

Dipl.-Ing. Kay Adler
Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Maßnahmen zur Verbesserung wenig tragfähigem Untergrund und Unterbau

Ausgangssituation

Kann der anstehende Baugrund die einwirkenden Lasten einer geplanten Baumaßnahme unter Berücksichtigung der tolerierbaren Setzungen nicht aufnehmen, so ist es erforderlich eine tragende Gründung herzustellen.

Tiefgründung

Eine Tiefgründung gewährleistet in der Regel den gewünschten Lastabtrag auf einem hohen sicheren Niveau.

Tiefgründung

Rütteldruckverfahren

Rüttelstopfverfahren

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Tiefgründung

Tiefgründung

Bodenaustausch

durch Sprengung

durch Fallplatten

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenaustausch

Wenn der nicht tragfähige Baugrund nur wenige Meter tief ansteht, lohnt es sich zu prüfen, ob der Austausch gegen einen geeigneten Ersatzboden wirtschaftlich ist.

Bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung spielt eine wichtige Rolle, wo der Aushub deponiert werden kann, woher sich kostengünstig Austauschmaterial beschaffen lässt, wie sich dieses Material verdichten lässt, ob eine Grundwasserhaltung zusätzlich erforderlich wird und ob die Baugrubenwände besonders gesichert werden müssen.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverdichtung durch Sprengungen

Eine dynamische Stoßbelastung, um Sandmassen zu verdichten, ist am billigsten durch Sprengungen zu erzielen.

Um das Ziel zu erreichen werden Sprengladungen mit geringer Explosionskraft in den Sand eingespült und gruppenweise gezündet.

Nachteil: Die Sprengungen sind nur bei massigen Bauwerken anwendbar. Die obersten 2 bis 4 m werden durch die Sprengungen aufgelockert.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverdichtung durch Fallplatten

(Dynamische Intensivverdichtung)

Bodenarten mit einem $Ip \leq 10\%$ (Sand, Kies, Geröll, Deponiematerial) können durch Stoßbelastungen bis auf eine etwa mitteldichte Lagerung verdichtet werden.

Mit Hilfe vom einem Bagger werden Lastplatten mit einem Gewicht von 10 bis 20 Tonnen bis auf eine Höhe x angehoben und dann fallen gelassen.

Wirkung der Verdichtung bis in 12 m Tiefe

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Fallplatten zum Verdichten



Bild: ARGE A 72 Thüringer Wald

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverdichtung durch Tiefenrüttler

1936 veröffentlichte ein Ingenieur in der UdSSR einen Vorschlag, **Sand** auf dynamischem Wege auch in der Tiefe zu verdichten.

Seit 1932 wurde von der Johannes Keller GmbH in Deutschland ein torpedoartiger Rüttler (Patentanmeldung 1933) mit horizontaler Schwingungsamplitude entwickelt und 1936 erstmals eingesetzt.

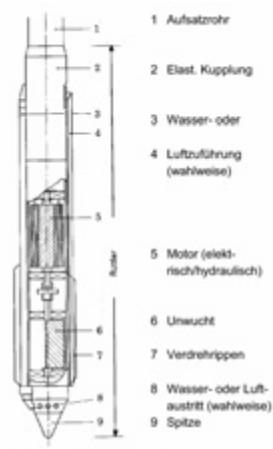
09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverdichtung durch Tiefenrüttler

Er ist 2 m bis 4 m lang und hat einen Durchmesser von etwa 40 cm. Auf einer lotrechten Welle, die elektrisch oder durch einen Hydraulikmotor angetrieben wird, rotieren Unwuchten mit Frequenzen von 30 bis 50 Hz.

Der Rüttler erhält 2 schwere Aufsatzrohre als statischen Ballast und hat Spüldüsen nahe seiner Spitze.



Deutscher Rüttler (Smolcik / Hilmer 1996)

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverdichtung durch Tiefenrüttler

Durch Spülen, Drücken und Vibrieren wird der Rüttler bis auf die Sohle der zu verdichtenden Schicht abgesenkt.

Dabei wird der Sand um den Rüttler verflüssigt (Aufhebung der Scherfestigkeit). Die Sandkörner können sich umordnen und nehmen eine dichtere Lage ein.

Durch die Verdichtung entsteht an der Oberfläche ein Krater, in den laufend Sand nachgefüllt wird.

Beim Ziehen hinterlässt der Rüttler eine verdichtete Bodensäule.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit Rüttelstopfsäulen

Aus dem dynamischen Tiefenverdichtungsverfahren für nichtbindige Bodenarten wurden nach dem 2. Weltkrieg in Deutschland die Rüttelstopfverfahren für bindige Bodenarten weiterentwickelt.

Inzwischen sind diese Verfahren weltweit zur Herstellung von Sandpfählen, Schottersäulen oder Steinsäulen im Rüttelstopfverfahren bekannt.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit Rüttelstopfsäulen

Das Herstellungsprinzip der Rüttelstopfsäule besteht darin, daß der Rüttler ein Loch im Boden herstellt, in das Sand, Kies oder Steinschotter eingefüllt und mit dem Rüttler seitlich in den weichen Boden gestopft wird.

Dabei entsteht eine feste Säule, die vertikale Durchlässigkeit und auch die Tragfähigkeit und Verformungseigenschaften des Bodens verbessert. Dabei wird teilgesättigter Boden verdichtet, gesättigter Boden verdrängt.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit Rüttelstopfsäulen

Die statische Wirkung einer Schotterstopfsäule beruht auf einer Verbesserung des anstehenden Bodens infolge der erhöhten Steifigkeit und Scherfestigkeit des Stopfmaterials.

Die Schottersäule darf von der Wirkung nicht mit der eines Pfahles gleichgesetzt werden. Die Wirksamkeit der Säule bedarf der seitlichen Stützung des umgebenden Bodens.

Die Tragfähigkeit einer Säule wird daher anders als beim Pfahl nicht durch den Untergrund im Fußbereich der Säule begrenzt, sondern durch die Scherfestigkeit des seitlich anstehenden Bodens.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit vermörtelten Rüttelstopfsäulen

Bei sehr weichen und nicht beständigen Böden ist die seitliche Stützung durch den Boden für das Herstellen der Säule nur beschränkt gegeben.

Aus diesem Grund können Schottersäulen durch Zugabe einer Zementsuspension vermörtelt werden. Unter Last können sie dann trotz sehr geringer seitlicher Stützung aufgrund ihrer eigenen durch das Bindemittel erreichten Festigkeit wirksam werden.

Ihr Tragverhalten nähert sich demjenigen von Pfählen.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit vermörtelten Rüttelstopfsäulen



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit vermortelten Rüttelstopfsäulen



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

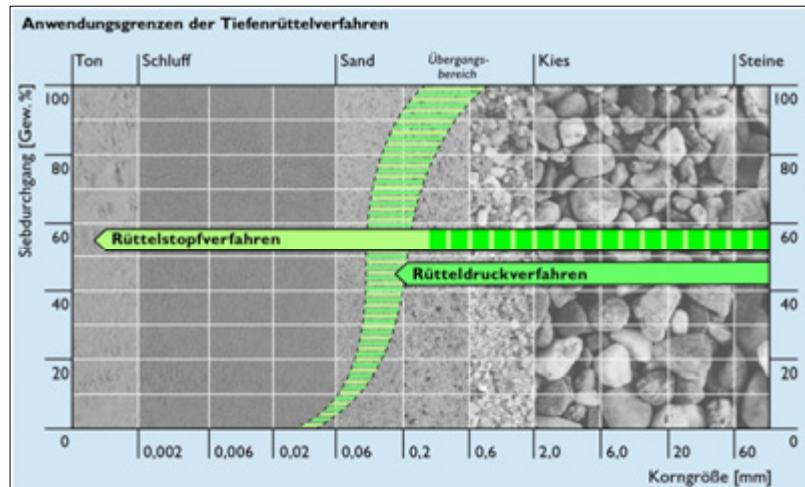
Bodenverbesserung mit vermortelten Rüttelstopfsäulen



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung mit vermortelten Rüttelstopfsäulen



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverbesserung und Bodenverfestigung

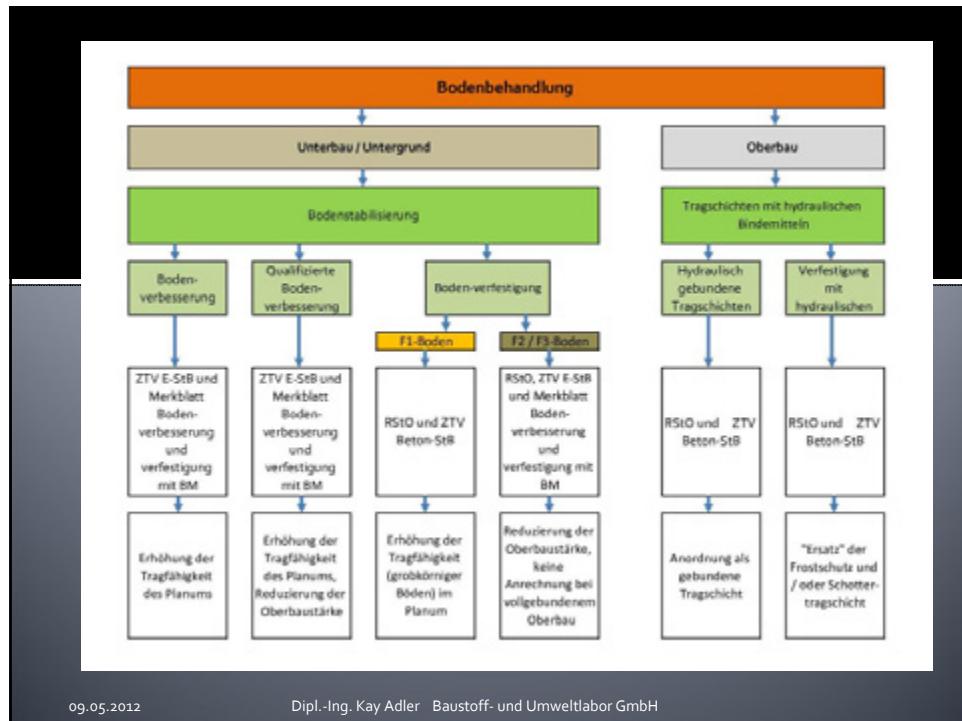
Dipl.-Ing. Kay Adler

Die Stabilisierung von Böden

Bodenstabilisierung

Begriffserklärung

Eine Bodenstabilisierung beinhaltet die mechanische Behandlung des anstehenden Bodens im Gründungsbereich (Planum / Dammaufstandsflächen) mit hydraulischen Bindemitteln, mit dem Ziel den natürlichen Wassergehalt zu senken und die Tragfähigkeit zu erhöhen.



Bodenverbesserung (BVB)

Begriffserklärung

Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit, Verdichtbarkeit und Befahrbarkeit von Böden.

Dabei stehen die Reduktion des Wassergehaltes und die Strukturverbesserung des Bodens im Vordergrund. Die bodenverbesserten Schichten sind *nicht Teil des frostsicheren Oberbaus*.

Qualifizierte Bodenverbesserung

Begriffserklärung

sind Bodenverbesserungen mit erhöhten Anforderungen hinsichtlich

- des Frost- und Tragfähigkeitsverhaltens,
- der Bindemittelmenge sowie
- der Sollwerte für die Tragfähigkeit Ev_2 -Wert und der Einaxialen Druckfestigkeit vor und nach Wasserlagerung

Bei der Herstellung einer qualifizierten Bodenverbesserung kann der Untergrund bzw. Unterbau in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden.

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Bodenverfestigung (BVF)

Begriffserklärung

Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit, Verdichtbarkeit und Befahrbarkeit von Böden.

Dabei stehen die Reduktion des Wassergehaltes und die Strukturverbesserung des Bodens im Vordergrund. Die bodenverbesserten Schichten sind *nicht Teil des frostsicheren Oberbaus*.

09.05.2012

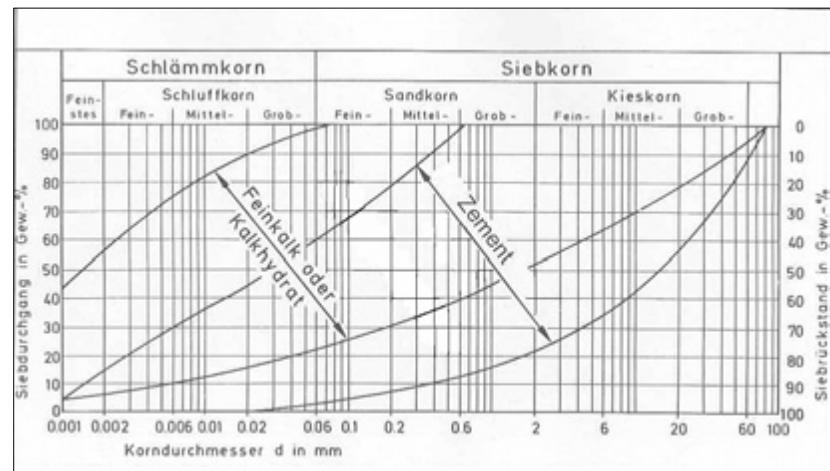
Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Auswahl der Bindemittel

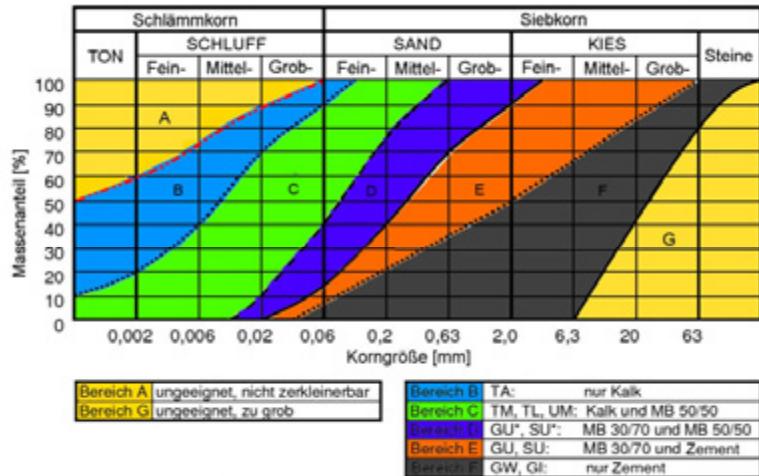
Bei der Bodenverbesserung und Bodenverfestigung kommen hydraulische Bindemittel zum Einsatz.

Als hydraulische Bindemittel kommen zur Anwendung Zement, hochhydraulischer Kalk, Kalkhydrat oder Feinkalk sowie Mischbindemittel. Die Verwendung anderer Bindemittel kann, wenn ihre Eignung nachgewiesen ist, zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden.

Auswahl der Bindemittel



Auswahl der Bindemittel



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Auswahl der Bindemittel

„Reaktionszeiten“ der Bindemittel mit dem Boden

- | | |
|--------------------|------------|
| ■ Zemente | 1 Stunde* |
| ■ Mischbindemittel | 4 Stunden |
| ■ Kalke | 24 Stunden |

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Auswahl der Bindemittel

Richtwerte für die erforderliche Zugabemenge von Bindemitteln bei Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen:

Anwen- dungsart	Kalkmenge (Gew.-%, bezogen auf das Trockengewicht d. Bodens)			
	Kalkart	Feinkalk	Kalkhydrat	hochhydraulischer Kalk
Bodenverbesserung (Hauptziel: Sofortwirkung)	2 bis 4	2 bis 5	2 bis 8	
Bodenverfestigung (Hauptziel: Langzeitwirkung)	4 bis 6	4 bis 8	4 bis 12	

Auswahl der Bindemittel

Richtwerte für die erforderliche Zugabemenge von Bindemitteln bei Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen:

Bodengruppe nach DIN 18 196	Zementanteil (Gew.-%, bezogen auf den getrock- neten Boden)	Zementmenge	
		15 cm Verfestigung (kg/m ²)	20 cm Verfestigung (kg/m ²)
GW, GI, GE, SW, SI	4 bis 7	12 bis 18	16 bis 24
SE	8 bis 12	23 bis 30	31 bis 40
GU, GT, SU, ST	6 bis 10	18 bis 24	24 bis 32
GU*, GT*, SU*, ST*	7 bis 12	18 bis 30	24 bis 40
UL, TL	7 bis 12	18 bis 30	24 bis 40
UM, TM, TA	10 bis 16	27 bis 36	36 bis 48

Auswahl der Bindemittel

■ Richtwerte für die Bindemittelmenge bei Erstellung der EP:

	Bodengruppe	Feinkalk nach DIN EN 459-1	Kalkhydrat nach DIN EN 459-1	Zement nach DIN EN 197-1 DIN 11 64	Hydr. Boden- und Tragschicht- binder nach DIN 1886	Mischbinden- mittel
Boden- ver- festigung	Grobkörnige Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI)	-	-	3 - 7	3 - 7	3 - 7
	Gemischtkörnige Böden (GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*)	4 - 6	4 - 8	4 - 12	4 - 12	4 - 12
	Feinkörnige Böden (UL, TL, UM, UA, TM, TA)	4 - 6	4 - 8	7 - 16	7 - 16	4 - 16
	Künstliche Gesteinskörnungen	-	-	5 - 12	5 - 12	5 - 12
	RC-Baustoffe	-	-	4 - 10	4 - 10	4 - 10
Boden- ver- besser- ung (Qz.Vb.)	Grobkörnige Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI)	-	-	3 - 6	3 - 6	3 - 6
	Gemischtkörnige Böden (GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*)	2(3) - 4	2(3) - 5	3 - 6	3 - 6	2(3) - 6
	Feinkörnige Böden (UL, TL, UM, UA, TM, TA)	2(3) - 4	2(3) - 5	3 - 6	3 - 6	2(3) - 6

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Herstellung



09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

weitere Varianten von Bodenverbesserungen

- # Betonsäulen
- # Sandsäulen ummantelt mit Geotextilien
- # Kalksäulen, CSV-Pfähle
- # Steinsäulen
- # thermische Bodenverbesserung
- # Baugrundvereisung
- # Injektionen
- # Tiefendrains
- # Kaltrecycling

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH

Vielen Dank!

Vortrag zur Veranstaltung des BUP in Linstow
09. Mai 2012

Dipl.-Ing. Kay Adler

Kontakt E-mail: adler-labor@t-online.de

09.05.2012

Dipl.-Ing. Kay Adler Baustoff- und Umweltlabor GmbH