

Erweiterte E_{V2} -Dimensionierung

Intention

Herleitung einer E_{V2} -Dimensionierungsmethode, die einen mehrschichtigen Tragschichtaufbau unter Berücksichtigung von unterschiedlichen, ungebundenen Schüttmaterialien und stabilisierenden, multiaxialen Geogittertypen ermöglicht.

Dimensionierungsziel

Approximation des Verformungsmodul E_{V2} auf der Oberkante einer vorgegebenen Schüttlage. Diese Dimensionierungsmethode bezieht sich ausschließlich auf die Ermittlung eines E_{V2} -Wertes entsprechend DIN 18134 [1] unter Berücksichtigung eines Plattendruckversuchs mit einem Plattendurchmesser von 300 mm.

Methodik

Das Konzept beruht auf einem empirisch-analytischen Ansatz. Die Grundlagen für die Herleitung der erforderlichen Grundfunktionen, nachfolgend als Leistungscharakteristika bezeichnet, bilden zum einen eine detaillierte Analyse von Fachliteratur wie z. B. [2],[3] und [4] und zum anderen das Tensar Know-how, gewonnen aus über 30 Jahren Erfahrung (national und international) im Umgang mit Lastplattendruckversuchen und E_{V2} -Dimensionierungen.

Konzept

Jedem Schüttmaterial bzw. geogitterstabilisiertem Schüttmaterial wird eine bestimmte Leistungscharakteristik zugeordnet. Diese Charakteristik ist im Wesentlichen von drei wichtigen Einflussfaktoren abhängig:

- Mechanische Eigenschaften des Schüttmaterials (hier: Steifigkeitsverhalten bzw. -niveau)
- Schichtdicke des Schüttmaterials
- Steifigkeit der Unterlage

Alle Leistungscharakteristika sind inkrementell formuliert und können über eine Funktion $f(x)$ beschrieben werden. Auf diese Weise wird die dem Konzept zugrundeliegende und fundamentale Frage beantwortet:

„wie viele Millimeter an Schichtdicke eines bestimmten Schüttmaterials sind erforderlich um einen MPa- Sprung (E_{V2}) zu ermöglichen“

Eine inkrementelle Betrachtungsweise über den gesamten E_{V2} -Bereich ermöglicht eine differenzierte Dimensionierung mit unterschiedlichen Schüttmaterialien, mit und ohne Geogittern. Über ein Flächenintegral kann auf diese Weise für jedes Schüttmaterial die individuelle Schichtdicke bestimmt werden, die erforderlich ist, um von einem E_{V2} -Ausgangswert (a) einen E_{V2} -Zielwert (b) zu erreichen (s. Abb. 1).

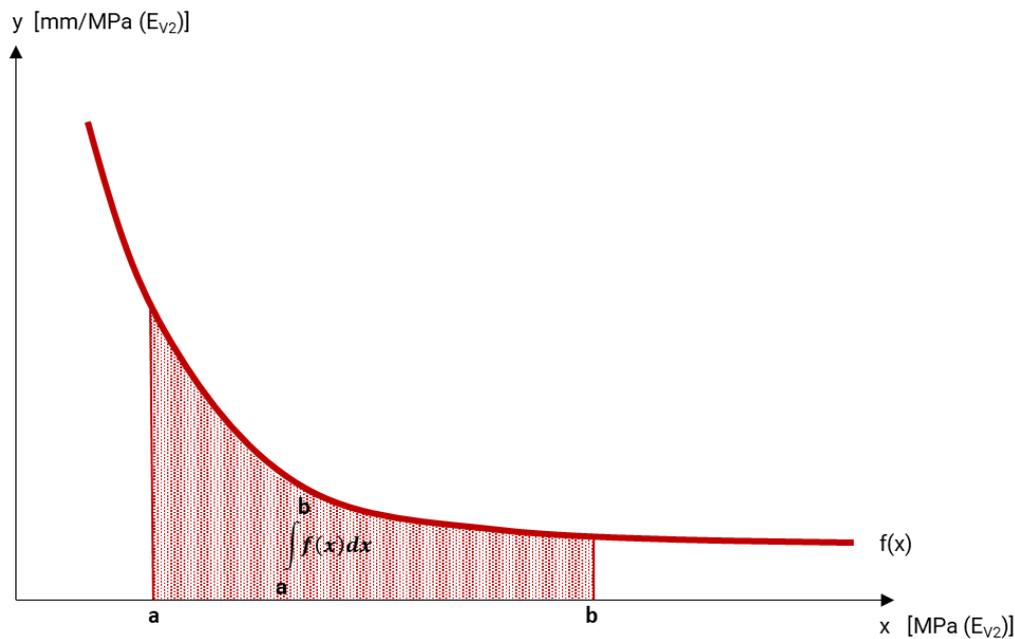


Abb. 1) Exemplarische Darstellung einer inkrementellen Leistungscharakteristik $f(x)$

Somit erreicht jedes ungebundene Schüttmaterial, ohne und mit Geogitter, in Abhängigkeit seiner mechanischen Eigenschaften, der berücksichtigten Schichtdicke und der Steifigkeit der Unterlage einen theoretischen E_{V2} -Wert auf dessen Oberkante.

Herangehensweise:

Im Zuge der Entwicklung der „erweiterten“ E_{V2} -Dimensionierungsmethode werden folgende Schwerpunkte im Detail ausgearbeitet:

- Festlegung der Leistungscharakteristika der Schüttmaterialien (ohne Geogitter)
 - Festlegung der Leistungscharakteristika der Schüttmaterialien (mit Geogitter)
 - Festlegung des vertikalen Einflussbereiches der Geogitter
 - Validierung des Dimensionierungskonzeptes
- Festlegung der Leistungscharakteristik der Schüttmaterialien (ohne Geogitter)

Die inkrementelle Leistungscharakteristik eines jeden Schüttmaterials muss für das gesamte, nutzbare E_{V2} -Spektrum eindeutig definiert werden. Um dieses Spektrum mit fundierten und gesicherten Kennzahlen abzudecken, wurden auf die Vorgaben der RStO 12 [2] und die Ergebnisse des Berichtes BRP CONSULT [4] zurückgegriffen. Beide Dokumente können für den vorgesehenen Verwendungszweck komplementär verwendet werden (Abb. 2). So wurde die RStO 12 [2] dazu verwendet, die Leistungscharakteristika für E_{V2} -Werte ≥ 45 MPa zu definieren. Als Grundlage der Herleitung wurde Tab. 8 aus [2] verwendet. Die Leistungscharakteristika für E_{V2} -Werte < 45 MPa wurden aus dem Bericht BRP CONSULT [4] abgeleitet. Grundlage der Herleitungen hierfür waren die Anlagen 6.2.1 und 6.3.1 aus [4].

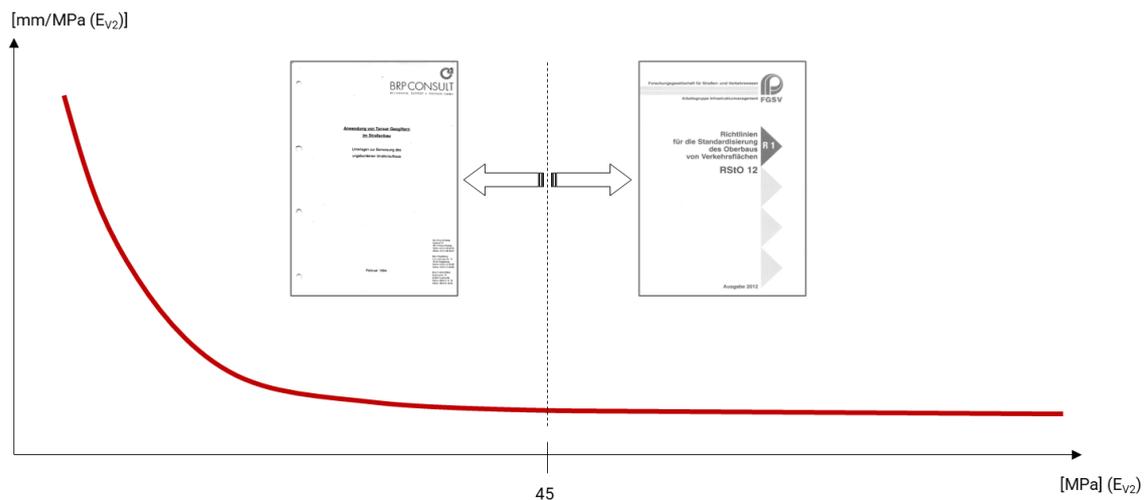


Abb. 2) Visualisierung der Herleitungsbereiche der inkrementellen Leistungscharakteristika

Bei der Herleitung der Leistungscharakteristika werden in Abhängigkeit der betrachteten E_{V2} -Bereiche drei unterschiedliche Gleichungsarten berücksichtigt. Auf diese Weise lässt sich unseres Erachtens nach das Leistungsverhalten der Schüttmaterialien am zutreffendsten beschreiben. So wird ein Polynom 3^{ten} Grades dazu genutzt, um sehr gering tragfähige Bereiche rechnerisch zu beschreiben. Gering tragfähige Bereiche werden mit einer Potenzgleichung abgebildet. Tragfähige Bereiche sind mit einer Geradengleichung dargestellt. Die Übergangsbereiche der Kurvenverläufe werden ingenieurtechnisch angenähert, um einen harmonischen und sinnvollen Verlauf zu gewährleisten.

Die zur Auswahl stehenden Schüttmaterialien werden sowohl in [2] als auch in [4] vollumfänglich abgedeckt und orientieren sich an den Vorgaben der ZTV E-SoB [5]. Hierzu zählen folgende Schüttmaterialien:

- Schottertragschicht (STS)
- Kiestragschicht (KTS)
- Frostschuttschicht, überwiegend gebrochen (FSS,b)
- Frostschuttschicht, überwiegend Rundkorn (FSS,r)
- Frostschuttsand (Sand)

In Anlehnung an Tab. 8 [2] wird jedem Schüttmaterial ein maximal zu erreichender E_{V2} -Wert zugeordnet (E_{V2} -Grenzwert). Somit wird sichergestellt, dass realistische und in der Praxis messbare E_{V2} -Werte rechnerisch ermittelt werden. Um diesem Sachverhalt weiter Rechnung zu tragen, werden weiterhin die Schüttmaterialien mit Sieblinienbereichen, Oberflächenstruktur und Steifigkeit ergänzend beschrieben (Abb. 3). Hiermit soll sichergestellt werden, dass die dem Konzept hinterlegten Materialeigenschaften auch in der Praxis eingehalten werden. Die Nutzer von Tensar+ erhalten somit die Möglichkeit das Materialverhalten hinreichend zu beschreiben, um das angestrebte Leistungsverhalten des Tragschichtsystems in der Praxis zu ermöglichen. Die Auswahl des richtigen Schüttmaterials stellt eine der wesentlichen Grundvoraussetzungen des Dimensionierungskonzeptes dar.

Mindestanforderungen				
Schüttmaterial		Eigenschaften		
Bezeichnung	Beschreibung (E_{V2} -Grenzwert)	Sieblinienbereiche (Körnung) gemäß ZTV SoB-StB	Oberflächenstruktur gemäß TL Gestein-Stb (DIN EN 933-5)	Steifigkeit in Anlehnung an RDO Asphalt
STS	Schottertragschicht (180 MPa)	0/32 - 0/45 - 0/56	$C_{100/0}$	325 MPa
KTS	Kiestragschicht (150 MPa)	0/32 - 0/45 - 0/56	$C_{NR/70}$	200 MPa
FSS, b	Frostschuttschicht, überwiegend gebrochen (120 MPa)	0/32 - 0/45 - 0/56 - 0/63	$C_{50/30}$	175 MPa
FSS, r	Frostschuttschicht, überwiegend rundkorn (120 MPa)	0/32 - 0/45 - 0/56 - 0/63	$C_{NR/70}$	125 MPa
Sand	Frostschuttsand (60 MPa)	0/8 - 0/11	C_{NR}	75 MPa

Abb.3: Kurzinfo aus Schüttmaterial in „erweiterte E_{V2} -Dimensionierung“ (Tensar+)

Der qualitative Verlauf der inkrementellen Leistungscharakteristika der Schüttmaterialien kann der Abb.4 entnommen werden. Den Leistungsverläufen ist deutlich zu entnehmen, dass Schüttmaterialien mit einer gebrochenen Oberflächenstruktur (STS und FSS,b) gegenüber Schüttmaterialien mit einer überwiegend gerundeten Oberflächenstruktur (KTS, FSS,r und Sand) geringere Schichtdicken benötigen, um einen bestimmten E_{V2} -Wert zu erreichen. Diesen Schüttmaterialien sind geringere Inkremente (mm/MPa) zugeordnet, somit fallen die Schichtdicken - unter sonst gleichen Randbedingungen - geringer aus.

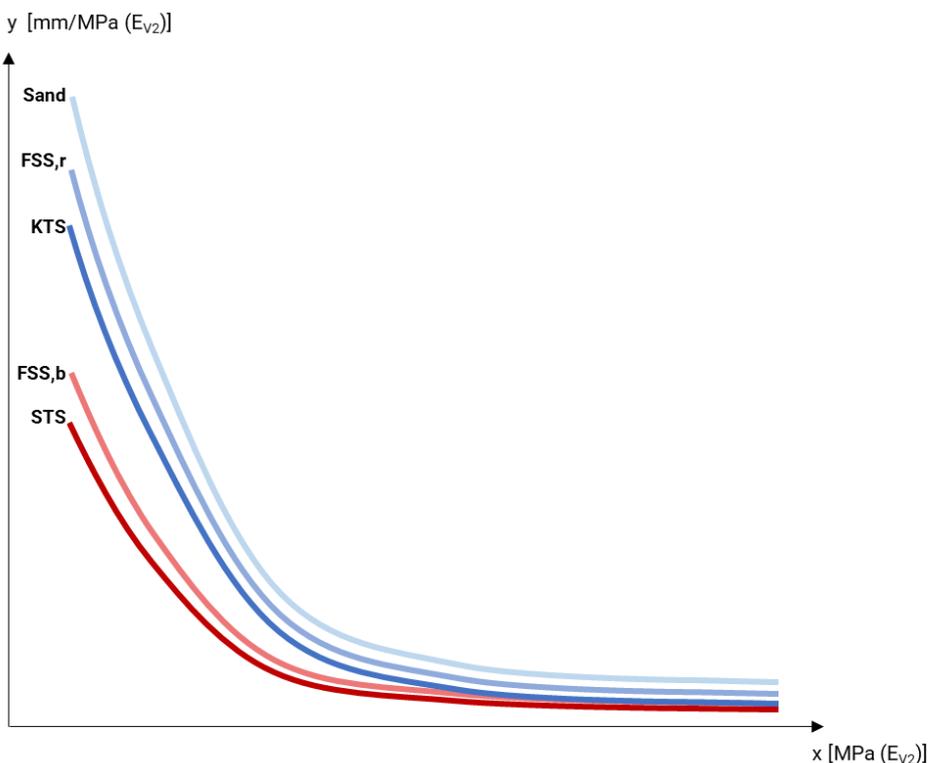
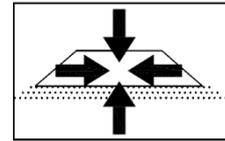


Abb.4) Qualitative Darstellung der inkrementellen Leistungscharakteristik aller Schüttmaterialien (ohne Geogitter)

- Festlegung der Leistungscharakteristik der Schüttmaterialien (mit Geogitter)

Umfangreiche Untersuchungen [8],[9] belegen, dass das mechanische Trag- und Verformungsverhalten von Schüttmaterialien von stabilisierenden, multiaxialen Geogittern positiv beeinflusst wird. Normativ ist die Funktion „Stabilisieren“ wie folgt definiert (ISO 10318-1):

„Verbesserung des mechanischen Verhaltens von ungebundenem körnigem Material durch eine oder mehrere geosynthetische Schichten, so dass eine Verformung durch aufgebrauchte Kräfte durch Minimierung von Bewegungen des ungebundenen körnigen Materials verringert wird.“



Bei stabilisierenden, multiaxialen Geogittern findet die Verbesserung des mechanischen Verhaltens im Wesentlichen durch die Verzahnung und Immobilisierung des Korngerüstes in den Geogitteröffnungen statt (Abb. 5). Hieraus resultiert ein höheres Trag- und Verformungsverhalten der mechanisch stabilisierten Schüttmaterialien.

In diesem Zusammenhang wird der Verdichtung von Schüttmaterialien eine wesentliche Rolle zugeordnet. Je effizienter Schüttmaterialien verdichtet werden können, umso wirksamer fällt die Verbesserung aus. Diese Effizienz kann in Abhängigkeit der gegebenen Rahmenbedingungen unterschiedlich ausfallen. So lassen sich z. B. Schüttlagen über gering tragfähigen Unterlagen nicht ausreichend verdichten [7]. Eine unzureichende Verdichtungseffizienz der Schüttlagen führt wiederum dazu, dass das mechanische Verhalten der Schüttmaterialien negativ beeinflusst wird - das Steifigkeitsniveau dieser Schüttlage ist nicht optimal.

Bei gering tragfähigen Unterlagen beeinflussen stabilisierende, multiaxiale Geogitter die Verdichtungseffizienz bedeutend, sodass das Steifigkeitsniveau der Schüttlagen dem Optimum angenähert werden kann [9].



Abb. 5) Verzahnung des Korngerüstes in den Geogitteröffnungen (Tensar InterAx Geogitter)

Die Verdichtungseffizienz kann unter anderem über einen Plattendruckversuch (hier: DIN 18134 mit Plattendurchmesser 30 cm) messtechnisch erfasst werden. Das gemessene Verformungsmodul E_{V2} gibt einen Anhalt über die Verdichtungseffizienz und lässt Rückschlüsse auf das Steifigkeitsverhalten der Schüttmaterialien zu.

Bei der Herleitung der inkrementellen Leistungscharakteristik der geogitterstabilisierten Schüttmaterialien wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Geogittertyp
- Interaktionsverhalten

Geogittertyp

Die strukturelle Ausprägung der stabilisierenden, multiaxialen Geogitter hat einen bedeutsamen Einfluss auf die Verdichtungseffizienz. Neben der Herstellungsart können Aspekte wie z. B. Knoten- bzw. Stegausbildung, Öffnungsgeometrie, Masse und Rohstoffzusammensetzung hervorgehoben werden. In Ihrer Gesamtheit führen diese Aspekte zu einer spezifischen Leistungscharakteristik. Das vorliegende Dimensionierungskonzept berücksichtigt diesen Umstand. In Abhängigkeit der Steifigkeit der Unterlage ermöglichen unterschiedliche Geogittertypen auch unterschiedliche Wirksamkeiten.

Am Beispiel der inkrementellen Leistungscharakteristik einer Schottertragschicht (STS) wird die Wirksamkeit zweier stabilisierenden, multiaxialen Geogitter unterschiedlicher struktureller Ausprägung ($GG_{1/2}$) qualitativ dargestellt. Aus Abb. 6 wird ersichtlich, dass bei unterlagernden Schichten geringerer Steifigkeit, das Geogitter GG_2 (hier: co-extrudiertes Geogitter) gegenüber GG_1 (hier: mono-extrudiertes Geogitter) eine höhere Wirksamkeit aufweist - erkennbar an der flacheren, inkrementellen Leistungscharakteristik. Geringere Inkremente (mm/MPa) führen wiederum bei gleichen E_{V2} -Zielwerten zu dünneren Schichtdicken. Auf der anderen Seite wird auch erkennbar, dass bei einer steifer werdenden Unterlage sich die inkrementellen Leistungscharakteristika beider Geogitter ($GG_{1/2}$) annähern und ab einer bestimmten Unterlagensteifigkeit deckungsgleich verlaufen. Im Hinblick auf eine Optimierung der Verdichtungseffizienz (E_{V2}) weist ab diesem Steifigkeitsbereich Geogitter GG_2 gegenüber GG_1 keinen Mehrwert mehr auf. Ferner wird auch ersichtlich, dass bei steifer werdenden Unterlagen sich die inkrementellen Leistungscharakteristika von beiden Geogittern ($GG_{1/2}$) sich der Leistungscharakteristik der Schottertragschicht (STS) annähern und auch hier ab einer bestimmten Unterlagensteifigkeit deckungsgleich verlaufen. Im Hinblick auf eine Optimierung der Verdichtungseffizienz (E_{V2} -Wert) bieten hier die Geogitter keinen Mehrwert mehr.

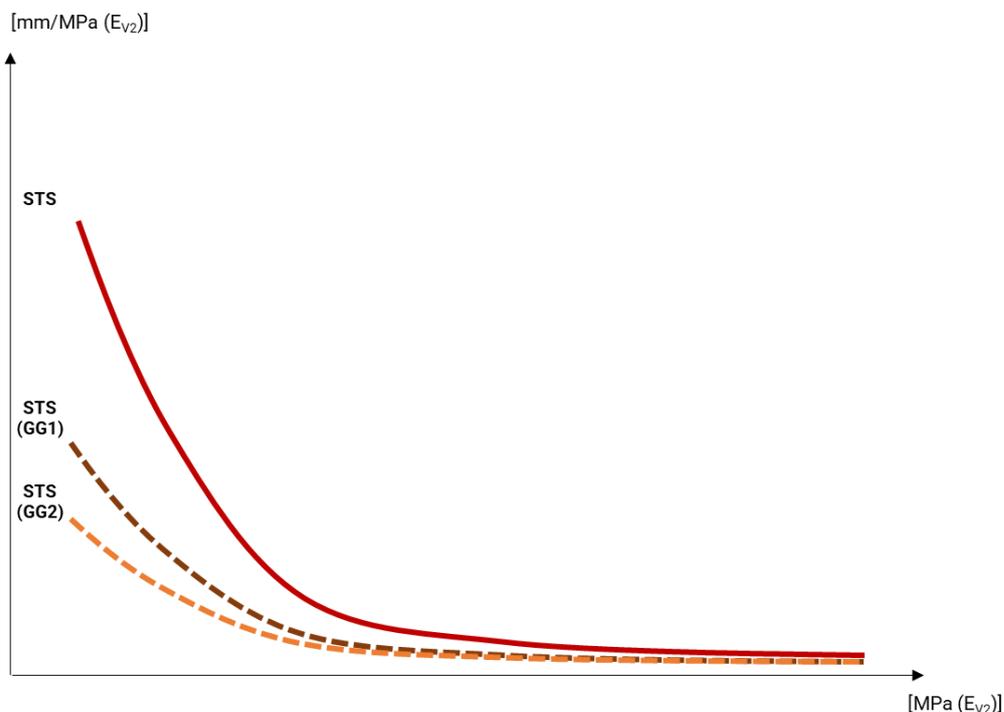


Abb. 6) Qualitative Darstellung der inkrementellen Leistungscharakteristik für STS ohne und mit unterschiedlichen Geogitter stabilisiert ($GG_{1/2}$)

Interaktionsverhalten

Das Interaktionsverhalten zwischen Geogitter und Schüttmaterial hat Einfluss auf die inkrementelle Leistungscharakteristik geogitterstabilisierter Schüttmaterialien. In dieser Dimensionierungsmethode wird das Interaktionsverhalten im Wesentlichen über die Sieblinienbereiche (Korngröße) bzw. Oberflächenstruktur (Kornform) der Schüttmaterialien und die strukturelle Ausprägung der Geogitter berücksichtigt. Der Abb. 7 ist das grundsätzliche, schüttmaterialabhängige Verhalten zu entnehmen.

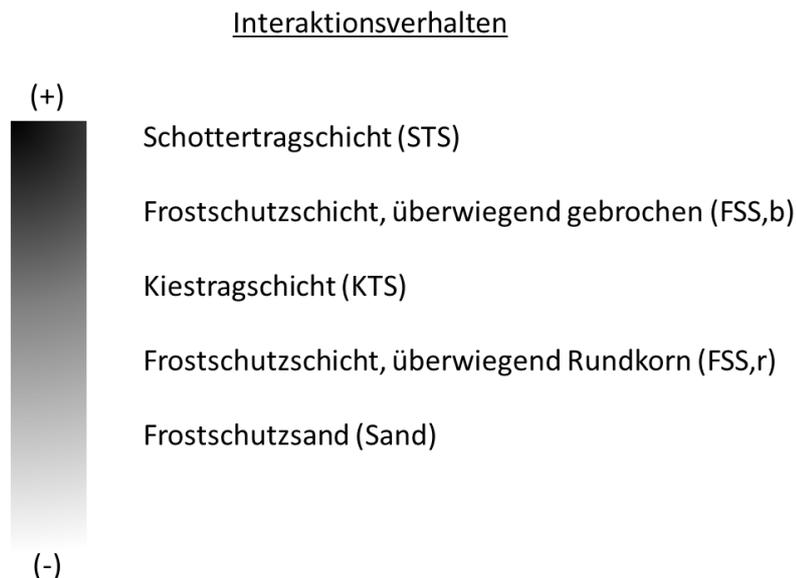


Abb. 7) Qualitative Darstellung des Interaktionsverhalten Schüttmaterial/Geogitter

Innerhalb der Leistungscharakteristik geogitterstabilisierter Schüttmaterialien wird ein vermindertes Interaktionsverhalten mit einer Erhöhung der Inkremente berücksichtigt.

- Festlegung des vertikalen Einflussbereiches der Geogitter

Ein wesentlicher Kernpunkt des Dimensionierungskonzepts ist die Festlegung des vertikalen Geogittereinflussbereiches. Die inkrementelle Leistungscharakteristik geogitterstabilisierter Schüttmaterialien lässt sich nur sinnvoll nutzen, wenn realistische Einflussgrenzen definiert werden. In Analogie zum Interaktionsverhalten ist dieser Einflussbereich in Abhängigkeit des Sieblinienbereiches (Korngröße) bzw. der Oberflächenstruktur (Kornform) der Schüttmaterialien und der strukturellen Ausprägung der Geogitter berücksichtigt. Innerhalb einer Geogitterkategorie ist der vertikale Einflussbereich bei Schüttmaterialien mit einer gebrochenen Kornform größer als bei Schüttmaterialien mit einer gerundeten Kornform. Ferner ist der Einflussbereich co-extrudierter, multiaxialer Geogitter räumlich ausgeprägter als bei mono-extrudierten, multiaxialen Geogittern (Abb. 8).

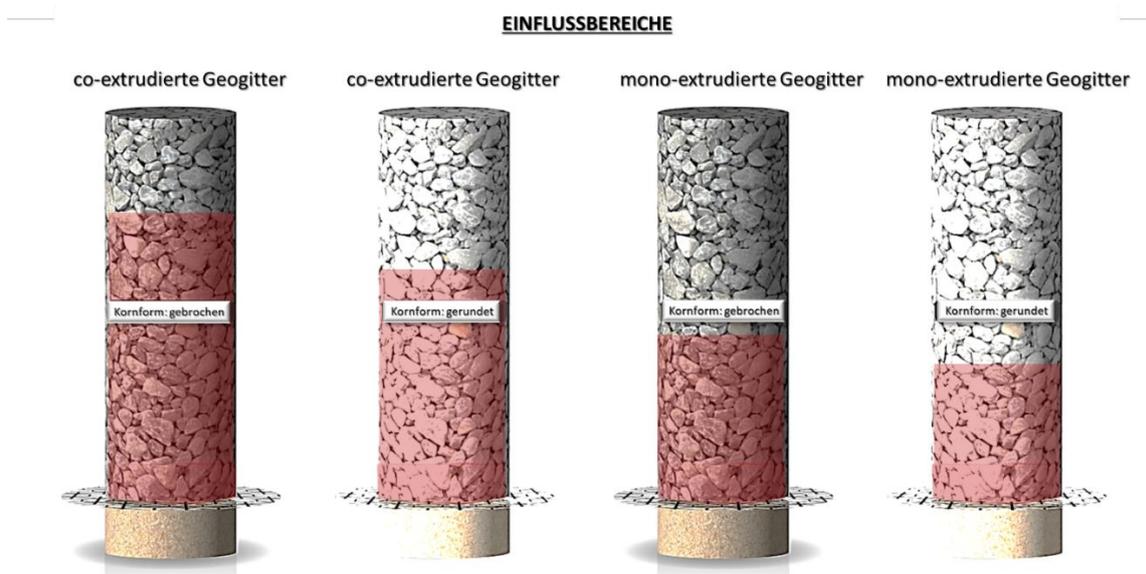


Abb. 8) Vertikaler Einflussbereiches der Geogitter abhängig der Kornform (qualitative Darstellung)

- Validierung des Dimensionierungskonzeptes

Schüttmaterialien ohne Geogitter

Wie bereits eingangs beschrieben, werden für die Festlegung der inkrementellen Leistungscharakteristika der Schüttmaterialien ohne Geogitter die Vorgaben der RStO 12 [2] und die Ergebnisse des Berichtes BRP CONSULT [4] komplementär herangezogen. Die Tabelle 8 aus [2] dient als Validierung der Leistungscharakteristika für E_{V2} -Werte ≥ 45 MPa. Die Anlagen 6.2.1 und 6.3.1 aus [4] dienen als Validierung der Leistungscharakteristika für E_{V2} -Werte < 45 MPa. Nachfolgend werden auszugsweise die Ergebnisse aufgezeigt und aus ingenieurtechnischer Sicht interpretiert:

- RStO 12 - Leistungscharakteristika für E_{V2} -Werte ≥ 45 Mpa

Schottertragschichten (STS)

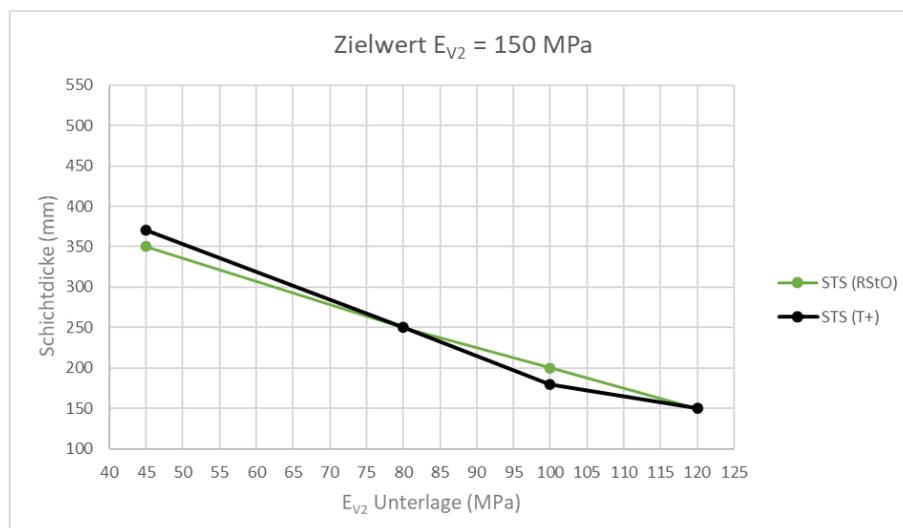


Abb.9) Validierungsergebnisse von Schottertragschichten (STS)

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegte inkrementelle Leistungscharakteristik für Schottertragschichten für E_{V2} -Werte ≥ 45 MPa ermöglicht eine genaue Reproduzierung der Anhaltswerte der RStO, Tab. 8.

Kiestragschichten (KTS)

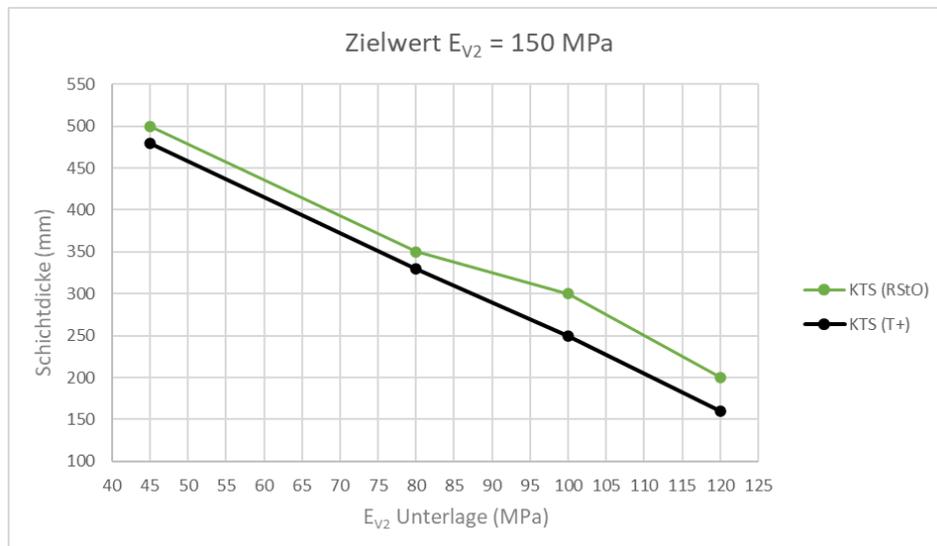


Abb.10) Validierungsergebnisse von Kiestragschichten (KTS)

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegte inkrementelle Leistungscharakteristik für Kiestragschichten für E_{V2} -Werte ≥ 45 MPa ermöglicht eine ausreichend genaue Reproduzierung der Anhaltswerte der RStO 12, Tab. 8. Anzumerken ist hierbei, dass die in Tab. 8 angegebenen Schichtdicken aufgerundete Werte darstellen und somit auf der sicheren Seite liegen.

Frostschuttschichten, überwiegend gebrochen

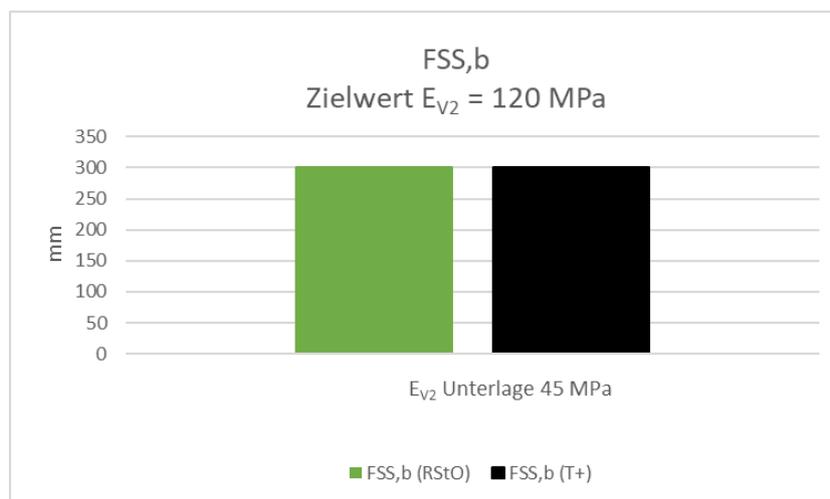


Abb.11) Validierungsergebnisse von Frostschuttschichten, überwiegend gebrochen (FSS,b)

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegte inkrementelle Leistungscharakteristik für Frostschuttschichten, überwiegend gebrochen, für E_{V2} -Werte ≥ 45 MPa ermöglicht eine exakte Reproduzierung der Anhaltswerte der RStO 12, Tab. 8.

Frostschutzschichten, überwiegend gerundet

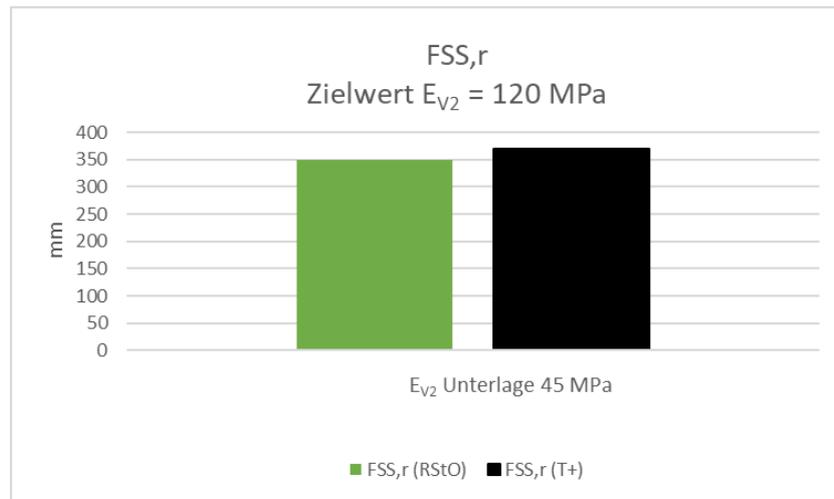


Abb.12) Validierungsergebnisse von Frostschutzschichten, überwiegend gerundet (FSS,r)

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegte inkrementelle Leistungscharakteristik für Frostschutzschichten, überwiegend gerundet für E_{V2} -Werte $\geq 45 \text{ MPa}$ ermöglicht eine genaue Reproduzierung der Anhaltswerte der RStO 12, Tab. 8.

- BRP CONSULT - Leistungscharakteristika für E_{V2} -Werte $< 45 \text{ MPa}$

Kiestragschichten (KTS) und Schottertragschichten (STS)

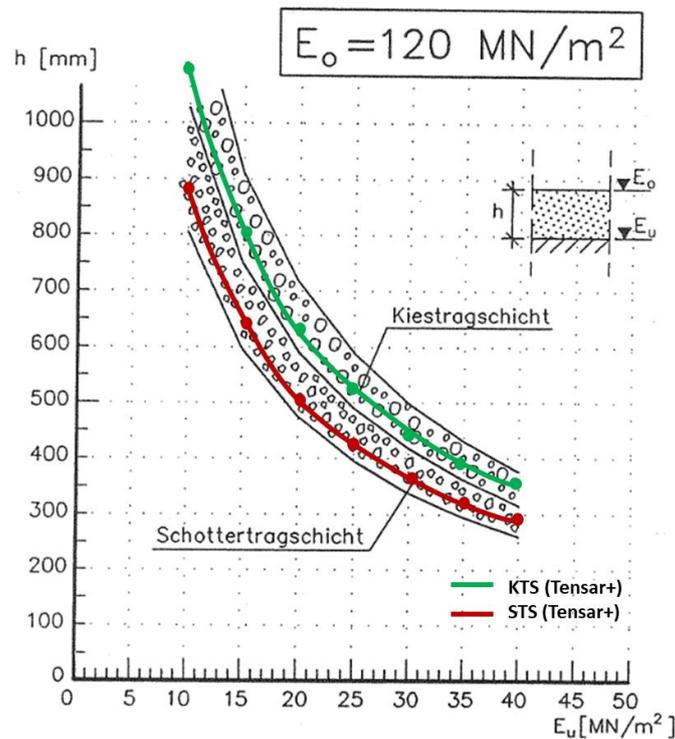


Abb.13) Validierungsergebnisse von Kiestragschichten (KTS) und Schottertragschichten (STS)

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegten, inkrementellen Leistungscharakteristika für Kiestragschichten (KTS) und Schottertragschichten (STS) für E_{V2} -Werte < 45 MPa ermöglichen einen Schichtdickenverlauf innerhalb der vorgegebenen Bandbreiten und erlauben somit eine zweckmäßige Reproduzierung des Diagramms 6.1.2 [4].

Frostschutzschichten, überwiegend gerundet/gebrochen

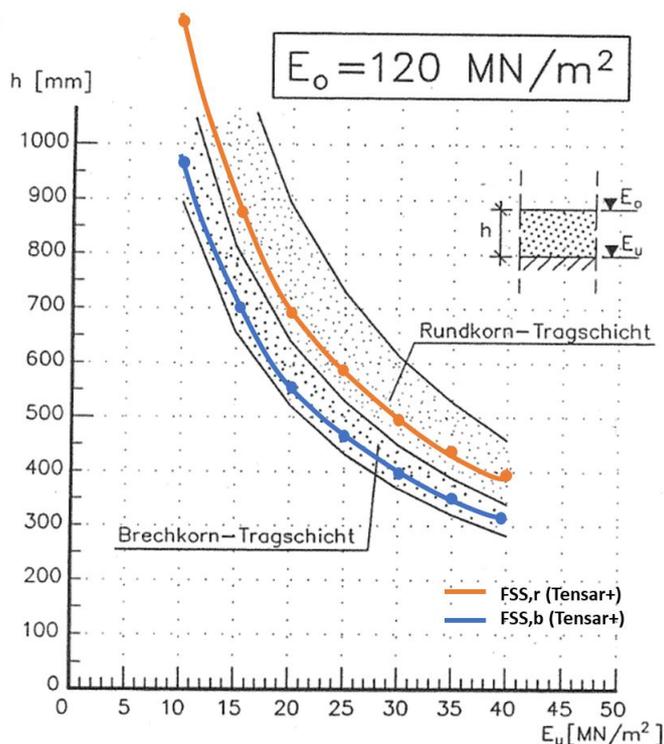


Abb.14) Validierungsergebnisse von Frostschutzschichten, überwiegend gerundet (FSS,r) / gebrochen (FSS,b)

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegten, inkrementellen Leistungscharakteristika für Frostschutzschichten, überwiegend gerundet (FSS,r) / gebrochen (FSS,b) für E_{V2} -Werte < 45 MPa ermöglichen einen Schichtdickenverlauf innerhalb der vorgegebenen Bandbreiten und erlauben somit eine sinnvolle Reproduzierung des Diagramms 6.1.3 [4].

Schüttmaterialien mit Geogitter

Die Validierung der inkrementellen Leistungscharakteristika von Schüttmaterialien mit Geogittern erfolgt auf Grundlage von Vergleichsberechnungen. Bei diesen Berechnungen werden die Ergebnisse aus Plattendruckversuchen (hier: E_{V2} -Werte) aus bereits durchgeführten Projekten, bei denen stabilisierende, multiaxiale Geogitter zum Einsatz kamen, gegengerechnet (Abb. 15). Untersucht werden hierbei 31 Plattendruckversuche, durchgeführt entsprechend DIN 18134 [1], mit nachvollziehbaren und gesicherten Informationen (Tab. 1).

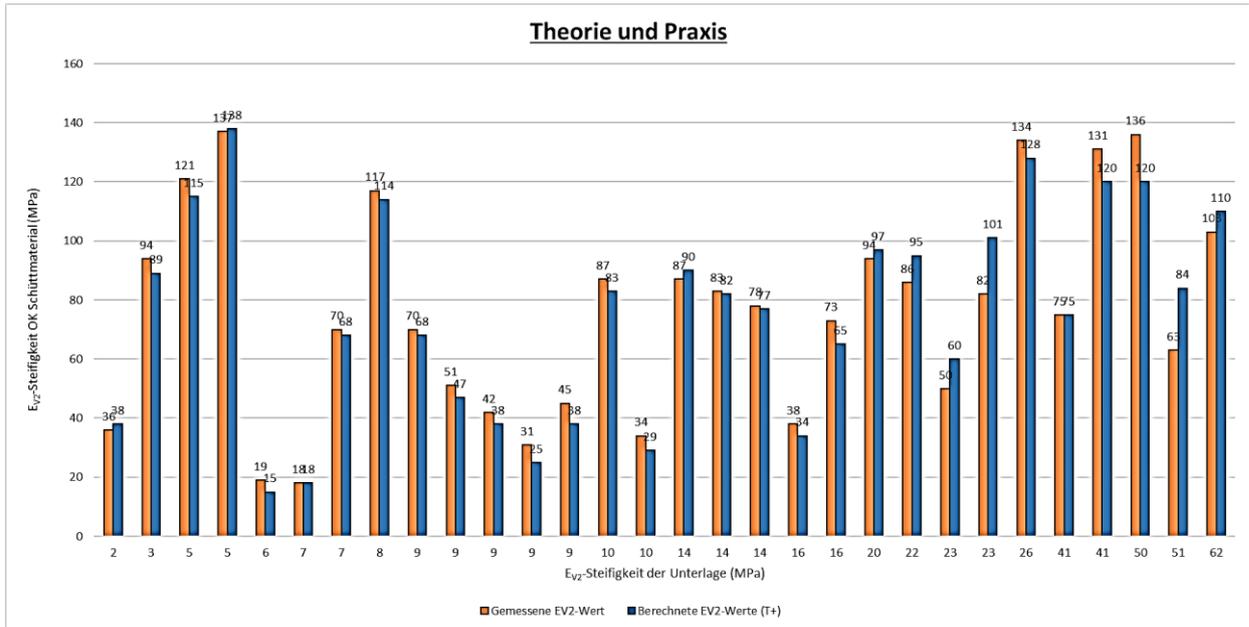


Abb.15) Gegenüberstellung von Theorie und Praxis (mit multiaxialen Geogitter)

Die Anzahl an Plattendruckversuchen deckt eine ausreichend große Bandbreite an Variablen ab, um eine substantielle Validierung der inkrementellen Leistungscharakteristika zu ermöglichen (Tab. 1):

- Verformungsmoduli (E_{V2}-Werte) der Unterlage: 2 MPa bis 62 MPa
- Verformungsmoduli (E_{V2}-Werte) an OK Schüttmaterial: 18 MPa bis 137 MPa
- Schüttmaterialien:
 - STS/KTS/FSS,b/FSS,r/Sand
 - 1-schichtig und 2-schichtig
- Gesamtdicken: 150 mm bis 800 mm
- Geogitter:
 - co- und mono-extrudiert
 - 1-lagig und 2-lagig

Praxis (Auswertung Plattendruckversuche)						Theorie (Tensar+)	Theorie zu Praxis
Standort	Unterlage	Schüttmaterial	Gesamtdicke	Geogitter	OK Schüttmaterial	OK Schüttmaterial	
[-]	[E _{v2}]	[Qualität]	[mm]	[Anzahl]	[E _{v2}]	[E _{v2}]	[%]
Störkanal	2	STS	550	2	36	38	106%
WP Süderau	3	FSS,b	700	2	94	89	95%
Löwensted (KSF)	5	FSS,b	800	2	121	115	95%
Sollwit (KST)	5	STS	800	2	137	138	101%
Canum 2	6	FSS,b	250	1	19	15	79%
Canum 1	7	FSS,b	250	1	18	18	100%
Bruckmühl	7	FSS,r + STS	600	1	70	68	97%
Ver Dörper (KSF)	8	FSS,r + STS	625	2	117	114	97%
Bruckmühl	9	KTS	600	1	70	68	97%
Münzbacher Str.	9	STS	350	1	51	47	92%
Frunkfurt 1	9	FSS,b	350	1	42	38	90%
Frunkfurt 2	9	FSS,b	250	1	31	25	81%
Eberschütz 2	9	FSS,b + STS	320	1	45	38	84%
WP Wilsted 1	10	FSS,r	600	2	87	83	95%
WP Wilsted 2	10	FSS,r	350	2	34	29	85%
Münzbacher Str. 1	14	STS	350	1	87	90	103%
Mattenberg, Kassel	14	FSS,r	500	1	83	82	99%
Wittenburg 2	14	STS	270	1	78	77	99%
Leonberg	16	FSS,r	200	1	38	34	89%
Wittenburg 3	16	STS	240	1	73	65	89%
Wittenburg 1	20	STS	270	1	94	97	103%
Wittenburg 4	22	STS	270	1	86	95	110%
Pipeline 1	23	Sand	600	1	50	60	120%
Bad Essen	23	FSS,r + STS	370	1	82	101	123%
Eberschütz 2	26	FSS,b	400	1	134	128	96%
Brinkum	41	FSS,r	150	1	75	75	100%
Kassel 1	41	FSS,b	600	2	131	120	92%
Kassel 1	50	FSS,b	600	2	136	120	88%
Brinkum 2	51	FSS,r	150	1	63	84	133%
Mosbach	62	FSS,b	180	1	103	110	107%
	Farbskala:						
		80%	100%	130%			
					Mittelwert:		98%
					Mittelwertabweichung:		8%

Tab. 1) Validierung der inkrementellen Leistungscharakteristika von Schüttmaterialien mit Geogittern

Die Ergebnisse werden aus statistischen und ingenieurtechnischen Gesichtspunkten bewertet:

Die auf Grundlage der inkrementellen Leistungscharakteristika durchgeführten Vergleichsrechnungen (Theorie - OK Schüttmaterial) zeigen eine hinreichend genaue Übereinstimmung mit den gemessenen Ergebnissen aus den Plattendruckversuchen (Praxis - OK Schüttmaterial). Eine statistische Auswertung der prozentualen Ausnutzung „Theorie zu Praxis“ legt den Schluss nahe, dass die inkrementellen Leistungscharakteristika von Schüttmaterialien mit Geogittern in Ihrer Gesamtheit tendenziell „leicht konservativ“ ausgelegt sind (Mittelwert = 98%). Ferner zeigt die Mittelwertabweichung von nur 8% ein im Verhältnis niedriges Streuungsmaß.

Interpretation: Die in Tensar+ festgelegten, inkrementellen Leistungscharakteristika für alle Schüttmaterialien mit Geogittern ermöglichen eine ausreichend genaue Reproduzierung von in der Praxis gemessenen E_{v2}-Werten. Tendenzuell erfolgt die Dimensionierung auf der sicheren Seite liegend.

Gesamtfazit: Alle inkrementellen Leistungscharakteristika können als „validiert“ angesehen werden.

Konzeptumsetzung

In Abhängigkeit der ausgewählten Schüttmaterialien bzw. geogitterstabilisierten Schüttmaterialien greift Tensar+ auf unterschiedliche Leistungscharakteristika zu und ermittelt ausgehend von einem E_{V2} -Eingangswert, über das Flächenintegral (=Schüttlagendicke), einen E_{V2} -Ausgangswert auf der Oberkante der Schüttlage. Dieser Ausgangswert wird wiederum als E_{V2} -Eingangswert für die darüberliegende Schüttlage (wenn vorhanden) genutzt. Auf diese Weise ist die „erweiterte E_{V2} -Methode“ in der Lage für jede Schüttlage einen E_{V2} -Wert zu approximieren.

Nachfolgend wird am Beispiel eines dreischichtigen Tragschichtaufbaus (Abb. 16) die Konzeptumsetzung in Tensar+ erläutert:

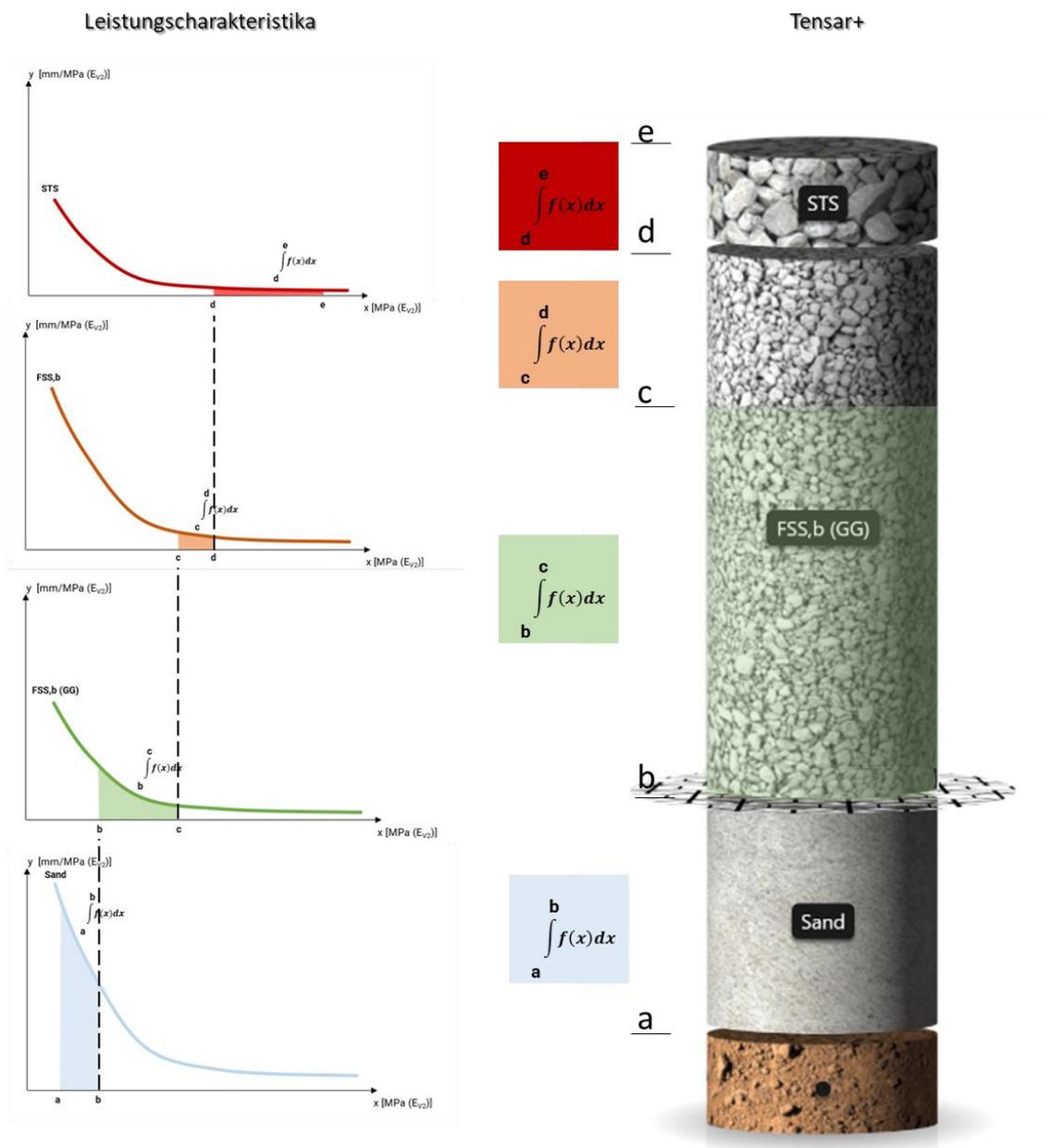


Abb.16) Umsetzung der Leistungscharakteristika in Tensar+

Die Approximation findet grundsätzlich aufwärtsgerichtet statt. Ausgehend von einem E_{V2} -Wert auf dem Erdplanum (a) wird über das Flächenintegral unter Bezugnahme der Leistungscharakteristik für Sand ein E_{V2} -Wert auf dessen Oberkante ermittelt (b). Dieser E_{V2} -Ausgangswert (b) ist wiederum der E_{V2} -Eingangswert für die darüberliegende geogitterstabilisierte Frostschutzschicht (FSS,b (GG)). Da jedoch die gewählte Schüttlagendicke, den vertikalen Einflussbereich des Geogitters überschreitet, berücksichtigt das Programm für diese Schüttlage zwei unterschiedliche Flächenintegrale. Das Flächenintegral (b) zu (c) beschreibt den geogitterstabilisierten und das Integral (c) zu (d) den unstabilisierten Anteil der Frostschutzschicht. Der Wert (c) wird im Ausdruck nicht wiedergegeben, da dieser nur für die „interne“ Zwischenrechnung herangezogen wird. Als E_{V2} -Ausgangswert wird ausschließlich (d) auf Oberkante FSS,b (GG) angezeigt. Der E_{V2} -Wert (d) wiederum, wird als Eingangsgröße für die darüberliegenden Schottertragschicht genutzt. Über die inkrementelle Leistungscharakteristik der Schottertragschicht wird schlussendlich die E_{V2} -Zielgröße (e) ermittelt.

Ausblick

Das Konzept bietet die Möglichkeit Schüttmaterialien beliebig zu ergänzen bzw. vorhandene Schüttmaterialien detaillierter zu unterteilen (siehe Bandbreite von Frostschutzschichten). Um eine noch ressourcenschonendere Bauweise anzustreben, sollte im Zuge der Weiterentwicklung von dieser Dimensionierungsmethode das Augenmerk auf „nicht qualifizierte Schüttmaterialien“ gelegt werden.

Grundlagen

- [1] DIN 18134 - Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch, 2012
- [2] RStO - Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, 2012
- [3] RDO Asphalt - Richtlinie für die rechn. Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdecken, 2009
- [4] BRP - Anwendung von Tensar Geogittern im Straßenbau, 1994
- [5] ZTV SoB-StB - Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel, 2020
- [6] Geogrid reinforcement of flexible pavements design basis and field trials (Kennepohl et.al.), 1985
- [7] FGSV Merkblatt - Verdichtung des Untergrundes und Unterbaus im Straßenbau, 2003
- [8] Canadian Geotechnical Journal 57-3 - Strength envelope of granular soil stabilised by multiaxial geogrid in large triaxial tests (Lees AS and Clausen), 2020
- [9] Transportation Research Record - Characterization of Mechanically Stabilized Layer by Resilient Modulus and Permanent Deformation Testing (Wayne et. Al.), 2011

Konzeptentwickler * in

Dipl.-Ing. Daniel Cammarata / Dipl.-Geol. André Dubrall / Ing. (M.Eng.) Kalliopi Fotiadou

The information in this document supersedes any previous bulletins in relation to this subject matter and is supplied by Tensar International Limited free of charge for general information purposes only. This document does not form part of any contract or intended contract. Tensar International Limited excludes to the fullest extent lawfully permitted any and all liability whatsoever for any loss or damage howsoever arising out of the use of and reliance upon this information. It is your sole responsibility, and you must assume all risk and liability for the final determination as to the suitability of any Tensar International Limited product and/or design for the use and in the manner contemplated by you in connection with a particular project



Tensar International GmbH
Lengsdorfer Haupstr.75
53127 Bonn

Tensar, InterAx und InterAx sind eingetragene Warenzeichen
Copyright © Tensar International GmbH 2023