

Unterlage 18.1

Geotechnischer Bericht

Vorhabenbezeichnung: **Neubau S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg – Bad Oldesloe**

Streckennummern/Strecken: **1120, 1249**

Planungsabschnitt: Planfeststellungsabschnitt 2
(Hamburg, Luetkensallee – Landesgrenze Freie u. Hanse-
stadt Hamburg/Schleswig-Holstein)

Bahn-km: Strecke 1120, km 56,597 bis km 47,029
Strecke 1249, Bau-km 200,000 bis Bau-km 209,567

Bearbeitet durch: DB Engineering & Consulting GmbH
Region Nord, Planung Hannover
Planung Verkehrsanlagen, I.TP-N-P-HAN(V)
Joachimstraße 8
30159 Hannover

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Scheunemann
Dipl.-Ing. Bettina Müller

Hannover, 29.09.2017

Eine auszugsweise Veröffentlichung des Berichts ohne Zustimmung des Verfassers ist nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Objektbeschreibung	11
2	Bearbeitungsunterlagen	14
3	Überblick über Morphologie, Geologie, Hydrologie	17
3.1	Morphologische Verhältnisse	17
3.2	Geologischer Überblick /Baugrundbeschreibung	18
3.3	Hydrologischer und hydrogeologische Überblick	21
4	Feldarbeiten und Laboruntersuchungen	24
4.1	Felduntersuchungen	24
4.1.1	Allgemeines	24
4.1.2	Durchführung der Felduntersuchungen	24
4.2	Laboruntersuchungen	25
5	Darstellung der Ergebnisse	27
5.1	Baugrundsichten	27
5.2	Geotechnische Eigenschaften der Baugrundsichten	27
5.3	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	31
5.4	Klassifizierung/ Baugrundmodell	36
5.5	Wasser im Baugrund	38
5.6	Grundwasseranalytik	39
5.6.1	Beton- und Stahlaggressivität	39
5.6.2	Einleitparameter	40
5.7	Charakteristische Bodenkennwerte	41
6	Geotechnische Kategorien	43
7	Schlussfolgerungen und Gründungsempfehlungen Erdbauwerke	45
7.1	Grundsätze	45
7.1.1	Anforderungen an Schutz- bzw. Tragschichten	45
7.1.2	Grundsätze bei der Bemessung auf Frost	47
7.1.3	Grundsätze bei der Bemessung auf Tragfähigkeit	48
7.1.4	Grundsätze zur Qualitätssicherung	51
7.2	Abschnittbezogene Bemessung der Tragschichten	52
7.2.1	Vorbemerkungen	52
7.2.2	Abschnitt km 56,597 bis km 55,730, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	53
7.2.3	Abschnitt km 55,730 bis km 55,060, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	54
7.2.4	Abschnitt km 55,060 bis km 54,800 Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	54
7.2.5	Abschnitt km 54,800 bis km 52,320, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	55
7.2.6	Abschnitt km 52,320 bis km 52,000, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	55
7.2.7	Abschnitt km 52,000 bis km 51,500, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	56
7.2.8	Abschnitt km 51,500 bis km 51,360, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	57

7.2.9	Abschnitt km 51,360 bis km 50,800 Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	57
7.2.10	Abschnitt km 50,800 bis km 50,570, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	58
7.2.11	Abschnitt km 50,570 bis km 50,340 Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	59
7.2.12	Abschnitt km 50,340 bis km 50,305, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	60
7.2.13	Abschnitt km 50,305 bis km 50,100 Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz	61
7.2.14	Abschnitt km 50,100 bis km 49,900, Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	62
7.2.15	Abschnitt km 49,900 bis km 49,450, Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	62
7.2.16	Abschnitt km 49,450 bis km 49,240 Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	63
7.2.17	Abschnitt km 49,240 bis km 48,810, Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	64
7.2.18	Abschnitt km 48,810 bis km 48,270 Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	65
7.2.19	Abschnitt km 48,270 bis km 48,020 Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	66
7.2.20	Abschnitt km 48,020 bis km 47,890 Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	67
7.2.21	Abschnitt km 47,890 bis km 47,620 Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	68
7.2.22	Abschnitt km 47,620 bis km 47,029 Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	68
7.2.23	Abschnitt km 56,597 bis km 56,200 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	70
7.2.24	Abschnitt km 56,200 bis km 55,730 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	71
7.2.25	Abschnitt km 55,730 bis km 55,060 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	71
7.2.26	Abschnitt km 55,060 bis km 54,800 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	72
7.2.27	Abschnitt km 54,800 bis km 53,700 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	72
7.2.28	Abschnitt km 53,700 bis km 53,100 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	72
7.2.29	Abschnitt km 53,100 bis km 52,250 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	73
7.2.30	Abschnitt km 52,250 bis km 52,000 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	73
7.2.31	Abschnitt km 52,000 bis km 51,520 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	74
7.2.32	Abschnitt km 51,520 bis km 51,370 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	74

7.2.33	Abschnitt km 51,370 bis km 51,070 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	75
7.2.34	Abschnitt km 51,070 bis km 50,800 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	76
7.2.35	Abschnitt km 50,800 bis km 50,570 Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	77
7.2.36	Abschnitt km 50,570 bis km 50,360, Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	78
7.2.37	Abschnitt km 50,360 bis km 50,320, Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	78
7.2.38	Abschnitt km 50,320 bis km 50,200, Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	79
7.2.39	Abschnitt km 50,200 bis km 50,100, Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	79
7.2.40	Abschnitt km 50,100 bis km 47,029, Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook	80
7.2.41	Abschnitt km 56,597 bis km 56,180 Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	80
7.2.42	Abschnitt km 56,180 bis km 55,680, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	81
7.2.43	Abschnitt km 55,680 bis km 55,080, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	82
7.2.44	Abschnitt km 55,080 bis km 54,000, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	83
7.2.45	Abschnitt km 54,000 bis km 53,140, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	84
7.2.46	Abschnitt km 53,140 bis km 52,870, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	85
7.2.47	Abschnitt km 52,870 bis km 51,980, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	86
7.2.48	Abschnitt km 51,980 bis km 51,300, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	87
7.2.49	Abschnitt km 51,300 bis km 50,870, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	88
7.2.50	Abschnitt km 50,870 bis km 50,500, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	88
7.2.51	Abschnitt km 50,500 bis km 50,325, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	89
7.2.52	Abschnitt km 50,325 bis km 50,285 Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	90
7.2.53	Abschnitt km 50,285 bis km 50,150, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf	91
7.2.54	Abschnitt km 50,150 bis km 49,750, Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf	91
7.2.55	Abschnitt km 50,304 bis km 50,100, Strecke 1120, Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	92
7.2.56	Abschnitt km 50,100 bis km 49,750, Strecke 1120, Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf	93
7.3	Empfehlungen für die Herstellung der Erdbauwerke	93

7.3.1	Baugrundverbesserungen	93
7.3.2	Dammverbreiterungen	98
7.3.3	Einschnittsverbreiterungen	100
7.3.4	Verschwenkungsbereiche	100
7.3.5	Nachweise der Standsicherheit und der Verformungen für Erdbauwerke	101
7.4	Bewertung der dynamischen Stabilität /Empfehlungen	103
7.5	Empfehlungen für die Bahnkörperentwässerung	105
8	Schlussfolgerungen und Gründungsempfehlungen Ingenieurbauwerke	111
8.1	Flächengründung	111
8.2	Tiefgründungen	113
8.3	Baugruben, Verankerungen	114
8.4	Trockenhaltung der Baugruben	117
8.5	Rammpbarkeit	117
9	Gründungsempfehlungen Lärmschutzwände	119
9.1	Allgemeines	119
9.2	Bemessung der Gründung	120
10	Gründungsempfehlungen Hochbauten	123
10.1	Allgemeines	123
10.2	Gründungsempfehlung	123
10.3	Gebäudeentwässerung	124
11	Empfehlungen Straßen/Wege	125
11.1	Allgemeines	125
11.2	Baugrundverhältnisse	125
11.3	Bemessung der Tragschichten	127
11.4	Planung Unterbau/Untergrund	128
11.5	Grundsätze zur Qualitätssicherung	129
12	Kabeltiefbau	130
12.1	Allgemeines	130
12.2	Schächte	130
12.3	Kabeltrassen	130
12.4	Kabelquerungen	130
13	Sonstiges	132
13.1	Bautechnische Hinweise	132
13.2	Ergänzende Baugrunduntersuchungen	132
Anhang 1:	SÜ Holstenhofweg, km 56,327	134
Anhang 2:	EÜ (F) Rahlau, km 55,332	136
Anhang 3:	EÜ Tonndorfer Hauptstraße, km 54,801	139
Anhang 4:	EÜ Sonnenweg, km 54,448 (Strecke 1120)	142
Anhang 5:	EÜ (F) Am Pulverhof, km 53,371	144
Anhang 6:	EÜ Tonndorfer Weg, km 53,308	147
Anhang 7:	EÜ Wandse, km 52,991	150
Anhang 8:	EÜ Amtsstraße, km 51,820	153
Anhang 9:	EÜ (F) Rahlstedt West, km 51,757	156
Anhang 10:	EÜ (F) Rahlstedt Ost, km 51,583	159
Anhang 11:	EÜ (Wandse, km 51,164	162

Anhang 12: EÜ Delingsdorfer Weg, km 50,531	165
Anhang 13: SÜ Höltigbaum, km 50,321	167
Anhang 14: EÜ Wandse, km 50,228	170
Anhang 15: EÜ Stellmoorer Quellfluß, km 47,800	172
Anhang 16: PÜ Nornenweg, km 47,433	175
Anhang 17: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 56,597 - km 56,200	177
Anhang 18: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 56,200 - km 55,730	178
Anhang 19: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 55,060 - km 54,800	179
Anhang 20: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 53,700 - km 53,100	180
Anhang 21: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 52,250- km 52,000	181
Anhang 22: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 52,000 - km 51,520	182
Anhang 23: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 51,520 - km 51,370	183
Anhang 24: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 51,370 - km 51,070	184
Anhang 25: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 51,070 - km 50,800	185
Anhang 26: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 50,800 - km 50,570	186
Anhang 27: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 50,570 - km 50,360	187
Anhang 28: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 50,320 - km 50,200	188
Anhang 29: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 50,200 - km 50,100	189
Anhang 30: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 56,597 - km 55,730	190
Anhang 31: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 55,060 - km 54,800	191
Anhang 32: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 52,320 - km 52,000	192
Anhang 33: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 52,000 - km 51,500	193
Anhang 34: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 51,500 - km 51,360	194
Anhang 35: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 51,360 - km 50,800	195
Anhang 36: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 50,800 - km 50,570	196
Anhang 37: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 50,570 - km 50,350	197
Anhang 38: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 50,350 - km 50,310	198

Anhang 39:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, km 50,310 - km 50,100	199
Anhang 40:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 50,100 - km 49,900	200
Anhang 41:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 49,900 - km 49,450	201
Anhang 42:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 49,450 - km 49,240	202
Anhang 43:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 49,240 - km 48,810	203
Anhang 44:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 48,810 - km 48,270	204
Anhang 45:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 48,270 - km 48,020	205
Anhang 46:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 48,020 - km 47,890	206
Anhang 47:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 47,890 - km 47,620	207
Anhang 48:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz u. Gleis Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook, km 47,620 - km 47,029	208
Anhang 49:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 56,597 - km 56,180	209
Anhang 50:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 56,180 - km 55,680	210
Anhang 51:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 55,680 - km 55,080	211
Anhang 52:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 55,080 - km 54,000	212
Anhang 53:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 54,000 - km 53,140	213
Anhang 54:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 53,140 - km 52,870	214
Anhang 55:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 52,870 - km 51,980	215
Anhang 56:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 51,980 - km 51,300	216
Anhang 57:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 51,300 - km 50,870	217
Anhang 58:	Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 50,870 - km 50,500	218

Anhang 59: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 50,500 - km 50,325	219
Anhang 60: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 50,325 - km 50,285	220
Anhang 61: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf, km 50,285 - km 50,150	221
Anhang 62: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf, km 50,150 - km 49,750	222
Anhang 63: Bemessung Tragschichtsystem Strecke 1120, Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 50,304 - km 50,100	223

Unterlagenverzeichnis

Unterlage	Bezeichnung	Blatt
18.2	Übersichtsplan	2
18.3	Lage- und Aufschlusspläne	12
18.4	Aufschlusstabelle	16
18.5	Baugrundprofile u. Sondierdiagramme	79
18.6	Bodenmechanische Laborversuche	
18.6.1	Zusammenstellung Laborergebnisse	12
18.6.2	Korngrößenverteilungen	481
18.6.3	Fließ- u. Ausrollgrenzen	154
18.6.4	Bestimmung der Korndichten	5
18.6.5	Bestimmung der Dichte des Bodens	14
18.6.6	Eindimensionaler Kompressionsversuch	20
18.6.7	Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit	4
18.6.8	Bestimmung der Scherfestigkeit	
18.6.8.1	Bestimmung der Scherfestigkeit (DIN 18137-DSR)	8
18.6.8.2	Bestimmung der Scherfestigkeit (DIN 18137-2-CU)	19
18.6.8.3	Laborflügelsondierung	1
18.7	Sonstige Laborversuche	
18.7.1	Prüfberichte Betonaggressivität	22
18.7.2	Prüfberichte Stahlkorrosivität	49
18.7.3	Zusammenstellung Einleitparameter	1

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Streckenstandard aus betrieblicher Aufgabenstellung	11
Tabelle 2	Entwurfsgeschwindigkeiten Strecke 1120	12
Tabelle 3	Zusammenstellung Ingenieurbauwerke	12
Tabelle 4	Geotechnische Kennwerte der Auffüllungen	28
Tabelle 5	Geotechnische Kennwerte weit bis intermittierend gestufter Sande	28
Tabelle 6	Geotechnische Kennwerte des Geschiebelehmes (Grenzwerte / Grundwerte)	29
Tabelle 7	Geotechnische Kennwerte des Geschiebemergels (Grenzwerte / Grundwert)	30
Tabelle 8	Geotechnische Kennwerte der Weichschichten	31
Tabelle 9	Laborergebnisse Auffüllungen	32
Tabelle 10	Laborergebnisse Schmelzwassersande	33
Tabelle 11	Laborergebnisse Geschiebelehm, -mergel	34
Tabelle 12	Zusammenstellung der Steifemoduli aus eindimensionalem Kompressionsversuch	34
Tabelle 13	Laborergebnisse Beckenton	35
Tabelle 14	Laborergebnisse Beckenschluff	36
Tabelle 15	Laborergebnisse organische/organogene Böden	36
Tabelle 16	Betonangriffsgrad und Korrosionswahrscheinlichkeit von Grundwasserproben	40
Tabelle 17	Charakteristische Bodenkennwerte	42
Tabelle 18	Anforderungen an den Unterbau/Untergrund Strecke 1249 (Neubau)	46
Tabelle 19	Anforderungen an den Unterbau/Untergrund für Gleisen mit max. $v = 80$ km/h	46
Tabelle 20	Richtgrößen für den Berechnungsmodul E_H	48
Tabelle 21	Zusammenstellung der Maßnahmen zur Baugrundverbesserung	96
Tabelle 22	Regelneigungen für Dämme und Einschnitte in Lockergesteinsböschungen an Eisenbahnstrecken (aus [U 14])	102
Tabelle 23	Zusammenstellung der Erdbauwerke mit Zuordnung in die GK 2	103
Tabelle 24	Rammpbarkeit von natürlichen Böden	118
Tabelle 25	Lärmschutzwände im PFA 2 (Stationierung Stand 29.07.2016)	119
Tabelle 26	Charakteristische Kennwerte für die Pfahlbemessung gerammter Fertigpfähle (ohne Berücksichtigung der Modellfaktoren)	121

1 Aufgabenstellung und Objektbeschreibung

Die Maßnahme S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg – Bad Oldesloe beinhaltet den Neubau einer systemeigenen S-Bahn-Linie zwischen Hamburg und Bad Oldesloe über Ahrensburg und Bargteheide. Zwischen Hamburg-Hasselbrook und Ahrensburg-Gartenholz ist dazu der Bau einer neuen Infrastruktur (Strecke 1249) erforderlich. Zwischen Ahrensburg und Bad Oldesloe (Strecke 1120) wird die vorhandene Infrastruktur genutzt. In diesem Abschnitt werden punktuelle Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der Infrastruktur durchgeführt. Die Maßnahme dient der Verbesserung der Nahverkehrsverbindung im Nordosten von Hamburg und der Region nordöstlich von Hamburg und soll zur Entlastung des Hamburger Hauptbahnhofs beitragen. Ferner sollen auf der bestehenden Fernbahnstrecke die erforderlichen Kapazitäten für die Aufnahme der prognostizierten Steigerungen im Güterverkehr geschaffen werden. Die Maßnahme wird in drei Planfeststellungsabschnitte (PFA) und mehrere Einzelmaßnahmen gegliedert. Aus der betrieblichen Aufgabenstellung V4.2 vom 15.08.2014 wurden die in der Tabelle 1 angegebenen Höchstgeschwindigkeiten (Hg) entnommen, die für die Bemessung der Verkehrsanlagen maßgebend sind.

Tabelle 1 Streckenstandard aus betrieblicher Aufgabenstellung

Strecke (VzG)	Streckenabschnitt	Streckenstandard/TEN	Netztyp [V/L/R], [H/N]	Anzahl Gleise	Hg [km/h]	Bremsweg-abstand	Ol [J/N]	ZF [J/N]	In-dusii/PZ B [J/N]
1120	Lübeck Hbf – Hamburg Hbf	M 160 / TEN-konventionell (V-M)	L, H	2	160	1000	J	J	J
1249	Hasselbrook – Holstenhofweg	P160l / no-TEN	V, H	2	100	S-Bahn Hmb	Strom-schiene	J	J
1249	Holstenhofweg – Rahlstedt	P160l / no-TEN	V, H	2	100	700 m	J	J	J
1249	Rahlstedt – Ahrensburg	P160l / no-TEN	V, H	2	140	1000 m	J	J	J
1294	Ahrensburg – Bargteheide	P160l / no-TEN	V, H	1	140	1000 m	J	J	J

Legende: V/L/R: Vorrang- / Leistungs- / Regionalnetz
 H/N: Haupt- / Nebenbahn
 Hg: Höchstgeschwindigkeit
 Ol: Oberleitung
 ZF: Zugfunk GSM-R
 PZB: punktförmige Zugbeeinflussung

Für die Strecke 1120 sind gemäß Vorplanung die in der Tabelle 2 enthaltenen Entwurfsgeschwindigkeiten bei der Planung zu berücksichtigen. Für das Gleis 2 in Wandsbek (Richtungsgleis Hamburg – Ahrensburg-Gartenholz) zwischen km 57,287 bis 56,700 wurde abweichend von der Vorplanung eine Geschwindigkeitserhöhung von 130 km/h auf 140 km/h als Planungsgrundlage festgelegt.

Tabelle 2 Entwurfsgeschwindigkeiten Strecke 1120

Abschnitt*	Strecke 1120 Ve= Richtung Hamburg
km 47,029 – km 56,300	140 km/ h
km 56,300 – km 59,600	120 km/h
km 59,600 – km 59,700	100 km/h

*Kilometrierung von Lübeck nach Hamburg

Abschnitt*	Strecke 1120 Ve= Richtung Lübek
km 47,029 – km 56,700	140 km/ h
km 56,700 – km 57,300	130 km/h
km 57,300 – km 59,600	120 km/h
km 59,600 – km 59,700	100 km/h

*Kilometrierung von Lübeck nach Hamburg

Gegenstand dieses 1. Berichtes ist die Beschreibung der Baugrundverhältnisse und die Erarbeitung von Gründungsvorschlägen für die Verkehrsanlagen der Strecken 1120, 1249 ferner für die Ingenieurbauwerke, die Gebäude und für die Lärmschutzwände für die Planungsphase Entwurfsplanung.

Im PFA 2 zwischen km 56,597 und km 47,029 sind u.a. folgende Bauwerke zu bearbeiten:

Tabelle 3 Zusammenstellung Ingenieurbauwerke

Strecke 1120	Bauwerksbezeichnung
56,327	Ersatzneubau SÜ Holstenhofweg
55,332	Neubau EÜ Fußweg Rahlau (Rahmenbauwerk)
54,801	EÜ Tonndorfer Hauptstraße (Neubau Stabbogenbrücke)
≈54,448	EÜ Sonnenweg (Neubau Stabbogenbrücke)
≈53,371	Verlängerung PU Am Pulverhof (Rahmenbauwerk)
53,008	Verlängerung EÜ Tonndorfer Weg (Rahmenbauwerk)
52,991	Ersatzneubau EÜ Wandse Bachlauf
51,820	Neubau EÜ Amtsstraße
51,729	EÜ(F) Rahlstedt-West (Rahmenbauwerk)
≈51,553	EÜ (F) Rahlstedt-Ost (Rahmenbauwerk)
51,164	Ersatzneubau EÜ Wandse Bachlauf
50,531	Verlängerung EÜ(F) Delingsdorfer Weg (Rahmenbauwerk)
50,321	SÜ Höltigbaum (Anprallbauwerk u. Böschungssicherung vor Widerlager)
50,228	EÜ Wandse Bachlauf (Rahmenbauwerk)
49,281	SÜ Dassauweg (Berührungsschutz)

Fortsetzung Tabelle 3

Strecke 1120	Bauwerksbezeichnung
47,800	Ersatzneubau EÜ Stellmoorer Quellfluss
≈47,433	Neubau SÜ Nornenweg

Die in der Tabelle 3 zusammengestellten Ingenieurbauwerke werden im Zuge der Maßnahme neu gebaut bzw. erweitert.

Ferner werden Lärmschutzwände (Außen- und Mittellage) mit einer Länge von mehreren Kilometern neu errichtet, neue Stützbauwerke gebaut und diverse Durchlässe verlängert.

Alle Kilometerangaben im vorliegenden Bericht beziehen sich auf die derzeit gültige und in den Ivl-Plänen dargestellte Stationierung der Strecke 1120, die den Bestand dokumentiert. Ein Bezug auf Baukilometer der geplanten Strecke ist nicht praktikabel, da das Einmessen der Bohrpunkte im Bahnkörperquerschnitt nur auf vorhandene Festpunkte und Anlagen (z.B. in Längsrichtung auf Fahrleitungsmaste und Abstände auf vorhandene Gleise) üblich ist. Durch das Hinterlegen des Bestandes (in grauer Farbe) in den aktuellen Planunterlagen kann der Bezug zur Stationierung der geplanten Strecke 1249 hergestellt werden.

2 Bearbeitungsunterlagen

- [U 1] Betriebliche Aufgabenstellung V4.2 vom 15.08.2014
- [U 2] Schüßler Plan. S4 (Ost) Hamburg-Hasselbrook - Bargteheide. Vorentwurfsplanung Los Hamburg, Gesamterläuterungsbericht und Anlagen. Hamburg, Stand: 15.04.2014
- [U 3] GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER GbR. Ausbau/Neubau der S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg - Bad Oldesloe, Los Hamburg, Strecke 1249: Hamburg-Hasselbrook - Bargteheide, Bericht Generelle Baugrundbeurteilung auf der Grundlage vorhandener Unterlagen. Hamburg, den 24. September 2012
- [U 4] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg. Lärmschutzwand Bullenbarg, 48,875 - km 49,135, l.d.B.. Berlin, 13.01.2010
- [U 5] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Schallschutzwände Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf., Parschimer Straße, km 50,350 bis 51,565, l.d.B., Birrenkovenallee, km 50,450 bis km 51,800, r.d.b.. Berlin, 08.12.2009
- [U 6] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Schallschutzwände Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg , Lärmschutzwand Parkstieg, km 51,840 bis 52,220, l.d.B.. Berlin, 14.01.2010
- [U 7] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg. Lärmschutzwand Scharbeutzer Straße, km 52,370 - 52,600, r.d.B.. Berlin, 14.01.2010
- [U 8] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg. Lärmschutzwand Bargteheider Straße, km 52,985 - 53,140, l.d.B.. Berlin, 13.01.2010
- [U 9] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg. Lärmschutzwand Tonnendorfer Weg, km 51,840 - 52,220, l.d.B.. Berlin, 13.01.2010
- [U 10] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg. Lärmschutzwand Küperkoppel, km 53,400 - 54,020, l.d.B., Lärmschutzwand Stein-Hardenbergstr. Km 53,400 - km 54,020 r.d.b.. Berlin, 15.01.2010

- [U 11] DB International GmbH. Geotechnischer Bericht, Strecke 1120, Lübeck Hbf. - Hamburg Hbf. Lärmschutzwände Ortsdurchfahrt Hamburg. Lärmschutzwand Werthweg, km 53,345 bis 55,800, r.d.B.. Berlin, 18.01.2010
- [U 12] Kneib Bau- und Bohrgesellschaft mbH & Co. KG. Schichtenverzeichnisse, Ramm- und Drucksondierdiagramme, Bohrprofile. Ludwigsfelde, Oktober 2014 - August 2015
- [U 13] Baugrund Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH. Laborberichte 1-16 (bodenmechanische Laborversuche). Stralsund, Oktober 2014 - Juni 2015
- [U 14] DB Ril 836 „Erdbauwerke planen, bauen und instand halten“, DB Netz AG. Fassung vom 20.12.1999a mit 1. Aktualisierung, gültig ab 01.10.2008; 2. Aktualisierung, gültig ab 01.02.2013; 3. Aktualisierung, gültig ab 01.03.2014 ; 4. Aktualisierung, gültig ab 01.12.2014
- [U 15] DB Ril 804.4110 „Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten; Hilfsbrücken
- [U 16] DB Ril 804.5501 „Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten; Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken“, DB Netz AG. gültig ab 01.6.10
- [U 17] EC 7-1: Handbuch EC 7-1: Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessung, Band 1 Allgemeine Regeln. 1 Auflage, Beuth Verlag, 2011
- [U 18] EC 7-2: Handbuch EC 7-2: Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessung, Band 2 Erkundung und Untersuchung. 1 Auflage, Beuth Verlag, 2011
- [U 19] DIN 1054:2010-12. Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- [U 20] ZTV E-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
- [U 21] ZTV-SoB-StB 04/07 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
- [U 22] Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, FGSV, Ausgabe 2010
- [U 23] EA Pfähle, 2. Auflage, Ernst & Sohn, 2012
- [U 24] ER 1 Entwurfsrichtlinie Nr. 1 Standardisierter Oberbau mit Asphaltdecken für Bahnen. Ausgabe 2013, Fassung 06/14

- [U 25] ER 2 Entwurfsrichtlinie Nr. 2 Standardisierter Oberbau und sonstige Decken für Fahrbahnen und Nebenflächen. Ausgabe 2006, Fassung 05/10
- [U 26] RSP 1/87 Planungshinweise für Stadtstraßen in Hamburg, Teil 7, Wendeanlagen
- [U 27] RLW. Richtlinien für die Anlage und Dimensionierung Ländlicher Wege. DWA 2014
- [U 28] Otto, Roland (1997): Zur Abschätzung der Grundwasserneubildungsrate für wasserwirtschaftliche Planungsräume, LANU Land SH, Flintbek
- [U 29] BAUGRUND STRALSUND Ingenieurgesellschaft mbH. Hydrogeologisches Gutachten, Neubau S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg - Bad Oldesloe, km 59,709 bis km 34,804 (Strecke 1120). Stralsund, 25. September 2015

Außerdem kommen die zum Zeitpunkt der Berichtserstellung gültigen Normen und Vorschriften des Erd- und Grundbaus zur Anwendung.

Der besseren Übersicht geschuldet werden Normen und Vorschriften, auf die sich im Text bezogen wird, ggf. mit Fußnote gekennzeichnet und in der Fußzeile genannt. Quellen von Bildern und Tabellen werden im Text bzw. in den Tabellen- oder Bildüberschriften aufgeführt.

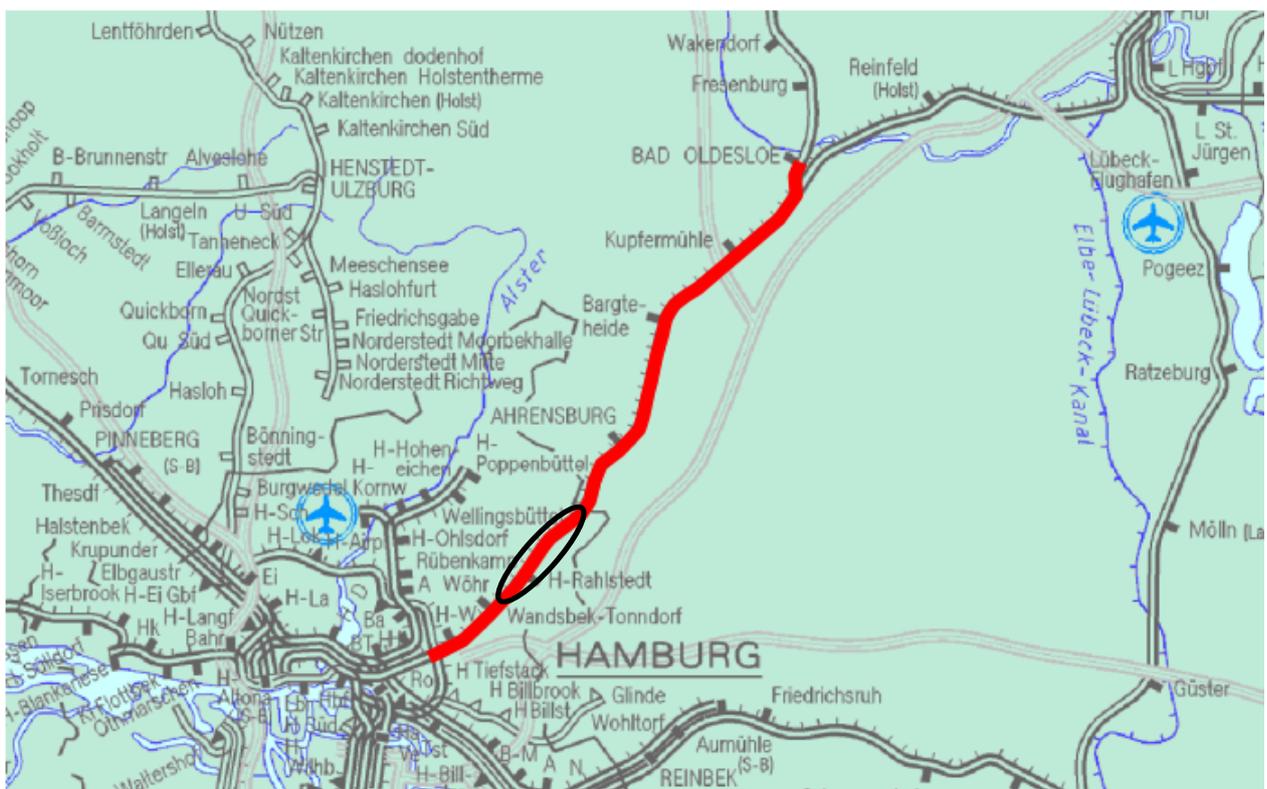
3 Überblick über Morphologie, Geologie, Hydrologie

3.1 Morphologische Verhältnisse

Der Planungsraum des PFA 2 liegt im östlichen Bereich des Hamburger Stadtgebietes inmitten urbaner Bebauung. Er erstreckt sich auf den Teilabschnitt der Strecke 1120 Hamburg Hbf - Lübeck Hbf östlich des Bahnhofs Hamburg-Wandsbek, genauer östlichen der Luetkensallee km 56,597 bis zum km 47,029. Alle nachfolgenden Angaben zur Kilometrierung beziehen sich auf die Kilometrierung der Strecke 1120.

Die Lage im Netz der DB AG zeigt das Bild 1.

Bild 1 Lage im Netz



Gesamtmaßnahme █ PFA 2

Der im PFA 2 zu untersuchende Streckenabschnitt quert das nordöstliche Stadtgebiet von Hamburg im Bezirk Wandsbek mit den Stadtteilen Marienthal, Tonndorf und Rahlstedt von Südwesten nach Nordosten bis an die Grenze zu Schleswig-Holstein. Zum Planungsraum gehören die geplanten/bestehenden S-Bahnhaltepunkte (Hp) bzw. Bahnhöfe (Bf): Hp Holstenhofweg, Hp Tonndorf und der Bf Rahlstedt.

Am Abschnittsanfang liegt die bestehende Geländeoberkante (GOK) auf den Bahnkörper bezogen etwa auf der Kote NHN + 16,60 m in einem mehrere Meter tiefen und rund 450 m langen Einschnitt. Im Streckenverlauf steigt die GOK übergeordnet in Richtung Nordos-

ten ab Holsten-hofweg auf Kote NHN + 17,5 an, bleibt auf dieser Kote bis etwa km 55,900. Das natürliche Gelände liegt etwa zwischen NHN +18NHN bis +22 m und fällt von Nord nach Süd meist flach ab. Im folgenden Abschnitt sind auf der Nordseite vor und hinter der Jenfelder Straße mehrere Meter hohe Erdwälle geschüttet worden, die bezogen auf den Randweg bis ca. 5 m Höhe erreichen. Ab ca. km 55,700 folgt ein flacher Übergang zur Dammlage bis über das Gewässer Rahlau hinweg bis etwa km 55,150. Der anschließende annähernd ebene Abschnitt wird durch die Tonndorfer Hauptstraße gekreuzt, folgt weiter über den Haltepunkt Tonndorf und den Sonnenweg bis etwa km 54,230. Im Anschluss daran folgen kurze flache Damm- Gelände- gleich- und Einschnittlagen bis km 51,900. Bahnrechts der Strecke sind wieder Lärmschutzwälle anzutreffen (km 53,650 - km 53,300), die durch die Straße Am Pulverhof unterbrochen werden. Von km 52,900 bis km 52,200 liegt die Strecke in Dammlage. Im Bereich Bf Rahlstedt/ZOB liegt die Strecke bahnrechts in Dammlage und bahnlinks in Geländegleiche bis km 51,675. Der anschließende geländegleiche Abschnitt reicht bis km 51,300. Nach kurzer Dammlage im Kreuzungsbereich mit dem Gewässer Wandse folgen wieder in Abschnitten kleiner 300 m Länge Anschnitt, Geländegleiche, Dammlage und Einschnitte bis zur Landesgrenze bei km 47,029.

3.2 Geologischer Überblick /Baugrundbeschreibung

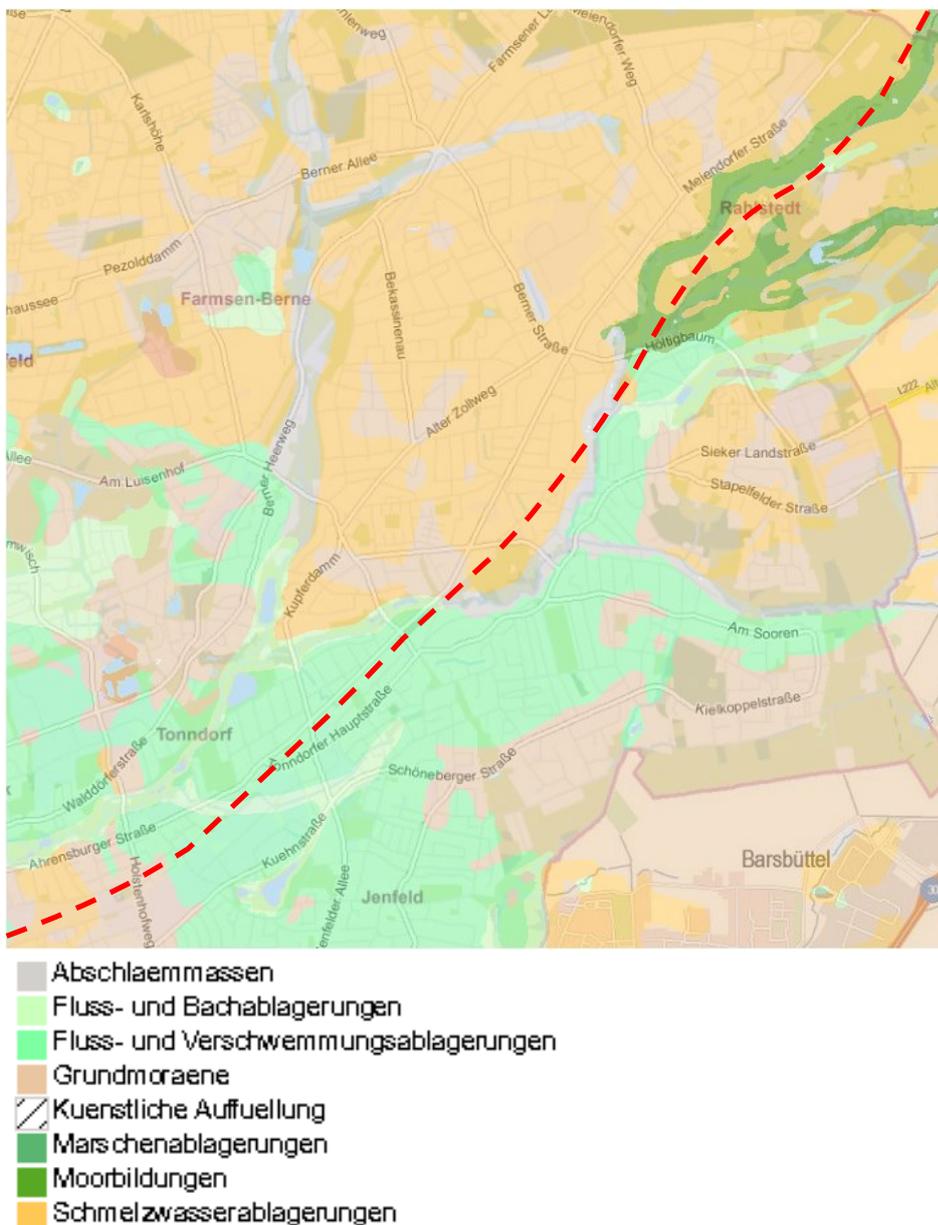
Nach dem im Internet zugänglichen Geologischen Kartenwerk (<http://www.geoportal-hamburg.de>) und nach [U 3] liegt der bestehende und künftige Trassenverlauf der DB-Strecke 1120 bzw. der S-Bahnstrecke 1249 im gesamten PFA 2 einheitlich im Bereich der Geest. Die hier flächig oberflächennah anstehenden pleistozänen (eiszeitlichen Böden) werden örtlich unregelmäßig von in diese Schichtabfolge mit erosiv gegliedertem Relief eingetieften holozänen Talfüllungen sowie den aus der jeweiligen vorhergehenden Flächennutzung resultierenden Auf-füllungen überlagert.

Die Verbreitung junger holozäner Talfüllungen ist im Wesentlichen an die den Trassenverlauf querenden Bäche/Flüsse und die diese begleitenden Niederungen gebunden. Typische Ablagerungen der holozänen Talfüllungen sind organische Weichschichten aus bindig-humosem Auelehm, Torf und Mudde/Faulschlamm sowie Sande mit wechselnden Schluffgehalten sowie mit Schluff-/Torfstreifen bzw. humosen Streifen.

Bei den pleistozänen Ablagerungen handelt es sich im Wesentlichen um glazifluviale Sande (Fluss- und Verschwemmungsablagerungen und weichselzeitliche Schmelzwassersande) sowie bindige Geschiebeböden (Geschiebelehm und Geschiebemergel der Saalekaltzeit). Untergeordnet treten auch Beckenablagerungen aus Beckenschluff und Beckenton auf. Die v. g. Böden sind stratigraphisch dem Quartär zuzuordnen.

Im tieferen Baugrund werden die pleistozänen Böden von den Schichtabfolgen des Tertiärs unterlagert, wobei das Tertiär eine stark erosiv gegliederte Oberfläche aufweist. Die OK Tertiär zeigt dementsprechend ein kleinräumlich stark unterschiedliches Niveau. Im Trassenverlauf ist Tertiär (= Quartärbasis) z.B. nahe dem Holstenhofweg mit OK Tertiär bei rd. NHN -25 m zu erwarten. In den Hochlagen besteht das Tertiär aus dem ursprünglich mehr als 100 m mächtigen Glimmertonen, die lokal in den tieferen Aufschlüssen auch angetroffen wurden. Überwiegend liegt das Tertiär deutlich tiefer als am Holstenhofweg und spielt für das Bauvorhaben keine Rolle.

Bild 2 Geologische Situation PFA 2 (- - - - - Verlauf der Strecke),
 Quelle: BohrIS des Geologischen Landesamtes FHH



Auf der Grundlage von Altaufschlüssen [U 3] und den Ergebnissen der ersten Bohrkampagne 2014/15 kann der im Trassenverlauf erkundete Baugrund wie folgt beschrieben werden. Ab

etwa PFA Grenze km 56,597 bis km 56,150 wird die Baugrundsichtung charakterisiert durch die unmittelbar unterhalb der Auffüllungen bzw. dem Oberboden flächendeckend erkundeten bindigen Geschiebeböden, die überwiegend bis zur Endtiefe der jeweiligen Aufschlüsse nicht durchteuft wurden. In den bindigen Geschiebeböden sind lokal geringmächtige Linsen bzw. Lagen aus Sand bzw. Beckenschluff eingeschaltet. Örtlich treten auch mächtigere Sandeinschaltungen auf. In einzelnen tiefer reichenden Aufschlüssen werden die bindigen Geschiebeböden von Beckenablagerungen unterlagert. Im anschließenden Bereich bis etwa km 53,050 stehen unterhalb der flächig verbreiteten Auffüllungen mit lokalen Ausnahmen bis mehrere Meter mächtige zusammenhängende Sande an. Im südwestlichen Bereich dieses Teilabschnittes bis etwa km 55,000 wurden die Sande bis zur Endtiefe der Aufschlüsse nicht durchteuft. An der Rahlau sind oberflächennah Torf und schluffig-organische Sande aufgeschlossen worden. Die Rahlauniederung wird auf mehrere Meter mächtige Dammauffüllungen gequert, die aus örtlich umgelagerten bindigen Böden bestehen. Weiter in Richtung Nordosten werden die Sande mit unregelmäßiger Basis von bindigen Geschiebeböden unterlagert. Die Oberfläche der Geschiebeböden steigt übergeordnet in Richtung Nordosten bis zur Wandse-Niederung an. In den Bohrungen nahe dem Holstenhofweg beträgt die Sandüberdeckung noch etwa 12 m und bei km 53,050 nur wenige Dezimeter.

Im Bereich der Wandse-Niederung (km 53,100 bis km 52,900) geben die Aufschlüsse Hinweise auf lokal begrenzte, oberflächennahe schluffig-organische Sande und Auesedimente (holozäne Böden). Die Auffüllung der Dammbauwerke erreichen hier Mächtigkeiten bis ca. 6m und bestehen aus umgelagerten bindigen Böden.

Der anschließende Bereich bis etwa km 51,950 südlich der Amtsstraße wird geprägt durch unter den Auffüllungen flächendeckend anstehenden bindigen Geschiebeböden, die weitgehend einheitlich bis in größere Tiefen aufgeschlossen wurden. Die Geschiebeböden können Einlagerungen von Sand und Beckenschluffen enthalten. Lokal begrenzt werden die Geschiebeböden auch von geringmächtigen pleistozänen Sanden überlagert (zw. km 52,300 bis km 52,050).

Zwischen km 51,950 und km 50,300 stehen unter den Auffüllungen flächig pleistozäne und holozäne Sande an, die mit unregelmäßiger Basis von Geschiebeböden mit eingeschalteten Beckenschluff unterlagert werden. Der Sand erreicht Mächtigkeiten bis > 7 m (km 51,500 bis 51,300). Etwa zwischen km 51,000 bis km 50,300 (Wandsequerung / Wandseniederung / Neuralstedter Graben bis südlich der EÜ Höltigbaum) steigt die Oberfläche der Geschiebeböden bis nah an die Geländeoberfläche und wird hier von holozänen Sanden (Abschlammungen) von wenigen Dezimetern bis zu mehreren Metern Mächtigkeit mit eingeschalteten Gerölllagen überdeckt.

Der anschließende Bereich von etwa km 50,300 (EÜ Höltigbaum) bis 49,700 umfasst die tiefliegende Wandse-Niederung sowie Teile der Niederung des Stellmoorer Quellflusses. Die Baugrundsichtung wird hier bestimmt durch verbreitet unmittelbar ab GOK anstehende organische Weichschichten aus Torf, Mude/Faulschlamm sowie örtlich untergeordnet auftretenden Auelehmen. Die Mächtigkeit variiert zwischen 1 m bis 2,3 m. Unter den Gleisen der Strecke sind die Weichschichten von mehrere Meter mächtigen Auffüllungen überdeckt. Im weiteren Umfeld des heutigen Flusslaufes der Wandse verzahnen sich die organischen Weichschichten mit teilweise organisch schluffigen Sanden. Die vorgenannten holozänen Böden werden überwiegend von mehrere Meter mächtigen Sanden unterlagert. In tiefer reichenden Aufschlüssen wurden die Sande von Geschiebeböden unterlagert bzw. sind im Sand eingeschaltet.

Im weiteren Verlauf der Strecke bis km 47,600 werden die Geestbereiche des Stellmoorer Tunneltales und die Niederung des Stellmoorer Quellflusses gequert. Die Baugrundsichtung ist gekennzeichnet durch Sande und Geschiebeböden in örtlich unregelmäßiger Verteilung bei bereichsweiser Einschaltung von Kieslagen und lokal begrenzt vorkommenden oberflächennah anstehenden Torfen (zwischen km 49,075 bis km 49,025) bzw. von Auffüllungen / Sanden / Geschiebeböden überdeckten Torfen (km 49,850 u. km 47,800 bis km 47,700, km 47,640).

Bis zur Landesgrenze Hamburg/Schleswig-Holstein verläuft die Trasse am westlichen Rand des Stellmoorer Tunneltales, die unter den Auffüllungen von flächig anstehenden Geschiebeböden, die lokal begrenzt auch von einige Dezimeter bis wenige Meter mächtige Sandlagen überdeckt sein können, geprägt wird. Einschaltungen von Kies- und Gerölllagen im Geschiebe sind am Abschnittsende durchteuft worden.

3.3 Hydrologischer und hydrogeologische Überblick

Das Untersuchungsgebiet bis etwa Delingsdorf liegt im oberirdischen Einzugsgebiet der Nordsee, nördlich von Delingsdorf im Einzugsgebiet der Ostsee. Nach den Grundwassergleichen des Geest-Hauptgrundwasserleiters erfolgt die Entwässerung des Hamburger Stadtgebietes mit dem nördlich anschließenden Stellmoorer Tunneltal großräumig in Richtung Süden bzw. Südwesten über die Wandse mit ihren Zuflüssen Rahlau, Stellau und dem Stellmoorer Quellfluss zur Alster und weiter über die Elbe zur Nordsee. Dabei steigt der Grundwasserspiegel an der PFA-Grenze von ca. NHN +12 m übergeordnet auf ein Niveau von ca. NHN +36,5 m im Bereich der Landesgrenze FHH/SH an.

Im Trassenverlauf werden von Süden nach Norden folgende Fließgewässer / Gräben gequert bzw. tangiert:

- die Rahlau, quert bei km 55,332

- die Wandse, quert bei km 52,991
- die Wandse, quert bei km 51,164
- der Neurahlstedter Graben (tangiert östlich das Untersuchungsgebiet zw. km 51,164 bis ca. km 50,800)
- die Wandse, quert bei km 50,257
- der Stellmoorer Quellfluss, quert bei km 47,800

Im Planungsraum wurden als Grundwasserleiter pleistozäne und holozäne Sande angetroffen. Bei den erkundeten bindigen Böden (Geschiebelehm und Geschiebemergel sowie Beckenablagerungen aus Schluff/Beckenschluff bzw. Ton/Beckenton) sowie den örtlich vorliegenden holozänen organischen Weichschichten (Auelehm, Torf, Mudde/Faulschlamm) handelt es sich um gering bis sehr gering wasserdurchlässige Schichten, die als Grundwasserhemmer/ Grundwassernichtleiter beurteilt werden.

Die oberflächennah anstehenden Sande sind wasserführend (meist ungespannt). Die Grundwasserkörper weisen darin Flurabstände von einigen Dezimetern bis mehreren Metern auf. Bei geringer Mächtigkeit bzw. hoch anstehenden Geschiebeböden sind die Sande nur temporär wasserführend. Räumlich ausgedehnte Verbreitungsgebiete oberflächennah anstehender Sande sind zwischen der SÜ Holstenhofweg bis nördlich der EÜ Tonndorfer Weg zu finden. Weiter nördlich bis zur Grenze Hamburg/Schleswig-Holstein sind die Grundwasserleiter unregelmäßig verbreitet und werden lokal von Geschiebeböden überdeckt. In den Geschiebeböden ist dabei verbreitet mit wasserführenden Sandlagen/-streifen zu rechnen. Wo bindige Böden (Stauhorizonte) oberflächennah anstehen, ist oberhalb des Grundwasserspiegels bzw. Druckspiegels des zusammenhängenden Grundwassers zusätzlich mit dem Auftreten von Schichten- und Stauwasser zu rechnen.

Die Grundwasserflurabstände im PFA 2 variieren meist zwischen 3 m bis 6 m.

Einen groben Überblick über Versickerungspotenzial, Grundwasserflurabstände und Grundwassergleichen bieten die unter dem Link <http://www.geoportal-hamburg.de/Geoportal/geo-online> einsehbaren Karten. Die Karten können jedoch nicht das sich auf schwer wasserdurchlässigen Weichschichten niederschlagsbedingt bildende Stauwasser darstellen. Die Bildung von Stauwasser wird erst anhand von Baugrunduntersuchungen ersichtlich.

Die neben den Bohrprofilen in den Anlagen 18.5 aufgetragenen Grundwasserstände stellen Tagwasserstände dar, die in Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen / Trockenzeiten deutlich abweichen können. Genauere Angaben zu Grundwasserschwankungen könnten mit streckennah zu platzierenden Grundwassermessstellen nachgewiesen werden, die dann über mehrere Jahre zu beobachten wären.

An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass für die Gesamtmaßnahme eine detaillierte Untersuchung und Bewertung der hydrogeologischen Verhältnisse, erarbeitet durch einen Sonderfachmann, vorliegt [U 29].

4 Feldarbeiten und Laboruntersuchungen

4.1 Felduntersuchungen

4.1.1 Allgemeines

Das Untersuchungskonzept wurde durch die Verfasser auf der Grundlage der Vorplanung [U 2] unter Berücksichtigung der Vorplanungsergebnisse und eigener Recherchen erstellt. Dabei wurde die Anzahl und die Teufen der Aufschlüsse unter Beachtung der Vorgaben der DIN 4020 und des EC 7 festgelegt. Wegen der Dichte der Bauwerke und der Länge der mehrgleisigen Verkehrsanlage wurde für die erste Aufschlusskampagne eine flächige Erkundung gewählt.

Werden in den laufenden Planungsphasen bis zur Ausschreibung der Bauleistungen signifikante Änderungen gegenüber der Vorplanungsunterlage vorgenommen, sind zusätzliche Bauwerke erforderlich und sind die Ergebnisse der ersten Kampagne für die Planung der Bau- und Endzustände nicht ausreichend, müssen daraus abzuleitende geotechnische Untersuchungen in einer zweiten Aufschlusskampagne geplant und durchgeführt werden.

4.1.2 Durchführung der Felduntersuchungen

Mit der Durchführung der Felduntersuchungen der ersten Bohrkampagne wurde die Firma Kneib Bau- und Bohrgesellschaft mbH & Co. KG aus Ludwigsfelde (Kneib) beauftragt. Für die Durchführung der Drucksondierungen wurde die Firma Geotechnik aus Heiligenstadt unterbeauftragt. Ab Februar 2015 kam als Nachunternehmer für Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen die Firma Geotechnik Nord GmbH aus Bargteheide zum Einsatz. Ab März 2015 wurde als weiterer Nachunternehmer die Fa. Keller Grundbau für die Bohrarbeiten vertraglich gebunden.

Die Arbeiten der ersten Bohrkampagne haben am 15.09.14 begonnen und sind im Juni 2015 abgeschlossen worden. Auf Flächen mit Kampfmittelverdacht wurden die Felduntersuchungen durch einen zugelassenen Feuerwerker begleitet. Dafür hatte die Kneib die Firma GFLK aus Schorfheide gebunden.

In der Aufschlusskampagne wurden in der ersten Kampagne ohne Berücksichtigung von Umsetzungen wegen Hindernissen im Untergrund folgende Leistungen erbracht:

- 72 Schürfe (SCH)
- 20 Rammkernbohrungen (B), Außendurchmesser 324 mm mit Gewinnung durchgehend gekernter Proben der Güteklasse 2 oder 3 im Liner mit einem Durchmesser 100 mm, und Teufen zwischen 20 m und 30 m mit 470 Bohrmeter

- 22 Drucksondierungen (CPT) mit einem Spitzenquerschnitt von 15 cm² mit Teufen zwischen 11,7 m und 25,4 m und 384,5 Sondiermetern,
- 236 Kleinrammbohrungen (BS) mit Teufen zwischen 3,0 m und 13,6 m und 2962,4 Bohrmeter,
- 120 Schwere Rammsondierungen (DPH) mit Teufen zwischen 6,3 m und 16,7 m und 2208,6 Sondiermetern

Im Zuge der Bohrarbeiten erfolgte die Entnahme von gestörten Bodenproben je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel.

Nicht alle geplanten Aufschlüsse konnten auch ausgeführt werden, da bahnbetriebliche Baufreiheiten für Bohrungen im Bahnkörper teilweise nicht gewährt werden konnten und die örtlichen Verhältnisse dies zum Teil nicht zuließen. Ein weiterer Grund war die Verweigerung der Eigentümer bei Bohrpunkten auf privatem Grund die Betretung ihrer Grundstücke zuzulassen. Ebenso durften bei querenden Straßen, die in wasserdichten Trögen gebaut wurden, geplante Bohrungen nicht ausgeführt werden.

Alle niedergebrachten Aufschlusspunkte sind bezüglich ihrer Lage in der Unterlage 18.3 gemäß Aufmaß und auf der Grundlage der vom AN übergebenen Koordinaten dargestellt. Die Ergebnisse der Aufschlussarbeiten haben wurden auf der Grundlage der Bohrmeister Vor-Ort-Ansprache der Böden und nach Ansprache des Probenmaterials durch geotechnisch erfahrene Mitarbeiter der DB Engineering & Consulting GmbH in Bohrprofilen nach DIN 4023 und Sondierdiagrammen höhengerecht in Baugrundschnitten aufgetragen und in der Unterlage 18.5 abgelegt. Für die Bohrprofile und Sondierdiagramme wurde der Höhenmaßstab 1:100 gewählt, wobei die Aufschlüsse im Schnitt ohne Maßstab dargestellt wurden. Da die Abstände der Aufschlüsse untereinander oft kleiner 50 m betragen, wäre bei maßstäblicher Darstellung die Lesbarkeit wegen Überlagerung der Daten nicht gegeben.

Die vom Bohrunternehmer übergebenen hand- und maschinengeschriebenen Schichtenverzeichnisse und Sondierprotokolle sind beim Verfasser hinterlegt und können bei Bedarf abgefordert werden.

4.2 Laboruntersuchungen

Alle im Zuge der Bohrkampagne entnommenen gestörten und ungestörten Bodenproben bzw. Kerne wurden im Probenlager Ahrensburg durch die Gutachter der DB ProjektBau GmbH / DB Engineering & Consulting GmbH bezüglich der bodenmechanischen Eigenschaften angesprochen. Zur Verifizierung der Bodenansprache und als Grundlage für die Klassifizierung der Bö-

den wurden repräsentative Proben ausgewählt und im Labor der Baugrund Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH in folgendem Umfang untersucht:

- Körnungslinien¹ 482 Stück
- Zustandsgrenzen² 145 Stück
- Glühverluste³ 66 Stück
- Wassergehalte 279 Stück
- Korndichte⁴ 17 Stück
- Dichte des Bodens⁵ 5 Stück
- Einaxialer Druckversuch⁶ 4 Stück
- Eindimensionaler Kompressionsversuch⁷ 10 Stück

Die Protokolle mit den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche sind in den Unterlagen 18.6.2 bis 18.6.8 abgelegt. Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse enthält die Unterlage 18.6.1.

Die im Zuge der Bohrarbeiten entnommenen Grundwasserproben, hat Kneib im akkreditierten Labor der Eurofins GFA GmbH aus Jena auf die vorgegebenen Parameter untersuchen lassen.

- Einleitparameter einer Wasserprobe 15 Stück
- Betonaggressivität einer Wasserprobe⁸ 16 Stück
- Stahlkorrosivität einer Wasserprobe⁹ 16 Stück

Die Laborprotokolle der Wasserproben mit Angabe der untersuchten Parameter haben wir als Unterlage 18.7 beigefügt.

¹ Bestimmung der Korngrößenverteilung, Prüfung DIN 18123-5 und DIN 18123-6

² Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122 Teil 1

³ Bestimmung des Glühverlustes, Versuch DIN 18128-GL

⁴ Bestimmung der Korndichte, DIN 18124-KP

⁵ Bestimmung der Dichte des Bodens, DIN 18125-LA

⁶ Einaxialer Druckversuch, DIN 18136-E

⁷ Eindimensionaler Kompressionsversuch nach DIN 18135-K-RF

⁸ Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase, DIN 4030 Teil 1

⁹ Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe, DIN 50929 Teil 3

5 Darstellung der Ergebnisse

5.1 Baugrundsichten

Nach den Erkundungsergebnissen ist im PFA 2 mit dem Ziel der Baugrundbeurteilung im Wesentlichen zwischen folgenden Böden zu unterscheiden:

- Auffüllungen (ungegliedert/Schotter)
- Sande (Schmelzwassersande)
- Geschiebeablagerungen (Geschiebelehm/Geschiebemergel)
- Beckenablagerungen (Schluff/Beckenschluff bzw. Ton/Beckenton)
- organische u. organogene Böden (Torf, Mudde)

Die für den Untersuchungsraum maßgebliche Baugrundsichtung ist in den Baugrundprofilen bzw. Baugrundlängsschnitten der Unterlage 18.5 dargestellt.

5.2 Geotechnische Eigenschaften der Baugrundsichten

Nachfolgend werden die im PFA 2 überwiegend zu erwartenden Böden bezüglich ihrer geotechnischen Eigenschaften allgemein beschrieben. Als Grundlage für dieses Kapitel dient im Wesentlichen die geotechnische Charakterisierung des Hamburger Baugrundes von Friedrich Kausch (Quelle: Internet) - hier insbesondere den für das Untersuchungsgebiet zutreffende Teil nördlich der Elbe - die mit den Erkenntnissen der eigenen Untersuchungen ergänzt wird.

Die geotechnischen Kennwerte in den Tabellen 4 bis 8 wurden unverändert aus der genannten Quelle entnommen, weil sie typische Grenzen von geotechnischen Kennwerten dokumentieren und auf einer großen Datenbasis beruhen. Kennwerte die im Rahmen der Baugrunduntersuchungen ermittelt wurden, werden im Kapitel 5.3 zusammengestellt.

Auffüllungen

Hierbei sind unterhalb von befestigten Oberflächen im Wesentlichen Mischböden aus Sand, Schluff, organischen Beimengungen, Bauschutt etc. zu erwarten. Diese Böden sind sehr heterogen zusammengesetzt und überwiegend locker gelagert. In Industriegebieten sind sie teilweise kontaminiert. Neben den o.g. Böden kommen im Gleisbereich großflächig Schotter und zum Teil Schutzschichten aus Kies-Sand-Gemischen als Auffüllung vor, die in der Tabelle 4 keine Berücksichtigung finden, weil deren Kennwerte allgemein bekannt sind.

Tabelle 4 Geotechnische Kennwerte der Auffüllungen

Kennwerte	Auffüllung
Feuchtraumwichte γ (kN/m ³), lockere Lagerung	16
Feuchtraumwichte γ (kN/m ³), dichte Lagerung	18
Reibungswinkel ϕ' (°), lockere Lagerung	27,5
Kohäsion c' (kN/m ²), lockere Lagerung	0
Reibungswinkel ϕ' (°), dichte Lagerung	32,5
Kohäsion c' (kN/m ²), dichte Lagerung	0
Steifemodul E (MN/m ²), lockere Lagerung	5 - 20

Schmelzwassersande

Die weichselzeitlichen Schmelzwassersande und -kiese sind weit verbreitet. Sie sind überwiegend meist eng, in der Tiefe zum Teil weit und intermittierend gestuft und weisen damit eine unterschiedlich große Ungleichförmigkeit auf. An ihrer Zusammensetzung haben meist Fein-, Mittel- und Grobsand mit stark variierenden Kornanteilen sowie zum Teil auch Kies- und Steinbeimengungen Anteil. Gelegentlich können innerhalb dieser Sande jedoch auch schluffige Beimengungen vorkommen. In der Regel liegen die eiszeitlichen Sande, abgesehen von der lockeren oberen Bodenzone, in mitteldichter bis dichter Lagerung vor. Gelegentlich tritt aber auch mehrere Meter mächtiger Sand in lockerer Lagerung auf.

Tabelle 5 Geotechnische Kennwerte weit bis intermittierend gestufter Sande

Kennwerte	Sande, weit bis intermittierend gestuft
Trockenraumwichte γ_d (kN/m ³), lockerste Lagerung	15,8 - 19,3
Trockenraumwichte γ_d (kN/m ³), dichteste Lagerung	19,4 - 22,3
Porenanteil n (%), lockerste Lagerung	27 - 40
Porenanteil n (%), dichteste Lagerung	16 - 27
Durchlässigkeit k (m/s), lockerste Lagerung	3×10^{-3} bis 6×10^{-5}
Durchlässigkeit k (m/s), dichteste Lagerung	2×10^{-3} bis 7×10^{-6}

Diese Durchlässigkeitsbeiwerte gelten für Sande mit Schluffanteilen <10 %. Höhere Schluffanteile (z.B. 10 bis 20 %) reduzieren die Durchlässigkeit z.B. von 6×10^{-5} auf 2×10^{-6} m/s bei lockerster Lagerung und von 7×10^{-6} auf $1,5 \times 10^{-7}$ m/s bei dichtester Lagerung. Die locker bis dicht gelagerten Sande sind nach DIN 18300 in die Bodenklasse 3 - leicht lösbar einzuordnen. Nach DIN 18196 sind die Sande überwiegend den Bodengruppen SE und untergeordnet SW und SI zuzuordnen. Hohe Kies- oder Steinanteile können gelegentlich auch die Zuordnung GW bedingen. Steine und Blöcke sind im Grundbau und Tiefbau häufig Arbeitshindernisse. Die

Sande stellen bei mitteldichter Lagerung einen gut tragfähigen Baugrund dar. Wassergesättigte enggestufte und schluffige Sande neigen beim Anschnitt z.B. in Baugruben zum Fließen.

Geschiebelehm

Beim Geschiebelehm, der sowohl an der Geländeoberfläche als auch unter geringer bis einige Meter mächtiger Sandbedeckung auftritt, handelt es sich um weiche bis steife, kalkfreie, tonige Sand-Schluff-Gemenge geringer Durchlässigkeit mit unregelmäßigen Einschaltungen von Kies und größeren Steinen (Geschieben). Untergeordnet können innerhalb des Geschiebelehms auch reine Sand- und Kieseinschaltungen vorkommen. Sie können eine gewisse Wasserführung des Geschiebelehms bedingen. In den dem Geschiebelehm auflagernden Sanden kann, insbesondere in niederschlagsreichen Jahreszeiten, Stauwasser auftreten. Der Geschiebelehm stellt bei steifer Konsistenz einen Baugrund von mittlerer Tragfähigkeit dar. Er muss jedoch als frostempfindlicher Boden angesprochen werden, der bei stärker sandiger Ausbildung bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanisch-dynamischer Beanspruchung (z.B. Befahren mit Baufahrzeugen) zu starken Strukturstörungen bzw. Tragfähigkeitsverlusten neigt. Die sehr sandige Fazies neigt bei Wassersättigung zum Fließen.

Tabelle 6 Geotechnische Kennwerte des Geschiebelehmes (Grenzwerte / Grundwerte)

Kennwerte	Geschiebelehm
Feuchtraumwichte γ (kN/m ³)	19 - 23
Trockenraumwichte γ_d (kN/m ³)	16 - 21
Wassergehalt w (%)	8 - 39
Porenanteil n (%)	20 - 51
Reibungswinkel ϕ' (°)	22 - 41 (30,4)
Kohäsion c' (kN/m ²)	0 - 30 (7,8)
Undrainede Scherfestigkeit c_u	10 - 120
Steifemodul E_s (MN/m ²)	
$\sigma = 0,1$ MN/m ² , w = 10 %	12
$\sigma = 0,1$ MN/m ² , w = 20 %	4,5
Durchlässigkeit k (m/s)	$1,5 \times 10^{-8}$ bis $1,5 \times 10^{-10}$

Geschiebemergel

Der Geschiebemergel bildet das Liegende des Geschiebelehms. Er ist die weitgehend noch unverwitterte Grundmoräne und weist - bedingt durch den Kalkgehalt - eine überwiegend steife bis halbfeste Konsistenz auf. Er ist schwach durchlässig. Seine Tragfähigkeit ist bei steifer Konsistenz gut und bei halbfester Konsistenz sehr gut zu bewerten. Im Übrigen gelten die für den Geschiebelehm gemachten Aussagen entsprechend. Der saaleiszeitliche Geschiebemergel

wird unterteilt in die Jüngere, Mittlere und Ältere Saalemoräne. Die Jüngere Saalemoräne ist in Regel sehr sandig, ton- und kreidearm ausgebildet. Kalkgehalte liegen zwischen 5 und 15 %. Unterhalb des Grundwassers neigt sie zu Fließeigenschaften. Die Mittlere Saalemoräne ist deutlich toniger, kalk- und kreidereicher und häufig sehr kompakt ausgebildet. Der Kalkgehalt liegt zwischen 8 und 26 %. Die Ältere Saalemoräne ist eher sandig und ton- und kreidearm. Der Kalkgehalt liegt zwischen 5 und 19 %. Unter dem Grundwasserspiegel sind Fließeigenschaften nicht auszuschließen.

Tabelle 7 Geotechnische Kennwerte des Geschiebemergels (Grenzwerte / Grundwert)

Kennwerte	Geschiebemergel
Feuchtraumwichte γ (kN/m ³)	19 - 23,5
Trockenraumwichte γ_d (kN/m ³)	15 - 21,5
Wassergehalt w (%)	7 - 34
Porenanteil n (%)	19 - 47
Reibungswinkel ϕ' (°)	22,7 - 42,5 (32,4)
Kohäsion c' (kN/m ²)	0 - 40 (12,3)
Reibungswinkel ϕ' (°)	Jüngere Saalemoräne 29,5 - 40 (33,4)
Kohäsion c' (kN/m ²)	0 - 39,3 (5,1)
Reibungswinkel ϕ' (°)	Mittlere Saalemoräne 27 - 39,5 (30,9)
Kohäsion c' (kN/m ²)	0 - 46 (10,1)
Reibungswinkel ϕ' (°)	Ältere Saalemoräne 27 - 40 (32,8)
Kohäsion c' (kN/m ²)	0 - 50 (7,2)
Undrained Scherfestigkeit c_u (kN/m ²)	26 - 410 (708)
Steifemodul E_s (MN/m ²)	
$\sigma = 0,2$ MN/m ² , w = 10 %	45
$\sigma = 0,2$ MN/m ² , w = 20 %	30
Durchlässigkeit k (m/s)	Jüngere Saalemoräne 5×10^{-7} bis 3×10^{-9}
	Mittlere Saalemoräne 3×10^{-8} bis 2×10^{-11}
	Ältere Saalemoräne 2×10^{-9} bis 4×10^{-11}

Der Geschiebemergel muss als frostempfindlicher Boden angesprochen werden, der bei starker sandiger Ausbildung bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanisch-dynamischer Beanspruchung (z.B. Befahren mit Baufahrzeugen) zu starken Strukturstörungen bzw. Tragfähigkeitsverlusten neigt. Die geotechnischen Kennwerte des Geschiebemergels in der Übersicht zeigt die Tabelle 7.

Torf/Mudde

Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Torfe und Mudden sind aus baugrundtechnischer Sicht in der Regel stark verformungsempfindlich und gering wasserdurchlässig (Staunässe bildend). Für Böschungen in Einschnitten besteht Rutschungsgefahr. Bei einer Bebauung sind meist besondere Gründungsmaßnahmen erforderlich (z.B. Bodenaustausch, Tiefgründung). Bei schneller Belastung durch z.B. Dammaufschüttung besteht Grundbruchgefahr.

Grundwasserabsenkungen bei Baumaßnahmen können zu Setzungen des Geländes und damit zu Schäden an vorhandenen Bauten und an Ver- und Entsorgungsleitungen führen.

Tabelle 8 Geotechnische Kennwerte der Weichschichten

Kennwerte	Torf / Mudde
Feuchtraumwichte γ (kN/m ³)	12 - 16
Trockenraumwichte γ_d (kN/m ³)	2 - 10
Wassergehalt w (%)	50 - 570
Porenanteil n (%)	50 - 90
Reibungswinkel ϕ_{cu} (°)	8,5 - 24 (15,4)
Kohäsion c_{cu} (kN/m ²)	5 - 32 (15,7)
Steifemodul E_s (MN/m ²)	
$\sigma = 0,1$ MN/m ² , $w = 20$ %	3,5
$\sigma = 0,1$ MN/m ² , $w = 400$ %	0,8
Durchlässigkeit k (m/s)	$1,5 \times 10^{-8}$ bis 6×10^{-11}

5.3 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Auf der Grundlage der unter Kapitel 4.2 genannten Laborversuche werden nachfolgend die Ergebnisse für den PFA 2 schichtbezogen zusammengefasst. Alle Ergebnisse der Laborversuche sind in der Zusammenstellung Unterlage 18.6.1 aufgetragen worden.

Schicht Auffüllungen (A)

Die untersuchten aufgefüllten Böden sind erwartungsgemäß sehr heterogen. Die Auffüllungen sind zum Teil sandig, kiesig und zum Teil bindig ausgebildet. Bei den 61 exemplarisch ausgewählten Bodenproben variieren die Feinkorngehalte der Auffüllungen (Korn- $\emptyset < 0,063$ mm) zwischen 1,4 % und 32,9 %, die Sandanteile zwischen 17,5 % und 91,4 % und die Kiesanteile zwischen 1,5 % und 73,9 %. Wo Schutzschichten unter den Gleisen angetroffen wurden, ergab die Auswertung der Körnungslinien nach DIN 18196 die Bodengruppen GU, GI und SU. Sonst sind aus den Körnungslinien nach DIN 18196 die Bodengruppen SE, SU, SU*, ST* und OH abzuleiten. Die aufgeschütteten stark schluffigen, sandigen Auffüllungen (umgelagerter Geschiebelehm/-mergel) wurden bezüglich ihrer Konsistenz nicht untersucht. Wenn plastische Eigenschaften

ten bei diesen Böden bei der Bodenansprache festgestellt wurden, wurde die Konsistenz neben den Bohrprofilen aufgetragen. Die Auffüllungen sind oberflächennah zum Teil mit organischen Anteilen durchsetzt. An 12 Proben wurden exemplarisch die vorhandenen organischen Gehalte mittels Glühverlust bestimmt. Sie liegen zwischen 1,4 % und maximal 22,5 % bei Wassergehalten zwischen 6,1 % und 42,4 %. Nach Einschätzung der Verfasser weisen die oberflächennahen Auffüllungen organische Gehalte bis 5 % auf. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen weisen auf lockere bis mitteldichte Lagerung hin. Auch im Tiefenbereich bis 1,2 m unter Ansatzpunkt, wo wegen der Vorschachtung keine Schlagzahlen vorliegen, ist von vergleichbarer Lagerung auszugehen. Unter Verkehrsflächen ist infolge der Belastung der obere Meter der Auffüllungen überwiegend mitteldicht gelagert, darunter oft locker gelagert.

Tabelle 9 Laborergebnisse Auffüllungen

		Min.	Max.
Ungleichförmigkeit C_u	[-]	3,0	172,6
Tonkornanteil $d < 0,002$ mm (Cl)	[Masse-%]	0	8,5
Schluffkornanteil $d = 0,002 - < 0,063$ mm (Si)		1,4	32,9
Sandkornanteil $d = 0,063 - < 2$ mm (Sa)		17,5	91,4
Kieskornanteil $d = 2 - < 63$ mm (Gr)		1,5	73,9
Durchlässigkeit k	[m/s]	$6,9 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-4}$
Wassergehalt w	[%]	6,1	42,4
Organische Bestandteile V_{gl}		1,4	22,5

Schicht Schmelzwassersande (S)

Von den anstehenden Sanden wurde von insgesamt 198 Proben die Kornverteilung bestimmt. Danach sind bei den Sanden Fein-, Mittel- bis Grobsande mit stark variierenden schluffigen und kiesigen Kornanteilen anzutreffen. Die ermittelten Feinkorngehalte (Korn- $\emptyset < 0,063$ mm) der Sande schwanken zwischen 0,3 % und maximal 25,7 % und die Kiesanteile (Korn- $\emptyset > 2$ mm) zwischen 0 und 68,3 %. Die Sande mit erhöhten Schluffgehalten (>20 bis max. 28 %) zeigen in der Regel kein plastisches Verhalten, so dass Konsistenzgrenzen im Labor nicht bestimmt werden konnten. Oberflächennah angetroffene Sande besitzen teilweise organische Beimengungen bis zu 8 %. Von vier ungestörten Sandproben wurde der Porenanteil n bei natürlicher Lagerung, bei lockerster (max n) und bei dichtester Lagerung (min n) sowie bei fünf Proben wurde die Porenzahl e bei natürlicher Lagerung, bei lockerster (max e) und bei dichtester Lagerung (min e) ermittelt. Die wesentlichen Ergebnisse werden in der Tabelle 10 zusammengefasst, alle Einzelergebnisse können in der Unterlage 18.6.1 nachgelesen werden.

Tabelle 10 Laborergebnisse Schmelzwassersande

		Min.	Mittelw.	Max.
Ungleichförmigkeit C_U	[-]	1,7	9,4	69,9
Tonkornanteil $d < 0,002$ mm (Cl)	[Masse-%]	0,8	1,0	1,2
Schluffkornanteil $d = 0,002 - < 0,063$ mm (Si)		0,1	5,2	25,7
Sandkornanteil $d = 0,063 - < 2$ mm (Sa)		30,1	73,7	99,9
Kieskornanteil $d = 2 - < 63$ mm (Gr)		0	21,5	68,3
Organische Bestandteile V_{gl} (6 Versuche)		1,7	3,5	8,0
Durchlässigkeit k	[m/s]	$8,6 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Feuchtdichte ρ (4 Versuche)	[t/m ³]	1,882	1,956	2,080
Trockendichte ρ_d (4 Versuche)		1,653	1,731	1,821
Porenzahl e (5 Versuche)	[-]	0,450	0,535	0,603
Porenanteil n (4 Versuche)		0,313	0,347	0,376

Schicht Geschiebelehm/-mergel (Lg/Mg)

Die untersuchten Geschiebelehme und -mergel sind nach den Laborergebnissen von 287 untersuchten Proben im Wesentlichen als weich bis steife, teils halbfeste schwach tonige, schluffige Sande und schwach tonige sandige Schluffe mit Kiesanteilen zwischen 0,3 % bis knapp 30,4 % zu beschreiben, aber nach DIN 4022 auch als Sand-Schluff- (SU) bzw. Sand-Tongemische (ST) ohne feststellbare Konsistenz zu klassifizieren. Wegen des meist hohen Sandanteiles ist eine geringe Plastizität der Geschiebe feststellbar; der Mittelwert aus 131 Proben liegt bei $I_p = 8,24$. Bei zwei der Proben wurde organische Anteile als Glühverlust V_{Gl} zwischen 4,2 % und 9,2 % ermittelt, die als unbedeutend zu bewerten sind.

Von sieben ungestörten Proben wurden der Porenanteil n und bei elf Proben die Porenzahl e bei natürlicher Lagerung ermittelt. Ferner wurden zehn eindimensionale Kompressionsversuche im Ödometergerät und vier einaxiale Druckversuche durchgeführt. Scherfestigkeiten wurden mit verschiedenen Versuchen an insgesamt zehn ungestörten Proben ermittelt. Die wesentlichen Ergebnisse werden in den Tabelle 11 und 12 zusammengefasst, alle Einzelergebnisse und Versuchsprotokolle können in den Unterlagen 18.6 nachgelesen werden.

Tabelle 11 Laborergebnisse Geschiebelehm, -mergel

		Min.	Mittel	Max.
Ungleichförmigkeit C_U	[-]	2,0	53,9	124,6
Tonkornanteil $d < 0,002$ mm (Cl)	[Masse-%]	0,3	10,5	22,6
Schluffkornanteil $d = 0,002 - < 0,063$ mm (Si)		14,8	24,75	65,2
Sandkornanteil $d = 0,063 - < 2$ mm (Sa)		25,9	62,2	79,3
Kieskornanteil $d = 2 - < 63$ mm (Gr)		0,3	4,5	30,4
Durchlässigkeit k	[m/s]	$1,8 \times 10^{-9}$	$1,8 \times 10^{-6}$	$3,9 \times 10^{-5}$
Wassergehalt w	[%]	7,6	13,4	68,5
Fließgrenze w_l		13,8	18,6	32,4
Ausrollgrenze w_p		8,8	10,4	18,6
Plastizitätszahl I_p		4,2	8,2	19,5
Konsistenzzahl I_c^*	[-]	0,24	0,68	1,26
Feuchtdichte ρ (8 Versuche)	[t/m ³]	2,087	2,237	2,323
Trockendichte ρ_d (13 Versuche)		1,710	1,983	2,095
Porenzahl e	[-]	0,274	0,322	0,372
Porenanteil n		0,231	0,250	0,271
max. Flügelscherspannung c_{fv} (1 Versuch)	[kN/m ²]			21,2
Kohäsion c' (8 Versuche)		0,2	29,2	87,0
undrainierte Kohäsion c_u (6 Versuche)		32,2	68,8	112,0
Reibungswinkel φ' (8 Versuche)	[-]	29,3	34,3	37,4
Einaxiale Druckfestigkeit q_u (4 Versuche)	[N/mm ²]	0,126	0,172	0,225

* Die Konsistenzzahl bezogen auf die Gesamtprobe (ohne Absiebung des Überkornanteiles) ist in der Regel eine Stufe höher in Richtung steif bzw. halbfest anzunehmen.

Tabelle 12 Zusammenstellung der Steifemoduli aus eindimensionalem Kompressionsversuch

Laststufe [kN/m ²]	Probe	B HH 2 3,7-4,0m	B HH 3 4,5-4,8m	B HH 7 13,0-13,25m	B HH 7 15,0-15,25m	B HH 7 17,0-17,25m
	kN/m ²					
Erst 0 - 50 kN/m ²		1,663	1,068	1,552	2,326	2,683
Erst 50 - 100 kN/m ²		22,331	3,797	10,781	14,486	16,030
Erst 100 - 200 kN/m ²		23,092	4,670	10,973	16,501	16,640
Erst 200 - 400 kN/m ²		27,072	8,272	16,560	20,507	17,439
Erst 400 - 500 kN/m ²		42,164	14,042	42,898	30,584	21,334
Laststufe [kN/m ²]	Probe	B HH 12a 9,2-9,5m	B HH 23 9,7-10,0m	B HH 25 10,2-10,5m	B HH 28 11,2-11,5m	B HH 32 5,0-5,3m
	kN/m ²					
Erst 0 - 50 kN/m ²		1,886	2,204	1,356	2,305	1,789
Erst 50 - 100 kN/m ²		5,311	5,378	4,398	7,163	7,257
Erst 100 - 200 kN/m ²		7,393	6,887	7,085	15,059	7,346
Erst 200 - 400 kN/m ²		13,255	10,835	12,922	16,131	10,04
Erst 400 - 500 kN/m ²		30,958				15,774
Wieder 50 - 100 kN/m ²		-	30,484	72,868	50,042	-
Wieder 100 - 200 kN/m ²		-	43,090	34,737	60,509	-
Wieder 200 - 400 kN/m ²		-	37,130	37,15	49,698	-
Wieder 400 - 500 kN/m ²		-	-	56,365	-	-
Wieder 400 - 800 kN/m ²		-	28,574	-	28,574	-

Schicht Beckenton (BT)

Die vorhandenen Beckenablagerungen sind nach DIN 4022 überwiegend als Schluffe bzw. Tone einzustufen. Sie besitzen meist feinsandige Beimengungen. Die bei insgesamt 13 Sieb-/Schlammanalysen ermittelten Feinkorngehalte (Korn- $\emptyset < 0,063$ mm) liegen bei 41,8 % bis 93,4 %.

Zur Feststellung des plastischen Verhaltens und zur Zustandsbestimmung wurden an ausgewählten Bodenproben Wassergehalte und Konsistenzgrenzen nach Atterberg bestimmt. Gegenüber den Geschieben ist bei den Tonen eine signifikant höhere Plastizität nachgewiesen worden. Die Beckentone sind als mittelplastisch bis ausgeprägt plastisch zu klassifizieren. Die Spanne der Konsistenzen reicht von weich bis halbfest. Der Mittelwert von 10 Untersuchungen bei den Konsistenzen beträgt $I_c = 0,77$ (steif).

In der Tabelle 13 sind die wesentlichen Laborergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 13 Laborergebnisse Beckenton

		Min.	Mittelw.	Max.
Ungleichförmigkeit C_u (Einzelwert)	[-]		49,8	
Tonkornanteil $d < 0,002$ mm (Cl)	[Masse-%]	13,6	33,2	54,1
Schluffkornanteil $d = 0,002 - < 0,063$ mm (Si)		10,7	32,0	62,2
Sandkornanteil $d = 0,063 - < 2$ mm (Sa)		6,6	34,1	58,2
Kieskornanteil $d = 2 - < 63$ mm (Gr)		0	0,98	3,5
Durchlässigkeit k (Einzelwert)	[m/s]		$7,1 \times 10^{-9}$	
Wassergehalt w	[%]	22,5	27,7	43,3
Fließgrenze w_l		36,7	50,9	76,2
Ausrollgrenze w_p		2,0	18,7	33,2
Plastizitätszahl $I_p = w_l - w_p$		17,4	29,9	46,4
Konsistenzzahl I_c	[-]	0,50	0,77	1,10

Schicht Beckenschluff (BU)

Bei den Beckenablagerungen dieser Schicht handelt es sich um feinsandige Schluffe mit geringer Plastizität. Überwiegend ist die Körnungslinie sehr steil, so dass eine Konsistenz nicht feststellbar ist bzw. im Laborversuch nicht bestimmt werden kann.

Tabelle 14 Laborergebnisse Beckenschluff

		Min.	Mittelw.	Max.
Ungleichförmigkeit C_U	[-]	2,3	13,9	74,3
Tonkornanteil $d < 0,002$ mm (Cl)	[Masse-%]	1,3	5,4	11,3
Schluffkornanteil $d = 0,002 - < 0,063$ mm (Si)		32,2	59,0	84,6
Sandkornanteil $d = 0,063 - < 2$ mm (Sa)		11,2	35,3	59,3
Kieskornanteil $d = 2 - < 63$ mm (Gr)		0	0,9	3,5
Durchlässigkeit k	[m/s]	$1,3 \times 10^{-8}$	$6,0 \times 10^{-7}$	$2,9 \times 10^{-6}$
Wassergehalt w	[%]	10,8	12,5	14,7
Fließgrenze w_L (Einzelwert)			15,9	
Ausrollgrenze w_P (Einzelwert)			9,4	
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ (Einzelwert)			6,5	
Konsistenzzahl I_c (Einzelwert)		[-]		0,79

Schicht Torfe und organogene Böden

Bei den im Untersuchungsgebiet dieser Schicht zugeordneten Böden handelt es sich überwiegend um Torfe und Böden mit organischen Bestandteilen. Sie sind im unkonsolidierten Zustand als nicht tragfähig zu beurteilen. Im Labor wurden 34 Proben untersucht und dabei die Wassergehalte und Glühverluste bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 15 zusammengestellt. Nach DIN EN ISO 14688-2 sind die Torfe mit einem Anteil organischer Bestandteile > 20 % ihrer Trockenmasse als stark organisch zu klassifizieren, die organogenen Schluffe/Tone mit ihren organischen Anteilen zwischen 6 bis 20 % ihrer Trockenmasse als mittel organisch.

Tabelle 15 Laborergebnisse organische/organogene Böden

		Min.	Mittelw.	Max.
Wassergehalt w	[%]	52,4	197,1	364,3
Anteil organischer Bestandteile (Vgl)	[%]	12,5	45,1	85,0
Durchlässigkeit k^*	[m/s]	$1, \times 10^{-9}$		5×10^{-8}

* Erfahrungswerte (keine Laborwerte)

5.4 Klassifizierung/ Baugrundmodell

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse wird ein Baugrundmodell erstellt. Dabei werden Böden mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften in Schichten zusammengefasst. Des Weiteren werden den Schichten ausgewählte Klassifizierungen zugeordnet. Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche gemäß VOB in der Fassung 2015 erfolgt erst vor der Ausschreibung der Bauleistungen nach Abstimmung mit den jeweiligen Fachplanern und Festlegung der Bauverfahren.

Es werden nur die maßgebenden Bodenarten und Schichteinlagerungen genannt. Tragschichten des Straßenaufbaus, lokale Oberflächenbefestigungen usw. werden hier vernachlässigt. Diese Angaben wurden aber rechts neben den Bohrprofilen (s. Unterlage 18.5) aufgetragen.

Auffüllung, Schicht A:

Beschreibung	Sand, z.T. schwach schluffig bis stark schluffig, z.T. kiesig, z.T. schwach tonig; Kies, stark sandig, z.T. schwach schluffig; oberflächennah z.T. mit organische Beimengungen; bindige, weiche bis steife Einschaltungen in Lagen zwischen Zentimeter bis mehrere Dezimeter Mächtigkeit
Bodengruppe DIN 18196	SE, SU, SU*, ST*, GU, GI, A
Bodenklasse DIN 18300	3, 4
Lagerung/Konsistenz	locker bis mitteldicht gelagert
Erosionsempfindlichkeit	enggestuft und schluffige Sande (SE, SU) sind erosionsempfindlich
Durchlässigkeit DIN 18130-1	überwiegend durchlässig, SU*/ST* schwach durchlässig
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	SE, GI: F1 SU: F1/F2 SU*, ST*: F3
Rammpbarkeit, schlagend	leicht bis mittel

Schmelzwassersand/Sand, Schicht S:

Beschreibung	Fein-, Mittel- bis Grobsande mit stark variierenden schluffigen und kiesigen Kornanteilen; in der Regel kein plastisches Verhalten, oberflächennah z.T. mit organische Beimengungen; überwiegend mitteldicht, bereichsweise locker und dicht gelagert
Bodengruppe DIN 18196	SE, SU, in Lagen auch SI/GE/GW/UL/SU*
Bodenklasse DIN 18300	3, 4
Durchlässigkeit DIN 18130-1	durchlässig; UL/SU* schwach durchlässig
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F1, (F2)
Rammpbarkeit, schlagend	mittel bis schwer

Geschiebemergel / -lehm, Schicht Mg/Lg:

Beschreibung	Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach tonig, schwach kiesig und Schluff, sandig bis stark sandig, schwach tonig; weich bis halbfeste Konsistenz, meist geringe Plastizität; Mg kalkhaltig, Lg kalkfrei; Mg mit Einschaltungen aus Sand-, Kies-, und Gerölllagen in Zentimeter bis Dezimetermächtigkeit; bei weicher Konsistenz gering tragfähig, sonst tragfähig
Bodengruppe DIN 18196	SU*, ST*, TL
Bodenklasse DIN 18300	4, in Lagen 3/5
Durchlässigkeit DIN 18130-1	schwach durchlässig, über Sandbänderungen durchlässig
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F3
Rammpbarkeit, schlagend	schwer, Rammhindernisse durch Gerölllagen und Findlinge möglich

Beckenton, Schicht BT:

Beschreibung	Ton, schluffig, sandig bis stark sandig, weich bis halbfest, gering tragfähig bis tragfähig	
Bodengruppe DIN 18196	TM, TA	
Bodenklasse DIN 18300	4, 5	
Durchlässigkeit DIN 18130-1	schwach durchlässig	
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F3/F2	
Rammpbarkeit, schlagend	mittel bis schwer	

Beckenschluff, Schicht BU:

Beschreibung	Schluff, stark feinsandig bis Feinsand, stark schluffig; in Zentimeter bis Dezimetermächtigkeit; keine bis geringe Plastizität	
Bodengruppe DIN 18196	UL (SU* und U ohne plastische Eigenschaften)	
Bodenklasse DIN 18300	4	
Erosionsempfindlichkeit	erosionsempfindlich	
Durchlässigkeit DIN 18130-1	schwach durchlässig	
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F3	
Rammpbarkeit, schlagend	mittel bis schwer	

Torf, Mudde, Schicht H / F

Beschreibung	Torf, schluffig, sandig, schwach bis stark zersetzt, Mudde, schluffig, weich, geringe Plastizität	
Bodengruppe DIN 18196	HN, HZ F	
Bodenklasse DIN 18300	2	
Erosionsempfindlichkeit	HZ/F: erosionsempfindlich	
Durchlässigkeit DIN 18130-1	schwach durchlässig	
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F3	
Rammpbarkeit, schlagend	leicht	

Die detaillierte Bodenansprache kann den Bohrprofilen (Unterlage 18.5) entnommen werden. Eine Unterteilung der Schichten in Abhängigkeit von der differierenden Lagerungsdichte bzw. ihrer Festigkeit erfolgt in den Rechenwerttabellen, Berechnungsprofilen (Anhänge) und den Baugrundschnitten (Unterlage 18.5).

5.5 Wasser im Baugrund

Wenn in den Kleinrammbohrungen und Rammkernbohrungen Grundwasser angetroffen wurde, wurden die Koten der Grundwasseranschnitte durch die Bohrmeister bezogen auf die Geländeoberfläche am Ansatzpunkt des Aufschlusses eingemessen und durch die Verfasser links neben den Bohrprofilen (Unterlage 18.5) aufgetragen.

Weitergehende Daten das Grundwasser betreffend sind im Hydrogeologischen Gutachten der Baugrund Stralsund GmbH niedergeschrieben. Darin sind u.a. die Bohrwasserstände der Aufschlusskampagne 2014/2015 in hydrogeologischen Längsschnitten verarbeitet worden.

Grundsätzlich kann nach der Auswertung der Grundwassergleichenpläne für die höchsten Grundwasserstände des hydrologischen Jahres 2008 geschlussfolgert werden, dass großräumig beginnend nördlich der Luetkensallee der entspannte Grundwasserhorizont von der Kote 12 m NHN mit dem Verlauf der Strecke bis zur Grenze FHH/SH auf 36 m NHN ansteigt. Wo der entspannte Grundwasserhorizont in den als Grundwasserleiter zu beurteilenden Sanden liegt, wurden während der Aufschlusskampagne 2014/15 die Tagwasserstände zwischen etwa 1 m bis 6 m und lokal auch deutlich tiefer unter Gelände eingemessen. Bezogen auf die Isolinien der Grundwassergleichenpläne [U 29] variieren die Bohrwasserstände meist zwischen 1 m darüber bis 2 m darunter. Wo der Geschiebelehm-/mergel als Grundwasserstauer bis nah an den Bahnkörper reicht, muss wegen der geringen Durchlässigkeit dieser Böden zu Zeiten mit größeren Niederschlagsmengen mit temporärer Stauwasserbildung über den Geschiebeböden gerechnet werden. Das haben die Aufschlüsse auch so bestätigt. Bei Stauwasserbildung kann nicht permanent sichergestellt werden, dass sich der Grundwasserspiegel dauerhaft tiefer als 1,50 m unter Schienenoberkante einpegelt.

5.6 Grundwasseranalytik

5.6.1 Beton- und Stahlaggressivität

Im Zuge der Feldarbeiten wurden im PFA 2 insgesamt 16 Wasserproben entnommen und auf Betonangriffsgrad und Korrosionswahrscheinlichkeit im akkreditierten Labor der Eurofins Umwelt Ost GmbH untersucht. Die Analyseergebnisse sind in der Tabelle 16 zusammengestellt.

Tabelle 16 Betonangriffsgrad und Korrosionswahrscheinlichkeit von Grundwasserproben

Entnahmestelle	Betonangriffsgrad (DIN 4030-1)	Beurteilung der Wasserprobe (nach DIN 50929 Teil 3)			
		Korrosionswahrscheinlichkeit			
		im Unterwasserbereich		an der Luft/Wasser-Grenze	
		bei Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion	bei Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
B HH 1 km 47,029	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 2 km 47,405	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 3 km 47,415	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 5a km 47,775	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
B HH 8 km 50,290	n.B.a.	gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 9 km 50,330	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
B HH 10 km 50,335	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
B HH 11 km 50,365	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 17 km 51,745	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 23 km 53,010	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
B HH 25 km 54,430	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
B HH 26 km 54,465	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 27 km 54,790	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 29 km 55,325	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
B HH 30 km 55,340	n.B.a.	gering	sehr gering	gering	sehr gering
B HH 32 km 56,335	n.B.a.	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering

n.B.a.: nicht Beton angreifend

Die Analyseergebnisse sind in den Unterlagen 18.7.1 und 18.7.2 abgelegt worden. Dafür wurden die Originalprüfberichte verwendet, aus denen aber Seiten mit Proben aus anderen PFA entnommen wurden. Demzufolge ist die Seitennummerierung nicht immer durchgängig.

5.6.2 Einleitparameter

Bei der Planung der Ingenieurbauwerke ist das Erfordernis von Grundwasserabsenkungen in Abhängigkeit vom jeweiligen Grundwasserstand und der Kote der Baugrubensohlen zu prüfen. Wird Grundwasser abgesenkt, muss das geförderte Wasser in eine Vorflut geleitet werden. Die

zustimmungspflichtige Einleitung erfolgt in Hamburg in der Regel in Schmutz- oder Mischwassersiele. Die Siele müssen auch in Anspruch genommen werden, wenn die zu planende Entwässerung des Bahnkörpers nicht über unmittelbare Versickerung in den Untergrund bzw. über die Ableitung zu Versickeranlagen sichergestellt werden kann. In § 11 Absatz 2 Hamburgisches Abwassergesetz sind die Anforderungen an die Beschaffenheit des Abwassers für die Einleitung in die o.g. Siele oder in öffentliche Gewässer definiert.

Die im Zuge der Feldarbeiten aus den Baugrundbohrungen an Brückenstandorten entnommenen 15 Grundwasserproben wurden durch die Fa. Kneib in akkreditierte Labors der Eurofins GmbH versandt, die das Wasser auf die Einleitparameter analysiert hat. Alle Ergebnisse der untersuchten Parameter sind in der Unterlage 18.7.3 zusammengestellt. Parameter, die die Grenzwerte für die Einleitung in die Mischwassersiele überschreiten, sind in der Unterlage rot hinterlegt. Der Einleit-Grenzwert für den Parameter Dichlormethan liegt bei 14 der 15 Proben unter der Bestimmungsgrenze des Labors. Lediglich bei der Probe aus der B HH 17 wurden 13 µg/l Dichlormethan festgestellt. In der Bohrung B HH 2 (SÜ Nornenweg) wurde mit 1,7 µg/l eine Überschreitung des Einleit-Grenzwert für Trichlormethan festgestellt. Die hohe Überschreitung des Parameters „absetzbare Stoffe“ mit 400 ml/l in der Probe B HH 25 (EÜ Sonnenweg), die nach einer halben Stunde Absetzzeit der homogenisierten Probe bestimmt wird, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht repräsentativ und mit den Baugrundverhältnissen nicht erklärbar. Bei allen anderen 14 der 15 Proben liegt das Volumen der absetzbaren Stoffe unter dem Grenzwert für die Einleitung (0,5 ml/l).

5.7 Charakteristische Bodenkennwerte

Für die angetroffenen Böden im PFA 2 können für erdstatische Berechnungen die in der Tabelle 17 aufgeführten charakteristischen Werte herangezogen werden. Die Werte sind Erfahrungswerte.

Tabelle 17 Charakteristische Bodenkennwerte

Schichtmodell				Charakteristische Bodenkennwerte ¹⁾				
				γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung	h, künstlich	unbrauchbar	A	14 - 16	4 - 6	-	-	-
	ohne plast. Eigenschaften	locker	A,lo	17,0	9,0	30,0	0/0	7,5 - 15
		mitteldicht	A,md	18,0	10,0	30,0	0/0	15 - 30
	mit plast. Eigenschaften	weich	A,we	17,0	9,0	25,0	5/25	5
		steif	A,st	18,0	10,0	27,5	5/40	10
Sand (Schmelzwassersand)	ohne plast. Eigenschaften	locker	S,lo	17,0	10,0	30,0	0/0	7,5 - 15
		mitteldicht	S,md	17,5	10,5	32,5	0/0	15 - 30
		dicht	S,d	18,0	11,0	35,0	0/0	30 - 50
Geschiebelehm	leicht plastisch ST*/TL	breiig	Lg,br	18,0	9,0	22,5	0/10	1 - 2
		weich	Lg,we	19,0	10,0	25,0	5/25	10 - 20
		steif	Lg,st	20,0	10,5	27,5	10/50	15 - 25
		halbfest	Lg,hf	21,0	11,0	27,5	15/100	25 - 35
Geschiebemergel	leicht plastisch ST*/TL	breiig	Mg,br	18,0	9,0	25,0	0/10	1 - 2
		weich	Mg,we	19,0	10,0	27,5	5/25	15 - 25
		steif	Mg,st	20,0	10,5	30,0	10/60	20 - 35
		halbfest	Mg,hf	21,0	11,0	30,0	15/120	30 - 60
organog. Böden	$V_{gl} < 20\%$ OH	nicht bindig	O,nb	16,0	8,0	27,5	-	5
		bindig	O,b	17,0	7,0	22,5	-	3
Beckenton	TL/TM	weich	BT,we	18,5	8,5	20,0	5/20	5
		steif	BT,st	19,5	9,5	20,0	10/50	20
Becken-schluff	UL/UM	weich	BU,we	19,0	9,0	27,5	2/10	5
		steif	BU,st	19,5	9,5	27,5	5/25	7,5
Tertiärton	glimmerhaltig TM	weich	TT,we	19,0	9,0	22,5	10/	10
		steif	TT,st	20,0	10,0	25,0	20/	20
		halbfest	TT,hf	21,0	11,0	27,5	20/	30
1) Die Werte sind auf der sicheren Seite liegende Werte und gelten für die Gesamtmaßnahme. Für Bauwerksstandorte werden soweit möglich in den jeweiligen Anhängen standortbezogene Kennwerte angegeben.								

Für erdstatische Berechnungen von Ingenieurbauwerken werden in den Anhängen bauwerksbezogene Kennwerte angegeben. Werden bei der weiteren Planung Bodenkennwerte für lokal anstehende Böden benötigt, die nicht in der Tabelle erfasst sind, können diese bei den Verfassern abgefordert werden.

6 Geotechnische Kategorien

Die im Zuge der Baumaßnahme zu planenden Verkehrsanlagen und Ingenieurbauwerke sind gemäß EC 7/DIN EN 1997-1 in Geotechnische Kategorien (GK) einzustufen. Mit der Einstufung werden Mindestanforderungen an Umfang und Qualität von geotechnischen Untersuchungen, Berechnungen und Bauüberwachung in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der baulichen Anlage und des Baugrundes festgelegt.

Die Geotechnische Kategorie GK 1 umfasst Baumaßnahmen mit geringem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerk und Baugrund, d.h.:

- Es besteht keine Gefährdung durch Geländebruch oder Bewegungen im Baugrund.
- Es liegen vergleichbare örtliche Erfahrungen vor.
- Der Baugrund liegt in waagrechttem oder schwach geneigtem Gelände und kann nach gesicherter örtlicher Erfahrung als tragfähig und setzungsarm beurteilt werden.
- Baugrubensohlen liegen oberhalb des Grundwasserspiegels bzw. Aushub im Grundwasser ist nach vergleichbarer örtlicher Erfahrung unbedenklich.

Bei diesen Voraussetzungen dürfen Planung und Bemessung nach routinemäßigen Verfahren (i.d.R. ohne rechnerische Nachweise) erfolgen.

In diesem Projekt sind die folgenden Baumaßnahmen in die GK 1 einzustufen:

- Dämme auf tragfähigem Baugrund bis 3 m Höhe,
- Gebäude mit Flächengründung (Einzel- und Streifenfundamente) auf tragfähigem Baugrund (z.B. ESTW-A) gemäß DIN EN 1997-1, Ziffer A 6.10,
- Stützbauwerke bis 2 m Höhe des Geländesprunges ohne höhere Auflasten und
- der Bahnkörper mit seinen Tragschichten auf tragfähigem Unterbau/Untergrund.

Die **Geotechnische Kategorie GK 2** umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad und die eine ingenieurmäßige Bearbeitung und rechnerische Nachweise der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit erfordern. Sie gilt für konventionelle Gründungen und Bauwerke ohne ungewöhnliches Risiko oder schwierige Baugrund- und Belastungsverhältnisse.

D.h.:

- Das Grundwasser bzw. die freie Wasseroberfläche liegt über der Baugrubensohle.
- Grundwasserzutritte bzw. Wasserhaltungen sind mit üblichen Maßnahmen beherrschbar.
- Der Baugrund ist regelmäßig geschichtet.
- Organische und organogene Böden sind gering mächtig und vorbelastet.

Bei diesen Voraussetzungen sollen für die Planung und Bemessung geotechnische Kennwerte für die Nachweise bzw. Berechnungen ausgewiesen werden.

In diesem Projekt sind die folgenden Baumaßnahmen in die GK 2 einzustufen:

- Bauwerke für die ein Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen erforderlich ist (z.B. Fußgängertunnel und Rampen bei Grundwasserständen deutlich über der Tunnelsohle, Dichtsohlen in Baugruben ohne Grundwasserabsenkung).
- Temporäre Verankerungen (Kurzzeitanker) für z.B. Baugrubensicherungen, Hilfsbrückengründungen.
- Auf Druck beanspruchte Pfahlgründungen mit Ermittlung der Widerstände nach Erfahrungswerten gemäß DIN EN 1997-1:2009-09, 7.6.2.3 (z.B. EÜ's, Hilfsbrückengründungen).
- Horizontalbohrungen (z.B. für den Kabeltiefbau)
- Stützbauwerke über 2 m Höhe des Geländesprunges.

Die **Geotechnische Kategorie GK 3** umfasst Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad, die nicht in die GK 1 bzw. GK 2 zugeordnet werden. Die GK 3 gilt für Baugrund in regelloser Schichtung, für Böden die zum Kriechen oder Fließen neigen, für weiche organische und organogene Böden, die in großer Mächtigkeit anstehen. Gespanntes Grundwasser, das durch Bodenabtrag zu artesischem Grundwasser werden kann, ist auch der GK 3 zuzuordnen.

In diesem Projekt sind nach aktuellem Planungsstand die folgenden Baumaßnahmen in die GK 3 einzustufen:

- auf Pfählen gegründete Hilfsbrücken,
- Quer zur Pfalachse belastete Pfähle (z.B. Lärmschutzwände und Sonderbauwerke für LSW).

7 Schlussfolgerungen und Gründungsempfehlungen Erdbauwerke

7.1 Grundsätze

7.1.1 Anforderungen an Schutz- bzw. Tragschichten

Schutzschichten bzw. Tragschichten unter dem Schotter sind gemäß Ril 836 bei Neubau- und Ausbaustrecken als Regel vorzusehen. Schutzschichten sind in Abhängigkeit von unter dem Planum anstehenden, für die Aufschüttung gewählten Böden bzw. geplanten Bodenverbesserungsmaßnahmen auf Tragfähigkeit und Frostsicherheit zu bemessen. Nach dem Regelwerk der DB AG dürfen für Schutzschichten güteüberwachte Korngemische nach DBS 918062 und bei mehrlagigen Schutzschichten unter der oberen Lage auch Mineralgemische nach ZTV SoB verwendet werden.

Auf Schutzschichten kann bei Maßnahmen im Bestand nur verzichtet werden, wenn unter dem Schotter den o.g. Schutzschichten gleichwertige Böden/Mineralgemische anstehen und der Verzicht gutachtlich begründet wird.

In den Tabellen 18 und 19 werden die Anforderungen gemäß Ril 836 in Abhängigkeit von der am jeweiligen Abschnitt geltenden Höchst- bzw. zulässigen Geschwindigkeit zusammengestellt.

Sie gelten für den Neubau der Strecke 1249 und auch für Maßnahmen im Bestand der Strecke 1120, wenn die Umbaulänge mehr als 250 Meter beträgt und der Unterbau verstärkt werden muss, weil die angetroffenen Böden bzw. Tragschichten nicht ausreichend tragfähig bzw. nicht die Anforderungen an Tragschichten nach DBS 918062 erfüllen.

Tabelle 18 Anforderungen an den Unterbau/Untergrund Strecke 1249 (Neubau)

	Anforderungen an die Verdichtung	Anforderungen an den Verformungsmodul
Einstufung ($v = HG V_{zG}$ für durchgehende Hauptgleise, sonst örtlich zulässige v)	80 km/h < v < 160 km/h	
Abzusichernder Tragbereich ¹⁾ (Tiefe u. SO)	2,0 m	
Verdichtung D_{Pr}	97 % (GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST, OK) 95 %, $n_A < 12$ % (GU*, GT*, SU*, ST*, U, T) bis Dammsohle	
Regelwert E_{V2}/E_{Vd} ^{3) 4)} in MN/m ² OK Schutzschicht (OFTS)		100/45
Regelwerte E_{V2}/E_{Vd} Planum Neuschüttungen wie Neubau		45/30
Untergrund/bestehender Unterbau (im Druckbereich bis zur Tiefe des abzusichernden Tragbereiches) ²⁾	mindestens steif (Konsistenz $I_C > 0,75$ für bindige Böden) bzw. mitteldicht (Lagerungsdichte $D > 0,3$ bei $U < 3$ bzw. $D > 0,45$ bei $U > 3$ für nichtbindige Böden)	

 Tabelle 19 Anforderungen an den Unterbau/Untergrund für Gleisen mit max. $v = 80$ km/h

	Anforderungen an die Verdichtung	Anforderungen an den Verformungsmodul
Einstufung ($v = HG V_{zG}$ für durchgehende Hauptgleise, sonst örtlich zulässige v)	$v \leq 80$ km/h	
Abzusichernder Tragbereich ¹⁾ (Tiefe u. SO)	1,5 m	
Verdichtung D_{Pr} (neu herzustellender Unterbau)	97 % (GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST, OK) 95 %, $n_A < 12$ % (GU*, GT*, SU*, ST*, U, T) bis Dammsohle	
Regelwert E_{V2}/E_{Vd} in MN/m ² OK Schutzschicht (OFTS)		80/40
Regelwerte E_{V2}/E_{Vd} ^{3) 4)} Planum Neuschüttungen wie Neubau		(45/25)
Untergrund/bestehender Unterbau (im Druckbereich bis zur Tiefe des abzusichernden Tragbereiches) ²⁾	mindestens weich (mit $I_C > 0,6$) bzw. locker (mit $D > 0,2$)	

- 1) Als abzusichernder Tragbereich ist die gesamte Planumsbreite, unter Berücksichtigung des Druckausbreitungswinkels, anzusetzen. Für die erforderliche Breite des Bodenaustausches im Bestand siehe Ril 836.4103 Abs. 4(7).

- 2) für Bodengruppen entsprechend ZTVE-StB Tab. 2, kann nach Maßgabe des geotechnischen Gutachters auch abweichend festgelegt werden. Bei Vorhandensein der entsprechenden Lagerungsdichte und/oder Konsistenz kann von einem für einen gebrauchstauglichen Fahrweg ausreichend tragfähigen Untergrund ausgegangen werden, wenn die Entwässerung gewährleistet ist.
- 3) Bei Neuschüttungen im Zuge von Verbesserungsmaßnahmen gelten die Regelwerte des Neubaus. Die Richtwerte für die Verbesserung sind für den Druckausbreitungsbereich maßgebend. - Die Regelwerte (Neubau) auf dem Planum sollen erfüllt werden. Die Regelwerte der Verbesserung sollen angestrebt werden, um nach Ril 836.4101A02 eine möglichst dünne Tragschichtdicke zu erreichen. Im Rahmen der geotechnischen Bewertung können ortsspezifisch Kontroll- bzw. Prüfwerte neu festgelegt werden, z.B. können die Eingangswerte E_{pI} für die Dickenbestimmung (siehe Ril 836.4105A05) angesetzt werden oder der sich aus der Rückrechnung ergebende E_{pI} für eine vorgesehene Dicke.
- 4) E_{vd} -Werte gelten für gemischt- und feinkörnige Böden, Werte für grobkörnige Böden sind um jeweils 5 MN/m² zu erhöhen.

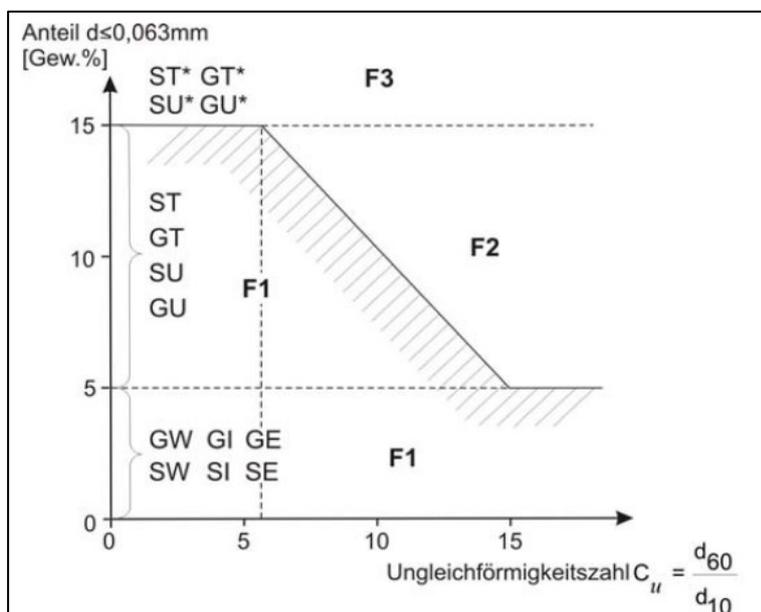
7.1.2 Grundsätze bei der Bemessung auf Frost

Nach der Ril 836.4101A04 liegt die gesamte Baumaßnahme im Frosteinwirkungsgebiet II. Die Dicke des frostsicheren Aufbaus ist neben dem Geschwindigkeitsbereich, mit dem das jeweilige Gleis zu befahren ist, auch von der Frostempfindlichkeitsklasse des Bodens unter dem Planum abhängig bzw. der geplanten Bodenverbesserungsmaßnahme.

Die Klassifizierung der Böden in Frostempfindlichkeitsklassen erfolgt gemäß ZTVE-StB 09.

Mit welcher Dicke qualifizierte Bodenverbesserungsmaßnahmen bzw. Bodenverfestigungen auf den frostsicheren Aufbau anzurechnen sind, ist in der Ril 836.4101A02, Hinweise: 4) und 7)ff nachzulesen.

Bild 3 Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 09



Für Gleise im Geschwindigkeitsbereich $v > 80 \text{ km/h}$ bis 160 km/h ist zur Gewährleistung eines frostsicheren Aufbaus nach Ril 836.4101A02, Tabelle 1, Zeile 1.1.2 bei 30 cm Schotter unter Unterkante Schwelle eine frostsichere mineralische Tragschicht von mindestens $d = 35 \text{ cm}$ bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F1/F2 und von mindestens $d = 45 \text{ cm}$ bei Böden der

Frostempfindlichkeitsklasse F3 erforderlich. Wird frostempfindlicher Boden (F3) unter dem Planum qualifiziert verbessert, dann ist eine Reduktion der mineralischen Tragschicht auf $d = 35$ cm zulässig.

Bei Gleisen im Geschwindigkeitsbereich $v \leq 80$ km/h (ggf. Bahnhofsgleise) sind Tragschichten $d = 25$ cm bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F1/F2 und von mindestens $d = 35$ cm bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zulässig. Auch hier kann durch qualifizierte Bodenverbesserung die Tragschicht um 10 cm reduziert werden.

7.1.3 Grundsätze bei der Bemessung auf Tragfähigkeit

Bei der Bemessung der Tragschichtdicke sind die Ausgangstragfähigkeiten auf dem Planum und die hydrologischen Bedingungen (nach 836.4101A05 (2)) zu berücksichtigen. Die Ausgangstragfähigkeit darf unter Anwendung der Tabelle Richtgrößen für den Berechnungsmodul (Tabelle 20) festgelegt werden. Maßgeblich für die Ableitung des Berechnungsmoduls ist der Bereich zwischen 70 cm unter SO (Unterkante Regelschotterdicke) bis etwa 1,6 m unter SO zu betrachten. Bis in diese Tiefe beeinflussen die Baugrundverhältnisse das Ergebnis einer Tragfähigkeitsmessung mit Prüfplatte $\varnothing = 30$ cm unabhängig vom Prüfverfahren. Stehen im Untergrund bzw. im bestehenden Unterbau bis zur Tiefe des abzusichernden Tragbereiches Böden geringerer Konsistenz als steif oder locker gelagerte Böden an bzw. sind dynamisch kritisch zu bewertende Böden im Untergrund, gelten besondere Anforderungen. Bei Erfordernis wird darauf in besonderen Kapiteln hingewiesen.

Tabelle 20 Richtgrößen für den Berechnungsmodul E_H

Bodenklassifikation		Zusatzbedingung Kornanteil $d < 0,1$ mm	Berechnungsmodul E_H in MN/m ² beim hydrologischen Fall ¹⁾				
			1	1/2	2	2/3	3
1	schluffige oder tonige Kiese (GU, GT)	10 bis 20 %	60	45	30	25	20
2	schluffige oder tonige Sande (SU, ST)	10 bis 20 %	50	35	25	22,5	20
3	stark schluffige oder stark tonige Kiese bzw. Sande (GU*,GT*, SU*, ST*)	20 bis 30 %	40	30	20	17,5	15
4		> 30 %	30	20	15	10	10
5	Schluffe und Tone	leicht plastisch (UL, TL)	25	20	15	10	10
6		mittelplastisch (UM, TM)	25	20	15	12,5	10
7		ausgeprägt plastisch (UA, TA)	20	17,5	15	12,5	10

¹⁾ Beschreibung der hydrologischen Fälle in Ril 836.4101A05

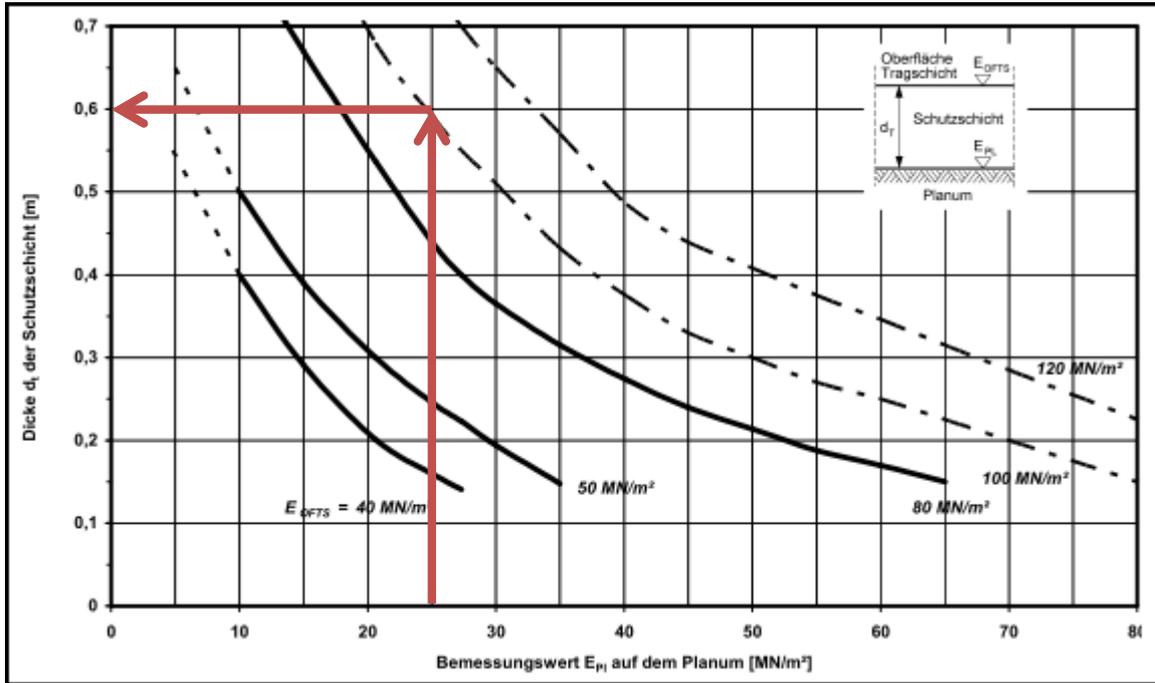
Für den Neubau der Gleise auf Erdkörpern in Dammlage darf bei mind. 5 % quergeneigtem Planum, Bau von Entwässerungsanlagen und bei versickerungsfähigem Unterbau und Unter-

grund mit ausreichendem Abstand von der Einleitstelle (z.B. Grabensohle) zur Grundwasseroberfläche (permanent mind. 1 m) der hydrologische Fall 1 angenommen werden. Bei Lage des Planums in Geländegleiche bzw. im Einschnitt kann je nach anstehendem Boden und örtlichen Grundwasserverhältnissen unter der Voraussetzung, dass die Entwässerungsanlagen neu gebaut oder neu profiliert werden, von einem hydrologischen Fall 1/2 oder Fall 2 ausgegangen werden. Nur bei versickerungsfähigem Untergrund mit ausreichendem Abstand von der Einleitstelle zur Grundwasseroberfläche kann in Einschnitten der hydrologische Fall 1 angenommen werden.

Für den Umbau von Gleisen auf bestehenden Erdkörpern in Dammlage kann bei mind. 5 % quergeneigtem Planum und Bau von neuen Entwässerungsanlagen, Instandsetzung vorhandener Entwässerungsanlagen bzw. versickerungsfähigem Unterbau und Untergrund sowie bei ausreichendem Abstand von der Einleitstelle zur Grundwasseroberfläche der hydrologische Fall 1 angenommen werden. Bei Lage des Planums in Geländegleiche bzw. im Einschnitt kann unter der Voraussetzung, dass die Entwässerungsanlagen neu gebaut oder neu profiliert werden, von einem hydrologische Fall 1/2 oder Fall 2 je nach anstehendem Boden und örtlichen Grundwasserverhältnissen ausgegangen werden.

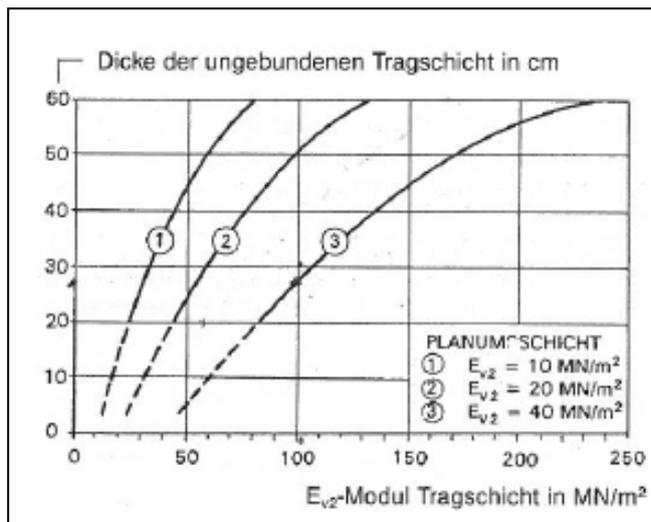
Ist der abgeleitete Berechnungsmodul E_H kleiner als der auf dem Planum geforderte Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{vd} = 30 \text{ MN/m}^2$ ist unter der PSS eine Übergangsschicht oder eine Bodenverbesserung notwendig. Die Gesamtdicken der Tragschichten ohne Bindemiteinsatz werden aus dem Diagramm Bild 4 mit dem abgeleitete Bemessungsmodul E_H , der dem Bemessungswert E_{pL} im Bild 4 entspricht, bestimmt.

Bild 4 Diagramm zur Bestimmung der Dicke d_T von Trag- bzw. Schutzschichten bei Schotteroberbau



Kann mit einem zu geringem Berechnungsmodul E_H bzw. Bemessungswert E_{pi} im Bild 4 keine Dicke der Schutz- bzw. Tragschicht abgelesen werden, sind die Dicken gutachtlich festzulegen. Dabei können z.B. die langjährig in der Praxis erprobten Erfahrungswerte aus dem Kommentar zur ZTVE (von: Floss) über den Zuwachs an Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Dicke der Tragschicht und dem Verformungsmodul auf dem Planum herangezogen werden (Bild 5).

Bild 5 Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Dicke der Tragschicht und dem Verformungsmodul auf dem Planum



7.1.4 Grundsätze zur Qualitätssicherung

Im Projekt ist unter Neubaugleisen immer eine Tragschicht (früher auch PSS genannt) aus einem Korngemisch KG 1 gemäß DBS 918062 bzw. in Bereichen mit versickerungsfähigem Untergrund und ausreichendem Abstand zur Grundwasseroberfläche aus einem Korngemisch KG 2 einzubauen. Das gleiche gilt für den Umbau von Gleisen auf bestehenden Erdkörpern, wenn unter dem Schotter keine den Korngemischen nach DBS 918062 gleichwertigen Tragschichten erkundet wurden.

Grundsätzlich sollte eine bemessene Schutzschicht bis max. 35 cm Schichtdicke (im verdichteten Zustand) in einer Lage eingebaut werden. Bei Dicken über 35 cm sind 2 Lagen zu planen, wovon mindestens die obere Lage aus Korngemischen nach DBS 918062 bestehen muss und die untere immer aus einem versickerungsfähigen Korngemisch nach ZTV SoB geplant werden kann (z.B. Kies- oder Schottertragschicht 0/32 bzw. 0/45). Die Verfügbarkeit und die Kosten eines Materials nach ZTV SoB sind in der Regel kostengünstiger als die eines Korngemisches KG 2.

Bei Verwendung von Korngemischen nach DBS 918062 ist kein Geokunststoff mit Trenn- und Filterwirkung erforderlich, da bei diesen Korngemischen die Filterstabilität zu den anstehenden Böden gewährleistet ist. Geokunststoffe sind auf dem Planum nur bei anstehenden bindigen Böden und bei 2-lagigem Aufbau der Tragschicht erforderlich, wenn die untere Lage aus einem Material nach ZTV SoB oder einem anderen vergleichbar tragfähigem Bodengemisch geplant wird.

Für Neubaugleise auf einlagigen Tragschichten sind auf dem Planum und der Oberfläche der Tragschicht der Verformungsmodul (E_{v2} bzw. E_{vd}) und die Dichte (D_{Pr}) nach Tabelle 18 bzw. 19 nachzuweisen.

Bei 2-lagigen Tragschichten sollten in der Planung und Ausschreibung grundsätzlich die Anforderungen bezüglich der Verformungsmoduli (E_{v2} bzw. E_{vd}) und der Dichte (D_{Pr}) für das Planum (anstehender verdichteter oder verbesserter Boden), für die untere und die obere Tragschichtlage entsprechend der Empfehlungen in diesem Geotechnischen Bericht übernommen werden, auch wenn diese von den Regelwerten der Ril 836 abweichen sollten. Nur so kann das Erreichen der Sollwerte auf der Oberfläche Tragschicht gewährleistet werden. Zusätzlicher Bodenaustausch ist in der Bauausführung dann nur noch beim Antreffen „schlechterer“ Böden als bei der Baugrunderkundung angetroffen möglich. Bei Unterschreitung des Bemessungsmoduls auf dem Planum sind während der Bauausführung zusätzliche Maßnahmen gemeinsam mit der Bauüberwachung unter Beteiligung eines geotechnischen Sachverständigen festzulegen.

Für alle Tragschichtmaterialien ist in der Ausschreibung festzulegen, dass mit einem Vorlauf von mindestens 4 Wochen vor deren Einbau der Bauüberwachung Eignungsuntersuchungen bzw. Prüfzeugnisse vorzulegen sind.

7.2 Abschnittbezogene Bemessung der Tragschichten

7.2.1 Vorbemerkungen

Für die Bemessung wird der Untersuchungsraum in Abschnitte gegliedert. Neben vergleichbaren Baugrundverhältnissen im Untergrund/Unterbau und der Lage der Oberfläche Tragschicht (OFTS) bezogen auf das angrenzende Gelände sind auch die hydrologischen Verhältnisse zu beachten, da sie erheblichen Einfluss auf die Tragfähigkeit des Baugrundes aufweisen können.

In diesem Projekt wird davon ausgegangen, dass im gesamten PFA 2 funktionstüchtige Entwässerungsanlagen hergestellt bzw. neu errichtet werden, die über die Bahnkörperbreite möglichst eine permanente Entwässerung des Bereiches bis 1,5 m unter der Schienenoberkante gewährleisten. In Bereichen wo dies nicht möglich ist, müssen die Tragschichten so geplant werden, dass sie bei temporärem Einstau lagestabil und tragfähig bleiben. Außerdem dürfen gemäß Ril 836.4601 bei Einstau im Bereich bis 1,5 m unter der Schienenoberkante keine verwitterungsempfindlichen Böden anstehen. Die Geschiebeböden mit den Bodengruppen nach DIN 18196 ST*, SU*, TL sind als verwitterungsempfindlich zu beurteilen. Da wo die verwitterungsempfindlichen Böden im Bereich bis 1,5 m unter Schienenoberkante angetroffen werden, sind zusätzlich zu den auf Tragfähigkeit bemessenen Tragschichten bodenverbessernde Maßnahmen erforderlich.

Bezogen auf die Lage der OFTS (OK Tragschicht) werden die Bereiche in Dämme und Einschnitte und Geländegleichlage unterschieden unabhängig davon, ob es sich um Verbreiterungen vorhandener Dämme bzw. Einschnitte handelt. Die Lage des Planums ergibt sich aus der geplanten Gradienten abzüglich der Dicke des Oberbaus (Schiene + Schwelle + Schotter + Tragschicht $\approx 20 \text{ cm} + 20 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 35 \text{ cm} = 105 \text{ cm}$ unter Schienenoberkante). Liegt das Planum über dem Geländeniveau ist von einer Dammlage auszugehen. Liegt das Planum unter der Geländeoberfläche handelt es sich um einen Einschnitt.

Die Ergebnisse der Tragschichtbemessung sind für die Gleise der Strecken 1249 und 1120 diesem Bericht als Anhänge beigelegt. Die in den Anhängen für die Strecke 1249 angegebene Stationierung bezieht sich auf die Bestandsstrecke 1120.

In den einzelnen Abschnitten wurden die Böden mit ähnlichen Eigenschaften bezüglich Tragfähigkeit, Frostempfindlichkeit und der vorgenannten Bemerkungen zusammengefasst.

Werden unter den Tragschichten An- oder Neuschüttungen (Dämme) erforderlich, sind dafür gut verdichtbare Kiessandgemische der Bodengruppen GU, GW, GE, GI und SW zu verwenden. Weitere Ausführungen dazu können im Kapitel 7.3.2 nachgelesen werden.

7.2.2 Abschnitt km 56,597 bis km 55,730,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

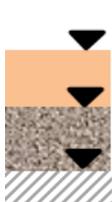
Der neue Trassenverlauf befindet sich in einem Einschnitt. Das neue Gleis verläuft anfangs nördlich und später südlich des Bestandsgleises (Lübeck Hbf - Hamburg Hbf). Es bindet in km 56,320 wieder in das Bestandsgleis ein. Nach Abtrag des Bewuchses und Oberbodens (nur am Beginn) sowie dem Rückbau der „alten“ Gleisanlagen sind im planmäßigem Aushubniveau (ca. 1,05 m unter SO) bindige Böden in weicher Konsistenz zu erwarten. Diese Böden werden gemäß DIN 18196 in die Bodengruppen ST* (stark tonige Sande), TL (leichtplastische Tone), TA (ausgeprägt plastische Tone) und SU* (stark schluffige Sande) eingestuft. Die bindigen Sande und sandigen Tone werden geologisch als Geschiebelehm bzw.-mergel bezeichnet. Lokal wurden Reste von Schutzschichten aufgeschlossen [SI, GI]. Der Geschiebelehm/-mergel wurde bis ca. 9,50 m unter SO nachgewiesen und weist teilweise eingelagerte Sandlinsen auf. Das Wasser wurde im Niveau von $\geq 2,0$ m unter SO festgestellt und ist lokal gespannt (s. BS HH 484a).

Baugrundtechnisch kann den o.g. Böden für die Bemessung unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht bzw. nachgewiesen werden. Für die PSS wird das Korngemisch KG 1 empfohlen. Die angegebenen Dicken für PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 30 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.3 Abschnitt km 55,730 bis km 55,060,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das neu geplante Gleis in diesem Abschnitt verläuft in der Trasse des vorhandenen Gleises der Strecke 1120. Eine Tragschichtbemessung ist nicht erforderlich.

7.2.4 Abschnitt km 55,060 bis km 54,800

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

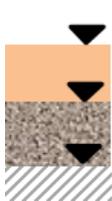
In dem o.g. Abschnitt werden zwei neue Weichenverbindungen zwischen den Bestandsgleisen eingebaut. Das Gelände ist eben und als maßgebendes Bodenprofil wurde die Kleinrammbohrung BS HH 399 herangezogen. Im Niveau des zukünftigen Planums zeigten sich stark feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande (SE), die eine gute Ausgangstragfähigkeit aufweisen. Diese Sande setzen sich bis in eine Tiefe von 8,20 m unter SO fort.

Das Wasser wurde bei 4,10 m unter SO angetroffen. Baugrundtechnisch kann den nichtbindigen Sanden (enggestuft) für die Bemessung auf Tragfähigkeit ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen.

Durch den anschließenden Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 einzusetzen.

Die empfohlenen Dicke der PSS und die ausgewiesenen erdbautechnischen Maßnahmen gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 31 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 30 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.5 Abschnitt km 54,800 bis km 52,320,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das neu geplante Gleis in diesem Abschnitt verläuft in der Trasse des vorhandenen Gleises der Strecke 1120. Eine Tragschichtbemessung ist nicht erforderlich.

7.2.6 Abschnitt km 52,320 bis km 52,000,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Der Trassenabschnitt befindet sich großräumig in einem flachen Einschnitt. Nach Rückbau des Bestandsgleises werden im Niveau des zukünftigen Planums bindige Sande und Reste von Schutzschichten freigelegt. Die bindigen Sande besitzen lokal keine Plastizität und weisen somit auch keine Konsistenz auf. In den übrigen Bereichen wurde die Konsistenz als weich eingeschätzt. Im Schurf HH 39 wurde „alter Mutterboden“ nachgewiesen. Das Wasser wurde in den Aufschlüssen oberhalb der bindigen Sandschichten als Stau-/Schichtwasser im Niveau von $\geq 1,20$ m unter SO eingemessen.

Den untersuchten Böden kann für die Bemessung des Tragschichtsystems unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) oder ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ (F1) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS wird das Korngemisch KG 1 empfohlen.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 32 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.7 Abschnitt km 52,000 bis km 51,500,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das Gleis befindet sich anfänglich in geländegleicher Lage und wird dann in Dammlage über die Amtsstraße bis km 51,700 geführt. Ab km 51,700 verläuft das Gleis bis zum Abschnittsende wiederum etwa in geländegleichem Niveau.

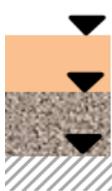
Nach Rückbau des Bestandgleises und der Bahnanlagen werden in dem Niveau des neuen Planums aufgefüllte nichtbindige Böden [SE, SI, SU] sowie gewachsene nichtbindige Böden wie z.B. feinsandige, schwach kiesige Mittelsande (SE) und schwach schluffige Sande (SU) erwartet. Eine Ausnahme bildet der Bereich um km 51,570 bis 51,560 (BS HH 239 und BS HH 237a), wo lokal bindige Sande (SU*) aufgeschlossen worden sind. Diese sind in jedem Fall auszutauschen und durch geeignetes Material wie z.B. Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) zu ersetzen. Das Wasser wurde im Schwankungsbereich zwischen 3,40 m und 5,30 m unter zukünftiger SO festgestellt und kann in diesem Abschnitt vernachlässigt werden.

Maßgebend für die Bemessung der Tragfähigkeit und Frostsicherheit sind die beschriebenen nichtbindigen Böden. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser kann diesen Böden ein Bemessungsmodul von $E_H \geq 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Die angegebenen Dicken für PSS und Nachverdichtung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 33 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.8 Abschnitt km 51,500 bis km 51,360,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das Gleis befindet sich in geländegleicher Lage. In Auswertung der Aufschlussergebnisse befinden sich nach Rückbau der Gleisanlagen in Höhe Planum (ca. 1,05 m unter SO) schluffige Sande (SU*) und Reste von Planumsschutzschichten [GU], [SU]. Diesen Böden kann für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen ein Bemessungsmodul von $E_H = 15 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Das Wasser wurde in diesem Bereich im Niveau von ca. 5,50 m unter zukünftiger SO festgestellt und ist für die Tragschichtbemessung nicht relevant.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 35 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden.

Für die PSS soll das Korngemisch KG 1 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 34 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 15/15 \text{ MN/m}^2$		

7.2.9 Abschnitt km 51,360 bis km 50,800

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das Gleis verläuft in südlicher Richtung mit einer Verschiebung von rd. 1,0 m gegenüber dem Bestand vorwiegend auf einem flachen Damm. Im Wesentlichen sind bis zur geplanten Aushubsohle (-1,05 m unter SO) nichtbindige geschüttete und anstehende Sande erkundet worden. Es wurden einerseits geschüttete schwach kiesige bis kiesige Sande mit geringen bzw. ohne schluffige Beimengungen [SE], [SU] und andererseits anstehende Sande mit geringen bzw. ohne schluffige Beimengungen (SE, SU) erkundet. Die nichtbindigen Böden setzen sich bis in eine Tiefe von mindestens 2,0 m unter SO fort. Darunter folgt Geschiebelehm bzw. -mergel bis

zur Endtiefe von ca. 9,0 m unter SO. Lokal wurden schwach schluffige Sand-Kies-Gemische [SU, GU] und im Bereich von km 51,020 bis 51,070 bindige Auffüllungen freigelegt. Die bindige Böden sind auf jeden Fall auszutauschen. Das Grundwasser wurde in Tiefen $\geq 3,70$ m unter SO festgestellt.

Der Berechnungsmodul für die Bemessung des Tragschichtsystems kann für die im Unterbau erkundeten Böden mit $E_H \geq 20$ MN/m² angenommen werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45$ MN/m² auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{min} = 35$ cm kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100$ MN/m² auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Die Böden werden als vorbelastet eingestuft. Für die PSS soll das Korngemisch KG 2 verwendet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 35 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45$ MN/m ²	$D_{Pr} = 1,00$ [-]	$d = 35$ cm
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30$ MN/m ²	$D_{Pr} = 0,97$ [-]	$d = --$ cm
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.10 Abschnitt km 50,800 bis km 50,570,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das Gleis verläuft in etwa geländegleichem Niveau. Nach Freilegung des zukünftigen Planums werden sich vorwiegend schluffige Sande (SU*), stark schluffige, schwach tonige Sande (ST*, TL), und lokal kiesige, schwach grobsandige Sande (SE) zeigen. Die Konsistenz der bindigen Böden ist weich. Die Baugrundverhältnisse in diesem Abschnitt sind sehr inhomogen, was sich in einem raschen Wechsel zwischen bindigen, nichtbindigen Sanden und hoch anstehendem Geschiebelehm widerspiegelt. Das Wasser wurde lokal in einer Tiefe von $\geq 3,0$ m unter geplanter SO eingemessen und kann für die Tragschichtbemessung vernachlässigt werden.

Baugrundtechnisch kann diesen Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum erreichen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ ausgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder frostsicheres Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS soll das Korngemisch KG 1 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 36 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.11 Abschnitt km 50,570 bis km 50,340

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

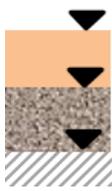
Das neue Gleis befindet sich bis zur SÜ Höltingbaum in etwa geländegleichem Niveau und verläuft ca. 2,0 m bis 4,0 m neben dem Bestandsgleis. Die Aufschlüsse zeigen, dass im zukünftigen Planum einerseits aufgefüllte kiesige bis stark kiesige, schwach schluffige Sande [SU] und andererseits anstehende kiesige Sande (SE) zu erwarten sind. Die nichtbindigen Böden weisen erfahrungsgemäß eine gute Ausgangstragfähigkeit auf. Wasser wurde in Tiefen $\geq 3,0 \text{ m}$ angetroffen und kann somit bei der Bemessung vernachlässigt werden bzw. wurde bei der Einschätzung des hydrologischen Falls bereits berücksichtigt.

Maßgebend für die Bemessung der Tragfähigkeit sind die o.g. gut tragfähigen Böden. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser kann diesen Böden ein Bemessungsmodul von $E_H \geq 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss als tragfähigkeitserhöhende Maßnahme eine

intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit schwerem Gerät nahe am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden (ggf. kann auch Grobschlag eingearbeitet werden).

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS soll das Korngemisch KG 2 verwendet werden. Die empfohlene Dicken PSS und erkundeten Böden gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 37 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.12 Abschnitt km 50,340 bis km 50,305,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Das Gleis verläuft am Anfang unterhalb der Höltingbaumbrücke und geht dann in Dammlage über. Die neue Gleisachse hat einen Abstand von ca. 4,0 m zur Bestandstrecke 1120 und verläuft parallel zur OK Dammböschung. Nach Rückbau der Gleisanlagen und Beseitigung des Oberbodens/Bewuchses werden im zukünftigen Planum zuerst nichtbindige Böden ([SE], SE, SW, SI) und ab einer Tiefe von ca. 4,0 m Torf und Mudde unter SO erwartet. Die Dicke des Torfes schwankt zwischen 0,90 m und 1,40 m. Das Wasser wurde in einer Tiefe von 3,80 m bzw. 4,50 m unter geplanter SO eingemessen.

Eine herkömmliche Tragschichtbemessung ist aufgrund der großräumig angetroffenen Weichschichten in diesem Bereich nicht zielführend, es werden Untergrundverbesserungsmaßnahmen erforderlich. Dafür werden nach Abstimmung mit dem Planer Hochdruckinjektionskörper (HDI) geplant, die die gesamte Bahnkörperbreite erfassen und vom Planum bis in den tragfähigen Boden reichen. Über dem HDI-Körper ist eine PSS Korngemisch KG 2 einzubauen.

Mit der empfohlenen PSS wird die Frostsicherheit gewährleistet. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 38 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.13 Abschnitt km 50,305 bis km 50,100

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz

Im o.g. Abschnitt verläuft das Gleis vorerst weiter auf der Dammkrone und ab ca. km 50,170 in der Dammböschung. Es wird eine Dammverbreiterung erforderlich. Die maßgebenden Aufschlussprofile zeigen in diesem Bereich ebenfalls Weichschichten wie Torf und Mudde mit Mächtigkeiten von ca. 0,90 m in Tiefen von ca. 4,0 m unter planmäßiger SO. Das Wasser wurde im Niveau von etwa 3,80 m unter SO festgestellt. Dies entspricht etwa dem Geländeniveau am Dammfuß (s. BS HH 148) und ist bei der Bauausführung mit entsprechenden Maßnahmen zwingend zu beachten.

Es sind auch hier Untergrundverbesserungsmaßnahmen sowie dynamische Stabilitätsbetrachtungen erforderlich. Als tragfähigkeitserhöhenden Maßnahmen werden z. B. vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen empfohlen, die im Raster von rd. 1,8 m x 1,8 m anzuordnen sind und auch die Hinterfüllbereiche beidseitig der EÜ Wandse erfassen müssen.

Zur Eingrenzung der Torfausdehnung müssen noch Nacherkundungen ausgeführt werden.

Die Wahl des Korngemisches KG 1 bzw. KG 2 als PSS-Material ist in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials festzulegen.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 39 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = -- \text{ MN/m}^2$		

7.2.14 Abschnitt km 50,100 bis km 49,900,

Strecke 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook

Im gesamten Abschnitt verläuft das Gleis in Dammlage, wobei eine Dammverbreiterung erforderlich ist. Im Untergrund wurden im oberen Bereich nichtbindige Böden und lokal Geschiebemergelschichten erkundet. Aufgrund der neuen Dammschüttung haben diese keinen Einfluss auf die Tragschichtbemessung. In Folge des relativ hohen Wasserstandes im Niveau OK Gelände ist die Aushubsohle nicht verdichtbar, es muss nach Beseitigung des Bewuchses der Einbau der 1. Lage Vorkopf erfolgen. Die Hinweise zur Dammverbreiterung sind in dem Kapitel 7.3.2 ausführlich beschrieben. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 40 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt	-	-

7.2.15 Abschnitt km 49,900 bis km 49,450,

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die Gleise verlaufen neben der Bestandsstrecke bis km 49,700 in etwa geländegleichem Niveau und anschließend bis ca. km 49,450 im Anschnitt. Nach Freilegung des zukünftigen Planums (ca. -1,05 m unter SO) werden sich vorwiegend bindige Böden als schluffige bis stark schluffige, schwach tonige Sande, leicht plastische Tone (SU*, ST*, TL), bindige sowie nichtbindige Auffüllungen mit Schotter, Ziegel und Schlacke [SU*], [SU], [SE] und lokal kiesige, teils schwach schluffige Sande (SE, SU) zeigen.

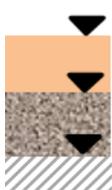
Die Konsistenz der bindigen Böden ist weich. Das Wasser wurde einmalig in einer Tiefe von $\geq 2,90 \text{ m}$ unter geplanter SO eingemessen (s. BS HH 112) und kann für die Tragschichtbemessung „vernachlässigt“ werden.

Baugrundtechnisch kann diesen Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 15 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum erreichen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 35 \text{ cm}$ ausgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS soll das Korngemisch KG 1 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 41 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 15/15 \text{ MN/m}^2$		

7.2.16 Abschnitt km 49,450 bis km 49,240

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die neu zubauenden Gleise befinden sich in etwa geländegleicher Lage. Im Niveau des neuen Planums werden aufgefüllte nichtbindige Böden [SE], [SU] sowie gewachsene nichtbindige Böden als feinsandige, schwach kiesige Mittelsande (SE) und schwach schluffige Sande (SU) erwartet. Eine Ausnahme bildet der Bereich in km 49,400, wo lokal bindige Sande (SU*) aufgeschlossen worden sind (s. BS HH 105). Diese sind in jedem Fall auszutauschen und durch geeignetes Material wie z.B. Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) zu ersetzen. Das Wasser wurde im Schwankungsbereich zwischen 2,80 m und 4,50 m unter zukünftiger SO festgestellt und kann in diesem Abschnitt „vernachlässigt“ werden bzw. wird durch den hydrologischen Fall 1 berücksichtigt.

Maßgebend für die Bemessung der Tragfähigkeit und Frostsicherheit sind die beschriebenen nichtbindigen Böden. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser kann diesen Böden ein Bemessungsmodul von $E_H \geq 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am opti-

malen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Die angegebenen Dicken für PSS und Nachverdichtung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 42 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.17 Abschnitt km 49,240 bis km 48,810,

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die zukünftigen Gleise verlaufen neben der Bestandsstrecke. Anfangs befinden sie sich in geländegleicher Lage, nach der Tunneltalbrücke (km 49,120) folgt ein kurzer flacher Dammbereich bis ca. km 49,030, der dann in einen Einschnitt übergeht. Nach Freilegung des zukünftigen Planums (-1,05 m unter SO) sind maßgeblich bindige Böden als schluffige bis stark schluffige, schwach tonige, teils kiesige Sande (SU*, ST*, TL) sowie lokal bindige Auffüllungen mit Ziegelresten und Schlacke [SU*] zu erwarten, die sich auch in größeren Tiefen fortsetzen (s. Baugrundlängsschnitte). Im Bereich von km 49,080 bis km 49,050 wurde eine Torflinse erkundet. Hier ist der Torf (HZ) mit seiner Mächtigkeit von 0,50 bis 1,50 m vollständig auszuheben und durch geeignete Materialien zu ersetzen. Die Konsistenz der bindigen Böden wird als weich eingeschätzt. Das Wasser wurde in einer Tiefe von $\geq 2,40 \text{ m}$ unter OK Gelände eingemessen, was der Höhenkote von $\geq 1,50 \text{ m}$ unter geplanter SO entspricht.

Baugrundtechnisch kann diesen Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum erreichen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ ausgeführt werden. Als Bodenaustauschma-

Material wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4}$ m/s mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5$ % oder Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35$ cm (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100$ MN/m² auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS soll das Korngemisch KG 1 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 43 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45$ MN/m ²	$D_{Pr} = 1,00$ [-]	$d = 35$ cm
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30$ MN/m ²	$D_{Pr} = 0,97$ [-]	$d = 40$ cm
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10$ MN/m ²		

7.2.18 Abschnitt km 48,810 bis km 48,270

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die geplanten Gleise verlaufen weiterhin neben der Bestandsstrecke und befinden sich teils in geländegleichem Niveau bzw. in einem neu herzustellenden flachen Einschnitt. Die Erkundungsergebnisse zeigen im Untersuchungsbereich und der dazugehörigen Planumskote relativ homogene Baugrundverhältnisse. Es wurden nichtbindige Sande, die lokal schwach schluffig und stark kiesig sind, aufgeschlossen (SE, SU, SI). Die genannten nichtbindigen Sande werden ca. ab km 48,550 von bindigen Böden (Geschiebemergel) unterlagert, die keine bzw. nur bedingt eine großflächige Versickerung zulassen. Das Wasser wurde in einer Tiefe von $\geq 1,80$ m unter OK Gelände eingemessen, was der Höhenkote von $\geq 1,60$ m unter geplanter SO entspricht.

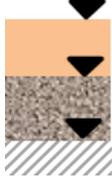
Maßgebend für die Bemessung der Tragfähigkeit und Frostsicherheit sind die beschriebenen nichtbindigen Böden. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser kann diesen Böden ein Bemessungsmodul von $E_H \geq 20$ MN/m² zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45$ MN/m² auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft

und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35$ cm (Neubau) wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100$ MN/m² auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Die angegebenen Dicken für PSS und Nachverdichtung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 44 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45$ MN/m ²	$D_{Pr} = 1,00$ [-]	$d = 35$ cm
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30$ MN/m ²	$D_{Pr} = 0,97$ [-]	$d = --$ cm
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.19 Abschnitt km 48,270 bis km 48,020

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die zukünftigen Gleise verlaufen neben der Bestandsstrecke und es wird für die neue Gleislage eine Dammverbreiterung erforderlich. In der Dammaufstandsfläche im Bereich der Dammverbreiterung wurden in Auswertung der Erkundungsergebnisse enggestufte Fein- und Mittelsande erkundet. In der Dammaufstandsfläche besteht keine Nachweispflicht bezüglich der Tragfähigkeit. Hinweise zur Ausführung der Dammverbreiterung sind dem Kapitel 7.3.2 zu entnehmen. Aufgrund des relativ hohen Grundwasserabstandes (ca. 0,40 m – 0,95 m unter OK Gelände) ist nach dem Mutterbodenabtrag eine kapillarbrechende Schicht mit einer Stärke von ≥ 50 cm einzubauen.

Die Böschungsneigung ist in Abhängigkeit des zum Einsatz kommenden Dammschüttmaterials sowie der Dammhöhe zu wählen. Die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45$ MN/m² im Planum sowie von $E_{v2} = 100$ MN/m² auf der OFTS sind einzuhalten.

Die empfohlene Dicke PSS gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 45 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.20 Abschnitt km 48,020 bis km 47,890

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die neuen Gleise verlaufen neben der Bestandsstrecke und befinden sich im Bereich eines Einschnittes, der verbreitert werden muss. Im zukünftigen Planum (ca. 1,05 m unter SO) sind feinsandige, schwach kiesige bis kiesige Sande (SE), die teilweise schluffige Beimengungen besitzen (SU), sowie stark kiesige Sande (SI) zu erwarten. Diese nichtbindigen Böden reichen bis ca. 1,80 m und 2,0 m unter SO hinab und werden darunter bis zur Endteufe von bindigen Böden d.h. Geschiebemergel unterlagert. Das Wasser wurde in Tiefen von $\geq 2,40 \text{ m}$ unter zukünftiger SO angetroffen.

Baugrundtechnisch kann diesen Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 46 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.21 Abschnitt km 47,890 bis km 47,620

Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die neuen Gleise verlaufen weiterhin neben der Bestandsstrecke, wobei eine Dammverbreiterung über einen bestehenden Graben bis km 47,700 für diesen Bereich kennzeichnend ist. In km 47,7990 soll ein neuer Durchlass errichtet werden.

Nach Abtrag des Mutterbodens und des Bewuchses werden in der Dammaufstandsfläche aufgefüllte nichtbindige und bindige Sande (lokal Kiese) mit Bauschuttresten und Schotter [SU], [SU*], [A] sowie anstehende Sande mit schwach schluffigen Beimengungen erwartet. In der Dammaufstandsfläche besteht keine Nachweispflicht bezüglich der Tragfähigkeit. Hinweise zur Ausführung der Dammverbreiterung sind dem Kapitel 7.3.2 zu entnehmen.

Das Wasser befindet sich ca. $\geq 2,50$ m unter SO und kann bei der Bemessung „vernachlässigt“ werden.

Die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ ist auf der Oberfläche Planum (Niveau der Dammkrone) zu gewährleisten. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS wird in Abhängigkeit des gewählten Dammschüttmaterials das Kornemisch KG 1 oder KG 2 verwendet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 47 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.22 Abschnitt km 47,620 bis km 47,029

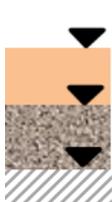
Strecke 1249, Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die Fortführung der neuen Gleise nördlich neben der Bestandsstrecke erfolgt großräumig im Einschnitt, wodurch eine Einschnittsverbreiterung erforderlich ist. Die Aufschlüsse zeigen, dass

im zukünftigen Planum (-1,05 m u. SO) maßgeblich bindige Böden in weicher Konsistenz und nur lokal Sande mit und ohne schluffige Beimengungen (SE, SU) bzw. nichtbindige Auffüllung [GU] zu erwarten sind. Die maßgebenden bindigen Böden bestehen aus Geschiebelehm bzw. -mergel. Der Geschiebelehm/-mergel setzt sich aus schluffigen, schwach tonigen bis tonigen Sanden mit stark variierenden Kiesanteilen zusammen (ST*, TL, SU*) und ist in seiner Konsistenz als vorwiegend weich einzustufen. Vereinzelt wurden auch Steine erkundet. Wasser wurde im Niveau von 1,10 m bis 2,60 m unter Bohransatzpunkt = OK Einschnittsböschung angetroffen, was einer Höhenkote zwischen 39,50 m NHN und 42,00 m NHN entspricht. In Abhängigkeit von der Höhenlage der neuen Schienenoberkante (Gradiente) sind während der Bauausführung und im Endzustand entwässerungstechnische Maßnahmen der neuen Böschungen zwingend einzuplanen, um aus der Böschung austretendes Schichtenwasser gezielt abführen zu können (s. Baugrundprofile/ -längsschnitte). Die Wasseraustritte aus der Böschung befinden sich teilweise über der geplanten OK Schiene (s. BS HH 14, BS HH 17, BS HH 10, BS HH 7, BS HH 5, BS HH 3).

Baugrundtechnisch kann diesen Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum erreichen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ ausgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder gleichwertiges Material empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS soll das Korngemisch KG 1 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 48 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.23 Abschnitt km 56,597 bis km 56,200

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die neue Trassenführung verläuft großräumig im Einschnitt, wobei für das o. g. Gleis eine Einschnittsverbreiterung erforderlich ist. In Auswertung der Aufschlussergebnisse befinden sich nach Abtrag des Bewuchses und Mutterboden in Höhe Planum (ca. 1,05 m unter SO) vorwiegend schluffige, schwach tonige bis tonige, schwach kiesige Sande sowie stark sandige Schluffe, die geologisch als Geschiebelehm bzw. -mergele zu bezeichnen sind. Die Konsistenz schwankt zwischen weich bis steif. Bautechnisch werden diese Böden in die Bodengruppen ST*, TL, SU* eingestuft. Lokal wurden weiterhin nichtbindige Auffüllung mit Schlacke (A), schwach schluffige Sande (SU) und schluffige Sande ohne Plastizität (SU*) aufgeschlossen. Das Wasser wurde im Niveau von $\geq 1,4$ m unter SO angetroffen, örtlich war das Wasser gespannt. Aufgrund von unregelmäßig eingelagerten Sandschichten in dem Geschiebemergelkomplex kann es bei der Einschnittsverbreiterung zu Wasseraustritten im Böschungsbereich kommen. Es sind daher entwässerungstechnische und erdbautechnische Maßnahmen vorzusehen.

Für die Bemessung der Tragfähigkeit kann unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser diesen Böden ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ (s. Bild 5) durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder Material nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS soll das Korngemisch KG 1 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 17 nachgelesen werden.

Zusammenfassung der Anforderungen (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung) für die Planung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.24 Abschnitt km 56,200 bis km 55,730

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die Einschnittsverbreiterung setzt sich in diesem Abschnitt bis ca. km 56,100 fort. Es befindet sich anschließend nördlich der Bahn ein künstlich geschütteter Wall. Das neu geplante Gleis bindet etwa in km 56.000 in das Gleis Lübeck-Hamburg der Bestandsstrecke 1120 wieder ein. Im zukünftigen Planum (ca. 1,05 m unter SO) wurden natürlich anstehende enggestufte Sande (SE), sandige Auffüllungen mit Beimengungen aus Schotter und Ziegel (A), [SU, [SE] und lokal bindige Auffüllungen [SU*] erkundet. Die nichtbindigen und bindigen Auffüllen weisen eine Mächtigkeit von 0,40 m bis 2,30m auf und werden darunter bis zur Endteufe von nichtbindigen Sanden bis auf eine Ausnahme unterlagert. Das Wasser wurde in Tiefen von $\geq 5,20$ m unter SO angetroffen.

Für die o.g. aufgefüllten Böden kann bezüglich der Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ angenommen werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 18 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.25 Abschnitt km 55,730 bis km 55,060

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

In diesem Abschnitt erfolgte keine Bemessung des Tragschichtsystems, da in diesem Abschnitt das Gleis auf der Trasse des vorhandenen Gleises der Strecke 1120 verläuft.

7.2.26 Abschnitt km 55,060 bis km 54,800**Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook**

In diesem Bereich ist das Gelände relativ eben und es ist der Einbau eines Weichentrapezes geplant. Die in Kapitel 7.2.4 beschriebenen Baugrundverhältnisse und Bemessungsgrundsätze gelten auch für diesen Abschnitt.

Die Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 19 nachgelesen werden.

7.2.27 Abschnitt km 54,800 bis km 53,700**Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook**

In diesem Abschnitt erfolgte keine Bemessung des Tragschichtsystems, da das neue Gleis in der Trasse des vorhandenen Gleises der Strecke 1120 verläuft.

7.2.28 Abschnitt km 53,700 bis km 53,100**Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook**

Großräumig verläuft das Gleis im Einschnitt, wobei es etwa in km 53,600 auf der nördlichen Seite ausgefädelt wird und ca. in km 53,150 wieder in die Bestandstrecke einbindet. Im Planum wurden nichtbindige Sande (SE) und nichtbindige Auffüllungen [SE], [SU] aufgeschlossen, die eine gute Ausgangstragfähigkeit aufweisen und sich bis in größere Tiefen fortsetzen (s. Unterlagen 18.5.9 und 18.5.10). Das Wasser wurde im Niveau $\geq 3,0$ m unter SO angetroffen.

Baugrundtechnisch kann diesen Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 20 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.29 Abschnitt km 53,100 bis km 52,250

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Das Gleis in diesem Abschnitt verläuft auf der Trasse des vorhandenen Gleises der Strecke 1120. Eine Tragschichtbemessung ist nicht erforderlich.

7.2.30 Abschnitt km 52,250 bis km 52,000

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die neue Trasse verläuft großräumig im Einschnitt neben der Bestandsstrecke. Die Baugrundverhältnisse sind vergleichbar mit denen, wie sie für das Gleis Hamburg – Lübeck beschrieben worden sind (s. Kap. 7.2.6). Dies bedeutet, es stehen im Planum nichttragfähige bindige Böden in weicher Konsistenz an. Das Wasser tritt als Stauwasser im Niveau von $\geq 0,80 \text{ m}$ unter SO auf. Es sind erhöhte erdbautechnische und entwässerungstechnische Maßnahmen vorzusehen.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder Material nach ZTV-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 21 nachgelesen werden.

Zusammenfassung der Anforderungen (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung) für die Planung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.31 Abschnitt km 52,000 bis km 51,520

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Der Abschnitt ist morphologisch durch den Wechsel zwischen geländegleicher Lage bis km 51,900, einen Dammabschnitt bis km 51,700 und einer erneuten sich anschließenden geländegleichen Lage bis zum km 51,520 gekennzeichnet. Die Aufschlüsse zeigen, dass im zukünftigen Planum und in der Dammaufstandsfläche nichtbindige Auffüllungen und anstehende nicht bindige Sande (SE) zu erwarten sind. Diese Böden sind erfahrungsgemäß gut tragfähig und sie reichen bis mindestens 3,0 m unter SO hinab. Die Auffüllungen setzen sich aus kiesigen bis stark kiesigen, teils schwach schluffigen Sanden [SU], [SE], [SI] zusammen. Lokal wurden in den Auffüllungen auch Betonbruch und Ziegelreste [A] festgestellt. Das Wasser findet sich in Tiefen $\geq 3,0$ m unter SO.

Für die Bemessung der Tragfähigkeit kann nach den Erfahrungen der Verfasser den o.g. Böden ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindestdiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 22 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.32 Abschnitt km 51,520 bis km 51,370

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Das neue Gleis verläuft im Abstand von ca. 4,0 m nördlich der Bestandsstrecke in geländegleichem Niveau. Im zukünftigen Planum (1,05 m u. SO) wurden bindige Auffüllungen [SU*] sowie sandige Auffüllungen mit einem sehr hohen Anteil an Fremdstoffen, der sich aus Beton, Holz,

Glas, Folienresten, Ziegelbruch, Schlacke usw. [A] zusammensetzte, erkundet. Im Bereich der Sondierung BS HH 231a in km 51,495 war ein Kernverlust von 1,0 m zu verzeichnen. Die Auffüllungen werden insgesamt als gering tragfähig eingeschätzt. Das Wasser wurde im Niveau von $\geq 4,80$ m unter SO festgestellt (s. Unterlage 18.3.5).

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 35 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder Material nach ZTV-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden.

Für die PSS soll das Korngemisch KG 2 verwendet werden. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 23 nachgelesen werden.

Zusammenfassung der Anforderungen (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung) für die Planung:

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 15/15 \text{ MN/m}^2$		

7.2.33 Abschnitt km 51,370 bis km 51,070

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die Trasse verläuft anfangs im geländegleichen Niveau und geht nach ca. 100 m in Dammlage über, wobei eine Dammverbreiterung erforderlich ist. Nach Abtrag des Mutterbodens und Bewuchses sind vorwiegend nichtbindige aufgefüllte und lokal bindige aufgefüllte Böden zu erwarten. Die Auffüllungen setzen sich vorwiegend aus kiesigen lokal steinigen, schwach schluffigen bis schluffigen Sanden mit einem geringen Anteil an Fremdstoffen zusammen. Sie sind in nachstehende Bodengruppen einzustufen. [SU], [SI], [SW], [GU], [SU*] und weisen eine ausreichende Tragfähigkeit zur Nutzung als Dammaufstandsfläche auf. Im Bereich des geländegleichen Niveaus muss vor dem Einbau der PSS eine intensive Nachverdichtung der Aushubsohle erfolgen und ggf. lokal im Bereich km 51,355 (BS HH 220) Fremdstoffe aus der Auffüllung separiert werden. Das Wasser wurde in Tiefen größer 3,0 m angetroffen und bezüglich der Tragschichtbemessung vernachlässigt werden

Die erforderliche Dicke der PSS beträgt 35 cm. Mit der empfohlenen PSS wird die Frostsicherheit und Tragfähigkeit gewährleistet. Als Korngemisch für die PSS kommt KG2 im Bereich von km 51,370 bis km 51,270 zum Einsatz. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 24 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

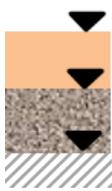
7.2.34 Abschnitt km 51,070 bis km 50,800

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Im o.g. km-Abschnitt befindet sich das Gleis auf einem auslaufenden Damm und verläuft weiter parallel zu der Bestandsstrecke. Im zukünftigen Planum (ca. 1,05 m unter SO) sind aufgefüllte, schwach kiesige bis stark kiesige Sande[SE], [SI], schwach schluffige bis schluffige Sande (SU, SU*) und lokal auch Geschiebelehm (BS HH 201/BS HH 199) zu erwarten und für die Bemessung maßgebend. Der Geschiebelehm gehört in die Bodengruppe SU*/ST* und weist eine weiche Konsistenz auf. Die nichtbindigen Böden setzen sich bis auf zwei Ausnahmen (BS HH 201 und BS HH 199) bis in Tiefen zwischen 2,50 m und 3,0m unter SO fort und werden darunter von Geschiebemergel bis zur Endteufe unterlagert. Die weichen bindigen Auffüllungen im Bereich von ca. km 51,030 bis ca. 51,060 (BS HH 201 und BS HH 199) müssen ausgehalten und durch geeignete Materialien ersetzt werden. Wasser wurde im Niveau von $\geq 3,80 \text{ m}$ unter SO angetroffen und bleibt für die Bemessung ohne Einfluss.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung/-austausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 25 nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.35 Abschnitt km 50,800 bis km 50,570

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Das neue Gleis verläuft parallel zur Bestandsstrecke in etwa geländegleichem Niveau. Nach Abtrag des Oberbodens und Rückbau bahntechnischer Anlage sind im zukünftigen Planum (1,05 m unter SO) folgende Böden zu erwarten:

- schluffige bis stark schluffige Sande (SU*)
- stark schluffige, schwach tonige Sande und stark sandige, schluffige schwach kiesige Tone (Geschiebelehm), ST*, TL, weiche Konsistenz
- schwach schluffige feinkiesige Mittelsande (SU),
- Auffüllungen, bestehend aus Sand mit kiesigen, schwach steinigen, teils schwach schluffigen Anteilen [SE], [SU].

Die bindigen Böden sind für die Tragschichtbemessung maßgebend. Wasser wurde nur in der BS HH 187 (km 50,765) in der Tiefe von 2,40 m unter SO festgestellt.

Baugrundtechnisch kann diesen Böden (außer den nichtbindigen Böden) für die Bemessung unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ und einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OF Tragschicht erreicht werden. Für die PSS wird ein Korngemisch KG 1 empfohlen. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 26 nachgelesen werden. Bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG2 zu verwenden und es sind die Hinweise im Kapitel 7.5 zu beachten.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.36 Abschnitt km 50,570 bis km 50,360,

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Der Trassenverlauf befindet sich großräumig in flacher Dammlage. Es ist für das Gleis ein neuer Damm zu schütten. Nach Abtrag des Oberbodens und Bewuchses sind nichtbindige Sande und nicht bindige Auffüllungen zu erwarten. Diese Böden gehören bautechnisch in die Boden- gruppen SU, SE, [SU] und weisen eine gute Ausgangstragfähigkeit auf. Das Wasser befindet sich im Niveau von größer 3,0 m unter SO. Es wird empfohlen die Aushubsohle / Dammauf- standsfläche nach zu verdichten.

Die erforderliche Dicke der PSS beträgt 35 cm. Mit der empfohlenen PSS wird die Frostsicher- heit und Tragfähigkeit gewährleistet. Als Korngemisch für die PSS wird das Korngemisch KG2 bei Verwendung von nichtbindigen Dammschüttmaterial (siehe Kap. 7.3.2) empfohlen. Alle Er- gebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 27 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaus- tausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.37 Abschnitt km 50,360 bis km 50,320,

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Es handelt sich in diesem Abschnitt um den unmittelbaren Bereich unter der Hölftigbaumbrücke. Der Bauraum ist durch Torvorkommen gekennzeichnet und die bestehende Brücke ist auf Pfäh- len gegründet. In Abstimmung mit dem Tragwerksplaner muss die Tiefgründung unterfangen werden. Als Untergrundertüchtigungsmaßnahme wird der Einsatz des Hochdruckinjektionsver- fahrens empfohlen. Der dadurch entstehende Verfestigungskörper weist nach seiner Aushär- tung eine ausreichende Festigkeit auf, die mit einer Ausgangstragfähigkeit von mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ gleichgesetzt werden kann.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Für die Gewährleistung der Frostsicherheit bei einer angenommenen Frostempfindlichkeitsklasse F1/F2 für den Verfestigungskörper ist ein frostsicherer Aufbau von 65 cm erforderlich. Dies ist durch den Einbau des Schotters und der PSS gewährleistet.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.38 Abschnitt km 50,320 bis km 50,200,

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Für die Fortführung der Trasse in Dammlage ist eine Dammverbreiterung erforderlich. Die Baugrundverhältnisse in diesem Bereich sind dadurch gekennzeichnet, dass sich Torfe mit unterschiedlicher Mächtigkeit im Untergrund befinden und das Wasser bei ca. 0,30 m bis 0,40 m unter OK Gelände angetroffen wurde (s. Unterlage 18.5.19). Es sind für diesen Bereich Bodenaustausch oder vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen denkbar, was durch Nacherkundungen noch verifiziert werden muss. Es ist von Bodenaustausch auszugehen. Das Korngemisch für die PSS ist in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterial festzulegen.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.39 Abschnitt km 50,200 bis km 50,100,

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Der Damm setzt sich fort, wobei der Neubau des Gleises mit einer Dammverbreiterung verbunden ist. In diesem Bereich stehen nach Abtrag des Oberbodens/Bewuchses einerseits aufgefüllte nichtbindige Sande[SE], [SU] sowie gewachsene nichtbindige Sande (SE) und andererseits zersetzter Torf (HZ) an. Das Wasser befindet sich hier bereits 0,30 m - 0,70 m unter OK Gelände. Der Torf ist bis zur Höhenkote ca. 26,60 m NHN durch geeignetes Material auszutauschen.

Die Mächtigkeit des Torfes in km 50,140, BS HH 141 beträgt ca. 1,30 m - 1,60 m unter OK Gelände. Zur Eingrenzung des Torfes sind Nacherkundungen erforderlich.

Die erforderliche Dicke der PSS beträgt 35 cm. Mit der empfohlenen PSS wird die Frostsicherheit und Tragfähigkeit gewährleistet. Das Korngemisch für die PSS wird in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials gewählt. Vorzugsweise soll das Korngemisch KG 2 gewählt werden. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 29 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	entfällt
	Aushubsohle	1)		

1) Der Torf ist im gesamten Bereich auszutauschen und durch geeignete Materialien zu ersetzen.

7.2.40 Abschnitt km 50,100 bis km 47,029,

Strecke 1249, Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook

Die Beschreibung der Baugrundverhältnisse für das Gleis Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook von km 50,100 bis 47,029 konnte aufgrund der Lage zur Bestandsstrecke mit dem Gleis Hamburg Hbf- Lübeck Hbf zusammengefasst werden. Die jeweiligen Abschnitte sind in den Kapiteln 7.2.15 bis 7.2.21 des Gleises Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz beschrieben.

7.2.41 Abschnitt km 56,597 bis km 56,180

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf – Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die Fortführung der neuen Gleise südlich der Bestandsstrecke erfolgt großräumig im Einschnitt, wodurch eine Einschnittsverbreiterung erforderlich ist. Die Aufschlüsse zeigen, dass im zukünftigen Planum (-1,05 m u. SO) maßgeblich bindige Böden in weicher bis steifer Konsistenz und nur lokal enggestufte Sande (SE) zu erwarten sind. Die bindigen Böden bestehen aus Geschiebelehm bzw.-mergel. Der Geschiebelehm/-mergel setzt sich aus schluffigen bis stark schluffigen, schwach tonigen bis tonigen Sanden mit geringen Kiesanteilen (ST*, TL, SU*) und schwach feinsandigen, schluffigen Tonen (TA) zusammen. Die Konsistenz ist als vorwiegend weich bis steif einzustufen. In den Geschiebemergelkomplex sind unregelmäßig wasserführenden

de Sandlinsen eingelagert, die in der Böschung zu Wasseraustritten führen können (s. BS HH 459). Wasser wurde im Niveau von $\geq 1,20$ m unter SO eingemessen. In Abhängigkeit von der Höhenlage der neuen Schienenoberkante (Gradiente) sind während der Bauausführung und im Endzustand entwässerungstechnische Maßnahmen bezüglich der neuen Böschungen zwingend einzuplanen, um aus der Böschung austretendes Schichtenwasser gezielt abführen zu können (siehe Baugrundlängsschnitte, Unterlagen 18.5.33 und 18.5.34).

Baugrundtechnisch kann den o.g. Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Berechnungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird z.B. ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ und einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht werden. Für die PSS wird ein Korngemisch KG 1 empfohlen. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 49 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.42 Abschnitt km 56,180 bis km 55,680,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf – Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Mit dem auslaufenden Einschnitt verläuft die Trasse im geländegleichen Niveau weiter und quert in km 58,875 den BÜ Jenfelder Straße. In Auswertung der Aufschlussresultate befinden sich nach Abtrag des Mutterbodens bzw. Rückbau alter Gleisanlagen in Höhe Planum (ca. 1,05 m unter SO) vorwiegend nichtbindige Auffüllungen teils mit Ziegel- und Schlackeresten [SE], [SU], anstehende nichtbindige Sande (SE) und nur lokal bindige Auffüllungen [SU*], [TL]. Im Bereich alter Gleisanlagen und örtlich im Randwegbereich wurden als Randwegabdeckung Tonschiefersplitt d.h. sog. „Waschberge“ eingesetzt. Diese Böden sind auf jeden Fall auszutauschen, dies gilt auch für die bindigen Auffüllungen im Bereich von km 55,865 bis km 55,825 (s.

BS HH 437 und BS HH 436). Die nichtbindigen Auffüllungen und anstehenden enggestuften Sande weisen eine relativ gute Ausgangstragfähigkeit auf. Das Wasser wurde im Niveau von $\geq 6,20$ m unter SO angetroffen und bleibt für die Bemessung ohne Einfluss (s. Unterlagen 18.5.34 und 18.5.35).

Baugrundtechnisch kann den o.g. Böden für die Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Berechnungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindestdiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 50 nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

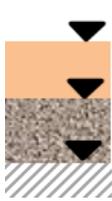
7.2.43 Abschnitt km 55,680 bis km 55,080,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die Bestandsstrecke verläuft in Dammlage und durch den Neubau der o.g. Gleise südlich der Bestandsstrecke ist eine Dammverbreiterung erforderlich. Nach Abtrag des Mutterbodens und Bewuchses werden nichtbindige und bindige aufgefüllte Böden mit den Bodengruppen [SE], [GE], [SU] und [SU*, ST*] erwartet. Lediglich im Bereich von km 55,230, (BS HH 411d) ist ein sehr hoher Anteil an Fremdbestandteilen wie z. B Glas, Holz und Ziegelreste in der Auffüllung festgestellt worden. Diese Fremdbestandteile sind zu separieren. Die Herstellung der Dammaufstandsfläche erfolgt ohne Nachweis. Hinweise hierzu sind dem Kapitel 7.3.2 zu entnehmen. Das Wasser wurde in Tiefen $\geq 4,40$ m angetroffen und kann bezüglich der Tragschichtbemessung vernachlässigt werden (s. Unterlagen 18.5.36 und 18.5.37).

Die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ ist auf der Oberfläche Planum (hier: Niveau der Dammkrone) zu gewährleisten. Durch den anschließenden Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht nachgewiesen werden. Für die PSS kann in Abhängigkeit des gewählten Dammschüttmaterials das Korngemisch KG 1 oder KG 2 verwendet werden. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 51 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

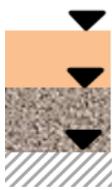
	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = \text{-- cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.44 Abschnitt km 55,080 bis km 54,000,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die neuen Gleise verlaufen südlich der Bestandstrecke im geländegleichen Niveau. Im zukünftigen Planum (1,05 m u. SO) wurden nichtbindige und bindige Auffüllungen, künstliche Auffüllungen und gewachsene nichtbindige Böden erkundet. Mit Ausnahme der Auffüllungen im Bereich der Sondierungen BS HH 400 (km 55,035), BS HH 392 (km 54,725) und BS HH 371 (km 54,070) weisen die vorgenannten Böden, die in die Bodengruppen [SE], [SI], [GI], [SU] und SE einzustufen sind, eine relativ gute Ausgangstragfähigkeit auf. Die Auffüllungen (A) der vorgenannten Ausnahmen beziehen sich auf die Auffüllungen, die einen sehr hohen Anteil an Fremdbestandteilen wie Glas, Holz, , Folie und Schlacke besitzen, der separiert bzw. ggf. vollständig ausgehoben werden muss. Das Wasser wurde im Niveau $\geq 3,20 \text{ m}$ unter SO festgestellt, wobei die Böden in diesem Abschnitt insgesamt als versickerungsfähig eingeschätzt werden können. Eine sog. Schwachstelle in diesem Bereich zeigte der Aufschluss BS HH 369 in km 54,020, wo stark organische, schluffige Sande mit mutterbodenähnlichen Eigenschaften bis in die Tiefe von 1,50 m unter SO erkundet wurden und diese wiederum von bindigen Sanden bis 2,50 m unter SO unterlagert werden. Diese organischen und bindigen Böden sind auszuheben und durch geeignete nichtbindige Materialien zu ersetzen (s. Unterlag. 18.5.38 bis 18.5.44). Für die Bemessung der Tragfähigkeit kann den vorgenannten Böden (außer der Schwachstelle) ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt

werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Die erforderliche Dicke der PSS beträgt 35 cm. Mit der empfohlenen PSS wird die Frostsicherheit und Tragfähigkeit gewährleistet. Als Korngemisch für die PSS kommt KG2 zum Einsatz. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 52 nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.45 Abschnitt km 54,000 bis km 53,140,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die Bestandstrecke verläuft in einem flachen Einschnitt, die neuen Gleise werden über eine Einschnittsverbreiterung südlich der bestehenden Gleise weitergeführt. Die Aufschlussergebnisse zeigten, dass nach der Abtrag des Oberbodens/Bewuchses/Gebäude vorwiegend nichtbindige, enggestufte Sande (SE), teils schwach schluffige Sande (SU) und geschüttete nichtbindige Sande [SE, SU] zu erwarten sind. Örtlich wurden auch nichtbindige künstliche Auffüllungen (A) mit Bestandteilen aus Ziegelbruch und Schlacke erkundet, die nach augenscheinlicher Prüfung belassen werden können oder es müssen die Fremdbestandteile separiert werden. Das Wasser wurde in der Tiefe $\geq 2,20 \text{ m}$ erkundet und die durchteuften Böden können bis in die Tiefe von ca. 4,0 m unter SO als wasserdurchlässige Böden beschrieben werden, darunter folgen gering durchlässige Geschiebeböden. Lediglich lokal in der BS HH 332 in km 53,225 zeigte sich der Geschiebelehm bereits 1,60 m unter SO (s. Unterlagen 18.5.44 bis 18.5. 47).

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 53

nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.46 Abschnitt km 53,140 bis km 52,870,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die Trasse verläuft in flacher Dammlage neben der Bestandsstrecke. Die EÜ über den Gehweg und EÜ über die Wandse befinden sich etwa in km 53,000. Es wurden im zukünftigen Planum (ca. 1,05 m unter SO) nichtbindige Sande (SE, SU) und geschüttete nichtbindige Sande [SE, SU, SI, GI] teilweise mit Fremdbestandteilen wie Ziegelbruch, Holz und Schlacke (A) erkundet und sie setzen sich bis mindestens 2,50 m unter SO fort. Die o.g. Böden sind als versickerungsfähig einzuschätzen und werden von schwer durchlässigen Böden unterlagert. Erfahrungsgemäß weisen nichtbindigen Böden eine ausreichende Ausgangstragfähigkeit auf. Das Wasser wurde im Niveau von etwa $\geq 3,20 \text{ m}$ unter SO festgestellt (s. Unterlagen 18.5.47 und 18.5.48).

Für die o.g. Böden kann bezüglich der Bemessung der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ angenommen werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindestdiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen.

Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenverbesserung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 54 nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

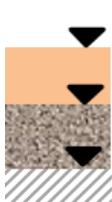
**7.2.47 Abschnitt km 52,870 bis km 51,980,
 Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und
 Lübeck Hbf - Hamburg Hbf**

Großräumig liegt die Trasse im Einschnitt. Für die neue Trassenführung wird eine Einschnittsverbreiterung durchgeführt. Am Ende des Abschnittes bindet das neue Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf wieder in das Bestandsgleis der Strecke 1120 ein. Nach Abtrag des Oberbodens und Rückbau bahntechnischer Anlage sind im zukünftigen Planum (1,05 m unter SO) folgende Böden zu erwarten:

- schluffige bis stark schluffige Sande, teil schwach tonige (SU*), (ST*)
- stark schluffige, schwach tonige Sande und stark sandige, schluffige, schwach kiesige Tone (TL, ST*), weiche Konsistenz,
- lokal Auffüllungen bestehend aus Sand mit kiesigen, schwach steinigen Anteilen [SE] und Kiessandgemisch [SI, GI].

Die bindige Böden sind für den Abschnitt maßgebend und insgesamt als gering tragfähig einzuschätzen. Das Wasser wurde im Niveau von $\geq 0,70$ m unter SO angetroffen, wobei es sich hier um Stauwasser handelt (s. Unterlagen 18.5.48 bis 18.5.51). Aufgrund von unregelmäßig eingelagerten Sandschichten in dem Geschiebemergelkomplex kann es bei der Einschnittsverbreiterung zu Wasseraustritten im Böschungsbereich kommen. Es sind daher entwässerungstechnische und erdbautechnische Maßnahmen vorzusehen. Baugrundtechnisch kann diesen Böden (außer der Auffüllung) für die Bemessung ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ und einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OF Tragschicht erreicht werden. Für die PSS wird ein Korngemisch KG 1 empfohlen. Die empfohlenen Dicken PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 55 nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

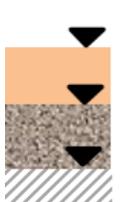
	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

**7.2.48 Abschnitt km 51,980 bis km 51,300,
Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und
Lübeck Hbf - Hamburg Hbf**

Großräumig befindet sich die Trasse in geländegleicher Lage. In diesem Abschnitt wechselt die Trassenführung relativ schnell, wobei einerseits das Bestandsgleis Hamburg - Lübeck genutzt wird und andererseits beide neuen Gleise südlich der Bestandstrecke verlaufen. Das neu geplante Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf verläuft bis km 51,500 im Bestandsgleis. Die Erkundungsergebnisse zeigen, dass nach Abtrag des Oberbodens und Rückbau von Bebauungen im zukünftigen Planumsniveau nahezu nur nichtbindige Auffüllungen erkundet worden sind. Diese Auffüllungen setzen sich aus schwach kiesige bis kiesigen, teils steinigen Sanden ohne oder mit geringem Schluffanteil zusammen [SE, SU]. Lokal sind auch Fremdbestandteile wie Ziegel-, Splitt und Glasreste enthalten (A), die jedoch hier eine untergeordnete Rolle spielen. Unterhalb der nichtbindigen Auffüllungen folgen nichtbindige Sande, die bis mindestens 3,0 m unter SO hinabreichen und gut versickerungsfähig sind. Eine Ausnahme bilden die Schürfe im Bereich von km 51,980 bis km 51,780 im Bestandsgleis Lübeck- Hamburg, wo Schutzschichten nachgewiesen wurden, die das bindige Erdplanum schützen. Hier erfolgt planmäßig jedoch kein Umbau. Das Wasser wurde in einer Tiefe von $\geq 2,60$ m unter OK Gelände eingemessen (s. Unterlagen 18.5.51 bis 18.5.53).

Maßgebend für die Bemessung der Tragfähigkeit und Frostsicherheit sind die beschriebenen nichtbindigen aufgefüllten Böden. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser kann diesen Böden ein Bemessungsmodul von $E_H \geq 20$ MN/m² zugeordnet werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45$ MN/m² auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät durchgeführt werden. Die Mindestdiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{min} = 35$ cm (Neubau) wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100$ MN/m² auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Die angegebenen Dicken für PSS und Nachverdichtung gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 56 nachgelesen werden. Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45$ MN/m ²	$D_{Pr} = 1,00$ [-]	$d = 35$ cm
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30$ MN/m ²	$D_{Pr} = 0,97$ [-]	$d = --$ cm
	Aushubsohle	entfällt		

**7.2.49 Abschnitt km 51,300 bis km 50,870,
Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und
Lübeck Hbf - Hamburg Hbf**

Die Trasse verläuft in Dammlage. Um das neue Gleis Hamburg Hbf – Lübeck Hbf bauen zu können, ist eine Dammverbreiterung erforderlich. Das zukünftige Gleis Lübeck Hbf – Hamburg Hbf wird im Bestandsgleis weitergeführt und erfährt somit keine wesentlichen Änderungen. In km 51, 165 wird die Bahnstrecke über die Wandse geführt. Von km 51,165 bis etwa km 50,935 verläuft der Neurahlstedter Graben am Dammfuß parallel zur Bahntrasse. Das Wasser befindet sich im Niveau $\geq 2,70$ m unter SO. Nach Abtrag des Mutterbodens /Bewuchs werden sich nichtbindige und bindige Böden zeigen (s. Unterlagen 18.5.53 bis 18.5.55). Die Dammaufstandsfläche wird ohne Nachweis nach den Regeln des Erdbaus hergestellt. Dies gilt jedoch nur für den Bereich von km 51,300 bis km 51,160 (EÜ Wandse), da sich danach - wie oben bereits erwähnt - der Neurahlstedter Graben am Dammfuß befindet. Hier werden besondere bautechnische Maßnahmen bezüglich der Dammverbreiterung und ggf. Grabenverlegung erforderlich. Die Wahl des Korngemisches KG 1 bzw. KG 2 als PSS-Material ist in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials festzulegen. Die Hinweise zur Dammverbreiterung sind in dem Kapitel 7.3.2 ausführlich beschrieben. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 57 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt	-	-

**7.2.50 Abschnitt km 50,870 bis km 50,500,
Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und
Lübeck Hbf - Hamburg Hbf**

Die Trasse verläuft großräumig in etwa geländegleicher Lage, wobei die neu geplanten Gleise eine Verschiebung von 0,5 m bis 4,0 m nördlich bzw. südlich zum Bestandsgleis Hamburg – Lübeck aufweisen. Nach Rückbau des Bestandsgleises werden im Niveau des neuen Planums (1,05 m u. SO) einerseits aufgefüllte nichtbindige Böden [SI, GI, SE, SU, GU] als sogenannte „alte Schutzschichten“ und andererseits gewachsene bindige Böden wie z.B. schluffige, schwach tonige, teils schwach kiesige Sande (SU*, ST*) erwartet. Maßgebend für diesen Bereich sind die bindigen Böden in ihrer weichen Konsistenz, die als nicht bzw. gering tragfähig

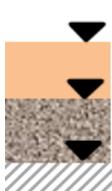
einzuschätzen sind. Das Wasser wurde im Niveau von 1,10 m unter SO festgestellt und zeigte sich hier als Stauwasser, was wiederum ein Hinweis auf nicht funktionierende Entwässerung des Bahnkörpers ist (s. Unterlage 18.5.55).

Baugrundtechnisch kann den o.g. Böden für die Bemessung unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Verfasser ein Bemessungsmodul von $E_H = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss ein Bodenaustausch mit $d = 40 \text{ cm}$ durchgeführt werden. Als Bodenaustauschmaterial wird ein Kiessandgemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$ mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} < 5 \%$ oder Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) empfohlen. Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) kann der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht (OFTS) erreicht bzw. nachgewiesen werden. Für die PSS wird das Korngemisch KG 1 empfohlen. Die angegebenen Dicken für PSS und Bodenaustausch gewährleisten die Frostsicherheit und Tragfähigkeit.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 58 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = 40 \text{ cm}$
	Aushubsohle	$E_{v2}/E_{vd} = 10/10 \text{ MN/m}^2$		

7.2.51 Abschnitt km 50,500 bis km 50,325,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und

Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die neue Trasse verläuft weiter auf einem flachen Damm, wobei für das neue Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf eine Dammbreiterung erforderlich wird. Unterhalb der Dammaufstandsfläche wurden im oberen Bereich nichtbindige Böden und bindige Böden erkundet. Lediglich in der BS HH 166 in km 50,410 wurde 3,50 m unter SO eine ca. 1,50 m mächtige Torfschicht erkundet, die im Grenzbereich als dynamisch kritisch eingeschätzt werden muss (s. Unterlagen 18.5.56 u. 18.5.57). Hierzu werden dynamische Stabilitätsuntersuchungen erforderlich bzw. Nacherkundungen. Da der Damm angeschüttet wird, haben die gewachsenen Böden nur bedingt bzw. keinen Einfluss auf die Tragschichtbemessung. Die Dammaufstandsfläche wird ohne Nachweis nach den anerkannten Regeln der Technik hergestellt. Aufgrund des relativ hohen

Wasserstandes ca. 0,80 m unter OK Gelände ist die Aushubsohle nicht verdichtbar, d.h. es muss nach Beseitigung des Bewuchses der Einbau der 1. Lage Vorkopf erfolgen. Die Hinweise zur Dammverbreiterung sind in dem Kapitel 7.3.2 ausführlich beschrieben.

Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 59 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt	-	-

7.2.52 Abschnitt km 50,325 bis km 50,285

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Die Trasse führt in diesem Bereich direkt unter der EÜ Hölftigbaumbrücke durch. Das neue Gleis Lübeck - Hamburg weist nur eine sehr geringe Verschiebung nördlich des Bestandsgleises auf und das neue Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf führt zwischen dem bestehenden Widerlager und der Pfeilerreihe hindurch. In Abstimmung mit dem Tragwerksplaner muss die Tiefgründung unterfangen werden. Als Untergrundertüchtigungsmaßnahme wird u. a. aus eisenbahntechnischen Gründen der Einsatz des Hochdruckinjektionsverfahrens empfohlen. Der dadurch entstehende Verfestigungskörper weist nach seiner Aushärtung eine ausreichende Festigkeit auf, die mit einer Ausgangstragfähigkeit von mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ gleichgesetzt werden kann.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Für die Gewährleistung der Frostsicherheit bei einer angenommenen Frostempfindlichkeitsklasse F1/F2 für den Verfestigungskörper ist ein frostsicherer Aufbau von 65 cm erforderlich. Die angegebenen Dicken für Schotter und PSS gewährleisten die Frostsicherheit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 60 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.53 Abschnitt km 50,285 bis km 50,150,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf

Die Trasse verläuft weiter in Dammlage, wobei für das neue Gleis eine Dammverbreiterung erforderlich ist. In km 50, 228 befindet sich die EÜ Wandse Bachlauf, die hier einen neuen Standort erhalten hat. Die Baugrundverhältnisse sind in diesem Bereich durch den Flusslauf geprägt. Der Bauraum ist gekennzeichnet durch nichtbindige Sande, Torfe, lokal Mude und Geschiebemergel. Die Mächtigkeit der Torf- und Muddeschichten schwanken zwischen 0,40 m und 2,30 m. Die Unterkante des Torfes/Mudde befindet sich im Niveau 27,20 m NHN und 23,70 m NHN. Das Wasser wurde in einer Tiefe von $\geq 2,50 \text{ m}$ im Ruhewasserstand eingemessen. Es handelt sich hierbei um gespanntes Wasser (s. Unterlagen 18.5.57 und 18.5.58). Als Untergrundertüchtigungsmaßnahmen sind für diesen Bereich vorerst vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen geplant, die durch Nacherkundungen noch verifiziert werden müssen (s. Anhang 61).

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.54 Abschnitt km 50,150 bis km 49,750,

Strecke 1120, Gleise Hamburg Hbf - Lübeck Hbf

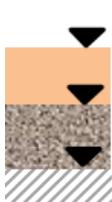
Die Trasse wird auf der Dammkrone weiter geführt und es wird ein Teil des neuen Weichentrapezes eingebaut. Im zukünftigen Planum sind nichtbindige Auffüllungen [SE, SU] zu erwarten sind. Die Auffüllungen setzen sich aus schwach kiesigen bis kiesigen, teils schwach schluffigen Sanden [SU], [SE] zusammen. Diese Böden sind erfahrungsgemäß gut tragfähig. Lokal wurden in den Auffüllungen auch Betonbruch und Ziegelreste [A] festgestellt. Das Wasser findet sich in Tiefen $\geq 3,80 \text{ m}$ unter SO (s. Unterlagen 18.5.59 und 18.5.60).

Für die Bemessung der Tragfähigkeit kann den vorgenannten Böden ein Bemessungsmodul von $E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet werden.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche Planum nachweisen zu können, muss eine intensive Nachverdichtung des Planums mit schwerem Gerät nah am optimalen Wassergehalt ausgeführt werden, wobei der Wassergehalt auf der Baustelle überprüft und ggf. durch Wässern des Planums angepasst werden muss. Die Mindesttiefe der Verdichtung muss 50 cm betragen. Alternativ kann auch Grobschlag eingearbeitet werden.

Durch den Einbau der erforderlichen PSS von $d_{\min} = 35 \text{ cm}$ (Neubau) wird der Verformungsmodul $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht erreicht. Für die PSS ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden. Die angegebenen Dicken für Schotter und PSS gewährleisten die Frostsicherheit. Alle Ergebnisse der Bemessung und deren Grundlagen können im Anhang 62 nachgelesen werden.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw.-verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

7.2.55 Abschnitt km 50,304 bis km 50,100,

Strecke 1120, Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Das Gleis verläuft auf der Dammkrone, und ist in nördliche Richtung im Abstand zwischen 0,50 m und 3,50 m vom Bestandsgleis Hamburg - Lübeck verschoben. In km 50, 228 befindet sich die EÜ Wandse Bachlauf (s. Unterlagen 18.5.57 bis 18.5.59). Die Baugrundverhältnisse sind vergleichbar mit den im Kapitel 7.2.53 für das Gleis Hamburg - Lübeck beschriebenen und können quasi übernommen werden. Im Anhang 63 sind die genauen Angaben noch einmal aufgezeigt.

Als Untergrundertüchtigungsmaßnahmen sind für diesen Bereich vorerst vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen geplant, die durch Nacherkundungen noch verifiziert werden müssen.

7.2.56 Abschnitt km 50,100 bis km 49,750,

Strecke 1120, Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf

Das Gleis verläuft auf der Dammkrone und bindet in die Bestandstrecke ein und es wird ein Teil des neuen Weichentrapezes eingebaut. Da es im o.g. Gleis keine unmittelbaren Aufschlüsse gibt, werden die Aufschlüsse vom Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf zur Interpretation herangezogen und vorerst übertragen. Dazu gelten die Ausführungen im Kapitel 7.2.54 und im Anhang 62. Es sind Nacherkundungen erforderlich.

Anforderungen für die Planung (Verformungsmodul, Proctordichte, Schichtdicke für Bodenaustausch bzw. -verbesserung):

	OK Tragschicht	$E_{v2}/E_{vd} = 100/45 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 1,00 [-]$	$d = 35 \text{ cm}$
	OK (verbessertes) Planum	$E_{v2}/E_{vd} = 45/30 \text{ MN/m}^2$	$D_{Pr} = 0,97 [-]$	$d = -- \text{ cm}$
	Aushubsohle	entfällt		

Das Gleis in diesem Abschnitt km 49,750 bis km 47,029 verläuft auf der Trasse des vorhandenen Gleises der Strecke 1120. Eine Tragschichtbemessung ist nicht erforderlich.

7.3 Empfehlungen für die Herstellung der Erdbauwerke

7.3.1 Baugrundverbesserungen

Stehen im Untergrund der Dämme bzw. Einschnitte nicht konsolidierte weiche organische oder organogene Böden (z.B. Torfe, Mudden), weiche bindige Böden ($I_c < 0,75$) bzw. andere wenig bis nicht tragfähig oder unbrauchbar beurteilte Böden an (z.B. künstliche Auffüllungen, Oberboden), sind Baugrundverbesserungen einzuplanen.

Für die Baugrundverbesserung ist der Austausch nicht- bis geringtragfähiger Böden gegen gut verdichtbare Sand- oder Kiessandgemische meist im Schutz von Verbaumaßnahmen grundsätzlich möglich. Statt im Schutze eines Verbaus kann der Bodenaustausch alternativ auch mit Hilfe eines Seitenschildgerätes (Bild 6) vorgenommen werden.

Bild 6 Bodenaustausch im Schutze eines Seitenschildgerätes (Quelle: Strabag)



Das Bodenaustauschmaterial muss so gewählt werden, dass auf der Oberkante Bodenaustausch die Forderung $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ und $k_f \geq 10^{-4} \text{ m/s}$ erfüllt wird.

Zur Reduzierung von Massentransporten können aus geotechnischer Sicht statt Bodenaustausch Verfahren gewählt werden, bei denen durch Einarbeiten von hydraulischen Bindemitteln oder durch Zugabe von scherfesten Materialien mit z.B. Schleusenrüttlern die Untergründe tragfähig hergestellt werden können.

Für die Baugrundverbesserung locker gelagerter Sande unter Verkehrswegen, die bis zu einer Geschwindigkeit $v = 160 \text{ km/h}$ befahren werden sollen, ist meist die tiefenwirksame Verdichtung mit schwerem Gerät auf der Dammaufstandsfläche bzw. auf der Aushubsohle ausreichend. Die Gerätewahl muss eine Verdichtungstiefe von mindestens 50 cm erreichen.

Bei enggestuften Sanden muss insbesondere auf Verdichtung nah am optimalen Wassergehalt geachtet werden. Gegebenenfalls muss der Sand vor dem Verdichten gewässert werden. Falsche Gerätewahl und zu geringer Wassergehalt führen in der Regel nicht zum Erfolg.

Oberflächennah anstehende weiche bindigen Böden lassen sich i.d.R. durch Zugabe von hydraulischen Bindemitteln verbessern (Kalk, Zement, Mischbinder), die mit speziellen Fräsen bis zu einer max. Tiefe von 50 cm direkt am Einbauort eingearbeitet werden (Mixed in Place Verfahren = MIP). Bei größeren Mächtigkeiten weicher bindiger Böden kann das MIP-Verfahren auch schichtweise angewendet werden. Dazu wird der Boden bis auf Erfordernis abgetragen; die untere Lage durch MIP verbessert und verdichtet. Darauf wird der unbehandelte Aushubboden in einer Lage $d = 30 \text{ cm} - 50 \text{ cm}$ wieder eingebaut; diese Lage im MIP-Verfahren verbes-

sert und verdichtet. Das Ganze wird so oft wiederholt, bis der Sollhorizont erreicht wird. Die Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln ist nur dort alternativ zum Bodenaustausch technisch umsetzbar, wo Niederschlagswasser nicht versickert werden soll.

Unter Berücksichtigung des aktuellen Planungsstandes sind die empfohlenen Maßnahmen zur Baugrundverbesserung als Ergebnis der gleis- und abschnittsbezogenen Bemessung in der Tabelle 21 zusammengestellt.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Baugrundverbesserung in Abhängigkeit von der Baugrundbeschaffenheit unterhalb des Planums können auch für die Planung von Baustraßen und Baustelleneinrichtungsflächen angewendet werden.

Da die Wahl des Verfahrens zur Bodenverbesserung u.a. von den hydrologischen Randbedingungen (Entwässerungsanlagen), der Sicherheit des Bahnbetriebes, den Kosten und der Bauzeit aber auch von den betrieblichen Baufreiheiten (Sperrpausen) abhängig ist, muss bis zu deren Klärung eine enge Abstimmung zwischen den Fachplanern und Gutachtern erfolgen.

Im Zuge der Bauausführung werden erfahrungsgemäß immer wieder Schwierigkeiten durch den Unternehmer bei der Verdichtung angezeigt, die häufig in der Verwendung falscher Verdichtungsgeräte und zu geringer Anzahl von Verdichtungsübergängen begründet sind.

Deshalb ist anzuraten, das geeignete Gerät bzw. eine Kombination von Geräten und die Anzahl an Übergängen durch Anlage von Probefeldern im Baufeld und baubegleitenden Messungen (Dichte und Tragfähigkeit) festzulegen. Probefelder sind mindestens je Bodenart anzulegen.

Tabelle 21 Zusammenstellung der Maßnahmen zur Baugrundverbesserung

Stationen (bezogen auf Strecke 1120)	Baugrundbeschaffenheit (maßgeblicher Boden)	Bautechnische Maßnahme
Str. 1249, Gleis Ahrensburg Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook		
km 56,597 - km 56,200	Weicher Geschiebelehm/-mergel	40 cm Bodenaustausch, s. Anhang 17
km 56,200 - km 55,730	Nichtbindige Auffüllungen und Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 18
km 55,730 - km 55,060	--	--
km 55,060 - km 54,800	Nichtbindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 19
km 54,800 - km 53,700	--	--
km 53,700 - km 53,100	Sandige Auffüllungen, nichtbindi- ge Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 20
km 53,100 - km 52,250	--	--
km 52,250 - km 52,000	Bindige Auffüllungen, bindige Sande, weich	40 cm Bodenaustausch und Set- zungsabschätzung, s. Anhang 21
km 52,000 - km 51,520	Sandige Auffüllungen, enggestuf- te Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 22
km 51,520 - km 51,370	Auffüllungen aus Fremdstoffen (A) und bindige Auffüllungen	35 cm Bodenaustausch und Set- zungsabschätzung, s. Anhang 23
km 51,370 - km 51,070	Sandige Auffüllungen, teils Ge- schiebelehm/-mergel	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 24
km 51,070 - km 50,800	Nichtbindige Auffüllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 25
km 50,800 - km 50,570	Geschiebelehm/-mergel	40 cm Bodenaustausch, s. Anhang 26
km 50,570 - km 50,360	Nichtbindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 27
km 50,360 - km 50,320	Verfestigungskörper	Einsatz des Hochdruckinjektions- verfahrens, s. Anhang 60
km 50,320 - km 50,200	Torf und Mudde	Bodenaustausch, s. Anhang 28
km 50,200 - km 50,100	Torf in OK Gelände	Bodenaustausch bis etwa Kote 26,60 m NHN, Dammschüttung, s. Anhang 29
Str. 1249, Gleis Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg Gartenholz		
km 56,597 - km 55,730	Weicher Geschiebelehm/-mergel	40 cm Bodenaustausch s. Anhang 30,
km 55,730 - km 55,060	-	--
km 55,060 - km 54,800	Nichtbindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 31
km 54,800 - km 52,320	--	--
km 52,320 - km 52,000	Bindige Sande, weich, und Schutzschichtreste	40 cm Bodenaustausch, s. Anhang 32
km 52,000 - km 51,500	Sandige Auffüllungen, lokal bindig	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, ggf. Grobschlag, s. Anh. 33
km 51,500 - km 51,360	bindige Sande	35 cm Bodenaustausch, s. Anhang 34
km 51,360 - km 50,800	Nichtbindige Auffüllungen, nicht- bindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 35

km 50,800 - km 50,570	Weicher Geschiebelehm/-mergel	40 cm Bodenaustausch, s. Anhang 36
km 50,570 - km 50,340	Sandige Auffüllungen, nichtbindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 37
km 50,340 - km 50,305	Verfestigungskörper	Hochdruckinjektionsverfahrens, s. Anhang 38
km 50,305 - km 50,100	Torf, teilw. zersetzt	Vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüt- telstopfsäulen, s. Anhang 39
Strecke 1249, beide Gleise, Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook		
km 50,100 - km 49,900	Teilw. Wasser in OK Gelände	Dammschüttung, 1. Lage Vorkopf, s. Anhang 40
km 49,900 - km 49,450	Bindige und nichtbindige Auffül- lungen, Geschiebelehm/-mergel	35 cm Bodenaustausch, s. Anhang 41
km 49,450 - km 49,240	nichtbindige Sande, nichtbindige Auffüllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 42
km 49,240 - km 48,810	Geschiebelehm/-mergel, bindige Auffüllungen, Torf	40 cm Bodenaustausch, örtlich Torfaushub, s. Anhang 43
km 48,810 - km 48,270	Nichtbindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 44
km 48,270 - km 48,020	Nichtbindige Sande, relativ hoher Wasserstand	Dammschüttung, Einbau einer kapil- larbrechenden Schicht, s. Anhang 45
km 48,020 - km 47,890	Nichtbindige Sande und Kiese	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 46
km 47,890 - km 47,620	Sandige Auffüllungen, Sande	Dammschüttung, s. Anhang 47
km 47,620 - km 47,029	Geschiebelehm/-mergel, weich	40 cm Bodenaustausch, s. Anhang 48
Strecke 1120, beide Gleise Hamburg Hbf – Lübeck Hbf und Lübeck Hbf - Hamburg Hbf		
km 56,597 - km 56,180	Weicher Geschiebelehm/-mergel	40 cm Bodenaustausch, Schichtwas- ser in Böschung, s. Anhang 49
km 56,180 - km 55,680	Nichtbindige Sande, sandige Auf- füllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 50
km 55,680 - km 55,080	Sandige und kiesige Auffüllungen, Sande, teils bindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 51
km 55,080 - km 54,000	Nichtbindige Auffüllungen, künst- liche Auffüllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 52
km 54,000 - km 53,140	Nichtbindige Sande	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 53
km 53,140 - km 52,870	Nichtbindige Sande und sandige und kiesige Auffüllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 54
km 52,870 - km 51,980	Geschiebelehm/-mergel, weich, Stauwasser 0,60 m u. SO	40 cm Bodenaustausch, wasserfüh- rende Sandbänder, s. Anhang 55
km 51,980 - km 51,300	Nichtbindige Auffüllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 56
km 51,300 - km 50,870	Nichtbindige Sande und sandige und Auffüllungen	Intensive Nachverdichtung der Aus- hubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 57

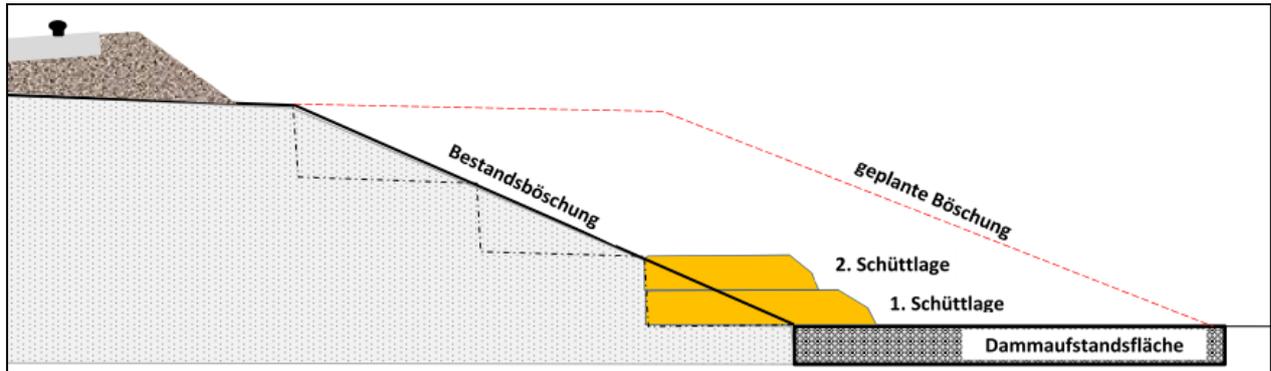
km 50,870 - km 50,500	Geschiebelehm, weich, Stauwasser 1,10 m u. SO	40 cm Bodenaustausch s. Anhang 58
km 50,500 - km 50,325	Nichtbindige Auffüllungen und Sande	Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, 50 cm Tiefe, s. Anhang 59
km 50,325 - km 50,285 (km 50,304)	Verfestigungskörper	Einsatz Hochdruckinjektionsverfahrens, s. Anhang 60
Strecke 1120, Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf		
km 50,285 - km 50,150	Torf, teils zersetzt	vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen, s. Anhang 61
km 50,150 - km 49,750	Sandige Auffüllungen und enggestufte Sande	Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, s. Anhang 62
Strecke 1120, Gleis Lübeck Hbf -Gleis Hamburg Hbf		
km 50,304 - km 50,100	Sandige Auffüllungen und enggestufte Sande	vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen, s. Anhang 63
km 50,100 - km 49,750	Sandige Auffüllungen und enggestufte Sande	Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, Nacherkundung erforderlich s. Anhang 63

7.3.2 Dammverbreiterungen

Vor Herstellung der Dammverbreiterungen müssen die Böschungen und die Dammaufstandsflächen bis auf die Oberfläche vollständig vom Bewuchs beräumt werden. Baumwurzeln in Böschungen sind nicht zu Roden, sondern nur mit z.B. Kegelfräsen zu beseitigen. Damit wird sichergestellt, dass unkalkulierbare Auflockerungen des Bestandsdammes verhindert werden. Dammaufstandsflächen müssen für den Baustellenverkehr zum Beispiel durch den Bau von Baustraßen tragfähig hergestellt werden. Anschließend sind von der Dammaufstandsfläche aus bei nicht gesperrten Gleisen nur die erste Stufe der Verzahnung bis in den Bestand hinein herzustellen (Bild 7). Die Höhe der Stufen soll etwa 60 cm hoch sein (entspricht 2 Einbaulagen). Ohne Sperrung des Gleises darf die jeweilige Stufe der Verzahnung in Längsrichtung nur auf kurzen Abschnitten hergestellt werden. Zur Gewährleistung der Standsicherheit muss unmittelbar nach dem Abtrag der ersten Stufe der Auftrag des Dammschüttmaterials mindestens über die alte Böschungsgeometrie hinaus und so breit erfolgen, dass ein Verdichtungsgerät (Platte oder Grabenwalze) zum Einsatz kommen kann. Die Schüttung bis zur vollen Breite des geplanten Dammes kann dann ohne Beeinflussung der Standsicherheit des Bestandsdammes und ohne weitere Sicherungsmaßnahmen hergestellt werden. Auf der Gründungssohle erfolgt der Einbau geeigneter Böden in Lagen $d \leq 30$ cm bis zur Unterkante der oberen Tragschichten.

Bild 7

Systemskizze Dammschüttung ohne durchgehende Sperrung des Gleises



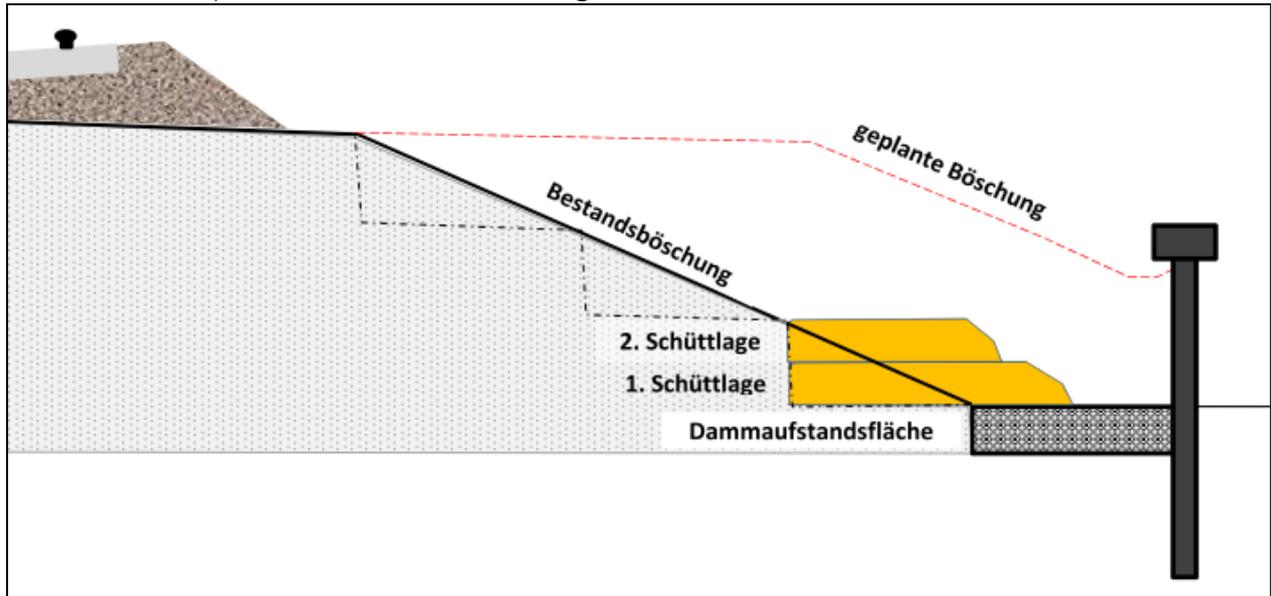
Nur bei Vollsperrung des Gleises ist die Beräumung der Böschung und Herstellung mehrerer Stufen möglich. Dann sollten die Stufen auch weiter in den Bestand eingreifen, denn je weiter die Stufen in den Bestand eingreifen, umso geringer werden die Mitnahmesetzungen des Bestandsbauwerkes infolge Überschüttung und die Setzungen des Neubaugleises ausfallen.

Sollten in den Bestandsdämmen auf größeren Längen gemischtkörnige bzw. feinkörnige Böden dominieren, muss für das Anschüttmaterial eine größere Wasserdurchlässigkeit gewählt werden, als das vorhanden Dammmaterial besitzt. Andernfalls kommt es innerhalb des Dammes ggf. zu Tragfähigkeitsschäden infolge temporärer Durchfeuchtung. Für Dammverbreiterungen empfehlen wir deshalb als Dammbaustoff bis zur Kote Planum Sand bzw. Kiessandgemische der Bodengruppen SI, SW, GE, GI, GW oder SU, GU mit einem Feinkornanteil $d_{0,063} \leq 10\%$ einzuplanen. Die Dichte- und Tragfähigkeitsanforderungen sind in den Tabellen 17 und 18 zusammengestellt.

Damböschungen sind kurzzeitig nach der Profilierung mit Oberboden anzudecken und zu begrünen. Andernfalls sind die Böschungen in Anhängigkeit von der Erosionsempfindlichkeit des Dammbaumaterials temporär vor Erosion zu schützen. Auf eine Verzahnung des Oberbodens mit der Dammschüttung ist zu achten.

Um den Grunderwerb zu minimieren, können die Erdkörper durch Stützwände begrenzt werden. Neben Spundwänden, sind aus technischen oder optischen Gründen auch Winkelstützwände, Gabionenwände oder Bewerte-Erde-Konstruktionen über Teilhöhen oder bis zur gesamten Höhe des Dammes planbar (Bild 8).

Bild 8 Systemskizze Dammanschüttung mit Stützwand



Die Abfolge der Schüttung bleibt gegenüber der Erdbauvariante unverändert.

7.3.3 Einschnittsverbreiterungen

Müssen für den Neubau der Strecke 1249 oder für die Verlegung der Bestandsgleise Einschnitte verbreitert werden, sind die Regelneigungen der Böschungen in Abhängigkeit von den anstehenden Böden einzuhalten (siehe Kapitel 7.3.5). Steilere Böschungen können in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten oberhalb des Einschnittes (z.B. Bebauung, Verkehr) nur geplant werden, wenn die erforderlichen Standsicherheiten nachgewiesen werden.

Ist die technisch wirtschaftlichste Variante – Einschnittsverbreiterung mit Erdbaumaschinen – z.B. wegen der dichten Bebauung oder wegen der daraus resultierenden Geländeanspruchnahme nicht durchgängig planbar, kann durch Einbau von Stützelementen (z.B. Spundwände, Gabionen) der Grunderwerb minimiert werden. Bei der Wahl der Stützkonstruktion sollte aber berücksichtigt werden, dass im Bauzustand ggf. für Baugruben eine temporäre Geländeanspruchnahme erforderlich wird. Für die Stützkonstruktionen sind die Standsicherheiten für den Bau- und Endzustand rechnerisch nachzuweisen (beachte Kapitel 7.3.5).

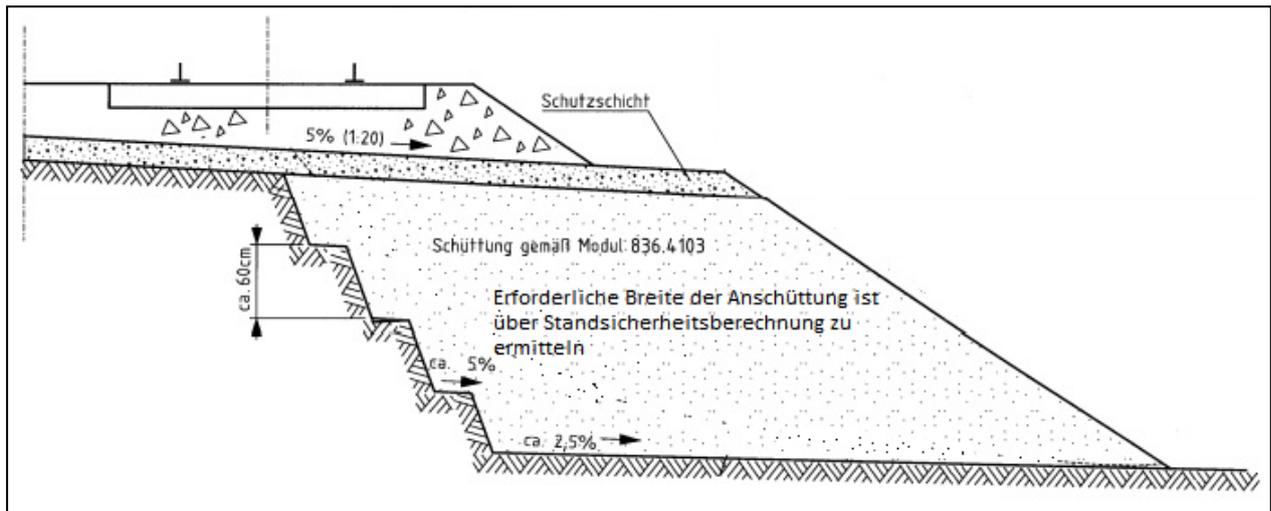
Einschnittsböschungen sind kurzzeitig nach der Profilierung mit Oberboden anzudecken und zu begrünen. Andernfalls sind die Böschungen in Anhängigkeit von der Erosionsempfindlichkeit des anstehenden Bodens temporär vor Erosion zu schützen. Auf eine Verzahnung des Oberbodens mit dem anstehenden Boden ist zu achten.

7.3.4 Verschwenkungsbereiche

Im Zuge des Projektes müssen häufig Gleise aus der alten Lage im Bestand in eine neue Lage bzw. auf einem neuen Erdkörper verschwenkt werden. In diesen Verschwenkungsbereichen

reicht es in der Regel nicht aus, die Standsicherheit von den mit Neigungen von 1:1,5 geplanten Dammböschungen nur mit böschungsnaher Verzahnung bzw. Anschüttung zu gewährleisten, auch nicht bei Verwendung von Kiessand der Bodengruppen GW, GI. Der Eingriff in den Bestand hinein muss erfahrungsgemäß von der Außenkante des Erdbauwerks im Endzustand oft bis zur künftigen Gleisachse reichen (Bild 10). Da der Eingriff in den Bestand abhängig von den Bodenarten und Eigenschaften des Dammmaterials variiert, kann eine Optimierung nur über Standsicherheitsberechnungen erfolgen.

Bild 9 Anschüttung von Erdbauwerken in Verschwenkungsbereichen von Gleisen



Um ungleichmäßige Setzungen der Gleise in Querrichtung (Querneigung) zu vermeiden, sollte im gesamten Lastabtragungsbereich unter der Schwelle bis etwa 1,5 m unter Schienenoberkante der gleiche Boden eingebaut werden wie im Anschüttungsbereich. Vor der Überschüttung muss die Abtragssohle mit mittelschweren Verdichtungsgeräten nachverdichtet werden, um so den geotechnisch abzusichernden Bereich von 2,0 m unter Schienenoberkante zu verbessern.

7.3.5 Nachweise der Standsicherheit und der Verformungen für Erdbauwerke

Alle Erdbauwerke sind standsicher herzustellen. Bei Dammschüttungen müssen rechnerische Nachweise der Gesamtstandsicherheit und der Standsicherheit der Böschungsoberfläche geführt werden, wenn:

- die Bodenart abhängigen Regelneigungen steiler als nach Tabelle 21 geplant werden und
- der Untergrund bis in relevante Tiefe unter der Aufstandsfläche nicht ausreichend tragfähig ist oder Weichschichten im Untergrund verbleiben sollen.

Für neu zu erstellende Einschnittsböschungen in Lockergestein bis 12 m Höhe dürfen die rechnerischen Nachweise entfallen, wenn:

- der anstehende Boden mindestens mitteldichte Lagerung oder mindestens steife Konsistenz besitzt und

- die Regelböschungsneigung nach Tabelle 22 nicht überschritten ist bzw. nicht steiler geplant wird,
- auf die Einschnittsböschung kein Wasserdruck und keine Verkehrslasten wirken,
- die Geländeoberfläche oberhalb der Böschung eben ist und
- der Untergrund bis in relevante Tiefe unter der Einschnittssole keine Weichschichten aufweist.

Tabelle 22 Regelneigungen für Dämme und Einschnitte in Lockergesteinsböschungen an Eisenbahnstrecken (aus [U 14])

Bodenart		Gruppen- symbol nach DIN 18196	Böschungs- höhe	Regel- neigung
grobkörnige Bodenarten	weit gestufte und intermittierend gestufte Kiese	GW, GI	0 m - 12 m	1:1,5
	eng gestufte Kiese, intermittierend gestufte und weit gestufte Sande	GE, SW, SI	0 m - 12 m	1:1,7
	Eng gestufte Sande	SE	0 m - 12 m	1:2,0
gemischt- körnige und feinkörnige Bodenarten	Schluffige/tonige und stark schluffige/tonige Kiese	GU, GU*, GT, GT*	0 m - 6 m	1:1,6
	Schluffige/tonige und stark schluffige/tonige Sande	SU, SU*, ST, ST*	6 m - 9 m	1:1,8
	leicht, plastische Schluffe oder Tone (nur Einschnitt)	UL, TL,	9 m - 12 m	1:2,0

Sollen, um z. B. Grunderwerb zu minimieren, übersteilte Böschungen bzw. Stützkonstruktionen in Böschungen geplant werden, sind diese der GK 2 zuzuordnen. Dafür sind rechnerische Nachweise erforderlich. Werden oberhalb der Stützkonstruktionen Böschungen bis zur Oberkante der Erdbauwerke geplant, dürfen für die Böschungen Nachweise entfallen, wenn die o.g. Ausführungen für Dämme bzw. Einschnitte sinngemäß eingehalten werden.

Nachweise zur Begrenzung der Verformungen für Erdbauwerke dürfen gemäß Ril 836.3001 Abs. 3 (3) entfallen, wenn die konstruktiven Anforderungen zur Ausbildung des Unterbaus nach Modul 836.4101 in diesem Projekt eingehalten werden und der Unterbau nach den Regelungen dieses Moduls als ausreichend tragfähig nachgewiesen ist.

Mit den Empfehlungen für Bodenaustausch oder Bodenverbesserungen, wie sie in der Tabelle 20 im Kapitel 7.3.1 zusammengestellt wurden, werden insbesondere für den Neubau der Strecke 1249 die Forderungen bezüglich der Dichte nichtbindiger bzw. der Konsistenz bindiger Böden über die Tiefe des abzusichernden Bereiches von 2 m unter der Schienenoberkante nicht vollständig eingehalten. Bei Planung der empfohlenen Maßnahmen bleibt ein Tiefenbereich zwischen 55 cm bis 75 cm unbehandelt. Wird die Aushubsole mit schwerem Gerät verdichtet,

kann bei nichtbindigen Böden eine regelkonforme Lagerungsdichte bis 2 m unter Schienenoberkante erreicht werden. Bei bindigen weichen Böden im Untergrund, sollte auf die Verdichtung der Aushubsohle verzichtet werden, da durch das Befahren mit Baufahrzeugen erfahrungsgemäß eine Verschlechterung zu erwarten ist. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte bei weichem Geschiebelehm/-mergel auf die Einhaltung der Anforderungen des abzusichernden Bereiches verzichtet werden. Andernfalls muss mit einer größeren Flächeninanspruchnahme für tiefere Böschungen oder mit höheren Kosten für tiefere bauzeitliche Verbaumaßnahmen gerechnet werden. Beim Verzicht der geotechnischen Absicherung sind gegenüber einer Verbesserung bis 2 m unter Schienenoberkante zusätzliche Setzungen in der Größenordnung von 2-3 cm zu erwarten. Da diese Setzungen gleichmäßig über längere Abschnitte auftreten, sind sie für den Betrieb als verträglich zu beurteilen. Ferner werden die innerhalb eines Instandsetzungszykluses von 6 bis 10 Jahren hinnehmbaren längenbezogenen Setzungsdifferenzen nach Ril 836.3001, Bild 1 nicht überschritten.

Um die Standsicherheit der Erdbauwerke bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen überhaupt bewerten zu können, wird empfohlen, im Zuge der weiteren Planung Standsicherheitsberechnungen mit repräsentativen Böden im Untergrund und mit variablen Böschungsneigungen durchzuführen. Anhand der Ergebnisse muss dann das Erfordernis von Untergrundverbesserungsmaßnahmen ggf. in Verbindung mit Zusatzmaßnahmen in den Erdbauwerken (z.B. Geogitterbewehrung, Bodenverfestigung mit hydraulischen Bindemitteln) bzw. Böschungsstabilisierungen abgeleitet werden.

Nach Planungsstand ergibt sich das Erfordernis für Standsicherheits- und Verformungsuntersuchungen für die in der Tabelle 23 genannten Bereiche.

Tabelle 23 Zusammenstellung der Erdbauwerke mit Zuordnung in die GK 2

Bereich [km] (Strecke 1120)	Einschnitt/Damm	Baugrund
50,410 - 50,100	Damm	Torf und teilweise Mudde im Untergrund Gesamtmächtigkeit bis 2,25 m
47,800 - 47,630	Damm	Torf bis 0,6 m mächtig

Die Standsicherheitsnachweise an repräsentativen Böschungen sind nicht Bestandteil dieses Geotechnischen Berichts. Sie werden aber in der weiteren Planung als Grundlage für die Ausschreibung rechtzeitig erbracht.

7.4 Bewertung der dynamischen Stabilität /Empfehlungen

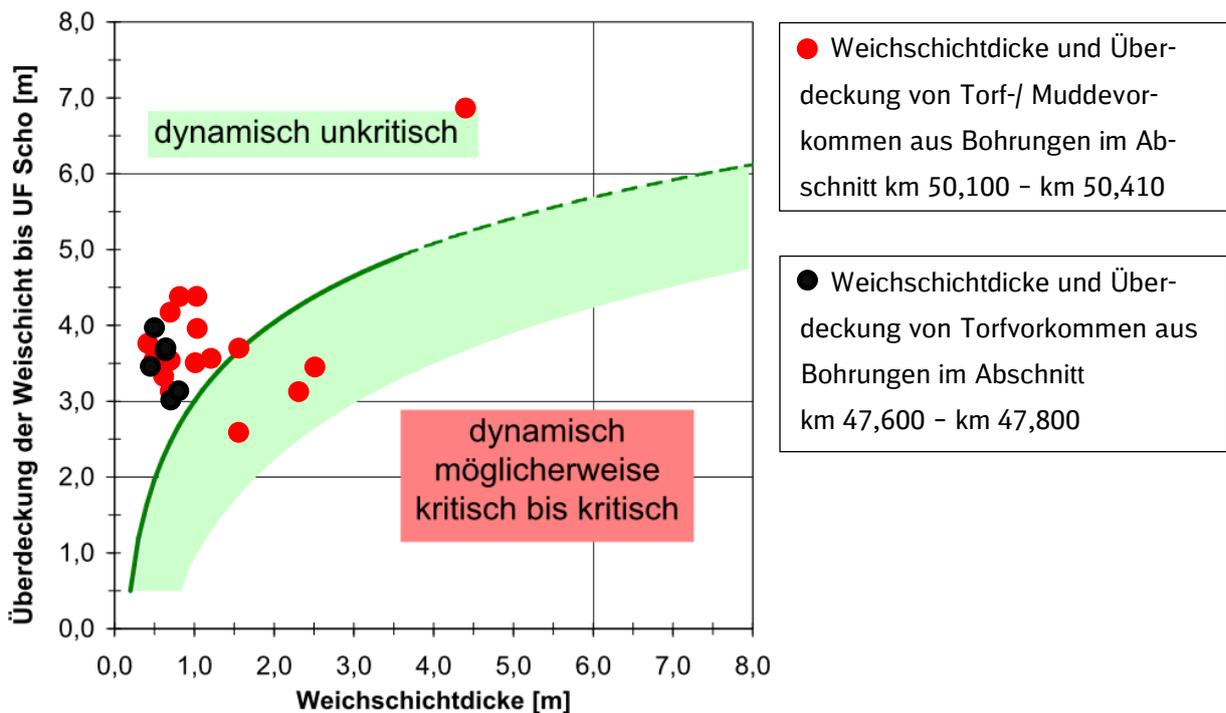
Gemäß Ril 836.3001 sind beim Neubau von Strecken mit Schotteroberbau und Geschwindigkeiten bis 200 km/h Untersuchungen zur dynamischen Stabilität des Unterbaus/Untergrundes durchzuführen, wenn unterhalb des Unterbaus schwingungsempfindliche Böden im Untergrund

verbleiben sollen, bei denen auf Grund von Erfahrungen schädliche Schwingungseinflüsse auf die Gebrauchstauglichkeit des Gleises nicht ausgeschlossen werden können. Als schwingungsempfindliche Böden unter Schottergleisen gelten nach dem derzeitigen Stand der Technik verlagerungsempfindliche Sande mit einem Ungleichförmigkeitsgrad $C_u < 2,0$ und einer bezogenen Lagerungsdichte $I_D < 0,5$, bindige Böden mit einer Konsistenzzahl $I_c < 0,6$, organische Böden der Gruppen HN, HZ und F sowie organogene Böden der Gruppen OU, OT, OH und OK (Gruppen nach DIN 18 196).

Im PFA 2 werden lokal begrenzt und oberflächennah anstehende Torfe wie im Bereich km 49,040 bis km 49,090 in der Regel ausgetauscht. Bei größeren Tiefen unter GOK der geplanten Strecke und im Untergrund der vorhandenen Erdbauwerke der Strecke 1120 etwa zwischen km 50,100 und km 50,410 bleiben Torfe in unterschiedlicher Mächtigkeit und variierender mineralischer Überdeckung (Abstand OK Torf bis UK Schotter) im Untergrund.

Im Bild 10 wurden für die erkundeten schwingungsempfindliche Böden das Verhältnis Überdeckung zur Mächtigkeit der Weichschicht dargestellt.

Bild 10 Verhältnis der Überdeckung zur Mächtigkeit der Weichschicht



Im Diagramm Bild 10 liegen die meisten der Punkte aus dem Bereich km 50,100 bis km 50,410 und alle Punkte des Abschnitts km 47,600 bis 47,800 im dynamisch unkritischen Bereich. Das bedeutet, dass beim Verbleib der Torfe/Mudden im Untergrund der Bahnkörper nur in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit bzw. Verträglichkeit der Setzungen zu bewerten ist. Setzungsrechnungen werden ggf. zu einem späteren Zeitpunkt veranlasst.

Die drei Punkte aus dem Abschnitt km 50,100 bis km 50,410, die im Diagramm unterhalb des dynamisch unkritischen Bereiches liegen, fallen in den Abschnitt, für den eine Baugrundverbesserung mit vermörtelten bzw. teilvermörtelten Säulen in Verbindung mit einem Geogitter verstärkten Bodenpolster empfohlen wird. Durch die Baugrundverbesserung werden alle statischen und dynamischen Einwirkungen aus Bahnkörper und Verkehr über die Säulen in den tiefliegenden und tragfähigen Untergrund geleitet, so dass dadurch eine dynamische Untersuchung entfallen kann.

Bei Maßnahmen im Bestand (Strecke 1120), die sich auf Anpassungen des Tragschichtsystems beschränken, dürfen Untersuchungen zum dynamischen Stabilität des Untergrundes entfallen, wenn sich aus den Betriebserfahrungen ableiten lässt, dass Gleislagestörungen nicht auf Schwingungsvorgänge zurückzuführen sind. Bei Nachfragen beim zuständigen Bezirksleiter Fahrbahn der DB Netze AG konnte ein entsprechender Zusammenhang nicht bestätigt oder ausgeschlossen werden. Deshalb haben die Verfasser in dem o.g. Bereich tiefgründige Baugrundverbesserungen durch Anwendung des Hochdruckinjektionsverfahrens unter der EÜ Höltingbaum und mit vermörtelten bzw. teilvermörtelten Rüttelstopfsäulen außerhalb der Grundrissfläche der EÜ Höltingbaum bis km 50,100 auch im Bestandserdkörper geplant.

Sollten im Zuge der weiteren Baugrunduntersuchungen (zur Eingrenzung der Torfbereiche) größere Torfmächtigkeiten bei geringer mineralischer Überdeckung im Lastabtragungsbereich der Gleise Strecke 1249 und Strecke 1120 angetroffen werden, die bei Übertragung der Werte im Diagramm im dynamisch kritischen Bereich liegen, sind in der weiteren Planungsphase vertiefte dynamische Untersuchungen erforderlich.

7.5 Empfehlungen für die Bahnkörperentwässerung

Entwässerungsanlagen sind entsprechend der Angaben der Module 836.4601 bis 836.4603 so zu planen, zu bemessen und herzustellen, dass sie dem Bahnkörper zuströmendes Wasser fassen bzw. dem anstehenden Boden ungebundenes Wasser entziehen und dieses auf kürzestem Wege schadlos abführen. In der Regel erfolgt das durch Ausbildung von entsprechenden Quergefällen mit Regelneigung von 5 % auf allen Planien, die Anlage von Bahngräben bzw. Bahnmulden parallel zum Gleis und je nach Versickerungseigenschaften der Böden im Unterbau/Untergrund ggf. mit unter dem Graben oder bei beengten Verhältnissen unter dem Randweg anzuordnenden Tiefenentwässerungen. Bei Dammlage kann auch das Erfordernis zur Planung von Dammfußgräben bestehen, wenn das angrenzende Gelände zum Bahnkörper geneigt ist oder über die Dammböschung ablaufendes Wasser auf (Fremd-)Gelände z.B. Erosionsschäden verursachen kann. In Bahnhöfen entfallen in der Regel die Bahngräben; hier wird das Niederschlagswasser bei Eignung flächig in den Untergrund versickert, oder über Entwässerungsleitungen zur Vorflut geleitet.

Die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes ist in der Regel gegeben, wenn Sande und Kiese erkundet worden sind, in denen der Anteil an Feinkorn im Boden $d_{0,063} < 10 \%$ beträgt. In den Baugrundlängsschnitten sind das die Bodengruppen SE, SI, GE, GI, SW, GW und SU, GU nach DIN 18196.

Grundsätzlich sollte bei versickerungsfähigem Baugrund und ausreichendem Abstand von der Einleitstelle bis zur Grundwasseroberfläche auf dem Bahnkörper anfallendes Wasser auch versickert werden. Da wo der Untergrund zur Versickerung geeignet ist, sollten alle Auffüllungen (Dammschüttung und Tragschichten) auch aus versickerungsfähigen Böden geschüttet werden.

In der DWA-A 138¹⁰ wird der Abstand zwischen der Einleitstelle und der Grundwasseroberfläche bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand mit mindestens 1 m vorgegeben. Eine Unterschreitung des sogenannten Sickerraumes für die Versickerung von < 1 m ist nur in begründeten Ausnahmefällen auf 0,5 m reduzierbar und nur für unbedenkliche Niederschlagsabflüsse gestattet. Dafür ist eine Zustimmung der Wasserbehörde erforderlich.

Wegen der möglichen Grundwasserschwankungen ist bei Unterschreitung des Sickerraumes von weniger als 0,5 m von direkter Einleitung in das Grundwasser auszugehen, was aus Gründen des Grundwasserschutzes nicht zulässig ist.

Bei der Wahl und Bemessung der Entwässerungsanlagen sind die Festlegungen der Ril 836.4601 und der DWA-A 138 zu beachten.

Die Versickerungsmöglichkeit ist in Abhängigkeit der geplanten Entwässerungsmaßnahme mit dem Planer und Bodengutachter im Einzelnen abzustimmen.

In Abschnitten mit bis nah an die Geländeoberfläche anstehenden schwach durchlässigen Geschiebeböden oder Beckenschluffen/-tonen, die als Grundwasserhemmer bzw. -stauer wirken, kann sich das Niederschlagswasser auf diesen Böden temporär aufstauen. In diesem Fall und auch, wenn bei Strecken auf Erdkörpern zwischen der geplanten SO und dem maßgebenden höchsten Grundwasserspiegel nicht mindestens ein Abstand von 1,5 m eingehalten wird, soll das ungebundene Bodenwasser (aus Niederschlags-, Stau- und/oder Grundwasser) dem Boden mit Tiefenentwässerungen (TE) entzogen, weitergeleitet und zur Vorflut abgeführt werden. Diese Maßnahme dient der Absicherung von Eisenbahnstrecken gegen Grundwasser.

In den Anhängen 17 bis 63 zu diesem Bericht wurden die Grundwasserstände bezogen auf die Schienenoberkante angegeben.

¹⁰ Arbeitsblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, April 2005

Die Nutzung der Vorflut in das Sielnetz von HSE ist nur bei den Unterführungen Rahlstedt-Ost und Rahlstedt-West gestattet. Alle weiteren Einleitungen in Schmutzwassersiele wurden untersagt.

Ist eine Versickerung in den Untergrund bzw. die Einleitung von Wässern aus der Tiefenentwässerung in öffentliche Vorfluter nicht möglich, müssen Alternativen gefunden und diese mit den späteren Betreibern und den zuständigen Wasserbehörden abgestimmt werden. Dabei sollten neben dem Grundwasserschutz auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden.

Die Ril 836.1001 nennt bei hohen Grundwasserständen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit als Alternativen zur Tiefenentwässerung die Ausbildung von Trögen oder die Anhebung von Gradienten. Die Gradientenanhebung führt zu erheblichen Mehrkosten durch z.B.:

- Teilweise Neutrassierung,
- Anhebung der Straßenüberführungen (SÜ) bzw. Absenkung der Gleise unter SÜ,
- Verbreiterung des Bahnkörpers durch höhere Böschungen (Geländeinanspruchnahme),
- Vergrößerung der Gleisabstände zu Bestandsgleisen,
- Anpassung der Lärmschutzmaßnahmen.

Die Planung von Trogstrecken hat vergleichbare Kostensteigerungen wie die Gradientenanhebung zur Folge. In Bezug auf abzuleitende Wassermengen und den Bedarf an Vorflutern gibt es bei beiden Varianten keine signifikante Verbesserung zur Planung der Gleisanlagen mit Schotterbett auf annähernd gleicher Gradienten wie die Bestandsgleise. Auch im Trog anfallendes Wasser muss zu einer Vorflut abgeleitet werden.

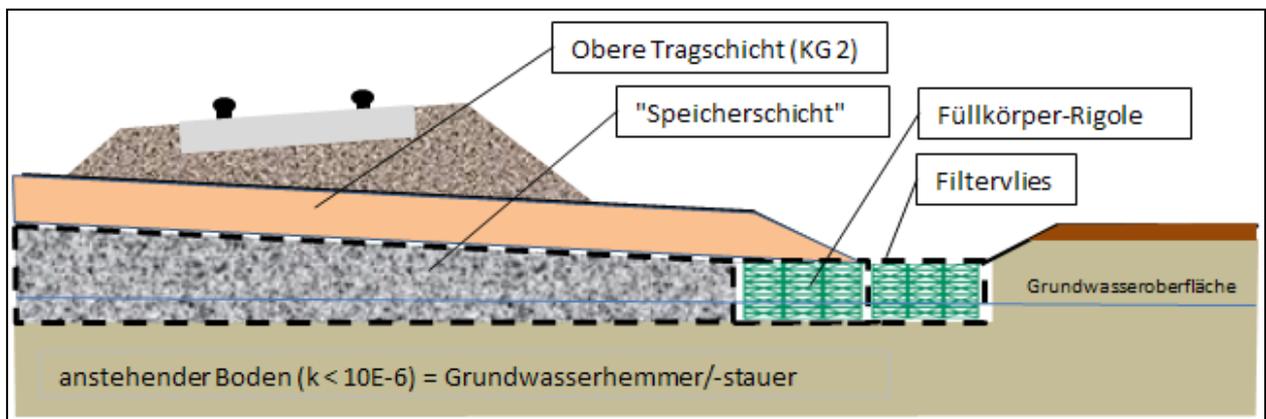
Werden Tiefenentwässerungen in Abschnitten ohne Vorflut geplant, muss unter Berücksichtigung der Neigungsverhältnisse bzw. der Topographie durch Einschaltung von Speicherbecken und Hebeanlagen das Wasser zu einer Vorflut geleitet werden, bei der die Einleitung durch die Untere Wasserbehörde genehmigt wurde.

Aus technischer Sicht und nach den positiven Erfahrungen in einem anderen Projekt (z.B. Dreigleisigkeit Stelle-Lüneburg) gibt es zur Entwässerung von Streckenabschnitten ohne geeignete Vorflut die Möglichkeit den Porenraum der Böden zur Aufnahme des Bemessungsregens zu nutzen oder durch Einbau geeigneter Böden ggf. in Verbindung mit dem Einbau von zusätzlichen Speicherelementen außerhalb des Druckbereiches von Verkehrslasten angeordnet zu schaffen. Dafür sind unter der oberen Tragschicht aus dem Korngemisch KG 2 mit $d = 35 \text{ cm}$ nur solche Produkte zu verwenden, die bei Einstau von Wasser unter der Belastung aus dem Eisenbahnverkehr nicht ihre Kornfestigkeit verlieren (z.B. enggestufte Sande oder enggestufte Kiese bzw. gebrochener Schotter, oder Gemische daraus). Der Porenraum dieser Böden sollte

ca. 25 % betragen. Außerhalb des Druckbereiches der Eisenbahnverkehrslasten können gemäß TM 2011-240 I.NVT 4 ohne UIG/ZIE auch Füllkörper-Rigolen (z.B. Rausikko Box mit 95 % Speichervolumen) unter oder neben den Randwegen angeordnet werden. Da bei Verwendung der Rigolen das Speichervermögen 3-4-fach höher als in einem Boden ist, könnte so der Bodenaustausch minimiert werden. Das eingestaute Wasser kann dann zeitverzögert versickern und ggf. auch verdunsten.

Um das Eintragen von Feinanteilen in diese wasserspeichernde Schicht zu vermeiden, die zur Verringerung des Porenvolumens führt, muss die Schicht vollständig mit einem Filtervlies ummantelt werden. Im Bild 11 wird die beschriebene Entwässerungsvariante mit ihren wesentlichen Schichten und Bauteilen dargestellt.

Bild 11 Systemskizze Speicherschicht unter der oberen Tragschicht und Füllkörperrigolen außerhalb des Druckbereiches



Die Bemessung der Schichtdicke soll unter Ansatz der Regenhäufigkeit $n = 0,1$ erfolgen. Liegt die Unterkante der so bemessenen Schicht tiefer als 1,5 m unter S_0 , kann die Unterkante auf 1,5 m festgelegt werden, wenn zusätzlich der Nachweis geführt wird, dass durch Rückstau des abfließenden Oberflächenwassers kein unzulässiger Einstau in den Oberbau von Gleisanlagen erfolgt. Die maximale Einstauhöhe in den Oberbau darf nicht höher als 20 cm unter Unterkante Schotter für die Strecke 1249 und 35 cm unter Unterkante Schotter für die Strecke 1120. Je nach den topographischen Verhältnissen muss außerdem die Geländebruchsicherheit gemäß DIN 4085 nachgewiesen werden.

Bei Berücksichtigung dieser Vorgaben sind die Forderungen aus Ril 836.1001 zur Absicherung von Eisenbahnstrecken gegen Grundwasser formal eingehalten.

Die Entwässerung der durch den Bemessungsregen belasteten Schicht erfolgt wegen des geringen Abstandes zur Geländeoberfläche über Verdunstung und Versickerung mit reduzierter Versickerungsrate in die tieferen Schichten. Auch wenn es nach dem Stand der Technik für eine

Verdunstung keine gesicherte Berechnungsmethode gibt, findet eine Verdunstung statt. Ein Beleg dafür ist die Verdunstungspotentialkarte der Freien und Hansestadt Hamburg (Bild 12).

Nach Internetrecherche [U 28] ist auf lehmigen Bodenarten (Geschiebelehm/-mergel) von ackerbaulich genutzten Flächen/Gartenflächen im Jahresmittel mit einer tägliche Verdunstungsrate von 1,5 mm/m² im Untersuchungsgebiet zu rechnen.

Werden die Empfehlungen für Streckenabschnitte ohne vorhandene Vorflut umgesetzt und die vorgenannten Nachweise geführt, ist die Sicherheit bei der Betriebsführung gewährleistet. Das diese Bauweise eine sichere und gebrauchstaugliche Bauweise ist, lässt sich aus dem schadensfreien Betrieb der vorhandenen Gleise der Strecke 1120 mit vergleichbaren Vorflutbedingungen ableiten.

Umweltrelevante Einflüsse auf die Planung der Entwässerungsanlage sind in den entsprechenden Sondergutachten nachzulesen und zu berücksichtigen.

Bild 12 Auszug aus Verdunstungspotentialkarte Freie und Hansestadt Hamburg
 (Quelle: http://geodienste-hamburg.de/HH_WMS_VerdunstPot?)



- Niedrigster Grundwasserflurabstand im Nassjahr 1 bis 2,5 m unter GOK: Verdunstungspotenzial: hoch; Böden mit hohem Verdunstungspotential aufgrund von Grundwasseranschluss (grundwasserbeeinflusste Böden)
- Oberkante des Nichtleiters größer 2 m unter GOK: Verdunstungspotenzial: niedrig; Böden mit niedrigem Verdunstungspotential aufgrund mangelnder Speicherfähigkeit für Niederschlagswasser und fehlendem Grundwasseranschluss
- Oberkante des Nichtleiters 1 bis 2 m unter GOK: Verdunstungspotenzial: mittel; Böden mit mittlerem Verdunstungspotential aufgrund hoher Speicherfähigkeit für Niederschlagswasser sowie Stauwasserbildung nach Starkregeneignissen

8 Schlussfolgerungen und Gründungsempfehlungen Ingenieurbauwerke

8.1 Flächengründung

Stehen an den geplanten Bauwerksstandorten ausreichend tragfähig beurteilte Böden im Untergrund an, oder können oberflächennah anstehende wenig oder nicht tragfähige Böden ausgetauscht oder verbessert werden, dürfen aus geotechnischer Sicht Flachgründungen geplant werden.

Bauwerke, für die unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse im PFA 2 eine Flachgründung empfohlen werden kann, sind nachfolgend aufgeführt:

- EÜ über die Rahlau, km 55,332
- EÜ Am Pulverhof, km 53,371
- EÜ Tonndorfer Weg, km 53,008
- EÜ(F) Rahlstedt-West (Rahmenbauwerk), km 51,729
- EÜ (F) Rahlstedt-Ost (Rahmenbauwerk), km 51,553
- EÜ(F) Delingsdorfer Weg, km 50,531
- PÜ Nornenweg, km 47,471

Im Anhang dieses Geotechnischen Berichts werden für jedes der oben aufgeführten Bauwerke geotechnische Datenblätter beigefügt, die u.a. folgende Angaben beinhalten:

- Morphologie
- Baugrundbeschreibung
- Grundwasser (Tagwasserstände, Bemessungswasserstand)
- Betonaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeit des Grundwassers
- Charakteristische Bodenkennwerte
- Bemessungswerte des Sohlwiderstandes
- Sonstige Hinweise zu Baugruben, zur Bemessung der Hilfsbrückengründung, Wasserhaltung, Baugrundverbesserung

Mit diesen Angaben ist die Bemessung des Bauwerkes bzw. seiner Gründung möglich.

Grundsätzlich sind bei Flachgründungen Mutterboden / Oberboden, aufgeweichte bindige Böden (Geschiebelehm / Geschiebemergel) künstliche Auffüllungen und andere nicht tragfähig beurteilte Böden aus der Gründungszone zu entfernen. Der Austausch sollte in der Regel gegen ein gut verdichtbares Sand-Kies-Gemisch (Bodengruppen SW / GW / SI / GI nach DIN 18196) oder Magerbeton erfolgen. Bis zu welcher Tiefe Bodenaustausch oder Verbesserungsmaßnahmen machbar sind, muss neben technisch wirtschaftlichen Aspekten auch unter baube-

trieblichen Randbedingungen und der Verkehrsführung überprüft werden. In jedem Fall müssen die Bodenverbesserungen auf die nicht vorbelasteten Gründungsflächen konzentriert werden. Auf Flächen, die durch das Bestandsbauwerk bzw. einen Erdkörper vorbelastet sind, reicht in der Regel eine Beseitigung aushubbedingter Auflockerungen der Baugrubensohle durch Verdichtung mit mittelschwerem Gerät.

Sofern der Einbau Sand-Kies-Gemisches zur Bodenverbesserung geplant wird, ist zu beachten, dass dieses über die Fundamentgrundrissmaße hinaus einen Überstand besitzen muss. Dieser muss mindestens so groß wie dessen Dicke sein, da sich die Belastung im Kiessand etwa unter 45° ausbreitet. Das Sand-Kies-Gemisch ist lagenweise einzubringen und so zu verdichten, dass ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 0,97$ erreicht und nachgewiesen wird.

Für das Sand-Kies-Gemisch können folgende charakteristische Erfahrungswerte angesetzt werden:

- Wichte über Wasser $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$
- Wichte unter Wasser $\gamma'_k = 11 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel $\varphi'_k = 35^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
- Steifemodul $E_{s,k} = 50 \text{ MN/m}^2$

Wird Beton als Bodenersatz verwendet, kann auf den seitlichen Überstand gegenüber der Grundrissfläche verzichtet und der Steifemodul erhöht werden.

Für die Planung von Flächengründungen sind u.a. die Festlegungen der DIN EN 1997-1, Kap. 6 zu beachten.

Bei der Bemessung der Gründung ist darauf zu achten, dass die Grundbruchsicherheit im Bau- und Endzustand zu gewährleistet ist und dass keine bauwerksschädlichen Setzungen oder Setzungsunterschiede eintreten werden.

Bei flach gegründeten Bauwerken auf tragfähigem Baugrund sind Setzungen zwischen ca. 1 cm und ca. 2 cm möglich. Insbesondere auf vorbelastetem Baugrund (z.B. bei Neugründung eines Bauwerkes am alten Standort, bei Bauwerken in jetzt vorhandenen Dämmen bzw. im Baugrund unter der vorhandenen Geländeoberfläche) sind die möglichen Setzungen nach Inbetriebnahme meist kleiner als 1 cm. Flach gegründete Bauwerke auf bindigen nicht vorbelasteten Untergrund lassen Setzungen $> 2 \text{ cm}$ bis zu ca. 4 cm erwarten. Auf konsolidiertem bzw. vorbelastetem Baugrund werden die möglichen Setzungen deutlich kleiner als 2 cm auftreten. Wegen des hohen Sandanteils und der Sandeinlagerungen im Geschiebemergel sind bei Neubelastung in Abhängigkeit von der Schichtmächtigkeit und der tatsächlichen Belastung die Setzungen innerhalb weniger Monate (3-6 Monate) weitestgehend abgeklungen.

Bei hohen Grundwasserständen ist vorzugsweise der Bodenaustausch im Schutze von Verbauten und mit Grundwasserabsenkung vorzunehmen. Bei Verwendung von Beton kann dieser auch als Unterwasserbeton eingebaut werden. Das Erfordernis von Nachweisen der Auftriebsicherheit der Unterwasserbetonsohlen ist in Abhängigkeit von den jeweiligen hydrologischen Verhältnissen an den Bauwerksstandorten und den geplanten Maßnahmen zur Trockenhaltung der Baugruben zu prüfen.

Die Angaben zu den Bemessungswasserständen in den Datenblättern beruhen im Wesentlichen auf während der Bohrarbeiten gemessenen Grundwasseranschnitten auch unter Berücksichtigung der Bestandsaufschlüsse sowie auf Angaben zu den Grundwassergleichen aus dem Internetportal Geo-Online Hamburg (<http://www.geoportal-hamburg.de/Geoportal/geo-online/index.html>).

8.2 Tiefgründungen

Stehen an den geplanten Bauwerksstandorten im Untergrund nicht ausreichend tragfähig beurteilte Böden an, oder können diese nicht mit vertretbarem Aufwand verbessert werden, sind aus geotechnischer Sicht Tiefgründungen auf Pfählen zu planen. Bauwerke, für die unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse bzw. der Nachbarbebauung im PFA 2 eine Tiefgründung empfohlen wurde, werden nachfolgend aufgeführt:

- SÜ Holstenhofweg, km 56,327
- EÜ Tonndorfer Hauptstraße, km 54,801
- EÜ Sonnenweg, km 54,448
- EÜ Wandse Bachlauf, km 52,991
- EÜ Amtsstraße, km 51,820
- EÜ Wandse Bachlauf, km 51,164
- SÜ Höltingbaum (Anprallbauwerk), km 50,321
- EÜ Wandse Bachlauf (Rahmenbauwerk), km 50,228
- EÜ Stellmoorer Quellfluss, km 47,800

Im Anhang dieses Geotechnischen Berichts werden für jedes der oben aufgeführten Bauwerke geotechnische Datenblätter beigefügt, die u.a. folgende Angaben beinhalten:

- Morphologie
- Baugrundbeschreibung
- Grundwasser (Tagwasserstände, Bemessungswasserstand)
- Betonaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeit des Grundwassers
- Charakteristische Bodenkennwerte

- Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung und den Pfahlspitzendruck
- Sonstige Hinweise zu Baugruben, zur Bemessung der Hilfsbrückengründung, Wasserhaltung, Baugrundverbesserung

Zur Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes werden in der Regel die Ingenieurbauwerke im Schutz von Hilfsbrücken errichtet. Die Hilfsbrücken werden üblich bei der Bahn auf Pfählen gegründet. Als Pfähle kommen dabei gerammte Stahlträgerprofile zur Anwendung, die in die Baugrubenverbauten integriert oder hinter der Baugrubensicherung angeordnet werden. Bemessungswerte für gerammte Spundwandprofile sind in den Anhängen für Ingenieurbauwerke angegeben worden. Kann der Nachweis der Tragfähigkeit für die Hilfsbrückengründung mit den in den Anhängen angegebenen Bemessungswerten nicht erbracht werden, können nach Anforderung des Planers auch für alternative Pfahlarten Bemessungswerte angegeben werden.

8.3 Baugruben, Verankerungen

Bei der Erneuerung bzw. Erweiterung der Eisenbahnüberführungen sind vorrangig verbaute Baugruben zu planen. Als Verbauelemente für Baugruben in Bahnkörpern sollten gemäß Ril 804.4110 vorzugsweise Spundbohlen zur Anwendung kommen. Zur Beschränkung der Kopfverformungen der Verbauelemente sind in Abhängigkeit von den geometrischen Randbedingungen Aussteifungen oder Verankerungen mit Verpressankern nach DIN EN 1537 zu planen. Verbauwände für Baugruben unter Hilfsbrücken sowie parallel zum Gleis verlaufende Verbauwände zur Stützung des Eisenbahnunterbaus sind mindestens als wenig nachgiebig gestützte Baugrubenwände im Sinne von EB 67 der EAB auszuführen. Dafür müssen Aussteifungen kraftschlüssig verkeilt werden bzw. müssen Verpressanker nach DIN 1537 geprüft und auf mindestens 80 % der für den nächsten Bauzustand errechneten Kraft vorgespannt und festgelegt werden.

Für die Berechnung der Verbauwände ist ein erhöhter aktiver Erddruck anzusetzen.

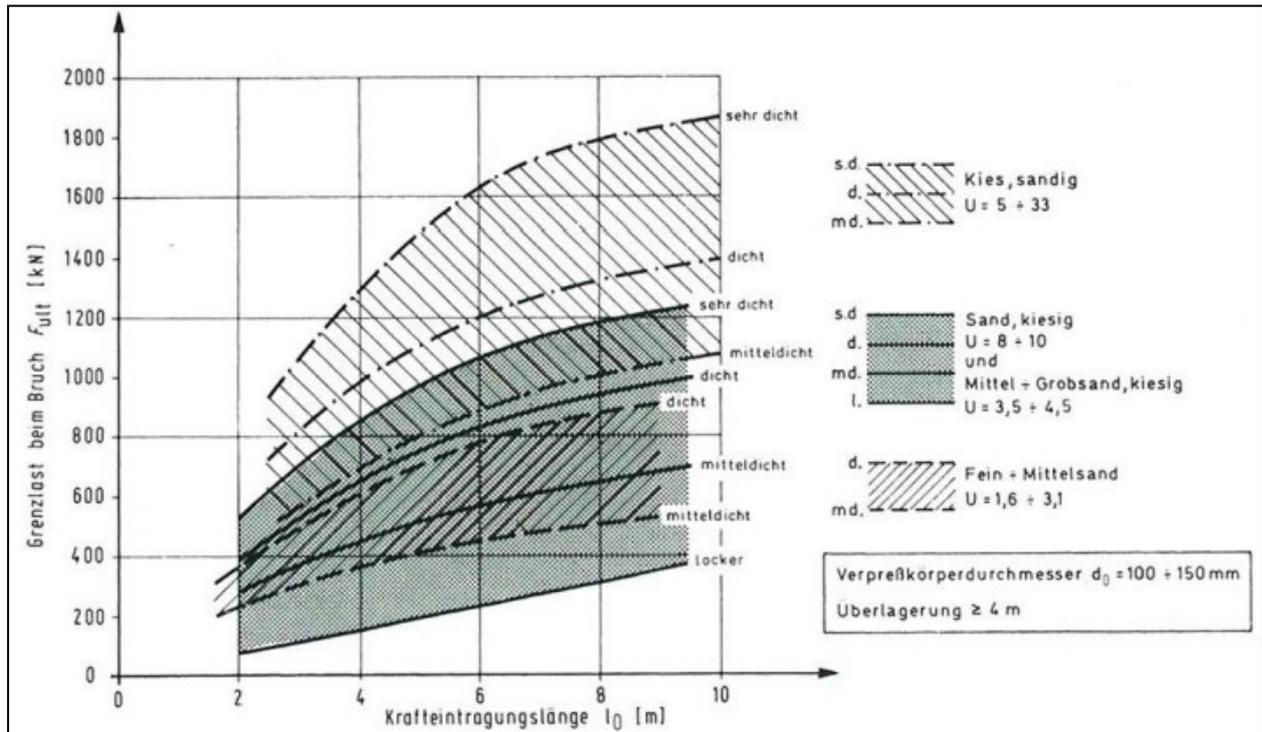
Wenn Grundwasser höher als 50 cm unter Baugrubensohle ansteht und dieses ggf. nicht abgesenkt werden darf, sind Spundwände mit dichten Schlössern und Dichtsohlen zu planen. Als horizontale Dichtung werden Unterwasserbetonsohlen vorgeschlagen.

In Abhängigkeit von der Lage der Sohle sind ggf. Sicherungen gegen Auftrieb der Sohle durch z.B. Einbau von Zugankern (Verpressanker nach DIN 1537) zu berücksichtigen.

Entsprechend den Regeln der Technik wird die Tragfähigkeit von Anker nicht durch Berechnung, sondern aus Probelastungen ermittelt. Jedoch ist im Rahmen einer Vordimensionierung die Anwendung von Erfahrungswerten zulässig.

Zur Vordimensionierung können die Grenzlaster für nichtbindige Böden aus dem Bild 13 in Abhängigkeit von der Krafteintragungslänge abgelesen werden.

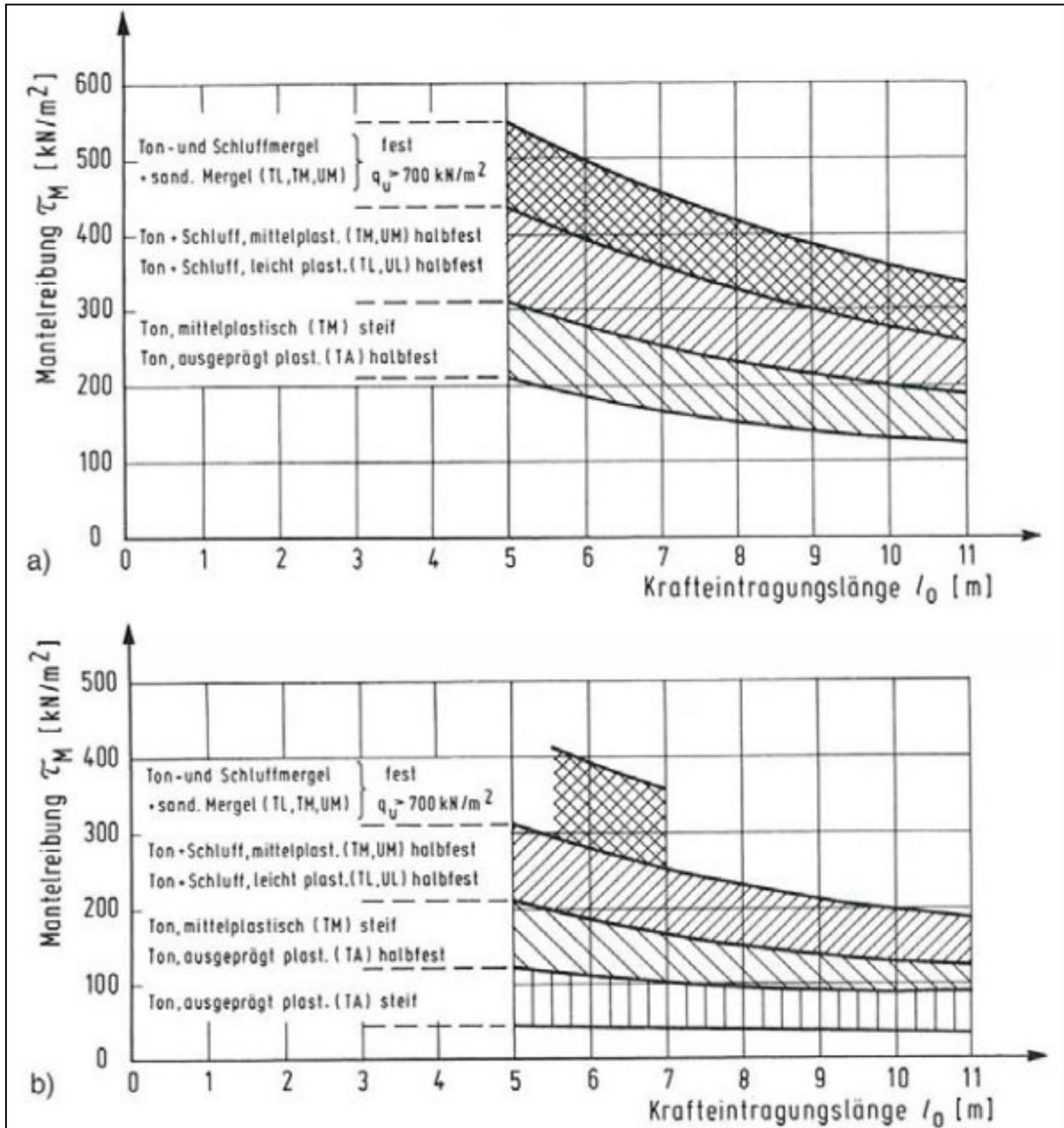
Bild 13 Bemessungsdiagramm Grenzlasten von Verpressankern in nichtbindigen Böden
 (Quelle: Grundbautaschenbuch, 5. Auflage, Teil 2, 1996)



Für die Vorbemessung eines Verpressankers im mitteldicht gelagertem Sand (S,md) kann bei 4 m Kräfteintragslänge eine Bruchlast von $F_{ult} = R_{a,k} \approx 500 \text{ kN}$ angesetzt werden ($R_{a,k}$ = charakteristischer Herauszieh Widerstand eines Verpressankers).

Liegen die Verpresskörper in mindestens steifen bis halbfesten Geschiebelehm/-mergel (Lg/Mg,st, Lg/Mg,hf) sind die Grenzwerte für die Mantelreibung τ_m aus dem Diagramm Bild 14 abzulesen. Über die Mantelfläche des Verpresskörpers sind dann die charakteristischen Herauszieh Widerstände zu errechnen, wobei die üblichen Verpresskörperdurchmesser zwischen 100 mm und 150 mm gewählt werden.

Bild 14 Bemessungsdiagramme Grenzwerte der Mantelreibung bei Anker in bindigen Böden (mit und ohne Nachverpressung) (aus Grundbau-Taschenbuch, 5. Auflage, Teil 2, 1996)



Grenzlasten a) mit Nachverpressung, b) ohne Nachverpressung

Zur Nachweisführung muss ein charakteristischer Herauszieh Widerstand aus den Ergebnissen von Eignungsprüfungen abgeleitet werden. Dementsprechend müssen diese Eignungsprüfungen ausgeschrieben und rechtzeitig vor den eigentlichen Ankerarbeiten ausgeführt werden.

Für die Nachweisführung sind Probeanker an mindestens 3 Anker je Hauptbodenart durchzuführen.

Hinweise: Die freie Ankerlänge l_f von Verpressankern sollte mindestens 5,0 m betragen. Bei einer größeren freien Ankerlänge l_f zwischen Bauwerk und Verpresskörper wird ein größeres Bodenvolumen hinter der Wand aktiviert. Somit kann in der Bruchfuge eine größere Reaktionskraft Q_k mobilisiert werden.

Für die Ermittlung der Ankerlast ist der Nachweis in der tiefen Gleitfuge für die Bemessungssituation BS-T zu führen. Die übrigen Ankernachweise gilt die Bemessungssituation BS-P.

8.4 Trockenhaltung der Baugruben

Im Zuge der Baugrunduntersuchungen sind in den direkten Baugrundaufschlüssen häufig Grundwasserstände durch die Bohrmeister eingemessen worden. Auf Grundlage dieser Tagwasserstände und unter Berücksichtigung der im Geoportal von Hamburg einsehbaren Daten zu Grundwasserständen wurden in den Anhängen dieses Berichts für die Ingenieurbauwerke Empfehlungen für Grundwasserhaltungsmaßnahmen gegeben. Diese sind bei der weiteren Planung und späteren Ausschreibung zu beachten.

Beim Bau der Verkehrsanlagen ist Grundwasser auf der Aushubsohle in der Regel nicht zu erwarten. Wenn lokal begrenzt auf Aushubsohlen doch Wasser angetroffen wird, muss das Planum quer geneigt angelegt werden und zügig über eine offene Wasserhaltung in Pumpensümpfen gefasstes Wasser abgepumpt werden. Bei auf dem Aushubplanum stehendem Wasser muss bei Geschiebeböden mit Aufweichungen gerechnet werden, die dann Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich machen.

8.5 Rammpbarkeit

Für die im PFA vorkommenden Böden wird in nachfolgender Tabelle die Rammpbarkeit mit schlagenden Rammen bewertet. Diese Bewertung basiert auf Angaben in der Fachliteratur und berücksichtigt natürliche Böden in verschiedener Lagerungsdichte bzw. Konsistenz. Erschwernisse können z.B. im Geschiebemergel durch Gerölllagen oder eingeschaltete Findlinge vorkommen. In den Hinterfüllungen von Bauwerken können Erschwernisse bzw. Hindernisse von Bauschuttresten angetroffen werden.

Die Bewertung in der Tabelle 24 ist nicht auf Vibrationsrammen anzuwenden.

Tabelle 24 Rammbarkeit von natürlichen Böden

Schicht/ Boden	Rammbarkeit						Bemerkungen
	leicht		mittel		schwer		
Auffüllung (A), locker	x	x					
Auffüllung (A), mitteldicht			x	x			
Auffüllung (A), weich			x				
Auffüllung (A), steif				x			
Sand (S), locker		x					
Sand (S), mitteldicht				x			
Sand (S), dicht					x	x	ggf. Rammhilfen erforderlich
Geschiebelehm/-mergel (Lg/Mg), weich			x				
Geschiebelehm/-mergel (Lg/Mg), steif					x		ggf. Rammhilfen erforderlich
Geschiebelehm/-mergel (Lg/Mg), halbfest						x	Rammhilfen erforderlich
Beckenschluff/-ton (BU/BT), steif				x			
Torf (HN / HZ)	x						

Bei Rammung in Bauwerksnähe ist mit bauwerksschädlichen Erschütterungen zu rechnen. Sind Rammungen nicht vermeidbar, sollten rechtzeitig Erschütterungsgutachten eingeholt werden. Beweissicherungen sind rechtzeitig zu veranlassen.

9 Gründungsempfehlungen Lärmschutzwände

9.1 Allgemeines

In der Tabelle 25 sind die geplanten Lärmschutzwände hinsichtlich ihrer Lage und Stationierung zusammengestellt.

Tabelle 25 Lärmschutzwände im PFA 2 (Stationierung Stand 29.07.2016)

Strecke 1120 von [km] – bis [km]		Lage Lärmschutzwand
56,344	56,597	Außenwand
52,317	56,319	Außenwand
51,850	52,278	Außenwand
51,625	51,828	Außenwand
50,327	51,585	Außenwand
49,735	50,282	Außenwand
48,600	49,500	Außenwand
Strecke 1249 von [km] – bis [km]		
200,000	200,262	Außenwand
200,286	204,251	Außenwand
204,293	206,230	Außenwand
206,270	209,110	Außenwand
200,000	200,946	Mittelwand
201,570	202,200	Mittelwand
202,800	203,300	Mittelwand
203,600	204,265	Mittelwand
204,305	204,400	Mittelwand
205,195	206,100	Mittelwand

Die Grenzen der Lärmschutzwände können sich nach Vorlage des endgültigen Lärmschutzgutachtens noch ändern. Lärmschutzwände in Erdbauwerken werden mit einem Regelabstand zur Gleisachse von 3,80 m und einem Regelabstand der Gründungen in Längsrichtung von 5 m geplant. Für Mittenwände (zwischen Strecke 1120 und 1249) gelten andere Abstände.

Für die Gründung der Lärmschutzwände sind die bei der Bahn üblichen Stahlrohrgründungen mit mittleren Rohrlängen von ca. 5-6 m auch für dieses Projekt zu empfehlen.

Können Lärmschutzwände nicht auf vorhandenen oder neu zu planenden Ingenieurbauwerken errichtet werden, müssen sie i.d.R. als Torsionsbalken vor den Ingenieurbauwerken auf Pfählen gegründet werden. Bemessungswerte für die Gründung von Sonderbauwerken werden im Kapitel 9.2 vorgegeben. Reichen die Aufschlüsse der ersten Bohrkampagne und deren Teufen an

den Standorten der Sonderbauwerke nicht aus, müssen nach Festlegung der Bauwerksgeometrie zusätzliche Aufschlüsse in einer weiteren Bohrkampagne niedergebracht werden.

Für die Planung der Gründungsarbeiten für Lärmschutzwände sind die Baugrundlängsschnitte (Unterlage 18.5) mit den darin aufgetragenen Bohrprofilen und Sondierdiagrammen, die Ergebnisse der Klassifizierung im Kap. 5.4 und die Ril 804.5501 „Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken“ zu berücksichtigen. Maßgeblich für die LSW sind die Aufschlüsse mit rd. 8 m Teufe. Ferner müssen die speziellen Normen in der VOB Teil C (z.B. Rammarbeiten) beachtet werden.

Grundwasserproben konnten in den Lärmschutzwandabschnitten lediglich in einigen verrohrten Bohrungen an Brückenstandorten entnommen werden. Die Grundwasserproben wurden auf Beton angreifende und stahlkorrosive Inhaltsstoffe untersucht. Für die Planung können die Ergebnisse aus Kap. 5.6.1 herangezogen werden. Eine Zuordnung zu den Expositionsklassen ist von weiteren äußeren Einflüssen abhängig und muss durch den Fachplaner erfolgen.

Neben dem Grundwasser aus der gesättigten Zone können die Gründungen der LSW i.d.R. mit Stauwasser, das sich temporär über den flächig vorhandenen, schwach durchlässigen Geschiebeböden bilden kann, in Kontakt kommen. Stauwasserproben konnten nicht gewonnen werden. Dementsprechend sollte bei der Bemessung der Gründungen bezüglich Betonaggressivität auf der sicheren Seite liegend von „betonangreifend“ ausgegangen werden. Bezüglich Korrosion sollte die Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit und die Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit des Grundwassers bei Korrosion unter Wasser bzw. bei Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze als gering angenommen werden.

9.2 Bemessung der Gründung

Den anstehenden Böden können unter Berücksichtigung der Erfahrungen des Gutachters für erdstatische Berechnungen im Zusammenhang mit der Planung der LSW die charakteristischen Bodenkennwerte aus Kapitel 5.7 dieses Berichts den Baugrundsichten, wie sie in den Baugrundlängsschnitten dargestellt sind, zugeordnet werden. Da der angetroffene Oberboden i.d.R. abgetragen werden soll, werden für diesen Boden keine Bemessungswerte vorgegeben.

Für geplante Dammschüttungen aus rolligen Böden können auf der sicheren Seite liegend die charakteristischen Bodenkennwerte für mitteldichte Auffüllungen angesetzt werden. Sollten bindige Böden oder mit hydraulischen Bindemitteln verbesserte Böden für die Auffüllungen verwendet werden, sind dafür gesonderte Kennwerte durch einen geotechnischen Sachverständigen festzulegen. Hier ist eine Abstimmung zwischen den Gewerkeplanern zwingend anzuraten.

Wegen des geringen Eigengewichtes der Lärmschutzwände werden für die Bemessung der Pfahlängen und des Pfahlquerschnittes die horizontalen Einwirkungen maßgebend sein.

Für die Bemessung der Gründung können unter Berücksichtigung der Anwendungsgrenzen die Erfahrungswerte aus der EA Pfähle, Kapitel 5.4.4.2 herangezogen werden. Sie gelten für offene Rohrquerschnitte bis 1600 mm Durchmesser die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden. Zur Berücksichtigung von Abgrabungen ist für den oberen Meter keine Mantelreibung anzusetzen. Als tragfähig gelten mindestens steife bis halbfeste bindige Böden (Schichten Mg,st/Mg,hf/Lg,st/Lg,hf) bzw. mindestens mitteldicht gelagerte Sande (A,md/S,md/ S,d).

In der EA Pfähle [U 23] können zur Bemessung von Fertigrammpfählen aus Stahl- bzw. Spannbeton charakteristische (Erfahrungs-)Werte für Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzendruck aus den Tabellen 5.1 bis 5.4 entnommen werden. Für offene Stahlrohre müssen diese Werte mit den Modellfaktoren η_s bzw. η_b nach Tabelle 5.5 der EA Pfähle multipliziert werden.

Für die Vorbemessung der Stahlrohrpfähle werden in der Tabelle 26 den jeweilige Baugrundsichten charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung und den -spitzendruck zugewiesen. Diese Werte sind auf der sicheren Seite gewählt. Höhere und differenziertere Werte erfordern zusätzliche Untersuchungen, die bei Bedarf erst mit der nächsten Aufschlusskampagne ermittelt werden können. Für offene Stahlrohre sind die Modellfaktoren $\eta_s = 1,1 * e^{-0,63 * D}$ bzw. $\eta_b = 0,95 * e^{-1,2 * D}$ zu berücksichtigen. Geschlossene Stahlrohre lassen zwar höhere Widerstände bei geringeren Rohrquerschnitten erwarten, können aber bei den örtlichen Verhältnissen meist nicht auf die statisch erforderliche Tiefe gerammt werden.

Tabelle 26 Charakteristische Kennwerte für die Pfahlbemessung gerammter Fertigpfähle (ohne Berücksichtigung der Modellfaktoren)

Schicht / Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]		Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] ¹⁾	Bettungsziffer k_s [MN/m ³] = E_s/D^2 ²⁾
	s_{sg}	$s_{sg}=s_g=0,1D$		
A,lo	15	15	-	10/D
A,md	30	40	-	20/D
A,we	-	-	-	5/D
A,st	15	15	-	10/D
S,lo	20	20	-	15/D
S,md	30	40	2,2 / 4,2	25/D
S,d	65	95	4,0 / 7,6	40/D
Lg,we / Mg,we	10	10	-	15/D
Lg,st / Mg,st	20	20	0,35 / 0,60	20/D
Lg,hf / Mg,hf	30	35	0,50 / 0,80	30/D
BT,st / BU,st	20	20	0,35 / 0,60	5/D
HN / HZ	-	-	-	0,1/D

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung $s/D = 0,035 / 0,1$
²⁾ D = Pfahldurchmesser, für $D > 1$ ist $D = 1$ zu setzen

Werden die Pfähle nach Lockerungs- bzw. Entspannungsbohrungen eingebracht, darf Spitzenwiderstand wegen fehlender Pfpfenbildung nicht in Ansatz gebracht werden. In diesen Fällen

kann der Vertikallastabtrag nur über Mantelreibung erfolgen. Werden die Pfähle ausgebohrt und bis unten ausbetoniert, darf der volle Spitzenwiderstand angesetzt werden.

Für den rechnerischen Nachweis des horizontalen Gleichgewichtes und der Verformungsbeschränkung wird die Bemessung i.d.R. unter Ansatz einer Bettung vorgesehen. Bei einer Pfahlbemessung nach dem Bettungsmodulverfahren können die Bettungsmoduln nach der Gleichung $k_s = E_s / D$ angesetzt werden.

Hierbei sind:

k_s : horizontaler Bettungsmodul, E_s : Steifemodul, D : Pfahlschaftdurchmesser bis $D \leq 1$ m.

Die Bettungsmodulverteilung ist in den Auffüllungen linear zunehmend (dreiecksförmig) anzusetzen. Dabei darf zur Berücksichtigung einer möglichen Abgrabung für den oberen Meter keine Bettung angesetzt werden. Darunter wird bei Einbindung in den gewachsenen Baugrund für die jeweilige Schicht der Ansatz eines konstanten Bettungsmoduls empfohlen. Der mit dem Bettungsmodulverfahren ermittelte Bodenwiderstand darf aber nicht größer als der Bemessungswert des Erdwiderstandes für den entsprechenden Teil der Einbindetiefe sein.

Für die gemäß Ril 804.5501 im Zuge der Bemessung nachzuweisenden dynamischen Reaktion des Gesamtsystems können die dynamischen E-Moduli $E_{s,dyn}$ errechnet werden, indem die unter Kapitel 5.7 Tabelle 15 aufgeführten Steifemoduli $E_{s,k}$ mit folgenden abgeschätzten Erhöhungsfaktoren multipliziert werden:

Schicht A, lo / S,lo:	Erhöhungsfaktor	6
Schicht A,md / S,md:	Erhöhungsfaktor	4
Schicht S,d:	Erhöhungsfaktor	2,5
Schicht Lg,we / Mg,we:	Erhöhungsfaktor	8
Schicht Lg,st / Mg,st:	Erhöhungsfaktor	6,5
Schicht Lg,hf / Mg,hf:	Erhöhungsfaktor	5

10 Gründungsempfehlungen Hochbauten

10.1 Allgemeines

Für die Ausrüstungsgewerke soll im PFA 2 ein ESTW-A Modulgebäude wenige Meter nordwestlich neben dem Bahnkörper der geplanten neuen Gleise bei ca. km 53,337 der Strecke 1120 mit den Abmessungen 6 m x 15 m errichtet werden. Die Zuwegung wird über die Straße Am Pulverhof geschaffen. Der annähernd ebene Standort für das ESTW-A ist zurzeit durch dichten Baumbewuchs geprägt.

Für die Beurteilung der Baugrundverhältnisse können die bis 3 m und 8 m abgeteufte Kleinbohrungen BS HH 337 und BS HH 339 sowie die schwere Rammsondierung DPH HH 158 herangezogen werden. Demnach ist unter der sandigen, humosen Deckschicht von 0,5 m bis 0,6 m Schichtdicke, die durch den Bewuchs stark durchwurzelt ist, locker bis mitteldicht gelagerter, schwach kiesiger und z.T. auch schwach schluffiger Sand mindestens bis zur Kote NHN +17 m aufgeschlossen worden. Die Sande sind durchlässig zu beurteilen und nicht bis gering frostempfindlich. Im Liegenden der Sande folgt sandiger, frostempfindlicher und schwach durchlässiger Geschiebemergel in steifer Konsistenz. Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Erkundung etwa in Höhe NHN +17,2 m bzw. 3,6 m unter GOK eingemessen.

Die Aufschlussresultate sind in der Unterlage 18.5.10 dargestellt.

10.2 Gründungsempfehlung

Bei ESTW-A Modulgebäuden handelt es sich in der Regel um raumgroße Fertigteile, die mit Kran am Aufstellort abgesetzt werden. Die ESTW-A besitzen einen Kabelkriechkeller, so dass die Gründungssohle bei etwa 1,0 m unter Gelände liegt. Nach Beseitigung des Bewuchses und Rodung der Wurzeln liegt die Gründungssohle im Sand, die mit einer mittelschweren Verdichterplatte mit mindestens 5 Übergängen verdichtet werden muss. Auf der Sohle ist nach dem Verdichten mindestens ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 0,97$ nachzuweisen.

Sollte das Modulgebäude ggf. auf Streifenfundamenten gegründet werden, ist auch dafür eine Flachgründung zu planen. Wegen des Bewuchses und des Wurzelwerkes sollte auch dann die gesamte Bebauungsfläche bis zur Gründungssohle abgetragen und die Fundamente darauf geschalt werden.

Wasserhaltungsmaßnahmen sind nicht erforderlich.

Aus geotechnischer Sicht empfehlen wir das Modulgebäude in die geotechnische Kategorie GK1 einzustufen.

Für die Vorbemessung der Flächengründung für das ESTW-A Modulgebäude kann auf der sicheren Seite liegend ein abgeschätzter Bemessungswert des Sohlwiderstands für mittig belastete Fundamente $\sigma_{R,d} = 340 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Nachweise für die Flächengründungen sind gemäß Abschnitt 6 des EC 7 zu führen.

Mögliche Setzungen können in der Größenordnung bis 2 cm auftreten, von denen der größte Teil innerhalb der Bauzeit abklingen wird.

Für die weitere Planung sind die Ergebnisse der Klassifizierung gemäß Kapitel 5.4 und die charakteristischen Bodenkennwerte gemäß Kapitel 5.7 zu berücksichtigen.

Geböschte Baugruben im Sand und in weichen bindigen Böden sind mit einer Neigung von 45° zu planen. Bei der Planung und Ausführung von Baugruben ist die DIN 4124 zu beachten.

10.3 Gebäudeentwässerung

Da die oberflächennah angetroffenen Auffüllungen und die darunter anstehenden Sande durchlässig sind, die Einleitstelle bis zur Grundwasseroberfläche > 1 m beträgt, kann anfallendes Niederschlagswasser versickert werden. Für die Versickerung kann mit einem geschätzten Durchlässigkeitsbeiwert $k = 5 \times 10^{-5}$ gerechnet werden.

11 Empfehlungen Straßen/Wege

11.1 Allgemeines

Im PFA 2 werden nach Vorplanungsstand folgende Straßen- bzw. Wegebaumaßnahmen geplant:

- Wendehammer Jenfelderstraße,
- Anpassung Fußweg Rahlau,
- Zufahrt zum HP Tonndorf (Südseite) über den Studioweg,
- Wendehammer Pulverhof (Südseite),
- Anbindung Sportplatz / Scharbeutzer Straße,
- Anpassung Heestweg / Fußweg,
- Zufahrt Stellwerk Rahlstedt,
- Anpassung Straßen Bf Rahlau (ZOB),
- Anpassung Fußweg Höltigbaum - Glindenkamp (Nordseite),
- Neubau Glindkamp - Anbindung Dassauweg
- Neubau Nornenweg

11.2 Baugrundverhältnisse

Unter den gebundenen Tragschichten der Jenfelder Straße bzw. im angrenzenden Gelände wurden bis 3 m unter GOK aufgefüllte und anstehende frostsichere kiesige Sande und enggestufte Sande erkundet. Schlacke und Scherben sind als Nebenbestandteile im Sand enthalten. In beiden Schürfen wurden Pflastersteine (ca. 30 cm Kantenlänge) angetroffen, die mit Asphalt bzw. einer Kiessandschicht überdeckt waren. Grundwasser wurde nicht angeschnitten.

Der Fußweg Rahlau ist im Bestand nah an der EÜ mit Betonsteinpflaster und weiter Richtung Norden mit einer Tragschicht ohne Bindemittel (Sand, Kies, Schotter) befestigt. Darunter folgen überwiegend locker bis mitteldicht gelagerte, frostsichere, enggestufte Sande und lokal auch schluffige Sande. Der Grundwasserstand in den durchlässigen Sanden korrespondiert mit dem Wasserstand der Wandse. Wasser wurde im Oktober 2014 auf der Kote NHN +12,35 m eingemessen.

Für die Anpassung des Studioweges sind die Gehwegplatten bzw. das Kleinpflaster und zum Teil auch die Asphalttragschichten aufzunehmen. Darunter stehen mehrere Meter mächtige, frostsichere, aufgefüllte schwach kiesige Sande und darunter anstehende enggestufte Sande an. Die Sande sind locker bis mitteldicht gelagert. Grundwasser wurde im September 2014 etwa auf der Kote NHN +15,3 m eingemessen.

Im Bereich der geplanten Wendehammer Am Pulverhof sind Asphalttragschichten als Straßenbefestigung abzubauen. In den Gehwegen sind Betonplatten, Kleinpflaster und auch Asphalt zurückzubauen. Unter den Befestigungen sind frostsichere Tragschichten zu erwarten, die in der Regel aus kiesigen Sanden aufgeschüttet wurden. Im Untergrund folgen mindestens 4 m mächtig schwach kiesige und enggestufte Sande. Im November 2014 wurde Grundwasser bei ca. NHN +19 m eingemessen.

Für die Anpassung des neuen Fußweges zwischen der SÜ Höltingbaum und dem Glindenkamp nordwestlich der neuen Gleise der Strecke 1249 sind nah der SÜ bis 5,2 m unter GOK kiesige Sande und enggestufte Sande aufgeschlossen worden. Nah der Geländeoberfläche sind auch Holz und Ziegelreste im Boden zu finden. Im Aufschluss etwa bei km 50,140 wurden unter der 20 cm dicken sandigen Oberbodenschicht nicht tragfähiger 15 cm (wahrscheinlich) breiiger Wiesenkaalk und darunter bis 1,3 m unter GOK zersetzter Torf durchteuft. Darunter folgen wassergesättigte, enggestufte Sande und schluffige Sande. Weiter nördlich bis zum Anschluss an den Glindenkamp wurden ab GOK wieder aufgeschüttete bzw. gewachsene, schwach schluffige und enggestufte Sande bis mindestens 3 m unter GOK durchteuft. Auch hier sind Schlacke, Wurzel- und Ziegelreste in der Auffüllung zu finden. Wasser wurde außer im Aufschluss im höher gelegenen Glindenkamp zwischen 0,5 m und 0,8 m unter GOK eingemessen.

Für den Neubau des nach Norden zu verlegenden Glindenkamp mit Anbindung an den Dassauweg wurden im Wesentlichen enggestufte und schluffige Sande angetroffen. Die obere 0,10 m bis 0,30 m dicke Schicht (Oberboden) ist mit Wurzelresten durchsetzt. Auch einzelne Steine mit Kantenlänge bzw. Durchmesser zwischen 10 cm bis 15 cm, Tonscherben und Ziegelbruch sind im oberen Meter enthalten. Im Bereich des Geländetiefpunktes (Projektion auf die Strecke 1120: ca. km 49,100 bis km 49,025) wurde unter 30 cm Oberboden nicht tragfähiger, zersetzter Torf, zwischen 0,40 m und 1,2 m mächtig, erbohrt. Unter dem Torf stehen wieder tragfähige, enggestufte und schluffige Sande an. Die eingemessenen Grundwasseranschnitte variieren etwa zwischen den Koten NHN +32 m bis +36 m, sind aber nicht höher als 1,9 m unter Geländeoberfläche festgestellt worden.

Im geplanten Verlauf des Nornenweges wurde als Oberboden ein humoser, schwach schluffiger Sand zwischen 0,3 m und 1,2 m mächtig angetroffen. Auf der Ostseite der Strecke folgen unter den Auffüllungen enggestufte bis schluffige Sande in überwiegend lockerer Lagerung. Im Bereich der vorhandenen Wege auch mitteldicht gelagert. Darunter und auf der Westseite unter dem Oberboden folgen sandige Geschiebelehme in weicher, teils steifer Konsistenz und sandige Geschiebemergel in steifer bis halbfester Konsistenz. Im Geschiebemergel sind in unterschiedlicher Teufe und Mächtigkeit wasserführende Sand- und auch Kieslagen mit variierenden Schluffanteilen, mitteldicht gelagert, eingeschaltet. Grundwasseranschnitte wurden auf der Ost-

seite der Strecke 1120 in Höhe NHN +42,5 m und auf der Westseite in Höhe NHN +43,3 m. Dabei handelt es sich um Stauwasserhorizonte über schwach durchlässigem Geschiebemergel.

Für den Teil der Wege, die erst nach der Vorplanung neu trassiert werden mussten, wurden bisher keine Untersuchungen des Baugrundes durchgeführt. Diese werden nach abschließender Planung bei Erfordernis später nachgeholt. Das betrifft die Anbindung Sportplatz/ Scharbeutzer Straße, den Verbindungsweg zum Altrahlstedter Kamp, die Zufahrt Stellwerk Rahlstedt und Straßenanpassungen am ZOB Rahlstedt.

11.3 Bemessung der Tragschichten

Wie der Straßenaufbau in Hamburg zu bemessen ist, kann in der Entwurfsrichtlinie Nr. 1 Standardisierter Oberbau mit Asphaltdecken für Fahrbahnen, Ausgabe 2013, Fassung 06/14 (ER1) [U 24] nachgelesen werden. Als Bauweise für Fahrbahnen sind vom Planer in Abhängigkeit von der Beanspruchung der Straße abgeleiteten Belastungsklasse Asphaltdeckschichten in Verbindung mit Schottertragschichten oder Verfestigungen mit Zement zu wählen bzw. festzulegen.

In Abhängigkeit von der Tragfähigkeit und Frostempfindlichkeit der im Unterbau/Untergrund anstehenden Böden kann zusätzlich noch eine Frostschutzschicht erforderlich werden.

Für die Planung von Wegen ist die ER2 [U 25] bzw. die RLW [U 27] anzuwenden.

Unabhängig von der Belastungsklasse und dem Fahrbahnaufbau ist auf dem Planum für Straßen nach ER 1 immer ein Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Bei Wegeplanungen nach ER 2 bzw. RLW wird empfohlen, den Unterbau so zu verbessern, dass auf dem Planum wie bei Straßen ein Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden kann. Geringe Verformungsmoduli sind zwar zugelassen, erfordern dafür aber dickere Tragschichten. Da güteüberwachtes Tragschichtmaterial in der Regel kostenintensiver ist, wird diese Variante nicht untersucht.

Um den Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen, muss bei frostsicheren Sanden und Kiesen im Planum nah am optimalen Wassergehalt verdichtet werden. Wässern des Bodens vor den Verdichtungsübergängen kann insbesondere bei enggestuften Sanden dafür notwendig werden. Bei Geschiebeböden oder anderen bindigen Bodenarten im Planum sollte in der Planung möglichst eine Verbesserung mit hydraulischen Bindemitteln geplant werden, weil so Massentransporte und Entsorgungskosten minimiert werden können. Bindemittelart und -mengen sind rechtzeitig vor Baubeginn in Eignungsuntersuchungen festzulegen. Alternativ zur Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln kann auch ein Bodenaustausch der Geschiebeböden gegen grobkörnige Böden vorgesehen werden.

Die Dicke der Bodenaustauschschicht kann unter Verwendung des Diagramms Bild 5 abgeleitet werden. Bei weichen bis steifen Geschiebeböden ($I_c > 0,7$) sind 25 cm und bei noch weicheren ($I_c > 0,5 \dots 0,7$) sind 45 cm frostsichere Kiessandgemische ausreichend um nach Verdichtung ($D_{Pr} \geq 0,97$) den Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Der Bodenaustausch kann auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden.

11.4 Planung Unterbau/Untergrund

Liegt das Planum für die geplante Straßenbaumaßnahmen nah an oder über der Geländeoberfläche ist immer die Aufstandsfläche so herzurichten, dass auf dieser Fläche ein Verformungsmodul $E_{v2} = 30 \text{ kN/m}^2$ nachgewiesen wird. Dazu ist im Allgemeinen der Oberboden oder die vorhandene Oberflächenbefestigung abzutragen. Bei rolligen Böden (Sand, Kies) im Untergrund kann in der Regel der Verformungsmodul durch Verdichtung erreicht werden. Bei bindigen Böden (Geschiebelehm, -mergel, Beckenton, bindige Auffüllungen) ist der Verformungsmodul meist nur mit einer Bodenverbesserung durch Einmischen von hydraulischen Bindemitteln zwischen 3 - 6 Masse-% und einer Einfrästiefe zwischen 0,5 m bei sehr weichen Böden und 0,3 m bei weichen bis steifen Böden zu erreichen.

Stehen im Untergrund nicht tragfähige organische Böden (Torfe, Mudden, Wiesenkalk) an, wie z.B. im Bereich der SÜ Höltingbaum/EÜ Wandse und im Stellmoorer Tunneltal südlich der Nornenstraße, müssen diese in Abhängigkeit von der Nutzung und der Belastung des Verkehrsweges entweder ausgetauscht werden, oder bei größerer Schichtmächtigkeit können tiefgründige Verbesserungsmaßen geplant werden. Je nach der zur Verfügung stehender Bauzeit können z.B. vermörtelten Säulen für kürzere Bauzeiten zur Anwendung kommen oder es ist die Dränierung des Untergrundes mit im Raster einzubauenden Sand- oder Kunststoffdräns für längere Bauzeiten erforderlich. Erfahrungsgemäß sind Raster von 1,5 m x 1,5 m (für vermörtelte Säulen und Sanddräns) bei Durchmesser zwischen 45 cm und 60 cm oder 0,8 m x 0,8 m bei Verwendung von Kunststoffdräns ausreichend. Darüber ist mindestens eine Geogitterlage zu verlegen. Die Anforderungen an das Geogitter sind durch rechnerische Nachweise festzulegen, die erst in der weiteren Planung erbracht werden.

Auf der so hergerichteten Aufstandsfläche können bis in Höhe des Planums die Erdbauwerke in Lagen bis maximal 0,3 m geschüttet werden. In Abhängigkeit von den gewählten Böden für die Schüttung sind die Böschungsneigungen zu wählen. Für steile Böschungen mit der Neigung 1:1,5 sind in der Regel Kiese der Bodengruppen GW oder GI zu verwenden. Steilere als 1:1,5 geneigte Böschungen erfordern immer Zusatzmaßnahmen wie z.B. den Einbau von Geogitterlagen, Bewehrte-Erde-Konstruktionen oder Zumischung von hydraulischen Bindemitteln.

Bei Erfordernis steilerer Böschungen sind diese wegen der dafür notwendigen Bemessung mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

Für den Teil der Straßen und Wege, für den keine Untersuchungen des Baugrundes durchgeführt wurden, kann auf der sicheren Seite liegend unter dem Planum der Straße bzw. des Weges ein Bodenaustausch von i.M. 30 cm geplant werden.

11.5 Grundsätze zur Qualitätssicherung

Für die Schottertragschicht gelten die Materialanforderungen der entsprechenden Technischen Lieferbedingungen (TL¹¹) und die Anforderungen für die Herstellung der ZTV SoB [U 21]. Es wird empfohlen, für die Schotter- bzw. Kiestragschicht die Körnung 0/45 zu planen.

Während der Bauausführung ist die Eignung aller zum Bau vorgesehenen Mineralgemische zu prüfen.

Grundsätzlich sollte die Tragschicht bis max. 30 cm Schichtdicke (im verdichteten Zustand) in einer Lage eingebaut werden. Bei Dicken darüber sind 2 Lagen zu planen.

¹¹ Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004/Fassung 2007, TL SoB-StB 04

12 Kabeltiefbau

12.1 Allgemeines

Für die Planung des Kabeltiefbaus können die Baugrundverhältnisse aus den über den gesamten PFA 2 verteilten Aufschlüssen abgeleitet werden. Die Ergebnisse sind in Profilen in der Unterlage 18.5 dargestellt und abgelegt. Die Baugrundsichten können zwischen den Bohrprofilen interpoliert werden. Reicht die Erkundungstiefe für einzelne zu planende Anlagen nicht aus, müssen ggf. zusätzliche Untersuchungen ausgeführt werden. Damit muss in jedem Fall für tiefere Baugruben und größere Rohrvortriebe gerechnet werden.

12.2 Schächte

Werden Schächte zwischen bzw. nah am Gleis eingebaut, sind Baugruben mit senkrechten Wänden zu planen. In Abhängigkeit von der Tiefe sind die Verbauten statisch zu bemessen. Das Erfordernis dafür kann sinngemäß nach den Regelungen in Ril 836.4305, Abs. 2 und Bild 1 beurteilt werden. Für die Bemessung von Verbauten sind die für den Streckenabschnitt maßgebenden charakteristischen Bodenkennwerte (siehe Kapitel 5.7) anzusetzen.

12.3 Kabeltrassen

Bei der Planung der Kabeltrassen sind die Regelungen der Ril 836.4101, Abs. 6.2 zu beachten. Insbesondere in Einschnitten mit schwach durchlässigem Untergrund sollte statt der durchlässigen Bettungsschicht möglichst ein Dränelement verwendet werden, da sonst die Sohlen der Bahngräben ggf. tiefer zu legen sind.

Bei Kabelkanalanlagen, die bis an Eisenbahnüberführungen verlegt werden müssen, sind die Tiefpunkte des Kanals mehrere Meter weg vom Bauwerk zu planen. Dadurch wird sichergestellt, dass es bei temporärer Wasserführung infolge von Niederschlägen vor den Kammermauern der Eisenbahnüberführungen nicht zu Ausspülungen kommt.

12.4 Kabelquerungen

Kabelquerungen können in offener Baugrube oder als Rohrvortrieb geplant werden. Bei der Planung der Kabelquerungen sind die Grundsätze der Ril 836.4501 und die ATV Rohrvortriebsarbeiten (DIN 18319) zu beachten. Da die Lage der Querungen zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht festgelegt werden konnten, können hier nur allgemeingültige Aussagen und Empfehlungen formuliert werden, die spätestens bis zur Ausschreibung fortgeschrieben sein müssen.

Als erste Orientierung für die Baugrundverhältnisse an Querungsstandorten dienen die nächstgelegenen Baugrundprofile in den Baugrundlängsschnitten Unterlage 18.5.

Für den Einbau der Schächte bzw. an Start und Zielgruben sind die Baugruben zu verbauen. Für Verbauten sollten möglichst Kanaldielen oder Elementverbauten verwendet werden. Bohlträgerverbauten sind möglichst nicht zu planen. Zur Verformungsbeschränkung sind in Abhängigkeit von der Größe der Baugruben ggf. Aussteifungen anzuordnen.

Lassen es die betrieblichen Baufreiheiten zu, sind Querungen vorzugsweise in offenen Gräben herzustellen. Wenn die Grabensohlen in den schwach durchlässigen Geschiebeböden bzw. in Schluffen oder Tonen liegen, sollen unmittelbar nach dem Aushub die Rohre verlegt und verfüllt werden. Andernfalls muss temporär mit Stauwasser und Aufweichungen auf diesen Böden gerechnet werden.

Bei der Planung von Querungen in Erdbauwerken sind die Grundsätze und Regelungen der Ril 836.45xx zu beachten.

13 Sonstiges

13.1 Bautechnische Hinweise

Die Geschiebeböden, angetroffen als leicht plastische Tone und schluffige und tonige Sande der Bodengruppen SU*, ST* und TL, neigen bei Wasserzutritt schnell zum Aufweichen. Bauzeitliche Planien sind vor Vernässung entsprechend zu schützen. Der Abtrag auf Endtiefe soll bautechnologisch erst erfolgen, wenn durch die örtliche Bauüberwachung unmittelbar nach Abnahme bzw. Freigabe zur Überschüttung der Einbau auch gesichert ist.

Ist das Befahren des Planums mit schweren Transportfahrzeugen unvermeidbar, ist ein $E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum erforderlich, damit keine Schädigung des Planums eintreten kann (z.B. tiefe Spurrillen). Bei aufweichungsgefährdeten Böden - wie den Geschiebeböden - ist zur Aufrechterhaltung des Baubetriebes eine Bodenverbesserung des Planums mit hydraulischen Bindemitteln sinnvoll, um die Tragfähigkeit des Planums auch nach Niederschlägen zu gewährleisten.

Die Baugrubensohlen im Sand insbesondere für flach gegründete Bauwerke sind vor dem Überbauen intensiv mit mittelschweren Verdichterplatten mit mindestens 5 Übergängen zu verdichten. Bindige Böden unterhalb der Baugrubensohle sind grundsätzlich statisch zu verdichten. Werden bindige Böden doch mit Vibrationsgeräten verdichtet, sollte zwischen letzter Verdichtung und Abnahmen eine Zeit von wenigstens 4 Stunden eingehalten werden.

Auch Auflockerungen bzw. Verformungen der Aushubebenen durch Befahren mit Baufahrzeugen bzw. Bearbeiten mit Baugeräten müssen beseitigt werden.

Die Feststellung nichttragfähiger Böden ist vor deren Austausch durch die Bauüberwachung des AG zu bestätigen.

Bei der Beräumung des Baumbewuchses von Böschungen ist zu beachten, dass Baumwurzeln nur gerodet werden dürfen, wenn die Standsicherheit der Erdbauwerke nicht gefährdet wird. Baumwurzeln aus Böschungen an Erdbauwerken, die durch Verkehr oder bauliche Anlagen belastet werden, sollen nur mit Kegelfräse beseitigt werden.

13.2 Ergänzende Baugrunduntersuchungen

Die punktuell vorliegenden Aufschlussergebnisse geben zusammen mit den Bestandsunterlagen einen Überblick über die zu erwartenden Böden. Da zum Zeitpunkt der Ausschreibung als Grundlage der ersten Bohrkampagne nur die Vorplanungsunterlagen [U 2] herangezogen werden konnten, müssen für die vertiefte Planung und rechtzeitig vor der Ausschreibung weitere Feld- und Laborarbeiten durchgeführt werden. Ziel dieser Untersuchungen ist es, statt der flächigen Erkundung das Erkundungsraster dort zu verengen, wo es zu wenige oder nicht ausrei-

chend tiefe Aufschlüsse für eine belastbare Planung der Endzustände einschließlich der Bauzustände gibt. Ferner müssen dabei die geotechnischen Grundlagen für die Planung der Bauzustände (z.B. Baugrubenverankerungen, Hilfsbrückengründungen, Verbauwände) geschaffen werden.

Ebenso werden zusätzliche Erkundungen an Signalstandorten notwendig, wenn dafür Signalausleger oder Signalbrücken geplant werden.

Können in der zweiten Bohrkampagne die bahnbetrieblichen Baufreiheiten durch Gewährung von längeren zusammenhängenden Sperrpausen nicht wesentlich verbessert werden, wird das Baugrundrisiko durch unzureichende Aufschlusstiefen nicht weiter vermindert und so in die Ausführungsphase verlagert.

Anhang 1, Seite 1 von 2

SÜ Holstenhofweg, km 56,327 (Strecke 1120)

Aufschlüsse:

BS HH 465/DPH HH 219, B HH 32/CPT HH 32, BS HH 463/DPH HH 271, BS HH 466/DPH HH 220, BS HH 464/DPH HH 218, CPT HH 31 (siehe Unterlage 18.5.63)

Morphologie, Geologie, Baugrund:

Bahnkörper liegt im tiefen Einschnitt, Böschungen mit dichtem Strauch- und Baumbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +17,50 m. Geländeneiveau ca. NHN +24 m. Gewerbe- und Wohnbebauung liegen in Bauwerksnähe. Der Holstenhofweg quert in Dammlage das Gelände. Als Dammauffüllungen (bis 4,6 m erkundet) wurden vorwiegend Sande aufgeschossen. Im Einschnitt stehen unter dem Gelände quartäre Geschiebemergel und Sand in Wechsellagerung an. Der meist stark sandige Geschiebemergel weist überwiegend steife bis halbfeste, lokal auch weiche Konsistenz auf. Im Geschiebemergel sind dünne bis mehrere Meter mächtige, meist wasserführende Sandlagen aber auch Beckenschlufflagen ohne plastische Eigenschaften eingeschaltet. Unterhalb NHN +9 m folgen bis zur Endteufe von 30 m bzw. NHN -5,81 m überwiegend enggestufte Sande mit eingeschalteten Schlufflagen.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,md	Auffüllung (Sand, schwach schluffig, schwach kiesig; Sand, stark schluffig; oben schwach humos; Kies und Tragschichten der Verkehrswege)	mitteldicht	[SE, SU, OH, SU*, GE]
A,lo		locker	
Mg,st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig mit Sandlagen, Schlufflagen	steif (lokal weich)	ST*/TL, in Lagen SE, SU, U
S,md	Feinsand, mittelsandig; Mittelsand, grobsandig, Grobsand, feinkiesig, Feinsand schluffig ohne plastische Eigenschaften	mitteldicht	SE, SU, SU* in Lagen U, UL
S,d		dicht	

Grundwasser:

Anschnitt	gespannt; NHN +16,56 m - NHN +10,09 m (2014 - 2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +17,0 m (Stauwasser)	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit (B HH 30)	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul E _{s,k} [MN/m ²]
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ _k [kN/m ³]	γ' _k [kN/m ³]	φ' _k [°]	c' _k / c _{u,k} ¹⁾ [kN/m ²]	
A,lo	17,0	9,0	30,0	0/0	10
A,md	18,0	10,0	30,0	1/0	25
Mg,st	20,0	10,5	30,0	10/60	20
S,md	17,5	10,5	32,5	0/0	30
S,d	18,0	11,0	35,0	0/0	60

Anhang 1, Seite 2 von 2

Gründungsempfehlung / Sonstige Hinweise:	
Widerlager u. Pfeiler	Pfahlgründung mit Pfahlspitzen im S,d
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand. Rückverankerung vorzugsweise mit Totmannkonstruktion; landseitige Baugrubenseiten können unter Beachtung der DIN 4124 auch geböscht werden.
Hilfsbrückengründung:	Nach Vorplanung nicht geplant
Wasserhaltung:	offene Wasserhaltung notwendig
Hinweise:	<ul style="list-style-type: none"> Die folgenden Bemessungswerte gelten für den gewachsenen Baugrund. Werden die im Grundrissbereich der neuen Gründungen liegenden Pfähle der Bestandsgründungen gezogen, müssen tiefgründige Baugrundverbesserungen geplant und die Bemessungswerte angepasst werden! Die folgenden Bemessungswerte gelten nicht für an die Widerlager anschließende Stützwände. Für die anschließenden Stützwände werden zur Vermeidung von Erschütterungen und wegen der Erschütterungsempfindlichkeit der aufgefüllten locker gelagerten Sande Bohrpfahlwände empfohlen.

Bemessungswerte für Stahlprofilträger (für Verbauten, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten EA Pfähle)				
Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung ³⁾ $q_{s,k}$ [kN/m ²]		Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
	s_{sg}	$s_{sg}=s_g=0,1D$		
GOK bis +21,0 (A,md)	65	95	-	25/D _{eq}
+21,0 bis +17,0 (A,lo)	20	20	-	10/D _{eq}
+17,0 bis +15,0 (Mg,st)	30	35	-	20/D _{eq}
+15,0 bis +13,5 (S,md)	65	95	-	30/D _{eq}
+13,5 bis +9,0 (Mg,st)	30	35	-	20/D _{eq}
+9,0 bis -5,8 (S,d)	75	110	4,25/8,175	60/D _{eq}

¹⁾ In Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung $s/D_{eq} = 0,035 / 0,1$
²⁾ D_{eq} = Pfahldurchmesser, für $D_{eq} > 1$ ist $D_{eq} = 1$ zu setzen
³⁾ $q_{s,k}$ muss noch mit profilabhängigen Modellfaktoren nach EA Pfähle, Tabelle 5.5 multipliziert werden.

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle) (für WL- und Pfeilergründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
Mg,st	+17,0 bis +15,0	50	-	20/D _s
S,md	+15,0 bis +13,5	105	-	30/D _s
Mg,st	+13,5 bis +9,0	40	-	20/D _s
S,d	+9,0 bis -5,8	120	1,4 / 1,8 / 3,5	60/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden → S,d einbinden.

Hinweise: Wegen der stark variierenden Baugrundsichtung- und -festigkeit sind zusätzliche Aufschlüsse und - unabhängig von der Pfahlart - Pfahlprobelastungen vor der Bauausführung zu empfehlen!

Anhang 2, Seite 1 von 3

EÜ FU Rahlau, km 55,332 (Strecke 1120)

Aufschlüsse:

B HH 29, CPT HH 29, BS HH 419/DPH HH 197, SCH HH 64, BS HH 418/DPH HH 196,
B HH 30, CPT HH 30 (siehe Unterlage 18.5.64)

Morphologie, Geologie, Baugrund:

Bahnkörper in Dammlage, Böschungen mit Gras und z.T. dichtem Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +17,70 m. Geländeneiveau NHN + 14,2 m bahnrechts und 14,4 m bahnlinks. Rahlau quert rechtwinklig die Strecke und verläuft weiter südlich parallel der Strecke Richtung Bf Rahlau, zwischen Rahlau und Damm liegt der Fußweg; Unter den weichen bindigen und sandigen Dammauffüllungen wurde lokal holozäner Torf (0,5 m mächtig) und holozäne und pleistozäne Sande mit Einschaltungen schluffiger Sande durchteuft. Die Endteufe bzw. Mächtigkeit der Sande lag in den Bohrungen bei 25 m bzw. rd. NHN -11 m.

Baugrund/Bemessungsprofil:

Schicht	Kote [NHN ± m]	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A/A,lo	GOK bis +15,75	Schotter, Auffüllung (Sand, kiesig, schluffig, oben schwach humos)	locker	[SE, SU, OH] A
A, we	+15,7 bis +13,2	Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig bis Feinsand, stark schluffig	weich	[SU*, ST*]
S,lo	GOK Weg bis +7,0	Mittelsand, feinsandig, zum Teil schwach kiesig, mit Grobsand und Kieslagen sowie schwach kiesig schluffigen Sandlagen. Am Dammfuß nah der Rahlau Torflagen.	locker	SE, in Lagen GE, HZ, SU*
S,md	+7,0 bis 0,0	Fein- und Mittelsande z.T. schluffig mit Geschiebemergellagen (40 cm) und Schlufflagen (10 cm)	mitteldicht	SE, SU
S,d	0,0 bis -11,3	Mittelsand, kiesig, Mittelsand, grobsandig, kiesig, Grobsand, feinkiesig, Kies, steinig mit Gerölllagen, z.T. schwach schluffig bis schluffiger Sand	dicht	SE, SU, in Lagen GW, SU*

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +13,23 m - NHN +11,94 m (2014 - 2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +13,8 m	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit (B HH 30)	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 2, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion $c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]			
A/Alo	17,0	10,0	30,0	0/0	10
A,we	17,0	9,0	25,0	5/25	5
S,lo	17,0	10,0	30,0	0/0	15
S,md	17,5	10,5	32,5	0/0	30
S,d	18,0	11,0	35,0	0/0	60

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Sonstige Hinweise:	
Rahmen	Flächengründung unterhalb Kote NHN +12 m im S,md
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand. Rückverankerung mit Verpressankern erforderlich; Verpresskörper sind im S,md absetzen.
Hilfsbrückengründung:	Tiefgründung auf Stahlprofilträgern, z.B. in Spundwand als Kastenpfahl integrieren:  Alternativ Flachgründung auf Fertigteilfundamenten hinter der Spundwand
Wasserhaltung:	GWA mit Kleinfiterbrunnen notwendig, Anordnung innerhalb der Spundwandbaugrube. Temporäre Umverlegung der Rahlau notwendig z.B. durch Verrohrung und Verlegung nah an der südwestlichen Baugrubenwand, Einbau von Fangedämmen im Gewässerprofil und Abdichtung der angeströmten Böschung.
Hinweise:	<ul style="list-style-type: none"> Im Bereich der Bauwerksverbreiterung ist der Baugrund gegenüber dem Bestand nicht konsolidiert, deshalb ist eine tiefenwirksame Verdichtung auf diesen Teilflächen sinnvoll. Die Setzungen des Rahmenbauwerkes klingen innerhalb der Bauzeit ab. Der Torf im Hinterfüllbereich ist vollständig auszutauschen

Bemessungswerte für Stahlprofilträger (für Hilfsbrückengründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten EA Pfähle)				
Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung ³⁾ $q_{s,k}$ [kN/m ²]		Pfahlspitzendruck ^{1) 3)} $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungsziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
	s_{sg}	$s_{sg}=s_g=0,1D$		
GOK _{Damm} bis +15,75 (A,lo)	0	0	-	-
+15,7 bis +13,2 (A,we)	0	0	-	
GOK _{Weg} bis +7,0 (S,lo)	30	40	-	
+7,0 bis 0,0 (S,md)	65	95	4,0/7,6	30/D _{eq}
0,0 bis -9,8 (S,d)	85	125	4,5/8,75	60/D _{eq}

¹⁾ In Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfssetzung $s/D_{eq} = 0,035 / 0,1$
²⁾ D_{eq} = Pfahldurchmesser, für $D_{eq} > 1$ ist $D_{eq} = 1$ zu setzen
³⁾ **Bemessungswerte müssen noch mit profilabhängigen Modellfaktoren nach EA Pfähle, Tabelle 5.5 multipliziert werden.**

Anhang 2, Seite 3 von 3

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte ¹⁾ $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Rahmen)					
	kN/m ² <i>b bzw. b'</i>					
m	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50	168	252	276	234	210	186
1,00	228	312	300	258	228	204
1,50	288	372	330	288	246	216
2,00	336	420	354	300	258	234

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.
¹⁾ Tabellenwerte sind gegenüber EC7, Tabelle A6.1 wegen des Grundwasserabstandes in Bezug zur Fundamentsohle um 40 % reduziert

Anhang 3, Seite 1 von 3

EÜ Tonndorfer Hauptstraße, km 54,801 (Strecke 1120)

Aufschlüsse:

BS HH 395/DPH HH 185, B HH 28/CPT HH 28, BS HH 393/DPH HH 183,
BS HH 394/DPH HH 184, B HH 27, CPT HH 27c, (siehe Unterlage 18.5.65) und diverse Altaufschlüsse

Morphologie, Baugrundbeschreibung:

Bahnkörper liegt annähernd in geländegleicher Lage. Straße kreuzt die Strecke in wasserdichtem Trog. Böschungen mit dichtem Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +19,52 m. Ebene Flächen zeigen nur Grasbewuchs. Geländeniveau zwischen ca. NHN +18 bis +19 m. Gewerbe- und Wohnbebauung liegen in Bauwerksnähe.

Unter der Geländeoberfläche wurden je nach Lage zu Bauwerken bis 2,0 m mächtige, locker bis mitteldicht gelagerte Auffüllungen (Sand, kiesig, mit Steinen, oben humos und Wurzelreste, lokal auch Ziegelbruch, Holz und Betonreste) durchteuft. Darunter folgen anstehende, locker bis mitteldicht gelagerte, enggestufte und schwach schluffige Sande etwa 8 m bis 10,5 m mächtig mit eingeschalteten Kieslagen, steife bis halbfeste Geschiebemergel von 4,2 m bis 10 m Mächtigkeit mit nach Nordwesten abfallender Schichtgrenze und weiter bis zur Endteufe von 30 m bzw. NHN -11,73 m wahrscheinlich dicht gelagerte Sande, in die Beckenschlufflagen von wenigen Zentimetern bis zu Dezimetern und Gerölllagen eingeschaltet sind. Druck- und Rammsondierungen mussten wegen Steinhindernissen vorzeitig abgebrochen werden.

Baugrundmodell:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo/md	Auffüllung (Sand, schwach kiesig bis kiesig, z.T. Steine, Schotter, oben schwach humos, Wurzelreste)	locker/ mitteldicht	[SE, SU, OH], A
S,lo/md	Mittelsand, feinsandig, schwach kiesig, Mittelsand, grobsandig und Grobsand, kiesig, in Lagen auch schwach schluffig, Kieslagen	WL West: mitteldicht WL Ost: locker	SE, SU
S,d		dicht	SE, SU, in Lagen GE, GI
Mg,st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig bis tonig, schwach kiesig lokal mit dünnen wasser-gefüllten Sandlagen, Gerölllagen	steif bis halbfest	ST*/TL, in Lagen SE, X
S,d	Mittelsand, feinsandig bis grobsandig, z.T. schwach schluffig, schwach kiesig mit Beckenschlufflagen, Gerölllagen, bereichsweise in enger Wechsellage	dicht	SE, in Lagen SU*, UL, X

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +15,25 m - NHN +9,82 m (1990 - 2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +15,7 m (aus Altgutachten)	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit (B HH 30)	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 3, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]			
A,lo/md	17,5	9,5	30,0	0/0	20
S,lo	17,0	9,0	30,0	0/0	15
S,md	17,5	10,5	32,5	0/0	30
S,d	18,0	11,0	35,0	0/0	60
Mg,st	21,0	11,0	30,0	10/60-100	30

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\phi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Widerlager u. Flügel	Pfahlgründung mit Pfahlspitzen unter der Kote NHN +8,5 m im S,d, Mg,st oder S,md
Baugruben:	Baugrubenseiten zum Bestandsbauwerk mit Gleislängsverbau vorzugsweise als Spundwand planen. Übrige Baugrubenwände können ggf. geböschert hergestellt werden.
Hilfsbrückengründung:	Nach Vorplanung nicht vorgesehen.
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der Baugrube. Widerlagerbaugrubensohlen liegen zeitweise nah der Grundwasseroberfläche oder darunter.

Bemessungswerte für Stahlspundwand (für Verbauten beim Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit aus Erfahrungswerten EAU ¹⁾ bzw. EA Pfähle ²⁾)		
Kote [NHN ± m]	Mantelreibung im Bruchzustand $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Spitzenwiderstand im Bruchzustand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
GOK bis +16,0 (A,lo-md)	-	-
+16,0 bis +10,5 (S,lo-md)	20 ¹⁾	-
+10,5 bis +8,5 (S,d)	50 ¹⁾	20 ¹⁾
+8,5 bis -1,0 (Mg,st)	20 ²⁾	0,6 ²⁾
-1,0 bis -11,8 (S,d)	50 ¹⁾	20 ¹⁾

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle) (für WL- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
A,lo-md	GOK bis +16,0	50	-	20/D _s
S,lo-md	+16,0 bis +10,5	55	-	30/D _s
S,d	+10,5 bis +8,5	130	-	50/D _s
Mg,st	+8,5 bis -1,0	40	0,35 / 0,45 / 0,8	30/D _s
S,d	-1,0 bis -11,8	130	1,75 / 2,25 / 4,0	60/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ $D_s =$ Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +8,5 m im Mg,st oder S,d.

Anhang 3, Seite 3 von 3**Hinweise:**

- Der volle Pfahlsitzendruck für Pfahlsitzen von Bohrpählen im unteren S,d kann nur bei Einbindung von 2,5 m in dieser Schicht angesetzt werden.
- Das Bodenaufleger des Spundwandverbaus kann unter Ansatz der horizontalen Bettung nachgewiesen werden. Hinweise dazu enthält die 5. Auflage der EAB
- Ob die Baugrubenseiten, die zum Straßentrog zeigen, geböschet werden können, muss in den Bestandsunterlagen geprüft werden.

Anhang 4, Seite 1 von 2
EÜ Sonnenweg, km 54,448 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

 B HH 26/CPT HH 26, BS HH 383, BS HH 384/DPH HH 179, B HH 25/CPT HH 25,
 BS HH 382/DPH HH 178 (siehe Unterlage 18.5.66) und Altaufschlüsse

Morphologie, Geologie, Baugrund:

Bahnkörper liegt annähernd in geländegleicher Lage. Straße kreuzt die Strecke in wasserdichtem Trog. Böschungen mit dichtem Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +19,87 m. Geländeneiveau zwischen ca. NHN +18,6 bis NHN +20 m. Gewerbebebauung liegt südlich der Fußgängerbrücke in Bauwerksnähe. Unter der Geländeoberfläche wurden bis 1,6 m mächtige, locker bis mitteldicht gelagerte Auffüllungen (Sand, kiesig, Schotter, oben humos, Wurzelreste, und Kies, Sand, Steine) durchteuft. Darunter folgen anstehende, mitteldicht gelagerte, enggestufte Sande etwa 4,8 m bis 6,5 m mächtig, steife bis halbfeste Geschiebemergel von rd. 10 m Mächtigkeit und bis zur Endteufe von 30 m bzw. NHN -10,78 m dicht gelagerte Sande, in die Beckenschlufflagen von wenigen Zentimetern bis zu 70 cm eingeschaltet sind.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,md	Auffüllung (Sand, schwach kiesig bis kiesig, z. Steine, Schotter, oben schwach humos)	mitteldicht	[SE, SU, OH], A
S,md	Mittelsand, feinsandig, schwach kiesig, Mittelsand, grobsandig, in Lagen auch schwach schluffig	mitteldicht	SE, SU
Mg,st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig bis tonig, schwach kiesig mit dünnen wassergefüllten Sandlagen, Gerölle	steif bis halbfest	ST*/TL, in Lagen SE
S,d	Mittelsand, feinsandig bis Grobsand, stark kiesig mit Beckenschlufflagen	dicht	SE, in Lagen UL

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +14,37 m - NHN +15,66 m (1990 - 2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +16,7 m (aus Altgutachten)	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit (B HH 30)	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,md	18,0	10,0	30,0	0/0	20
S,lo	17,0	9,0	30,0	0/0	15
S,md	17,5	10,5	32,5	0/0	30
S,d	18,0	11,0	35,0	0/0	80
Mg,st	21,0	11,0	30,0	10/60-100	30

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Anhang 4, Seite 2 von 2

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Widerlager u. Flügel	Pfahlgründung mit Pfahlspitzen im Mg,st oder S,md
Baugruben:	Baugrubenseiten zum Bestandsbauwerk mit Gleislängsverbau vorzugsweise als Spundwand planen. Übrige Baugrubenwände können ggf. geböscht hergestellt werden.
Hilfsbrückengründung:	Nach Vorplanung nicht vorgesehen
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der Baugrube. Widerlagerbaugruben liegen nah der Grundwasseroberfläche.

Bemessungswerte für Stahlspundwand (für Verbauten beim Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit aus Erfahrungswerten EAU ¹⁾ bzw. EA Pfähle ²⁾)		
Kote [NHN ± m]	Mantelreibung im Bruchzustand $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Spitzenwiderstand im Bruchzustand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
GOK bis +16,0 (S,lo)	-	-
+16,0 bis +12,7 (S,md)	40 ¹⁾	15 ¹⁾
+12,7 bis +2,0 (Mg,st)	20 ²⁾	0,6 ²⁾
+2,0 bis -10,5 (S,d)	50 ¹⁾	20 ¹⁾

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle) (für WL- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
S,md	+16,0 bis +12,7	105	-	30/D _s
Mg,st	+12,7 bis +2,0	40	0,35 / 0,45 / 0,8	30/D _s
S,d	+2,0 bis -10,5	130	1,75 / 2,25 / 4,0	80/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +10 m im Mg,st oder S,d.

Hinweise:
<ul style="list-style-type: none"> • Der volle Pfahlspitzen- druck für Pfahlspitzen von Bohrpfählen im S,d kann nur bei Einbindung von 2,5 m in dieser Schicht angesetzt werden. • Das Bodenauflager des Spundwandverbau kann unter Ansatz der horizontalen Bettung nachgewiesen werden. Hinweise dazu enthält die 5. Auflage der EAB • Ob die Baugrubenseiten, die zum Straßentrog zeigen, geböscht werden können, muss in den Bestandsunterlagen geprüft werden.

Anhang 5, Seite 1 von 3
EÜ (F) Hp Am Pulverhof, km 53,371 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

BS HH 346, BS HH 340/DPH HH 159, BS HH 341, B HH 24/CPT HH 24, BS HH 342 (siehe Unterlage 18.5.67)

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper liegt annähernd in geländegleicher Lage. Straße mit Asphaltoberbau kreuzt die Strecke auf einem Bahnübergang, der mit Betonplatten ausgelegt ist. Am BÜ vereinzelt Strauch- und Baumbewuchs. Geländeniveau zwischen ca. NHN +21,0 bis NHN +21,3 m. Gewerbebebauung liegt östlich und Wohnbebauung westlich der Straße. Neben den Tragschichten der Straße und der Strecke 1120 wurden unter der 0,8 m bis 1 m mächtigen humosen Sandschicht bis 1,2 m mächtige, locker bis mitteldicht gelagerte Auffüllungen (Sand, schwach kiesig, z.T. schwach schluffig, lokal mit Schotter und Bauschutt durchsetzt) angetroffen. Darunter folgen quartäre, locker bis mitteldicht gelagerte, enggestufte und auch Sande mit Schluffanteilen < 10 % in einer Mächtigkeit von 3 - 4 m, die bis zur Endteufe von 20 m (NHN +1,17 m) von stark sandigem Geschiebemergel unterlagert werden. Der Geschiebemergel, in dem dünnen Sandstreifen eingeschaltet sind, nimmt von weicher Konsistenz über die Tiefe zunehmend steife bis halbfeste Konsistenz an.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo-md	Auffüllung (Sand, schwach kiesig bis schwach schluffig, Kies, oben schwach humos) z. T. Steine, Schotter, Wurzelreste, Bauschutt, Tragschichten des Oberbaus	locker - mitteldicht	[SU, OH], A
S,lo-md	Mittel- und Feinsande, mit variierenden Grobsand-, Kies- und Schluffanteilen	locker - mitteldicht	SE, SU (SU* _{o,p})
Mg,st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig sehr schwach kiesig mit dünnen wassergefüllten Sandlagen, Gerölle	(weich) steif	ST* in Lagen SE

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +17,37 m - NHN +18,21 m (01-02 2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +18,5 m	
Betonaggressivität	schwach angreifend (Annahme)	
Korrosionswahrscheinlichkeit (Annahme!)	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	gering

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	
A,lo-md	17,5	10,0	30,0	0/0	20
S,lo-md	17,5	10,5	32,5	0/0	15
Mg,st	21,0	11,0	30,0	10/60-80	40

 1) Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\phi_{u,k} = 0$

Anhang 5, Seite 2 von 3

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Trogbauwerk:	Flächengründung im S,lo-md oder auf bzw. im Mg,st
Rampen:	Flächengründung nach tiefenwirksamer Untergrundverdichtung
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand, die ausreichend tief in den Geschiebemergel einbindet. Bei Bedarf Rückverankerung mit Verpressankern erforderlich; Verpresskörper sind im Mg,st abzusetzen.
Hilfsbrückengründung:	Tiefgründung auf Stahlprofilträgern, z.B. in Spundwand als Kastenpfahl integrieren:  Alternativ Flachgründung auf Fertigteilfundamenten hinter der Spundwand mit höhenverstellbaren Lagern.
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der Baugrube. Pumpensäümpfe vorlaufend zum Bodenabtrag einbauen und bei Wasserandrang betreiben. In Abhängigkeit von der Lage der Baugrubensohle wirkt der anstehende Sand als Flächendränage oder muss eine Sandschicht als solche eingebaut werden. Bei den für Fußgängerunterführungen üblichen Konstruktionshöhen liegt die Rahmenbaugrube mindestens temporär unter der Grundwasseroberfläche.

Bemessungswerte für Stahlprofilträger (für Hilfsbrückengründung und Verbauten aus offenen Stahlspundwandprofilen, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten EA Pfähle)				
Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung ³⁾ $q_{s,k}$ [kN/m ²]		Pfahlspitzendruck ^{1) 3)} $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungsziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
	s_{sg}	$s_{sg}=s_g=0,1D$		
GOK bis +20,15 (A,lo-md)	-	-	-	-
+20,15 bis 17,0 (S,lo-md)	30	40	-	15/ D_{eq}
+17,0 bis +1,2 (Mg,st)	30	35	0,35/0,6	40/ D_{eq}

¹⁾ In Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung $s/D_{eq} = 0,035 / 0,1$
²⁾ D_{eq} = Pfahldurchmesser, für $D_{eq} > 1$ ist $D_{eq} = 1$ zu setzen
³⁾ **Bemessungswerte müssen noch mit profilabhängigen Modellfaktoren nach EA Pfähle, Tabelle 5.5 multipliziert werden.**

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Rahmen)		
	kN/m ² b bzw. b'		
m	steif	halbfest	fest
0,50	210	310	460
1,00	250	390	530
1,50	310	460	620
2,00	350	520	700

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.
Die Anwendung der Zu- oder Abschläge auf die Bemessungswerte nach EC7 A 6.10.3.2 und A 6.10.3.3 sind zu prüfen.

Anhang 5, Seite 3 von 3**Hinweise:**

- Wegen der zu erwartenden Einbindung des Rahmens und der Rampenbauwerke in das Grundwasser ist ggf. die Auftriebssicherheit nachzuweisen.
- Unter Berücksichtigung der Aushubentlastung und des Zeitsetzungsverhaltens ist mit zu vernachlässigenden Setzungen zu rechnen, die meist während der Bauzeit abklingen. Rest- bzw. Sekundärsetzungen werden in der Größenordnung < 1 cm auftreten.
- Wegen der Lage der Rahmensohle zur Grundwasseroberfläche ist die Grundbruchssicherheit rechnerisch nachzuweisen.
- Das Bodenauflager des Spundwandverbaus kann unter Ansatz der horizontalen Bettung nachgewiesen werden. Hinweise dazu enthält die 5. Auflage der EAB

Anhang 6, Seite 1 von 3
EÜ Tonndorfer Weg, km 53,308 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

B HH 23/CPT HH 23, BS HH 320/DPH HH 148, B HH 22BS/CPT HH 22DPH (siehe Unterlage 18.5.68) und Altaufschlüsse

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper etwa in geländegleicher Lage, Geländeniveau auf ca. NHN + 22-24 m. Bauwerk unterführt im Einschnitt, tiefster Punkt ca. NHN +18 m. Einschnittböschungen mit Strauch- und Baumbewuchs. SO₁₁₂₀ ca. NHN +23,24 m. Wandse kreuzt die Strecke im Abstand von ca. 15 m. Unter der 0,2 m bis 0,6 m mächtigen durchwurzelteten Mutterbodenschicht wurden locker gelagerte, schwach schluffige bis schluffige aufgeschüttete Sande anfangs ohne plastische Eigenschaften aber auch in weicher bis steifer Konsistenz angetroffen. In den Bauwerkshinterfüllungen sind wahrscheinlich grobkörnige Böden eingebaut worden. Mit Steinen und Betonresten muss gerechnet werden. Die Mächtigkeit der Auffüllungen variiert zwischen wenigen Dezimetern bis zu 4,5 m. Darunter folgen etwa bis zur Kote NHN +16 m unregelmäßig geschichtet weiche tonig sandige Schluffe (Geschiebelehm/ -mergel), feinsandige Schluffe (Beckenschluff) und schwach kiesig schluffige Sande mit einzelnen Steinen. Bis zur Endteufe von max. 25 m (NHN -0,8 m) ist Geschiebemergel anfangs in steifer Konsistenz aufgeschlossen worden. Ab 20 m Bohrteufe (NHN +4,2 m) sind Aufweichungen des Geschiebemergels durch wasserführende Sandbänderungen zu beobachten.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A _{lo} / A _{we}	Auffüllung (Sand, schwach kiesig bis schwach schluffig, Kies, oben schwach humos) z. T. Steine, Schotter, Wurzelreste, Tragschichten des Oberbaus	locker / weich bis steif	[OH, SU, SU*], A
Lg _{we} / S _{lo}	Schluff, sandig, tonig; Mittel- und Feinsande, mit variierenden Grobsand-, Kies- und Schluffanteilen, einzelne Steine	weich / locker - mitteldicht	SE, SU, SU* _{o.p.} , ST*, TL, UL
Mg _{st}	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig schwach kiesig und Ton, stark sandig, schluffig, Gerölle	steif, teils halbfest	ST*, TL in Lagen SE, SU, X
Mg _{we-st}	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, mit dünnen wassergefüllten Sandlagen	weich - steif	ST*, TL

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +16,86 m - NHN +18,80 m (1992 - 2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +18,7 m (wie Bestandsbauwerk)	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering

Anhang 6, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_{k} [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,lo / A,we	18,0	10,0	30,0	0/25	15
Lg,we / S,lo	20,0	10,0	30,0	5/25	15
Mg,st	21,0	11,0	32,5	10/60-80	40
Mg,we	20,0	10,0	30,0	5/25	25

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Trogbauwerk:	Flächengründung im S,lo-md oder auf Mg,st; Unter Berücksichtigung der oberen inhomogenen Baugrundsichtung und der geneigten Baugrubensohle ist mit ungleichmäßigen Setzungen zu rechnen. Sollte ein wasserdichter Anschluss des neuen Rahmens an den Bestand geplant werden, ist ein Bodenaustausch gegen ein Kiessandgemisch bis auf den steifen Geschiebemergel einzuplanen (bis ca. NHN +16 m). Alternativ kann der Rahmen auch auf Pfählen gegründet werden.
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand, die ausreichend tief in den Geschiebemergel einbindet. Rückverankerung des bahnlinken Gleislängsverbaus vorzugsweise mit Totmannkonstruktion erforderlich.
Hilfsbrücken Gründung:	nach Vorplanung nicht erforderlich
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der Baugrube vorhalten und bei Wasserandrang betreiben. Bei geneigter Baugrube sind Pumpensümpfe nahe des Bestandsbauwerkes anzulegen. Auf der Baugrubengrundrissfläche ist ein gut durchlässiges Kiespolster von rd. 0,5 m als Flächendränage einzubauen. Die Baugrube liegt am Tiefpunkt nur temporär unter der Grundwasseroberfläche.

Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Rahmen)
Wegen der geneigten Gründungsfläche und der inhomogenen oberen Baugrundsichten ist ein vereinfachter Nachweis für die Grenzzustände Grundbruch und Gleiten sowie der Gebrauchstauglichkeit durch Anwendung von Tabellenwerten gemäß EC7, A 6.10 nicht zulässig.

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle) (für Rahmen- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
Lg,we / S,lo	+18,0 bis +16,0	40	-	15/D _s
Mg,st	+16,0 bis +4,8	40	0,35 / 0,45 / 0,8	40/D _s
Mg,we	+4,8 bis -0,8	20	-	25/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ $D_s =$ Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +16,0 m im Mg,st aber nicht tiefer als NHN +7,8 m.

Anhang 6, Seite 3 von 3

Hinweise:

- Setzungsberechnung mit Betrachtung des Zeitsetzungsverhaltens unter Berücksichtigung der geplanten Bauzeit ist zu empfehlen.

Anhang 7, Seite 1 von 3
EÜ Wandse, km 52,991 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

 BS HH 318/DPH HH 146, SCH HH 50, BS HH 319/DPH HH 147, B HH 22BS/CPT HH22DPH
 (siehe Unterlage 15.5.69)

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper großräumig etwa in geländegleicher Lage, Geländehöhe auf ca. NHN + 22,0-23,5 m. Bauwerk unterführt im Einschnitt, tiefster Punkt ca. NHN +18,5 m. Einschnittböschungen mit Strauch- und Baumbewuchs. SO₁₁₂₀ ca. NHN +23,30 m. Unter der 0,2 m bis 0,6 m mächtigen durchwurzelt Mutterbodenschicht wurden locker gelagerte, schwach feinkiesige, schwach schluffige bis schluffige, aufgeschüttete Sande anfangs ohne plastische Eigenschaften aber tiefer liegend auch in weicher bis breiiger Konsistenz angetroffen. In den Bauwerkshinterfüllungen sind wahrscheinlich grobkörnige Böden eingebaut worden. Mit Steinen und Betonresten muss gerechnet werden. Die Mächtigkeit der Auffüllungen variiert zwischen wenigen Dezimetern bis zu 4,8 m nahe den Widerlagern. Darunter folgen bis zur Endteufe der B HH 23 von max. 25 m (NHN -0,8 m) Geschiebemergel anfangs in steifer Konsistenz und ab 20 m Bohrteufe (NHN +4,2 m) sind Aufweichungen des Geschiebemergels durch wasserführende Sandbänderungen zu beobachten.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo / A,we	Auffüllung (in Wechsellagerung Sand, kiesig, schwach schluffig und Sand, schluffig, schwach kiesig, oben schwach humos) z. T. Steine, Schotter, Wurzelreste, Tragschichten des Oberbaus	locker / weich (breiig)	[OH, SU, SU*], A
S,lo	Feinsand, schluffig, schwach organisch und Sand, schluffig, schwach kiesig ohne plastische Eigenschaften	locker (mitteldicht)	SU, SU* _{o.p.}
Mg,we- st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig mit dünnen wassergefüllten Sandlagen, Gerölllagen möglich	weich - steif	ST*, TL, in Lagen SE, SU, X

Grundwasser:

Anschnitt ¹⁾	NHN +16,86 m - NHN +18,80 m (1992 - 2015)	
Bemessungswasserstand ¹⁾	NHN +18,7 m (wie Bestandsbauwerk)	
Betonaggressivität ²⁾	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit ²⁾	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering

¹⁾ Die Grundwasserdaten und der Bemessungswasserstand berücksichtigen auch die Ergebnisse der 17 m westlich liegenden EÜ Tonndorfer Weg

²⁾ aus Nachbarbauwerk EÜ Tonndorfer Weg B HH 23 übernommen

Anhang 7, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,lo / A,we	18,0	10,0	30,0	0/25	10
S,lo	18,0	10,0	30,0	-	15
Mg,we	20,5	10,5	30,0	5/40	30

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\phi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Widerlager bzw. unten offener Rahmen und Flügel	Tiefgründung auf Bohrpfählen mit Pfahlspitzen im Geschiebemergel unterhalb der KoteNHN +12,5 m.
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand mit dichten Schlössern, die ausreichend tief in den Geschiebemergel einbindet. Rückverankerung des Gleislängsverbaus vorzugsweise als Fangedammkonstruktion planen.
Hilfsbrückengründung:	Für Gleise der Strecke 1249 erforderlich. Tiefgründung auf Stahlprofilträgern, z.B. in Spundwand als Kastenpfaahl integrieren:  Alternativ hinter der Spundwand Flachgründung auf Fertigteildamenten bzw. Gründung auf geramten Stahlträgerpfählen.
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der dichten Baugrube mit Pumpensämpfen in den Baugrubenecken. Auf der Baugrubengrundrissfläche ist unter der Pfahlkopfplatte ein gut durchlässiges Kiespolster von rd. 0,5 m als Flächendränage einzubauen. Die Baugrube liegt durch die Wandse permanent im Stauwasserbereich.

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle) (für Rahmen- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
A,lo/A,we/S,lo	GOK bis +15,7	-	-	-
Mg,we-st	+15,7 bis 12,2	30	-	30/D _s
	+12,2 bis 3,0	30	0,35 / 0,6	

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$

²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen

Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der KoteNHN +12,5 m im Mg,we-st.

Anhang 7, Seite 3 von 3

Bemessungswerte für Stahlprofilträger (für Verbauten, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten EA Pfähle)				
Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung ³⁾ q _{s,k} [kN/m ²]		Pfahlspitzen- druck ¹⁾ q _{b,k} [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k _s [MN/m ³]
	s _{sg}	s _{sg} =s _g =0,1D		
GOK bis +18,0 (A,lo,we)	20	25	-	10/D _{eq}
+18,0 bis +15,7 (S,lo)	20	25	-	15/D _{eq}
+15,7 bis 12,2 (Mg,we-st)	30	35	-	30/D _{eq}
+12,2 bis +3,0 (Mg,we-st)	30	35	0,35 / 0,6	30/D _{eq}

¹⁾ In Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_{eq} = 0,035 / 0,1
²⁾ D_{eq} = Pfahldurchmesser, für D_{eq} > 1 ist D_{eq} = 1 zu setzen
³⁾ **Bemessungswerte müssen noch mit profilabhängigen Modellfaktoren nach EA Pfähle, Tabelle 5.5 multipliziert werden.**

Hinweise:

- Der stark sandige Geschiebemergel, der nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen im Labor als weich ausgewiesen wird, kann bei Anrechnung des Überkornanteils auf die Konsistenz als mindestens steif betrachtet werden und wird auch so bei der Bemessung berücksichtigt.
- Das Bodenauflager des Spundwandverbau (Gleislängsverbau) kann unter Ansatz der horizontalen Bettung nachgewiesen werden. Hinweise dazu enthält die 5. Auflage der EAB
- Nacherkundung am Dammfuß Südostseite erforderlich.

Anhang 8, Seite 1 von 3
EÜ Amtsstraße, km 51,820 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

B HH 18BS, CPT HH 18DPH, BS HH 262/DPH HH 117, B HH 20BS/CPT HH 20DPH, BS HH 263/DPH HH 118 (Unterlage 18.5.70) und Altaufschlüsse aus Bauwerksakte Band 2

Morphologie, Geologie, Baugrund:

Bahnkörper in Geländegleiche mit Dammböschungen aufgrund der Straßenabsenkung (Doberaner Weg) auf der Nordseite des Bauwerkes. Geländeoberfläche des Bahnkörpers zwischen NHN +28 m - NHN +28,5 m. Böschungen mit Gras und dichtem Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +28,85 m. OK Straße (Tiefpunkt) ca. NHN +23,31m. Unter den sandigen Auffüllungen des Bahnkörpers bzw. unter den Tragschichten des Straßenbaus folgen locker bis mitteldicht gelagerte Schmelzwassersande, die von steifem bis halbfesten Geschiebesedimenten der Weichselkaltzeit unterlagert werden (meist Sand, schluffig, schwach tonig). Lokale Aufweichungen durch dünne wassergesättigte Sand- und Kiesbänderungen sind in unterschiedlichen Teufen durchfahren worden. Steinhindernisse sind zu erwarten. Beckenschluffe (Schluff, stark feinsandig und Feinsand, stark schluffig) mit sehr geringer Plastizität sind in unterschiedlicher Teufe und Mächtigkeit im Geschiebemergel eingeschaltet. Die Endteufe des Geschiebemergels lag in den Alt-Bohrungen bei 30 m bzw. rd. NHN -12 m.

Baugrund/Bemessungsprofil:

Schicht	Kote [NHN ± m]	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A/A,lo-md	GOK bis +26,5	Auffüllung (Sand, kiesig, oben humos, Wurzelreste, Schotter, Asphalt)	locker bis mitteldicht	[SE, OH] A
S,lo-md	+26,5 bis +23,5	Mittelsande, grobsandig schwach kiesig bis kiesig bis Feinsand, mittelsandig	locker bis mitteldicht	SE
Mg,we	+23,5 bis +23,0	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach kiesig, schwach tonig, Gerölllagen und Beckenschluffeinschaltungen	weich	ST*/TL mit Lagen UL
Mg,st	+23,0 bis -12,0		steif	

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +22,02 m - NHN +24,45 m (01-02/2015) NHN +23,34 m - NHN +24,53 m (1992)	
Bemessungswasserstand	NHN +25,4 m; OF des entspannten GW-Spiegels des unteren Grundwasserleiters: NHN + 22,75 m	
Betonaggressivität	nicht angreifend (B HH 17)	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul E _{s,k} [MN/m ²]
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ _k [kN/m ³]	γ' _k [kN/m ³]	φ' _k [°]	c' _k / c _{u,k} ¹⁾ [kN/m ²]	
A,lo-md	17	9	30,0	0/0	15
S,lo-md	18	10	30,0	0/0	15-30
Mg,we	20,5	10,5	30,0	5/40	15-20
Mg,st	21,5	11,5	35,0	25/80	40-80

¹⁾ Bei Ansatz von c_{u,k} beträgt der dazugehörige Reibungswinkel φ_{u,k} = 0

Anhang 8, Seite 2 von 3

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Widerlager	Pfahlgründungen hinter dem Bestandsbauwerk (zur Vermeidung von Mitnahmesetzungen des Straßentroges sind Flächengründungen nicht zu empfehlen)
Baugruben/ Bauzustände (BZ):	BZ 1: Sohle ca. NHN +22,5 m (ohne Sanddüker); Baugrube mit Verbau vorzugsweise Bohlträgerverbau mit in Bohrlöchern eingestellten Verbauträgern. BZ 2+3: Sohle ca. NHN +25 m (ohne Sanddüker); Baugrube mit Verbau vorzugsweise Bohlträgerverbau mit in Bohrlöchern eingestellten Verbauträgern. Bei Rückverankerung mit Verpressankern sind Verpresskörper im Geschiebemergel abzusetzen. Alternativ zum Bohlträgerverbau können eingepresste Spundwände geplant werden. In Abhängigkeit von der Einbindetiefe in den Geschiebemergel muss mit Lockerungsbohrungen oder vorlaufenden Bodenersatz im Bohrverfahren geplant werden.
Hilfsbrückengründung:	Tiefgründung auf z.B. HEB-Stahlprofilträgern in vorgebohrten Löchern einstellen und bis Baugrubensohle ausbetonieren.
Wasserhaltung: (BZ = Bauzustand)	BZ 1: Bei Trägerbohlwand als Baugrubenverbau muss eine Kleinfilterbrunnenanlage mit zeitlichem Vorlauf zur Ausbohlung außerhalb der Baugrube angeordnet werden. Bohlen sind gegen Erosion abzudichten. Innerhalb der Baugrube ist ein Flächenfilter bis mindestens 0,6 m unter Pfahlkopfplatte so einzubauen, dass Grundwasser über Gefälle zu den Baugrubenwänden fließt. Bei Einbindung in den Geschiebemergel sind Pumpensümpfe und horizontale Drainagestränge an den Baugrubenwänden anzuordnen. BZ 2+3: Offene Wasserhaltung mit Pumpensümpfen in den Baugrubenecken planen, anstehender und aufgefüllter Sand wirkt als Flächendränage. Bohlen sind gegen mögliche Erosion abzudichten.

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle) (für WL- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
A,lo-md	GOK bis +26,5	20	-	15/D _s
S,lo-md	+26,5 bis +23,5	25	-	20/D _s
Mg,we	+23,5 bis 23,0	30	-	15/D _s
Mg,st	+23,0 bis -12,0	40	0,35 / 0,45 / 0,8	40/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
→ Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +17,5 m im Mg,st

Anhang 8, Seite 3 von 3

Bemessungswerte für Stahlprofilträger (für Hilfsbrücken Gründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten EA Pfähle)				
Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]		Pfahlspitzendruck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungsziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
	s_{sg}	$s_{sg}=s_g=0,1D$		
GOK _{Damm} bis +26,5	20	20	-	15/D _{eq}
+26,5 bis +23,5	30	40	-	20/D _{eq}
23,5 bis +23,0	20	20	-	15/D _{eq}
23,0 bis -12,0	35	40	0,35/0,60	40/D _{eq}

¹⁾ In Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung $s/D_{eq} = 0,035 / 0,1$
²⁾ D_{eq} = Pfahldurchmesser, für $D_{eq} > 1$ ist $D_{eq} = 1$ zu setzen

Hinweise:

- Der in den Bohrprofilen nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen im Labor als weich bis steif dargestellte Geschiebemergel kann bei Anrechnung des Überkornanteils auf die Konsistenz als mindestens steif betrachtet werden.
- Zum Schutz der Bestandsbebauung vor Erschütterungen sind rammende und vibrierende Verfahren zum Einbringen der Verbauten und Gründungen auszuschließen.
- Die im Bestand vorhandenen Sand-Düker sind bis hinter die Neugründungen zu verlängern.
- Bei Verankerungen mit Lage der Verpresskörper im Geschiebemergel ist zur Vermeidung von Aufweichungen verrohrt zu bohren.
- Für die in der Vorplanung vorgesehene Rückverankerung der Widerlager kann zur Vorbemessung mit einer zulässigen Ankerkraft von $F_w = 300$ kN gerechnet werden.

Anhang 9, Seite 1 von 3

EÜ (F) Bf Rahlstedt-West, km 51,757 (Strecke 1120)

Aufschlüsse:

BS HH 255c, B HH 17/CPT HH 17, BS HH 254/DPH HH 111, BS HH 253/DPH HH 110 (siehe Unterlage 18.5.71) und 4 Altaufschlüsse aus Bauwerksakte, Band 2

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper in Geländegleiche; Baufeld geprägt von Bebauung (Asphaltstraßen, Pflasterwege, ZOB-Überdachung, Fußgängertunnel mit Treppenanlage, Bahnkörper); Böschungen mit Gras und Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +29,02 m; Geländeniveau NHN + 28 m. Unter den je nach Bebauung stark variierenden Auffüllungsmächtigkeiten aus enggestuften bis schwach schluffigen Sanden und Kiesen in lockerer bis mitteldichter Lagerung folgen anstehende, mitteldicht gelagerte Mittel- und Grobsande, die auch schwach schluffig bis schluffig z.T. auch schwach kiesig angetroffen werden können. Vereinzelt sind Steine eingelagert. Unterlagert werden Sande von stark sandigem Geschiebemergel in halbfester Konsistenz. Lokal sind auch durch eingeschaltete wassergesättigte Sandbänderungen Aufweichungen zu erwarten. Nach Kornverteilung ist der Geschiebemergel als schwach tonig schluffiger Sand anzusprechen. Dünne Einschaltungen von feinsandigen Schlufflagen sind möglich. Die Endteufe bzw. Mächtigkeit des Geschiebemergels lag in einer Altbohrung bei 30 m bzw. rd. NHN -2 m.

Baugrund/Bemessungsprofil:

Schicht	Kote [NHN ± m]	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo-md	GOK bis +26,5	Auffüllung (Sand, z.T. schwach schluffig, z.T. kiesig, oben auch lokal schwach humos, Wurzelreste, Schotter, Asphalt, Pflaster)	locker bis mitteldicht	[SE, SU] A
S,md	+26,5 bis +21,0	Mittelsand, feinsandig u. Mittelsand grobsandig, schwach kiesig bis kiesig	mitteldicht	SE, in Lagen (SU*)
Mg,st-hf	+21,0 bis -2,0	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig, Gerölllagen und Beckenschluffeinschaltungen	halbfest, in Lagen steif	ST*/TL mit Lagen UL

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +21,65 m - NHN +23,76 m (02+04/2015) NHN +23,22 m - NHN +24,74 m (09/90 - 08/91)	
Bemessungswasserstand	NHN +25,0 m; OF des entspannten GW-Spiegels des unteren Grundwasserleiters: NHN + 21,65 m (04.02.15)	
Betonaggressivität	nicht angreifend (B HH 17)	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 9, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,lo-md	17	9	30,0	0/0	20
S,md	18	10	32,5	0/0	30-40
Mg,st	22,0	12,0	35,0	15/120	40-80

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Rahmen:	Für den Rahmen ist eine Flächengründung im S,md zu empfehlen
Baugruben:	Baugrube mit senkrechtem Verbau, vorzugsweise Bohlträgerverbau mit in Bohrlöchern eingestellten Verbauträgern. Alternativ können Spundwände eingepresst werden, wenn in der Spundwandachse der Geschiebemergel in der erforderlichen Tiefe aufgelockert wird.
Hilfsbrückengründung:	Tiefgründung auf z.B. HEB-Stahlprofilträgern in vorgebohrte Löcher einstellen und bis Baugrubensohle ausbetonieren. Zur Verformungsbeschränkung sollte versucht werden, Aussteifungen über der Rahmendecke anzuordnen. Im Gleisbereich ist die untere Lichtraumgrenzung zu berücksichtigen. Sind bereichsweise keine Aussteifungen möglich, können Rückverankerung mit Verpressankern, deren Verpresskörper im Geschiebemergel liegen, geplant werden.
Wasserhaltung:	Bei Trägerbohlwand als Baugrubenverbau muss eine KleinfILTERbrunnenanlage mit zeitlichem Vorlauf zur Ausbohlung außerhalb der Baugrube angeordnet werden. Bohlen sind gegen Erosion abzudichten. Nach dem Bohleneinbau bis zur Baugrubensohle kann die Brunnenanlage zurückgebaut werden, wenn innerhalb der Baugrube die Absenkung über eine offene Wasserhaltung mit Pumpensämpfen in den Baugrubenecken installiert wird. Der anstehende Sand wirkt als Flächendränage.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands					
	kN/m² b bzw. b'					
m	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50	280	420	460	390	350	310
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands für den Rahmen können wegen der Bauwerksgeometrie nicht angegeben werden. Hier sind die Nachweise nach EC 7, Kapitel 6 zu führen.

Anhang 9, Seite 3 von 3

Bemessungswerte für Bohrpfähle („Bohrträger“ für Hilfsbrücken) (für WL- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m²]	Pfahlspitzen- druck¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m²]	Bettungs- ziffer²⁾ k_s [MN/m³]
S,md	+23,0 bis +21,0	55	-	30/D _s
Mg,st-hf	+21,0 bis -2,0	45	0,45 / 0,55 / 1,0	40/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für D_s > 1 ist D_s = 1 zu setzen
Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
→ Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +18,0 m im Mg,st-hf

- Hinweise:**
- Zum Schutz der Bestandsbebauung vor Erschütterungen sind rammende und vibrierende Verfahren zum Einbringen der Verbauten und Gründungen auszuschließen.
 - Werden die Verbauwände rückverankert, kann zur Vorbemessung mit einer zulässigen Ankerkraft von $F_w = 300$ kN gerechnet werden. Bei Verankerungen mit Lage der Verpresskörper im Geschiebemergel ist zur Vermeidung von Aufweichungen verrohrt zu bohren.
 - Da der Rahmen annähernd in der Grundwasserfließrichtung liegt und unter der Rahmensohle noch ausreichend mächtige gut durchlässige Böden anstehen, sind keine besonderen Maßnahmen gegen Grundwasseraufstau erforderlich.
 - Für das Rahmenbauwerk ist mit Setzungen von ca. 1-2 cm zu rechnen, die größtenteils innerhalb der Bauzeit abklingen werden.
 - Der in den Bohrprofilen nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen im Labor als weich bis steif dargestellte Geschiebemergel kann bei Anrechnung des Überkornanteils auf die Konsistenz als mindestens steif betrachtet werden.

Anhang 10, Seite 1 von 3

EÜ (F) Bf Rahlstedt-Ost, km 51,583 (Strecke 1120)					
Aufschlüsse:					
BS HH 236a/DPH HH 100, BS HH 239/DPH HH 102a, BS HH 238/DPH HH 101, BS HH 241/DPH HH 103 (siehe Unterlage 18.5.72)					
Morphologie, Baugrund:					
Bahnkörper in Geländegleiche; Baufeld geprägt von Bebauung (Asphaltstraßen, Pflasterwege, Gebäude; Geländeneiveau ca. NHN + 28,5 m. Unter den je nach Bebauung stark variierenden Auffüllungsmächtigkeiten aus enggestuften bis schluffigen Sanden und Kiesen in lockerer bis mitteldichter Lagerung folgen anstehende, mitteldicht gelagerte Mittelsande mit variierenden Fein-, Grobsand- und Kiesanteilen. Unterlagert werden die Sande von stark sandigem Geschiebemergel in steifer Konsistenz, der aber nur in einem Aufschluss angetroffen wurde. Die Endteufe lag bei 10 m bzw. rd. NHN +18,4 m.					
Baugrund/Bemessungsprofil:					
Schicht	Kote [NHN ± m]	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196	
A,lo-md	GOK bis +25,1	Auffüllung (Sand, z.T. schwach schluffig bis schluffig , z.T. kiesig, oben auch lokal schwach humos, Wurzelreste, Schotter, Asphalt, Pflaster)	locker bis mitteldicht	[SE, SU, SU*] A	
S,md	+25,1 bis +19,1	Mittelsand, feinsandig u. Mittelsand grobsandig, schwach kiesig bis kiesig	mitteldicht	SE, in Lagen (SI/SW)	
Mg,st	+19,1 bis ...	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig, Gerölllagen möglich	steif	ST*/TL	
Grundwasser:					
Anschnitt		NHN +23,17 m - NHN +24,19 m (01+02/2015)			
Bemessungswasserstand		NHN +25,0 m			
Betonaggressivität		nicht angreifend (B HH 17, von Rahlstedt West)			
Korrosionswahrscheinlichkeit		Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit		
freie Korrosion unter Wasser		sehr gering		sehr gering	
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze		gering		sehr gering	
Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,lo-md	17,0	9,0	30,0	0/0	20
S,md	18,0	10,0	32,5	0/0	30-40
Mg,st	21,5	11,5	32,5	10/100	30-60
¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$					

Anhang 10, Seite 2 von 3

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Rahmen:	Für den Rahmen ist eine Flächengründung im S _{md} zu empfehlen
Baugruben:	Baugrube mit senkrechtem Verbau, vorzugsweise Bohlträgerverbau mit in Bohrlöchern eingestellten Verbauträgern. Alternativ können Spundwände eingepresst werden.
Hilfsbrückengründung:	Flachgründung auf Fertigteilfundamenten hinter den Verbauwänden. Alternativ sind Tiefgründungen auf z.B. HEB-Stahlprofilträgern, die in vorgebohrten Löchern einzustellen und bis Baugrubensohle ausbetonieren sind, geplant werden. Zur Verformungsbeschränkung sollte versucht werden, Aussteifungen über der Rahmendecke anzuordnen. Im Gleisbereich ist dafür die untere Lichtraumumgrenzung zu berücksichtigen. Sind bereichsweise keine Aussteifungen möglich, können Rückverankerung mit Verpressankern, deren Verpresskörper im Sand liegen, geplant werden.
Wasserhaltung:	Bei Trägerbohlwand als Baugrubenverbau muss eine Mehrbrunnenanlage mit zeitlichem Vorlauf zur Ausbohlung außerhalb der Baugrube angeordnet werden. Bohlen sind gegen Erosion abzudichten. Nach dem Bohleneinbau bis zur Baugrubensohle kann die Brunnenanlage zurückgebaut werden, wenn GWA innerhalb der Baugrube mit einer offenen Wasserhaltung mit Pumpensämpfen nah der Verbauwände hergestellt und betrieben wird. Der anstehende Sand wirkt als Flächendränage.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Hilfsbrückengründung auf Fertigteilfundament)					
	kN/m² b bzw. b'					
m	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50	280	420	460	390	350	310
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands für den Rahmen können wegen der Bauwerksgeometrie nicht angegeben werden. Hier sind die Nachweise nach EC 7, Kapitel 6 zu führen.

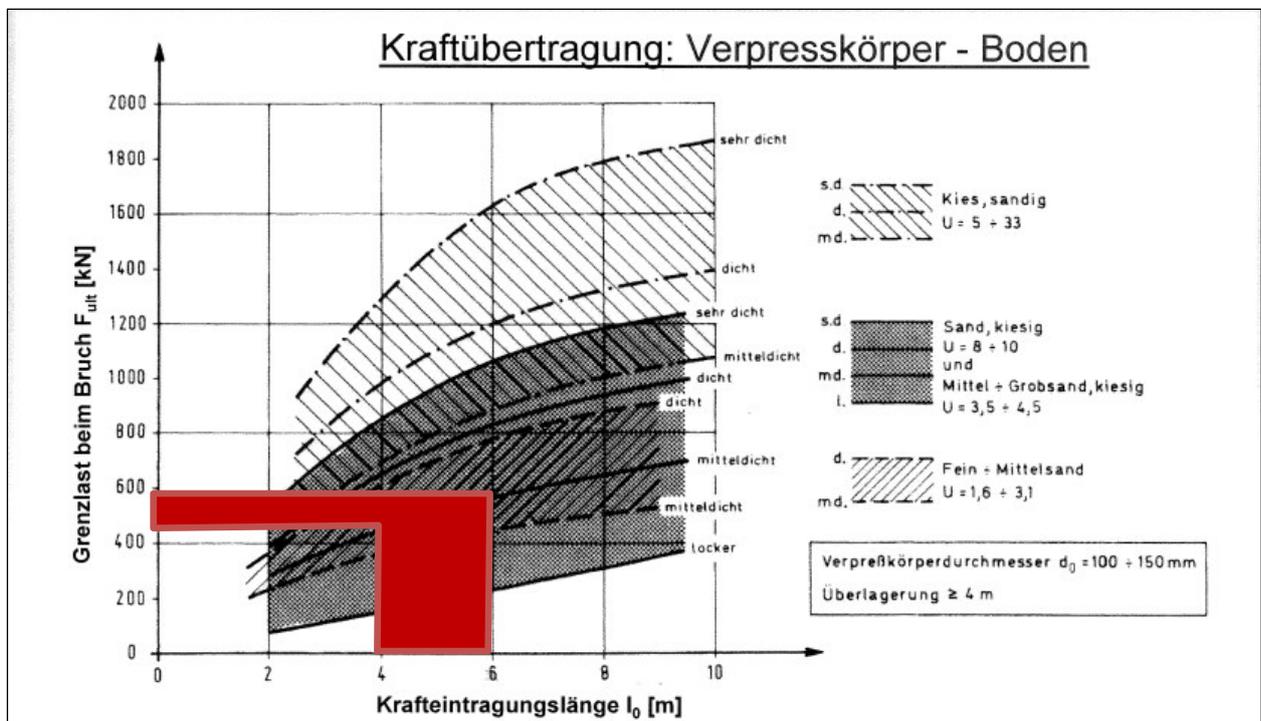
Vorläufige Bemessungswerte für Bohrpfähle („Bohrträger“ für Hilfsbrücken, Hinweise beachten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
S _{md}	+25,1 bis +19,1	55	-	30/D _s
Mg _{st}	+19,1 bis ...	40	0,45 / 0,55 / 1,0	30/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für D_s > 1 ist D_s = 1 zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +21,0 m im S_{md}

Anhang 10, Seite 3 von 3

Hinweise:

- Die geplanten Aufschlüsse in der Rahlstedter Bahnhofstraße konnten nicht ausgeführt werden. Diese müssen nachgeholt werden. Sind für die Gründung der Hilfsbrücken Absetztiefen für die Pfähle unter der Kote NHN +19 m notwendig, müssen auch im Bahnkörper tiefere Aufschlüsse abgeteuft werden.
- Bestandsunterlagen für die abzureißenden Gebäude, die im Grundrissbereich des östlichen Tunnelzuganges liegen, sind nicht bekannt und sollten in der weiteren Planung beschafft werden. Da der Rückbau Einfluss auf die Bemessungswerte der Baugrundsichten haben kann, sind die Vorgaben dieses Datenblattes noch einmal zu überprüfen.
- Zum Schutz der Bestandsbebauung vor Erschütterungen sind rammende und vibrierende Verfahren zum Einbringen der Verbauten und Gründungen auszuschließen.
- Für das Rahmenbauwerk ist mit Setzungen von ca. 1-2 cm zu rechnen, die größtenteils innerhalb der Bauzeit abklingen werden.
- Wegen der möglichen Einbindung des Rahmenbauwerkes in das Grundwasser ist das Bauwerk mit wasserdichtem Beton herzustellen.



Spanne der Grenzlast für die Vorbemessung der Verpressanker in S,md mit einer Verpresskörperlänge $l_0 = 4 - 6$ m $\rightarrow F_{ult} \approx 500$ kN

Anhang 11, Seite 1 von 3
EÜ Wandse, km 51,164 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

B HH 15BS/CPT HH 15DPH, BS HH 207/DPH HH 84a, SCH HH 22, BS HH 208/DPH HH 85, B HH 14BS/CPT HH 14DPH (siehe Unterlage 18.5.73)

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper in Geländegleiche bzw. flacher Dammlage; im Baufeld dichter Bewuchs. Geländeneiveau zwischen ca. NHN +26,5 m bis +27,5 m.

Je nach Abstand der Aufschlüsse zum Bauwerk wurden Auffüllungsmächtigkeiten zwischen wenigen Dezimetern bis 3,8 m unter Gelände angetroffen. Sie bestehen aus Sanden mit variierenden Anteilen an Schluff- und Kieskorn. Unter der Auffüllung bzw. außerhalb des Bauwerkes unter dem Oberboden (50 cm mächtig) folgen mitteldicht gelagerte Sande, schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig zwischen 0,5 m und 3,4 m Schichtdicke. Darunter folgen stark sandige Geschiebemergel in weicher bis halbfester Konsistenz, die bis zur Endteufe von max. 14,30 m bzw. NHN +13,17 m nicht durchteuft werden konnten. Lokal ist eine faserige bis stark zersetzte Torflage eingeschaltet. Mit Steinhindernissen im Geschiebemergel muss gerechnet werden.

Baugrund/Bemessungsprofil:

Schicht	Kote [NHN ± m]	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo-md	GOK bis +26,30	Auffüllung (Mittel- und Feinsand, z.T. schwach schluffig bis schluffig, z.T. kiesig, oben auch lokal schwach humos, Wurzelreste, Schlacke, Schotter, Ziegelbruch)	locker bis mitteldicht	[SE, SU, SU*, OH] A
S,lo-md	+26,3 bis +22,9	Sand, schwach kiesig, schwach schluffig bis schluffig, lokal 40 cm Torflage eingeschaltet	locker bis mitteldicht	SE, SU
Mg,we	+22,9 bis +20,6	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig, Gerölllagen möglich	weich	ST*/TL
Mg,st-hf	+20,6 bis +13,2		steif bis halbfest	

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +23,98 m - NHN +26,18 m (01+04/2015) lokal gespannt	
Bemessungswasserstand	NHN +25,0 m	
Betonaggressivität (Erfahrungswert aus anderen Aufschlüssen)	nicht angreifend (B HH 17, von Rahlstedt West)	
Korrosionswahrscheinlichkeit (Erfahrungswert aus anderen Aufschlüssen)	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 11, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_{k} [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,lo-md	17,0	9,0	30,0	0/0	20
S,lo-md	17,5	9,5	32,5	0/0	20-30
Mg,we	21,0	11,0	30,0	3/30	10-15
Mg,st	21,5	11,5	32,5	10/100	30-60

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\phi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Rahmen (Erweiterung):	Für die Erweiterung des Rahmens außerhalb des durch die Verkehrsbelastung konsolidierten Baugrundes ist eine Tiefgründung auf Bohrpfählen im Geschiebemergel (Mg,we-st) zu empfehlen. Alternativ zu den Pfählen ist eine Baugrundverbesserung möglich.
Rahmen (unter den vorhandenen Gleisen):	Flachgründung auf konsolidiertem Baugrund möglich.
Baugruben:	Baugrube mit senkrechtem Verbau, vorzugsweise als gerammte, dichte Spundwand. (Hinweise beachten) Alternativ können Spundwände eingepresst werden, wenn in der Spundwandachse der Baugrund aufgelockert bzw. der Geschiebemergel im Bohrverfahren gegen Sand ausgetauscht wird.
Hilfsbrückengründung:	Tiefgründung auf z.B. HEB-Stahlprofilträgern, die in vorgebohrten Löchern einzustellen und bis Baugrubensohle auszubetonieren sind. Zur Verformungsbeschränkung sollte versucht werden, Aussteifungen über der Rahmendecke anzuordnen. Im Gleisbereich ist dafür die untere Lichtraumgrenzung zu berücksichtigen. Sind bereichsweise keine Aussteifungen möglich, können Rückverankerung mit Verpressankern, deren Verpresskörper im Geschiebemergel liegen, oder Tote-Mann-Konstruktionen geplant werden.
Wasserhaltung:	Offene Grundwasserabsenkung in dichter Baugrubenumschließung mit Pumpensämpfen nah der Baugrubenwände ist möglich. Dazu muss im Vorlauf nach Abbruch des Bauwerkes und Unterwasseraushub des Bodens bis zur Kote $\leq \text{NHN} + 21,95$ vollflächig ein Kiessandpolster bis zur Sohle der geplanten Kopfbalken geschüttet werden. Das Kiessandpolster ist dann mindestens 0,8 m dick und dient gleichzeitig als Arbeitsebene für die Bohrpfahlgeräte.

Vorläufige Bemessungswerte für Bohrpfähle und für „Bohrträger“ für Hilfsbrücken				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
Mg,we	+22,8 bis +20,6	20	-	10/D _s
Mg,st	+20,6 bis +13,2	40	0,45 / 0,55 / 1,0	30/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für D_s > 1 ist D_s = 1 zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +18,0 m im Mg,st

Anhang 11, Seite 3 von 3**Hinweise:**

- Zum Schutz der Bestandsbebauung vor Erschütterungen sind Verbauten und Hilfsbrückengründungen erschütterungsarm einzubringen. Ggf. sind Beweissicherungsmaßnahmen und Sondergutachten zu veranlassen.
- Wird ein Teil des Rahmenbauwerkes eingeschoben, muss die Verschubbahn im Wandsebett besonders gegründet werden. Andernfalls können die zu erwartenden Setzungen den erfolgreichen Einschub verhindern.
- Für das tiefgegründete Rahmenbauwerk ist mit Setzungen von ca. 1 cm zu rechnen, die zu etwa 50 % innerhalb der Bauzeit abklingen werden. Setzungen des Bauwerkteils im Bestand werden nur wenige Millimeter betragen.
- Für die Vorbemessung der Rückverankerung der Baugrubenwände kann mit einer zulässigen Ankerkraft von $F_w = 250 \text{ kN}$ gerechnet werden.
- Der stark sandige Geschiebemergel, der nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen im Labor als weich ausgewiesen wird, kann bei Anrechnung des Überkornanteils auf die Konsistenz als mindestens steif betrachtet werden und wird auch so bei der Bemessung berücksichtigt.

Anhang 12, Seite 1 von 2
EÜ (F) Delingsdorfer Weg, km 50,531 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

B HH 12a/CPT HH 12a, B HH 13BS/CPT HH 13DPH, BS HH 176/DPH HH 71 (siehe Unterlage 18.5.74) und 3 Altaufschlüsse

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper in Geländegleiche, Geländeniveau ca. NHN + 29,5 m. Strauch- und Baumbewuchs an den angrenzenden, schwach geneigten Flächen. Unter dem humosen sandigem Oberboden folgen bauwerksnah bis zur Bauwerkssohle aufgefüllte, schwach schluffige, kiesige Sande und sonst anstehende, bis 4,6 m mächtige, schwach schluffige, schwach kiesige bis kiesige Schmelzwassersande mit eingeschalteten Gerölllagen (Steingröße bis 20 cm) und auch einzelnen Steinen. Unterlagert werden die Sande von stark sandigem Geschiebemergel in steifer bis halbfester Konsistenz. Die eingeschalteten wasserführenden Sandlagen führen zu lokalen Aufweichungen des Geschiebemergels. Die untere Schichtgrenze des Geschiebemergels wurde in der Bohrung B HH 12a bei 21 m bzw. NHN +10 m eingemessen. Bis zur Endteufe der Bohrung (25 m) wurde ein stark feinsandiger Schluff (Beckenschluff) mit eingeschalteter 10 cm mächtiger Kieslage angeschnitten.

Baugrund/Bemessungsprofil:

Schicht	Kote [NHN ± m]	Beschreibung	Dichte / Konsistenz	Bodengruppe DIN 18196
A,lo-md	GOK bis +28,0	Auffüllung (Sand, z.T. schwach schluffig bis schluffig, z.T. kiesig bis stark kiesig, oben schwach humos, Wurzelreste)	locker bis mitteldicht	[SE, SU] A
S,lo-md	+28,0 bis +26,2	Sand, Mittelsand, grobsandig, schwach kiesig bis kiesig, z. T. auch schwach schluffig bis schluffig	locker bis mitteldicht	SE, SU, SI
Mg,st-hf	+26,2 bis +10,0	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig, mit wasserführenden Sandbändern, Gerölllagen möglich	steif bis halbfest	ST*/TL
BU	+10,0 bis +6,0	Schluff, stark feinsandig, ohne Plastizität	dicht	UL

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +26,86 m - NHN +27,71 m (04-06/2015) NHN +28,34 m - NHN +28,54 m (07/1980)	
Bemessungswasserstand	NHN +28,5 m	
Betonaggressivität	nicht angreifend (von B HH 11, km 50,365)	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 12, Seite 2 von 2

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,lo	17,0	9,0	30,0	0/0	20
S,md	17,5	9,5	32,5	0/0	20-30
Mg,st	21,5	11,5	30,0	5/60	20-40

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\phi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Rahmen: (unten offen)	Für den Rahmen ist eine Flächengründung auf dem Geschiebemergel (Mg,st) zu empfehlen.
Baugruben:	Baugrube mit gleisparallelem Verbau, vorzugsweise als gerammte Spundwand. Zur Beschränkung der Wandverformung sind Tote-Mann-Konstruktionen zu planen (durchankern bis zur gegenüberliegenden Bahnkörperseite). Übrige Seiten können auch geböschet werden (45°).
Hilfsbrückengründung:	Für die Planungsvariante beidseitige Verlängerung des Rahmens sind keine Hilfsbrücken erforderlich.
Wasserhaltung:	Bei gleisparalleler Spundwand und sonst geböschten Baugruben sollte eine Grundwasserabsenkung mit mehreren Filterbrunnen mit zeitlichem Vorlauf zum Aushub geplant werden. Wird die Baugrube vollständig vertikal verbaut, kann die GWA innerhalb der Baugrube mit einer offenen Wasserhaltung mit Pumpensämpfen und umlaufenden Dränsträngen nah der Verbauwände geplant werden.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands kN/m ² für Breiten b bzw. b' von 0,5 m bis 2,0 m	
	steif	halbfest
m		
0,50	210	310
1,00	250	390
1,50	310	460
2,00	350	520

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Bei größeren Fundamentbreiten müssen die angegebenen Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands um 10 % je zusätzlichem Meter Fundamentbreite abgemindert werden.

Hinweise:

- Der stark sandige Geschiebemergel, der nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen im Labor als weich ausgewiesen wird, kann bei Anrechnung des Überkornanteils auf die Konsistenz als mindestens steif betrachtet werden und wird auch so bei der Bemessung berücksichtigt.
- Für das Rahmenbauwerk ist mit Setzungen von ca. 2-4 cm zu rechnen, die geschätzt zu etwa 50 - 75 % innerhalb der Bauzeit abklingen werden.
- Werden die Verbauwände rückverankert, kann zur Vorbemessung mit einer zulässigen Ankerkraft von $F_w = 250$ kN gerechnet werden. Bei Verankerungen mit Lage der Verpresskörper im Geschiebemergel ist zur Vermeidung von Aufweichungen verrohrt zu bohren.
- Wegen der Einbindung des Rahmenbauwerkes in das Grundwasser ist das Bauwerk mit wasserdichtem Beton herzustellen.

Anhang 13, Seite 1 von 3

SÜ Höltigbaum, km 50,321 (Strecke 1120), gilt für Böschungssicherung und Anprallschutz

Aufschlüsse:

B HH 7/CPT HH 7/CPT HH7DPH, B HH 8/CPT HH 8, B HH 9/CPT HH 9/CPT HH 9DPH, B HH 10/CPT HH 10, B HH 11/CPT HH 11, BS HH 154/DPH HH 59, BS HH 158/DPH HH 61, BS HH 159/DPH HH 62, BS HH 160/DPH HH 63, BS HH 161/DPH HH 64, BS HH 162 (siehe Unterlage 18.5.75) und diverse Altaufschlüsse

Morphologie, Geologie, Baugrund:

Bahnkörper im Einschnitt, Böschungen der SÜ gepflastert und außerhalb der SÜ mit Gras- und z.T. dichtem Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +31,48 m, Geländeneiveau Randwege ca. NHN +30,70 m. Unter den holozänen Auffüllungen aus mitteldicht gelagerten, enggestuften bis kiesigen Sanden und sandigen Kiesen (Straßenrampen, Böschungskegel, Baugrubenverfüllung und Tragschichten des Oberbaus) in die auch Steine mit Kantenlängen bis 10 cm eingelagert sind, stehen quartäre, mitteldicht gelagerte, enggestufte, schwach schluffige bis kiesige Sande an, in die am Nordrand des Bauwerkes unterschiedlich zersetzte Torfe in einer Mächtigkeit bis 2,4 m eingeschaltet sind. Im Zusammenhang mit dem Bau der SÜ sind die Torfe unter den Fundamenten wahrscheinlich nicht ausgetauscht worden; unter den Straßendämmen wahrscheinlich doch. Unter den Sanden wurden in mehreren Aufschlüssen auch sandige Kieslagen bzw. -schichten bis 3 m Mächtigkeit durchbohrt. Meist bis zur Endteufe folgen stark sandige Geschiebemergel geringer Plastizität überwiegend in steifer bis halbfester Konsistenz bzw. ohne feststellbare Konsistenz. Im Geschiebemergel muss mit Steinhindernissen gerechnet werden.

Baugrund/Bemessungsprofil:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsistenz	Bodengruppe DIN 18196
A,md	Auffüllung (Sand, oben humos, Wurzelreste, z.T. kiesig, schwach schluffig	mitteldicht (dicht)	[SE, SU, OH] A
S,md	Sand, schwach kiesig bis kiesig, z.T. schwach schluffig; Kies, stark sandig, Steinlagen mit Kantenlängen 10 bis 20 cm	mitteldicht	SE, SU
H	Torf	weich	HN-HZ
Mg,st-hf	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig; Schluff, stark sandig, schwach tonig, schwach kiesig; z.T. Schluff- und Steinlagen	steif bis halbfest	ST*/TL

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +26,43 m - NHN +29,95 m (2014-2015), gespannt	
Bemessungswasserstand	NHN +30 m	
Betonaggressivität (B HH 8)	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 13, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht Nr.	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
A,md	17	10	32,5	0/0	20-40
S,md	18	11	32,5	0/0	30-50
H	12,0	2,0	17,5	0/5	0,2
Mg,stf-hf	22	12	30	10/90	30-40

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Sonstige Hinweise:	
Böschungssicherung:	Verankerung mit vorgespannten Verpressankern mit Vorsatzschale auf der Böschung; ggf. mit Rückverankerung der Widerlager über Verpressanker. Alternativ können die Widerlager und Pfeilergründungen mit Hochdruckinjektionskörpern, die bis in die steifen Geschiebemergel einbinden, unterfangen werden
Anprallschutz:	Gründung auf Großbohrpfählen
Baugruben:	Bei Pfahlgründungen liegen die Baugrubensohlen bis rd. 1 m unter GOK (ca. NHN +30 m). Die Baugruben können zum Teil geböschet und wo es die Abstände zu den Fundamenten der SÜ erfordern mit Kanaldielen bzw. Spundwänden gesichert werden.
Hilfsbrückengründung:	nicht erforderlich
Wasserhaltung:	GWA nicht erforderlich
Hinweise:	<ul style="list-style-type: none"> • Wegen der geringen lichten Höhe der SÜ müssen alle Großbohrpfähle, die im Grundrissbereich der SÜ liegen, mit Geräten mit geringer Arbeitshöhe in kurzen Schüssen im Seilgreiferverfahren und ggf. mit Verrohrungsmaschine hergestellt werden. • Wegen der Geräteabmessungen muss für einen Teil der Pfähle mindestens ein Gleis der Bestandsstrecke gesperrt werden. In den Außenfeldern der SÜ ist die Aufstellung nicht möglich. • Für die An- und Abfuhr der Großgeräte und zur Herstellung/zum Rückbau der Arbeitsebenen sind Gleissperrungen einzuplanen.

Vorbemessungswerte für Bohrpfähle (für Anprallschutz, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
Sand, md	30,7 bis +27,0	100	-	30/D _s
Torf	+27,0 bis +26,0	0	-	0,5/D _s
Mg,st-hf	+26,0 bis +5,0	40	0,35 / 0,45 / 0,8	35/D _s

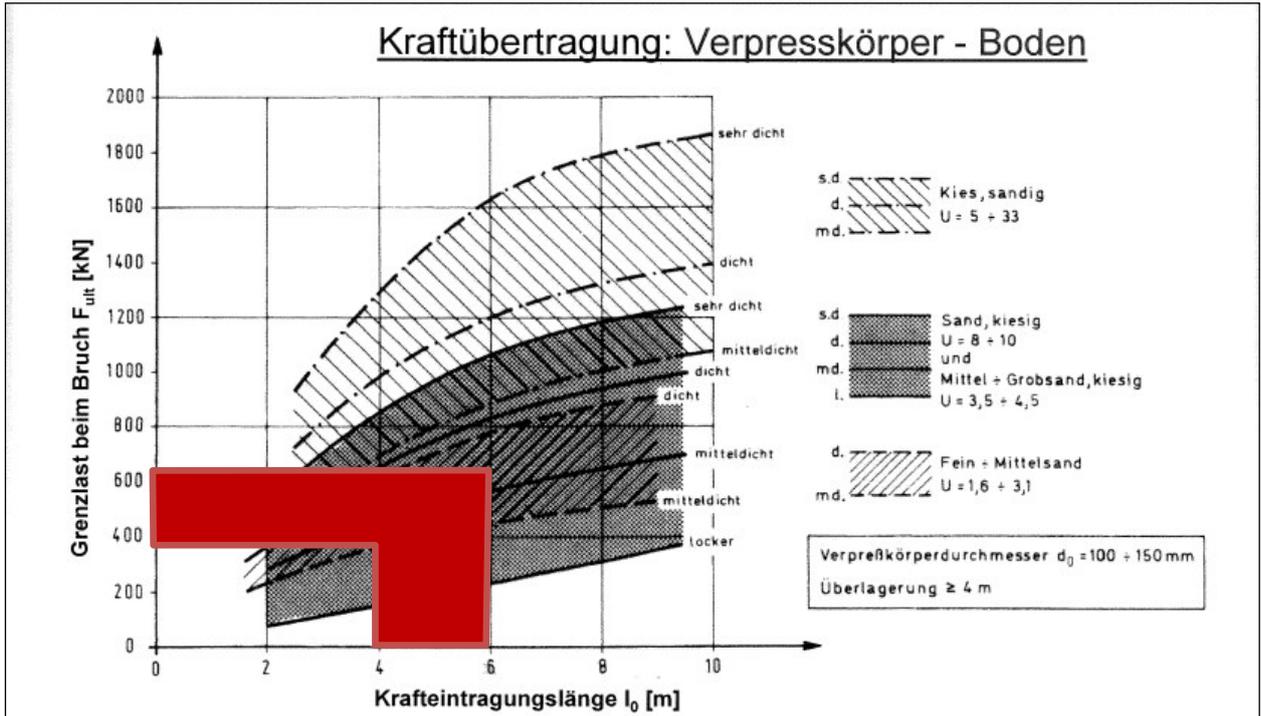
¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ D_s = Pfahldurchmesser, für D_s > 1 ist D_s = 1 zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlspitzen auf bzw. unter der Kote NHN +23 m im Mg,st-hf

Anhang 13, Seite 3 von 3

Vorbemessungswerte (Erfahrungswerte) für verpresste Mikropfähle mit $D_s \leq 30$ cm (abgeleitet aus der Bestandsbohrung B HH 7)

Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
S,md	30,7 bis 27,0 m	150
Torf	+27,0 bis +26,0	0
Mg,st-hf	+26,0 bis +5,0	80

Bei Mikropfählen darf kein Spitzenwiderstand angesetzt werden.



Grenzlast für die Vorbemessung der Verpressanker in A,md mit einer Verpresskörperlänge $l_0 = 4 - 6$ m
 → $F_{ult} \approx 550$ kN

Anhang 14, Seite 1 von 2
EÜ Wandse, km 50,228 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

BS HH 151a/DPH HH 57, BS HH 152, BS HH 150/DPH HH 56, B HH 6bBS/CPT HH 6bDPH, B HH 6cBS/CPT HH 6cDPH, BS HH 149/DPH HH 55 (siehe Unterlage 18.5.77)

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper liegt in flacher Dammlage, Geländeniveau auf ca. NHN + 28,0 m, SO₁₁₂₀ ca. NHN +31,8 m. Bauwerk quert die Strecke in einem Winkel von 30 Grad und unterfährt die Strecke im Einschnitt. Die Gewässersohle liegt ca. NHN +26,40 m. Böschungen mit teils dichtem Strauch- und Baumbewuchs. Unter der 0,2 m bis 0,6 m mächtigen durchwurzelteten Mutterbodenschicht (auf den Böschungen) wurden locker gelagerte, schwach kiesige bis kiesige, z.T. auch schwach schluffige bis schluffige, aufgeschüttete feinsandige Mittelsande mit eingeschalteten bindigen Linsen angetroffen. Im Bahnkörper sind neben den Tragschichten des Oberbaus auch in geringen Mengen Ziegel- und Holzreste angetroffen worden. Die Mächtigkeit der Auffüllungen variiert zwischen wenigen Dezimetern am Böschungsfuß bis zu 3,5 m unter den Randwegen. Unter den Auffüllungen folgen zwischen den Koten NHN +27,8 m bis NHN +26,2 m noch wenige Dezimeter wassergesättigte, feinsandige Mittelsande z.T. auch schluffige Sande. Über die Bahnkörperbreite und östlich darüber hinaus wurden zersetzte bis schwach zersetzte schluffige Torfe in einer Mächtigkeit zwischen 0,6 m und 0,95 m aufgeschlossen, die unter dem Damm von 0,3 m mächtigen weichen Schluffen (BS HH 150) bzw. schluffiger Mudde unterlagert werden. Darunter folgen bis zur Endteufe der Aufschlüsse Sand und stark sandiger Geschiebemergel in Wechsellagerung. Die Schichtenfolge und Schichtmächtigkeit sind in allen Aufschlüssen uneinheitlich. Die Konsistenz des Geschiebemergels ist überwiegend steif, lokal auch weich. Die Sande sind als schwach kiesige bis stark kiesige, grobsandige Mittelsande bzw. feinsandige Mittelsande in mitteldichter Lagerung anzutreffen.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo	Auffüllung, Sand, schwach kiesig bis kiesig, oben schwach organisch, Ziegel-, Holz-, Wurzelreste, Tragschichten des Oberbaus/Schotter	locker	[OH, SE, SU], A
S,lo	Mittelsand, feinsandig, z.T. schluffig, ohne plastische Eigenschaften	locker	SE, SU* _{o.P.}
H	Torf, schluffig, schwach zersetzt bis zersetzt, lokal mit wasserführenden Sandbändern	locker/sehr weich	HN, HZ
S,md	Mittelsand, feinsandig und Mittelsand grobsandig, schwach kiesig bis stark kiesig	mitteldicht, lokal in Lagen dicht	SE, SI
Mg,we-st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig mit dünnen wassergefüllten Sandbändern. Gerölllagen möglich	weich - steif	ST*, TL

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +26,47 m - NHN +28,20 m (12/2014 - 02/2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +28,5 m	
Betonaggressivität ¹⁾	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit ¹⁾ <small>¹⁾ aus Nachbarbauwerk EÜ Höltingbaum übernommen (B HH 8)</small>	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 14, Seite 2 von 2

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	$\varphi'_{k,0}$ [°]	$c'_{k,0} / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	
A,lo	17,0	10,0	30,0	-	10
S,lo	17,0	10,0	30,0	-	15
H	12,0	2,0	17,5	0/5	0,2
S,md	18,0	11,0	32,5	-	30-50
Mg,we-st	21,5	11,5	30,0	5/50	20

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
offener Rahmen u. Flügel:	Tiefgründung auf Bohrpfählen oder alternativ Teilverdrängungspfähle
Baugruben:	Baugrube mit wasserdichtem Verbau; als Spundwand mit Dichtsohle als Unterwasserbeton planen.
Hilfsbrückengründung:	Nach Planungsstand nicht erforderlich.
Wasserhaltung:	In dichter Baugrube ist zur Fassung des Tagwassers und des durch die Spundwandschlösser zulaufenden Schichtwassers innerhalb der Baugruben offene Wasserhaltungen zu planen.

Bemessungswerte für Bohrpfähle und Teilverdrängungsbohrpfähle (für Rahmen- und Flügelgründung, Werte abgeleitet aus B HH 6bBS/CPT HH 6bDPH)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlsitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
A,lo/S,lo/H	GOK bis +26,0	-	-	-
S,md	+26,0 bis +25,0	40	-	-
Mg,we-st	+25,0 bis +23,0	30	-	-
S,md	+23,0 bis +20,9	55	-	-
Mg,st	+20,9 bis +20,2	40	-	-
S, md	+20,2 bis +17,7	55	0,5/0,75/1,65	-
Mg,we-st	+17,7 bis +16,7	30	0,35/0,45/1,0	-
S,md	+16,7 bis +7,0	80	0,8/1,05/2,3	-

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ $D_s =$ Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden

Hinweise: <ul style="list-style-type: none"> Wird eine Grundwasserabsenkung geplant bzw. ist sie in diesem Umfeld genehmigungsfähig, kann das Bauwerk auch auf einer Flächengründung bzw. auf Streifenfundamenten abgesetzt werden. Wegen der Grundwasserverhältnisse darf aber für diese Gründungsvariante nicht auf Erfahrungswerte für die Bemessung zurückgegriffen werden. Hier sind bei Bedarf Grundbruch- und Setzungsberechnungen durchzuführen.
--

Anhang 15, Seite 1 von 3

EÜ Stellmoorer Quellfluss, km 47,800 (Strecke 1120)

Aufschlüsse:

B HH 5a/CPT HH 5a, BS HH 22/DPH HH 4, B HH 4BS/CPT HH 4DPH (siehe Unterlage 18.5.78)

Morphologie, Baugrund:

Bahnkörper liegt in flacher Dammlage. Böschungen mit Gras-, Strauch- und Baumbewuchs. Geländeneiveau auf ca. NHN + 39 m. Grabensohle auf ca. NHN +37,4 m. SO₁₁₂₀ ca. NHN +40,78 m. Unter der 0,4 m bis 0,6 m mächtigen, durchwurzelten Mutterbodenschicht wurden im Bahnkörper bis 1,6 m mächtige, locker gelagerte, schwach schluffige bis schluffige, z.T. auch schwach kiesige, aufgeschüttete Sande angetroffen. In unmittelbarer Nähe des Bauwerkes sind Auffüllungen bis 2,6 m unter der Dammoberfläche zu erwarten. Unter den Auffüllungen folgen unter dem Damm und auf der Ostseite des Bauwerkes 0,8 m bis 1,2 m mächtige schluffige Sande in lockerer Lagerung. In allen Aufschlüssen wurde ein schluffiger Torf unterschiedlich stark zersetzt, 0,4 m bis 0,6 m mächtig durchteuft. Darunter folgen bezüglich ihrer Kornverteilung sehr unterschiedlich zusammengesetzte und geschichtete Sand- Kies und Steinlagen, die auf der Westseite 4,3 m Mächtigkeit erreichen und auf der Ostseite ganz fehlen. Unterlagert werden diese von stark sandigem Geschiebemergel von weicher bis steifer bis zu halbfester Konsistenz in die wasserführende Sandbänder eingeschaltet sind. In der auf der Westseite abgeteufte Bohrung B HH 5a wurden unter der Kote NHN +26,5 m bis zur Endteufe NHN +19 m Mittel- und Grobsande mit einer Gerölllage bei ca. NHN +25 m aufgeschlossen.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A _{lo}	Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig und Sand, schluffig, schwach kiesig, oben schwach humos) z. T. Schotter, Wurzelreste, Tragschichten des Oberbaus	locker	[OH, SU, SU*], A
H	schwach sandiger, torfiger Schluff mit faserigen bis zersetzten Torflagen	(weich)	OU (HN-HZ)
S _{lo-md} G _{md}	Sand, schluffig, Sand kiesig, schwach schluffig, sandige Steinlagen mit gerundeten Steinen 15 - 20 cm Kantenlänge	locker bis mitteldicht	SE, SU, SU* _{o.p.} , X
Mg _{st}	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig mit dünnen wassergefüllten Sandlagen, Gerölllagen möglich	steif (weich - halbfest)	ST*, TL, in Lagen SE, SU, X

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +35,98 m - NHN +37,22 m (02 - 04/2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +37,5 m	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering

Anhang 15, Seite 2 von 3

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]			
A,lo	17,5	9,5	30,0	0/25	10
S,lo	18,0	10,0	30,0	-	15
OU	16,0	6,0	20,0	5/20	3-5
S,md	18,5	10,5	32,5	-	25
G,md	19,0	11,0	35,0	-	40
Mg,st	20,5	10,5	30,0	10/50	30
S,d	19,0	11,0	35,0	-	80

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\phi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Offener Rahmen:	Nach Vorplanung Tiefgründung auf Bohrpfählen mit Pfahlsitzen im Geschiebemergel. Alternativ kann das Bauwerk flach gegründet werden, da der Baugrund im Bestand vorbelastet ist und auf der Westseite unter dem Torf (unter Kote NHN +36,0 m) auf tragfähigem Baugrund gegründet werden kann.
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand mit Aussteifung.
Hilfsbrücken Gründung:	Für Gleise der Strecke 1120 erforderlich. Tiefgründung auf Stahlprofilträgern, z.B. in Spundwand als Kastenpfahl integrieren:  bzw. Gründung auf gerammten Stahlträgerpfählen.
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der Baugrube mit Pumpensämpfen in den Baugrubenecken. Auf der Baugrubengrundsfläche ist unter der Pfahlkopfplatte/dem Fundament, wo nicht vorhanden (Osthälfte), ein gut durchlässiges Kieselpolster von rd. 0,5 m als Flächendränage einzubauen. Das Gewässer sollte im Bauzustand verrohrt werden. Dazu sind im Gewässerquerschnitt beidseitig Fangedämme einzubauen, die im Anstaubereich abgedichtet werden sollten. Um eine Arbeitsebene für die Baufahrzeuge zu schaffen, müsste die Verrohrung überschüttet werden.

Bemessungswerte für Bohrpfähle (gelten nicht für Mikropfähle)				
(für den Rahmen,)				
Schicht-Nr. Bodenart	Kote [NHN ± m]	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlsitzen- druck ¹⁾ $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
A,lo/S,lo/H	GOK bis +36,2	-	-	-
Mg,st	+36,2 bis +26,5	25	0,35 / 0,45 / 0,8	30/D _s
S,d	+26,5 bis +19,1	130	1,75 / 2,25 / 4,0	80/D _s

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. $s/D_b = 0,02 / 0,03 / 0,1$
²⁾ $D_s =$ Pfahldurchmesser, für $D_s > 1$ ist $D_s = 1$ zu setzen
 Die angegebenen Spitzenwiderstände gelten für Pfähle, die mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden einbinden
 → Pfahlsitzen auf bzw. unter der Kote NHN +12,5 m im Mg,we-st.

Anhang 15, Seite 3 von 3

Bemessungswerte für Stahlprofilträger (für Verbauten, Werte abgeleitet aus Erfahrungswerten EA Pfähle)				
Kote [NHN ± m]	Pfahlmantelreibung ³⁾ $q_{s,k}$ [kN/m ²]		Pfahlspitzen- druck ^{1),3)} $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bettungs- ziffer ²⁾ k_s [MN/m ³]
	s_{sg}	$s_{sg}=s_g=0,1D$		
GOK bis +36,8 (A,lo/S,lo)	20	25	-	10-15/ D_{eq}
+36,8 bis +36,0 (H)	-	-	-	3/ D_{eq}
+36,0 bis +26,5 (Mg,st)	30	35	0,35 / 0,6	30/ D_{eq}
+26,5 bis +19,1 (S,d)	85	125	4,5 / 8,75	80/ D_{eq}

¹⁾ In Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfssetzung $s/D_{eq} = 0,035 / 0,1$
²⁾ D_{eq} = Pfahldurchmesser, für $D_{eq} > 1$ ist $D_{eq} = 1$ zu setzen
³⁾ **Bemessungswerte müssen noch mit profilabhängigen Modellfaktoren** nach EA Pfähle, Tabelle 5.5 multipliziert werden.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Flachgründung des Rahmens Westseite)					
	kN/m^2 b bzw. b'					
m	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50	280	420	460	390	350	310
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Flachgründung des Rahmens Ostseite)	
	kN/m^2 für Breiten b bzw. b' von 0,5 m bis 2,0 m	
m	steif	halbfest
0,50	210	310
1,00	250	390
1,50	310	460
2,00	350	520

Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Hinweise:

- Der stark sandige Geschiebemergel, der nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen im Labor als weich ausgewiesen wird, kann bei Anrechnung des Überkornanteils auf die Konsistenz als mindestens steif betrachtet werden und wird auch so bei der Bemessung berücksichtigt.
- Bei einer Flachgründung des Bauwerkes muss mit Setzungsdifferenzen zwischen den zwei Bauteilen von ca. 1 cm - 1,5 cm Setzungsdifferenz gerechnet werden.

Anhang 16, Seite 1 von 2
SÜ Nornenweg, km 47,471 (Strecke 1120)
Aufschlüsse:

 BS HH 8, BS HH 11/DPH HH 2, B HH 2/CPT HH 2a, B HH 3/CPT HH 3, BS HH 13,
 BS HH 12a/DPH HH 3, BS HH 10/SCH HH 1 (siehe Unterlage 18.5.79)

Morphologie, Geologie, Baugrund:

Bahnkörper in Einschnittlage (2,0 - 7,0 m tief), Böschungen mit Gras und z.T. dichtem Strauchbewuchs, SO₁₁₂₀ ca. NHN +41,80 m. Außerhalb des Bahngeländes wurde Oberboden, ein humoser, schwach schluffiger Sand, zwischen 0,3 m und 1,2 m angetroffen. Auf der Ostseite folgen unter den Auffüllungen enggestufte bis schluffige Sande in überwiegend lockerer Lagerung. Im Bereich der vorhandenen Wege auch mitteldicht gelagert. Darunter und auf der Westseite unter dem Oberboden folgen sandige Geschiebelehme in weicher, teils steifer Konsistenz und sandige Geschiebemergel in steifer bis halbfester Konsistenz. Im Geschiebemergel sind in unterschiedlicher Teufe und Mächtigkeit wasserführende Sand- und auch Kieslagen mit variierenden Schluffanteilen, mitteldicht gelagert, eingeschaltet. Bei großer Überdeckung (14 m bzw. 17 m) wurden in den Bohrungen auch dicht gelagerte Sande erbohrt. Die Endteufe lag in den Bohrungen bei 20 m bzw. rd. NHN +26,17m bzw. NHN +22,63 m.

Baugrund:

Schicht	Beschreibung	Dichte / Konsist.	Bodengruppe DIN 18196
A,lo	Auffüllung, Sand, schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig, z.T. schwach tonig, oben schwach humos, Wurzelreste, im Bahnkörper Tragschichten des Oberbaus	locker	[OH, SU, SU*], A
S,md	Feinsand, schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig, ohne plastische Eigenschaften; Mittelsand, feinsandig und Grobsand, kiesig	mitteldicht	SE, SU, SU* _{o.p.}
Lg,we-st	Geschiebelehm, Sand, schluffig, schwach tonig	weich - steif	ST*, TL
Mg,st	Geschiebemergel, Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig mit dünnen wassergefüllten Sandlagen, Gerölllagen möglich	steif, teils halbfest, lokal weich	ST*, TL, in Lagen SU-SU*, X
S,d	Mittelsand, fein- und grobsandig	dicht	SE

Grundwasser:

Anschnitt	NHN +35,98 m - NHN +37,22 m (12/2014 - 04/2015)	
Bemessungswasserstand	NHN +39,0 m	
Betonaggressivität	nicht angreifend	
Korrosionswahrscheinlichkeit	Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
freie Korrosion unter Wasser	sehr gering	sehr gering
Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze	gering	sehr gering

Anhang 16, Seite 2 von 2

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)					
Schicht	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul
	feucht	unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	$c'_k / c_{u,k}^{1)}$ [kN/m ²]	
A,lo	17,0	9,0	30,0	-	10
S,md	18,0	10,0	32,5	-	20
S,d	19,0	21,0	35,0	-	120
Lg,we-st	21,0	11,0	27,5	5/25	5
Mg,st	21,5	11,5	30,0	10/100	20-40

¹⁾ Bei Ansatz von $c_{u,k}$ beträgt der dazugehörige Reibungswinkel $\varphi_{u,k} = 0$

Gründungsempfehlung / Wasserhaltung:	
Widerlager und Stützen:	Flachgründung auf Geschiebesedimenten.
Baugruben:	Baugrube mit Verbau; vorzugsweise als Spundwand mit Aussteifung.
Hilfsbrückengründung:	nicht erforderlich
Wasserhaltung:	Offene GWA innerhalb der Baugrube mit Pumpensämpfen in den Baugrubenecken.

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands (für Flachgründung Widerlager) kN/m² für Breiten b bzw. b' von 0,5 m bis 2,0 m	
	m	steif
0,50	210	310
1,00	250	390
1,50	310	460
2,00	350	520

Bei Fundamentbreiten zwischen 2 m und 5 m muss der Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands um 10 % je Meter zusätzliche Fundamentbreite vermindert werden.
 Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Hinweise:
<ul style="list-style-type: none"> • Wird die Variante mit bereichsweise „aufgelöster“ östlicher Rampe geplant, sind an den Pfeilerstandorten tiefere Aufschlüsse notwendig, um Setzungsberechnungen bis in die vom Bauwerk beeinflusste Tiefe zu ermöglichen. • Bei einer Flachgründung des Bauwerkes muss mit Setzungsdifferenzen zwischen den Gründungen von geschätzt ca. 1 cm - 1,5 cm gerechnet werden. Sind die Setzungsdifferenzen unverträglich bzw. ergeben sich bei der Nacherkundung an den Pfeilerstandorten ungünstigere Baugrundverhältnisse, kann das zur Änderung der Gründungsempfehlung auf Pfahlgründungen führen. • Liegt die Fundamentsohle im Geschiebelehm/-mergel muss sie nach Erreichen der Abtragssohle vor Aufweichungen geschützt werden (z.B. Abdeckung mit 10 cm Beton).

Anhang 17

Bemessung Tragschichtsystem km 56,597 – km 56,200 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 100 km/h
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 484a, BS HH 482a, BS HH 478, BS HH 476, BS HH 474, BS HH 472, BS HH 470a, BS HH 468, BS HH 465a, BS HH 462, BS HH 463a, BS HH 460a, BS HH 456 (s. Unterlagen 18.5.1-18.5.3)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	ST*, SU*, TL, SU* o.P., lokal SU und A Geschiebelehm und -mergel, weich, lokal steif
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser \geq 1,30 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

- **Bemessung Tragfähigkeit** (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)
- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{1)}$

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

¹⁾ Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,

- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden
- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m)
- BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV-SoB - StB 04 (Ausgabe 2007) o. Ä.
- Entwässerungsschächte vorhanden
- Instandsetzung bzw. Neubau der vorhandenen Entwässerungsanlagen
- Lokal gespannt auftretendes Wasser
- Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kapitel 7.3.3

Anhang 18

Bemessung Tragschichtsystem km 56,200 – km 55,730 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 100 km/h
Morphologie:	Ende Einschnitt, Wall bahnrechts
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 454, BS HH 451, BS HH 448, BS HH 446, BS HH 444, BS HH 439, BS HH 435, RKS/DPH 80, RKS/DPH 79 (s. Unterlagen 18.5.3-18.5.4)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, [SE], [SU], A, lokal [SU*]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 5,20 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, $D_{Pr} = 0,98$, ggf. Einbringung von Grobschlag

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1, F2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen
- im Bereich km 56,080 können lokal bindige Auffüllung anstehen, diese sind auszuheben und durch geeignetes Material (F1-Material) zu ersetzen

Bemessung des Tragschichtsystem km 55,730 – km 55,060 (Str.1120) entfällt.

Anhang 19

Bemessung Tragschichtsystem km 55,060 – km 54,800 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 100 \text{ km/h}$
Morphologie:	Damm, etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 399, BS 5 (s. Unterlage 18.5.7)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SU
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 4,10 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$ und
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, $D_{Pr} = 0,98$

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} \geq 65 \text{ cm} > d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Rückbau vorhandener Gleisanlagen, Einbau neuer Weichenverbindung
- Nur 1 Aufschluss vorhanden, ggf. Nacherkundung, Prüfung Altaufschlüsse

Bemessung des Tragschichtsystem km 54,800 – km 53,700 (Str.1120) entfällt.

Anhang 20

Bemessung Tragschichtsystem km 53,700 – km 53,100 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 100 km/h
Morphologie:	Einschnitt bis km 53,200, danach etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 56A, SCH HH 56, BS HH 355, BS HH 352, BS HH 348, BS HH 345, BS HH 339, BS HH 337, BS HH 330, BS HH 327 (s. Unterlage 18.5.9 u.18.5.10)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SE], [SU], SE
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,0 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsole, $D_{Pr} = 0,98$

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/F2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 0/65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen
- Lokal bindige Auffüllung [SU*, ST*] in km 53,125 sind aushalten und durch geeignete Materialien (F1) zu ersetzen

Bemessung des Tragschichtsystem km 53,100 – km 52,250 (Str.1120) entfällt.

Anhang 21

Bemessung Tragschichtsystem km 52,250– km 52,000 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Bestand“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	Flacher Einschnitt bis km 52,180, danach etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	Sch HH 42, Sch HH 41, BS HH 281a, BS HH 277, BS HH 271 (s. Unterlagen 18.5.12 bis 18.5.14)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SU*], [SU], SU*, weich
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	2/3, Wasser \geq 0,80 m u. SO, Stauwasser
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{*1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- Bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden,
 - Erhöhte erdbau- und entwässerungstechnische Maßnahmen in der Bauphase erforderlich,
 - Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen,
 - Instandsetzung bzw. Neubau der vorhandenen Entwässerungsanlagen,
 - BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) o. Ä.

Anhang 22

Bemessung Tragschichtsystem km 52,000 – km 51,520 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	geländegleich bis km 51,900 Damm bis km 51,700 ab km 51,700 - km 51,250 etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 267, BS HH 263, BS HH 262, RKS 35, BS HH 256a, BS HH 254, BS HH 251, BS HH 250, RKS 32, BS HH 246, BS HH 244, RKS 31, BS HH 242a, BS HH 238, RKS 29, BS HH 234 (s. Unterlagen 18.5.14 und 18.5.16)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SU], [SE], [SI], [SU], A, SE
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,0 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

<p>Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, • Korngemisch KG 2 • Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, $D_{Pr} = 0,98$
<p>Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frosteinwirkungsgebiet: II • Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09 • Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$ • Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$ • $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$
<p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rückbau der Gleisanlagen bzw. Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) • Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis, ggf. Nachverdichtung • Dammverbreiterung, s. Kapitel 7.3.2

Anhang 23

Bemessung Tragschichtsystem km 51,520 – km 51,370 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	geländegleich bis ca. km 51,390
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 231a, BS HH 228, BS HH 226, BS HH 222 (s. Unterlagen 18.5.16 und 18.5.17)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	A, sandige Auffüllungen mit Bestandteilen aus Ziegel, Beton, Holz, Glas, Metall, Folien, Schlacke, A und bindige Auffüllung [SU*]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 4,80 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 15 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2,
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 35 \text{ cm}$ und Setzungsabschätzung 35 cm

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm)} + \text{PSS (35 cm)} + \text{BA (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m),
- Bodenaustausch aufgrund des hohen Anteil an Fremdbestandteilen in der Auffüllung,
- BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) o. Ä.

Anhang 24

Bemessung Tragschichtsystem km 51,370 – km 51,070 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	etwa geländegleich bis km 51,270, danach Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 220, BS HH 216a, BS HH 214, RKS 23, BS HH 212, BS HH 210, BS HH 208, B HH 14 BS, BS HH 206 (s. Unterlagen 18.5.17 und 18.5.18)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	geländegleich: [SU], [SI], [GU], lokal [SU*]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 3,0 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \text{-- MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02, Ril 836.4101A04 u. Ril 836.4101A05)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, KG 2
- Korngemisch KG 1 bzw. KG 2 in Abhängigkeit des Dammschüttmaterials
- im Bereich von km 51,370 - km 51,270 intensive Nachverdichtung der Aushubsohle

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignetes Material zu ersetzen
- lokal weiche, bindige Böden sind auszuheben und durch geeignete Materialien zu ersetzen
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis
- Dammverbreiterung, s. Kapitel 7.3.2

Anhang 25

Bemessung Tragschichtsystem km 51,070 – km 50,800 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 202, BS HH 201, BS HH 199, RKS 19, BS HH 195, BS HH 192, BS HH 191 (s. Unterlagen 18.5.18 bis 18.5.19)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU, [SE], [SU], [SI], lokal SU*, ST*
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 3,80 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle und
- Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} > d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m)
- lokal SU*, ST*, km 51,030 - km 51,000, bindige Böden sind auszuheben und durch geeignete Materialien (F1-Material) zu ersetzen

Anhang 26

Bemessung Tragschichtsystem km 50,800 – km 50,570 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	\pm geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 187, BS HH 186, SCH HH 13, BS HH 185, RKS 13, BS HH 184, BS HH 181, BS HH 180 (s. Unterlage 18.5.19)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU*, ST*, TL, [SE], SU, weich - steif
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser $\geq 2,40 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{*1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- Bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 zu verwenden,
 - Rückbau der Gleisanlagen
 - Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m)
 - Entscheidung offen, ob Reste der LSW unter der neuen Gleisachse verbleiben können!
 - BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) o. Ä.

Anhang 27

Bemessung Tragschichtsystem km 50,570 – km 50,360 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	± geländegleich, Damm
Maßgebende Sondierprofile:	B HH 13 BS, BS HH 175, BS HH 171, BS HH 167, BS HH 164a (s. Unterlage 18.5.19 bis 18.5.20)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU, SE, [SU] in Dammaufstandsfläche
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,0 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots$ MN/m ²
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45$ MN/m ²
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100$ MN/m ² , $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm
- Korngemisch KG2 ggf. KG1 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials
- Nachverdichtung der Aushubsohle/Dammaufstandsfläche

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und durch geeignete Materialien bis zur Kote Planum zu ersetzen
- Herstellung der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis

km 50,360 – km 50,320 Untergrundverbesserung durch Einsatz des Hochdruckinjektionsverfahrens zwecks Abfangung der vorhandenen Widerlager- und Pfeilergründungen unter Einbeziehung des Baugrundes im Gleisbereich.

Anhang 28

Bemessung Tragschichtsystem km 50,320 – km 50,200 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 157, B HH 7, BS HH 155b, BS HH 153, BS HH 148 (s. Unterlagen 18.5.20 bis 18.5.21)
Maßgebende Bodenart/-schicht:	HN, HZ im Mittel ca. 2,0 - 4,0 m u. SO
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	2/3, Wasser $\geq 1,50 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 2 ggf. KG1 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials
- Dynamische Bewertung vor Ausführungsplanung erforderlich
- Bodenaustausch

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m),
- Bodenaustausch, örtlich bis Unterkante Torf, wenn oberflächennah
- Ab km 50,280 befindet sich das Wasser ca. 0,30 m - 0,90 m unter OK Gelände,
- Nacherkundungen erforderlich.

Anhang 29

Bemessung Tragschichtsystem km 50,200 – km 50,100 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 145, BS HH 143, BS HH 141, BS HH 139, BS HH 137 (s. Unterlagen 18.5.21 und 18.5.22)
Maßgebende Bodenart/-schicht:	HZ, HN ab OK Gelände
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	2, Wasser $\geq 0,30 \text{ m} - 0,50 \text{ m}$ u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Korngemisch KG1 oder KG2 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials
- Bodenaustausch UK Torf

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. $0,40 \text{ m}$) und durch geeignete Materialien bis zur Kote Planum zu ersetzen
- Ab km 50,280 befindet sich das Wasser ca. $0,30 \text{ m} - 0,90 \text{ m}$ unter OKG
- Aushubsohle nicht verdichtbar, nach Oberbodenabtrag Schüttung 1. Lage Vorkopf
- Im Bereich von ca. km 50,100 bis km 50,200 Bodenaustausch (Torf) bis Kote ca. $26,69 \text{ m}$ NHN (UK Torf)
- Nacherkundung erforderlich

Tragschichtbemessung und Baugrundbeschreibung von km 50,100 bis km 47,029 erfolgt für beide Gleise Hamburg-Hasselbrook – Ahrensburg-Gartenholz und Ahrensburg-Gartenholz – Hamburg-Hasselbrook. Die Bemessung dafür ist in den Anhängen 40 bis 48 abgelegt.

Anhang 30

Bemessung Tragschichtsystem km 56,597 – km 55,730 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	v = 100 km/h
Morphologie:	Einschnitt bis ca. km 56,100, Anschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 484a, BS HH 480a, BS HH 476, BS HH 75A, SCH HH 75, BS HH 458, SCH HH 74, SCH HH 73, SCH HH 72, SCH HH 69 (s. Unterlagen 18.5.1 bis 18.5.4)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	TL, ST*, SU*, weiche Konsistenz
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser \geq 2,0 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{1*)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,

- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m),
- BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007),
- Entwässerungsschächte vorhanden,
- Instandsetzung bzw. Neubau der vorhandenen Entwässerungsanlagen,
- örtlich gespanntes Wasser.

Bemessung des Tragschichtsystems von km 55,730 – km 55,060 entfällt.

Anhang 31

Bemessung Tragschichtsystem km 55,060 – km 54,800 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	$v = 100 \text{ km/h}$
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 399 (s. Unterlage 18.5.7)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SU
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 4,10 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, $D_{Pr} = 0,98$

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Rückbau alter Gleisanlagen und Einbau neuer Weichenverbindung,
- nur 1 Aufschluss vorhanden, ggf. Nacherkundung,
- BS HH 64, BS HH 66A und Sch HH 66 konnten nicht ausgeführt werden.

Bemessung Tragschichtsystem km 54,800 – km 52,320 (Str.1120) entfällt.

Anhang 32
Bemessung Tragschichtsystem km 52,320 – km 52,000 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Bestand“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	Ende Einschnitt, \pm geländegleich,
Maßgebende Sondierprofile:	SCH HH 43, Sch HH 41, BS HH 281A, BS HH 277, SCH HH 39 (s. Unterlagen 18.5.12 und 18.5.13)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU* _{o.p.} , SU*, weiche Konsistenz, Schutzschichtreste [SU], [SI]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	2, Wasser $\geq 1,20 \text{ m u. SO}$ (Stauwasser)
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:
Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ¹⁾ Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
 - Rückbau bestehender Gleisanlagen,
 - Einbau geeigneter Materialien bis zur Kote Planum,
 - BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) oder Kies-Sand-Gemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$, $d_{0,063} < 5 \%$ (F1).

Anhang 33

Bemessung Tragschichtsystem km 52,000 – km 51,500 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Bestand“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	etwa geländegleich von km 51,950 bis 51,900, Damm von km 51,900 bis 51,700, anschließend etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 271, BS HH 270, SCH HH 37, BS HH 264, BS HH 262, RKS 35, BS HH 248a, SCH HH 33, BS HH 239, BS HH 237a, BS HH 235, RKS 29 (s. Unterlagen 18.5.14 bis 18.5.16)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, [SE], lokal [SU*]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 3,40 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung Aushubsohle, ggf. Einbringung von Grobschlag

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 0 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 0 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Rückbau bestehender Gleisanlagen, Bahnsteige usw.
- Einbau geeigneter Materialien bis zur Kote Planum
- Lokal bindige Auffüllungen (BS HH 239, km 51,575, und BS HH 237a, km 51,565) sind auszutauschen und durch geeignete Materialien (Kies-Sand-Gemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$, $d_{0,063} < 5 \%$ (F1)) o. Ä. zu ersetzen

Anhang 34
Bemessung Tragschichtsystem km 51,500 – km 51,360 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	etwa geländegleich, neues Gleis verläuft unmittelbar neben Bestandsgleis
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 231a, SCH HH 29, BS HH 227, BS HH 225, SCH HH 27, BS HH 27 (s. Unterlagen 18.5.16 und 18.5.17)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU*
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 5,30 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 15 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:
Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 35 \text{ cm}^{1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 100 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ¹⁾ Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
 - Rückbau bestehender Gleisanlagen, „alte“ Schutzschichten vorhanden,
 - Einbau geeigneter Materialien bis zur Kote Planum,
 - BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) o. Ä.,
 - Herstellung bzw. Instandsetzung der Entwässerungsanlagen.

Anhang 35

Bemessung Tragschichtsystem km 51,360 – km 50,800 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	flacher Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 219, BS HH 216a, BS HH 214, SCH HH 25, RKS 23, BS HH 208, RKS 21, SCH HH 22, BS HH 201, SCH HH 20, SCH HH 18, SCH HH 17, SCH HH 15, BS HH 192 (s. Unterlagen 18.5.17 bis 18.5.19)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SE], [SU], [GU], SU, SE
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,70 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

<p>Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2 • Intensive Nachverdichtung mit schwerem Gerät
<p>Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frosteinwirkungsgebiet: II • Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09 • Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$ • Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$ • $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$
<p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rückbau bestehender Gleisanlagen, Bahnsteige usw. • Einbau geeigneter Materialien bis zur Kote Planum • Lokal bindige Auffüllungen (ca. km 51,020 - 51,070) sind auszutauschen und durch geeignete Materialien zu ersetzen

Anhang 36

Bemessung Tragschichtsystem km 50,800 – km 50,570 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 186, SCH HH 13, BS HH 185, RKS 13, BS HH 181 (s. Unterlage 18.5.19)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU*, ST*, TL, lokal SU, weiche Konsistenz
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser $\geq 3,20 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ¹⁾ Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
 - Rückbau bestehender Gleisanlagen usw.
 - Einbau geeigneter Materialien bis zur Kote Erdplanum
 - BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) oder Kies-Sand-Gemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$, $d_{0,063} < 5 \%$ o. Ä.

Anhang 37

Bemessung Tragschichtsystem km 50,570 – km 50,340 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 177, BS HH 173, BS HH 170, BS HH 162, B HH 9 (s. Unterlage 18.5.20)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SU], SE
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,0 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit schwerem Gerät, ggf. Einbringung von Grobschlag

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Siehe Abschnitt km 52,000 - km 51,500 (identisch)

Hinweise:

- Rückbau bestehender Gleisanlagen usw.
- Einbau geeigneter Materialien bis zur Kote Planum z.B. Kies-Sand-Gemisch mit $k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$, $d_{0,063} < 5 \%$ o. Ä.

Anhang 38

Bemessung Tragschichtsystem km 50,340 – km 50,305*¹⁾ (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	SÜ Höltigbaum
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 156, B HH 7 (s. Unterlage 18.5.20)
Maßgebende Bodenart/-schicht:	Verfestigungskörper (F1/F2)
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	---
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \text{-- MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Die herkömmliche Tragschichtbemessung ist nicht möglich, es sind Untergrundertüchtigungsmaßnahmen erforderlich

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Rückbau bestehender Gleisanlagen usw.
 - Als Untergrundverbesserungsmaßnahmen wird z. B. das Hochdruckinjektionsverfahren ^{*1)} in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner empfohlen
 - Nacherkundung zur Eingrenzung der Torfausdehnung erforderlich
- ^{*1)} Die genaue Lage des Verfestigungskörpers erfolgt in Abstimmung mit den Fachplanern

Anhang 39

Bemessung Tragschichtsystem km 50,305 – km 50,100 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 152, BS HH 148, BS HH 146, BS HH 140 (s. Unterlage 18.5.21)
Maßgebende Bodenart/-schicht:	HN, HZ, F, Torf und Mudde im Bereich bestehender Damm ca. 4,30 - 5,0 m unter SO
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,80 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots$ MN/m ²
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45$ MN/m ²
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100$ MN/m ² , $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm, Korngemisch KG 2
- Die herkömmliche Tragschichtbemessung ist nicht möglich, es sind Untergrundertüchtigungsmaßnahmen erforderlich

Hinweise:

- Rückbau bestehender Gleisanlagen usw.
- Beseitigung von Bewuchs u. Gehölzen (i. M. 0,40 m) und Einbau geeigneter Materialien bis zum Planum
- Dammverbreiterung gem. Kap. 7.3.2
- Untergrundverbessernde Maßnahmen z. B. vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen mit geogitterverstärktem Bodenpolster, Säulendurchmesser 0,60 m, Viereckraster, Rasterabstand von 1,50 m, Einbindetiefe ca. 1,0 m in den tragfähigen Baugrund

Anhang 40

Bemessung Tragschichtsystem km 50,100 – km 49,900 (Str.1120)

Gleise (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 135, BS HH 134, BS HH 133, BS HH 132, BS HH 130, BS HH 129, BS HH 126 (s. Unterlagen 18.5.22-18.5.23)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	-----
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \text{-- MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 1 bzw. KG 2 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m),
- In der Bauphase sind erhöhte erdbautechnische und entwässerungstechnische Maßnahmen erforderlich,
- Dammaufstandsfläche nicht nachverdichtbar (Wasser im Niveau OK Gelände),
- nach Oberbodenabtrag Schüttung 1. Dammlage Vorkopfeinbau,
- Hinweise zur Dammverbreiterung s. Kapitel 7.3.2.

Anhang 41

Bemessung Tragschichtsystem km 49,900 – km 49,450 (Str.1120)

Gleise (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	etwa geländegleich bis km 49,700, danach An- schnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 129, BS HH 126, BS HH 125, BS HH 124, BS HH 122, BS HH 121, BS HH 120, BS HH 119, BS HH 118, BS HH 117a, BS HH 116, BS HH 115, BS HH 114, BS HH 113, BS HH 112, BS HH 112, BS HH 111, BS HH 110, BS HH 108 (s. Unterlagen 18.5.23 bis 18.5.24)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SU], [SE], [SU*], SU*, ST*, TL weiche - steife Konsistenz
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser \geq 2,80 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 15 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 35 \text{ cm}^{1*)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/F2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 100 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
 - Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum mit geeigneten Materialien zu ersetzen
 - Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kapitel 7.3.3

Anhang 42

Bemessung Tragschichtsystem km 49,450 – km 49,240 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 106, BS HH 105, BS HH 103, BS HH 102, BS HH 101, BS HH 100, BS HH 98a (s. Unterlage 18.5.24)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SU, [SU]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 2,80 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit schwerem Gerät, ggf. Einbringung von Grobschlag

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum mit geeigneten Materialien zu ersetzen.
- Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kap. 7.3.3

Anhang 43

Bemessung Tragschichtsystem km 49,240 – km 48,810 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	etwa Geländegleich, flacher Damm, Einschnitt ab km 49,000
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 93, BS HH 90, BS HH 85, BS HH 83, BS HH 82, BS HH 79, BS HH 78, BS HH 76, BS HH 74, BS HH 71 (s. Unterlage 18.5.25 und 18.5.26)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	ST*, TL, SU*, [SU*], HZ
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser \geq 1,50 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 15 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

<p>Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1 • Bodenaustausch (BA) mit $d = 35 \text{ cm}^{1*)}$ und Setzungsabschätzung
<p>Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frosteinwirkungsgebiet: II • Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09 • Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$ • Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (35 cm)}$ <p>$d_{TS \text{ vorh}} = 100 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$</p>

<p>Hinweise:</p> <p>^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden • Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) • BA-Material: z. B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) • Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kapitel 7.3.3 • Torflinse im Bereich km 49,060 im Niveau OK Gelände Nacherkundung erforderlich! • Torfaushub bis OK gewachsener Boden ca. 0,50 - 1,50 m Mächtigkeit (BS HH 83, BS HH 84)
--

Anhang 44

Bemessung Tragschichtsystem km 48,810 – km 48,270 (Str.1120)	
Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	etwa geländegleich, flacher Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 70, BS HH 69, BS HH 66, BS HH 65, BS HH 64, BS HH 60, BS HH 57, BS HH 55, BS HH 53, BS HH 51, BS HH 50, BS HH 48, BS HH 47, BS HH 45, BS HH 44 (s. Unterlagen 18.5.26 bis 28)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SU, SI
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 1,60 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$
Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:	
Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02, Ril 836.4101A04 u. Ril 836.4101A05) <ul style="list-style-type: none"> • Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$ • KG 2 • Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, ggf. Einbringung von Grobschlag 	
Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04) <ul style="list-style-type: none"> • Frosteinwirkungsgebiet: II • Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09 • Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$ • Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$ • $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$ 	
Hinweise: <ul style="list-style-type: none"> • Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) • Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kapitel 7.3.3 	

Anhang 45

Bemessung Tragschichtsystem km 48,270 – km 48,020 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 42, BS HH 40, BS HH 39, BS HH 38, BS HH 37, BS HH 36, BS HH 34, BS HH 33, BS HH 32 (s. Unterlage 18.5.28)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU, SE
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,20 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 1 bzw. KG 2 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials
- Setzungsabschätzung

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum mit geeigneten Materialien zu ersetzen
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis, siehe Hinweise geotechn. Bericht
- **Achtung:** Wasser ca. 0,45 m - 0,95 m unter OK Gelände
- Erhöhte erdbau- und entwässerungstechnische Maßnahmen in der Bauphase erforderlich
- Einbau kapillarbrechende Schicht, $d \geq 50 \text{ cm}$ erforderlich

Anhang 46

Bemessung Tragschichtsystem km 48,020 – km 47,890 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	$v = 140 \text{ km/h}$
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 30, BS HH 29, BS HH 28, BS HH 27, BS HH 26 (s. Unterlage 18.5.29)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SU, SI, GI
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 2,40 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle, mind. 50 cm
- Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,4 m)
- Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kap. 7.3.3

Anhang 47

Bemessung Tragschichtsystem km 47,890 – km 47,620 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 25, BS HH 24, BS HH 23, B HH 5a, BS HH 21, BS HH 20, BS HH 19 (s. Unterlage 18.5.30)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SU], SU
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 2,60 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots$ MN/m ²
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45$ MN/m ²
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100$ MN/m ² , $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm
- Korngemisch KG 1 bzw. KG 2 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials
- Setzungsabschätzung, dynamische Stabilität prüfen

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum mit geeigneten Materialien zu ersetzen
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis, siehe Kapitel 7.3.2
- Gering mächtige Torfschicht (ca. 0,30 m - 0,60 m stark) in der Tiefe von ca. 3,90 m - 4,40 m u. SO

Anhang 48

Bemessung Tragschichtsystem km 47,620 – km 47,029 (Str.1120)

Gleis (Str. 1249): „Neubau“	Hamburg-Hasselbrook - Ahrensburg-Gartenholz, Ahrensburg-Gartenholz - Hamburg-Hasselbrook
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 18, BS HH 17, BS HH 16, BS HH 15, BS HH 14, B HH 3, BS HH 12a, BS HH 9, BS HH 7, BS HH 6, BS HH 5, BS HH 3, BS HH 2, BS HH 1 (s. Unterlagen 18.5.30 bis 18.5.32)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	ST*, TL, SU*, lokal SE, SU, [GU] weiche Konsistenz, lokal breiig
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser 0,30 - 2,80 m u. SO, lokal 40 cm über SO als Schichtwasser in Böschung
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{1*)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden
 - Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum mit geeigneten Materialien zu ersetzen
 - BA-Material: z. B. Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007)
 - **Achtung:** Schichtwasser in den Einschnittböschungen!
 - Entwässerungstechnische Maßnahmen in der Bauphase und im Endzustand erforderlich
 - Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kapitel 7.3.3

Anhang 49

Bemessung Tragschichtsystem km 56,597 – km 56,180 (Str.1120)	
Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 483, BS HH 479, BS HH 475, BS HH 473, BS HH 471, BS HH 467, BS HH 464a, BS HH 459, BS HH 457 (s. Unterlagen 18.5.33 u. 34)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	ST*, TL, TA, lokal SE wasserführend, Geschiebelehm und -mergel, weich,
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	2, Wasser \geq 1,20 m u. SO, Schichtwasser in d. Böschung
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$
Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:	
Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04) <ul style="list-style-type: none"> • Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, • Korngemisch KG 1 • Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{*1)}$ 	
Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04) <ul style="list-style-type: none"> • Frosteinwirkungsgebiet: II • Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09 • Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$ • Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$ • $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} > d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$ 	
Hinweise: <p>¹⁾ Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden, • Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen, • Rückbau stillgelegter Gleisanlagen, • aufgrund von Schichtwasser relativ hoher Wasserstand • entwässerungstechnische Maßnahmen in der Bauphase und im Endzustand erforderlich, • Hinweise zur Einschnittsverbreiterung s. Geotechn. Bericht Kapitel 7.3.3 	

Anhang 50

Bemessung Tragschichtsystem km 56,180 – km 55,680 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Ende Einschnitt, anschließend etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 450, BS HH 447, BS HH 445, BS HH 443, BS HH 441, BS HH 437, BS HH 436, BS HH 433, BS HH 431, BS HH 430 (s. Unterlagen 18.5.34 u. 18.5.35)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, [SE], [SU], lokal [SU*], [TL]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 6,20 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$,
- Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit schwerem Gerät

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1, F2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen
- Rückbau stillgelegter Gleisanlagen
- lokal im Bereich von km 55,825 - km 55,725 bindige Auffüllungen und „Waschberge“ (Tonschiefersplitt als Randwegabdeckung) vorhanden, diese Auffüllungen sind auf jeden Fall auszutauschen (s. BS HH 436, BS HH 431 und BS HH 441)
- km 56,070 bindige Auffüllung [TL] aushalten (BS HH 447)
- BA-Material: Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007)

Anhang 51

Bemessung Tragschichtsystem km 55,680 – km 55,080 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	flacher Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 429, BS HH 422, BS HH 420, BS HH 419, BS HH 417, BS HH 414, BS HH 413, BS HH 411d, BS HH 410, BS HH 408, BS HH 405, BS HH 403 (s. Unterlagen 18.5.36 bis 18.5.38)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU, [SE], [GE], [SU], SU*, ST*
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 4,40 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots$ MN/m ² und
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45$ MN/m ²
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100$ MN/m ² , $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm
- Korngemisch KG2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65$ cm
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis
- Dammverbreiterung ist gemäß Kapitel 7.3.2 auszuführen
- Lokale Auffüllungen mit sehr hohem Anteil an Fremdbestandteilen wie z.B. Holz, Glas, Ziegelbruch o. Ä. sind auszutauschen (km 55,230, BS HH 411d)

Anhang 52

Bemessung Tragschichtsystem km 55,080 – km 54,000 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 401, BS HH 400, BS HH 398, BS HH 397, BS HH 396a, B HH 28, BS HH 395, BS HH 392, BS HH 391, BS HH 390, BS HH 389, BS HH 387, BS HH 386, BS HH 385, BS HH 384, BS HH 383, B HH 26, B HH 25, BS HH 382, BS HH 381, BS HH 380, BS HH 379, BS HH 378_neu, BS HH 377, BS HH 376, BS HH 375, BS HH 374_neu, BS HH 371, BS HH 369 (s. Unterlagen 18.5.38 bis 18.5.44)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	nichtbindige Auffüllungen [SE], [SI], [GI], [SU] und künstliche Auffüllungen A, lokal SE, [SU*]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,20 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit schwerem Gerät

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} = d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Oberboden und Bewuchs sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete Materialien zu ersetzen
- Lokal bindige Auffüllungen (km 55,053, km 54,725, km 54,070) mit erhöhtem Anteil an Fremdmaterialien, wie Folie, Holz, Glas und Schlacke sind auf jeden Fall auszutauschen bzw. zu reparieren
- im Bereich BS HH 396a (km 54,020) befinden sich stark organische Böden (alter Mutterboden ?) bis ca. 1,50 m u. SO, diese sind durch geeignete Materialien zu ersetzen

Anhang 53

Bemessung Tragschichtsystem km 54,000 – km 53,140 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 368, BS HH 367, BS HH 365, BS HH 360, BS HH 358, BS HH 356, BS HH 354, BS HH 351, BS HH 349, BS HH 347, BS HH 346, BS HH 341, BS HH 340, BS HH 338, BS HH 336, BS HH 335, BS HH 332, BS HH 328 (s. Unterlagen 18.5.44 bis 18.5.47)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SI, SU, lokal [SU], [SE]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 2,0 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsole mit schwerem Gerät

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} \geq 65 \text{ cm} = d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Gleise verlaufen hinter bestehender Lärmschutzwand bis km 53,392 (BÜ Pulverhof)
- Bewuchs, Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete frostsichere Materialien zu ersetzen
- BA-Material: z.B. Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007),
- Gebäuderückbau, Hohlräume sind lagenweise zu verfüllen und zu verdichten
- Einschnittsverbreiterung siehe Kapitel 7.3.3

Anhang 54

Bemessung Tragschichtsystem km 53,140– km 52,870 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Bestand“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	$v = 120 \text{ km/h}$
Morphologie:	flacher Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 326, BS HH 325, BS HH 323, BS HH 322, BS HH 321, B HH 23, BS HH 318 (s. Unterlagen 18.5.47 und 18.5.48)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU, [SU], [SI], [GI]
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 3,20 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \text{-- MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete frostsichere Materialien zu ersetzen,
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis,
- Nacherkundung erforderlich

Anhang 55

Bemessung Tragschichtsystem km 52,870 – km 51,980 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Einschnitt
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 314, BS HH 310, BS HH 306, BS HH 301, BS HH 300, BS HH 298, BS HH 297, BS HH 294, BS HH 293, BS HH 292c, BS HH 290, BS HH 289, BS HH 287, BS HH 286, BS HH 284, BS HH 283a, SCH HH 40a, BS HH 273 (s. Unterlagen 18.5.48 bis 18.5.51)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU*, ST*, TL, weiche Konsistenz, lokal [SE] (Geschiebelehm/-mergel)
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	2, Wasser \geq 0,60 m u. SO (Stauwasser)
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$, Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{*1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} > d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} > d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ^{1*)} Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
 - Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete frostsichere Materialien zu ersetzen,
 - BA-Material z.B. Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007),
 - wasserführende Sandbänder im Geschiebemergel/-lehm sind beim Aushub zu beachten und entsprechende bautechnische Maßnahmen einzukalkulieren.

Anhang 56

Bemessung Tragschichtsystem km 51,980 – km 51,300 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf (bleibt im Bestand)
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 269, BS HH 266, BS HH 265, B HH 20 BS, B HH 18 BS, BS HH 261, BS HH 252, BS HH 245, BS HH 236a, BS HH 230, BS HH 223, BS HH 221, BS HH 218_neu (s. Unterlagen 18.5.51 bis 18.5.53)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SE], [SI], [SU], [SI], A
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 2,60 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$,
- Korngemisch KG 2,
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit schwerem Gerät

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und durch geeignete Materialien bis zur Kote Planum zu ersetzen,
- Grundstücksbebauung entfernen und entstandene Hohlräume mit geeignetem frostsicheren Material auffüllen, lagenweiser Einbau und Verdichtung,
- Im Bereich km 51,685 (BS HH 249) Hindernis vorhanden (s. Unterlage 18.5.52),
- Weiche, bindige Auffüllungen sind grundsätzlich auszutauschen.

Anhang 57

Bemessung Tragschichtsystem km 51,300 – km 50,870 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf (verläuft im Bestandsgleis)
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 217, BS HH 215, BS HH 213, BS HH 211, BS HH 209, B HH 15 BS, BS HH 207, BS HH 205, BS HH 203, BS HH 196, BS HH 194a, BS HH 193a (s. Unterlagen 18.5.53 bis 18.5.55)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SE, SU, [SE], [SU], [SI], A teils mit Schotter, Schlacke Ziegel und „Waschbergen“, SE, SU
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 2,70 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots$ MN/m ²
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45$ MN/m ²
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100$ MN/m ² , $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm,
- Korngemisch KG1 bzw. KG 2 in Abhängigkeit des geplanten Dammschüttmaterials
- Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle ggf. Einbringung von Grobschlag im Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m)
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis
- Dammverbreiterung ist gemäß Kapitel 7.3.2 auszuführen
- Auffüllungen (A) bestehend aus „Waschbergen“ (Tonschiefersplitt) sind lokal auszuheben und durch geeignete Materialien zu ersetzen
- BA-Material z.B. Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007),
- der Neurahlstädter Graben verläuft am Dammfuß, erhöhte erdbautechnische Maßnahmen werden bei Verlegung erforderlich und sind einzuplanen

Anhang 58

Bemessung Tragschichtsystem km 50,870 – km 50,500 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	etwa geländegleich
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 189, SCH HH 14, BS HH 188a, SCH HH 12, BS HH 183a, SCH HH 10, BS HH 179, BS HH 178, BS HH 174, Sch HH 9 (s. Unterlage 18.5.55)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	SU*, ST*, TL, weiche Konsistenz und Schutzschichten [SI], [GI], [SE] über Geschiebelehm
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser \geq 1,10 m u. SO (Stauwasser)
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 10 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 1
- Bodenaustausch (BA) mit $d = 40 \text{ cm}^{*1)}$ und Setzungsabschätzung

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F3 gemäß ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm) + BA (40 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 105 \text{ cm} > d_{\text{erf Frost}} = 75 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ¹⁾ Die Unterkante des Bodenaustausches kann in Abhängigkeit von entwässerungstechnischen Aspekten auch tiefer liegen,
- bei Planung einer Speicherschicht ist das Korngemisch KG 2 als PSS zu verwenden,
 - Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m) und bis zur Kote Planum durch geeignete frostsichere Materialien zu ersetzen,
 - als Material kann Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 (Ausgabe 2007) verwendet werden,
 - Im Gleis Lübeck - HH sind Schutzschichten unterschiedlicher Stärken vorhanden,
 - Prüfung und Herstellung der Funktionstüchtigkeit der vorhandenen Entwässerungsanlagen (Schächte).

Anhang 59

Bemessung Tragschichtsystem km 50,500 – km 50,325 (Str.1120)

Gleise (Str. 1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf u. Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	$v = 120 \text{ km/h}$
Morphologie:	\pm geländegleich, Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 173, BS HH 168, BS HH 166, BS HH 163, BS HH 161 (s. Unterlagen 18.5.56 u. 18.5.57)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SE], [SU], [SI], SE, SU, lokal OH
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1/2, Wasser $\geq 1,0 \text{ m u. SO}$
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2, D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 2
- Intensive Nachverdichtung mit schwerem Gerät

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gemäß ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Bewuchs und Oberboden sind vollständig abzutragen (i. M. 0,40 m)
- Herstellung einer Arbeitsebene
- Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis
- Dammverbreiterung siehe geotechnischer Bericht Kapitel 7.3.2
- Im Bereich der BS HH 166 (km 50,140) wurde Torf ca. 3,50 m u. SO und ca. 1,50 m mächtig erkundet, Prüfung der dynamische Stabilität, ggf. Nacherkundung

Anhang 60

Bemessung Tragschichtsystem km 50,325 – km 50,285 (Str.1120)

Gleis (1120): „Neubau“	Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf, km 50,325 - km 50,304 Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf, km 50,321 - km 50,285
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	SÜ Höltingbaumbrücke
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 156, B HH 7 (s. Unterlage 18.5.57)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	Verfestigungskörper aus dem Düsenstrahlverfahren
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 2,80 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \dots$ MN/m ²
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45$ MN/m ²
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100$ MN/m ² , $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm,
- Korngemisch KG 2
- die herkömmliche Tragschichtbemessung ist nicht möglich, da in dem Gründungsbereich der EÜ Untergrundertüchtigungsmaßnahmen erforderlich sind.

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 0/65$ cm
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} =$ Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65$ cm \geq $d_{\text{erf Frost}} = 0/65$ cm \rightarrow Nachweis: $d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}}$ erfüllt

Hinweise:

- Als Untergrundertüchtigungsmaßnahme wird in Abstimmung mit dem Fachplaner zur Unterfangung der bestehenden Widerlager- und Pfeilergründungen das Hochdruckinjektionsverfahren empfohlen.

Anhang 61

Bemessung Tragschichtsystem km 50,285 – km 50,150 (Str.1120)

Gleis (1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 156, B HH 6a BS, BS HH 150, BS HH 149, BS HH 147 (s. Unterlagen 18.5.57 und 18.5.58)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	HN, HZ
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 2,50 m u. SO, gespanntes Wasser
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \text{-- MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$
- Korngemisch KG 2
- die herkömmliche Tragschichtbemessung ist nicht möglich, da Torf und Mudde im Untergrund nachgewiesen worden sind
- als Untergrundertüchtigungsmaßnahme werden vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen (RSS)^{*1)} vorgeschlagen

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ^{*1)} als untergrundverbessernde Maßnahme z. B. vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen im Vierecksraster mit geogitterverstärktem Bodenpolster, Rasterabstand 1,50 m, Durchmesser 0,60 m
- Beseitigung von Bewuchs und Gehölzen und Einbau geeigneter Materialien bis zum Planum
 - Herstellen der Dammaufstandsfläche ohne Nachweis
 - Dammverbreiterung gemäß Kap. 7.3.2

Anhang 62

Bemessung Tragschichtsystem km 50,150 – km 49,750 (Str.1120)

Gleis (1120): „Neubau“	Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf
Geschwindigkeit:	v = 140 km/h
Morphologie:	flacher Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 142, BS HH 136, BS HH 131, BS HH 127, BS HH 123 (s. Unterlagen 18.5.59 u. 18.5.60)
Maßgebende Bodenart/-schicht: (ca. 1,05 m u. SO)	[SE], [SU], SE, lokal A
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser \geq 3,80 m u. SO
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = 20 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35 \text{ cm}$,
- Korngemisch KG 2
- Nachverdichtung der Aushubsohle

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 0/65 \text{ cm}$
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} = d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- Einbau Weichentrapez

Anhang 63

Bemessung Tragschichtsystem ca. km 50,304 – km 50,100 (Str.1120)

Gleis (1120): „Neubau“	Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf
Geschwindigkeit:	v = 120 km/h
Morphologie:	Damm
Maßgebende Sondierprofile:	BS HH 156, BS HH 150, B HH 6a BS, BS HH 149, BS HH 147, BS HH 140, BS HH 136 (s. Unterlagen 18.5.57 bis 18.5.59)
Maßgebende Bodenart/-schicht:	HN, HZ
Hydrologischer Fall (Zielzustand):	1, Wasser $\geq 2,50$ m u. SO, gespanntes Wasser
Bemessungsmodul (E_H):	$E_H = \text{-- MN/m}^2$
Forderungswert auf dem Planum:	$E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
Forderungswert OFTS:	$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$, $D_{Pr} = 1,0$

Bautechnische Schlussfolgerungen/ Bemessung / Sonstige Hinweise:

Bemessung Tragfähigkeit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Dicke PSS: $d_{TS} = 35$ cm, Korngemisch KG 2
- die herkömmliche Tragschichtbemessung ist nicht möglich, da Torf und Mudde im Untergrund nachgewiesen worden sind
- als Untergrundertüchtigungsmaßnahme werden vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen (RSS)^{*1)} vorgeschlagen (s. Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf)

Bemessung Frostsicherheit (gem. Ril 836.4101A02 und Ril 836.4101A04)

- Frosteinwirkungsgebiet: II
- Frostempfindlichkeitsklasse: F1/2 gem. ZTVE-StB 09
- Erforderliche Dicke: $d_{\text{erf Frost}} = 65$ cm
- Tragschicht vorhanden $d_{TS \text{ vorh}} = \text{Schotter (30 cm) + PSS (35 cm)}$
- $d_{TS \text{ vorh}} = 65 \text{ cm} \geq d_{\text{erf Frost}} = 65 \text{ cm} \rightarrow \text{Nachweis: } d_{TS \text{ vorh}} \geq d_{\text{erf Frost}} \text{ erfüllt}$

Hinweise:

- ¹⁾ Als untergrundverbessernde Maßnahme z. B. vermörtelte bzw. teilvermörtelte Rüttelstopfsäulen mit geogitterverstärktem Bodenpolster, Rasterabstand 1,50 m im Vierecksraster, Durchmesser 0,60 m, Einbindetiefe ca. 1,0 m in den tragfähigen Baugrund
- Rückbau bestehender Gleisanlagen
 - Dammverbreiterung gemäß Kap. 7.3.2

Für das Gleis Lübeck Hbf - Hamburg Hbf von km 50,100 - km 49,750 wurden vorerst die Baugrundverhältnisse sowie die Tragschichtbemessung aus dem Gleis Hamburg Hbf - Lübeck Hbf von km 50,150 - km 49,750 angenommen. Hier werden Nacherkundungen erforderlich.