">Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.</td> </tr> <tr> <td>Proj.-Nr.</td> <td>Proj.-Name</td> <td>Proj.-Stand</td> <td>Proj.-Datum</td> </tr> <tr> <td>9 M</td> <td></td> <td></td> <td>090922</td> </tr> <tr> <td>Kategorie</td> <td>Bezeichnung</td> <td>Zeichner</td> <td>Prüfer</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Geometrie</td> <td colspan="2">Datei</td> </tr> <tr> <td colspan="2">GB</td> <td colspan="2">TY001002</td> </tr> </table>				Klassifizierung		Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.		Proj.-Nr.	Proj.-Name	Proj.-Stand	Proj.-Datum	9 M			090922	Kategorie	Bezeichnung	Zeichner	Prüfer	A				Geometrie		Datei		GB		TY001002	
Klassifizierung		Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.																													
Proj.-Nr.	Proj.-Name	Proj.-Stand	Proj.-Datum																												
9 M			090922																												
Kategorie	Bezeichnung	Zeichner	Prüfer																												
A																															
Geometrie		Datei																													
GB		TY001002																													
Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)																															