

Arbeitsanweisung

für den Einbau und die Verdichtung von Boden- und Foundationsschichten

AW-658

Version: 1.00



Aufgabe	Vorname / Name	Abteilung	Datum
Version erstellt	Miguel Angel Semper Benitez	Infrastruktur, Standards	05.08.2026
Geprüft	Michael Fuchs	Infrastruktur, Projekte & Standards	26.08.2026
Freigegeben	Michael Fuchs	Infrastruktur, Projekte & Standards	26.08.2026

Freigabedatum: 26.08.2026

Revisionsstand

Version	Beschreibungen	Datum
1.00	Erste Ausgabe	05.08.2026

Alle Rechte vorbehalten.

Alle Unterlagen dieses Handbuches unterliegen dem Urheberrecht. Eine Veröffentlichung, kommerzielle Verwertung und Weitergabe an Dritte in irgendeiner Form, ist ohne Zustimmung der Basler Verkehrs-Betriebe, Abt. Infrastruktur nicht zulässig.

Dieses Dokument wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

© Basler Verkehrs-Betriebe

Inhaltsverzeichnis

1. Regelaufbau und Begriffe	4
2. Unterbau	4
2.1. Planum und Untergrund	4
2.2. Bodenaushub	4
2.3. Foundationsschicht.....	5
2.4. Planie BVB	6
3. Oberbau	9
3.1. Kieskoffer.....	9
3.2. Rasengittergleise.....	9
3.3. Grüngleise	10
4. Trennschichten	11
4.1. Anforderungen unter Foundationsschichten	11
4.2. Einbauhinweise unter Foundationsschichten	11
4.3. Anforderungen im Rasengleis	11
4.4. Einbauhinweise im Rasengleis.....	11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standardquerschnitt Rasen-Festfahrbahn BVB	4
Abbildung 2: Abbruch der Betontragplatte.....	5
Abbildung 3: Bodenaushub im Gleisbereich.....	5
Abbildung 4: Einbau einer Foundationsschicht auf Geotextilen	6
Abbildung 5: Einbau und Verdichtung einer Feinplanie.....	6
Abbildung 6: Flussdiagramm für die Ausführung von Bodenaustauscharbeiten/ Foundationsschichten	7
Abbildung 7: Flussdiagramm M_E -Kontrollmessungen nach dem Bau der Foundationsschicht	8
Abbildung 8: Plattendruckversuch für die vor Ort Bestimmung von M_E -Werten	9
Abbildung 9: Detailzeichnung Gleisaufbau mit Rasengittersteinen	10
Abbildung 10: Verdichtung mit kleiner Walze (ohne Vibrieren)	10

1. Regelaufbau und Begriffe

Siehe Abbildung 1 für eine grafische Erläuterung der für diese Anweisung geltenden Begriffe.

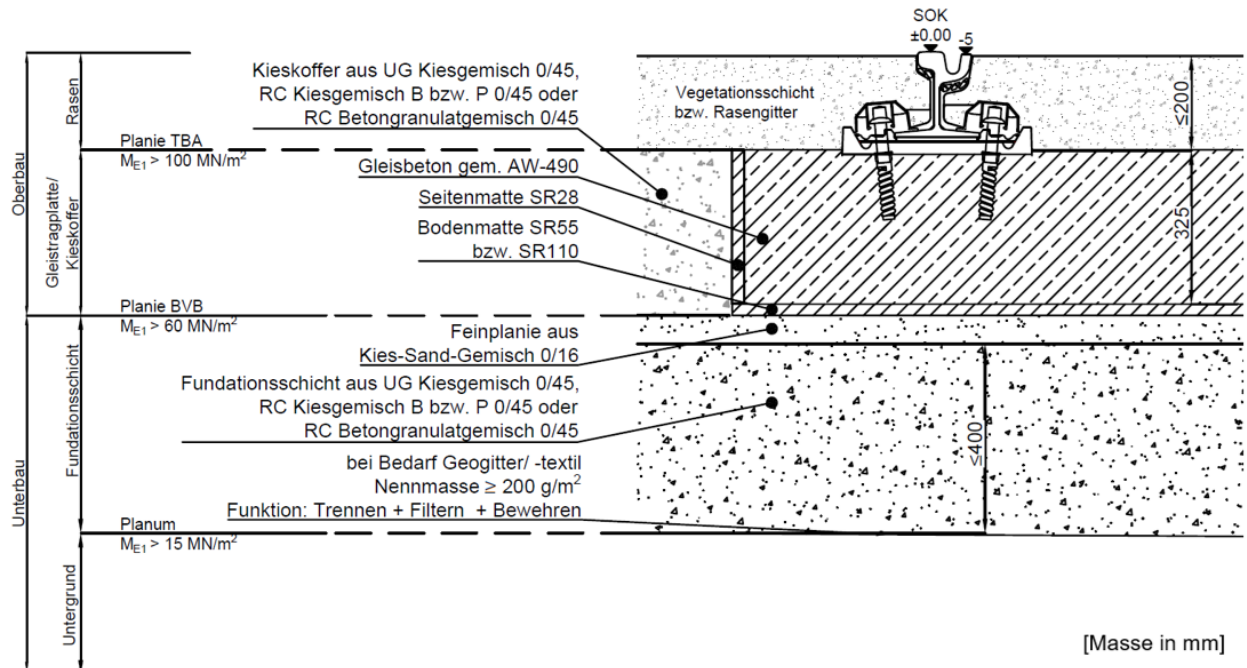


Abbildung 1: Standardquerschnitt Rasen-Festfahrbahn BVB

2. Unterbau

Der Unterbau bildet die tragfähige und dauerhafte Grundlage des Gleis- und Fahrbahnsystems. Er umfasst insbesondere die Fundamentalschicht, welche in Materialqualität, Schichtdicke und Verdichtungsgrad so herzustellen ist, dass die geforderten geotechnischen Kennwerte – Tragfähigkeit, Bettungsmodul – erreicht werden.

2.1. Planum und Untergrund

Im Kanton Basel-Stadt und Umgebung besteht der Untergrund meistens aus tragfähigem Kies. Andere Böden (Humus, Lehm, Silt, etc.) sind als Fundamentalschicht nicht geeignet und müssen entfernt werden. Geeignetes Material hat mindestens die Tragfähigkeitsklasse S2 gemäss SN 640 324 ($M_{E1} > 15 \text{ MN/m}^2$).

Bei Abweichungen der Qualität des Untergrunds (Tragfähigkeit, Verschmutzung etc.) sowie sichtbaren grösseren Schäden im Bereich der Tramstrecke (Spinnennetzrisse im Belag, Fahrbahnsenkungen, Gleispumpbewegungen, Risse/Schäden in der Gleistragplatte) sind entsprechende Untersuchungen in Absprache mit TBA / BVB durchzuführen (beispielsweise M_E -Messung, Bodenanalyse).

Die erforderlichen Bodenaustauscharbeiten sind projektbezogen bereits in der Projektierungsphase festzulegen. Der beauftragte Fachplaner hat hierzu eine fachliche Beurteilung und einen entsprechenden Vorschlag für den Umfang der Arbeiten zu erarbeiten.

Die durch den Fachplaner vorgeschlagenen Massnahmen sind durch die BVB-Projektleitung vor der Plangenehmigung der zuständigen kantonalen Behörde (Tiefbauamt Basel-Stadt bzw. Basel-Landschaft) zur Kenntnis zu bringen. Diese gibt hierzu bei Bedarf eine fachliche Stellungnahme ab.

Nur bei Erneuerungsmassnahmen mit Vollsperrung sind Bodenarbeiten möglich. In UEMA's sind Bodenarbeiten platzbedingt in der Regel nicht durchführbar. Je nach visuellem Zustand des Bodens sind vor Ort eventuell erforderliche Massnahmen für eine Tragfähigkeitserhöhung mit der BVB-Projektleitung abzusprechen.

2.2. Bodenaushub

Erstmals sind der Belag und die Gleistragplatten abzubauen, sowie der Kieskoffer und (falls vorhanden) die Gleisdämmung abzutragen (bis Kote ca. -55 cm vgl. Feinplanie). Anschliessend ist auf dieser Ebene der M_{E1} -Wert in mind. 3 Messpunkten zu ermitteln (bei Bedarf soll eine kleine vorübergehende Feinplanie im Bereich der Messpunkte temporär hergestellt werden, Flächenvorgabe durch Labor). Sollte die Bodensteifigkeit auf dieser Ebene $> 60 \text{ MN/m}^2$ betragen (Toleranz gem. VSS 640 585 zulässig, s. 2.4 Planie BVB), ist von einer ausreichenden Bodentragfähigkeit auszugehen. Es sind folglich keine Bodenverbesserungsmassnahmen nötig.

Andernfalls sind gem. den Abstimmungen mit der zuständigen kantonalen Behörde (TBA BS bzw. BL) weitere max. 40 cm Boden abzutragen (bis Kote max. ca. -95 cm) und dort erneut den M_{E1} -Wert auf dieser Ebene (Planum) in mind. 3 Messpunkten zu ermitteln.

Bei Werten $> 15 \text{ MN/m}^2$ kann die Foundationsschicht auf diesem Planum verlegt und verdichtet werden. Wird der Wert nicht erreicht, so sind in Absprache mit der Bauleitung geeignete Massnahmen zu treffen, um den Wert zu erreichen. Werden auf dem Planum deutlich tiefere M_E -Werte gemessen als durch den Fachplaner angenommen und sind dadurch zusätzliche Massnahmen zur Planum-Verstärkung oder ein erhöhter Materialersatz erforderlich, ist die zuständige kantonale Behörde entsprechend zu informieren.

- Bei M_{E1} -Werten zwischen 10 und 15 MN/m^2 genügt in der Regel die Verlegung von Geotextilen auf dem Planum als Trennschicht mit Nennmassen $\geq 200 \text{ g/m}^2$ (gem. *Kapitel 4 Trennschichten*).
- Bei Werten $< 10 \text{ MN/m}^2$ kann nebst dem Geotextil bspw. ein zusätzlicher Materialersatz (z.B. 15 cm Schroppen) als Planum-Verstärkung erforderlich sein.

Die Oberfläche des Untergrunds muss sauber bearbeitet werden. Es ist zu vermeiden, dass er sich bei Regen aufweicht und mit Wasser vollsaugt bzw. gefriert. Das Planum darf nicht befahren werden. Ist dies unumgänglich, ist dessen Qualität nachfolgend zu überprüfen und zu korrigieren. Keinesfalls darf es überbeansprucht werden.

Seine Höhenlage darf maximal $\pm 40 \text{ mm}$ bei Einzelwerten bzw. $\pm 20 \text{ mm}$ beim Mittelwert abweichen. Diese Werte werden in der Regel alle 10 m gemessen.



Abbildung 2: Abbruch der Betontragplatte



Abbildung 3: Bodenaushub im Gleisbereich

2.3. Foundationsschicht

Foundationsschichten sollen soweit zulässig aus geeigneten recycelten Baustoffen nach VSS 670 119 erstellt werden. Die Foundation kann aus Sekundär- oder Primärbaustoffen bestehen. Im Kanton Basel-Stadt gemäss «TBA-Norm 404» sowie Basel-Landschaft gemäss WAV-312 «Weisungen und Ausführungsvorschriften für Bauarbeiten – Foundationsschicht» sind folgende Gemische zulässig:

- UG-Kiesgemisch 0/45
- RC-Kiesgemisch B 0/45
- RC-Kiesgemisch P 0/45
- RC-Betongranulatgemisch 0/45

Wandkies ist nur zulässig, sofern es die Anforderungen an ein Kiesgemisch 0/45 nachgewiesenermassen erfüllt.

Die Foundationsschicht muss bezüglich Materialqualität und Schichtdicke den Ansprüchen der Frostsicherheit entsprechen. Zudem müssen die Verdichtbarkeit und die Haltbarkeit gegeben sein. Es sind die aktuellen Vorschriften des Amtes für Umwelt und Energie (AUE) sowie der Tiefbau Departementen (TBA) beider Basel hinsichtlich der zulässigen chemischen Belastungen einzuhalten.

Die Foundationsschicht ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Schichtdicke darf nach der Verdichtung maximal 25 cm betragen.

Je nach Mischung und Kornform, sowie unter schmalen, engen Bedingungen kann es notwendig sein, dünne Schichten von maximal 20 cm einzubauen. Eine Schichtdicke kleiner als der 3-fache Grösstkorn-durchmesser ist allerdings zu vermeiden.

Bei bindigem und wenig tragfähigem Untergrund kann es notwendig sein, zunächst eine ca. 15 cm starke Schicht statisch zu verdichten, bevor weitere Schichten eingebracht werden.

Die Qualität der Tragfähigkeit und Verdichtung dieser Schicht ist mittels M_E -Messungen gemäss der «Oberbaudimensionierung TBA BS» bzw. «WAV-312» zu verifizieren (s. Kap. 2.4 Planie BVB).

Oft reicht in und um Basel eine **Fundationsschicht** unter Tramstrecken in der **Stärke** von **max. 40 cm** aus. Hierzu ist eines der o.g. frostsicheren Gemische 0/45 zu verwenden, wobei Betongranulatgemische bei wenig tragfähigem Untergrund in der Regel vorteilhaft sind. Bei einem Feinanteil (Körner < 0.063 mm) von höchstens 5 %, gemäss Lieferdeklaration oder Prüfzeugnis des verwendeten Gemischs, ist kein Frostsicherheitsnachweis erforderlich. Sonst ist dieser zwingend und unverzüglich durch den Unternehmer beizubringen.

Bei der Verdichtung ist auf einen optimalen Wassergehalt zu achten. Staubtrockenes sowie durchtränktes Fundationsmaterial lässt sich nicht korrekt verdichten.

Bei Störungen im Untergrund oder bei ungenügender Tragfähigkeit ist nach Rücksprache mit der BVB-Projektleitung die Fundationsschichtdicke zu erhöhen (Daumenregel: 10 cm ergeben einen um ca. 10 MN/m² höheren M_E -Wert) oder eine andere geeignete Methode zu wählen.

Das Fundationsmaterial darf nie entmischt eingebaut werden. Es ist möglichst in einem Arbeitsgang einzubauen, um eine Entmischung zu vermeiden.



Abbildung 4: Einbau einer Fundationsschicht auf Geotextilen



Abbildung 5: Einbau und Verdichtung einer Feinplanie

2.4. Planie BVB

Die Oberfläche der Fundationsschicht bildet die qualitativ wichtige Basis für einen einwandfreien Einbau der Gleisanlagen. Ihre Höhenlage darf maximal ± 10 mm bei Einzelwerten bzw. ± 5 mm beim Mittelwert abweichen. Diese Werte werden in der Regel alle 10 m gemessen.

Es ist auf eine saubere Feinplanie zu achten (keine Verschmutzung, keine Entmischung, Ebenheit, Höhenlage). Für Feinplanien mit einer Schichtdicke bis max. 60 mm sind ungebundene, gebrochene und frostsichere Kiesgemische mit max. Korngrösse 0/16 zu verwenden. Es darf jedoch kein RC-Kiesgemisch A, aus Bauasphalt oder ähnliches zur Erstellung der Feinplanie verwendet werden.

Nach Beendigung der Bodenverdichtungsarbeiten ist die Tragfähigkeit der Fundationsschicht mittels M_E -Messungen zu ermitteln. Dafür werden mind. 3 Messpunkte auf einem Zwischenabstand von max. 30 m bzw. auf einer Fläche pro Messung von ca. 200 m² (entspricht ca. einer Bauetappe) definiert. Sollten auf der bereits verdichteten Fläche Schwachstellen bzw. Schäden erscheinen (Einbaufehler, Senkungen, Abplatzungen...), so sind M_E -Messungen zusätzlich an diesen Punkten durchzuführen.

Die Fundationsschicht muss auf allen oben definierten Messpunkten mindestens einen M_{E1} -Wert von > 60 MN/m² mit Verdichtungsgrad $M_{E2}/M_{E1} \leq 2.5$ besitzen. Folgende Toleranzen sind gem. VSS 640 585 zulässig:

- bei ≤ 4 Messungen müssen alle Werte erfüllt sein,
- bei ≥ 5 Messungen darf ein M_{E1} -Wert unterhalb Anforderungen liegen, jedoch Abweichung $\leq 10\%$ und $M_{E2}/M_{E1} \leq 2.5$.

Werden die Werte nicht erreicht, so sind geeignete Korrekturmassnahmen in Absprache mit der Bauleitung zu treffen.

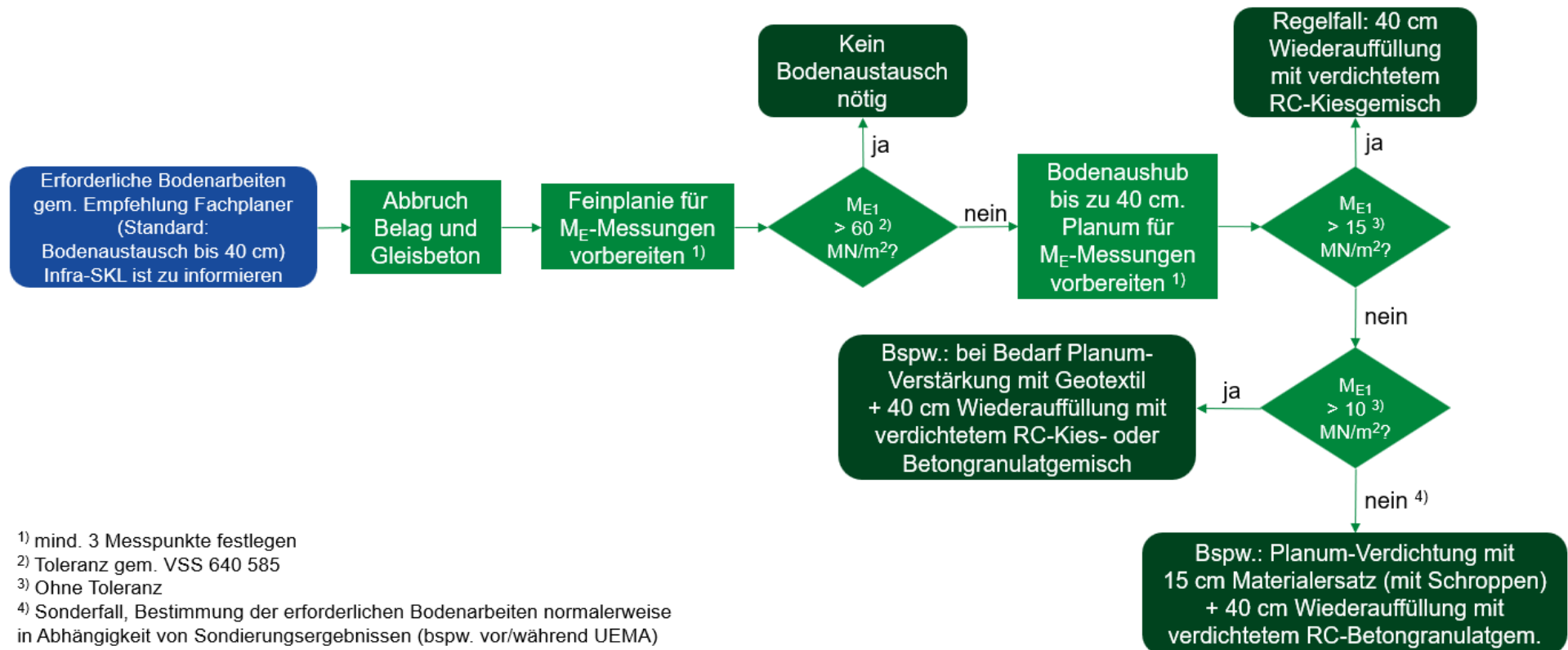
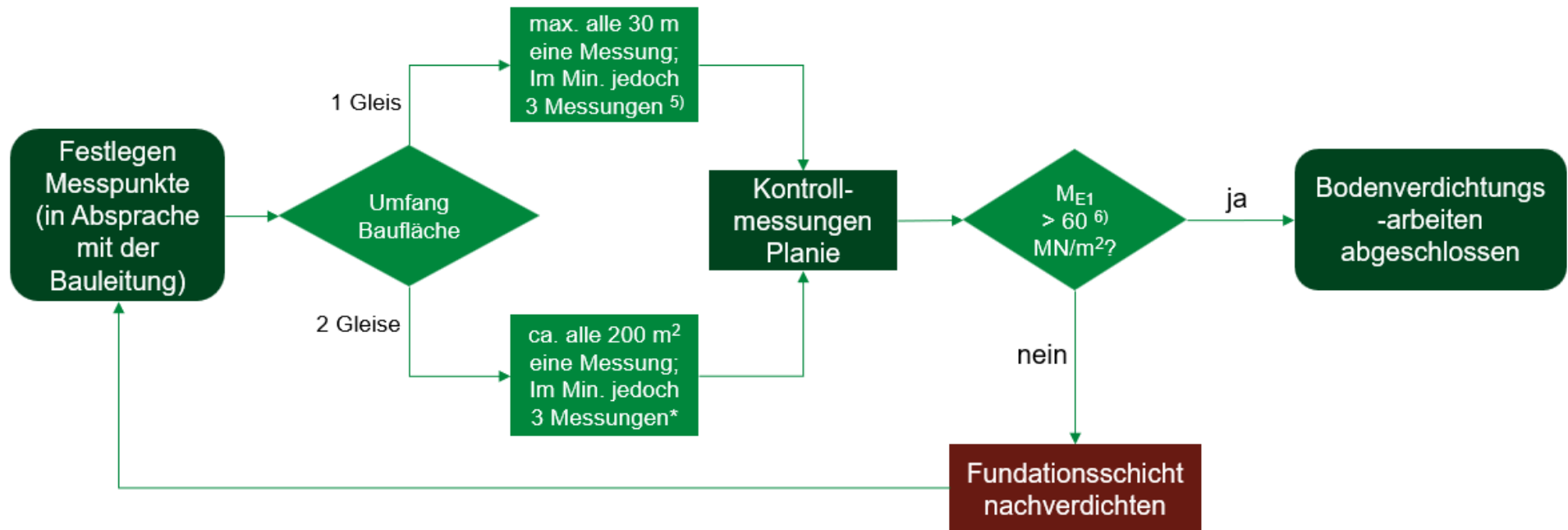


Abbildung 6: Flussdiagramm für die Ausführung von Bodenaustauscharbeiten/ Foundationsschichten



⁵⁾ Auf sichtbare Schwachstellen (z.B. bei Senkungen, Entmischung...) zusätzliche Messpunkte definieren

⁶⁾ $M_{E2}/M_{E1} \leq 2.5$ und Toleranz gem. VSS 640 585

Abbildung 7: Flussdiagramm M_E -Kontrollmessungen nach dem Bau der Fundationsschicht



Abbildung 8: Plattendruckversuch für die vor Ort Bestimmung von M_E -Werten

3. Oberbau

Dieses Kapitel beschreibt die Anforderungen an Materialien, Einbau und Verdichtung des Oberbaus im Bereich zwischen den Gleistragplatten sowie die Ausführung von Bettungs- und Vegetationsschichten bei Gleisbegrünungen.

3.1. Kieskoffer

Der Kieskoffer unterhalb der Asphalt- bzw. Vegetationstragschicht zwischen den Gleistragplatten wird mit Materialien gemäss *Kap. 2.3 Foundationsschicht* erstellt. Die Schichtdicke beträgt ca. 35 cm und ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Eine Feinplanie ist nicht erforderlich.

Aufgrund der im Bereich zwischen den Gleistragplatten häufig vorhandenen Werkleitungen sowie deren Ummantelungen aus Magerbeton ist der Untergrund lokal inhomogen aufgebaut. Punktuelle Tragfähigkeitsmessungen (M_E -Messungen) sind in diesem Bereich daher wenig aussagekräftig und werden grundsätzlich nicht verlangt, sofern keine erkennbaren Schwachstellen oder Setzungen vorliegen.

Die Qualität der Ausführung ist durch einen fachgerechten lagenweisen Einbau sowie eine sorgfältige Verdichtung sicherzustellen. Besondere Aufmerksamkeit ist der Verdichtung im Umfeld von Werkleitungen und Anschlüssen zu widmen.

3.2. Rasengittergleise

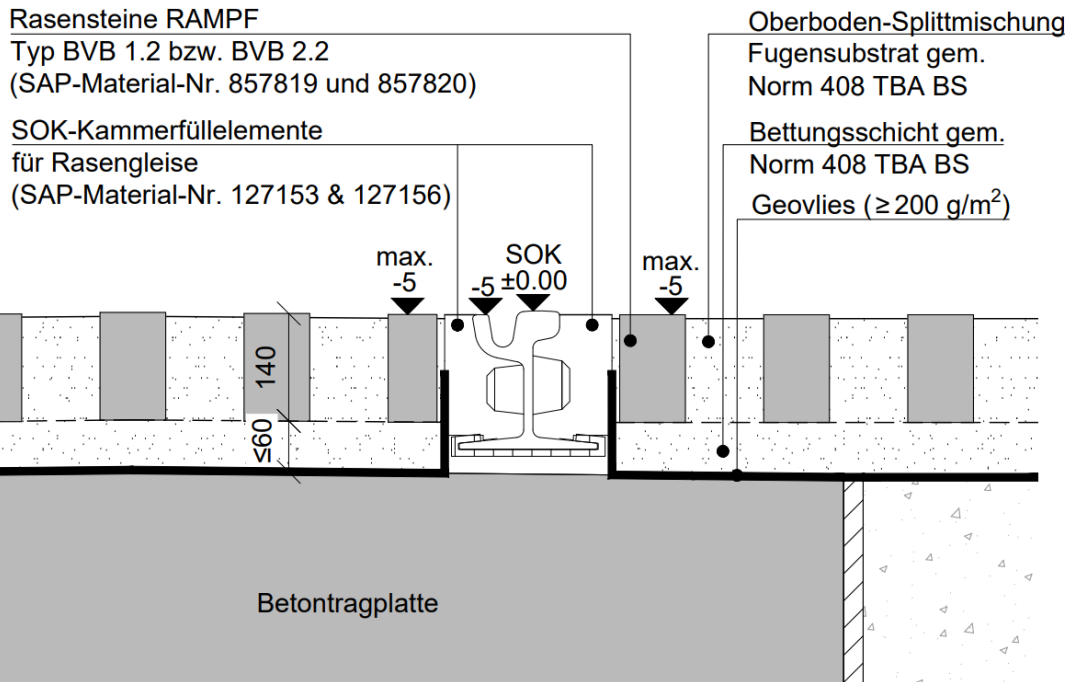
Für den Einbau von gelegentlich befahrbaren Rasengittergleise gelten die Bestimmungen der «*TBA-Norm Nr. 408 BS*» hinsichtlich des Fugensubstrats sowie der Bettungsschicht (s. *Abbildung 9*).

Die Bettungsschicht ist mit einer Rüttelplatte oder einer kleinen Vibrowalze zu verdichten, um die Bewegung der darauf verlegten Gittersteine nach einer Befahrung so gering wie möglich zu halten. Die Schichtdicke der Bettungsschicht muss ideal 50 mm betragen, darf jedoch nicht grösser als 60 mm sein.

Die Dicke des Fugensubstrats beträgt max. 14 cm (entspricht der Dicke der Betongittersteine).

Die Oberkante der Gittersteine muss somit höchstens 5 mm unter der Schienenoberkante liegen.

Damit das durch die Vegetationsschicht versickernde Regenwasser weder die Gleistragplatte noch die Schienenbefestigungen durch Korrosion beschädigen, ist ein Geovlies als Trennschicht zwischen Beton bzw. Befestigungsabdeckungen und Vegetationsschicht anzubringen (Anforderungen gem. *Kapitel 4 Trennschichten*).



4. Trennschichten

Geeignete Materialien sind Geotextilien aus synthetischen Fasern (Polyester PES oder Polypropylen PP), als Vliesstoff mechanisch verfestigt (genadelt) oder thermisch behandelt.

4.1. Anforderungen unter Foundationsschichten

- Beständig gegen Mikroorganismen im Boden sowie gegen chemische Einwirkungen des Bodens (pH 4-9)
- Nennmasse $\geq 200 \text{ g/m}^2$
- Wirksame Filteröffnungsweite $O_{90 \text{ w}}$: durch Fachplaner definieren (Richtwerte: 0.10 – 0.25 mm gem. «EBGEO» bzw. Merkblatt «Geokunststoffe im Erdbau des Strassenbaus»)
- Robustheitsklasse 2 (gem. EN ISO 10722)
- Stempeldurchdrückkraft $> 500 \text{ N}$ (gem. EN ISO 12236)

4.2. Einbauhinweise unter Foundationsschichten

- Es dürfen keine Hohlräume unter dem Textil entstehen (z.B. bei Hausanschlussquerungen).
- Die Bahnen müssen sich mind. 50 cm überlappen.
- Spätere Werkleitungsarbeiten, für die das Textil zerschnitten werden muss, sind möglichst zu vermeiden.

Des Weiteren sind die Hinweise des «Handbuches Strassenbau TBA BS» zwingend zu berücksichtigen.

4.3. Anforderungen im Rasengleis

- Das Geotextil muss die Schienen, deren Komponenten sowie die Gleistragplatte vor Feuchtigkeit schützen.
- Der Vliesstoff muss durchwurzelbar und beständig gegen Mikroorganismen im Boden sein.
- Nennmasse $\geq 200 \text{ g/m}^2$
- Wirksame Filteröffnungsweite $O_{90 \text{ w}}$: 0.18 – 0.20 mm (gem. «Handbuch Gleisbegrünung, Grüngleis Netzwerk»)
- Robustheitsklasse 2 (gem. EN ISO 10722)
- Stempeldurchdrückkraft $> 500 \text{ N}$ (gem. EN ISO 12236)

4.4. Einbauhinweise im Rasengleis

- Einbau vollflächig und mit einer Überlappung von mind. 10 cm.
- Das Geotextil am Schienenisolierungselement aufkanten und wenn möglich befestigen.
- Nach der Verlegung zeitnah mit der Vegetationsschicht überdecken (da Geotextilien i.d.R. nicht UV-beständig sind).
- Das überstehende Geotextil nach der Überdeckung bündig mit der Vegetationstragschicht abschneiden.