

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund.....	1
1.1.1	Geschichte der Liebherr-Werk Nenzing GmbH	1
1.1.2	Entstehung des Kompendiums.....	2
1.2	Aufbau und Gebrauch des Kompendiums	2
1.2.1	Allgemeines	2
1.2.2	Aufbau der Hauptkapitel	3
1.2.2.1	Verfahrensprinzip	3
1.2.2.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	3
1.2.2.3	Gerätesystem mit Ausrüstung.....	3
1.2.3	Anwendungen der Baugrundverbesserungsverfahren	3
1.2.4	IT-Lösungen.....	4
1.2.5	Technische Erläuterungen zum Kompendium	4
2	Allgemeines	7
3	Nassmischen	15
3.1	Verfahrensprinzip	16
3.1.1	Unverrohrtes Mischen.....	16
3.1.1.1	Einfachgestänge	16
3.1.1.2	Mehrfachgestänge.....	17
3.1.1.3	Endlosschnecken	19
3.1.1.4	Gegenläufiger Mischkopf	21
3.1.2	Verrohrtes Mischen	22
3.1.2.1	Niederdruckspülung	22
3.1.2.2	Hochdruckspülung	24
3.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	26
3.2.1	Eigenschaften.....	26
3.2.2	Anwendungsgrenzen	27
3.3	Gerätesystem mit Ausrüstung	28
3.3.1	Trägergeräte	28
3.3.1.1	Unverrohrtes Mischen.....	28
3.3.1.1.1	Einfachgestänge	28
3.3.1.1.2	Mehrfachgestänge.....	32
3.3.1.1.3	Gegenläufiger Mischkopf	34

3.3.1.2	Verrohrtes Mischen.....	35
3.3.2	Misch- und Bohrantriebe	36
3.3.2.1	Mischantriebe.....	36
3.3.2.2	Bohrantriebe.....	39
3.3.3	Mischanlagen	43
3.3.3.1	Allgemeines	43
3.3.3.2	Anlageneinheiten	44
3.3.3.2.1	Silos und Förderschnecken	44
3.3.3.2.2	Wasserbehälter.....	44
3.3.3.2.3	Suspensionsmischer.....	45
3.3.3.2.4	Vorratsbehälter	46
3.3.3.2.5	Förderpumpen.....	47
3.3.3.2.5.1	Plungerpumpen.....	47
3.3.3.2.5.2	Exzentrerschneckenpumpen.....	48
3.3.3.3	Steuerung.....	48
3.3.3.4	Kompaktmischanlagen	50
3.3.4	Maschinengrenzen	52
3.3.4.1	Unverrohrtes Mischen.....	52
3.3.4.1.1	Einfachgestänge.....	52
3.3.4.1.2	Mehrfachgestänge.....	54
3.3.4.1.3	Gegenläufiger Mischkopf	57
3.3.4.2	Verrohrtes Mischen.....	58
3.3.5	Werkzeugsystem	59
3.3.5.1	Unverrohrtes Mischen.....	59
3.3.5.1.1	Einfachgestänge	59
3.3.5.1.2	Mehrfachgestänge.....	61
3.3.5.1.3	Gegenläufiger Mischkopf	63
3.3.5.2	Verrohrtes Mischen.....	64
3.3.5.2.1	Druckrohre	64
3.3.5.2.2	Bohrrohre	65
3.3.5.2.3	Schneidschuhe.....	66
3.3.5.2.4	Kopfstücke	66
3.3.5.2.5	Mischschnecken.....	67
3.3.5.2.6	Schneckenanfänger.....	68
3.3.5.3	Verschleißteile.....	69

4	Trockenmischen	71
4.1	Verfahrensprinzip	71
4.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	72
4.2.1	Eigenschaften.....	72
4.2.2	Anwendungsgrenzen.....	73
4.3	Gerätesystem mit Ausrüstung.....	73
4.3.1	Trägergeräte	73
4.3.2	Kalk-Zement-Station.....	74
4.3.3	Mischantriebe.....	76
4.3.4	Maschinengrenzen	76
4.3.5	Werkzeugsystem	77
5	Fräsmischen	79
5.1	Verfahrensprinzip	79
5.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	81
5.2.1	Eigenschaften.....	81
5.2.2	Anwendungsgrenzen.....	82
5.3	Gerätesystem mit Ausrüstung.....	82
5.3.1	Trägergeräte	82
5.3.1.1	Mit Kopfführung (TD).....	83
5.3.1.2	Mit Durchgangsführung (HTGD).....	85
5.3.2	Kellystangen und Kellyführungen	86
5.3.2.1	Kellystangen.....	86
5.3.2.2	Kellyführungen.....	87
5.3.2.3	Konfigurationen	88
5.3.3	Fräsmischköpfe	89
5.3.4	Maschinengrenzen	90
5.3.4.1	Mit Kopfführung (TD).....	90
5.3.4.2	Mit Durchgangsführung (HTGD).....	90
5.3.5	Werkzeugsystem	91
6	Anwendungen der Bodenmischverfahren	93
6.1	Allgemeines	93
6.2	Unverrohrtes Mischen	93
6.2.1	Einzelsäulen zur Bodenstabilisierung.....	93
6.2.1.1	Anordnung beim Mischen mit Einfachgestänge	94
6.2.2	Bodenmischlamellen zur Bodenstabilisierung.....	94

6.2.2.1	Anordnung beim Mischen mit Zweifachgestänge.....	95
6.2.2.2	Anordnung beim Mischen mit Dreifachgestänge.....	96
6.2.3	Dichtwände und Baugrubenverbauwände.....	97
6.2.3.1	Bodenmischlamellen „frisch in frisch“.....	97
6.2.3.2	Bodenmischlamellen im Pilgerschrittverfahren.....	97
6.2.3.3	Bodenmischlamellen mit Endlosschnecken im doppelten Pilgerschrittverfahren.....	98
6.3	Verrohrtes Mischen.....	99
6.3.1	Mischen mit Niederdruckspülung im modifizierten Pilgerschrittverfahren.....	99
6.4	Fräsmischen.....	101
6.5	Statisch belastbare Bodenmischelemente.....	102
6.6	Beispiele für die Anordnung von Bodenmischelementen.....	103
6.7	Dimensionierung von Mischanlagen.....	104
7	Tiefenverdichtung mit Tiefenrüttler.....	107
7.1	Verfahrensprinzip.....	109
7.1.1	Rütteldruckverdichtung.....	109
7.1.2	Rüttelstopfverdichtung.....	111
7.1.2.1	Trockenverfahren mit Materialzugabe von der Geländeoberkante.....	112
7.1.2.2	Nassverfahren.....	113
7.1.2.3	Trockenverfahren mit Materialzugabe von der Rüttlerspitze.....	115
7.1.3	Rüttelstopfverdichtung mit hydraulischen Bindemitteln.....	118
7.1.3.1	Vermörteltes Verfahren.....	118
7.1.3.2	Fertigmörtelverfahren.....	119
7.1.3.3	Teilvermörteltes Verfahren.....	120
7.1.3.4	Betonrüttelverfahren.....	121
7.1.4	Bewehrte Rüttelstopfverdichtung.....	122
7.1.4.1	Geokunststoffummantelte Sand- und Schotterssäulen.....	122
7.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen.....	123
7.2.1	Eigenschaften.....	123
7.2.1.1	Rütteldruckverdichtung.....	123
7.2.1.2	Rüttelstopfverdichtung.....	125
7.2.2	Anwendungsgrenzen.....	126
7.2.2.1	Allgemeines.....	126
7.2.2.2	Rütteldruckverdichtung.....	126
7.2.2.3	Rüttelstopfverdichtung.....	128
7.3	Gerätesystem mit Ausrüstung.....	129

7.3.1	Trägergeräte	129
7.3.1.1	Raupenbagger mit Tiefenrüttler.....	129
7.3.1.2	Mäklergeführtes Tiefenrütteln.....	130
7.3.1.3	Freireitendes Tiefenrütteln	133
7.3.2	Tiefenrüttler	135
7.3.2.1	Funktionsweise.....	135
7.3.2.2	Elektrische Tiefenrüttler.....	136
7.3.2.3	Hydraulische Tiefenrüttler	137
7.3.3	Luftkompressoren.....	138
7.3.4	Maschinengrenzen	139
7.3.4.1	Raupenbagger	139
7.3.4.2	Mäklergeführt mit Schleusenrüttler.....	139
7.3.4.3	Freireitend.....	140
7.3.5	Werkzeugsystem	142
7.3.5.1	Versenkeinheit für die Rütteldruckverdichtung mit Tiefenrüttler	142
7.3.5.1.1	Verlängerungsrohre und Rollenkopf	142
7.3.5.1.2	Verschleiß- und Außenbauteile des Tiefenrüttlers	144
7.3.5.1.3	Rüttlerspitzen für die Rütteldruckverdichtung	145
7.3.5.2	Versenkeinheit für die Rüttelstopfverdichtung mit Schleusenrüttler	146
7.3.5.2.1	Materialschleuse	146
7.3.5.2.2	Silorohre	148
7.3.5.2.3	Verschleiß- und Außenbauteile des Tiefenrüttlers	149
7.3.5.2.4	Rüttlerspitzen für die Rüttelstopfverdichtung	150
8	Tiefenverdichtung mit Aufsatzrüttler.....	153
8.1	Verfahrensprinzip	153
8.1.1	Mechanische Grundlagen des Rüttelns.....	153
8.1.1.1	Grundprinzip.....	153
8.1.1.2	Schwingungserzeugung	154
8.1.1.3	Rammgutbewegung	155
8.1.1.4	Kenngößen.....	156
8.1.1.4.1	Statisches Moment.....	156
8.1.1.4.2	Erregerkraft.....	157
8.1.1.4.3	Frequenz	157
8.1.1.4.4	Schwingweite	157
8.1.1.4.5	Beschleunigung.....	158

8.1.1.4.6	Auflast	158
8.1.2	Tiefenverdichtung mit Verdichtungsbohle.....	159
8.1.3	Tiefenverdichtung mit Verrohrung.....	160
8.1.3.1	Rüttelsäulen.....	160
8.1.3.2	Rüttelstopfsäulen.....	162
8.1.3.3	Betonrüttelsäulen.....	164
8.1.3.3.1	Geschlossenes System	164
8.1.3.3.1.1	Einrütteln	165
8.1.3.3.1.2	Betonieren und Ziehen.....	166
8.1.3.3.1.3	Bewehren	167
8.1.3.3.2	Offenes System	167
8.1.3.3.2.1	Einrütteln	168
8.1.3.3.2.2	Bewehren	168
8.1.3.3.2.3	Betonieren und Ziehen.....	169
8.1.3.4	Geokunststoffummantelte Rüttelsäulen.....	169
8.1.3.4.1	Verdrängungsverfahren.....	170
8.1.3.4.1.1	Einrütteln	170
8.1.3.4.1.2	Einlegen des Geokunststoffs und Verfüllen mit Zugabematerial	171
8.1.3.4.1.3	Ziehen	172
8.1.3.4.2	Aushubverfahren	174
8.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	175
8.2.1	Eigenschaften.....	175
8.2.1.1	Tiefenverdichtung mit Verdichtungsbohle.....	175
8.2.1.2	Tiefenverdichtung mit Verrohrung.....	176
8.2.1.2.1	Rüttelsäulen und Rüttelstopfsäulen.....	176
8.2.1.2.2	Betonrüttelsäulen.....	177
8.2.1.2.3	Geokunststoffummantelte Rüttelsäulen.....	178
8.2.2	Anwendungsgrenzen	179
8.2.2.1	Tiefenverdichtung mit Verdichtungsbohle.....	180
8.2.2.2	Tiefenverdichtung mit Verrohrung.....	181
8.2.2.2.1	Rüttelsäulen, Rüttelstopfsäulen, Betonrüttelsäulen.....	181
8.2.2.2.2	Geokunststoffummantelte Rüttelsäulen.....	181
8.3	Gerätesystem mit Ausrüstung.....	182
8.3.1	Trägergeräte	182
8.3.1.1	Mäklergeführt	182
8.3.1.2	Freireitend.....	185

8.3.2	Rüttler	186
8.3.2.1	Bauformen.....	186
8.3.2.1.1	Aufsatzrüttler	187
8.3.2.1.2	Gürtelrüttler	188
8.3.2.1.3	Baggeranbaurüttler.....	188
8.3.2.2	Konstantes statisches Moment.....	189
8.3.2.3	Variables statisches Moment	190
8.3.2.3.1	Verstellung mit verteilten Wellen	192
8.3.2.3.2	Verstellung mit konzentrischen Wellen	193
8.3.2.4	Resonatoren.....	194
8.3.2.5	Klemmzangensysteme.....	194
8.3.2.5.1	Klemmzangen	194
8.3.2.5.2	Wendeplatten und Leisten	196
8.3.2.5.3	Anordnungsbeispiele	196
8.3.3	Spülhilfen.....	197
8.3.3.1	Außenspülung	197
8.3.3.2	Innenspülung.....	198
8.3.3.3	Spülanlagen.....	198
8.3.4	Betonpumpen	199
8.3.5	Maschinengrenzen	200
8.3.5.1	Mäklergeführt	200
8.3.5.2	Freireitend.....	201
8.3.6	Werkzeugsystem	201
8.3.6.1	Tiefenverdichtung mit Verdichtungsbohle.....	201
8.3.6.2	Tiefenverdichtung mit Verrohrung.....	202
8.3.6.2.1	Rüttelsäulen.....	202
8.3.6.2.2	Rüttelstopfsäulen.....	203
8.3.6.2.2.1	Rüttelrohr, Einfülltrichter und Vorratsbehälter	203
8.3.6.2.2.2	Rüttelspitzen.....	205
8.3.6.2.3	Betonrüttelsäulen.....	206
8.3.6.2.3.1	Geschlossenes System	206
8.3.6.2.3.2	Offenes System	207
8.3.6.2.4	Geokunststoffummantelte Rüttelsäulen.....	208

9 Anwendungen der Tiefenverdichtungsverfahren..... 211

9.1	Rütteldruckverdichtung	211
-----	------------------------------	-----

9.1.1	Allgemeines	211
9.1.2	Verdichtungsraster	212
9.1.3	Verdichtungsmethoden	214
9.1.3.1	Stufenweises Ausfahren	215
9.1.3.2	Intervallstopfen	216
9.1.3.3	Pilgerschrittmethode	216
9.1.4	Tandem-Verdichtung	217
9.1.5	Verdichtungskontrolle	219
9.2	Rüttelstopfverdichtung	220
9.2.1	Allgemeines	220
9.2.2	Säulenraster	222
9.2.3	Verdichtungsmethoden	225
9.2.3.1	Stopfschema	225
9.2.3.2	Bearbeitungsfolge der Verdichtungspunkte	225
9.2.4	Qualitätskontrolle	226
9.3	Tiefenverdichtung mit Aufsatzrüttler	227
9.3.1	Tiefenverdichtung mit Verdichtungsbohle	227
9.3.2	Tiefenverdichtung mit Verrohrung	228
9.3.2.1	Rüttelsäulen	228
9.3.2.2	Rüttelstopfsäulen	228
9.3.2.2.1	Allgemeines	228
9.3.2.2.2	Säulenraster	228
9.3.2.2.3	Stopfschema	229
9.3.2.2.4	Bearbeitungsfolge beim Verdichten	229
9.3.2.2.5	Qualitätskontrolle	230
9.3.2.2.6	Menge des Zugabematerials	230
9.3.2.3	Betonrüttelsäulen	231
9.3.2.4	Geokunststoffummantelte Rüttelsäulen	233
9.3.2.4.1	Allgemeines	233
9.3.2.4.2	Beispiele für die Anordnung von geokunststoffummantelten Rüttelsäulen	234
9.3.2.4.3	Säulenraster	234
9.3.2.4.4	Systemoptimierung	235
9.3.2.4.5	Abdichtung gegen gespanntes Grundwasser	236
10	Fallgewichtsverdichtung	239
10.1	Verfahrensprinzip	239

10.1.1	Wirkungsweise	239
10.1.2	Verfahrensablauf	241
10.1.3	Tiefenwirkung	242
10.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	244
10.2.1	Eigenschaften	244
10.2.2	Anwendungsgrenzen	245
10.3	Gerätesystem mit Ausrüstung	246
10.3.1	Trägergeräte	246
10.3.2	Maschinengrenzen	247
10.3.3	Werkzeugsystem	247
10.3.3.1	Fallgewichte	248
10.3.3.2	Ausklinkvorrichtung	248
11	Impulsverdichtung	251
11.1	Verfahrensprinzip	251
11.2	Eigenschaften und Anwendungsgrenzen	252
11.2.1	Eigenschaften	252
11.2.2	Anwendungsgrenzen	253
11.3	Gerätesystem mit Ausrüstung	253
11.3.1	Trägergeräte	253
11.3.2	Hämmer	255
11.3.3	Maschinengrenzen	255
11.3.4	Werkzeugsystem	255
12	Anwendungen der Fallgewichtsverdichtung und Impulsverdichtung	257
12.1	Allgemeines	257
12.2	Ablauf bei der Verdichtung	257
12.2.1	Punkt an Punkt	257
12.2.2	Einfaches Pilgerschrittverfahren	257
12.2.3	Doppeltes Pilgerschrittverfahren	258
12.3	Sanierung von Deichen	258
12.4	Herstellung von Schottersäulen	258
12.5	Verdichtung von Müllkörpern	260
12.6	Vertikaldräns als Hilfsmaßnahme	261
12.6.1	Allgemeines	261
12.6.2	Arten von Vertikaldräns	261
12.6.3	Einbau vorgefertigter Dräns	261

13 IT-Lösungen.....	267
13.1 Allgemeines	267
13.1.1 Digitalisierung im Bauwesen	267
13.1.2 Digitalisierung im Spezialtiefbau	267
13.2 Umfeldaufnahme	268
13.3 Planung	269
13.3.1 Maschineneinsatzplanung.....	269
13.3.2 MyJobsite.....	270
13.3.3 Hubeinsatzplanung.....	270
13.3.4 Fahrsimulator.....	271
13.4 Fahrerassistenzsysteme.....	273
13.4.1 Fernsteuerung	273
13.4.2 Steuerungsbildschirm	273
13.4.3 Kamerasysteme.....	274
13.4.4 Positionierungssystem.....	274
13.4.5 Prozessdatenerfassung	275
13.4.6 Mäklerausrichtautomatik.....	277
13.4.7 Vorschubassistent	277
13.4.8 Vertikalitätsassistent.....	277
13.4.9 Referenzwertkontrolle beim Nassmischen.....	277
13.4.10 Rüttelassistent	278
13.4.11 Hinderniserkennung.....	278
13.4.12 Freifallsteuerung	279
13.4.13 Windenautomatik.....	279
13.4.14 Bodendruckassistent.....	279
13.4.15 Anbaugeräteerkennung	280
13.5 Qualitätsmanagement	280
13.5.1 MyJobsite.....	280
13.5.1.1 Planung	281
13.5.1.2 Baufortschritt.....	281
13.5.1.3 Prozessdaten	281
13.5.1.4 Benachrichtigungen.....	282
13.5.2 Prozessdatennutzung	282
13.5.3 Echtzeitüberwachung	283
13.6 Telematiksystem	283
13.6.1 Maschineninformationen.....	284

13.6.2	Benachrichtigungen.....	284
13.6.3	Wartung.....	284
13.6.4	Berichte.....	284
13.6.5	Teleservice.....	285

14 Technische Erläuterungen zum Kompendium 287

14.1	Trägergeräte	287
14.2	Misch- und Bohrantriebe	287
14.3	Aufsatzrüttler	288
14.4	Hämmer	288
14.5	Technische Daten	288
14.5.1	Mäklerlänge.....	288
14.5.2	Abstand Drehachse zu Mischachse bzw. Rammachse bzw. Verdichtungspunkt.....	288
14.5.3	Nutzlänge.....	288
14.5.3.1	Nassmischen und Trockenmischen.....	288
14.5.3.2	Fräsmischen.....	289
14.5.3.3	Tiefenverdichtung mit Aufsatzrüttler	291
14.5.3.4	Tiefenverdichtung mit Tiefenrüttler	292
14.5.4	Mäklerhöhenverstellung	293
14.5.5	Auslegerlänge.....	294
14.5.6	Gesamthöhe.....	294
14.5.7	Hakenhöhe.....	294
14.5.8	Rohrlänge.....	294
14.5.9	Fallhöhe.....	294
14.5.10	Traglast.....	295
14.5.11	Windenzugkraft	295
14.6	Maschinengrenzen.....	295
14.6.1	Generelles	295
14.6.2	Säulendurchmesser und Lamellenabmessungen beim Bodenmischen	295
14.6.2.1	Nassmischen.....	295
14.6.2.2	Trockenmischen	296
14.6.2.3	Fräsmischen.....	296
14.6.3	Säulendurchmesser bei der Tiefenverdichtung mit Aufsatzrüttler.....	296
14.6.4	Säulendurchmesser bei der Tiefenverdichtung mit Tiefenrüttler.....	296
14.6.4.1	Mäklergeführt mit Schleusenrüttler.....	296
14.6.5	Mischtiefen beim Bodenmischen	296

14.6.5.1	Nassmischen.....	297
14.6.5.2	Trockenmischen	299
14.6.5.3	Fräsmischen.....	300
14.6.6	Rammtiefen bei der Tiefenverdichtung mit Aufsatzrüttler.....	300
14.6.7	Versenkiefen bei der Tiefenverdichtung mit Tiefenrüttler	302
14.6.8	Traglast.....	303
14.6.9	Vorspannkraft und Zugkraft	303
14.6.10	Zugkraft Kellywinde	305
14.7	Farbmuster	305
Literaturverzeichnis		307