

Qualitätssicherung im Erdbau

Prüfverfahren zum Nachweis der Verdichtungsqualität im Erd- und Grundbau

Einführung

Die Anforderungen an die Qualitätssicherung ist neben den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien insbesondere in der ZTVE-StB 94 (zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) geregelt, die üblicherweise fachübergreifend auch für andere Fachgebiete des Erd- und Grundbaues als Grundlage dient.

Danach ist die ausführende Firma unabhängig von LV-Positionen verpflichtet, eine Qualitätssicherung im Rahmen von Eigenüberwachungsprüfungen durchzuführen.

Nach ZTVE-StB 94, Abschnitt 1.6.3 sind „ Eigenüberwachungsprüfungen Prüfungen des Auftragnehmers, um festzustellen, ob die Güteeigenschaften der Baustoffe, der Baustoffgemische und der fertigen Leistung der vertraglichen Anforderung entsprechen.

Der Auftragnehmer hat diese Prüfungen während der Ausführung mit der gebotenen Sorgfalt und im erforderlichen Umfang durchzuführen. Die Kosten für diese Eigenüberwachungsprüfungen werden - mit Ausnahme der nachträglich vereinbarten oder angeordneten - **nicht** gesondert vergütet. „

Der Nachweis der Eignung der Baustoffe und Baustoffgemische ist in den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen (z.B. ‚TL MIN‘ für Mineralstoffe) geregelt.

Sofern nicht vertraglich anderweitig vereinbart, ist nach ZTVE-StB 94 der Prüfungsumfang für Verdichtungsprüfungen in der Tabelle 7, Abschnitt 14, geregelt. Danach muss nach Prüfmethode M3 (kleinere Baumaßnahmen, Leitungs- und Kanalgräben) z.B bei **kommunalen Straßen** eine Prüfung je 2000 m², mindestens aber je 100 m erfolgen (für jedes Bauteil also Planum Tragschichten etc.).

Die Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen für **Leitungsgräben** ist mit 3 Stück je 150 m Länge pro Meter Grabtiefe vorgegeben.

Wird ein davon abweichender höherer Prüfungsumfang verlangt (z.B. Prüfmethode M1-M2), sind diese im LV anzugeben bzw. gesondert zu vergüten.

Unabhängig davon, kann der Auftraggeber eine eigene Qualitätssicherung veranlassen die dann als **Kontrollprüfungen** bezeichnet werden.

Bei größeren Maßnahmen ist der Prüfumfang im Einzelfall im Rahmen des QM-Planes festzulegen.

Bei der Qualitätssicherung unterscheidet man Eignungsprüfungen und Verdichtungsprüfungen.

Eignungsprüfungen

Mit den **Eignungsprüfungen** wird nachgewiesen, ob die verwendeten Baustoffe und Baustoffgemische den Anforderungen des Bauvertrages, den jeweiligen technischen Lieferbedingungen oder den zuvor im QM-Plan definierten Eigenschaften entsprechen.

(z.B. Scherfestigkeit, Volumenbeständigkeit, Kornfestigkeit, Einbaufähigkeit, Verdichtbarkeit, Durchlässigkeit k_f bzw. anderweitige Prüfeigenschaften).

Diese Eignungsprüfungen werden bei ‚standardmäßigen Baustoffen‘ häufig bereits im Rahmen von Prüfzeugnissen der Lieferanten vorgelegt (z.B. bei Naturschotter 0/56 mm, Splitt, güteüberwachtem Recyclingbaustoffen etc). Die Prüfungen müssen dabei von einer anerkannte Prüfstelle durchgeführt worden sein.

Anmerkung: Bei den vorgelegten Prüfzeugnissen ist darauf zu achten, daß die Analysen zeitlich und räumlich dem gelieferten Baustoff auch tatsächlich zuzuordnen sind.

Auch müssen die geforderten Materialeigenschaften im Prüfzeugnisse behandelt worden sein.

Beim laufenden Einbau werden weitere Eignungsprüfungen (z.B. Wassergehaltbestimmungen, Verdichtbarkeit/ Proctordichte, Siebanalysen, k_f -Wert-Bestimmungen etc.) notwendig.

Die Art und der Umfang der Versuche richten sich nach den jeweiligen Bedingungen (z.B. Witterung) und den gestellte Qualitätsanforderungen an das Bauwerk.

Verdichtungsprüfungen

Um den Erfolg einer Verdichtung von Erdbaustoffen bzw. die Einhaltung der geforderten Mindestqualitäten nachzuweisen, gibt es je nach Anforderungsprofil verschiedene Prüfmethoden, die man in indirekte und direkte Prüfverfahren gliedert:

Direkte Prüfverfahren

Als direkte Prüfverfahren gelten Verdichtungsprüfungen bei der die Trockendichte des zu prüfenden Bodens mit der labormäßig ermittelten Proctordichte verglichen wird. (DIN 18127): Dabei ist die Dichte eines Bodens seine Gesamtmasse (Feststoff + Hohlräume + Wasser), bezogen auf die Volumeneinheit.

gängige Verfahren sind z.B.

- Dichtebestimmung durch **ungestörte Entnahmen** mittels Stahlzylinder (DIN 18125)
- geeignet für bindige (lehmige) und sandige Böden
- Dichtebestimmung mittels **Sandersatzverfahren** (DIN 18125)
geeignet für gemischtkörnige bis grobkörnige Böden
- Dichtebestimmung mittels **Densitometer** (DIN 18125, Blatt 2)
geeignet für gemischtkörnige bis grobkörnige Böden

Mit den verschiedenen Verfahren wird die bei der Verdichtung erzielte Trockendichte der Prüfschicht ermittelt.

Für die Beurteilung muss vom Einbaumaterial ein zusätzlicher Proctorversuch (Bestimmung der Proctordichte nach DIN 18127) vorliegen bzw. im bodenmechanischen Labor ausgeführt werden.

Die Proctordichte D_{Pr} ist die unter Laborbedingungen bzw. nach vordefinierten Verdichtungsverfahren erreichbare größte Trockendichte eines Bodens.

Der optimale Wassergehalt w_{Pr} ist derjenige Wassergehalt, bei dem mit einer bestimmten Verdichtungsarbeit die größte Trockendichte erreicht wird. Der Proctorversuch liefert den Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Trockendichte bei konstanter Verdichtungsarbeit.

Die Proctordichte stellt quasi einen Eich- bzw. Referenzwert dar, mit dem der geprüfte Boden dann verglichen wird.

Als Ergebnis dieser Verdichtungsprüfungen ergibt sich ein Verhältniswert z.B. $D_{Pr} = 98 \%$. Das heißt, die Verdichtung der auf der Baustelle geprüften Böden entspricht einem Verhältniswert von 98 % der im Labor ermittelten Proctordichte.

Das Ergebnis kann dann mit den vorgegebenen Sollwerten (z.B. nach ZTVE oder QM-Plan) verglichen und eindeutig beurteilt werden.

- Vorteil:
- Es kann ein direkter Bezug zur Proctordichte angegeben werden (eindeutige Beurteilung)
 - kein Baustellenfahrzeug zur Versuchsdurchführung erforderlich
 - auch in tieferen Leitungsgräben anwendbar.
- Nachteil:
- Auswertung dauert in der Regel 1 Tag, wenn vom Erdstoff bereits 1 Proctor versuch vorliegt, ansonsten 1 – 2 Tage.
Es kann nur die aktuelle gerade vorhandene Einbaulage geprüft werden (ggfls. noch bis ca. 0,30 m unter GOK).
 - Aussagen zur Tragfähigkeit sind nur bedingt möglich

Indirekte Prüfverfahren

Indirekte Prüfverfahren sind Prüfungen, die als Ergebnis keinen direkten Bezug auf die Proctordichte liefern.

Jedoch lassen sich die Ergebnisse anhand von Erfahrungswerten interpretieren oder zum Teil auch an Referenzwerte koppeln, die wiederum Rückschlüsse auf die erzielte Verdichtungsqualität ermöglichen.

Als indirekte Prüfverfahren sind folgende gängige Versuche zu nennen.

- Lastplattendruckversuche mit DIN 18134
- Rammsondierungen nach DIN 4094
- Dynamischer Plattendruckversuch nach TP BF StB

Lastplattendruckversuche nach DIN 18134

Der Lastplattendruckversuch ist neben den ungestörten Entnahmen die gängigste Prüfmethode. Es ist ein Prüfverfahren, bei dem der Boden durch eine kreisrunde Lastplatte über eine Druckvorrichtung be- und entlastet wird (Lastplatte= Stahlplatte mit 30 oder 60 cm Durchmesser) und als Ergebnis eine Druck-Setzungs-Linie ermittelt wird.

Aus diesen kann zur Beurteilung der Verformbarkeit und Tragfähigkeit des Bodens der Verformungsmodul E_V und der Bettungsmodul k_S bestimmt werden.

Das Prüfverfahren wurde zur Beurteilung von Straßen- und Startbahnunterbauten und zur Kontrolle von eingebauten Schüttungen entwickelt. Der Haupteinsatzbereich liegt somit in der Tragfähigkeitsbeurteilung von Planien, Frostschutz- und Tragschichten bzw. von in lagen geschütteten Geländeauffüllungen. Zudem lässt sich aus dem Verhältniswerte aus Zweit- und Erstbelastungsstufe (E_{V2} / E_{V1}) die Verdichtungsqualität ableiten.

Seine Ergebnisse dürfen nicht als repräsentative Baugrundprobelastungen für Gründungen gewertet werden, da durch den Plattendruckversuch aufgrund der Spannungsverteilung unter der Lastplatte nur eine Schichtdicke von maximal $3d$ (d = Plattendurchmesser; Prüfschichtdicke ca. 0,30 m – ca. 0,80 m) erfaßt wird.

Zur Beurteilung und Konzeption von Gründungen muss jedoch der gesamte Schichtenaufbau des Bodens bis zum festen Untergrund berücksichtigt werden sein.

- Vorteil:
- der Versuch liefert direkt ein Ergebnis auf der Baustelle
 - Ergebnis kann in der Regel mit vorgegebenen Sollwerten verglichen werden (Beurteilung anhand von vorgegebenen Grenzwerten)
- Nachteil:
- Bei Versuchsdurchführung ist ein Gegengewicht (z.B. beladener LKW, Bagger, Walze o.ä.) notwendig.
 - Bei stärker durchfeuchteten Böden (z.B. weichsteife Lehme, nassen Sanden) nicht anwendbar (Grundbruch).
 - In Leitungsgräben nicht praktikabel bzw. nur schwer durchführbar

Man unterscheidet den Versuch mit der 300 mm und der 600 mm Lastplatte. Die 600 mm Platte wird vorwiegend für grobkörnige Felsschüttungen eingesetzt. Standardmäßig kommt die 300 mm Lastplatte zum Einsatz.

Rammsondierungen nach DIN 4094

Sie werden überwiegend zur nachträglichen Verdichtungsüberprüfung von sandigen Kanalgrabenverfüllungen oder höheren Schüttungen ausgeführt.

Sie liefern kein Ergebnis, das direkt mit Sollwerten verglichen werden kann.

Eine Beurteilung muss für jeden Einzelfall vom Baugrundsachverständigen erfolgen.

Vorteil:- rasche Durchführbarkeit

- kein Baustellenfahrzeug zur Versuchsdurchführung erforderlich
- fast unbegrenzte Tiefenreichweite bei rammfähigen Böden
- eine unzureichende Verdichtung kann auch in größeren Tiefen nachgewiesen werden.

Nachteil:

- Schlagzahlen sind von verschiedenen Einflussparametern abhängig (Korngrößenverteilung, Wassergehalte, Lagerungsdichte / Verdichtung)
- in Grenzfällen ist eine sichere Beurteilung schwierig bzw. nicht möglich (Baustoffe und Wassergehalte müssen bekannt sein)
- Der Versuch liefert nur Größenordnungen, keine exakte Angabe von Grenzwerten möglich.
- Die Sondierungen können erst nach Fertigstellung der Schüttung ausgeführt werden. Werden dabei unzureichende Prüfergebnisse erzielt, ist eine Nachverdichtung in tieferen Zonen nicht mehr möglich.

Dynamischer Plattendruckversuch

Der dynamische Plattendruckversuch kann ergänzend zu vorgenannten Prüfungen ausgeführt werden, um eine flächendeckende Qualitätssicherung zu gewährleisten.

Zur Beurteilung des dynamischen Verformungsmodulus ‚ E_{vd} ‘ sind in der Regel Vergleichswerte mit anderen Prüfverfahren erforderlich. Die maximale Prüfschichtdicke beträgt ca. 0,30 m

Vorteil:

- rasche Durchführbarkeit
- keine zusätzlichen Geräte erforderlich
- gut in Leitungsgräben anwendbar
- Ergebnis liegt direkt vor
- Der Versuch eignet sich sehr gut für ergänzende Prüfungen in engerem Raster bzw. wenn die Prüfbedingungen nur geringe Unterschiede aufweisen.

Nachteil:

- Untergrund- und Prüfbedingungen müssen relativ konstant sein (also z.B. Böden mit gleicher Körnung und annähernd gleichem Wassergehalt)
- Der Versuch liefert nur Größenordnungen, eine Angabe von Grenzwerten ist nur bei konstanten Prüfbedingungen möglich.

zur Beurteilung sind immer Referenzwerte aus anderen Prüfverfahren (z.B. Proctordichte oder Lastplattendruckversuch) erforderlich