

Fabian Kirsch, Kurt-M. Borchert

7 Genehmigungs- und Zulassungsvoraussetzungen von Bodenmischsäulen

7.1 Einleitung

Vorliegender Beitrag behandelt die technischen und genehmigungsrechtlichen Belange beim Einsatz von sogenannten Bodenmischsäulen zur Verbesserung der Baugrundeigenschaften bzw. zur Herstellung eines lastabtragenden Elementes im Untergrund.

Aus vorangegangener Erläuterung wird schon ersichtlich, dass Bodenmischsäulen einerseits zur kompakten Verbesserung des in situ anstehenden Baugrundes (auch bezeichnet als Massenstabilisierung) Verwendung finden können. Dabei werden die Säulen mit Überschnitt angeordnet, so dass im Ergebnis ein Bodenzementkörper entsteht. Seine Eigenschaften sind dann so auszulegen, dass die geplanten Gründungslasten – beispielsweise von Verkehrswegedämmen oder auch Gebäudegründungen – sicher abgeleitet werden können.

Eine andere Ausführungsform stellt die Herstellung zylindrischer Bodenmischkörper – dann die eigentliche Bodenmischsäule – dar. Diese Säule stellt als Festigkeit entwickelndes Tragglied ein Bauteil bzw. eine Bauart im Sinne der Landesbauordnungen dar. Entsprechend muss die Planung, Bemessung und Ausführung entweder Gegenstand technischer Baubestimmungen (bauaufsichtlich eingeführte Normen), allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen oder Zustimmungen im Einzelfall sein.

Im weiteren Beitrag werden Bodenmischsäulen im engeren Sinne auch als Stabilisierungssäulen bezeichnet, die unter Verwendung eines mechanischen Rührwerkzeuges, welches um eine vertikale Achse rotiert, ein nasses oder trockenes, Festigkeit entwickelndes Zugabematerial mit dem anstehenden Boden vermischen.

Dies stellt gegenüber den in den aktuell in Arbeit befindlichen Empfehlungen des Arbeitskreises 2.8 „*Stabilisierungssäulen*“ der DGGT [1] für „*Bodenmischsäulen*“ eine zusätzliche Konkretisierung dar. In genanntem Merkblatt, welches derzeit in erster Entwurfsfassung noch unveröffentlicht vorliegt, werden neben den mit mechanischem Einmischen herzustellenden Körpern auch Düsenstrahl- oder Verfahren vergleichbar dem Fräsmischinjektionsverfahren behandelt.

Grundlegende Anforderungen an die geotechnische Bemessung und Ausführung sind im Normenhandbuch EC 7-1 (DIN EN 1997, Teil 1: 2009-09, DIN EN 1997-1/NA: 2010-12 in Verbindung mit DIN 1054: 2010-12) zusammengefasst. Hinweise zur Verwendung von Bodenmischverfahren finden sich auch in den Richtlinien der DB AG (RiL 836) sowie in den Merkblättern der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Die für die Herstellung von Bodenmischsäulen relevante Anwendungsnorm ist die DIN EN 14679:2005-07: *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - tiefreichende Bodenstabilisierung*, die in Deutschland allerdings nicht bauaufsichtlich eingeführt ist. Wichtige Aspekte zur inneren Standsicherheit von Bodenmischsäulen werden in DIN 4093: *Bemessung von verfestigten Bodenkörpern – Hergestellt mit Düsenstrahl-, Deep-Mixing- oder Injektions-Verfahren* erläutert. Einen sehr guten Überblick über die zur Verfügung stehenden Technologien und die relevanten Ausführungsparameter stellt Topolnicki in [2] vor. Weitere Erläuterungen und Anwendungshinweise werden auch von Sondermann und Kirsch in [3] gegeben.

Nachfolgende Tabelle 1 liefert eine Einordnung der Bodenmischsäulen in den Kanon der Baugrundverbesserungsmaßnahmen nach [3]. Hiernach können die Bodenmischsäulen dem dort genannten Einmischverfahren (MIP-Verfahren) zugeordnet werden.

Austauschen	Verdichten		Bewehren		
	statische Methoden	dynamische Methoden	mit verdrängender Wirkung (Umgebungsverdichtung)	ohne verdrängende Wirkung	
Bodenaustausch				mechanisches Einbringen	hydraulisches Einbringen
Bodenaushub					
	Vorbelastung	Vibrationsverdichtung	Rüttelstopfverdichtung	MIP-Verfahren	Düsenstrahlverfahren
	Vorbelastung mit Konsolidierung	<ul style="list-style-type: none"> • Tiefenrüttler • Aufsatzrüttler 	Rüttelstopfvermörtelung	FMI-Verfahren	
	Verdichtungsinjektion	Stoßverdichtung	Sandverdichtungspfähle	Injektionen	
	Grundwasserbeeinflussung	<ul style="list-style-type: none"> • Fallplatte • Sprengung • Luft-Impuls-Verfahren 	Kalk/Zement-Stabilisierungssäulen	Vereisung	
			Verdichtungsinjektion		

Tabelle 1: Methoden der Baugrundverbesserung nach [3].

Im Ergebnis des Einmischverfahrens wird durch mechanisches Einbringen ohne verdrängende Wirkung eine Bewehrung des anstehenden Bodens erzeugt. Wenn der Lastabtrag über Säulen bzw. Säulengruppen dergestalt planerisch vorgesehen ist, dass die überwiegend vertikalen Beanspruchungen durch den großen Steifigkeitsunterschied zwischen der Bodenmischsäule und dem umgebenden Boden in die Säule eingeleitet und beispielsweise durch Aktivierung eines Säulenfußwiderstandes in tieferliegende tragfähige Schichten eingeleitet werden, so sind neben den üblichen qualitätssichernden Kriterien besondere Voraussetzungen für diesen Einsatz zu erfüllen, die im vorliegenden Beitrag näher erläutert werden soll.

7.2 Tiefeneinmischverfahren nach europäischer Normung

Die eingangs erwähnte DIN EN 14679 stellt die grundlegenden Erfordernisse sowie die Entwurfskriterien für den Einsatz von Bodenmischsäulen als tiefreichende Bodenstabilisierung zusammen. Dabei wird die tiefreichende Bodenstabilisierung als Verfahren der Anmischung des in situ anstehenden Baugrundes durch rotierende mechanische Mischwerkzeuge definiert. Eine vorhandene horizontale Stützung durch den umgebenden Boden wird durch die Herstellung nicht aufgelöst. Weiter wird eine Abgrenzung zu den oberflächlichen Stabilisierungsverfahren dergestalt vor-

genommen, dass die Behandlung des Bodens bis in eine Tiefe von mehr als 3 m vorgenommen wird.

Zur Herstellung der tiefreichenden Bodenstabilisierung existiert eine fast unbegrenzte Breite unterschiedlichster Mischwerkzeuge und Technologien. Nachfolgend sollen wesentlich die Verfahren behandelt werden, bei denen Werkzeuge mit einer sogenannten einaxialen Rotation (vgl. Bild A.1 der DIN 14679) eingesetzt werden. Durch entsprechende Überschneidungsbeträge lassen sich auch mit säulenartigen Körpern beliebige Geometrien zur Massenstabilisierung ausführen. Für die Einordnung der Verfahren soll nachfolgend kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Nass- und Trockeneinmischverfahren vorgenommen werden, obwohl die Vermengung des anstehenden Bodens mit Bindemittel in trockener Form, das beispielsweise mit Hilfe von Druckluft in den Boden eingebracht und mit dem anstehenden Boden vermengt wird, bzw. das Einpressen einer Bindemittelsuspension mit einer ebensolchen Vermengung im Hinblick auf die zu verwendenden Werkstoffe und Verfahrensparameter durchaus zu erheblich unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Details zu den Mischungsverhältnissen und einzusetzenden Bindemittelgemischen können beispielsweise der Unterlage [2] entnommen werden.

Im Hinblick auf die Werkzeuge unterscheiden sich Nass- und Trockenmischverfahren beispielsweise in der Anzahl der Mischwellen oder auch der Möglichkeit des Einsatzes durchgehender Bohrschnecken zum Einmischen des dann in der Regel flüssigen Suspensionsgemisches. Insbesondere in Bezug auf die im Rahmen der Herstellung aufzuzeichnenden Verfahrensparameter und die Inhalte der zwingend vor Ausführung einer tiefreichenden Bodenstabilisierung zu erstellenden Verfahrensbeschreibung gibt die DIN EN 14679 wertvolle Hinweise. Vor allem wird die wesentliche Verfahrensgröße der sogenannten Flügelumdrehungszahl (auch Blade Rotation Number) hervorgehoben, die neben dem eigentlichen volumetrischen Gehalt des Zugabematerials wesentlich die Qualität und Homogenität sowie daraus resultierend die Festigkeit des Bodenmischkörpers bestimmt. Die Flügelumdrehungszahl ergibt sich als Produkt der Anzahl der Mischflügel des Werkzeuges und der Umdrehungsgeschwin-

digkeit der Welle in Verbindung mit der zugehörigen Ziehrate. Die Flügelumdrehungszahl nimmt dabei üblicherweise Werte größer 350 an.

7.3 Technische und planerische Anforderungen

Für die Planung von Bodenmischsäulen sind aussagefähige Baugrunduntersuchungen gemäß EC 7.2 in Verbindung mit DIN 4020 erforderlich. Dabei sind insbesondere nachfolgende Parameter als charakteristische Kenngrößen schichtbezogen und in Homogenbereichen zusammengefasst zu ermitteln:

γ/γ'	Wichte – Wichte unter Auftrieb
φ'	Reibungswinkel im dränierten Zustand
c'	Kohäsion im dränierten Zustand
c_u	Kohäsion im undränierten Zustand

Darüber hinaus sind Details zur Kornverteilung und ggf. Abrasivität des Baugrundes erforderlich. Vor allem ist der Anteil organischer Bestandteile zu spezifizieren, da dieser die Erhärtung des Bodenbindemittelgemisches maßgeblich beeinflussen kann. Auch sind die chemischen Eigenschaften und der Angriffsgrad des Grundwassers sowie des Baugrundes anzugeben. Im Baugrund befindliche Hindernisse aus Bauwerksresten oder Auffüllungen oder Steinlagen und Findlinge sind für die Verfahren hinderlich und entsprechend zu beschreiben. Zu den ebenfalls relevanten physikalischen Eigenschaften zählen der natürliche Wassergehalt, die Mineralogie sowie die Konsistenzgrenzen und Lagerungsdichten. Letztlich sind auch die Durchlässigkeit und die Verformungseigenschaften relevant.

Neben den oben angegebenen Baugrundeigenschaften ist auch auf eventuell vorhandene quellfähige Böden oder das Vorhandensein von Hohlräumen und Klüften sowie auf das Druckniveau des anstehenden Grundwassers (Grundwasserschwankungsbreiten und artesischen Drücke) hinzuweisen.

Da die Eigenschaften des Bodenbindemittelgemisches nur in ungefährer Größenordnung auf der Basis des vor Ort anstehenden Bodens abge-

schätzt werden können, kommt der vorlaufenden und baubegleitenden Durchführung von Labor- und Feldversuchen eine besondere Bedeutung zu.

Nachfolgendes Bild 1 ist der DIN 14679 [4] nachempfunden und zeigt sehr anschaulich das Erfordernis von Anmischversuchen sowie vorlaufenden und baubegleitenden Feldversuchen zur Ermittlung des erforderlichen Zementgehaltes und der entsprechenden Homogenität der Stabilisierungskörper.

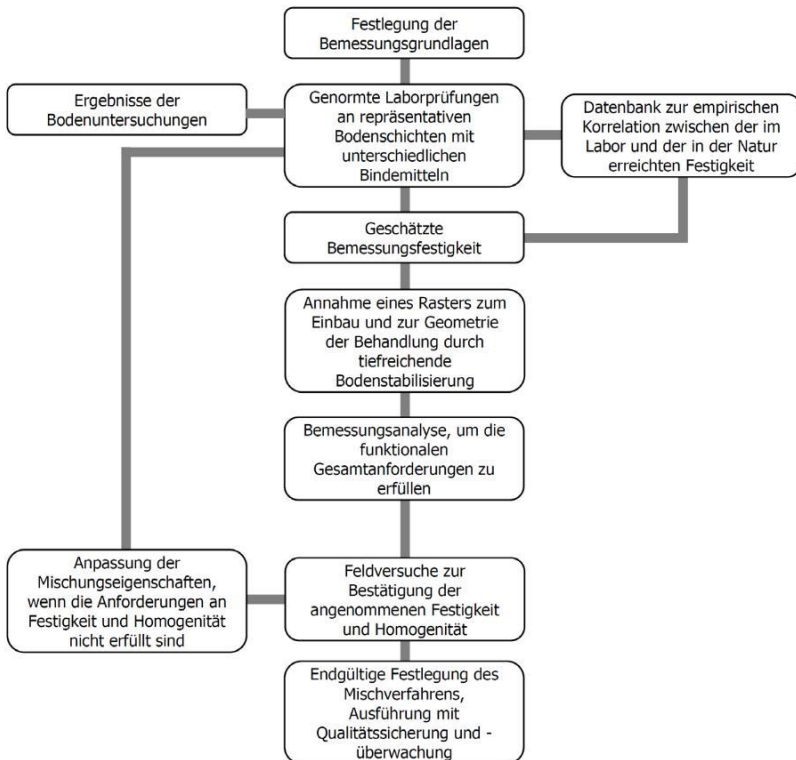


Bild 1: Iterativer Bemessungsprozess einschl. Laborversuchen, funktionaler Feldversuche mit Ausführungsplanung nach [4].

Besondere Bedeutung kommt den Versuchen zur Ermittlung der Bemessungsfestigkeit zu, da diese wesentliche Eingangsparameter für die zugehörige Planung darstellen. Die erreichbaren Festigkeiten können im Vor-

feld an repräsentativen Bodenproben mit entsprechend unterschiedlichem Bindemittelgehalt im einaxialen Druckversuch ermittelt werden. Die Auswertung von Versuchsergebnissen zur Ermittlung der Bemessungsfestigkeit erfolgt dabei entsprechend der Vorgaben in DIN 4093: *Bemessung von verfestigten Bodenkörpern – Hergestellt mit Düsenstrahl-, Deep-Mixing- oder Injektions-Verfahren*. Zusätzlich zu den Anmischproben im Vorfeld soll die Festigkeit baubegleitend durch Versuche an Kernproben der in situ hergestellten Bodenmischkörper vorgenommen werden. Die DIN EN 14679 sieht dabei die Entnahme von Kernproben aus den abgebundenen Bodenmischkörpern und die entsprechende Bodenvorbereitung vor. Alternativ kann gemäß DIN auch eine sogenannte Nassgreiferprobe entnommen werden. Dabei erfolgt die Probennahme durch entsprechendes Einführen eines Entnahmegärates (beispielsweise Hohlzylinder), in den die flüssige Probe eingefüllt und nach Verschluss die Probe an die Bodenoberfläche befördert wird.

Schließlich stellt die Säulenfreilegung die grundsätzlichsste und durch die Möglichkeit der visuellen Begutachtung auch unmittelbarste Überprüfung der Qualität der Bodenmischsäulen dar.

Im Rahmen der Planung ist besonderes Augenmerk auf die Einleitung der Lasten in die Säulen (Erfordernis von Bettungspolstern) sowie auf die Nachweise der inneren Standsicherheit und der äußeren Tragfähigkeit gemäß DIN 1054 (Grenzzustand der Tragfähigkeit ULS sowie Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit SLS (Setzungs- und Verformungsnachweis)) zu legen. Üblicherweise können für die Nachweise der äußeren Standsicherheit Überlegungen bezüglich des maximal übertragbaren Säulenfußwiderstandes vorgenommen werden. Die Tragfähigkeits- und Verformungseigenschaften im Hinblick auf die äußere Standsicherheit müssen schlussendlich jedoch auf der Basis von Probelastungen auf dem Baufeld oder an vergleichbaren Baumaßnahmen abgesichert werden. Für die innere Standsicherheit ist ein Spannungsnachweis zu führen. Die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen sind entsprechend DIN 1054 anzusetzen. Der materialseitige Teilsicherheitsbeiwert

wird in DIN 4093 zu $\gamma_m = 1,5$ (für BS-P und BS-T) festgelegt (vgl. auch [1]).

7.4 Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen

Im Hinblick auf die Geometrien der mit Bodenmischsäulen zu erstellen den Verfestigungskörper gibt es kaum Restriktionen. So sind von Einzelsäulen und Säulengruppen bis hin zu Verfestigungskörpern als Massenstabilisierung auch Zwischengeometrien zu finden. Häufig finden wabenartig angeordnete Säulenreihen Verwendung, die insbesondere im Fall einer Verflüssigungsprävention zu guten Ergebnissen im Hinblick auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis geführt haben.

Neben dem vertikalen Lastabtrag werden Bodenmischsäulen auch zur Stabilisierung des Baugrundes unterhalb von Böschungen und Dämmen eingesetzt. Dabei kommt der Festigkeitsentwicklung und dem Lastabtrag eine besondere Bedeutung zu. In [5] hat Kivelö unterschiedlichste Bruchmechanismen von Bodenmischsäulen im Geländebruchnachweis untersucht. Eine Detaillierung dieses Nachweisformates ist beispielsweise in [6] zu finden. Im aktuellen Entwurf des Merkblattes des Arbeitskreises 2.8 wird den erreichbaren Verbesserungen im Geländebruchnachweis durch den Einsatz von Stabilisierungssäulen besonderes Augenmerk geschenkt. Hierzu sind in naher Zukunft weitere Erkenntnisse zu erwarten.

Ihre Grenzen finden die hier diskutierten Verfahren in Böden hoher Festigkeit und bei Vorhandensein von Steinen, Auffüllungsresten oder Findlingen, die die kontinuierliche Vermengung des anstehenden Bodens mit dem Bindemittelgemisch verhindern können. Weiterhin sollte bedacht werden, dass die Bodenmischsäulen im abgebundenen Zustand nicht in der Lage sind nennenswerte Zugspannungen zu übertragen. So sind exzentrische Belastungen auf ein Mindestmaß zu beschränken und Seitendrucke, beispielsweise aus Baustellenverkehr, zu vermeiden. Weiterhin können Hebungen des Baugrundes (quellfähige Böden oder verdrängende Verfahren im Umfeld) zu Säulenabrissen führen, die die Gebrauchstauglichkeit der Bodenmischsäulen im Endzustand beeinträchtigen. Mit zu-

nehmendem Anteil organischer Bestandteile sinken die erreichbaren Festigkeiten erheblich ab und die erforderliche Menge an Zugabematerial steigt, so dass es schließlich zu einer unwirtschaftlichen Lösung führen kann. Geringe pH-Werte und hohe organische Anteile stellen grundsätzlich ungünstige Randbedingungen für den Einsatz des Tiefeneinmischverfahrens dar.

7.5 Anforderungen an die qualitätsgesicherte Ausführung

Im Vorfeld der Ausführung ist eine detaillierte Verfahrensbeschreibung der Technologie zur Erzeugung der Bodenmischsäulen zu erstellen. Aufgrund der eingangs beschriebenen Vielfalt der vorhandenen Technologien muss die Verfahrensanweisung hier umfassende Informationen enthalten. Dabei sind neben den Zielen der Stabilisierungsmaßnahme und den entsprechenden Beschreibungen des anstehenden Bodens vor allem die Arbeitsvorgänge (Bohren, Ziehen und Mischen) sowie die Ausführungsreihenfolge, die verwendeten Mischwerkzeuge und die zugehörigen Toleranzen sowie sämtliche Parameter der Stabilisierung (Bindemittelart und Zusammensetzung, Bindemittelgehalt/Bindemittelfaktor, Volumenverhältnis, Wasserbindemittelverhältnis, Zusatzmittel, Füller etc.) anzugeben. Darüber hinaus ist ein QS-Plan zu erstellen, in dem die vorlaufenden und baubegleitenden Messungen und Aufzeichnungen im Hinblick auf die Art der Aufzeichnung und die Aufzeichnungsintensität festgelegt werden. Dazu zählen u. a.:

1. die relevanten Ausführungsparameter: Datum und Dauer der Ausführung, Säulenbezeichnung, Form der Mischwelle und des Werkzeugs, Abbohr- und Ziehrate (mm/Umdrehung) bzw. Geschwindigkeit (m/min), Umdrehgeschwindigkeit (Umdrehungen/Minute während des Abbohrens und Ziehens), Bindemittelart und -zusammensetzung, Wasser-/Bindemittelverhältnis, Ausführungstoleranzen (Vertikalität, Durchmesser, Ansatzpunkt), Reihenfolge und Zeitablauf, Ober- und Unterkante);
2. der Suspensionsverbrauch;

3. die Beschreibung und Pläne von Probefeldern inkl. der unterschiedlichen Herstellparameter;
4. die Probenentnahme aus Probesäulen mittels Kernbohrung oder Linerentnahme;
5. die Festigkeiten sind über Druckfestigkeitsprüfungen (Kerne - Probesäulen) gem. DIN 4093 zu bestimmen, ggf. sind Kriechversuche vorzusehen;
6. die Angabe, in welchen Tiefen die Rückstellproben zur Druckfestigkeitsprüfung entnommen werden;
7. produktionsbegleitende Kontrollprüfungen (Suspensionsdichte, Druckfestigkeiten, Suspensionsverbrauch);
8. die Beschreibung eines evtl. Kappvorganges und überlagernder Polsterschichten inkl. deren Einbaus.

7.6 Genehmigungsrechtliche Randbedingungen

Wie eingangs erwähnt, stellt die Anordnung von Bodenmischsäulen als Einzelsäulen im Allgemeinen ein Tragglied gemäß der Landesbauordnung dar und bedarf daher einer Ausführung entsprechend einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer bauaufsichtlich eingeführten Norm. Sind diese nicht vorhanden, so muss im Allgemeinen eine Zustimmung im Einzelfall erwirkt werden. Lediglich beim Einsatz des Tiefeneinmischverfahrens als Baugrundverbesserung kann auf eine Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall in Ausnahmefällen verzichtet werden, wenn das Einzeltragglied nicht für den konzentrierten Lastabtrag herangezogen wird.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass für eine projektspezifische Zustimmung im Einzelfall und für das Erwirken einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vergleichbare Anforderungen gestellt werden. So sind vor allen Dingen die Anforderungen der DIN 14679 zu erfüllen. In Eignungsversuchen müssen die mit dem jeweils zum Einsatz vorgesehenen Mischwerkzeug erzielbaren Homogenisierungsgrade und in Abhängigkeit vom Zugabematerial die erzielbaren Festigkeiten detailliert unter-

sucht werden. Dabei müssen die Baugrundeigenschaften bekannt und die für die Verwendung vorgesehenen Bindemittelgemische qualitätsgesichert hergestellt und in entsprechenden Eignungsprüfungen untersucht sein. Die Eigenschaften der fertiggestellten Säule sind durch Probelastungen und Säulenfreilegungen nachzuweisen und Vorgaben zur qualitätsgesicherten Herstellung sind zu beschreiben. Durch baubegleitende Prüfung und kontinuierliche Aufzeichnungen sind die im Rahmen der Vorversuche zu ermittelnden Festigkeiten dann produktionsbegleitend zu überprüfen und zu bestätigen.

Sind all diese Randbedingungen erfüllt, so kann aus Sicht der Verfasser eine vorhabenbezogene Zustimmung im Einzelfall erwirkt werden. Durch exemplarische Nachweise in unterschiedlichen Baugrundverhältnissen kann bei entsprechender Dokumentationstiefe auch ein Antrag auf allgemeine bauaufsichtliche Zulassung beim Deutschen Institut für Bautechnik gestellt werden. Hierzu gibt es bereits Zulassungen vergleichbarer Verfahren (siehe auch [7]).

Grundsätzlich ist im Rahmen eines Zulassungsverfahrens anzustreben, die geplante Bandbreite der Bodeneigenschaften auch abzudecken, d.h. von grobkörnigen (Kies) bis hin zu stark bindigen (Ton) Böden Nachweise der oben beschriebenen Art zu erbringen. Wenn die erreichten Festigkeiten gering sind, müssen neben einaxialen Druckversuchen auch Kriechversuche zum Nachweis der Langzeitstabilität durchgeführt werden. Neben der Bandbreite des Baugrundes ist auch die anzustrebende Geometrie (Säulenlänge) in den Eignungsversuchen zur Zulassung nachzuweisen.

7.7 Ausführungsbeispiele

7.7.1 Beispiel einer Baugrundverbesserung im Sand

Auf einem innerstädtischen Grundstück in Oranienburg war der Neubau eines 5-geschossigen, nicht unterkellerten Mehrzweckgebäudes auf einer Grundrissfläche von ca. 46 x 12 m geplant.

Der unterhalb einer sandigen Auffüllung anstehende Sand liegt zunächst in einer lockeren bis im unteren Wertebereich mitteldichten Lagerung an.

Lokal liegen diese jedoch bis in Tiefen von ca. 5 m unter GOK in lockerer Lagerung an. Die Lagerungsdichteanomalien sind im Zusammenhang mit den rasterförmig durchgeführten Munitionsbohrungen im Rahmen der Kampfmittelfreigabe zu sehen. Entsprechend war eine Baugrundverbesserung mittels tiefer Bodenvermörtelung (TBV) und Rüttelstopfverdichtung (RSV) vorgesehen.

Im Süden des Baufeldes wird der Neubau direkt an einer bestehenden Bebauung errichtet. Um Setzungen und Verformungen der Nachbarbebauung zu vermeiden, wurde im direkt angrenzenden Bereich die tiefe Bodenvermörtelung (TBV) als verformungs- und erschütterungsarme Baugrundverbesserung angeordnet. Es wurden auf der Teilfläche von ca. 100 m² insgesamt 49 Stück Säulen mit einem Durchmesser ≥ 60 cm (vgl. Bild 2).



Bild 2: Freigelegter Säulenkopf [1].

Mit einer Rotation von ca. 50 U/min bzw. i. M. 100 U/m Säule und mehreren Abteuf- und Hebezyklen und konnten in den anstehenden Sanden Festigkeiten von i. M. 12,7 N/mm² (30 Tage Festigkeit) erreicht werden.

Die Ausführung erfolgte durch die Firma Keller Grundbau GmbH im Auftrag der Landkreises Oberhavel. Die Leistungen zum Baugrundgutachten, zur Planung sowie zur Überwachung der Baugrundverbesserungsarbeiten wurden durch GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH erbracht.

7.7.2 Beispiel einer Baugrundverbesserung im Sand/Schluff-Gemisch

Auf einem ca. 6.600 m² großen Grundstück in Berlin-Treptow war eine 5- bzw. 6-geschossige Wohnbebauung auf einer L-förmigen Grundrissfläche mit einem Untergeschoss, das als Tiefgarage genutzt werden soll, geplant.

In Teilbereichen mit anstehenden Baugrundsichten geringer Steifigkeit infolge einer geologischen Rinnenstruktur war eine Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfverdichtung (RSV) vorgesehen. Im Norden wird der Neubau mit einem Abstand von etwa 4 m neben einer bestehenden Bebauung errichtet. Um Setzungen und Verformungen der Nachbarbebauung zu vermeiden, wurde im direkt angrenzenden Bereich die Baugrundverbesserung als tiefe Bodenvermörtelung (TBV) angeordnet.

Es wurden auf der Teilfläche von ca. 300 m² insgesamt 309 Stück Säulen mit einem Durchmesser ≥ 60 cm und Längen zwischen 5 m und 7 m erstellt.



Bild 3: Herstellung der Bodenmischsäulen [1].

Mit einer Rotation von ca. 50 U/min bzw. i. M. 65 U/m Säule und mehreren Senk- und Hebevorgängen konnten in dem anstehenden Schluff-Sand-Gemischen Festigkeiten von i. M. 7 N/mm² erreicht werden.

Die Ausführung erfolgte durch die Firma rsm Grundbau im Auftrag der Wohnungsbaugenossenschaft „Treptow Nord“ e. G. Die dazu notwendigen Leistungen zum Baugrundgutachten, zur Planung sowie zur Überwachung der Baugrundverbesserungsarbeiten wurden durch GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH erbracht.

Bildnachweis

[1] Alle Aufnahmen © GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH.

Literatur

- [1] Arbeitskreis 2.8 “Stabilisierungssäulen” der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung von Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung - Bodenmischsäulen (Entwurf 2013, unveröffentlicht).
- [2] Topolnicki, M. In-situ Soil Mixing. In: Kirsch, K. und Bell, A. (Eds). [2013]. Ground Improvement, 3rd ed. CRC Press, Boca Raton.
- [3] Sondermann, W. und Kirsch, K.: Baugrundverbesserung in Grundbautaschenbuch Teil 2 Kapitel 2.2 Ernst & Sohn, Berlin 2009.
- [4] DIN EN 14679, Ausgabedatum: 2005-07, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Tiefreichende Bodenstabilisierung; Deutsche Fassung EN 14679:2005
- [5] Kivelö, M.: Stabilization of embankments on soft soil with lime/cement columns, 1998.
- [6] Borchert, K.-M. und Kirsch: Bemessung der Erweiterung von Bestandsdämmen auf gering tragfähigem Untergrund mit Rüttelstopf- oder Betonsäulen, VSVI Seminar, Berlin 2008.
- [7] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung der Z-34.26-200: Bauer Spezialtiefbau GmbH: Mixed in Place (MIP).

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Fabian Kirsch, Prof. Dr.-Ing. Kurt-M. Borchert

GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH

Darwinstr. 13

10589 Berlin

E-Mail: kirsch@gudconsult.de

www.gudconsult.de

Dieser Aufsatz ist Teil des folgenden Sammelbandes:
Innovationen im Spezialtiefbau : Fachseminar am 05. Dezember 2013 an
der Technischen Universität Berlin. – Hrsg.: Bernd Kochendörfer. -
(Bauwirtschaft und Baubetrieb : Berichte ; 2). –
Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 2013
ISBN 978-3-7983-2663-7 (print)
ISBN 978-3-7983-2664-4 (online)
URN urn:nbn:de:kobv:83-opus4-44427
[<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:83-opus4-44427>]