

Artikel 4

GESTEINSKÖRNUNG FÜR UNGEBUNDENE TRAGSCHICHTEN

Die Gesteinskörnung besteht aus einem ungebundenen Gemisch aus durch Aufbereitung von natürlichen, künstlichen oder rezyklierten Stoffen gewonnenem Material für das Bauwesen. Die Aufbereitung kann unter Umständen aus der Beigabe und Vermischung mit Gesteinskörnungen anderer Korngruppen bestehen. Im Straßenbau wird die Gesteinskörnung zur Herstellung von Tragschichten verwendet.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Gesteinskörnung

1.1) Allgemeines und Herkunft

Die verwendete Gesteinskörnung ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 und EN 13285 angebracht sein.

Die Bezeichnung jeder Korngruppe muß folgende Angaben enthalten:

- Korngröße;
- Art der Mineralstoffe (vorwiegende petrographische Zusammensetzung);
- Standort der Gewinnung und der Lagerung sowie Hersteller;

Die Gesteinskörnung darf aus Bestandteilen unterschiedlicher Herkunft oder petrographischer Zusammensetzung bestehen, sofern für jede Bodenart die Anforderungen nach Tabelle A.1 eingehalten werden.

Ist die Gesteinskörnung der Einwirkung von Frost- und Tauwechsel ausgesetzt, dürfen keine Schichtsilikate und insbesondere Kaolinite, Chlorite, Smektite, Vermikulite, Glimmer oder durch Verwitterung entstandenes Eisenoxydhydrat enthalten sein.

Tabelle A.1					
GESTEINSKÖRNUNG					
Kenngrößen	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-2	F	%	≤1	F ₁
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	NP	
Gehalt an organischen Stoffen	UNI EN 1744-1		%	≤0,5	
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3		%	abwesend	
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321		%	≤0,1	
Schwellwert			%	Keiner	

Es können rezyklierte Materialien verwendet werden, die bei Abbrucharbeiten oder als Rückstände von industriellen Verarbeitungsprozessen unter Beachtung der geltenden nationalen Bestimmungen gewonnenen werden.

Die rezyklierten Gesteinskörnungen können zur Errichtung von Tragschichten auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle A.2 erfüllen.

In Wiederaufbereitungsanlagen dürfen die zu rezyklierenden Stoffe ausschließlich vom Herstellungs- oder vom Abbruchort bezogen werden; streng untersagt ist die Belieferung aus Deponien jeglicher Art.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Tabelle A.2

MISCHUNGEN VON REZYKLIERTEN KÖRNUNGEN FÜR UNGEBUNDENE TRAGSCHICHTEN			
Kenngößen	Norm	Anforderung	Proben Frequenz
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/31,5 mm	1000 m ³
Überkorn	UNI EN 933-1	OC ₇₅	1000 m ³
Feinanteilgehalt max.	UNI EN 933-1	UF ₉	1000 m ³
Feinanteilgehalt min.	UNI EN 933-1	LF ₂	1000 m ³
Korngrößenzusammensetzung	UNI EN 933-1	GA	1000 m ³
Plattigkeitskennzahl von groben Aggregaten	UNI EN 933-3	FI ₃₅	10.000 m ³
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	SE ₃₀	1000 m ³
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _f ≤ 15	2000 m ³
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP ≤ 6%	2000 m ³
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE ₅₀	2000 m ³
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI ₄₀	10.000 m ³
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C _{70/10}	2000 m ³
Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	UNI EN 1097-2	SZ ₃₂	10.000 m ³
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3	abwesend	2000 m ³
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	R _{cug90}	5000 m ³
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	R _{g5-}	1000 m ³
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	R _{a30-}	1000 m ³
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₅	1000 m ³
Anteil an schwimmendem Inertmaterial: Leca (Blähton), Schaumbeton	UNI EN 933-11	FL ₅	1000 m ³
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nicht schwimmendes steiniges Materialien	UNI EN 933-11	X _{f-}	1000 m ³
Max. Dichte mittels modifiziertem Proctorversuch	UNI EN 933-11	√	2000 m ³
Tragfähigkeit CBR an verdichteten Probenkörpern nach 4 Tagen Wasserlagerung mit einer ±2% optimalen Feuchte bei 95% der optimalen modifizierten Proctordichte	UNI EN 13286-47	≥50	20.000 m ³
Schwellwert CBR	UNI EN 13286-47	≤1%	20.000 m ³
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	2000 m ³
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321	≤0,1	10.000 m ³
⁽¹⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Körnungsgruppen bestimmt			
Das Symbol √ gibt an, dass die Charakteristiken ermittelt aber keine Anforderung entsprechen müssen			
Das Symbol – gibt an, dass die Charakteristik weggelassen werden kann			

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

1.2) Korngröße und Korngrößenverteilung

Die Korngruppen der Mineralstoffe sind mittels unterer und oberer Siebgröße d/D nach UNI EN 13242 zu bezeichnen. Zu verwenden sind der Grundsiebsatz und der Ergänzungssiebsatz +2.

Die Korngrößenverteilung muß den allgemeinen Anforderungen nach UNI EN 13242 für das Grobkorn, das Feinkorn und Gesteinskörnungsgemische entsprechen.

1.3) Geometrische, physikalische und chemische Anforderungen sowie jene an die Dauerhaftigkeit

Die zur Aufbereitung der Gesteinskörnung verwendeten Mineralstoffe müssen den in Tabelle A.1 angeführten Anforderungen entsprechen. Der Besitz besagter Eigenschaften wird anhand entsprechender Kennwerte in der EG-Konformitätserklärung für die Gesteinskörnungen für das letzte halbe Jahr ausgewiesen.

Die Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 3, im DPR Nr. 246/93 (System 2+) nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR ausgestellt.

Die gesamte Dokumentation, beinhaltend die EG-Konformitätserklärung und die Leistungserklärung (DoP), muss mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten dem Bauleiter übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Mischgut

Die Korngruppe des verwendeten Gesteinskörnungsgemischs muss nach UNI EN 933-1 bezeichnet werden; mit dem Größtkorn $D = 31,5$ mm ergibt sich die Bezeichnung 0/31,5. Die Eigenschaften des verwendeten Gemischs müssen den in Tabelle A.3 angeführten Anforderungen entsprechen; die Korngrößenverteilung muss innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.4 liegen.

Tabella A.3					
ANFORDERUNGEN AN DAS GEMISCH (UNI EN 13285)					
Kenngrößen	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Korngrößenverteilung	UNI EN 933-1	G	mm	0/31,5	G ₀
Überkorn (Siebdurchgang D)	UNI EN 933-1	OC	%	da 85 a 99	OC ₈₅
Höchstgehalt an feiner Gesteinskörnung	UNI EN 933-1	UF	%	≤ 7	UF ₇
Mindestgehalt an feiner Gesteinskörnung	UNI EN 933-1	LF	%	≥ 2	LF ₂

Der Auftragnehmer kann, als Alternative, Gesteinskörnungsgemische mit einer von der in Tabelle A.3 abweichenden Kategorie der Korngrößenverteilung vorschlagen.

Der Tragfähigkeitskennwert CBR nach UNI EN 13286-47, gemessen nach 4-tägiger Wasserlagerung (gemessen am Material des Siebdurchgang von 25,4 mm), darf den für die Bemessung der Deckschicht angenommenen Wert beziehungsweise den unteren Grenzwert 50 nicht unterschreiten. Diese Bedingungen müssen auch für Abweichungen von $\pm 2\%$ vom optimalen Wassergehalt für die Verdichtung zutreffen.

Tabelle A.4		
SIEBLINIENBEREICH 0/31,5 KORNVERTEILUNG		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Sieb	45	100
Sieb	31,5	85-99
Sieb	16	50-78
Sieb	8	31-60
Sieb	4	18-46
Sieb	2	10-35
Sieb	1	6-26
Sieb	0,5	2-20
Sieb	0,063	2-7

Der Bauleiter stellt die Einhaltung der in den Tabelle A.3 und A.4 gestellten Anforderungen anhand der CE Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP) für die Baustoffe und die Eintragungen aus der werkseigenen

Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

B) GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mit einer angemessenen Frist vor Beginn der Arbeiten für jeden Herstellungsstandort geeignete Unterlagen vorlegen, welche zumindest folgende Angaben enthalten müssen:

- Zusammensetzung der zu verwendenden Gesteinskörnung;
- EG-Konformitätserklärungen und die Leistungserklärung (DoP);
- Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers für das letzte Jahr;
- mit der modifizierten Proctor - Verdichtung bestimmte Kraft-Eindringtiefe-Kurve nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127;
- CBR-Wert für die gesättigten Probekörper.

Der Mischgutansatz des vom Auftragnehmer eingebauten Mischguts muß genau der vom Bauleiter genehmigten Zusammensetzung entsprechen.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter die Bezugsquelle, den Standort und die Bedingungen der Lagerung (mit Angabe der vorgesehenen Schutzvorkehrungen gegen anfallendes Wasser und Verschmutzung), die geplanten Verarbeitungsverfahren sowie Art und Leistungsfähigkeit der zu verwendenden Einrichtungen schriftlich mitteilen.

C) EINBAU DER GESTEINSKÖRNUNG

Das Planum der Unterlage für die einzubauende Schicht muss genau nach Zeichnung profiliert sein, die erforderliche Tragfähigkeit aufweisen und frei von Fremdstoffen oder Verschmutzungen sein. Das Schüttgut ist in höchstens 30 cm und zumindest 10 cm dicken Schichten einzubauen; nach der Verdichtung muß die Oberfläche gleichmäßig vermischt und ohne Kiesnester erscheinen. Wasser ist mit eigenen Sprühgeräten beizugeben, bis der Wassergehalt den für die Verdichtung günstigsten Wert erreicht. Zum Einbau sind eigens ausgestattete Straßenfertiger oder Straßenhobel (Grader) einzusetzen. Die durchschnittliche Dicke muss wie vorgeschrieben sein, mit einer Toleranz von plus oder minus 5 %, vorausgesetzt, dass diese Abweichung nur gelegentlich auftritt.

Alle genannten Arbeitsgänge müssen eingestellt werden, wenn durch Witterungseinflüsse (Niederschläge, Frost) die Eigenschaften der verdichteten Schichten beeinträchtigt werden können.

Mangelhafte sowie durch Wasserandrang oder durch Witterungseinflüsse beeinträchtigte Schichten müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

Die zur Verdichtung vorbereitete Schicht muß gleichförmig die vorgeschriebene Korngrößenverteilung aufweisen. Zur Verdichtung sind fahrbare Vibrationswalzen, Gummiradwalzen oder Tandemwalzen einzusetzen. Auf jeder Baustelle ist die Eignung der Verdichtungsgeräte und –verfahren in Anwesenheit des Bauleiters vor Beginn der Arbeiten mit Feldversuchen an dem, für die betreffende Baustelle gewählte Gesteinskörnungsgemisch zu überprüfen.

Die eingebaute Schicht ist so lange zu verdichten, bis folgende Verdichtungskennwerte gemessen werden:

- eine **Trockendichte** nach DIN 18125 nicht unter 98% des mit der modifizierten Proctor- Verdichtung nach UNI EN 13286-2 erhaltenen Höchstwertes;
- ein mit den Verfahren nach DIN 18134 erhaltener **Verformungsmodul E_{v2}** nicht unter 180 MPa und ein **Verhältnis E_{v2}/E_{v1}** unter 2,15. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis von E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Das fertige Planum muss genau nach Zeichnung profiliert werden; in fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in zueinander rechtwinkligen Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig.

Das Planum wird mit topographischen Verfahren überprüft; die Messpunkte werden in Längsrichtung im Abstand von höchstens 20 m in Straßenabschnitten mit konstant gekrümmtem Achsverlauf und von 5 m bei

unstetig gekrümmtem Verlauf gemessen. An den Messpunkten für die Höhenlage ist auch das Querprofil mit je zwei Punkten auf beiden Seiten der Straßenachse aufzumessen.

Eventuelle "Nichtkonformitäten" aufgrund von "Mängeln" (Fehlen vom Material) an den fertigen Schichtoberflächen, die über die vorgegebenen Toleranzen hinausgehen, können nicht durch Auffüllen und anschließendes Walzen von kleinen Materialmengen (weniger als 10 cm dick) korrigiert werden, sondern die nicht konforme Schicht muss vorher entfestigt (umgraben) und dann mit genügend Material ergänzt und erneut verdichtet werden. Es ist dagegen möglich, "Nichtkonformitäten" an den fertigen Schichtoberflächen aufgrund von "Übermaß" (Bereiche der fertigen Oberfläche, die höher sind als die geforderten Profile) durch Abtragen von Material zu korrigieren, sofern es mit den im Projekt vorgesehenen Schichthöhen und der Profilierung des Planums kompatibel ist.

D) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften und des fachgerechten Einbaus der Gesteinskörnung für ungebundene Tragschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen, am beim Einbau entnommenen Gemisch als auch Feldversuche an der fertigen Schicht durchzuführen. Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Eignung der Gesteinskörnung nach Absatz A wird vor Beginn der Arbeiten und bei jeder Änderung des Gewinnungsstandortes der Stoffe durchgeführt. Alle 2 Monate hat der Auftragnehmer dem Bauleiter die Unterlagen zur werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers zu übermitteln. Im selben Zeitabstand kann der Bauleiter die Wiederholung der Eignungsprüfungen verlangen.

Im Zuge der Eignungsprüfungen ist die Korngrößenverteilung des Gesteinskörnungsgemischs täglich an auf der Baustelle, unmittelbar vor der Verdichtung entnommenen Probekörpern des Gemischs, zu prüfen. Bezogen auf die bei der Qualifizierung vorgegebenen Werte, sind bei der Korngrößenverteilung Abweichungen bei den einzelnen Korngruppen von $\pm 5\%$ beim Grobkorn und von $\pm 2\%$ beim Feinkorn zulässig. Von den im vorgegebenen Sieblinienbereich enthaltenen Grenzwerten darf nicht abgewichen werden. Der Sandäquivalentwert ist mindestens alle 3 Arbeitstage zu prüfen.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der Standard Proctor-Verdichtung (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d \max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 gemessen. Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d \text{ opt}}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{d \text{ opt}} - \gamma_d) / 0,98 \gamma_{d \text{ opt}}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 98% vom, im Labor am mit dem Standard Proctor (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch gemessenen Bezugswert $\gamma_{d, \max}$ ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird vor dem Einbau der darüber liegenden Straßendecken nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 180 MPa nicht unterschreiten; das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muß kleiner als 2,15 sein. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit unter dem Sollwert festgestellt, wird auf dem gesamten Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(180 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Messwerte für den Verformungsmodul E_{v2} unter 120 MPa oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 (nur bei E_{v2} weniger als 250 MPa) hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen. Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFW, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der eingebauten Gesteinskörnung wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Tabelle D.1

MATERIALPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Körnung natürlich oder rezykliert	Aufbereitungsanlage	Baubeginn, dann halbjährlich	Bezug Tabelle A.1
Körnung rezykliert	Aufbereitungsanlage	Baubeginn, dann halbjährlich	Bezug Tabelle A.2
Gemisch	Fertige Schicht	Täglich oder jede 1.000 m ³ Einbau	Bezug Tabelle A.3 und A.4
Planum	Fertige Schicht	Alle 20 m bzw. jede 5 m	Planum nach Zeichnung
Fertige Schicht (Trockendichte)	Fertige Schicht	Täglich oder jede 5.000 m ³ Einbau	98% des Bezugswert gemäß Mischgutansatz
Fertige Schicht (Tragfähigkeit-Verformungsmodul)	Fertige Schicht oder Straßendecke	Jede 1.000 m ² Einbaubahn	$E_{v2} \geq 180$ MPa $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$