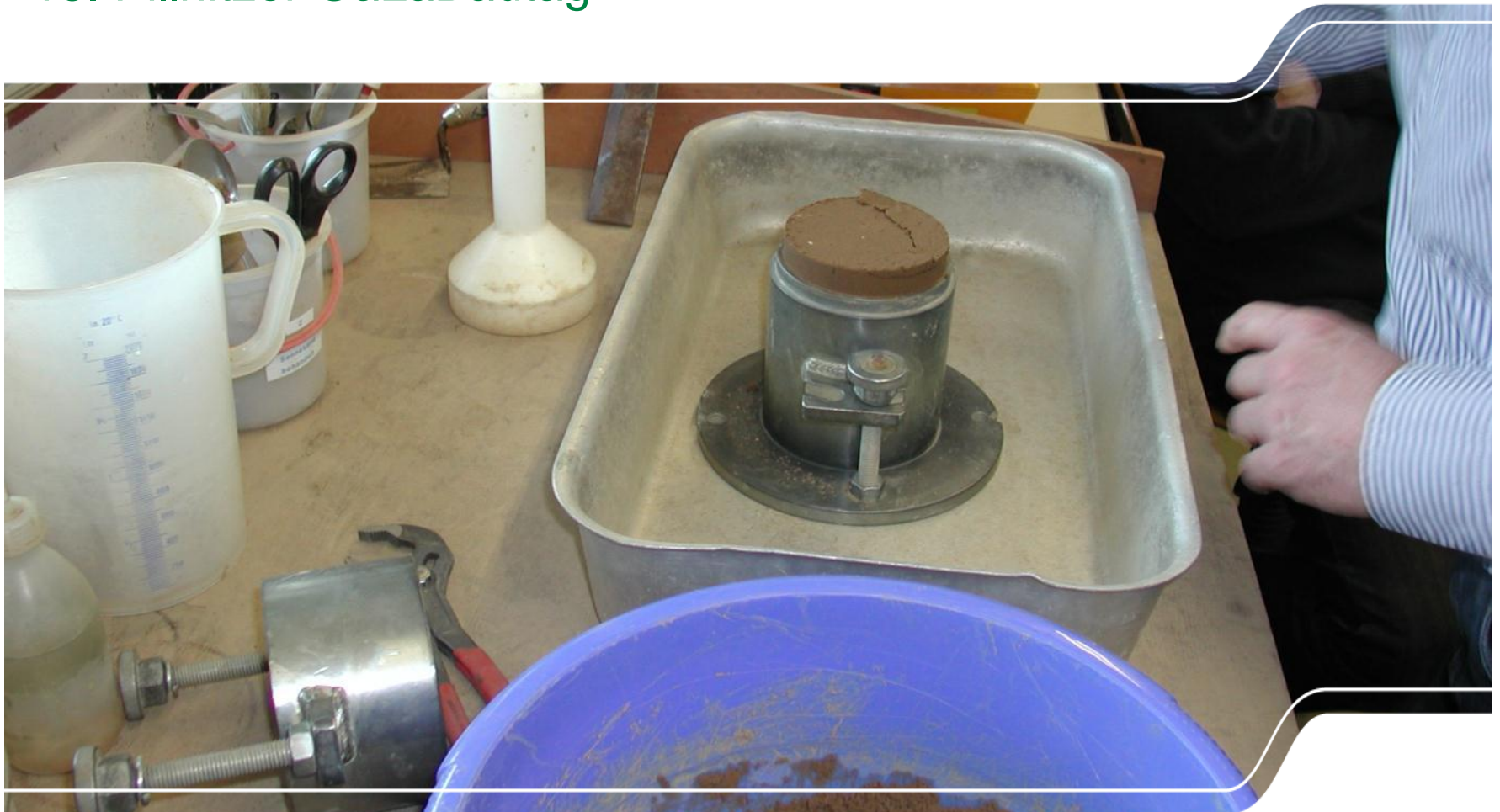


# Standfestigkeit von Böden als Baugrund beurteilen

## 18. Pillnitzer GaLaBautag



# Gliederung

1. Kritische Fragen
2. Schäden durch mangelnde Standfestigkeit von Böden
3. Ursachen für mangelnde Standfestigkeit
4. Prüfverfahren für Standfestigkeit
5. Richtlinien und Normen
6. Selbstschutz des GaLaBau-Unternehmers, wenn mangelnde Standfestigkeit vermutet wird
7. Nützliche Tipps



## Fragen an die Fachleute im Saal

- Wer hat schon Setzungen bei Arbeiten anderer gesehen?
- Wer hat schon mit seiner Firma Setzungen verursacht?
- Wer kann Böden hinsichtlich der Verdichtungseigenschaften und Tragfähigkeit beurteilen?
- Wer kennt alle Prüfverfahren und deren Vor- und Nachteile?
- Wer hat Verdichtungsmaschinen mit Leistungsmessung und Protokollfunktion?
- Wer untersucht vor Baubeginn den Boden in tieferen Schichten auf Verdichtungsqualität, Zusammensetzung und Konsistenz?

## Fragen an die Fachleute im Saal II

- Wer macht Eigenüberwachungen und protokolliert sie?
- Wer schließt Setzungen bei Arbeiten, die seine Firma gemacht hat, für die Zukunft aus?
- Wer bietet Prüfleistungen seinen Kunden mit an und lässt sich diese bezahlen?
- Wer investiert in Prüftechnik und schreckt nicht vor Prüfkosten durch Externe zurück?
- Wie ist die Ausschreibep Praxis im Vergabewesen und bei direkten Angebot?

# Ausschreibep Praxis

## Verdichtungsgrad $D_{Pr}$ , Verformungsmodul $E_{v2}$

**Titel**      **06**      **WEGEBAU**

01.06.0010      **Untergrund verdichten Wege- u. Fundamente**

Untergrund verdichten, für Verkehrsflächen und Fundamente

Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$ : mind. 97%

Verformungsmodul:  $E_{v2}$  mind. 45MN/m<sup>2</sup>;

Menge:                      700 m<sup>2</sup>                      EP: .....                      GP: .....

Veraltet: heute ZTV SoB StB und TL (+G) SoB StB

01.06.0040

**Schottertragschicht Flächen**

Schottertragschicht 0/45,  $E_{v2} \Rightarrow 100MN/m^2$  nach ZTVT (gebrochenes Material)

Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$ : mind. 97%, aus Schotter-Splitt-Brechsand Gemisch Körnung 0/45mm, sickerfähiges Material, ohne Feinanteile Schichtdicke 15 cm liefern und lagenweise einbauen.

Menge:                      87 m<sup>3</sup>                      EP: .....                      GP: .....

# Abhängigkeit der Standfestigkeit des Baugrund

Maßgeblich von der **Verdichtung** des Bodenkörpers abhängig:

Kurzdef.: Verringerung des Luftporenanteils des Bodens zugunsten der festen Bestandteile

- Korngrößenzusammensetzung, Kornform und Kornoberfläche
- Materialzusammensetzung
- Verdichtungsart und Verdichtungsleistung
- Zugänglichkeit bzw. Erreichbarkeit
- Wassergehalt und Konsistenz



fest  $I_c \gg 1,0$

halbfest  $I_c > 1,0$

steif  $I_c 0,75 - 1,0$

weich  $I_c 0,5 - 0,75$

breiig  $I_c 0,0 - 0,5$

flüssig  $I_c < 0,0$



Konsistenzen von  
bindigen  
Böden

# Abhängigkeit der Standfestigkeit des Baugrund

## Belastungen

- Art und Last des Bauwerks: z.B. Straße, Weg, Mauer, Grabenverfüllung
- Bauwerksnutzung
- Wasserzufuhr
- Schäden im Untergrund
- Frosteinwirkung und Frostempfindlichkeit






Sackungen



Sackungen  
Stolperkanten



Sackungen durch  
Wasserschaden  
oder durch  
Erdtiere



Pfützenbildung  
meist in Verbindung mit  
zu geringem Gefälle



Schacht und  
Hauswandanfällungen

Dauerlasten



# Schäden, die sich bei mangelnder Tragfähigkeit zeigen

- Abgesunkene Pflasterbelege
- Hochstehende Schachtabdeckungen, Einläufe oder Entwässerungsrinnen
- Unebenen Flächen mit Pfützenbildungen
- Kippende Bauteile



## Folgeschäden

- Unfallgefahr
- Nutzungseinschränkungen
- Ästhetische Einbußen
- Reklamationen und enttäuschte Kunden
- Rufschädigung
- positiv: eventuell neue Aufträge



Probe mit einer  
Drucksondierstange  
oder mit der Brechstange



Probe mit dem  
Vibrationsstampfer





Abrollversuch


Bild: <http://www.hindawi.com>

## Prüfverfahren - einfache

- **Schnurnagel, Brechstange, Eindrückstangen**
- **Vibrationsstampfertest**
- **Überfahung**
- **Bewertung:**
  - Alle drei nur Augenscheinverfahren, die keine oder keine exakten Messwerte liefern, schnell und preiswert

A close-up photograph showing a person's hands holding a cylindrical metal soil sampler filled with brown soil. The soil has a small wooden stick protruding from the top. In the foreground, another person's hand is pointing towards the soil sample. In the background, another person is holding a similar soil sample. The scene is outdoors on a paved area with grass visible in the distance.

Probenahme mit dem  
Ausstechzylinder



Densitometer oder Ballonverfahren  
zur Volumensbestimmung der  
Probe

Entnommene  
Bodenprobe



Proctorversuch  
Maschinell und im Handbetrieb





# Prüfverfahren – aufwendige Verfahren – direkte Verfahren (DIN 18125, 18127)

- **Verdichtungsgrad** aus Trocken- und Proctordichte ermitteln
- Probenahme vor Ort und Ermittlung der Trockendichte – Volumenermittlung je nach Boden durch Ersatzverfahren
- Laborversuch zur Ermittlung der Proctordichte und des optimalen Wassergehalts
- Vergleich zwischen Trockendichte und Proctordichte ergibt den Verdichtungsgrad  $D_{Pr} = \frac{\rho_{Probe}}{\rho_{Proctor}} 100 \%$
- Bewertung:
  - teuer, exakt, sehr aufwendige Probenahme in der jeweiligen Schicht, oft in LV angegeben als Referenzwert, überall durchführbar, bis in alle Tiefen einsetzbar. Laborausrüstung nötig, für jede Bodenart muss ein separater Proctorversuch gemacht werden.



# Statischer Plattendruckversuch



Bild: <http://www.bolab.de/html/leistungen.html>



Bild: [http://www.bau.uni-siegen.de/subdomains/geo/lab/insitu/spdv/index\\_spdv.html?lang=e](http://www.bau.uni-siegen.de/subdomains/geo/lab/insitu/spdv/index_spdv.html?lang=e)



# Prüfverfahren – aufwendige Verfahren – direkte Verfahren

- **Statischer Plattendruckversuch (DIN 18134)**
- Profiversuch vor Ort als Ersatzverfahren für Verdichtungsgrad
- Gegengewicht von mindestens 4,5 t wird benötigt
- Messwert ist MPd oder  $E_{v2}$ -Wert – Verformungsmodul in  $\text{MN/m}^2$  - Vergleich  $E_{v1}$ - und  $E_{v2}$ -Wert
- Bewertung:
  - braucht viel Platz, ist aufwendig und teuer, wirkt bis ca. 60 cm Tiefe, wird in LV angegeben, geht schnell, teuer in der Anschaffung,

# Ausschreibep Praxis

## Verdichtungsgrad $D_{Pr}$ , Verformungsmodul $E_{v2}$

**Titel**      **06**      **WEGEBAU**

01.06.0010      **Untergrund verdichten Wege- u. Fundamente**

Untergrund verdichten, für Verkehrsflächen und Fundamente

Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$ : mind. 97%

Verformungsmodul:  $E_{v2}$  mind. 45MN/m<sup>2</sup>;

Menge:                      700 m<sup>2</sup>                      EP: .....                      GP: .....

Veraltet: heute ZTV SoB StB und TL (+G) SoB StB

01.06.0040

**Schottertragschicht Flächen**

Schottertragschicht 0/45,  $E_{v2} \Rightarrow 100\text{MN/m}^2$  nach ZTVT ( gebrochenes Material)

Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$ : mind. 97%, aus Schotter-Splitt-Brechsand Gemisch Körnung 0/45mm, sickerfähiges Material, ohne Feinanteile Schichtdicke 15 cm liefern und lagenweise einbauen.

Menge:                      87 m<sup>3</sup>                      EP: .....                      GP: .....

## Messwertvorgaben nach ZTVE-StB 2009

- Vergleichswerte nach Tabelle 9

| Bodengruppe nach 18196 | Statischer Verformungsmodul $E_{v2}$ in MN/m <sup>2</sup> | Verdichtungsgrad DPr in % |
|------------------------|---|---------------------------|
| GW, GI                 | $\geq 100$  | $\geq 100$                |
|                        | $\geq 80$   | $\geq 98$                 |
| GE, SE, SW, SI         | $\geq 80$   | $\geq 100$                |
|                        | $\geq 70$   | $\geq 98$                 |

Leichtes Fallgewichtsgerät oder  
dynamischer Plattendruckversuch



# Prüfverfahren – aufwendigere Verfahren

- **Dynamischer Plattendruckversuch auch leichtes Fallgewichtsgerät**
  - Nach Probestößen wird ein dynamisches Verformungsmodul  $E_{vd}$ -Wert in  $\text{MN/m}^2$  gemessen
  - Je nach Bodenart verhält sich dieser Wert zum  $EV_2$ -Wert oder zum Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  in einem bestimmten Verhältnis.
  - Man kann bei homogenen Bodenverhältnissen diesen Verhältniswert vor Ort ermitteln
- **Bewertung:**
  - Leicht und schnell zu bedienen, man erhält Messwerte, zugelassenes Ersatzverfahren, muss von beiden Vertragspartner akzeptiert werden, funktioniert auch bei beengten Verhältnissen. Relativ preiswert, Messgerät kann man kaufen oder leihen, GPS möglich, muss jährlich kalibriert werden. **ZTV-E StB 09**  
**eine offiziell anerkannte Methode**



## Messwertvorgaben nach ZTVE-StB 2009

- Vergleichswerte nach Tabelle 10

| <b>Bodengruppe<br/>nach 18196</b> | <b>Dynamischer<br/>Verformungsmodul <math>E_{vd}</math> in MN/m<sup>2</sup></b> | <b>Verdichtungsgrad<br/>DPr in %</b> |
|-----------------------------------|---|--------------------------------------|
| GW, GI, GE                        | $\geq 50$   | $\geq 100$                           |
| SE, SW, SI                        | $\geq 40$   | $\geq 98$                            |

# Leichte Rammsondierung mit Schlitzsondierung





Schlitzsondierung mit der  
Pürckhauersonde



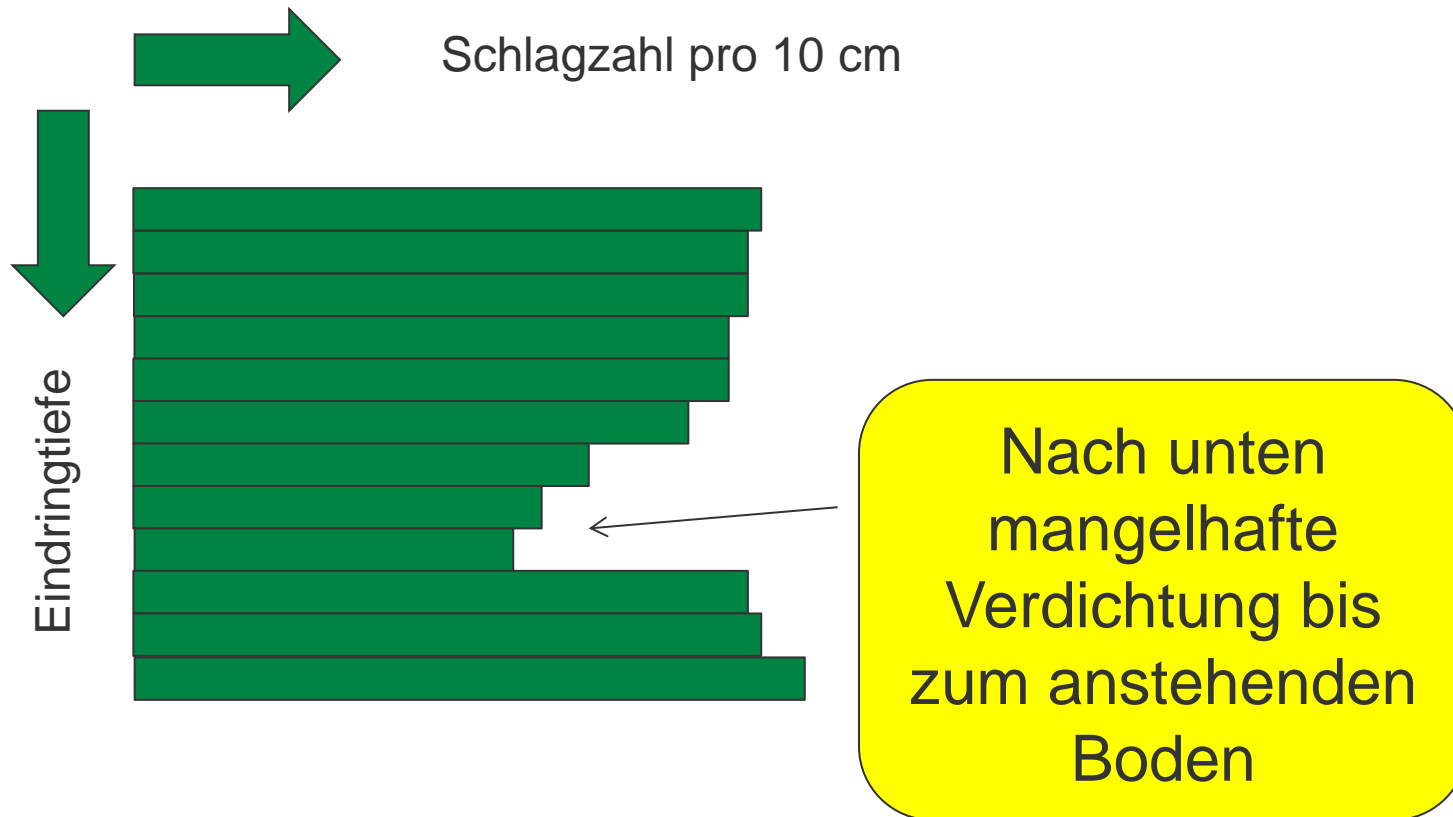
# Auswertung der Schlitzsondierung



## Prüfverfahren – aufwendigere Verfahren

- **Leichte Rammsonde (DPL) – oder auch Künzelstab**, mit Schlitzsondierung oder Schürfe zur Bodenbestimmung
- Sonde wird in den Boden geschlagen und jeweils die Schlagzahl für 10 cm Eindringung gemessen – Eindringwiderstand
- Parallel sollte Bodenschicht und Bodenart ermittelt werden – Schlitzsondierung oder Aufgrabung
- Einsatz kann Firma selber durchführen
- Bewertung:
  - Schnell, wenig Aufwand, einfach, preiswert, ohne Kenntnisse der Bodenart und Schichtfolge schwer auswertbar, Test bis in große Tiefen, liefert ablesbare Messergebnisse, überall einsetzbar, **Achtung: Leitungsschäden möglich**

# Diagramm der Rammsondierung





## Messung am Verdichtungsgerät

Bild: <http://www.ammann-group.de/de/metanavigation/news/news-detail/browse/6/article/verdichtungsmaschinen-ammann-compaction-expert-bewaehrt-sich-auch-auf-ruetteplatten/backPid/6506/>



## Prüfverfahren – aufwendigere Verfahren

- **Messung am Verdichtungsgerät** mit und ohne Protokollierung
  - Messeinheiten vorinstalliert an Verdichtungsgeräten
  - Dynamische Kennwerte über Aufzeichnungen oder Leuchtanzeigen
  - GPS-Protokollierung möglich
  - Modernste Technik, es ist sogar die Steuerung der Verdichtungsleistung möglich
- **Bewertung:**
  - Ständige Kontrolle bei der Arbeitsausführung, je aufwendiger die Technik, um so teurer, Neuanschaffung von Verdichtungstechnik nötig, Messtiefe in Abhängigkeit der Maschinengröße, vertraglich zu vereinbaren, Vergleichsmessung mit St. PDV

# Vorgaben aus Normen und Richtlinien

- VOB/C – ATV 18300 Erdarbeiten
- ZTVE-StB 2009 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
- ZTVA-StB 2012 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- RStO 12 – Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
- ZTV SoB-StB 04 Ausgabe 2007 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
- ZTV-Pflaster-StB 06 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen
- TP BF-StB- Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau

## Prüfmethoden nach ZTVE-StB 2009

- M1 – Statische mit Prüfplan
- M2 – Flächendeckendes dynamisches Messverfahren (FDVK)
- M3 – Überwachung des Arbeitsverfahrens
  
- Eigenüberwachung – mit / ohne Fremdüberwachung
- LV- Vereinbarungen beachten – auch als nachträgliche Sondervereinbarung



## Messwertvorgaben nach ZTVE-StB 2009

- Verformungsmodul –
- für alle Bauklassen von I bis IV (aktuell: Belastungsklasse Bk bis 100 bis 1.0 RStO 12) auf frostsicherem Untergrund/Unterbau – Planumswert von  $E_{v2} = 120 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $E_{vd} = 65 \text{ MN/m}^2$
- für alle Bauklassen von V bis VI (aktuell: Belastungsklasse Bk 0,3 RStO 12) auf frostsicherem Untergrund/Unterbau – Planumswert von  $E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $E_{vd} = 50 \text{ MN/m}^2$
- Niedrigere Werte sind möglich, wenn sich bessere Werte erst nach dem Verdichten der Tragschicht einstellen.
- Frostempfindliche Böden  $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Planum oder nach Bodenverbesserung auf  $E_{v2} = 70 \text{ MN/m}^2$

# ZTVA-StB 2012 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für **Aufgrabungen** in Verkehrsflächen

## Grabenbau - Leitungsräben

- Referenzversuch ist die Ermittlung des Verdichtungsgrad
- $D_{Pr}$  von 97 % nach 9.5.1 ZTVE StB mit 10 %-Mindestquantil
- Bei gleichen Bodenverhältnissen sind als Folgeprüfung Ersatzverfahren zugelassen. Bei grobkörnigen und gemischtkörnigen Böden mit weniger als 15 M.-% kann ein statischer Plattendruckversuch durchgeführt werden.



# ZTVA-StB 2012 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für **Aufgrabungen** in Verkehrsflächen

## Grabenbau - Leitungsräben

- Leitungsräben und beengte Arbeitsräume bis 0,7 m Tiefe – Sondierlanzen darüber hinaus Rammsonden (Empfehlung ZTVE-StB – Abschnitt 14.3)

## Bauwerkshinterfüllungen

- $D_{Pr}$  von 100 % Verweis nach 10.3.5 ZTVE StB mit 10 %-Mindestquantil



# ZTVA-StB 2012 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für **Aufgrabungen** in Verkehrsflächen

## Unter Pflasterflächen

- Statischer Plattendruckversuch oder doppelte Anzahl dynamischer anwendbar (Abschnitt 14.4)

## RStO 12 – Richtlinie für die **Standardisierung des Oberbaus** von Verkehrsflächen

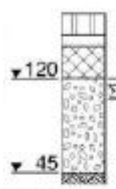
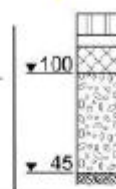
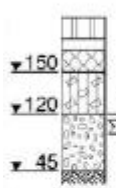
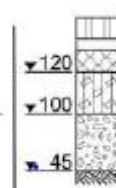
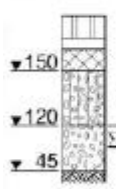
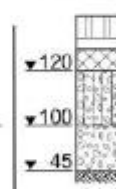
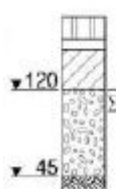
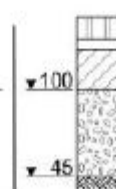
- Aus Bauklassen wurden **Belastungsklassen**
- IV – Wohnstraßen wurde Bk 1,0
- V und VI – Wohnwege wurde Bk 0,3
- Außerdem gibt es jetzt Tabellen für Fahrrad- und Fußwege, auch für ungebundene Decken.

## RStO 12 – Richtlinie für die **Standardisierung** des **Oberbaus** von Verkehrsflächen

- Aus Bauklassen wurden **Belastungsklassen**
- IV – Wohnstraßen wurde Bk 1,0
- V und VI – Wohnwege wurde Bk 0,3
- Außerdem gibt es jetzt Tabellen für Fahrrad- und Fußwege, auch für ungebundene Decken.

# RStO 12 – Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen

- Ausschnitt aus der neuen RSt
  - Wohnstraßen –BK1,0
  - Und Wohnwege Bk0,3

| Zeile                        | Belastungsklasse   | Bk1,0   | Bk0,3   |
|------------------------------|--|---|---|
|                              | B [Mio]  | > 0,3 - 1,0   | ≤ 0,3   |
| 4                            | <b>Aspnaat</b> tragschicht auf Pflasterdecke <sup>9)</sup>   |    |    |
|                              | Wasserdurchlässige Asphalttragschicht <sup>10)</sup>         | Σ24   | Σ22   |
|                              | Frostschutzschicht   | 45  | 45  |
|                              | Dicke der Frostschutzschicht                                 | - 31 <sup>2)</sup> 41 51  | - 23 <sup>2)</sup> 33 43  |
| 5                            | <b>Asphalt</b> tragschicht und Pflasterdecke <sup>9)</sup>   |    |    |
|                              | Wasserdurchlässige Asphalttragschicht <sup>10)</sup>         | Σ35   | Σ35   |
|                              | Schottertragschicht  | 8   | 8   |
|                              | Frostschutzschicht   | 45  | 45  |
| Dicke der Frostschutzschicht | - 20 <sup>2)</sup> 30 40                                     | - - 20 <sup>2)</sup> 30   |   |
| 6                            | <b>Asphalt</b> tragschicht und Pflasterdecke <sup>9)</sup>   |    |    |
|                              | Wasserdurchlässige Asphalttragschicht <sup>10)</sup>         | Σ40   | Σ40   |
|                              | Kiestragschicht  | 20  | 20  |
|                              | Frostschutzschicht   | 45  | 45  |
| Dicke der Frostschutzschicht | - 25 <sup>2)</sup> 35 45                                     | - - 15 <sup>2)</sup> 25   |   |
| 7                            | <b>Dränbeton</b> tragschicht auf Pflasterdecke <sup>9)</sup> |  |  |
|                              | Dränbetontragschicht (DBT) <sup>10)</sup>                    | Σ27   | Σ27   |
|                              | Frostschutzschicht   | 45  | 45  |
|                              | Dicke der Frostschutzschicht                                 | 18 <sup>2)</sup> 28 38 48   | - 18 <sup>2)</sup> 28 38  |



## Schutz des GaLaBau-Unternehmers, wenn mangelhafte Standfestigkeit vermutet wird

- Prüf- und Hinweispflicht bei VOB/B- und BGB- Verträgen
- Mängelfreie Arbeit



## Hinweispflicht des AN

- Prüf- und Hinweispflicht bei VOB/B- und BGB- Verträgen
  - Auftraggeber vor Fehler bewahren
  - Außerdem schuldet der AN eine Leistung ohne Mängel
  - Abhängig von:
    - Wissen des Unternehmers als Fachmann
    - Vertragsinhalt
    - Person des Auftraggebers

## Prüfpflicht des AN

- Wie intensiv muss der AN prüfen?
  - Besichtigung und befühlen
  - Messen durch übliche Verfahren – entsprechend der gewerbl. Sitte
    - z. B. Wege und Terrassen
      - Eisenstange, Vibrationsstampfer
      - Wenn deutliche Hinweise auf Baufehler der Vorunternehmer auch Sachverständige hinzuziehen.
- Generell Bedenken anmelden ist nicht möglich.

## Prüf- und Hinweispflicht – Quellen

- VOB/B nach § 4 Abs. 3 und der Haftungsausschluss nach § 4 Abs. 7 bzw. § 13 Abs. 5-7
- VOB/C ATV 18 300 Erdarbeiten - Abschnitt 3.1.2 – „ Der Auftragnehmer hat bei seiner Prüfung Bedenken insbesondere geltend zu machen bei
  - ungenügender Tragfähigkeit oder Beschaffenheit des Untergrundes.
  - Ungeeigneten Witterungsbedingungen (siehe Abschnitt 3.11).“
- BGB – nach Treu und Glauben § 242 BGB abzuleiten: „Der Schuldner ist verpflichtet, die Leistung so zu bewirken, wie Treu und Glauben mit Rücksicht auf die Verkehrssitte es erfordern.“



## Tipps

- Aufträge erweitern mit Prüfgeräten
- Prüfungen durch andere beurteilen, unkorrekte Anwendungen bemängeln
- Methoden einschätzen mit ihren Schwächen und Stärken