



Substrat unter Fahrbelag?

Aufzeigen von Lösungsvorschlägen zur Funktionsweise von Substrat einerseits mit hohem Porenvolumen für den Baum und andererseits als verdichtbarer Untergrund für die Fahrbahn.

Dipl.-Ing. Axel Seilkopf

Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH Öhringen

Spitalhof, Altstadt 36

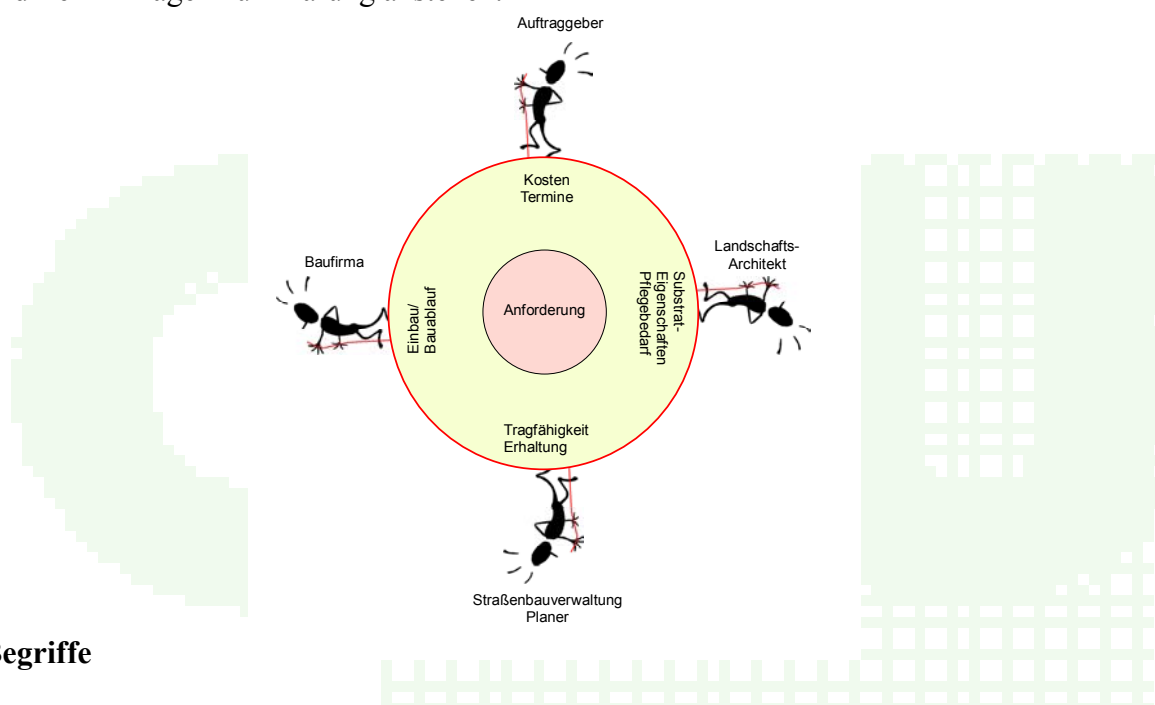
74613 Öhringen

Tel.: 07941/924112

Tel.: 07941/924130

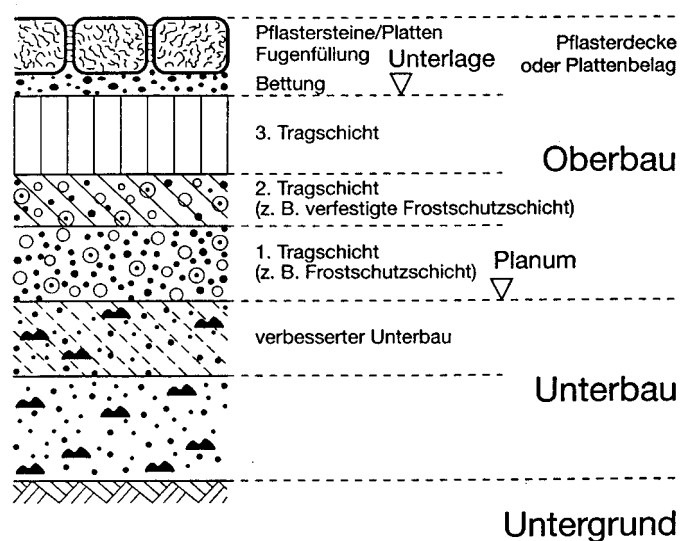
„Substrat unter Fahrbelag“

Bei der Herstellung von innerstädtischen Verkehrsflächen kommt es wegen der unterschiedlichen Anforderungen des Straßenbaus und der Grünflächengestaltung häufig zu einem Spannungsverhältnis. Anzustreben ist selbstverständlich die Einhaltung aller von den beteiligten Stellen gestellten Anforderungen um einerseits Schäden am Straßenkörper und zum anderen Schäden am Begleitgrün zu vermeiden. Zusätzlich werden immer auch Kosten- und Terminfragen zur Klärung anstehen.



Begriffe

Ziel dieses Vortrages soll es sein, die notwendigen Anforderungen aus dem Straßenverkehr an die Straße zu werten und mit den Ergebnissen aus Versuchen mit unterschiedlichen Baumsubstraten bzw. Recyclingtragschichten zu vergleichen. Moderne Straßen bestehen aus verschiedenen Schichten, die auch unterschiedliche Funktionen erfüllen sollen. Zunächst möchte ich kurz die Begriffe in Anlehnung an die Straßenbauvorschriften (z. B. RStO 01, ZTV-P StB 2000) darstellen.



Der natürlich anstehende Boden wird als Untergrund bezeichnet. Unterbau sind Bodenschüttungen aus Fremdmaterialien oder umgelagerter (zum Beispiel auch durch Kalk konditionierter Boden). An der Oberkante des Unterbaus bzw. des Untergrundes (Planum) ist eine Mindesttragfähigkeit von $E_{V2} > 45 \text{ MN/m}^2$ in der Richtlinie für Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 01) festgelegt. Damit soll sichergestellt werden, daß die auftretenden Kräfte in den Untergrund abgeleitet werden können und der darüber liegende Oberbau bautechnisch sicher erstellt werden kann. Bei den natürlich anstehenden Böden lässt sich dieser Wert insbesondere auf bindigem Untergrund (Schluff, Ton, Lehm) häufig nicht ohne zusätzliche Maßnahmen wie Bodenaustausch, Bodenverbesserung oder den Einsatz von Geotextilien erreichen.

Auf dem Planum wird als erste Tragschicht die Frostschutzschicht aufgebracht. Sie besteht aus Bodenmaterial mit einer definierten Körnungslinie. Ziel dieser Schicht ist es, durch die geordnete Ableitung des im Straßenkörper anfallenden Wassers eventuelle Schäden durch Frost oder Frost-Tau-Wechsel zu minimieren. Die Schichtstärke ergibt sich aus der Verkehrsbelastung, den Entwässerungsbedingungen und der Frosteinwirkungszone.

Darüber folgt die eigentliche Tragschicht mit je nach Bauklasse der Straße unterschiedlichen Anforderungen an die Tragfähigkeit. Die Tragschicht kann entweder ungebunden aus Mineralgemischen, im wesentlichen Schottermaterialien, oder als gebundene Tragschicht mit bituminösen oder hydraulischen Bindemitteln hergestellt werden.

Den oberen Abschluss der Straße bildet die Oberflächenbefestigung, je nach Nutzung kommen hier Materialien von Schotterrassen und Rasengittersteinen bis zu Pflasterdecken und Asphaltdecken zum Tragen.

Material- und Einbauanforderungen an Tragschichten

Die Material- und Einbauanforderungen sind in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB 95) festgelegt.

Für Frostschutzschichten sind im wesentlichen Anforderungen an die Körnung angegeben. So darf der Kornanteil unter 0.063 mm nicht mehr als 7 % im eingebauten Zustand aufweisen. Ergänzend sind Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad des Bodenmaterials dargestellt.

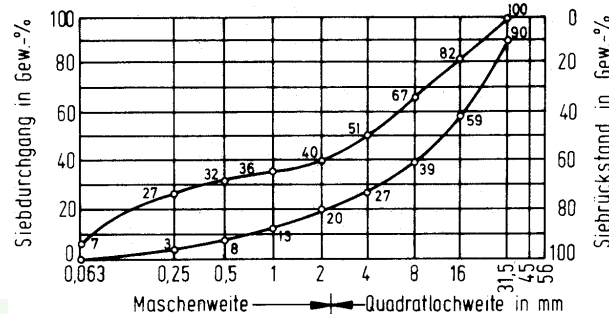
Nr.	Bereiche	Baustoffgemische	D _p in %	
			Bauklassen SV, I bis V	Bauklasse VI*)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Oberfläche Frostschutzschicht bis 0,2 m Tiefe	GW, GI sowie Baustoffgemische aus Brechsand, Splitt und gegebenenfalls Schotter der Lieferkörnungen 0/5 bis 0/56	103	100
		GE, SE, SW, SI	100	
2	unterhalb des Bereiches Nr. 1	alle Baustoffgemische des Bereiches Nr. 1	100	

*) sowie bei Rad- und Gehwegen und sonstigen Verkehrsflächen

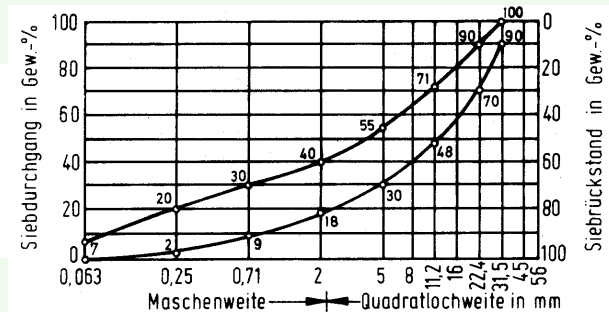
ZTzt Tabelle 2.1

Bei Verkehrsflächen (ohne Geh- und Radwege) ist zusätzlich eine Mindesttragfähigkeit in Abhängigkeit vom Oberbau von $E_{V2} > 80 \text{ MN/m}^2$ bis 100 MN/m^2 nachzuweisen.

Für die Kies- und Schottertragschichten sind Sieblinienbereiche definiert, die einzuhalten sind.



Kiestragschicht
0 / 32 mm



Schottertragschicht
0 / 32 mm

ZTVT Bild 2.1 und 2.4

Der Verdichtungsgrad von Tragschichten darf 103 % der einfachen Proctordichte nicht unterschreiten. Bei Verkehrsflächen ist zusätzlich eine Mindesttragfähigkeit in Abhängigkeit vom Oberbau von $E_{V2} > 120 \text{ MN/m}^2$ bis 150 MN/m^2 nachzuweisen.

Weitere Details sind der ZTVT zu entnehmen.

Qualitätssicherung / Prüfungen

Eignungsprüfungen

Es sind vor einem Einbau alle Materialien, die im Straßenkörper eingesetzt werden hinsichtlich ihrer Eignung für den vorgesehenen Einsatz zu prüfen. Dabei ist insbesondere die Kornverteilung, die Verdichtbarkeit und die Frostbeständigkeit nachzuweisen. Für Recyclingbaustoffe sind zusätzlich chemische Analysen erforderlich.

Einbauprüfungen

Vor dem Überbauen sind die fertiggestellten Schichten hinsichtlich ihrer Verdichtung und / oder hinsichtlich der Tragfähigkeit zu prüfen. In vielen Fällen ist die Durchführung von Probeverdichtungen auf Versuchsfeldern zu Beginn der Arbeiten sinnvoll, um bei Problemen schneller reagieren zu können. Mittels statischem Plattendruckversuch können dann die Tragfähigkeiten der einzelnen Schichten in situ geprüft werden. Dabei ist zu beachten, dass die Einwirktiefe des Plattendruckversuches auf etwa 0,5 m beschränkt ist. Daher sind die Schichten einzeln zu prüfen.



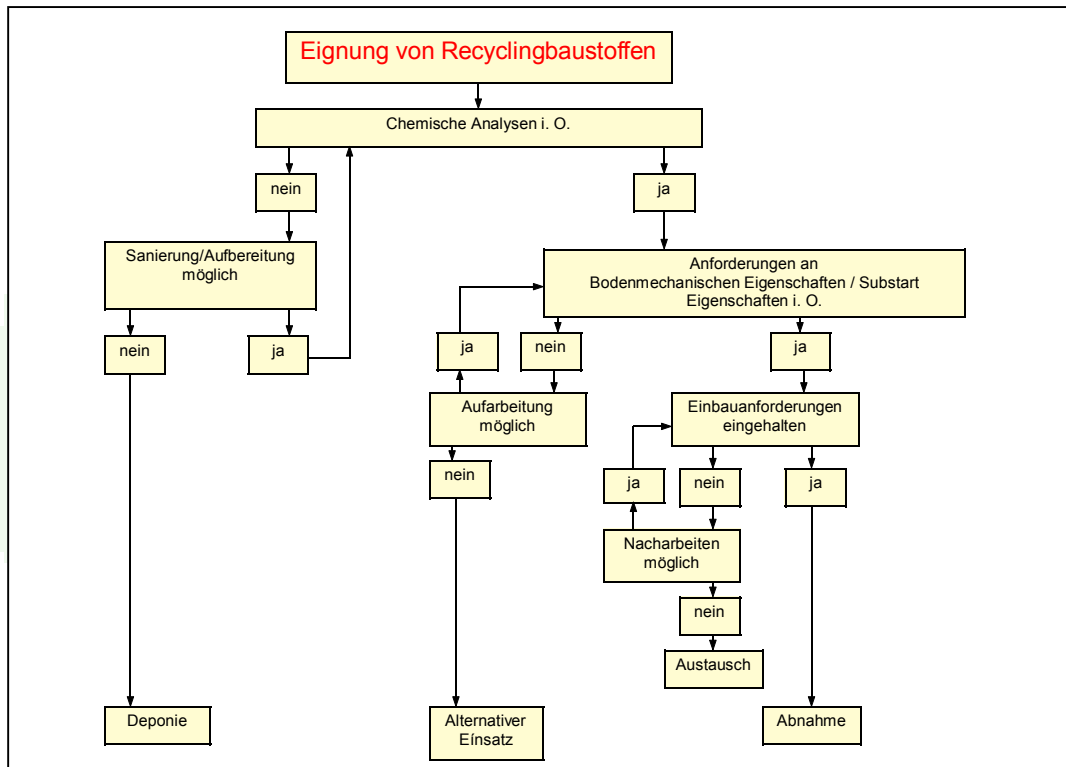
Einsatz von Recyclingbaustoffen

Wenn im Bereich des Straßenbaus Recyclingmaterialien eingesetzt werden sollen, sind dafür auch Nachweise zur Schadstofffreiheit vorgeschrieben. In Abhängigkeit von der Art des Aufbaus, vom Material und den örtlichen Gegebenheiten ist der Einsatz nur bedingt möglich. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Merkmal		RC-1	RC-2	RC-3	Zulässige Überschreitung in %	Merkmalgruppe	
1		2	3	4	5	6	
Eluatanalyse	pH-Wert ¹⁾	-	7 - 12,5	7 - 12,5	7 - 12,5	-	-
	el. Leitf.	mS/m	150	250	300	5	1
	SO ₄	mg/l	150	300	600	5	2
	Cl	mg/l	20	40	150	10	2
	As	mg/l	0,01	0,04	0,05	20	3
	Cd	mg/l	0,002	0,005	0,005	20	3
	Cr ges.	mg/l	0,03	0,075	0,1	20	3
	Cu	mg/l	0,05	0,15	0,2	20	3
	Hg	mg/l	0,0002	0,001	0,002	10	3
	Ni	mg/l	0,05	0,1	0,1	20	3
	Pb	mg/l	0,04	0,1	0,1	20	3
	Zn	mg/l	0,1	0,3	0,4	10	3
	Phenolindex	mg/l	0,01	0,05	0,1	20	4
	PAK (EPA)	mg/l	0,005	0,008	- ²⁾	50	4
Feststoffanalyse	PAK (EPA)	mg/kg	20	50	100	-	4
	EOX	mg/kg	3	5	10	-	4

TL-Min Anforderungen an RC-Baustoffe

Ich denke, es ist deutlich, dass ohne eine umfangreiche Eignungsprüfung im Labor und ergänzende Felduntersuchungen die Einsetzbarkeit nicht bewertet werden kann. Bei neuen Materialien/Lieferquellen sollte grundsätzlich eine Probeverdichtung erfolgen, um eventuelle Kornverfeinerungen (und entsprechende Verringerung der Wasserdurchlässigkeit) bei der Verdichtung erkennen zu können.



Vorschläge zum Aufbau

Baumsubstrate bestehen meist aus Mischungen unterschiedlicher Materialien. Dabei sollte auf einen homogenen, mit gleichbleibender Qualität erzeugten Baustoff geachtet werden. Grundsätzlich sollte eine Qualitätssicherung durch regelmäßige Prüfungen vorgesehen sein.

Im Bereich der eigentlichen Baumpflanzung haben sich diese Substrate gut bewährt, Anforderungen an die Tragfähigkeit und Verdichtung werden hier jedoch nicht gestellt. Im Gegenteil ist eine zu hohe Verdichtung beim Einbau zu vermeiden.

Soll ein erweiterter Wurzelraum im Straßenbereich eingesetzt werden, ergeben sich wie dargestellt Anforderungen an

- die Tragfähigkeit
- die Kornverteilung
- die Wasserdurchlässigkeit
- die Einbaufähigkeit / Verdichtbarkeit
- die Frostbeständigkeit
- die langfristige Beständigkeit unter dynamischen Lasten
- die Einhaltung von Grenzwerten der chemischen Analysen (bei RC-Material).

Diese Anforderungen werden von den Baumsubstraten im allgemeinen nicht ausreichend erfüllt. Somit sind zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Funktion der Straße erforderlich.

Es sind zwei grundsätzliche Ansätze zum Erreichen, insbesondere der Tragfähigkeitsanforderungen, denkbar:

- Konditionierung des Substrates („tragfähige Vegetationsschichten“)
- Einsatz ergänzender Tragschichten

Konditionierung

Problematisch ist, dass sich die Eigenschaft des Substrates als durchwurzelbare Schicht durch die Versuche die Anforderungen einer Tragschicht zu erfüllen (Zumischung von Gerüstbaustoffen, etc.) in großem Maße verliert. Die Benutzung von undefinierten Baustoffen ist dabei nicht zulässig, es ist also insbesondere bei der Zumischung von Recyclingstoffen (z.B. Ziegelmateriale) auf die oben dargestellten Eignungsuntersuchungen und entweder auf eine Qualitätssicherung im Lieferbetrieb und / oder Kontrolluntersuchungen im Einbau zu achten.

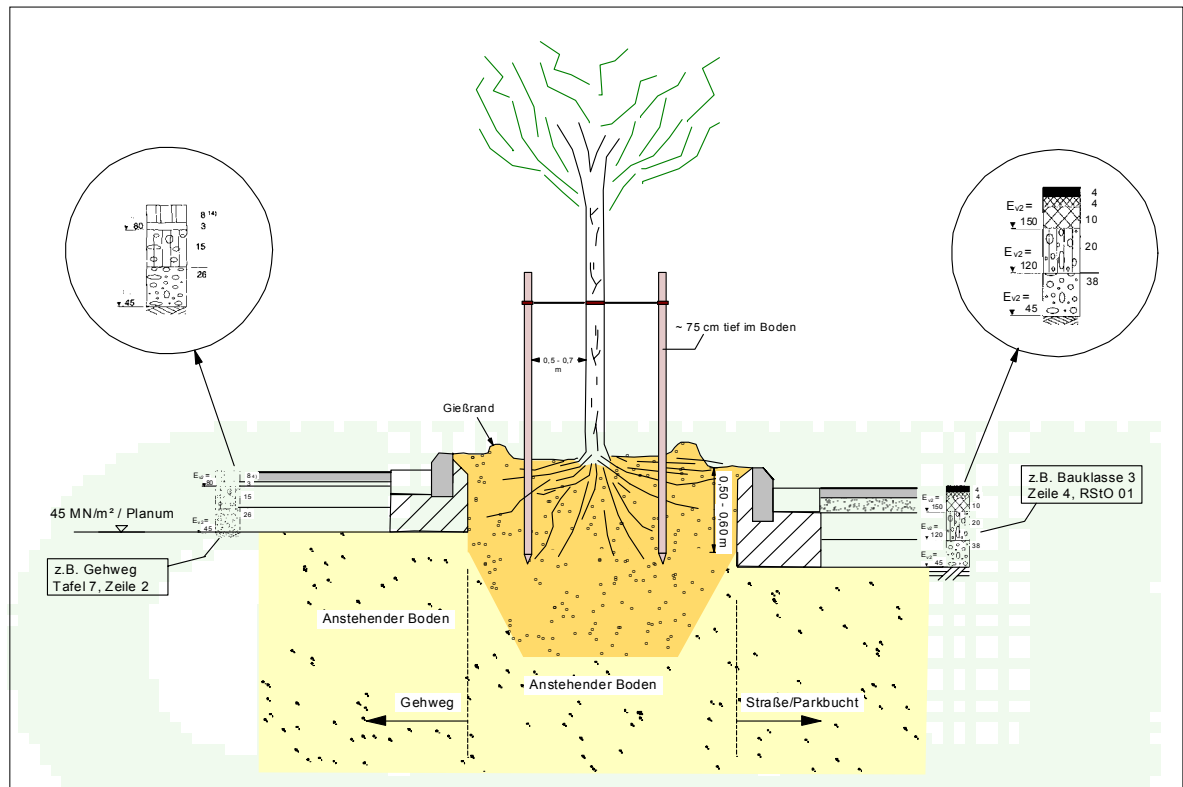
Für den jeweiligen Anwendungsfall ist zu klären, ob die „Substrateigenschaften“ oder die „Tragschichteigenschaften“ Vorrang bekommen sollen. Im ungünstigsten Fall erreicht man ein **minderqualitatives Substrat mit schlechten Tragschichteigenschaften**.

Hinsichtlich des Einsatzes von tragfähigen Vegetationsschichten muss somit ich etwas provokativ fragen, ob nicht in Wirklichkeit über modifizierte Recycling-Tragschichten ohne Bindemittel zu sprechen ist. Insbesondere durch die Zumischung von Ziegelmateriale von etwa 30 % bis weit über 50 % des Gesamtanteiles als porenhaltiger Stützkörper scheint mir eine Einstufung als Recyclingtragschicht richtig.

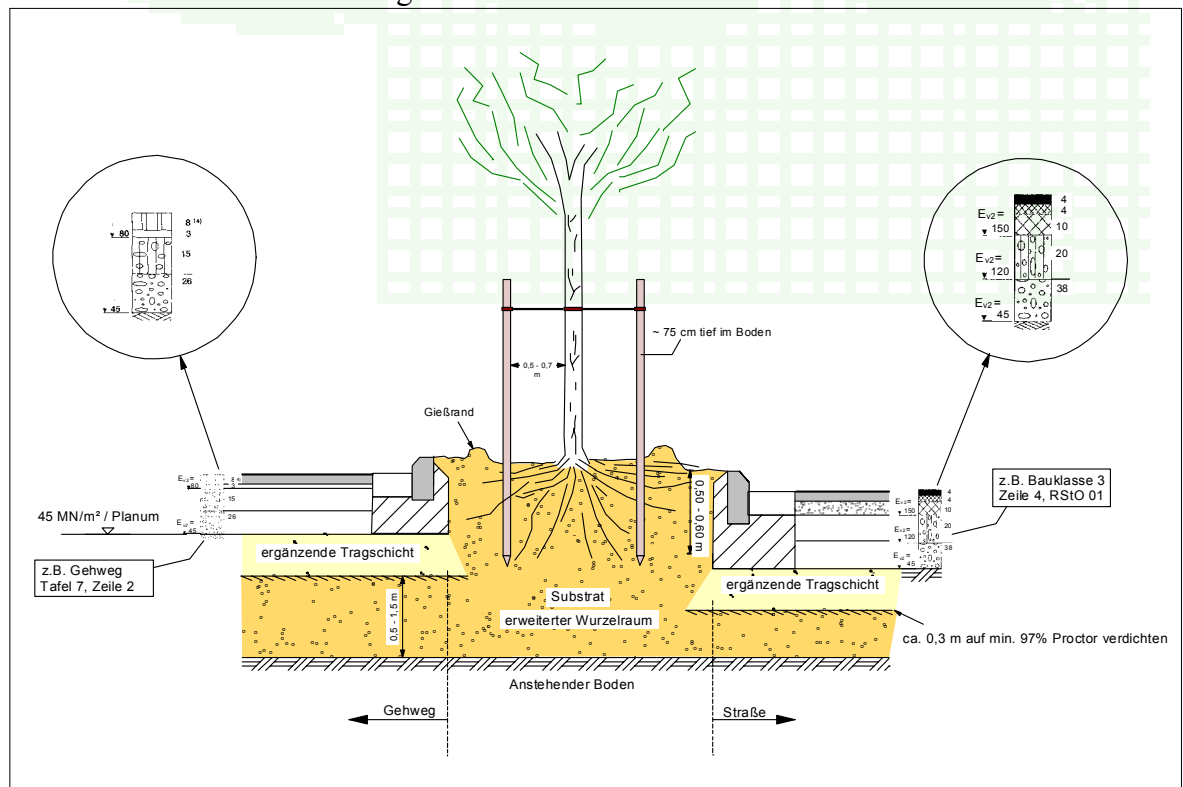
Ergänzende Tragschichten

Als Alternative zu den Vermischungen ist der Einsatz einer ergänzenden Tragschicht sinnvoll. Hierzu ist jedoch ebenfalls eine Einzelfallprüfung anzuraten. Ohne wesentliche Probleme wird der Einsatz im Bereich der Gehwege und von PKW befahrenen Flächen sein. Für LKW-Verkehrsbereiche ist der Einsatz wesentlich von der Grundqualität des Substrates (hinsichtlich Tragfähigkeit) abhängig.

Soweit der Platz es zulässt, ist die anzustrebene Lösung auf den erweiterten Wurzelraum im Straßen- bzw. Gehweg komplett zu verzichten. Die Funktionen Tragschicht und Substrat sind klar getrennt, es können für alle Anforderungen optimale Materialien ausgewählt werden.



Baumgraben im Neubau bzw. Bestand



Baumgraben im Neubau bzw. Bestand für erweiterte Vegetationsflächen

Falls der Einbau eines erweiterten Wurzelraumes unter Verkehrsflächen unumgänglich ist, können mit dem Einsatz einer ergänzenden Tragschicht die Anforderungen des Straßenbaus erfüllt werden. Dabei bleiben die Funktionen Substratqualität und Tragfähigkeit weiter weitgehend getrennt.

Dazu sollte der anstehende Boden untersucht worden sein, um untergrundbedingte Tragfähigkeitsprobleme (Torflinsen, Schlammlagen) ausschließen zu können. Dies erfolgt im Rahmen der Planungen im allgemeinen im Baugrundgutachten.

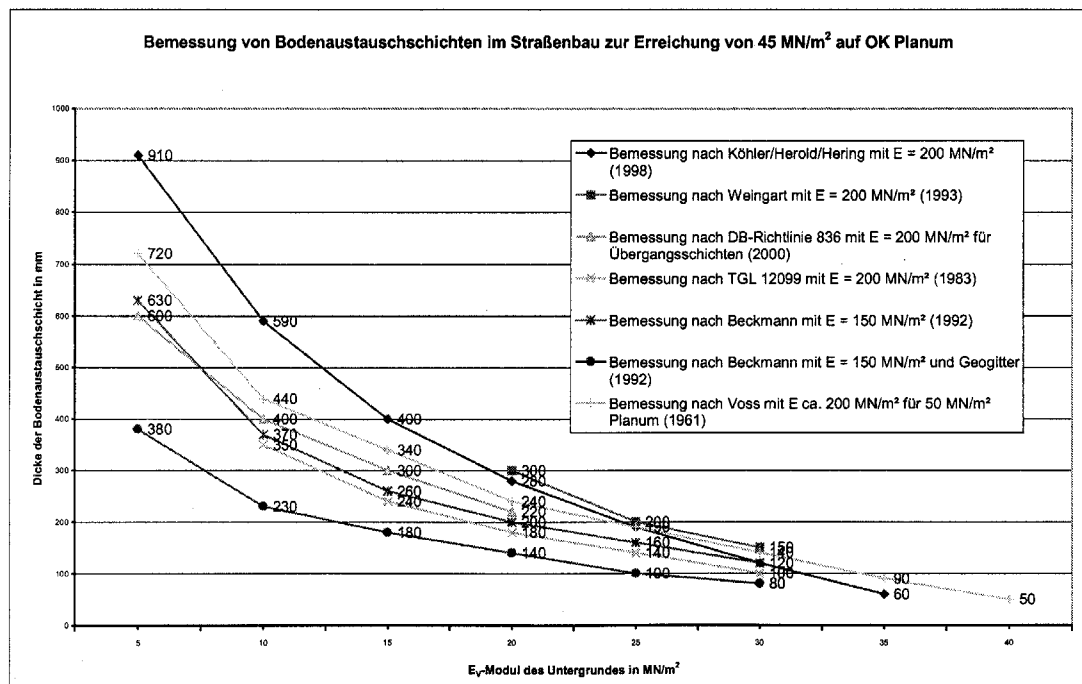
Auf dem Untergrund wird dann das Baumsubstrat wie gewohnt eingebaut. Im eigentlichen Straßenkörper ist die Oberkante des Substrates zu verdichten. Es sollte ein Verdichtungsgrad von etwa 97% der Proctordichte angestrebt werden. Damit werden die Setzungen der Substratschicht vorweggenommen und insgesamt verringert. Darauf wird eine Lage aus gut verdichtungsfähigem, tragfähigem Material (z.B. Schotter, Kies) verdichtet eingebaut. Die erforderliche Schichtstärke ergibt sich aus der Grundtragfähigkeit des Substrates und der Materialqualität der Tragschicht.

Für natürliche Baustoffe (Substratschichten ohne wesentliche Anteile an Leichtbaustoffen) sind in der RStO 01 Anhaltswerte für Schichtdicken zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeiten angegeben. Je nach Material und Untergrundbeschaffenheit können aber Abweichungen in erheblichem Umfang auftreten.

Unterlage		E _{v2} auf Planum				E _{v2} auf Frostschuttschicht			
		≥ 45 MN/m ²		≥ 80 MN/m ²		≥ 100 MN/m ²		≥ 120 MN/m ²	
Zu bauende Tragschicht ohne Bindemittel		Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-, Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch
Auf Frostschuttschicht mit E _{v2}	≥ 100MN/m ²	20	25	15	20				
	≥ 120MN/m ²	30	35	20	25				
Auf Schotter- oder Kies-tragschicht mit E _{v2}	≥ 120MN/m ²	25	30	–	–	15	20	–	–
	≥ 150MN/m ²	30	40	–	–	20	30	15	20
	≥ 180MN/m ²	–	–	–	–	30	–	20	–

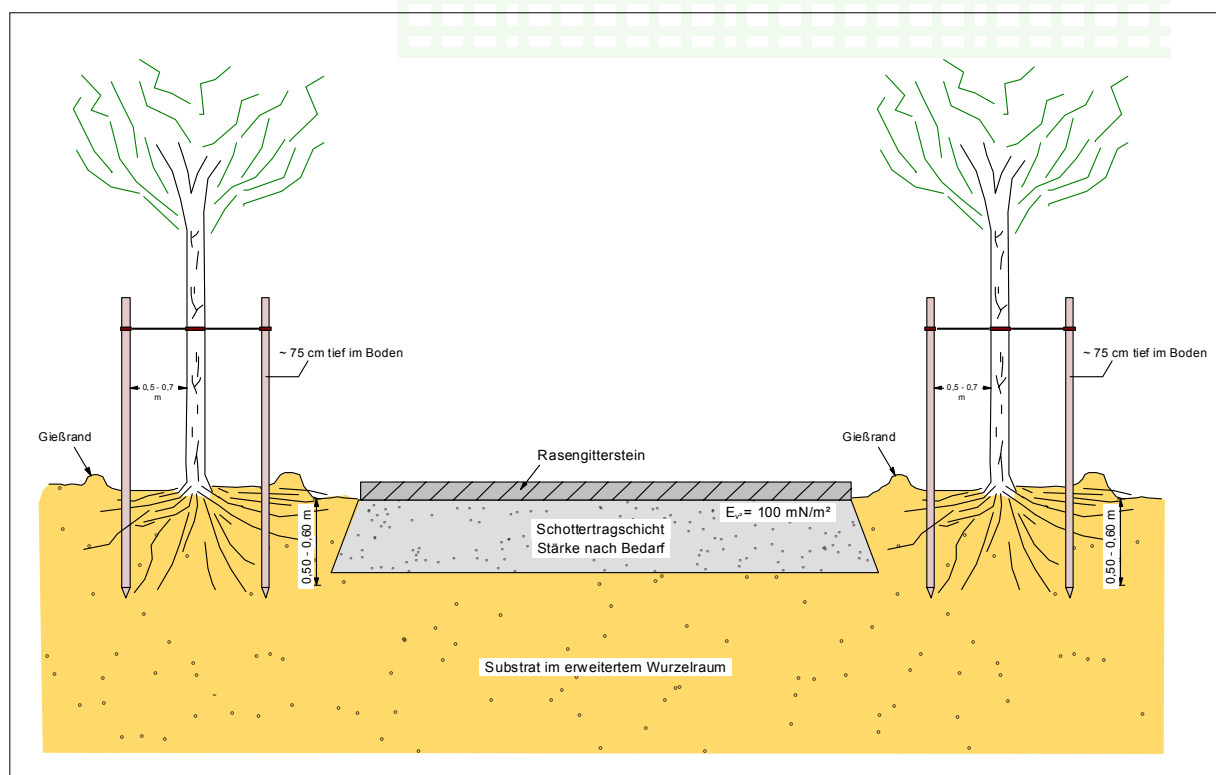
RStO Tab. 8

Wenn die Grundtragfähigkeit des Substrates bekannt ist, z.B. bei der Durchführung von Probefeldern mit Plattendruckversuchen, kann die Schichtmächtigkeit der ergänzenden Tragschicht nach dem folgenden Diagramm abgeschätzt werden (übernommen vom Büro Herold, Weimar).



Bemessung Bodenaustausch nach MAGNUS (2001)

So ergibt sich für das Material ROTGRAND-Pur der Firma Bott bei einer im Probefeld ermittelten Grundtragfähigkeit von $E_{v2} = 30 \text{ MN/m}^2$ eine Schichtmächtigkeit der ergänzenden Tragschicht von etwa 15 cm. Damit ist die auf dem Planum geforderte Tragfähigkeit von E_{v2} mindestens 45 MN/m^2 zu erreichen.



Durch die Vergrößerung der Einbaustärke lässt sich der erreichbare Wert im Plattendruckversuch weiter verbessern. Wenn keine weitergehenden Anforderungen (Frostschutz, Wasserdurchlässigkeit) bestehen, kann so auch der vollständige Aufbau erfolgen. Denkbar ist dies für Feuerwehrumfahrten bzw. –überfahrten auch im nicht öffentlichen Bereich. Auch hier sollte jedoch eine Einzelfallprüfung im Rahmen der Planung erfolgen.

Verfasser:

Dipl.-Ing. Axel Seilkopf, Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik, Spitalhof/Altstadt 36, 74613 Öhringen

Literatur:

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB 95)

Richtlinie für Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 01)