

CBR dynamisch Labor- und Feldversuch

California Bearing Ratio (dynamisch) standartisiert nach
TP Gestein-StB Teil 5.6, Bestimmung der Festigkeit,
Dynamischer CBR-Versuch (Ausgabe 2008)



HINTERGRUND : das Straßenbauwerk

Die Hauptfunktion des Unterbaus von Straßen besteht darin, die auf Deck- und Tragschichten des Oberbaus wirkenden mechanischen Lasten so auf den darunter liegenden Untergrund zu verteilen, dass es möglichst langfristig zu keinen Beeinträchtigungen oder Beschädigungen des Straßenbauwerks kommt.

Dabei orientiert sich die Bauindustrie an Kennwerten, die eine sichere Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes sowie eine praktikable Bemessung des zu errichtenden Unterbaus ermöglichen; etwa in Bezug auf die erforderlichen Schichtdicken in Abhängigkeit vom verwendeten Baumaterial.

CBR WERT : California Bearing Ratio

Als ein solches Maß für die Beurteilung der Festigkeit des Untergrundes und für die Bemessung der Schichtdicke des Straßenunterbaus hat sich, vor allem in englischsprachigen Ländern, der sogenannte CBR-Wert (California Bearing Ratio) etabliert.

Dieser CBR-Wert wird mit einem standardisierten Penetrationstest gemessen, der in den 1930er Jahren von der California Division of Highways (USA) entwickelt wurde, ursprünglich für Befestigungen von Flugplatzflächen.

CBR VERSUCH : der Klassische

Der Test kann als Labor- oder Feldversuch durchgeführt werden. Beide Varianten sind standardisiert (ASTM D1883, D4429 oder DIN EN 13286-47 u.a.).

Beim Laborversuch wird zunächst eine auf der Baustelle entnommene Bodenprobe nach Proctor verdichtet. Anschließend wird ein Prüfstempel mit 50 mm Durchmesser bei konstanter Geschwindigkeit (1,27 mm/min) bis zu einer definierten Tiefe von zunächst 2,5 und dann 5 mm in eine Materialprobe gedrückt. Die hierzu nötige Drucklast wird gemessen und dann ins Verhältnis gesetzt zu der Last, die für dieselbe Eindringtiefe bei einem Referenzmaterial nötig ist (ursprünglich weitgestufter Schotter aus kalifornischem Kalkstein). Das Ergebnis wird als Prozentwert ausgedrückt.

Vereinfacht dargestellt ist die Tragfähigkeit eines Materials oder Stoffgemisches umso höher, je näher der ausgewiesene CBR-Wert an 100 Prozent (%) heranreicht.

Beim CBR-Feldversuch wird derselbe 50 mm Stempel auf der Baustelle direkt in die Bodenoberfläche gedrückt. Die Drucklast sowie die Eindringtiefe werden über Messuhren bestimmt. Für den Versuch ist ein Gegengewicht nötig, in der Regel ein Fahrzeug.

NUTZEN : CBR-Wert konkret

Das Prinzip des klassischen CBR ist simpel und das Testverfahren liefert einen greifbaren Kennwert. Wohl auch deshalb ist es seit vielen Jahrzehnten etabliert. CBR bildet in zahlreichen Technischen Richtlinien die Grundlage zur Bemessung von Schichtdicken für den Unterbau von Verkehrsflächen, sehr prominent z.B. im britischen CD 225, Design for new pavement foundations.

Die Aussagekraft und somit der Nutzen des CBR-Werts sind aber nicht unumstritten.

So ist die Prüftiefe des Versuches vergleichsweise gering. Wie beim Proctor Versuch erfolgt der Labor CBR-Test zudem an einer gestörten Bodenprobe bei optimalem Wassergehalt. Die Rückübertragung der Ergebnisse auf die Gegebenheiten der Baustelle ist deshalb nur bedingt sinnvoll. Der CBR-Feldversuch erfolgt zwar direkt auf der Baustelle, ist aber zeitaufwendig und stellt den Durchführenden oft vor erhebliche praktische Probleme. Die Resultate sowohl für den Labor- als auch den Feldversuch sind generell schlecht reproduzierbar.

WICHTIG! Der klassische CBR-Test beruht auf dem empirisch ermittelten Verhalten eines ursprünglich nur spärlich charakterisierten Referenz Materials. Für alternative Performance Kennwerte, wie Steifigkeitsmodule oder Scherfestigkeit existieren inzwischen sehr anwenderfreundliche Prüfverfahren und -geräte (z.B. das leichte Fallgewichtsgerät für den dynamischen Plattendruckversuch).

ALTERNATIVE METHODE : CBR Bestimmung

CBR kann empirisch ins Verhältnis gesetzt werden zu den Ergebnissen von Plattendruckversuchen oder Drucksondierungen.

Verbreitet ist deshalb u.a. die Verwendung von Dynamischen Leichten Schlagsonden (DCP). Dabei werden aus den Widerstandswerten der Sondierspitzen beim Einschlagen in den Boden CBR-Werte abgeleitet. Diese Korrelationen beruhen auf empirischen Vergleichen mit dem klassischen CBR.

Am bekanntesten ist hier sicherlich das sogenannte KESSLER DCP aus den USA. Verfahren und DCP-Design beruhen auf Forschungen des US-Army Corps of Engineers. Das KESSLER DCP ermöglicht anhand von Korrelationstabellen die zeitsparende Überprüfung der Tragfähigkeit von Böden bis in Tiefen von 1,50 Meter, z.B. bei unbefestigten Landebahnen.



ZORN INSTRUMENTS : Dynamisches CBR

Eine vergleichsweise neue Alternative zum klassischen CBR stellt das von ZORN INSTRUMENTS entwickelte Dynamische CBR dar.

Dieses Verfahren kombiniert das Prinzip des Prüfstempels aus dem ursprünglichen CBR-Versuch mit den praktischen Vorzügen des dynamischen Plattendruckversuches mit einem Leichten Fallgewichtsgerät.

Ein 50 mm Prüfstempel wird dabei mit einer definierten Stoßkraft von 7,070 N dynamisch belastet. Die hierdurch hervorgerufene Setzung wird gemessen und zur Berechnung des Dynamischen CBR-Wertes nach der folgenden Formel verwendet.

$$CBR_d = \frac{24,26 \times p}{s^{0,59}} [\%]$$

Der Dynamische CBR-Wert erscheint in Prozent (%), analog zum klassischen Versuch.

Theoretische Grundlage für das Dynamische CBR bilden Forschungsarbeiten in Deutschland, in den 1980er und 1990er Jahren, u.a. von Weingart und Floss.

NUTZEN : Dynamisches CBR

Ähnlich wie beim dynamischen Plattendruckversuch mit dem Leichten Fallgewichtsgerät benötigt der Durchführende nur wenige Minuten für die Bestimmung des Dynamischen CBR.

Die kurze Versuchsdauer ermöglicht so eine Vielzahl von Prüfungen in derselben Zeit, die für einen klassischen CBR-Test oder die bisherigen alternativen Verfahren nötig wären. Das Prüfgerät selbst garantiert eine sichere Versuchsdurchführung bei größtmöglicher Wiederholungssicherheit. Die CBR-Berechnung erfolgt automatisch.

Der so ermittelte Dynamische CBR erweist sich als komplexer Festigkeitswert, der neben der Materialfestigkeit auch von der Kornform, der Kornrauigkeit des Einzelkorns, der Kornzusammensetzung, des Gehaltes an Feinanteilen, des Wassergehaltes und weiteren Variablen abhängt. Der Dynamische CBR-Wert kann hierdurch neben der Einschätzung zur Tragfähigkeit und der Verdichtbarkeit eines Baustoffgemisches auch zur Beurteilung der Frostempfindlichkeit dienen.

In Deutschland ist das Prüfverfahren zur Bestimmung des Dynamische CBR-Wert in der technischen Prüfvorschrift TP Gestein-StB Teil 5.6 beschrieben und darf aktuell für Baustoffgemische mit einem Kornanteil >22 mm von ≤ 50% Masse eingesetzt werden.

Das Potenzial des Dynamischer CBR geht aber darüber hinaus und ist auch für andere Anwendungen vielversprechend.

Im Ergebnis Universitärer Forschung konnten z.B. für verschiedene Baustoffgemische empirische Korrelationen mit dem klassischen CBR-Wert ermittelt werden. Somit ist der Einsatz des Verfahrens unter Bezugnahme auf bestehende technische Vorschriften zum klassischen CBR denkbar.

- Für Granit, Kies und Kalkstein (Proctordichte 2,16 bis 2,26 g/cm³) gilt:
 $CBR_d = 0,43 \text{ bis } 0,55 \times CBR_{st}$ und $CBR_{d,m} = 0,6 \times CBR_{st}$
- Für RC-Beton und RC-Mix (Proctordichte 1,85 bis 1,87 g/cm³) gilt:
 $CBR_d = 0,77 \text{ bis } 0,88 \times CBR_{st}$ und $CBR_{d,m} = 1,05 \text{ bis } 1,10 \times CBR_{st}$

Quelle: Zentrum Geotechnik, TU München (2017)

Labort- und Feldversuch

ERFAHRUNG : das wertvolle Kapital

- Seit 1870: Produktentwicklung, Konstruktion und Fertigung bei ZORN aus einer Hand
- Seit 1950: Spezialisierung im Bereich Dynamische Prüfgeräte
- Ab 1990: deutschlandweite Einführung des Leichten Fallgewichtsgerätes ZORN ZFG und Aufnahme des Dynamischen Plattendruckversuchs in die „Technischen Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau“
- Seit 2000: internationale Normierung des Leichten Fallgewichtsgerätes mit ZORN
 - Österreich: RVS 08.04.04 (März 2008)
 - Spanien: UNE 103807-2:2008 (Juli 2008)
 - USA: ASTM E2835-11 (2020)
 - Russland: N° 52068-12 (Staatliches Register zugelassener Messgeräte)
 - Australien: Q726B Deflections - Portable Impulse Plate Load Test Device
 - Belgien: SB 250 versie 4.1, 4.16.2 (April 2019)
 - Schweiz: VSS 70 313 (Juli 2019)
- Seit 2020: Qualitätsprüfung auf Baustellen mit ZORN ZFG täglich, tausendfach, weltweit
- Aktive Exporte in mehr als 100 Länder
- Mindestens 75.000 ZORN Prüfgeräte verkauft (13.000 Leichte Fallgewichtsgeräte)

SERVICEGEDANKE : die grundlegende Idee

- Direkter Kauf als Endkunde oder über den Fachhandel: ZORN Prüfgeräte plus kompetente Beratung – immer persönlich und kostenfrei
- Weitergabe von Anwenderwissen: ZORN Praxisseminare mit über 2.000 Teilnehmern seit 2008
- Digitalisierung auf dem Bau wird Realität: ZORN Viewer App, ZORN D plus App, ZORN FG-WebApp
- ZORN Support auf allen Kanälen: Telefon, eMail, Web oder auch ganz persönlich
- ZORN Support 24/7: viele Dokumente und Informationen jederzeit online abrufbar

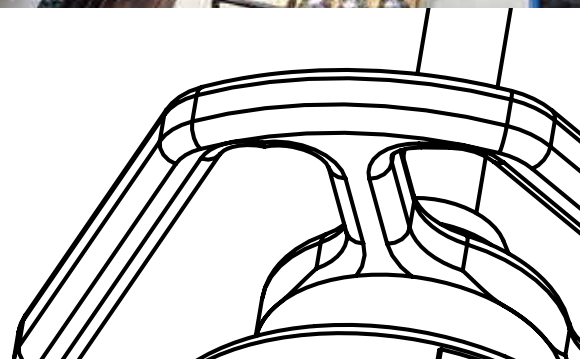
KALIBRIERUNG : das wichtige Detail

- Ohne Kalibrierung keine gültige Prüfung: ZORN Kalibrierstellen für das Leichte Fallgewicht national und weltweit
- Für kurze Anfahrt oder Lieferung: mehrere BAST zertifizierte ZORN Prüfstände bzw. Partnerprüfstände in Deutschland, davon 2x bei ZORN in Stendal
- Kalibrierstände international: ZORN Kalibrierstellen in Polen, Russland, Slowenien, Belgien, Australien und USA
- Die DEUTSCHLAND Referenz: Kalibrierstand für das Leichte Fallgewicht bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST): ein ZORN Produkt
- Aus einer Hand: Kalibrierung, Wartung, Hol- und Bringdienst
- Doppelte Kalibriererinnerung: im Prüfgerät, per eMail



Made in Germany:

Wir sind Visionäre, Entwickler und Hersteller. Nur alles aus einer Hand verspricht bestmögliche Qualität!





Änderungen vorbehalten.
Status: 09/2022

WELTGEWANDTHEIT : die besondere Note

- Hanseatisch bodenständig: Gründung durch Mechaniker Meister Wilhelm Schließer 1870: über 150 Jahre „Made in Germany“
- Mit Feinmechanik in den Genen um die Welt: von ZORN Geldschranken, Nähmaschinen und Fahrräder hin zu Hochpräzisions-Prüfgeräten
- In der Altmark verankertes Familienunternehmen in 5. Generation: Bianca Zorn - Inhaberin und Geschäftsführerin
- Kugel, Prüfnadel und Skala: die Bestandteile eines Brinell-Härteprüfers bilden das ZORN Logo

PRÄZISION : das feinmechanische Gen

- Neben eigenen Labor-, Material- und Straßenprüfgeräten fertigt ZORN regelmäßig Prototypen, Kleinserien und spezielle Werkstücke für Auftraggeber aus der Lebensmittelverarbeitung, Medizintechnik, Automobilindustrie u.a.
- Auftraggeber profitieren von der Arbeit erfahrener ZORN Konstrukteure und hoch qualifizierter Mitarbeiter an modernsten Dreh- und Fräsmaschinen. Oberflächenveredlung und individuelle Montage runden das Angebot ab.

WISSEN : die starke Leidenschaft

- Kooperation mit Universitäten, Hochschulen und wissenschaftlichen Institutionen, Mitarbeit in Forschungsgesellschaften: für ZORN unverzichtbar
- Anwenderschulungen und Informationsveranstaltungen: ZORN Treibstoff für Verbesserung
- ZORN Ausbildung und Praktika: Nicht nur für den eigenen Nachwuchs
- Bachelor-, Master- und Semesterarbeiten: DEIN Projekt bei ZORN



ZORN INSTRUMENTS GmbH & Co. KG
Benzstraße 1 | 39576 Stendal | Germany

Telefon: +49 3931 / 25 27 3-0
Telefax: +49 3931 / 25 27 3-10

eMail: info@zorn-instruments.de
Web: www.zorn-instruments.de