

Bauen auf wenig tragfähigem Untergrund

Dr.-Ing. Christoph Lehnert

FGSV Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau
Arbeitsausschuss 5.8.: Straßenbau auf
wenig tragfähigem Untergrund

Forschungsgesellschaft für
Straßen- und Verkehrswesen e. V.



- 1. Einführung**
- 2. Systematik Bauverfahren**
- 3. Leichtbaustoffe**
- 4. Möglichkeiten**
- 5. Grenzen**
- 6. Wirtschaftlichkeit**



1. Einführung



2. Systematik Bauverfahren



Bauverfahren

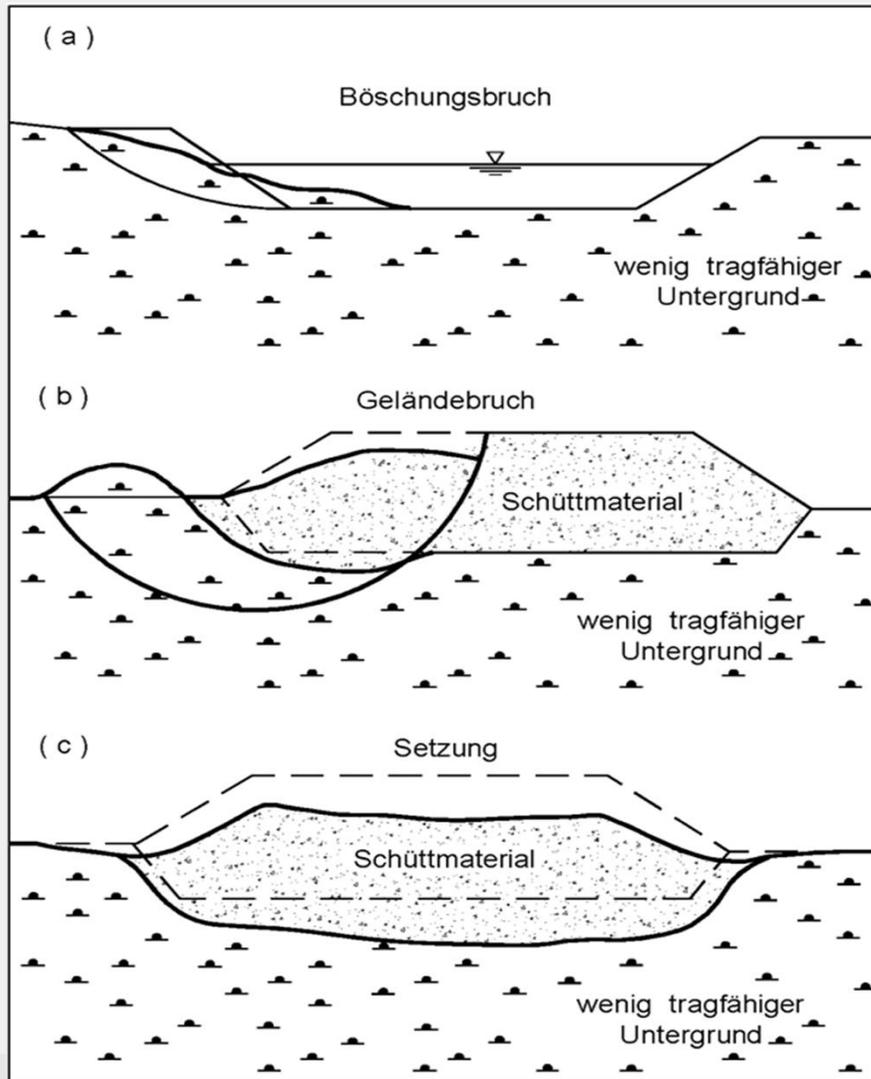
- 5.1 Allgemeines
- 5.2 Konsolidierungsverfahren
- 5.3 Bodenaustauschverfahren
- 5.4 Aufgeständerte Gründungspolster
- 5.5 Verwendung von Leichtbaustoffen
- 5.6 Straßenoberbau unmittelbar auf wenig tragfähigem Untergrund
- 5.7 Straßenunterbau unmittelbar auf wenig tragfähigem Untergrund

R2 Regelwerke der 2. Kategorie
Merkblätter und Empfehlungen

FGSV empfiehlt Anwendung als
Stand der Technik
(nicht Vertragsgrundlagen)



2. Systematik Bauverfahren



Die grundsätzliche Problematik des wenig tragfähigen Untergrundes tritt auf im

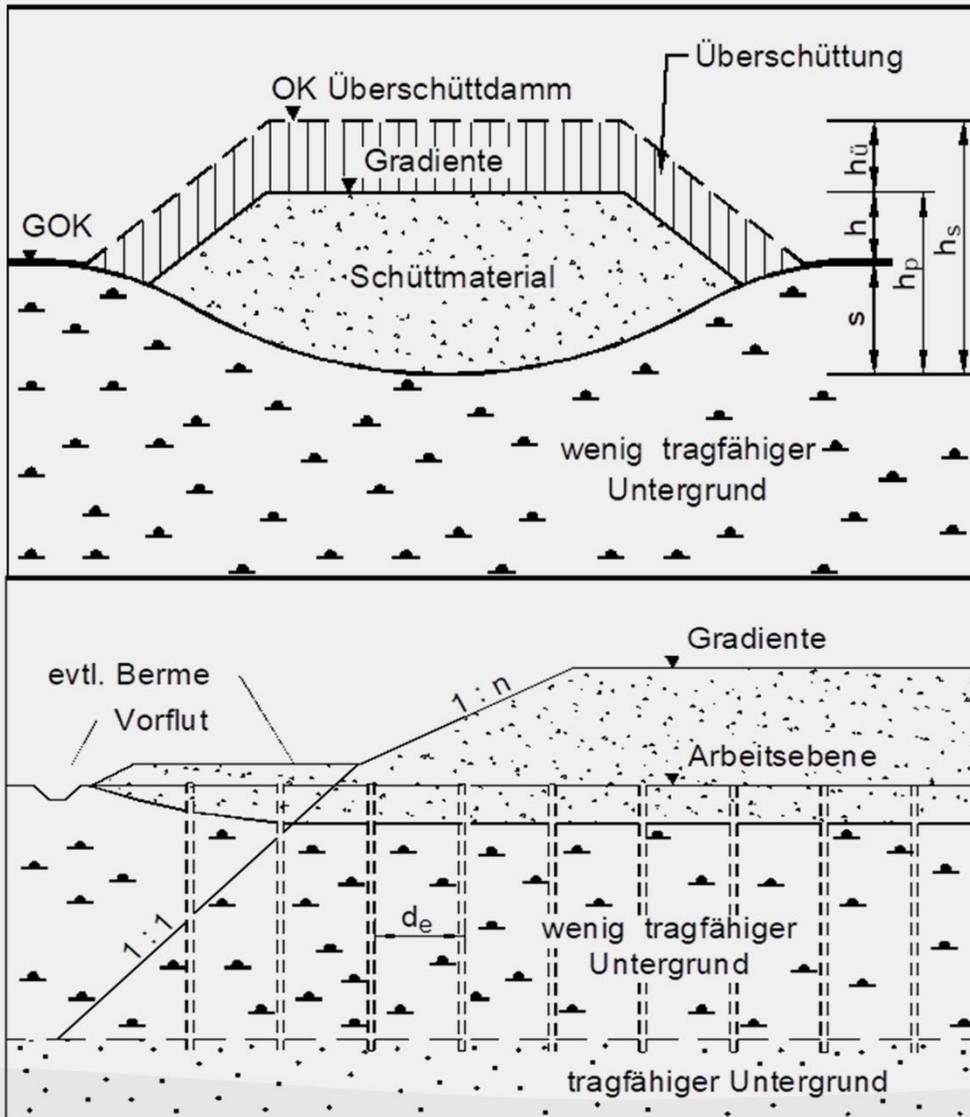
Bauzustand an den Baugrubenflanken

Bau- / und Endzustand als Verlust

der Tragfähigkeit (ULS) und

der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

2. Systematik Bauverfahren



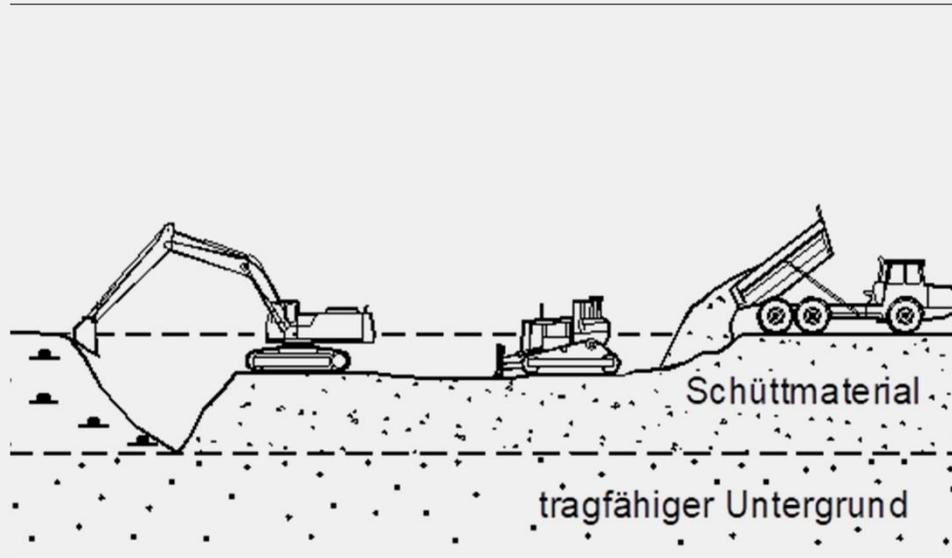
Konsolidierungsverfahren

allein durch Überschüttung

mit Konsolidierungshilfen



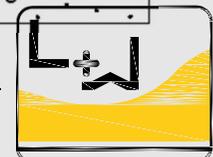
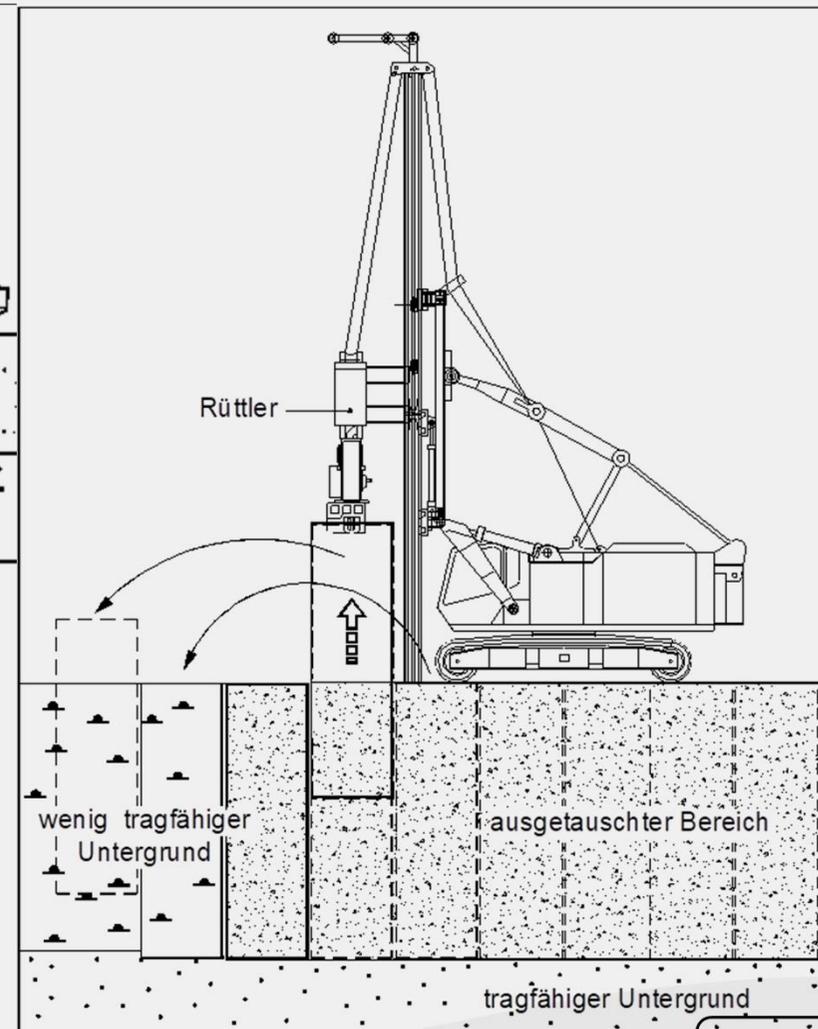
2. Systematik Bauverfahren



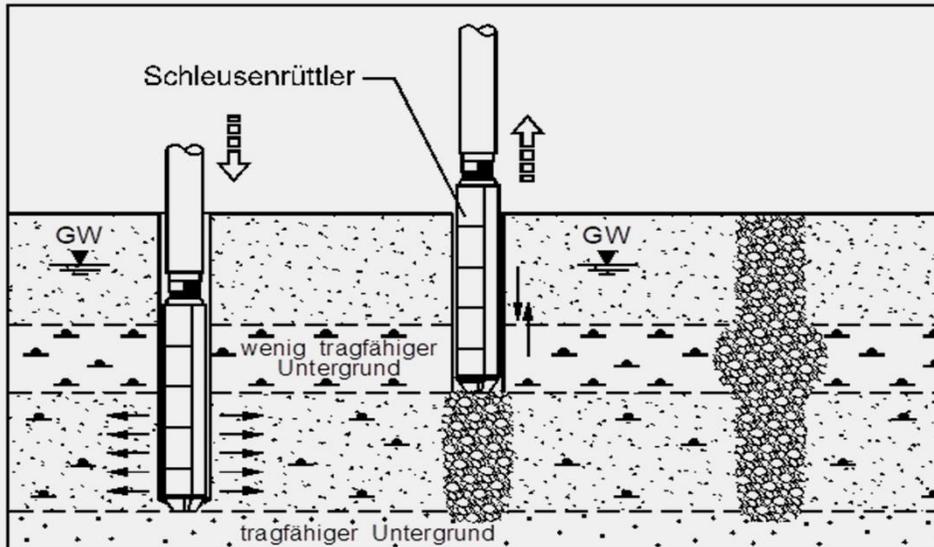
Bodenaustauschverfahren

in offener Baugrube

im Verbaukasten

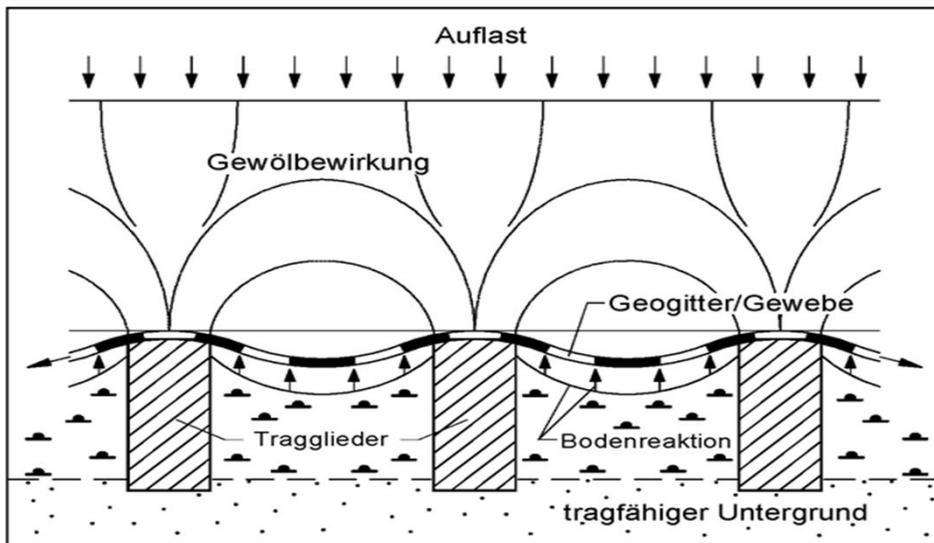


2. Systematik Bauverfahren



Baugrundverbesserung als Rüttel-
druck- oder Rüttelstopfverdichtung

mit konventioneller Tragwirkung

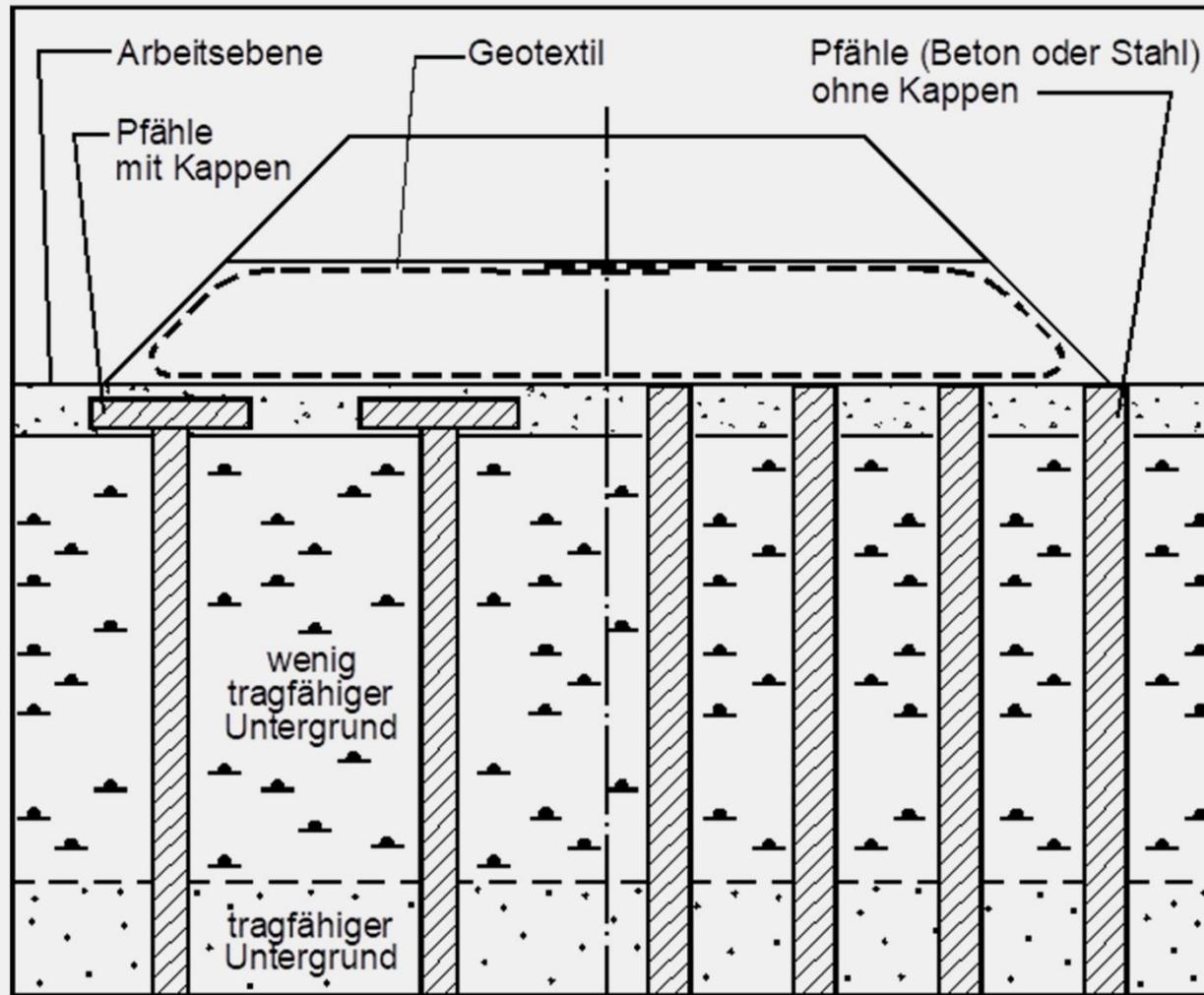


Aufgeständerte Gründungspolster

mit Tragwirkung als Säule und Gewölbe



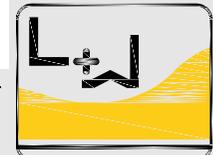
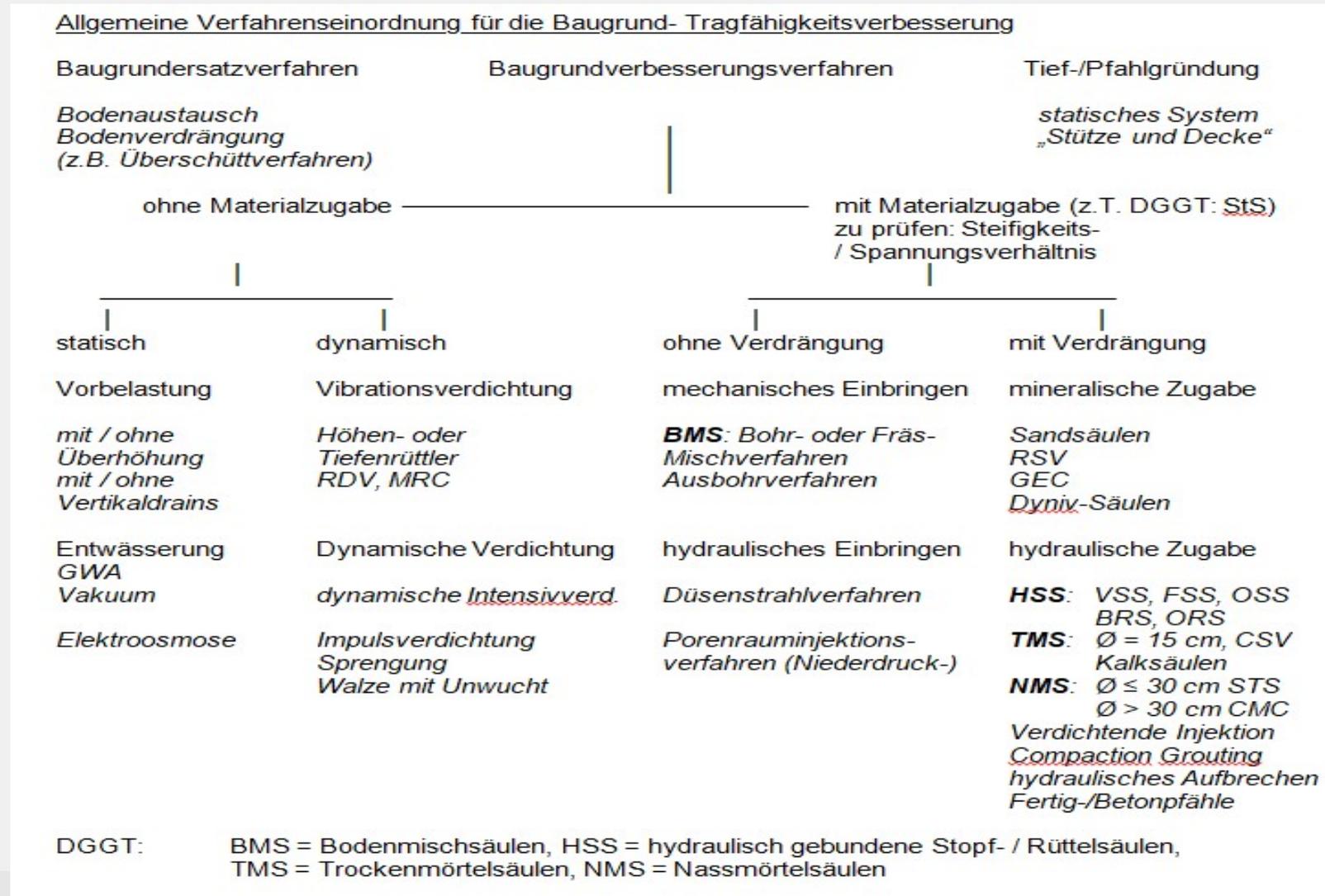
2. Systematik Bauverfahren



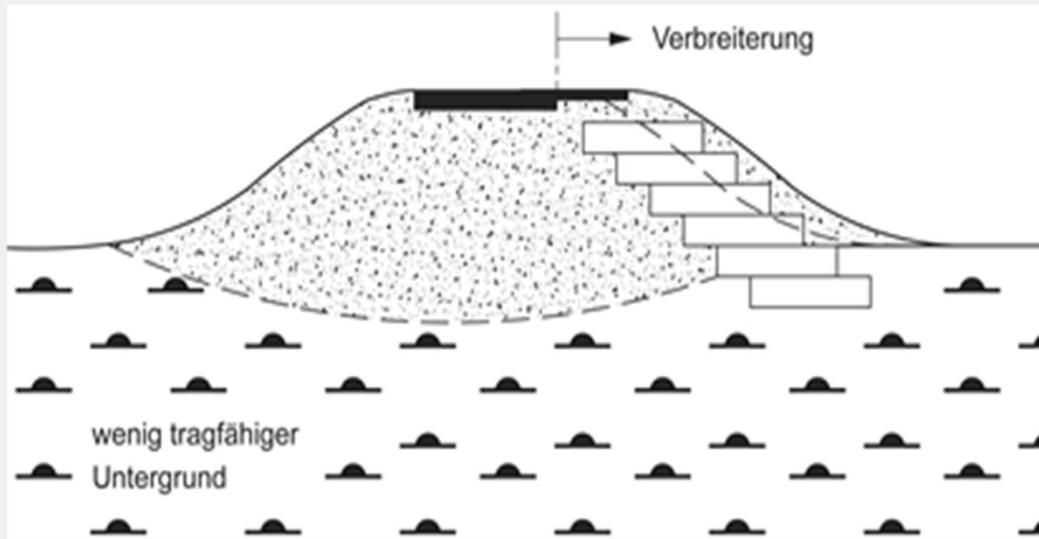
Aufgeständerte Gründungs-
polster

mit Tragwirkung als Stütze
und Gewölbe bzw. Decke

2. Systematik Bauverfahren (neu)

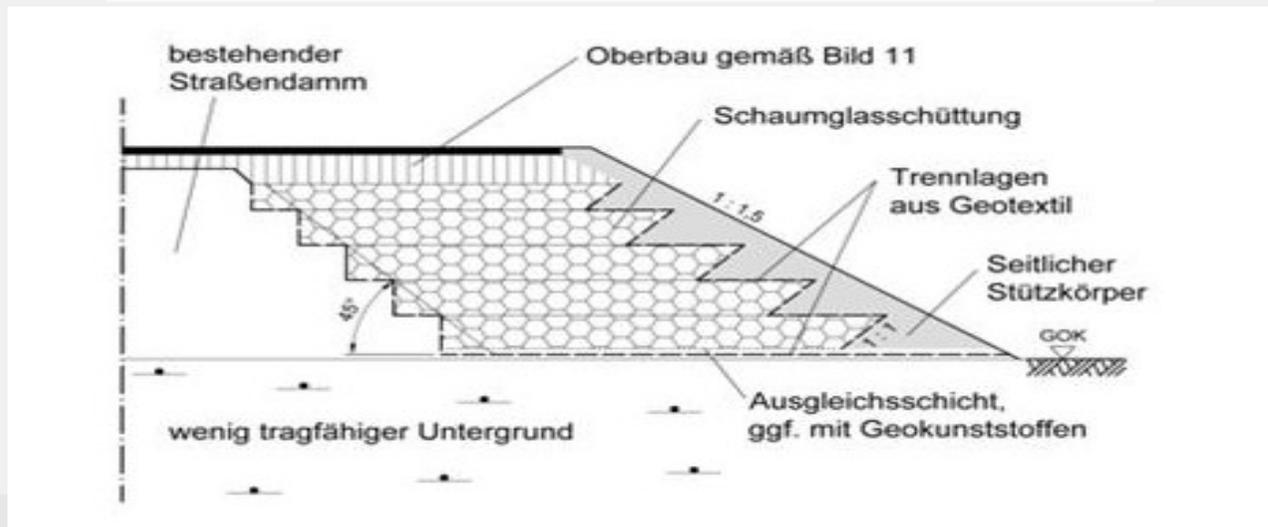


2. Systematik Bauverfahren



Verwendung von
Leichtbaustoffen

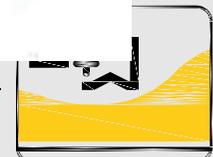
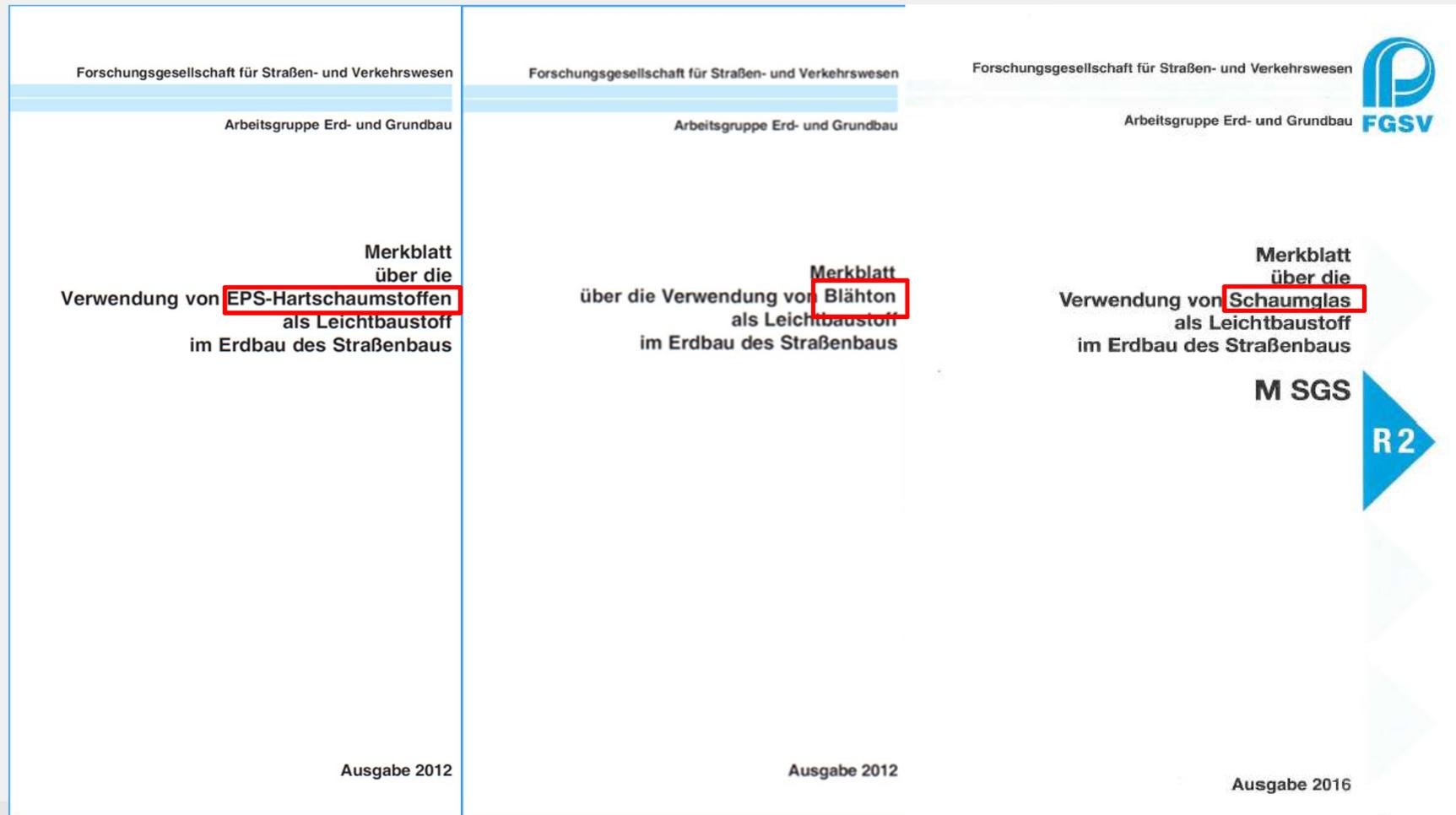
als „Mauerwerk“
oder Platten
(EPS – Hartschaum,
Schaumbeton)



als Schüttgut
(Blähton,
Schaumglasschotter)

3. Leichtbaustoffe

FGSV- Merkblätter des Arbeitsausschusses 5.8.: Ausgaben 2012 und 2016



3. Leichtbaustoffe

Warum Leichtbaustoffe ?

Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund erfordert (s.o.) die Gewährleistung

- der Tragfähigkeit / Standsicherheit (ULS) und
- der Verträglichkeit / Gebrauchstauglichkeit (SLS)

des Bauwerkes unter ungünstigen Bedingungen, deshalb sind

- ▶ **spezielle Bauweisen** (Gründungsverfahren) und / oder
- ▶ **neue Materialeigenschaften** notwendig

Ziele bei Leichtbaustoffeinsatz:

- Verminderung der Belastungen (Einwirkungen durch das Eigengewicht der Konstruktion) und / oder
- Erhöhung der Scherfestigkeit (Widerstände)



3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus:



EPS
Hartschaum
wird verlegt /
gesetzt

3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus:



EPS
Hartschaum
wird verlegt /
gesetzt



3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus:



Blähton ist ein
Schüttgut

3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus:



Blähton ist ein
Schüttgut

3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus:



Schaumglas-
schotter ist
ein Schüttgut

Quelle: Dr. Gold

3. Leichtbaustoffe

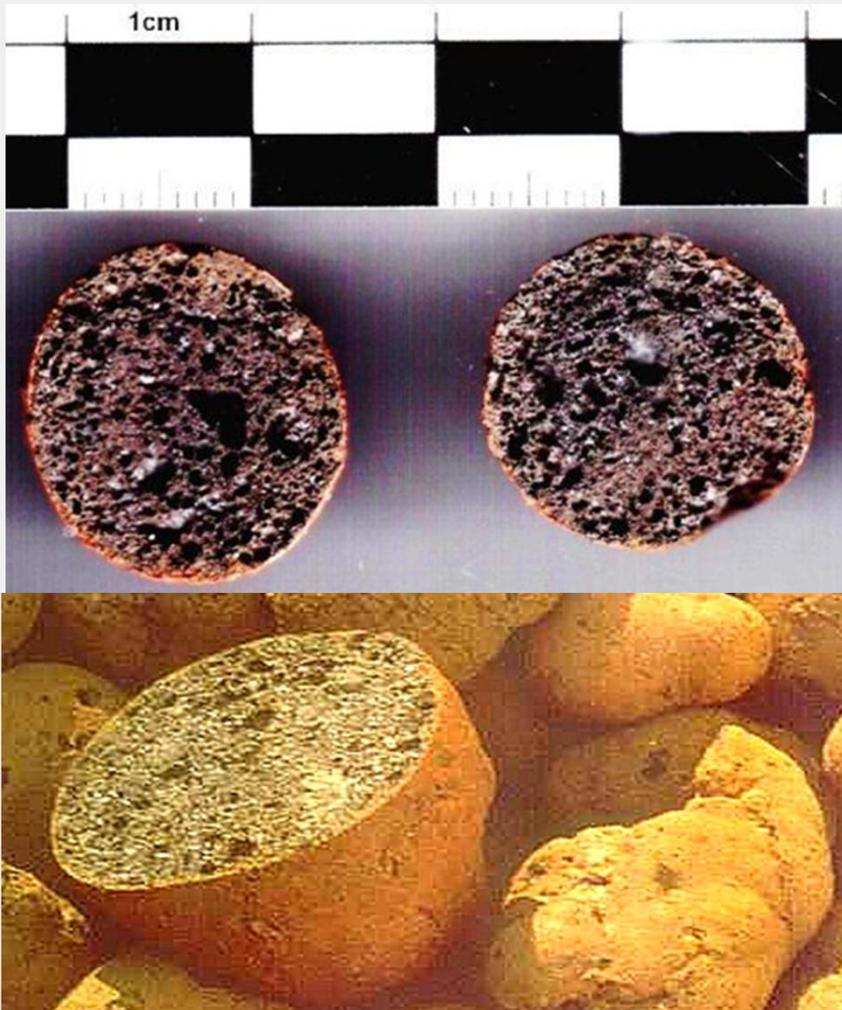
Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus:



Schaumglas-
schotter ist
ein Schüttgut

3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus: Blähton



Anschauliche Unterschiede zu einem massiven mineralischen Korn mit kristallinem Aufbau wie Sand oder Kies:

- keramische Schale und
- luftgefüllte Zellen / Poren mit keramischen Zellwänden
- raue Kornoberfläche

Daraus folgende Eigenschaften:

- positiv
- geringes Gewicht
 - hohe Reibung

- negativ
- eingeschränkte Druckfestigkeit (Stabilitätsfall Kornfestigkeit)
 - eigener Wasserhaushalt



3. Leichtbaustoffe

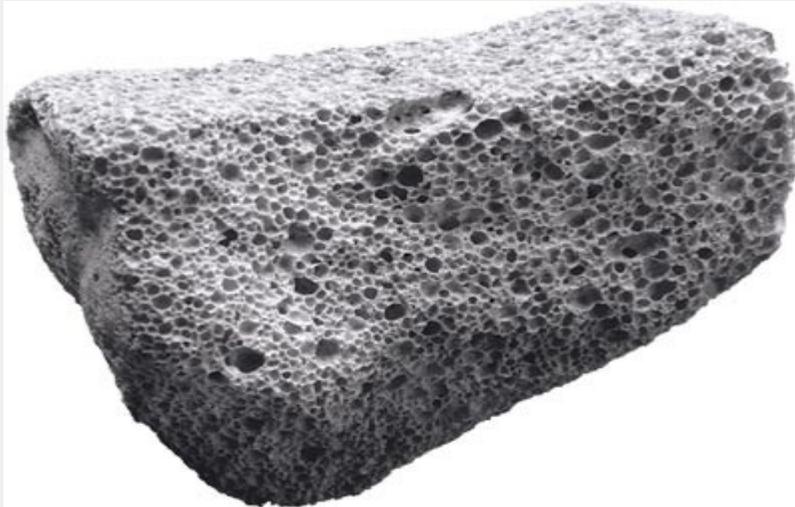
Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus: Blähton

| Klassifizierender Kennwert | Prüfung nach | Einheit | Bandbreite der Versuchswerte |
|---|------------------------------|--|------------------------------|
| Schüttdichte ρ_b im Trockenzustand | DIN EN 1097-3 | g/cm ³ Mg/m ³ | 0,25 bis 0,40 |
| Kornrohddichte ρ_G | DIN EN 1097-6 DIN V 18004 | g/cm ³ Kg/m ³ | 0,40 bis 0,70 400 bis 700 |
| Wasseraufnahme unter Vakuum W | DIN EN ISO 10545-3 | M.-% | 100 bis 130 |
| Kornfestigkeit Ca | DIN EN 13055-1 | N/mm ² | 0,8-1,3 |
| Reibungswinkel *) φ' | DIN 18137 Teil 2 | ° | $\geq 37,5$ **) |



3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus: Schaumglasschotter



Anschauliche Unterschiede zu einem massiven mineralischen Korn mit kristallinem Aufbau wie Sand oder Kies:

- luftgefüllte, blasenartige Zellen mit gläsernen Zellwänden
- raue Kornoberfläche

Daraus folgende Eigenschaften:

- positiv
- geringes Gewicht
 - hohe Reibung

- negativ
- eingeschränkte Druckfestigkeit (Stabilitätsfall Kornfestigkeit)

Unterschiede zum „Korn“ des Blähtons:

- keine ausgeprägte „Schale“
- weitgehend geschlossene Zellen,
- kein eigener Wasserhaushalt

3. Leichtbaustoffe

Leichtbaustoffe im Erdbau des Straßenbaus: Schaumglasschotter

| Bezeichnung nach -DIN EN 13055_- <u>2</u> | Bezeichnung nach Prüfnorm | Prüfung nach | Einheit | Festgelegte Parameter | |
|--|--|------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | | Schaumglas Leicht | Schaumglas Standard |
| Schüttdichte, lose | Schüttdichte ρ_b im Trockenzustand | DIN EN 1097-3 | kg/m ³ | 150 bis 170 | 170 bis 230 |
| Schüttdichte, verdichtet 1:1,4 | Schüttdichte ρ_b im Trockenzustand | DIN EN 1097-3 | kg/m ³ | 210 bis 238 | 238 bis 322 |
| Wasseraufnahme | Wasseraufnahme | EN 12087 | Masse % | < 30 | < 30 |
| Kornfestigkeit | Kornfestigkeit C_a | | N/mm ² | 2 bis 3 | 2 bis 4 |
| Druckfestigkeit bei 10 % Stauchung | | DIN 826 | kPa | 400 | 620 |
| Scherfestigkeit | Reibungswinkel φ *) | DIN 18137 Teil 2 | ° | 35 - 40 | 35 - 40 |



4. Möglichkeiten

Blähton und Schaumglasschotter als Schüttgüter für den Erdbau erfordern gegenüber herkömmlichen Schüttgütern (Sand, Kies) eine

- z.T. andere **Bauweise** mit
- entsprechenden **Entwurfselementen**

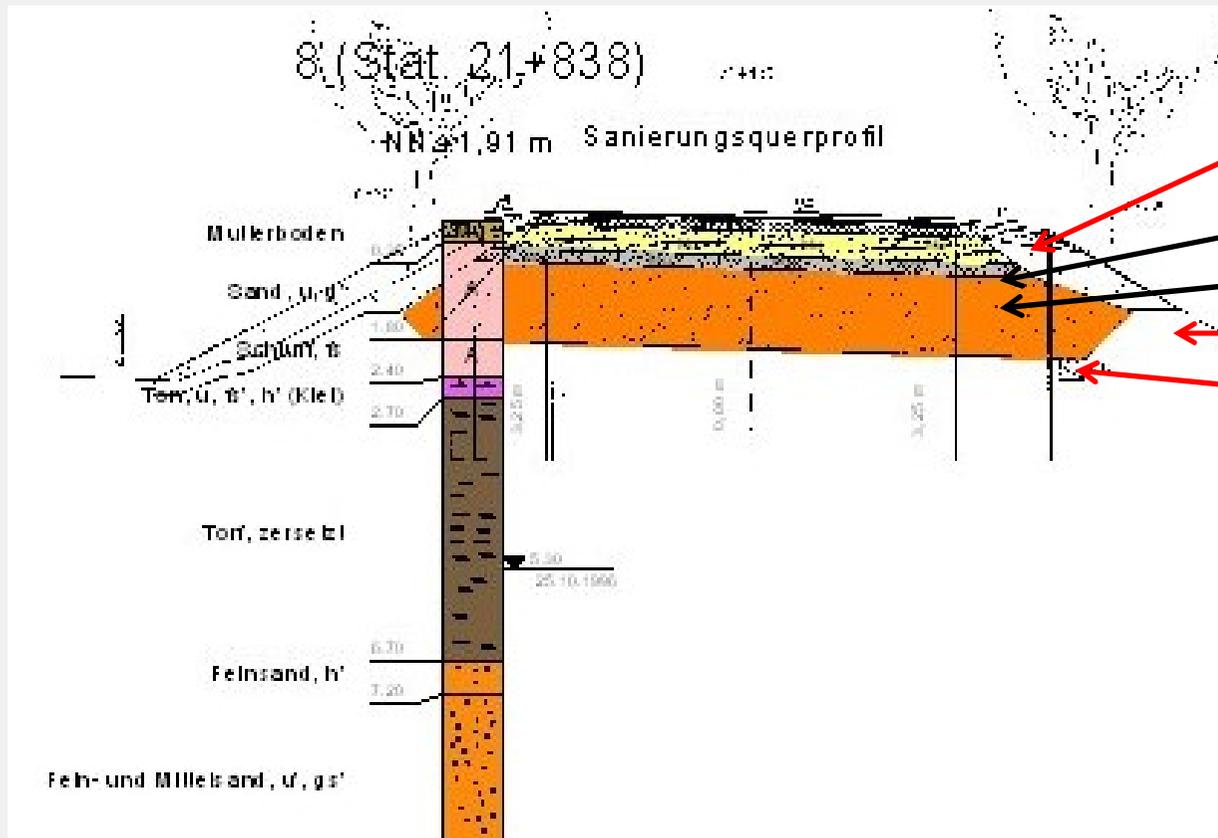
(das Material „liegt nicht so gut“ und / oder ist nicht filterstabil zum umgebenden Boden)

diese Entwurfselemente sind:

- Trennvlies zum anstehenden Boden
- Seiten- / Randdämme als Verdichtungswiderlager
- eine zusätzliche Tragschicht unter dem Planum
- ggf. Drainage
- ggf. Auftriebssicherung



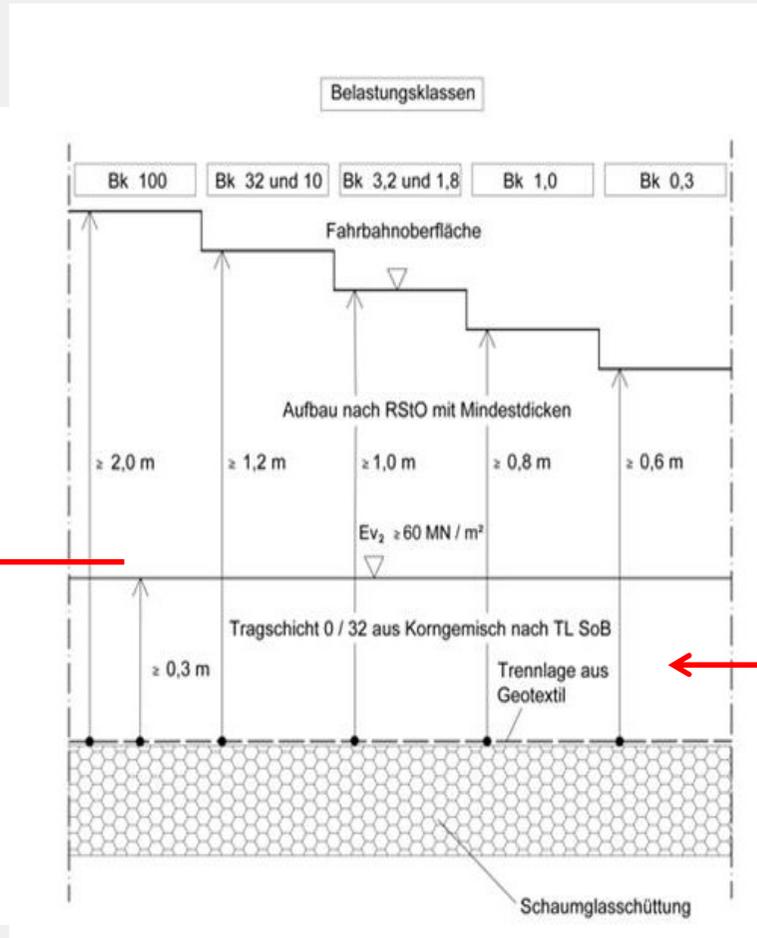
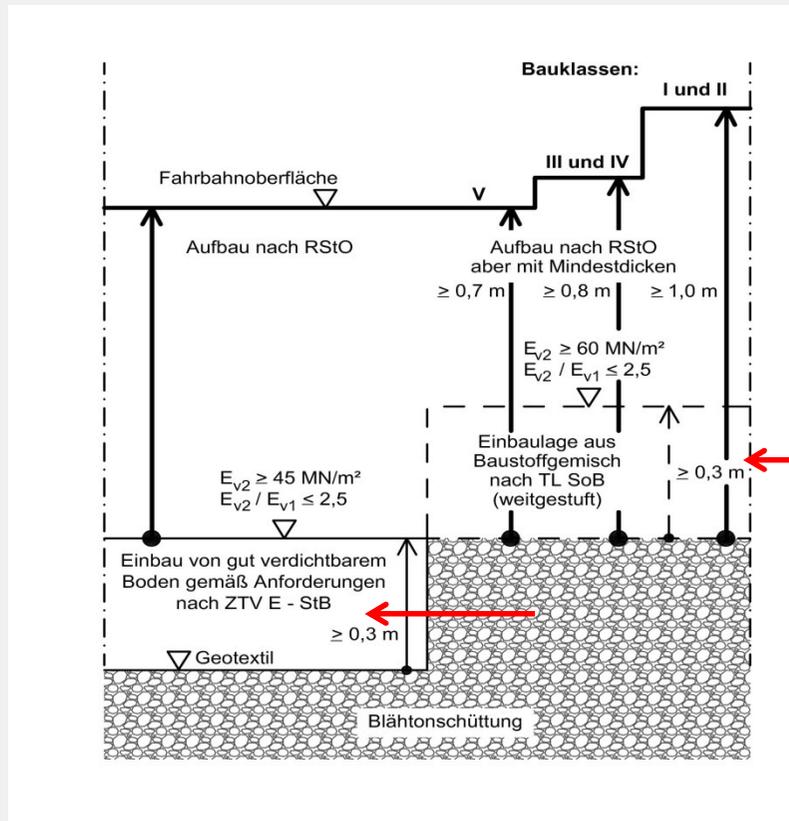
4. Möglichkeiten



Auftriebssicherung
Straßenoberbau
zus. Tragschicht
Blähton- Schüttung
Randdamm
Drainage
Trennvlies

Beispiel eines Straßenquerschnittes mit Blähton-Schüttung auf wenig tragfähigem Untergrund

4. Möglichkeiten



Zusätzliche Tragschicht bei der Bauweise mit Leichtbaustoffen



4. Möglichkeiten



Beispiel eines Straßenquerschnittes mit Blähton-Schüttung auf wenig tragfähigem Untergrund

4. Möglichkeiten



Beispiel eines Straßenquerschnittes mit Schaumglasschotter auf wenig tragfähigem Untergrund

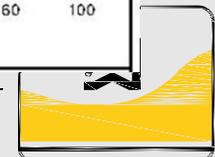
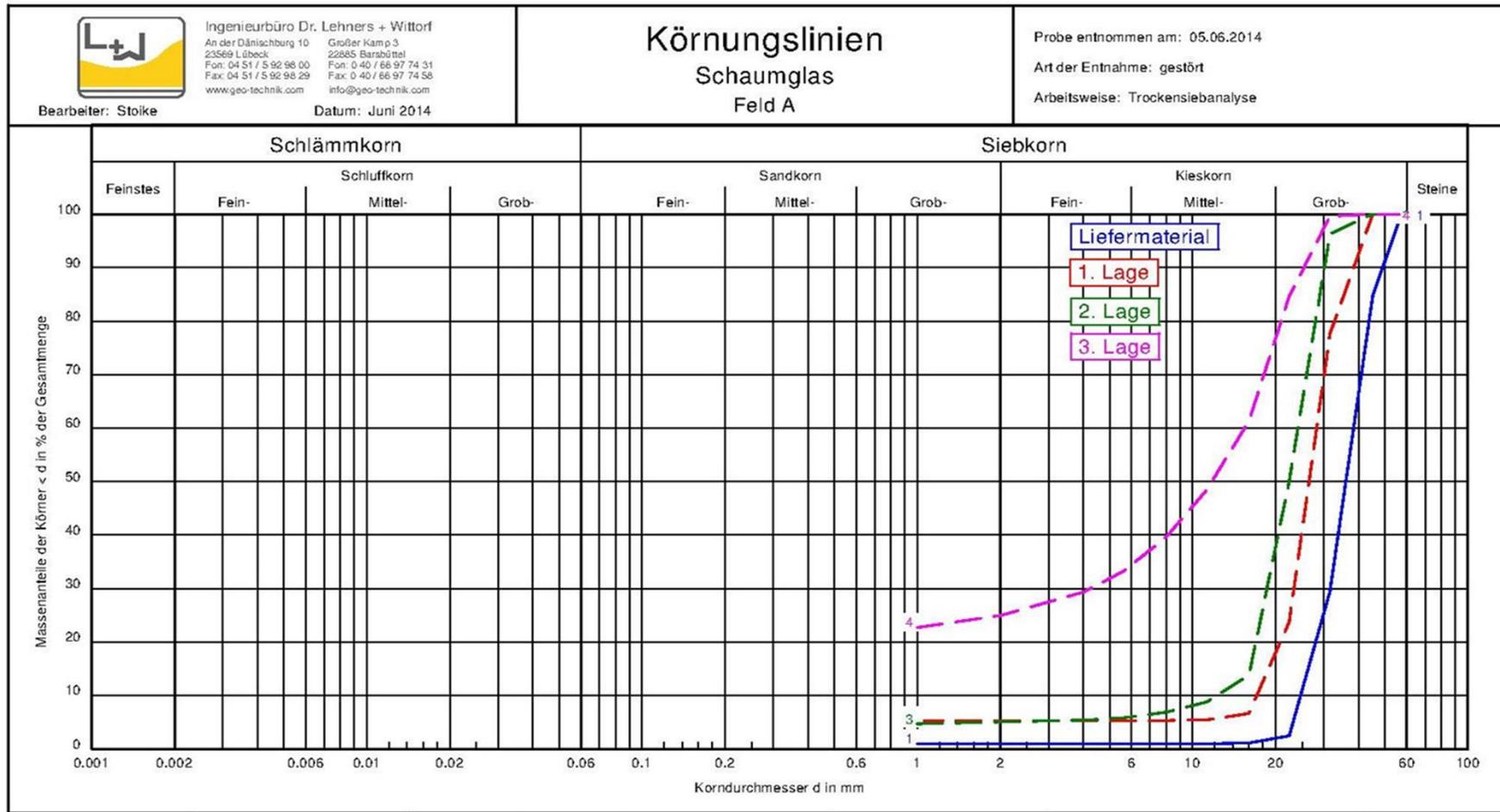
5. Grenzen

Kornzertrümmerung an Leichtbaustoffen bei übertriebener Verdichtungsenergie
„Stabilitätsfall Kornfestigkeit“ am Beispiel Schaumglasschotter



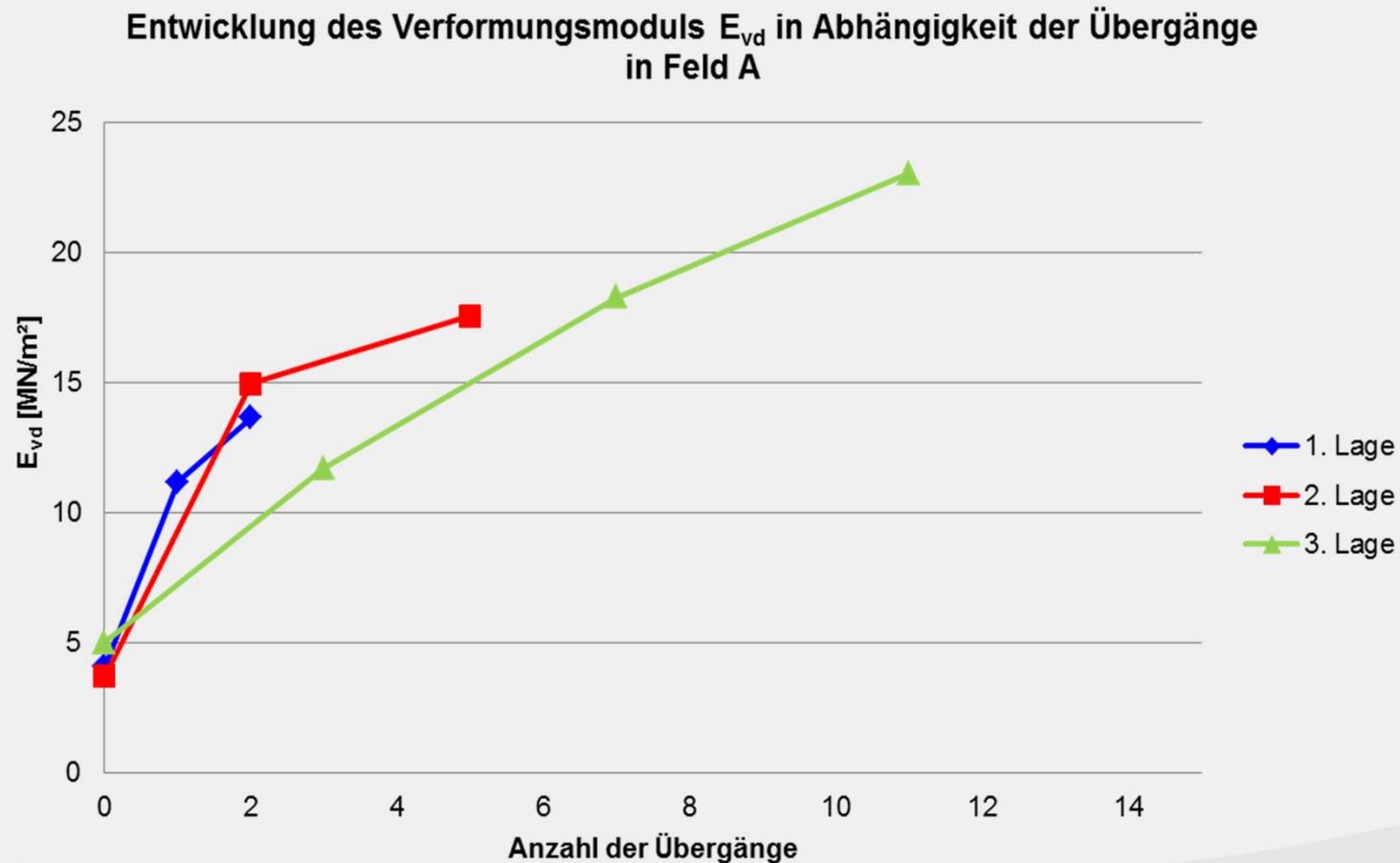
5. Grenzen

Kornzertrümmerung an Leichtbaustoffen bei übertriebener Verdichtungsenergie
 „Stabilitätsfall Kornfestigkeit“ am Beispiel Schaumglasschotter



5. Grenzen

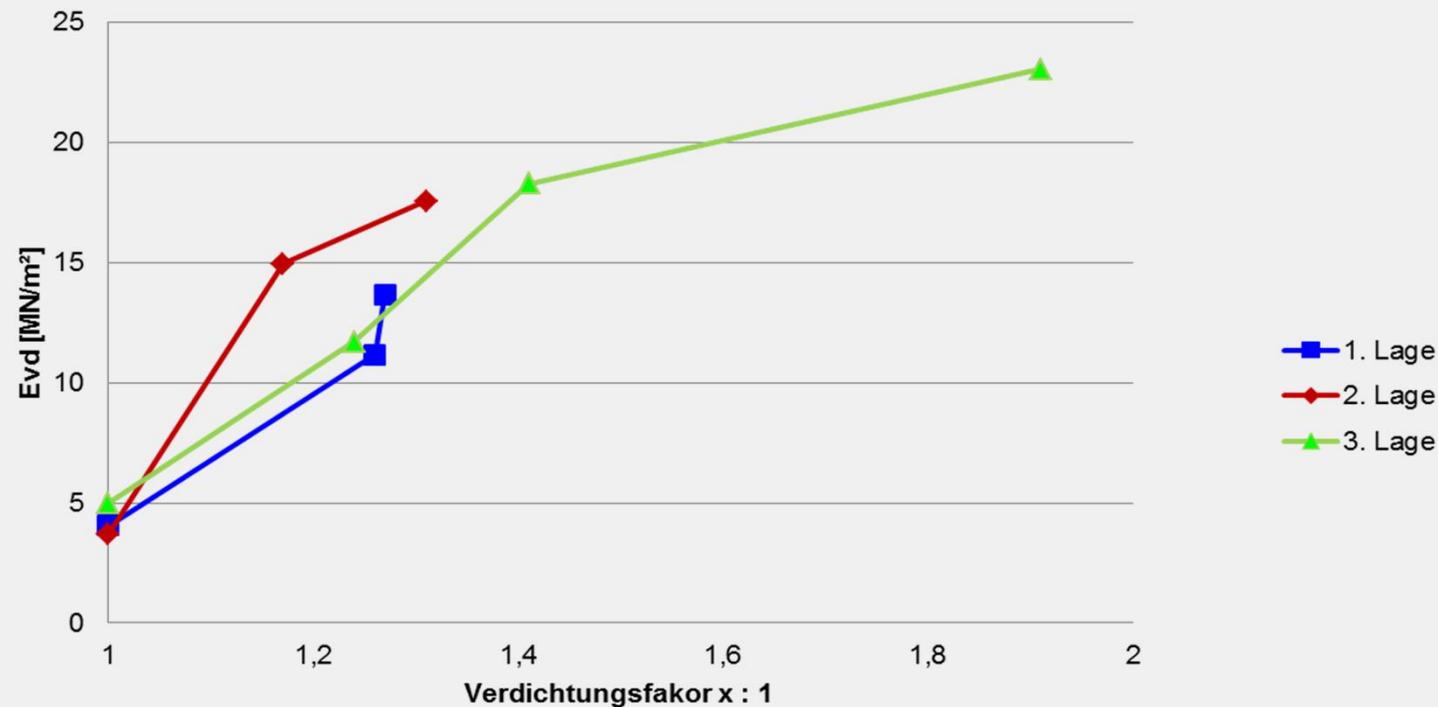
Ergebnisse von Feldversuchen am Beispiel Schaumglasschotter (Bundesstraße 15 OU Rosenheim)



5. Grenzen

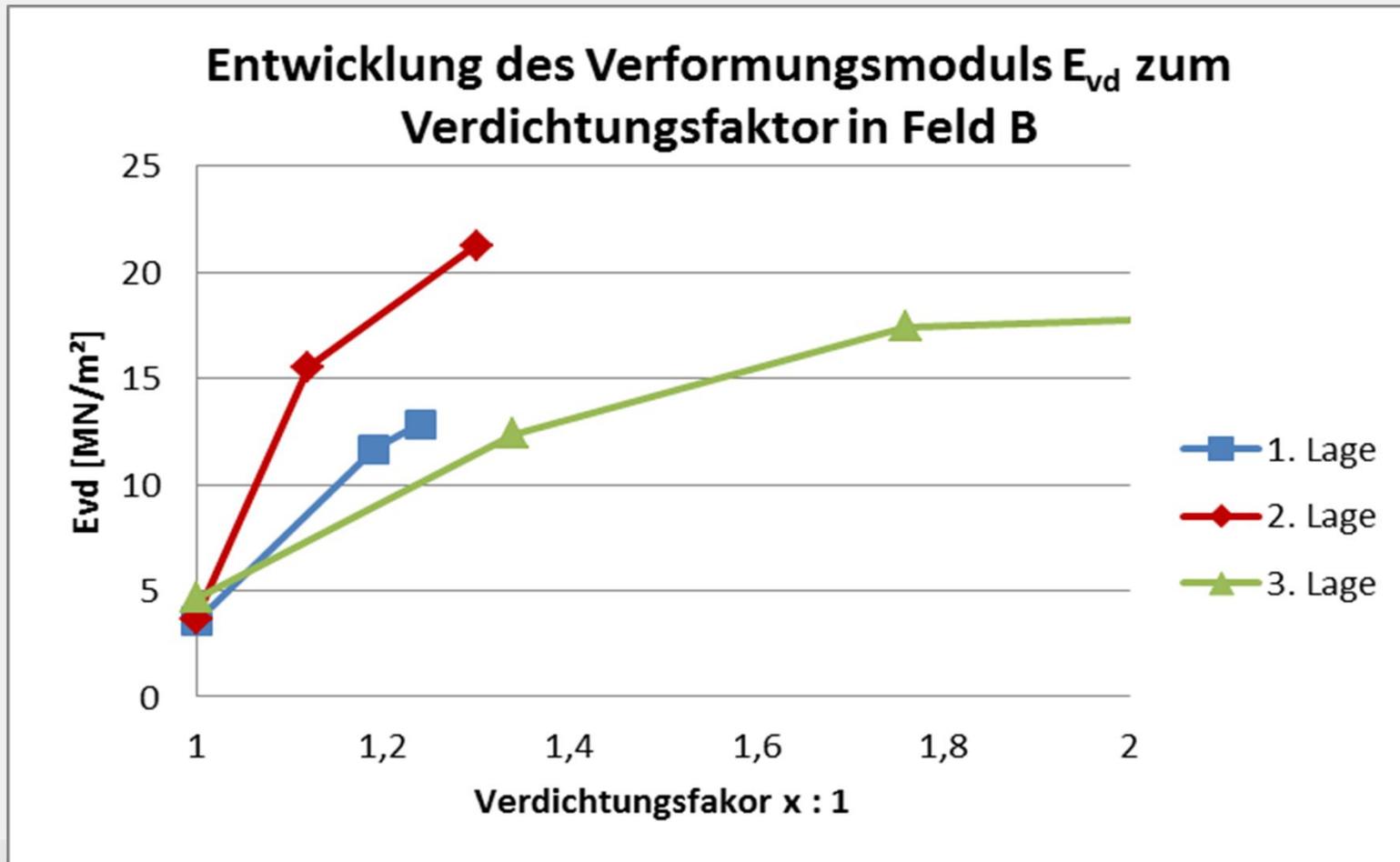
Ergebnisse von Feldversuchen am Beispiel Schaumglasschotter (Bundesstraße 15 OU Rosenheim)

Entwicklung des Verformungsmoduls E_{vd} zum Verdichtungsfaktor in Feld A



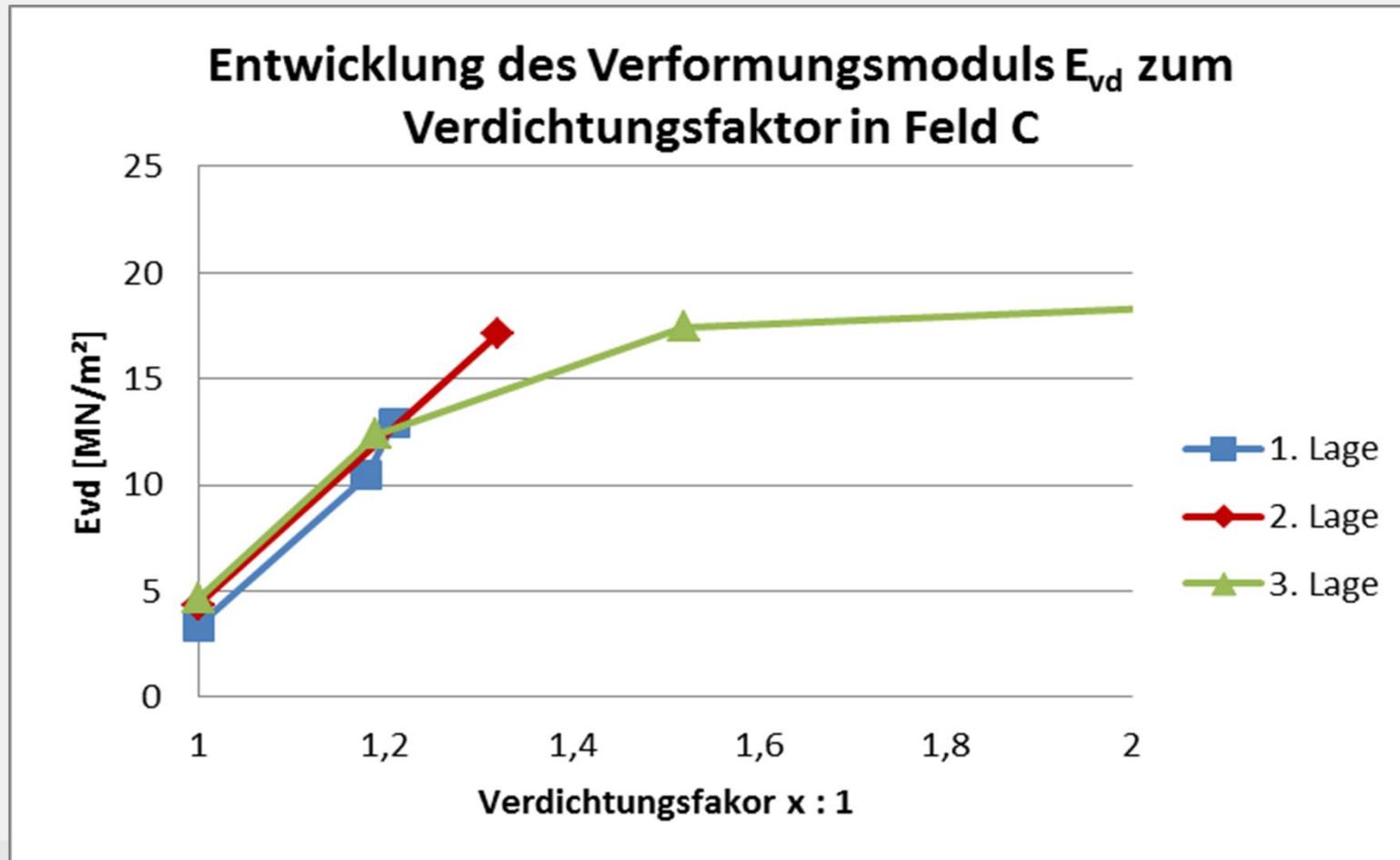
5. Grenzen

Ergebnisse von Feldversuchen am Beispiel Schaumglasschotter (Bundesstraße 15 OU Rosenheim)

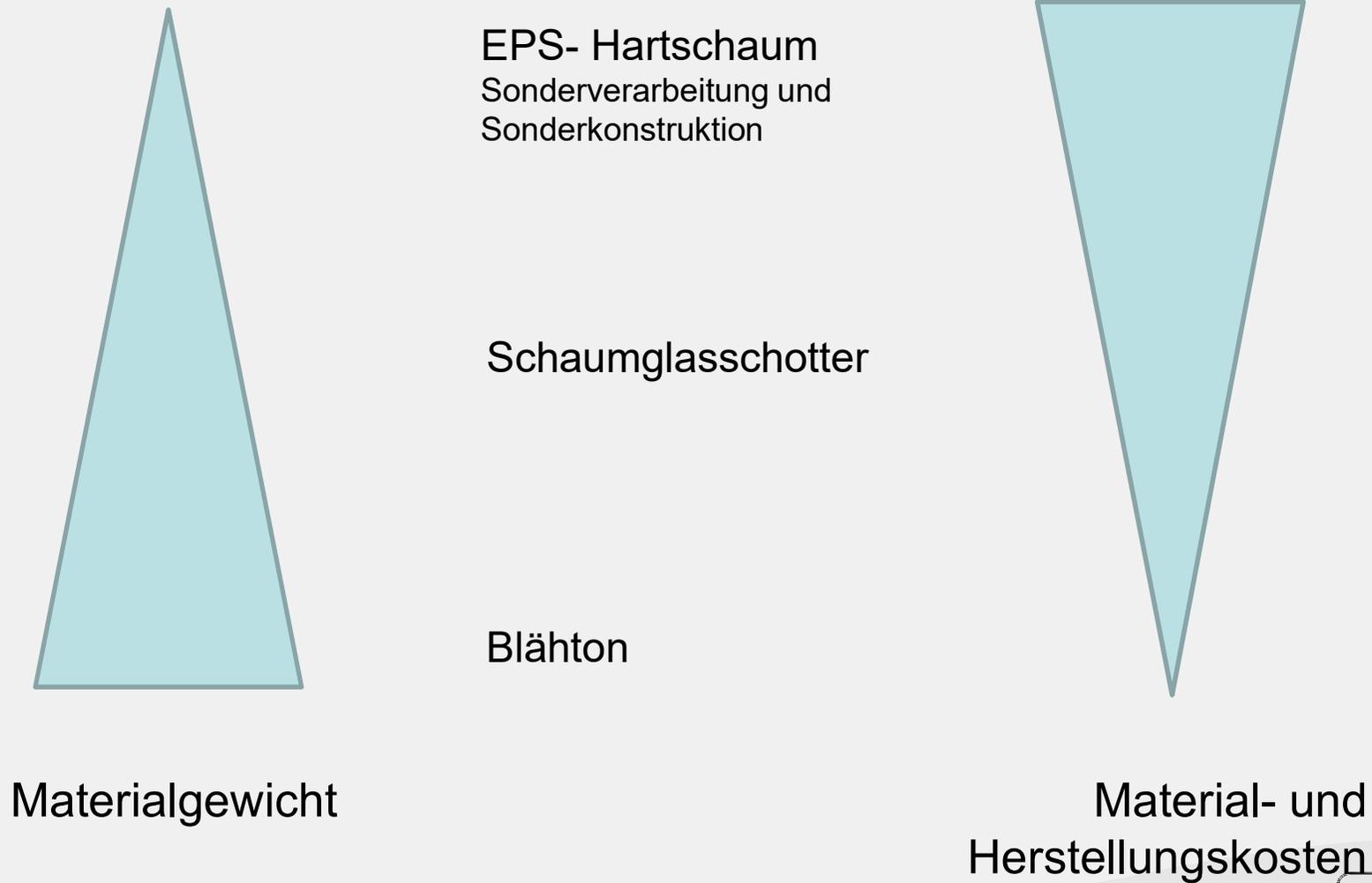


5. Grenzen

Ergebnisse von Feldversuchen am Beispiel Schaumglasschotter (Bundesstraße 15 OU Rosenheim)



6. Wirtschaftlichkeit



6. Wirtschaftlichkeit

Kosten- Nachteile der Leichtbaustoffe Blähton und Schaumglasschotter

- hohe Stoffkosten im Vergleich zu herkömmlichem Füllboden
- Zusätzliche Leistungen notwendig (Trennvlies, Randdämme)

Kosten- Vorteile

Primär- Effekte

- Entwurf wie bei Schüttgütern
- Verarbeitung wie bei Schüttgütern
- Gesamtentwurf vielfach kostengünstiger als Bodenaustausch unter Grundwasser oder Baugrundverbesserung

Sekundär- Effekte

- Unabhängigkeit von der Witterung
- kurze Einbauzeit
- geringere Verdichtungsarbeit



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !

