Ressourcenschonendes Bauen

Wiederverwertung von Aushubmassen und Bodenbehandlung mit Bindemittel

Abb. 1: Uneingeschränkter Einbau – Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen (Einbauklasse 0)

ERIK SCHUHMACHER

In Anbetracht der knapper werdenden natürlicheren Ressourcen und Deponiekapazitäten ist nachhaltiges Bauen nicht nur ein wirtschaftliches, sondern ein gesellschaftliches Gebot. Im Rahmen von Erdbaumaßnahmen fallen erhebliche Mengen an Aushubmaterialien an. Unglücklicherweise wird in diesem Zusammenhang per Definition von Abfall gesprochen, was einer Abwertung gleichkommt [1]. Gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) gilt das Gebot der Abfallvermeidung bzw. -minimierung. Anzustreben ist daher eine hohe Verwertungsquote. Im Rahmen des Erdbaukonzeptes wird ein Aushubplan ausgearbeitet, der vorsieht, die Böden einer möglichst hochwertigen Verwertung zuzuführen. Neben der bodenmechanischen Eignung ist hier auch die umwelttechnische Eignung zu berücksichtigen, um eine rechtssichere Verwertung zu ermöglichen. Einen wesentlichen Anteil für die Minimierung der zu entsorgenden Böden hat die Anwendung der Bodenbehandlung mit Bindemittel. Mit diesem Verfahren werden ungeeignete Böden aufbereitet, um sie im Erdbau hochwertig wiederzuverwerten.

Einführung

Bei Erdbaumaßnahmen werden mitunter große Erdmassen bewegt. In Anbetracht der knapper werdenden natürlichen Ressourcen und Deponiekapazitäten ist eine hohe Verwertungsquote anzustreben.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der geotechnischen Vorerkundung ist ein Erdbaukonzept zu entwickeln. Ziel eines solchen Konzeptes ist, dass Böden mit unterschiedlichen Eigenschaften getrennt voneinander ausgehoben und einer hochwertigen Verwertung zugeführt werden. Ungeeignete Böden können z. B. durch eine Behandlung mit Bindemittel aufbereitet und entsprechend wieder eingebaut werden.

Ein intelligentes Erdbaukonzept erzielt eine hohe Verwertungsquote, dadurch werden wertvolle natürliche Ressourcen geschont. Durch die deutliche Einsparung von Massentransporten werden geringere Schadstoffemissionen und ein geringeres Verkehrsaufkommen erreicht.

Verwertung von Aushubmassen

Einteilung der Böden

Beim Aushub von Baugruben oder Einschnitten werden unterschiedliche Böden ausgehoben. Die Schichtenabfolge der natürlichen oder künstlich aufgefüllten Böden variiert mitunter sehr stark. Je nach Schichtstärke und Bodenart kann eine Separierung beim Aushub sinnvoll sein. Für die Festlegung des Aushubs (–> Erdbaukonzept) sind die Ergebnisse der geotechnischen Vorerkundung und gegebenenfalls zusätzlicher Baggerschürfe zu verwenden.

Die im Rahmen einer Erdbaumaßnahme anfallenden Aushubmassen sind hinsichtlich ihrer bodenmechanischen Eigenschaften zu bewerten. Für eine erste Einschätzung gilt es die vorhandenen Böden entsprechend einzuteilen. Hilfreich ist hier zunächst die grobe Unterteilung in:

- Grobkörnige Böden
- gemischtkörnige Böden
- feinkörnige Böden.

Ausschlaggebend für die Einteilung ist der Feinkorngehalt ≤ 0,063 mm der Böden. Dieser ist ausschlaggebend für die prägenden Eigenschaften, d. h. bei einem niedrigen Feinkorngehalt liegt ein sich stützendes Korngerüst vor. Mit steigendem Feinkorngehalt wird der Kontakt der Körner geringer. Dies hat zur Folge, dass die Körner zunehmend in einer bindigen Matrix schwimmen. Damit gehen eine Abnahme der Tragfähigkeit, Erhöhung der Witterungs- und Frostempfindlichkeit und Abnahme der Durchlässigkeit einher.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Leonhard Weiss GmbH & Co. KG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Eine differenziertere Einteilung ist mit den Bodengruppen gemäß DIN 18196 möglich [6]. Neben dem Feinkorngehalt wird hier u. a. die Korngrößenverteilung und die Plastizität berücksichtigt.

- Grobkörnige Böden: GW, GI, GE, SW, SI, SE
- gemischtkörnige Böden: GU, GT, GU*, GT*, SU, ST, SU*, ST*
- feinkörnige Böden: UL, UM, UA, TL, TM, TA.

Grobkörnige Böden zeichnen sich durch eine geringe Witterungsempfindlichkeit und hohe Durchlässigkeit aus. Sie sind i. d. R. leicht zu verarbeiten. Aufgrund des geringen Feinkorngehaltes trocknen sie jedoch rasch aus und erfordern mitunter eine Wasserzugabe beim Verdichten. Sie eignen sich besonders für Bereiche mit besonderen Anforderungen an die Tragfähigkeit und zur Herstellung von durchlässigen Schichten (Dränage, Sickergräben u. ä.).

Gemischtkörnige Böden sind i. d. R. ebenfalls leicht zu verarbeiten. Aufgrund des höheren Feinkorngehaltes sind sie jedoch deutlich witterungsempfindlicher und mit zunehmendem Wassergehalt schwieriger zu verarbeiten. Insbesondere bei hohen Feinkorngehalten und natürlichen Wassergehalten sind Zusatzmaßnahmen, z. B. Bodenbehandlungen mit Bindemittel, erforderlich. Gemischtkörnige Böden eignen sich z. B. sehr gut für die Schüttung von Dämmen.

Feinkörnige Böden sind extrem witterungsempfindlich und wegen ihrer Plastizität mitunter nur sehr schwer zu verdichten. Sie können häufig nur in Verbindung mit Zusatzmaßnahmen, z. B. Bodenbehandlung mit Bindemittel, wiedereingebaut werden. Mit feinkörnigen Böden lassen sich gut gering durchlässige Schichten, z. B. mineralische Abdichtung bei Deponien oder Hochwasserdämme, herstellen.

Abfalltechnische Einstufung

Neben der bodenmechanischen Eignung der Böden ist für den späteren Wiedereinbau auch die abfalltechnische Einstufung zu beachten. Die Anforderungen an die stoffliche Verwertung ist in der LAGA M 20 geregelt [3]. Darüber hinaus gibt es länderspezifische Regelungen zu beachten.

Die zum Aushub kommenden Böden werden i. d. R. einer abfalltechnischen Untersuchung unterzogen. Hierzu gehört eine chemische Analytik und eine abfalltechnische Bewertung. In Abhängigkeit von den festgestellten Schadstoffgehalten werden folgende Materialqualitäten definiert: Z0, Z0*, Z1.1, Z1.2 und Z2. Material, das die Qualitätsstufe Z2 nicht erfüllt, darf nicht ohne weitere Behandlung verwertet werden. I. d. R. wird solches Material auf einer entsprechenden Deponie beseitigt.

In den Abb. 1 bis 5 werden die unterschiedlichen Einbaukonfigurationen dargestellt. Die Darstellungen stammen aus der Verwaltungsvorschrift (VwV) Boden Baden-Württemberg [2].

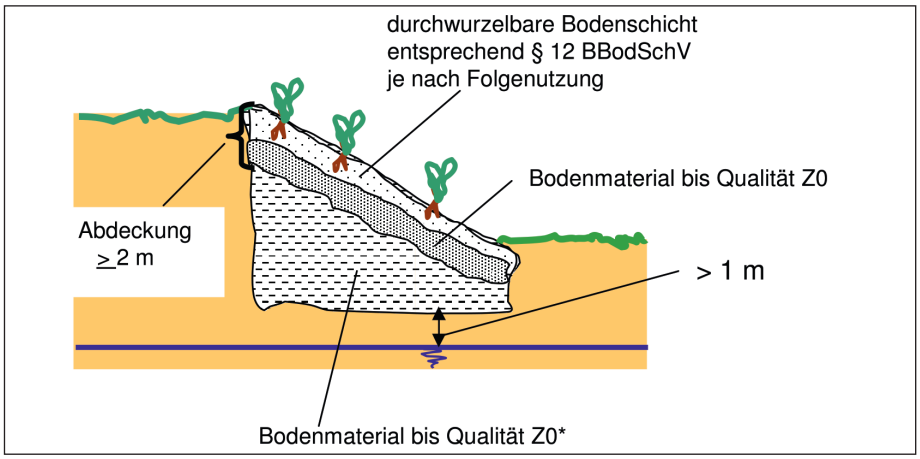

Abb. 2: Verwertung bei der Verfüllung von Abgrabungen – Einbaukonfiguration Z0 und Z0*

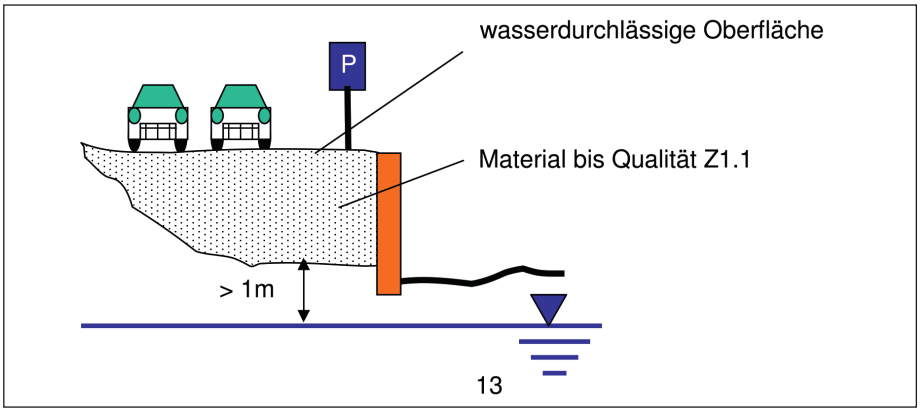

Abb. 3: Verwertung in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen – Einbaukonfiguration Z1.1

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Leonhard Weiss GmbH & Co. KG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Bodenbehandlung mit Bindemittel

Allgemeines

Beim Aushub fallen aus verschiedenen Gründen zunächst nicht brauchbare Materialien an. Diese Massen müssten normalerweise entsorgt und durch andere Böden ersetzt werden.
Durch die Bodenbehandlung mit Bindemittel können nahezu alle Bodenarten aufbereitet und entsprechend wiederverwertet werden.

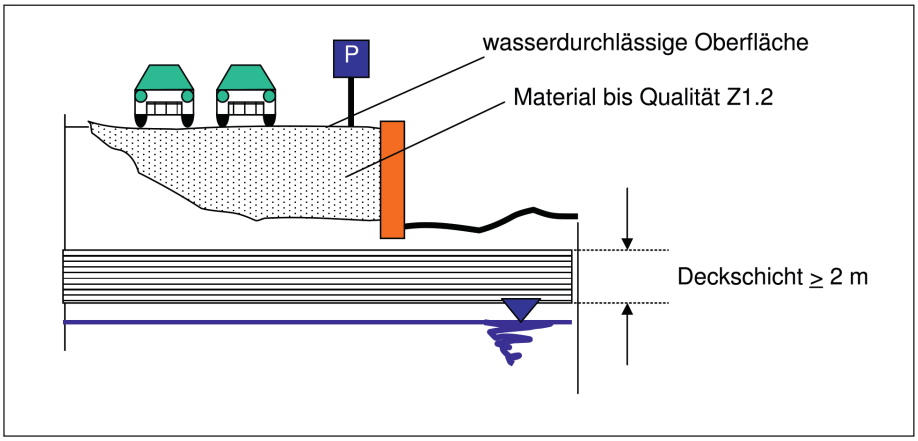

Abb. 4: Verwertung in technischen Bauwerken ohne definierte Sicherungsmaßnahmen, jedoch bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen – Einbaukonfiguration Z1.2

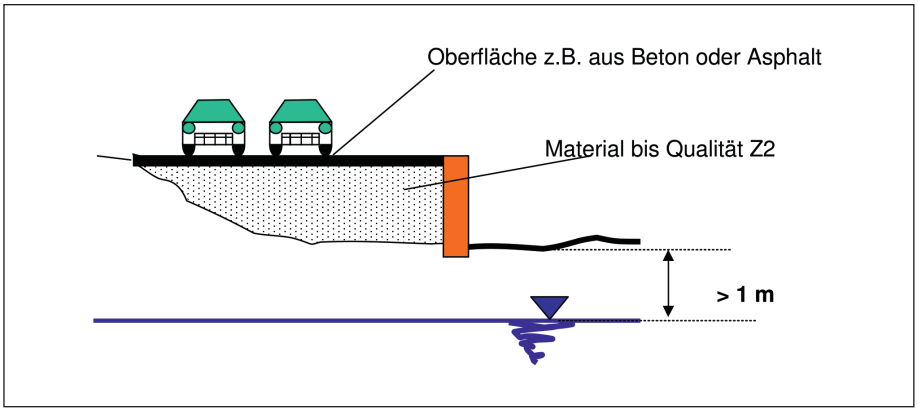

Abb. 5: Verwertung in Erdbauwerken ohne bestimmte Geometrie (Parkplätze o. ä.) unter wasserundurchlässiger Deckschicht – Einbaukonfiguration Z2

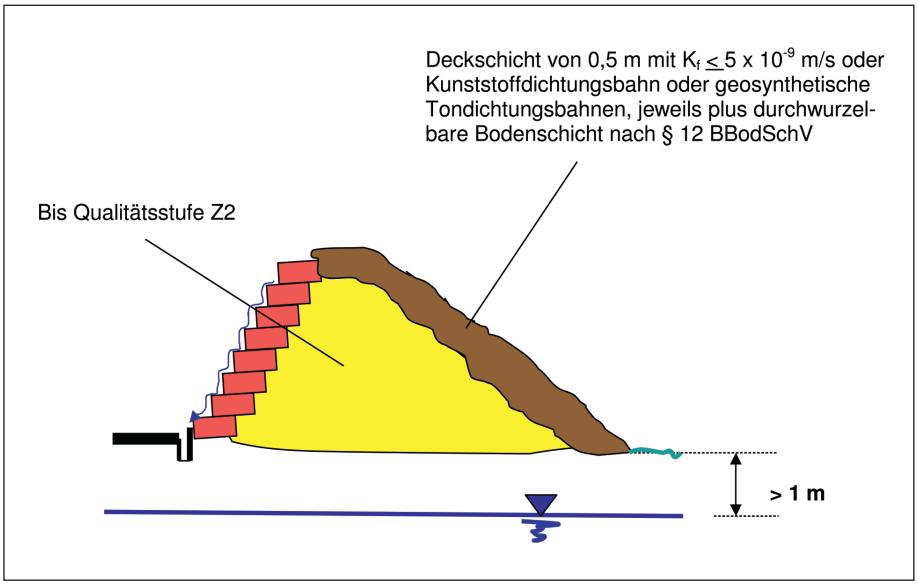

Abb. 6: Verwertung in Erdbauwerken mit bestimmter Geometrie (Lärmschutzwall o. ä.) – Einbaukonfiguration Z2

Durch die Bearbeitung des Bodens mit einer Bodenfräse beim Einarbeiten des Bindemittels werden folgende Verbesserungen erzielt:

- Homogenisierung des Bodens, es entsteht ein homogenes Baugemisch
- gleichmäßiger Wassergehalt.

Bei dem Verfahren werden üblicherweise folgende Bindemittelarten eingesetzt:

- Ungelöschter Weißfeinkalk
- Zemente
- Tragschichtbinder
- Mischbindemittel (Kalk-Zement-Gemische).

Durch den gezielten Einsatz des geeigneten Bindemittels und der Bindemittelmenge können folgende Faktoren beeinflusst und verbessert werden:

Reduzierung des natürlichen Wassergehalts

Durch das Einmischen von Bindemittel wird der natürliche Wassergehalt reduziert, sodass zu feuchte Böden wieder verdichtbar sind und eingebaut werden können. Die erdbautechnischen Anforderungen an den Verdichtungsgrad und Luftporengehalt können erreicht werden. Am effektivsten wird die Wassergehaltsreduktion mit ungelöschtem Weißfeinkalk erreicht. Je nach Bodenart und Anforderung werden oftmals auch Mischbindemittel eingesetzt.

Erhöhung der Tragfähigkeit

Insbesondere in Höhe des Planums gilt es die Anforderung an die Tragfähigkeit zu erfüllen. Gemischt- und feinkörnige Böden weisen selbst bei Erreichen des geforderten Verdichtungsgrades nicht die geforderte Tragfähigkeit auf. I. d. R. kommen hier Mischbindemittel oder Zemente zum Einsatz.

Erhöhung des Erosionsschutzes

Gerade bei hohen Dammböschungen kommt es oftmals zu Erosionsschäden. Zur Erhöhung des Widerstandes des eingebauten Bodens gegen Erosion kann dessen Festigkeit durch Zugabe von Bindemittel erhöht werden. Als Bindemittel kommen hier je nach Bodenart Zemente oder Mischbindemittel in Frage.

Erhöhung spezifischer Bodenkenngrößen

Durch die Zugabe von Mischbindemittel oder Zemente lassen sich z. B. die Scherparameter von Böden erhöhen, um steile Dammschüttungen ausreichend standsicher herstellen zu können. **Qualitätsstufen**

Im Straßenbau gibt es unterschiedliche Qualitätsstufen bei der Behandlung mit Bindemittel.

Bodenverbesserung gemäß ZTV E-StB 17

Durch die Zugabe von Bindemittel (Kalk oder Mischbindemittel) wird die Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden verbessert [4]. Durch die hydraulische Wirkung des Bindemittels wird ein gewisser Erosions- und Witterungsschutz erzielt.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Leonhard Weiss GmbH & Co. KG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Qualifizierte Bodenverbesserung gemäß ZTV E-StB 17

Anwendung bei der Herstellung von Dämmen, Böschungen, Hinterfüllungen und des Planums. Folgende Eigenschaften werden verbessert [4]:

- Tragfähigkeit
- Scherfestigkeit
- Erosionswiderstand
- Verringerung der Verformung
- Verringerung der Frostempfindlichkeit.

Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 können durch die Qualifizierte Bodenverbesserung in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden. Die Mächtigkeit der Frostschutzschicht kann um 10 cm reduziert werden.

Bodenverfestigung gemäß ZTV E-StB 17 bzw. ZTV Beton 07

Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen die Beanspruchung durch Verkehr und Klima wird durch die Zugabe von Bindemittel (Zement / Tragschichtbinder) erhöht. Der Boden wird dauerhaft tragfähig und frostsicher. Die Bodenverfestigung ist ausschließlich für Bauweisen im oder unterhalb des Planums gemäß der ZTV E-StB [4] vorbehalten. Die in der ZTV Beton-StB [5] unter dem Begriff „Verfestigung" beschriebene Bauweise gehört zu den Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln im Oberbau von Verkehrsflächen.

Eignungsprüfung

Für die Erstellung der erforderlichen Rezeptur ist eine Eignungsprüfung im Vorfeld erforderlich. Mit der Eignungsprüfung werden folgende Ziele verfolgt:

- Eignung des gewählten Bindemittels
- Proctorversuche mit verschiedenen Bindemittelgehalten
- Feststellen der Wassergehaltsreduktion bei verschiedenen Bindemittelmengen
- Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit mit und ohne Wasserlagerung (Qualifizierte Bodenverbesserung und Verfestigung)
- Feststellung der zur Bearbeitung und Verdichtung erforderlichen Bindemittel- und Wassermenge.

Grenzen des Verfahrens

Bei folgenden Bodenarten wird eine Bodenbehandlung mit Bindemittel nicht empfohlen:

- Böden mit organischen Bestandteilen. Durch die Huminsäure kann das Bindemittel nicht seine Wirkung entfalten.
- Ausgeprägt plastische Tone lassen sich oftmals nicht ausreichend zerkleinern (homogenisieren). Auch bei mehreren Fräsübergängen bleiben zu große Klumpen übrig. Das Bindemittel kann nicht in den Boden eingearbeitet werden und die Bodenbehandlung ist nicht wirksam. Vor der Ausführung ist eine Probefräsung zu empfehlen.
- Gipshaltige Böden weisen hohe Sulfatgehalte auf. Bei der Anwendung von Bindemittel (insbesondere Kalk) entsteht aus der Verbindung von Sulfat und Kalziumhydroxid Ettringit. Bei dessen Entstehung kommt es zu einer Volumenzunahme von ca. 160 %. ■

QUELLEN

[1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG), 24.02.2012, Stand 23.10.2020

[2] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 Az.: 25-8980.08M20 Land/3

[3] Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil I - Technische Regeln – Allgemeiner Teil,), Stand 06.11.2003

Teil II – Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand 31.08.2004

[4] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB Ausgabe 2017), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau", FGSV-Nr. FGSV 599

[5] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (ZTV Beton-StB Ausgabe 2007), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Arbeitsgruppe „Betonbauweisen", FGSV-Nr. FGSV 899

[6] DIN 18196, Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Ausgabe Mai 2011, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH Berlin

Dipl.-Ing. Erik Schuhmacher
Leiter Geotechnik & Entsorgung
Leiter RAPStra-Prüfstelle Plankstadt
Leonhard Weiss GmbH & Co. KG,
Satteldorf
e.schuhmacher@leonhard-weiss.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Leonhard Weiss GmbH & Co. KG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH