



NACHWEISE UND PRÜFZERTIFIKATE

zu Testberichten und wissenschaftlichen
Untersuchungen des TTE® Systems.

TTE® **Öko-**
ÖKOLOGISCHES BAUSYSTEM FÜR GRÜNDACHEN
BODENSYSTEM
www.tte.at

INHALT

- 04** Vergleich von RStO Aufbau BKL V und TTE® Pflasterfläche über Druckbelastbarkeit des TTE® Systems
Ingenieurbüro Innovativ Bauen Ralf Ziegler
- 12** Technischer Prüfbericht über Druckbelastbarkeit des TTE® Systems
TÜV SÜD
- 14** Vergleich von FLL Schotterfläche und TTE® Grünfläche bezüglich Lastverteilung
Ingenieurbüro Innovativ Bauen Ralf Ziegler
- 21** Untersuchungsbericht über die Wasserdurchlässigkeit des TTE® Systems
LWG (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau)
- 23** 3-jähriger Test über die Begrünungsfähigkeit des TTE® Systems
LWG (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau)
- 34** Umweltproduktdeklaration EPD
- 36** Studie zur Oberflächentemperatur von TTE®

Die TTE® Bauweise ist ein bewährtes, innovatives Konzept zur ökologischen Flächenbefestigung und weicht bautechnisch von konventionellen Bauweisen ab.

In diesem Heft sind alle wichtigen Nachweise über die Leistungsfähigkeit sowie die Gleichwertigkeit der TTE® Bauweise zusammengefasst. Sie sollen sowohl nachvollziehbar die hohe Funktionalität des TTE® Systems erläutern, als auch wissenschaftlich belegen. Die ausgearbeiteten Ergebnisse und Darstellungen machen das TTE® Baukonzept für den Anwender noch verständlicher.

Wissenschaftliche Untersuchungen tragen dazu bei, das TTE® Konzept kontinuierlich weiterzuentwickeln und zu optimieren. Beispielsweise wurde 2011 in Zusammenarbeit mit dem **Ingenieurbüro Innovativ Bauen Ralf Ziegler** und dem **Baugrundinstitut Kling Consult** eine Lösung entwickelt, die hohe lastverteilende Tragfunktion des TTE® Systems zu messen, wissenschaftlich nachzuweisen und mit Regelbauweisen vergleichbar zu machen.



innovativbauen
Straßen- und Tiefbau
Geokunststoffanwendungen
Stütz- und Gabionenbauwerke

Ingenieurbüro Ralf Ziegler

Würzburger Straße 515b
90768 Fürth
Tel: 0911/78 06 87 00
info@innovativbauen-ziegler.de

Nürnberg, 05.11.2012

Vergleich von RStO Aufbau BKL V und TTE-Pflasterfläche bezüglich Lastverteilung und Befahrbarkeit durch Verkehr.

Aufgabenstellung

Es soll eine vergleichende Gegenüberstellung eines RStO-Aufbaus zu einem Aufbau mit TTE-System bezüglich der Wirkungsweise und der Gebrauchstauglichkeit erstellt werden.

RStO Aufbau

Die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO-01) beschreiben den Aufbau von Fahrbahnen und sonstigen Verkehrsflächen unter Berücksichtigung der Verkehrsbeanspruchung. Hierzu ist der Aufbau nach Belastungsklassen vorzunehmen. Es wird entsprechend der Häufigkeit der Nutzung und der maximalen LKW-Achslasten in unterschiedliche Belastungsklassen unterschieden. Für die einzelnen Schichten eines Aufbaus sind Material, sowie Mindestschichtstärken und Verdichtungsvorgaben (E_{v2} -Werte) vorgeschrieben, um eine gleichbleibende Qualität zu sichern.

TTE-System

Einen anderen Ansatz zur Befestigung von Verkehrsflächen verfolgt das TTE-System. Auch hier wird der Aufbau entsprechend der Belastungsklassen unterschieden, die Tragfähigkeit der Fläche wird jedoch weitestgehend über massive, lastverteilende Gitterelemente mit formschlüssigem Verbund aus Recycling-Kunststoff erzeugt. Deshalb kann die Tragschicht deutlich geringer ausfallen als bei herkömmlich gebauten Flächen. Das TTE-System bewirkt mit den steifen Einzelelementen einen Lastverteilungseffekt, wodurch mineralisches Tragschichtmaterial eingespart werden soll. Die Gitterelemente sollen dabei die Oberfläche vor Verformungen schützen und für eine dauerhafte Ebenheit sorgen. Die TTE-Elemente werden mit passenden Pflastersteinen befüllt und bilden einen wasserdurchlässigen Oberbelag. Laut Herstellerangaben sind TTE-Bauweisen bereits auf einem Baugrund mit einer Tragfähigkeit ab E_{v2} von 10 MN/m² anwendbar.

Vergleichstest

Im Rahmen von Großversuchen durch das Ingenieurbüro Ralf Ziegler Nürnberg, in Zusammenarbeit mit dem Baugrundinstitut Kling Consult Krumbach, wurde im Auftrag der Firma Hübner-Lee GmbH & Co. KG im Nov. 2011 das Verhalten eines RStO-Aufbaus und einer TTE-Pflasterfläche bezüglich der Lastverteilung und des Lasteintrags, sowie der Belastung durch den Verkehr, geprüft. Dazu wurden Probefelder mit einer Größe von ca. 4m x 4m aufgebaut. Für beide Baukonzepte wurde je ein Aufbau gewählt, der für PKW-Belastung als auch für gelegentlichen LKW-Verkehr geeignet ist.

Der RStO-Aufbau wurde gemäß Bauklasse V ausgeführt, die TTE-Fläche nach Vorgabe von HÜBNER-LEE als TTE-Bauweise Pflaster 2. Auf dem Planum (zwischen Planum und Tragschicht) wurden Druckmessgeber eingebaut, die Aufschluss über die Druckverhältnisse unterhalb des jeweiligen Aufbaus geben sollen.



Bild 1: Durchführung Lastplattendruckversuch mit Messung der reduzierten Belastung am Bodenplanum

An der Oberkante jedes Aufbaus wurden Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 durchgeführt, wobei der Druckstempel exakt oberhalb der jeweiligen Druckmessdose platziert wurde. So konnte die Lastreduktion durch den jeweiligen Aufbau bei unterschiedlich starker Lasteinwirkung gemessen werden. Die gemessenen Druckverhältnissen am Planum (unter der Tragschicht) lassen einen Rückschluss auf die Lastreduktion durch den Versuchsaufbau zu. Zusätzlich wurden die Flächen mit einem beladenen LKW (2 Achsen, 18t Gesamtgewicht) überfahren und das Verhalten der Oberfläche beschrieben.

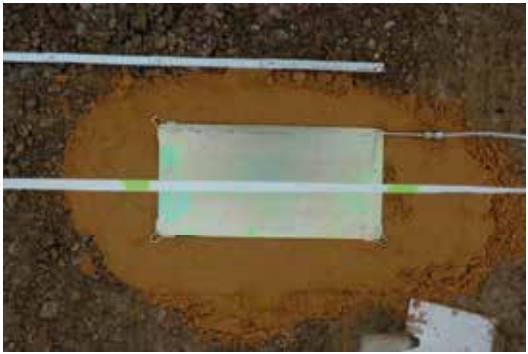


Bild 2: Messdose auf verbessertem Bodenplanum, vor Einbau der Tragschicht.

Der Untergrund der Testflächen hatte einen E_{v2} -Wert von ca. 10 MN/m². Gemäß der Vorgabe für Bauklasse V wurde der Untergrund des RStO-Felds auf einen E_{v2} Wert von ≥ 45 MN/m² durch Bodenaustausch verbessert. Beim TTE-Feld wurde auf einen Bodenaustausch verzichtet. Die Aufbauten sind in Tabelle 1 beschrieben.

Da die Aufbauten aus mehreren Schichten bestehen, wurde auf jeder eingebauten Schicht Plattendruckversuche durchgeführt, um die nach RStO geforderten Spannungsmodule nachzuweisen. Gleichzeitig wurden dabei die Messwerte der Druckmessdosen dokumentiert und ausgewertet.

	RStO-Fläche	TTE-Pflasterfläche
Bauweise:	Bauweise mit Pflasterdecke Bauklasse V	TTE-Bauweise Pflaster 2
Belastungsklasse:	PKW-Verkehr mit geringem LKW-Anteil	PKW-Verkehr mit geringem LKW-Anteil
Baugrund:	bindig U,s E_{v2} ca. 10 MN/m ²	bindig, U,s E_{v2} ca. 10 MN/m ²
Feldgröße:	ca. 4x4m	ca. 4x4m
Bodenaustausch Planum:	Bauvlies GRK4, 55cm Kies G,s,u'-u $E_{v2} \geq 45$ MN/m ²	kein Bodenaustausch
Messdose	ölgefülltes Hydraulikkissen 20x40cm mit elektrischem Druckgeber, Typ SISGEO, Messbereich 500 KPa Lage: auf verbessertem Baugrund ca. 50cm unter Oberkante (OK)	ölgefülltes Hydraulikkissen 20x40cm mit elektrischem Druckgeber, Typ SISGEO, Messbereich 500 KPa Lage: direkt auf Baugrund ca. 30cm unter Oberkante (OK)
Tragschicht	26cm Frostschuttschicht Kies 0-32mm 15cm Tragschicht Schotter 0-45mm	20cm Tragschicht Schotter 0-45mm
Ausgleichsschicht	Splitt 2-5mm, Dicke 2-4cm	Splitt 2-5mm, Dicke 2-4cm
Deckschicht	Rechteckpflasterstein aus Beton 20cm x 10cm x 8cm	TTE-MultiDrainPLUS 80x40x6 cm aus Recycling-Mischkunststoff, befüllt mit TTE-Pflastersteinen aus Beton 7,4cm x 7,4cm x 4,8cm
Gesamthöhe Aufbau inkl. Bodenaustausch	ca. 100cm	ca. 30cm

Tabelle 1: Beschreibung der Testflächen

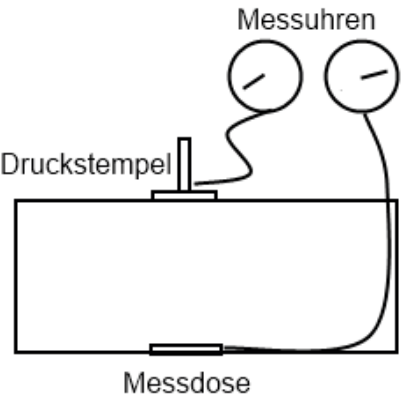


Bild 3: Schemaskizze des Versuchsaufbaus eines Testfelds

Zusammenfassung wichtiger Erkenntnisse aus den Versuchen:

Lasteintrag / Lastverteilung:

Die Entwicklung der Druckspannungen und die lastverteilende Wirkung der Kies-Schotterschicht lassen sich gut am Verhältnis der aufgetragenen Druckspannungen zu den tatsächlich am Planum gemessenen Spannungen am Beispiel des RStO-Aufbaus zeigen. Dabei hat das Verdichtungsverhältnis E_{v2}/E_{v1} einen entscheidenden Einfluss. Man erkennt, dass durch die Nachverdichtung der Kiestragschicht, der absolute Wert, aber auch der prozentuale Druckspannungsanteil auf dem Planum, verringert wird. Eine optimale Druckspannungsverteilung auf dem Planum wird, bei den Aufbaustärken von etwa 40–50 cm kornabgestuftem, klassifiziertem Tragschichtmaterial erreicht. Beim Vergleich zwischen dem ungebundenen Aufbau und dem Aufbau mit Plattenbelag, werden weder der absolute Wert, noch der prozentuale Druckspannungsanteil, auf dem Planum nennenswert weiter verringert, obwohl die Spannungsmodule (E_{v1} , E_{v2}) erwartungsgemäß erheblich ansteigen.

Aufbau	Messung auf Oberkante (OK)	E_{v1} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/E_{v1}	Druckanteil am Planum	Ort Versuch
RStO Bkl. V: 45 MN/m ² E_{v2} auf Planum	26cm Kies OK	26,8	86,6	3,23	43%	Feld 1 183
	26cm Kies OK nachverdichtet	40,5	120,2	2,97	32%	Feld 1 184
	26cm Kies + 15cm Schotter OK	56,1	141,3	2,52	25%	Feld 1 187
	26cm Kies + 15cm Schotter + Pflasterbelag OK	146,2	228,5	1,56	24%	Feld 1 191
TTE-Pflaster 2: 10 MN/m ² E_{v2} auf Planum	20cm Schotter OK	11,9	23,0	1,93	52%	Feld 5 186
	20cm Schotter + TTE-Pflaster OK	18,5	30,6	1,65	24%	Feld 5 194

Tabelle 2: Ergebnisse der Plattendruckversuche

Aufbau	Ort Lastplatten- druck-Versuch	max. ausgeübter Druck auf OK [MN/m ²]	max. gemessener Druck unter Tragschicht [MN/m ²]	ankommende Spannung am Planum	Lastverteilung s-effekt
RStO Bkl. V	Feld 1 191	0,500	0,118	ca. 24%	ca. 76%
TTE-Pflaster 2	Feld 5 194	0,498	0,120	ca. 24%	ca. 76%

Tabelle 3: Ergebnisse der Plattendruckversuche in Kombination mit Messungen der Druckmessdosen

RStO-Aufbau Bkl. V

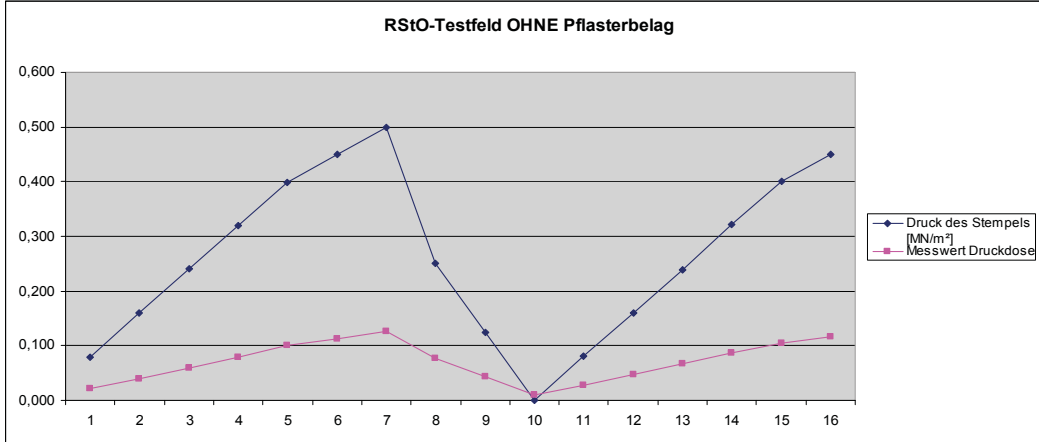


Diagramm 1: RStO Testfeld OHNE Pflasterbelag - Kurvenverlauf von ausgeübtem Druck an Oberseite des Aufbaus (blau) und dem am Planum ankommenden Druck (rosa)

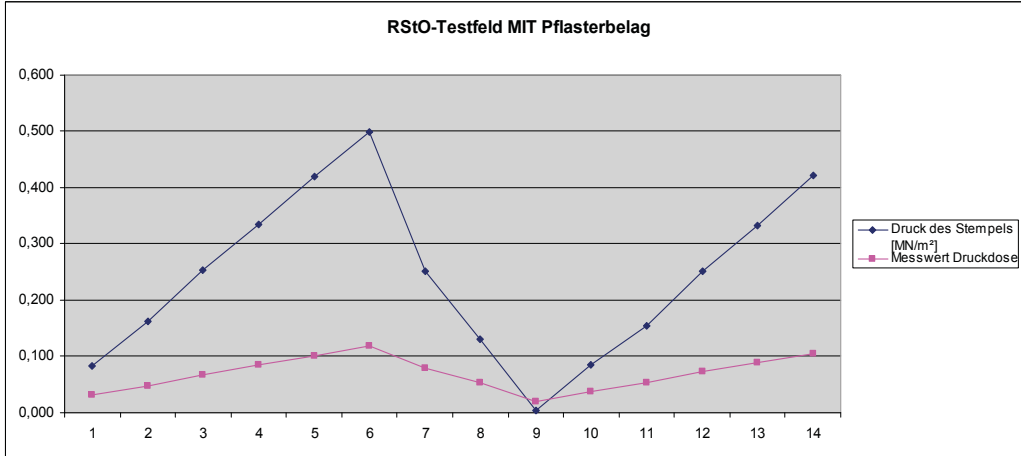


Diagramm 2: RStO Testfeld MIT Pflasterbelag - Kurvenverlauf von ausgeübtem Druck an Oberseite des Aufbaus (blau) und dem am Planum ankommenden Druck (rosa)

Zusammenfassend kann man für den RStO-Aufbau feststellen, dass mit einem ungebundenen Oberbau aus klassifiziertem Frostschutz- und Tragschichtmaterial (43cm) auf einem ausreichend tragfähigem Untergrund (45 MN/m²) eine so gute Lastverteilung erreicht wird, dass der noch steifere Betonplattenbelag (siehe E_{v2}/E_{v1}) diesbezüglich keine wesentliche Verbesserung mehr bringt.

Aufbau mit TTE-Pflaster 2:

Die sehr günstigen Verhältniswerte von E_{v2}/E_{v1} meist bei 1,3 -1,7 beweisen die hohe Verformungsstabilität der Oberfläche und das elastische Verhalten der TTE-Elemente.

Die besondere Wirkungsweise des TTE-Systems wird deutlich, wenn die Untergrundverbesserung minimiert wird. Im TTE-Testfeld wurden lediglich 20cm Schottertragschichtmaterial eingebaut. Mit dieser geringen Tragschicht ohne TTE-Belag wurden 52% Druckspannungsanteil unter der Last am Planum festgestellt. Durch den

Aufbau von einer 3cm Schicht aus Splitt und den TTE-Elementen (6cm) wurde die Lastverteilung so verbessert, dass am Planum nur noch 24% Druckspannungsanteil zu messen waren. Das Auflegen des TTE-Belags hat die lastverteilende Wirkung des Aufbaus demnach mehr als verdoppelt.

TTE-Pflaster 2

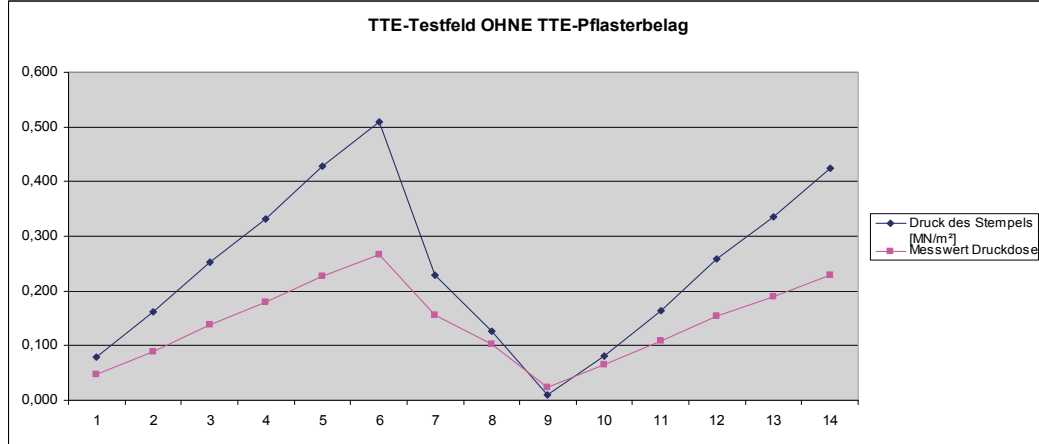


Diagramm 3: TTE-Pflaster Testfeld - Kurvenverlauf von ausgeübtem Druck an Oberseite des Aufbaus (blau) und dem am Planum ankommenden Druck (rosa)

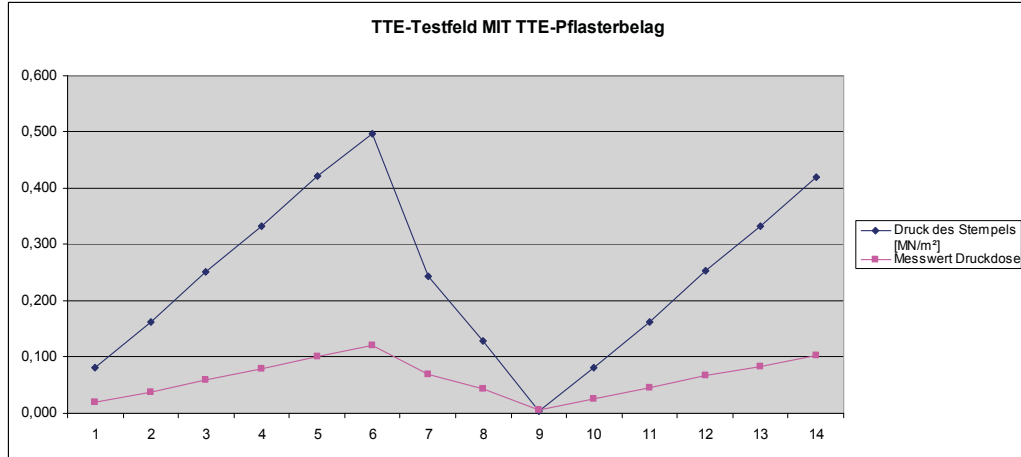


Diagramm 4: TTE-Pflaster Testfeld - Kurvenverlauf von ausgeübtem Druck an Oberseite des Aufbaus (blau) und dem am Planum ankommenden Druck (rosa)

Der Kurvenverlauf des TTE-Testfelds mit Pflasterfüllsteinen ist nahezu identisch mit dem Kurvenverlauf des RStO-Testfelds. Dies ist bemerkenswert, weil der nur ca. 30cm dicke TTE-Aufbau rund 40% schlanker ist als der ca. 50cm starke RStO-Aufbau, d.h. die Druckdose im TTE-Testfeld befindet sich ca. 20cm näher an der Oberfläche. Trotzdem liegen in beiden Aufbauten in etwa gleiche Druckspannungen am jeweiligen Planum an.

Überfahrversuche

Ergänzend zu den Druckmessungen per Plattendruckversuch wurden die Flächen mit einem beladenen LKW (2 Achsen, 18t Gesamtgewicht) überfahren.
Beide Testfelder haben dieser Belastung problemlos standgehalten (Bild 4+5).

Auf der RStO-Fläche war keine Verformung der Oberfläche erkennbar.
Bei der TTE-Fläche führte das Überfahren zu einer leichten Oberflächenverformung, die aber nach der Überfahrt wieder verschwand.



Bild 4: LKW-Überfahrt RStO-Testfeld



Bild 5: LKW-Überfahrt TTE-Testfeld

Dieses dauerelastische Verhalten der TTE-Fläche kann auch auf bereits älteren Praxisflächen beobachtet werden und erklärt die guten E_{v2}/E_{v1} Verhältniswerte von ca. 1,6 (Tabelle 2). Nach der Erstbelastung des Plattendruckversuchs geht der Kunststoffbelag wieder nahezu in seine Ausgangslage zurück, so dass auch bei der Zweitbelastung eine entsprechende Verformung stattfindet.
Diese reversible Verformbarkeit der Oberfläche bedingt andererseits auch, dass hohe E_{v2} -Werte auf dem TTE-Belag nicht erwartet werden können. Aufgrund dieser Tatsache sind E_{v2} -Werte nicht geeignet, die Befahrbarkeit und Gebrauchstauglichkeit der TTE-Fläche zu beschreiben. Wie sich gezeigt hat, ist der Aufbau trotz geringer E_{v2} -Werte in der Lage die auftretenden Kräfte auf ähnlichem Niveau zu verteilen, wie es der deutlich dickere RStO-Aufbau kann.

Was bedeutet dies für die Praxis:

Der klassifizierte RStO-Aufbau hat die Aufgabe, den Spannungsabbau der Verkehrslasten über ein Stützkorngerüst (Korngrößenverteilung, Unförmigkeitsgrad) auf zulässigen Spannungen schadlos an den Untergrund, der mit einer Mindestqualität von E_{v2} von 45 MN/m² anstehen muss, abzugeben. Im Vergleich zeigt das TTE-System bezüglich der Spannungsverteilung einen ähnlichen Verlauf. Hierbei ist der Kurvenverlauf der Funktionen, unabhängig von ihren Werten, nahezu identisch.

E_{v2} -Werte, wie sie üblicherweise zur Beschreibung der Tragfähigkeit konventionell gebauter Flächen verwendet werden, fallen auf einer TTE-Fläche, aufgrund des dauerelastischen Verhaltens, verhältnismäßig niedrig aus. Dies ist im Falle einer TTE-Fläche jedoch nicht gleichbedeutend mit einer geringeren Gebrauchstauglichkeit. Es zeigt vielmehr, dass die

nach RStO vorgeschriebenen E_{v2} -Werte auf TTE-Flächen nicht erreicht werden müssen, um eine ausreichende Tragfähigkeit herzustellen.

Aufgrund des flächigen, dauerelastischen Verhaltens, zusammen mit der hohen Druckstabilität und Abriebfestigkeit der Elemente erweist sich das TTE-System als ein, bezogen auf die Tragfähigkeit und die Lastverteilung, der RStO BKL V, technisch gleichwertiger Aufbau mit einer hohen, dauerhaften Gebrauchstauglichkeit. Zudem kann das anfallende Oberflächenwasser versickert werden, weil die eingesetzten Pflastersteine die Gitterkammern nicht abdichten. Über Fugen zwischen Pflasterstein und Kunststoffelement wird für eine Ableitung von Oberflächenwasser in die darunterliegende, wasserdurchlässige Tragschicht gesorgt.

Das TTE-System kann für Siedlungsstraßen, verkehrsberuhigte Zonen, Parkflächen und Feuerwehrezufahrten mit gelegentlichem LKW-Verkehr eingesetzt werden. Dabei kann der ungebundene Oberbau, je nach Frostempfindlichkeit des Untergrundes und Nutzung der Verkehrsfläche, aufgrund der Spannungsverteilung gegebenenfalls reduziert werden. Bei unzureichenden Tragfähigkeiten auf dem Planum, kann eventuell sogar auf eine Untergrundverbesserung verzichtet werden.

Nürnberg, den 5.11.2012

Ralf Ziegler Dipl.Ing. (FH)

Technischer Prüfbericht

Prüfgegenstand: Untersuchung der Druckbelastbarkeit bzw. der kurzzeitigen und bleibenden Verformung bei konstanter Flächenpressung von Rasengitterelementen aus Recycling-Kunststoff (TTE® MultiDrain ^{PLUS}, Ausführung März 2009)

Auftraggeber: HÜBNER-LEE
Gewerbestr. 1
87752 Holzgünz

Auftrag: Nr. 10000142475 durch Herrn Oechsle vom 13.03.2009

Auftragsnummer: 600 112 254

Probeneingang: 17. März 2009

Probenbezeichnung: TTE® MultiDrain ^{PLUS} aus Recyclingkunststoff
Kennzeichnung: keine
Beschreibung: profiliertes Gitterelement mit angeformten Verbindungselementen
Bauhöhe ca. 58 mm,
Fläche 800 x 400 mm,
mit 32 quadratischen Segmenten und einem breiten Steg in der Mitte (gemäß Bilder)

Probenherstellung: Heraussägen von rechtwinkligen Prüfkörpern mit jeweils 4 Feldern (ca. 20 cm x 20 cm). Die Randstege wurden belassen. Es wurden insgesamt 6 Proben aus 3 Gitterplatten entnommen.

Versuchsdurchführung: Druckversuch in Anlehnung an DIN 53 454

Zunächst wurde der tragende Querschnitt durch Addition der Stegflächen (Stegbreite 12 mm, Radien 5 mm) ermittelt. Von den 6 Proben wurden je 2 Proben mit 12, 8 und 10 N/mm² belastet und anschließend wieder entlastet. Die Belastungsversuche haben gezeigt, dass bis 10 N/mm² keine Brüche auftreten, bei höherer Belastung leichte Anrisse entstehen. Danach wurde in verschiedenen Zeitabständen die bleibende Dehnung ermittelt.

Sitz: München
Amtsgericht: München HRB 96 869

Aufsichtsratsvorsitzender:
Dr.-Ing. Manfred Bayerlein
Geschäftsführer:
Dr. Peter Langer (Sprecher)
Dipl.-Ing. (FH) Ferdinand Neuwieser

Telefon: +49 711 7005-261
Telefax: +49 711 7005-582
www.tuev-sued.de/is



TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Region Baden-Württemberg
Bereich Anlagentechnik
Institut für Kunststoffe
Gottlieb-Daimler-Str. 7
70794 Filderstadt
Deutschland



Datum: 04.05.2009

Unsere Zeichen:
IS-ATA5-STG/Ernst

Das Dokument besteht aus
4 Seiten.
Seite 1 von 4

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.



Seite 2 von 4
Zeichen/Erstelldatum: IS-ATA5-STG/Ernst / 04.05.2009



Prüfergebnisse:

Probe Nr. (aus 3 Gitterplatten)	1	2	3	4	5	6	Mittelwerte
Probenhöhe in mm	58,4	58,4	58,5	58,5	58,6	58,6	58,5
Fläche in mm²	14748	14748	14748	14748	14748	14748	14748
Druckspannung in N/mm²	12	12	8	8	10	10	
maximale Kraft in kN	176,9	176,9	118,0	118,0	147,5	147,5	
Höhe nach maximaler Kraft in mm	57,1	57,4	58,1	58,0	58,2	58,2	57,8
Höhe 1 min nach Entlastung in mm	57,4	57,5	58,3	58,2	58,3	58,4	58,0
Höhe 15 min nach Entlastung in mm	57,5	57,6	58,5	58,4	58,4	58,5	58,2
Höhe 60 min nach Entlastung in mm	57,7	57,8	58,5	58,5	58,4	58,5	58,2
Stauchung bei maximaler Kraft in %	2,2	1,7	0,7	0,9	0,7	0,7	1,1
Stauchung 1 min nach Entlastung in %	1,7	1,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,8
Stauchung 15 min nach Entlastung in %	1,5	1,4	0,0	0,2	0,3	0,2	0,6
Stauchung 60 min nach Entlastung in %	1,2	1,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,5

Bewertung:

Die Druckspannung von 10 N/mm² führte nicht zum Scherbruch, die Rasengitterelemente halten demnach dieser Belastung ohne Schäden stand. Die Belastung von 10 N/mm² auf die tragenden Stegflächen entspricht einer Kraft von 147,5 kN (bzw. einer Masse von ca. 15 t) auf einer Grundfläche von ca. 20 cm x 20 cm. Eine bleibende Verformung der Proben von maximal 0,5 % eine Stunde nach Entlastung ist vernachlässigbar gering. Da die Rasengittersteine miteinander formschlüssig verbunden sind können sich keine Stolperfallen bilden. Somit werden die gestellten Anforderungen bei einer Druckspannung von 10 N/mm² erfüllt.

Bei der durchgeführten Prüfung handelt es sich um eine statische Kurzzeitprüfung. Die Ergebnisse können nicht auf dynamische Lasten und Langzeitbeanspruchung übertragen werden.

Bei der Bestimmung der zulässigen Belastung ist zusätzlich zur beanspruchten Fläche auch der Baugrund zu berücksichtigen.

Filderstadt, 05. Mai 2009

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Region Baden-Württemberg
Bereich Anlagentechnik
Institut für Kunststoffe
Der Sachverständige

Dipl.-Ing. B. Ernst

Folgeseiten: Bilddokumentation 4 Bilder



innovativbauen
 Straßen- und Tiefbau
 Geokunststoffanwendungen
 Stütz- und Gabionenbauwerke

Ingenieurbüro Ralf Ziegler

Würzburger Straße 515b
 90768 Fürth
 Tel: 0911/78 06 87 00
info@innovativbauen-ziegler.de

Nürnberg, 05.11.2012

Vergleich von FLL-Schotterrasenfläche und TTE-Grünfläche bezüglich Lastverteilung und Befahrbarkeit durch Verkehr.

Um den Wasserhaushalt unserer Landschaften zu verbessern und die schnelle Ableitung von Niederschlagswasser in die Kanalisation aufgrund von versiegelten Verkehrsflächen zu vermeiden, sind die sogenannten „offenen“ Bauweisen als wasserdurchlässige Verkehrsflächen (Parkflächen) anzustreben. Dem gegenüber steht der klassische Straßenaufbau, welcher wasserundurchlässige Oberflächen und hohe Anforderungen an die Tragfähigkeit des Untergrunds (E_{v2} min. 45 MN/m²) und der Tragschicht (E_{v2} min. 100 MN/m², D_{pr} bis 105%) vorsieht.

Schotterrasen

Der Schotterrasen versucht das Kunststück, eine gute Standfestigkeit und dauerhafte Gebrauchstauglichkeit bei gleichzeitiger Wasserdurchlässigkeit und Vegetationsfähigkeit zu erbringen. Dieser ist entsprechend der FLL*-Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen herzustellen. Hierzu ist der Aufbau nach Belastungsklassen vorzunehmen. Es wird entsprechend der Häufigkeit der Nutzung und der maximalen Achslasten in drei Regelbauweisen unterschieden. Die Anforderungen an den Baugrund sind gegenüber dem Straßenbau auf E_{v2} von min. 25 MN/m² reduziert, für die Tragschicht auf $45 \text{ MN/m}^2 \leq E_{v2} \leq 60 \text{ MN/m}^2$. Außerdem wird eine geringere Verdichtung $D_{pr} = 93\% - 97\%$ vorgeschrieben.

TTE-System

Einen anderen Ansatz zur Befestigung wasserdurchlässiger Verkehrsflächen verfolgt das TTE-System. Auch hier wird der Aufbau entsprechend der Belastungsklassen unterschieden, die Tragfähigkeit der Fläche wird jedoch weitestgehend über massive, lastverteilende Gitterelemente mit formschlüssigem Verbund aus Recycling-Kunststoff erzeugt. Das TTE-System bewirkt mit den steifen Einzelementen einen Lastverteilungseffekt, wodurch mineralisches Tragschichtmaterial eingespart werden soll. Die Gitterelemente sollen dabei die Oberfläche vor Verformungen schützen und für eine dauerhafte Ebenheit sorgen. Laut Herstellerangaben sind TTE-Bauweisen bereits auf einem Baugrund mit einer Tragfähigkeit ab E_{v2} von 10 MN/m² anwendbar.

* Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

Vergleichstest

Im Rahmen von Großversuchen durch das Ingenieurbüro Ralf Ziegler Nürnberg, in Zusammenarbeit mit dem Baugrundinstitut Kling Consult Krumbach wurde im Auftrag der Firma Hübner-Lee GmbH & Co. KG im Nov. 2011 das Verhalten von Schotterrasen und TTE-Flächen bezüglich der Lastverteilung und des Lasteintrags, sowie der Belastung durch den Verkehr geprüft. Dazu wurden Probefelder mit einer Größe von ca. 4m x 4m aufgebaut. Für beide Baukonzepte wurde je ein Aufbau gewählt, der für PKW-Belastung als auch für gelegentlichen LKW- und Busverkehr geeignet ist. Der Schotterrasen wurde nach den Vorgaben der FLL als Regelbauweise SR2 ausgeführt, die TTE-Fläche nach Vorgabe von HÜBNER-LEE als TTE-Bauweise Grün2. Auf dem Planum (zwischen Planum und Vegetationstragschicht) wurden Druckmessdosen eingebaut, die Aufschluss über die Druckverhältnisse unterhalb des jeweiligen Aufbaus geben sollen.



Bild 1: Durchführung Lastplattendruckversuch mit Messung der reduzierten Belastung am Bodenplanum

An der Oberkante jedes Aufbaus wurden Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 durchgeführt, wobei der Druckstempel exakt oberhalb der jeweiligen Druckmessdose platziert wurde. So konnte die Lastreduktion durch den jeweiligen Aufbau bei unterschiedlich starker Lasteinwirkung gemessen werden. Die gemessenen Druckverhältnissen am Planum (unter der Tragschicht) lassen einen Rückschluss auf die Lastreduktion durch den Versuchsaufbau zu. Zusätzlich wurden die Flächen mit einem beladenen LKW (2 Achsen, 18t Gesamtgewicht) überfahren und das Verhalten der Oberfläche beschrieben.

Der Untergrund der Testfläche hatte einen E_{v2} -Wert von ca. 10 MN/m². Gemäß der FLL Richtlinie für Bauweise 2 wurde der Untergrund des Schotterrasen-Testfeldes auf einen E_{v2} Wert von $\geq 25 \text{ MN/m}^2$ durch Bodenaustausch verbessert. Im Bereich des TTE-Felds verzichtete man darauf. Die Aufbauten sind in Tabelle 1 beschrieben.

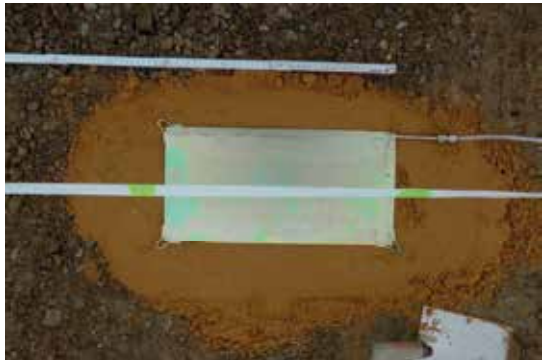


Bild 2: Messdose auf verbessertem Bodenplanum, vor Einbau der Vegetationstragschicht

	Schotterrassen nach FLL	TTE®-Grünfläche
Bauweise:	FLL Regelbauweise SR 2	TTE®-Bauweise Grün 2
Belastungsklasse:	PKW-Verkehr mit geringem LKW-Anteil	PKW-Verkehr mit geringem LKW-Anteil
Baugrund:	bindig U,s E _{v2} ca. 10 MN/m²	bindig, U,s E _{v2} ca. 10 MN/m²
Feldgröße:	ca. 4x4m	ca. 4x4m
Bodenaustausch Planum:	Bauvlies GRK4, 30cm Kies G,s,u'-u E _{v2} ≥ 25MN/m²	kein Bodenaustausch
Messdose	ölgefülltes Hydraulikkissen 20x40cm mit elektrischem Druckgeber, Typ SISGEO, Messbereich 500 KPa Lage: auf verbessertem Baugrund ca. 30cm unter Oberkante (OK)	ölgefülltes Hydraulikkissen 20x40cm mit elektrischem Druckgeber, Typ SISGEO, Messbereich 500 KPa Lage: direkt auf Baugrund ca. 30cm unter Oberkante (OK)
Tragschicht	30cm Vegetationstragschicht 0-45mm	20cm Vegetationstragschicht 0-45mm
Ausgleichsschicht	---	Splitt-Oberboden-Mix 0-8mm, Dicke 2-4cm
Deckschicht	---	TTE®-MultiDrain PLUS 80x40x6 cm aus Recycling-Mischkunststoff Verlegung im Verband, befüllt mit Kiessand-Oberboden-Mix 0-8mm
Gesamthöhe Aufbau inkl. Bodenaustausch	ca. 60cm	ca. 30cm

Tabelle 1: Beschreibung der Testflächen

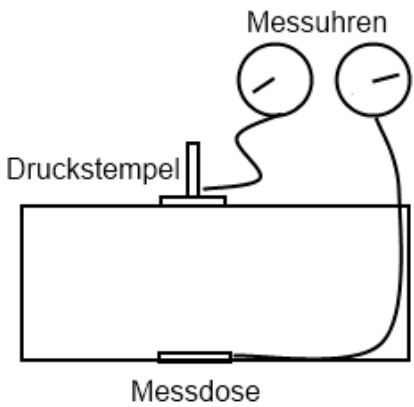


Bild 3: Schemaskizze des Versuchsaufbaus eines Testfelds

Zusammenfassung wichtiger Erkenntnisse aus den Versuchen:

Lasteintrag / Lastverteilung:

Obwohl der Schotterrassen einen höheren E_{v2}-Wert erzielt, wirkt er kaum lastverteilend sondern gibt 72% des Lasteintrags an den verbesserten Untergrund weiter (Tabellen 2+3). D.h. der Lastverteilungseffekt beträgt lediglich 28%.

Aufbau	Ort Lastplatten- druck-Versuch	E _{v1} [MN/m²]	E _{v2} [MN/m²]	E _{v2} /E _{v1} OK Aufbau
FLL-Schotterrassen SR2	Feld 3 190	32,2	74,6*	2,32
TTE-Grün 2	Feld 4 193	11,1	17,6	1,59

Tabelle 2: Ergebnisse der Plattendruckversuche

Im Vergleich dazu erzielt das TTE-System einen geringeren E_{v2}-Wert, der teilweise auf die schlechteren Baugrundverhältnisse und die reduzierte Stärke der Tragschicht zurückzuführen ist. Trotz dieses geringen Tragfähigkeitswerts verteilt der TTE-Aufbau den Druck wesentlich besser und gibt nur ca. 22% an den Untergrund weiter. Der Lastverteilungseffekt beträgt demnach ca. 78%.

* Die Vegetationstragschicht der Schotterrassenfläche wurde im Testaufbau unbeabsichtigt auf einen E_{v2}-Wert von ca. 75MN/m² verdichtet (Vorgabe der FLL: max. 60 MN/m²). Dies zeigt, wie schwierig es ist, ein ideales Verdichtungsmaß zu erzielen, um die geforderten Werte nicht zu überschreiten und somit die angestrebte Wasserspeicher- und Vegetationsfähigkeit der Fläche nicht schon von vornherein zu verschlechtern.

Aufbau	Ort Lastplatten- druck-Versuch	max. ausgeübter Druck auf OK [MN/m²]	max. gemessener Druck unter Tragschicht [MN/m²]	ankommende Spannung am Planum	Lastverteilungs- effekt
FLL-Schotterrasen SR2	Feld 3 190	0,506	0,366	ca. 72%	ca. 28%
TTE-Grün 2	Feld 4 193	0,497	0,109	ca. 22%	ca. 78%

Tabelle 3: Ergebnisse der Plattendruckversuche in Kombination mit Messungen der Druckmessdosen

Das TTE-System ist somit mindestens um das 3-fache wirksamer als der Aufbau des Schotterrasens.
Betrachtet man die gesamte Lastkurve der durchgeführten Druckversuche, zeigt sich ebenfalls eine deutlich bessere Lastverteilung beim TTE-Feld auch bereits bei geringerer Lasteinwirkung (Diagramm 1+2).

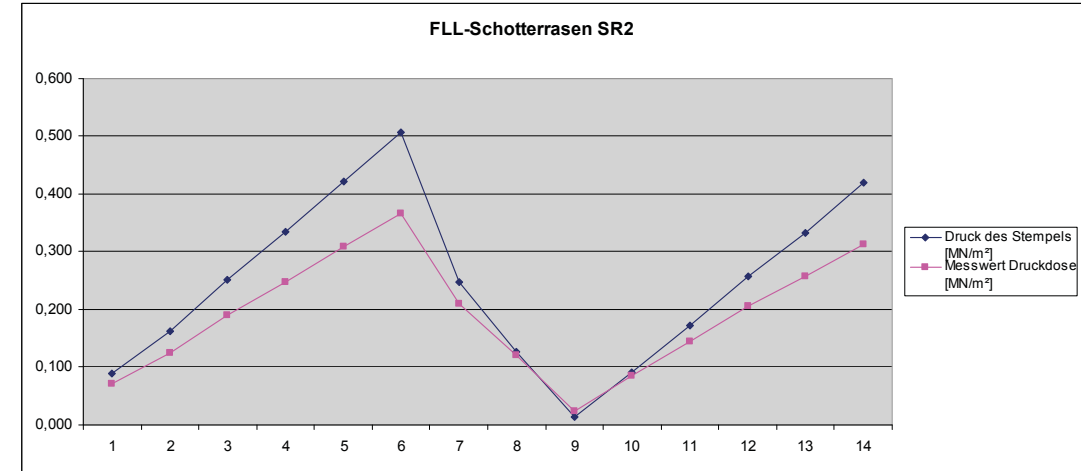


Diagramm 1: FLL-SR2 Testfeld - Kurvenverlauf von ausgeübtem Druck an Oberseite des Aufbaus (blau) und dem am Planum ankommenden Druck (rosa)

Der Kurvenverlauf der Messdose im Testfeld Schotterrasen (rosa) verläuft wesentlich näher an der Kurve der Lasteinwirkung (blau), als im TTE-Testfeld. Dies bedeutet, dass die an der Messdose ankommende Flächenpressung im Testfeld Schotterrasen durch den Aufbau nur wenig abgeschwächt wird.

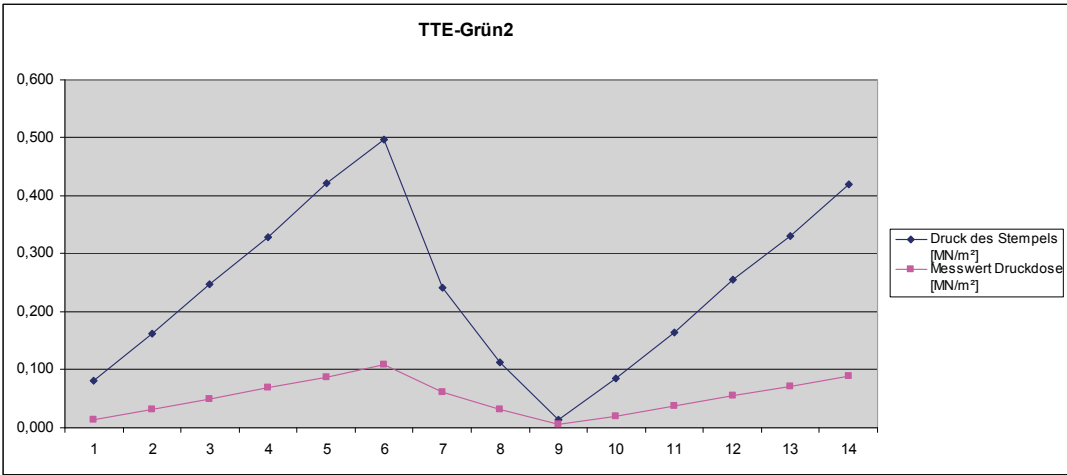


Diagramm 2: TTE-Grün2 Testfeld - Kurvenverlauf von ausgeübtem Druck an Oberseite des Aufbaus (blau) und dem am Planum ankommenden Druck (rosa)

Dem gegenüber verläuft die Kurve der Messdose im TTE-Testfeld, bei gleicher Lasteinwirkung an der Oberfläche, relativ flach. Die Druckverhältnisse im TTE-Testfeld sind somit deutlich niedriger, was für einen hohen Lastabbau durch den TTE-Aufbau spricht.

Überfahrversuche

Ergänzend zu den Druckmessungen per Plattendruckversuch wurden die Flächen mit einem beladenen LKW (2 Achsen, 18t Gesamtgewicht) überfahren.
Beide Testfelder haben dieser Belastung standgehalten (Bild 4+5).
Beim Schotterrasen waren nach der Überfahrt jedoch deutliche Reifenspuren erkennbar, was angesichts der nur gelegentlich vorgesehenen Nutzung durch LKW nicht verwundert. Das ungebundene Material wurde durch den LKW-Reifen verdrängt, während die TTE-Gitterelemente das Material armieren und an Ort und Stelle halten. Auch bei der TTE-Fläche führte das Überfahren zu einer leichten Oberflächenverformung, die aber nach der Überfahrt wieder verschwand.



Bild 4: LKW-Überfahrt SchotterrasenTestfeld



Bild 5: LKW-Überfahrt TTE-Testfeld

Dieses dauerelastische Verhalten der TTE-Fläche kann auch auf bereits älteren Praxisflächen beobachtet werden und erklärt die guten E_{v2}/E_{v1} Verhältniswerte von ca. 1,6.

Nach der Erstbelastung (Plattendruckversuch) geht der Kunststoffbelag wieder nahezu in seine Ausgangslage zurück, so dass auch bei der Zweitbelastung eine entsprechende Verformung stattfindet.

Diese reversible Verformbarkeit der Oberfläche bedingt andererseits auch, dass hohe E_{v2} -Werte auf dem TTE-Belag nicht erwartet werden können. Aufgrund dieser Tatsache sind E_{v2} -Werte nicht geeignet, die Befahrbarkeit und Gebrauchstauglichkeit der TTE-Fläche zu beschreiben. Wie sich gezeigt hat, ist der Aufbau trotz geringer E_{v2} -Werte in der Lage die auftretenden Kräfte besser abzuleiten, als es der Schotterrasen kann.

Was bedeutet dies für die Praxis:

Das TTE-System wirkt wie eine dauerelastische Matte, welche durch die hohe Eigensteifigkeit und Druckstabilität wie ein Schneeschuh die Last auf eine große Fläche überträgt. Dies zeigt sich auch in den auffallend guten Verhältniswerten E_{v2}/E_{v1} von ca. 1,6 (Tabelle 2).

E_{v2} -Werte, wie sie üblicherweise zur Beschreibung der Tragfähigkeit konventionell gebauter Flächen verwendet werden, fallen auf einer TTE-Fläche, aufgrund des dauerelastischen Verhaltens, verhältnismäßig niedrig aus. Trotz geringer E_{v2} -Werte an der Oberfläche kann der TTE-Aufbau die Spannungen aus der Verkehrslast deutlich stärker reduzieren und gleichmäßiger verteilen, als es beim Schotterrasen möglich ist. Es zeigt sich, dass die von der FLL vorgeschriebenen E_{v2} -Werte auf TTE-Flächen nicht erreicht werden müssen, um eine ausreichende Tragfähigkeit herzustellen.

Daraus folgt, dass durch die geringere tatsächliche Belastung, eine geringere Nachverdichtung und fast keine bleibenden Verformungen zu erwarten sind. Fahrspuren und Pfützenbildung werden durch den Bewehrungseffekt des Gittersystems vermieden. Der Boden kann lockerer, wasserdurchlässiger und vegetationsfähiger bleiben und die Oberfläche ist trotzdem standfest. Entscheidend für die Gebrauchstauglichkeit, ist neben der lastverteilenden Wirkung auch, dass TTE-Elemente stark belastbar, druckstabil, elastisch und verschleißarm sind.

Die Anforderungen an den Baugrund können gegenüber Schotterrasen noch weiter reduziert werden, um möglichst optimale Bedingungen für die Versickerung und Vegetation zu schaffen.

Durch den Einsatz des TTE-Systems wird der scheinbare Widerspruch zwischen einer ausreichenden Tragfähigkeit und einer guten Wasserspeicher- und Wasserableitfähigkeit, sowie Begrünbarkeit überwunden.

Das TTE-System ist der „bessere Schotterrasen“ und insbesondere bei gering tragfähigem Untergrund auch wesentlich wirtschaftlicher.

Nürnberg, den 05.11.2012


Ralf Ziegler Dipl.Ing. (FH)

BAYERISCHE LANDESANSTALT
FÜR WEINBAU UND GARTENBAU



Untersuchungsbericht:

Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeicherfähigkeit von TTE – Systemen mit Pflasterfüllung und Begrünungsaufbau.
Kurzfassung

Auftraggeber: Fa. Hübner-Lee, Gewerbestr. 1, 87752 Holzgünz
Auftragnehmer: LWG Würzburg / Veitshöchheim, Abt. Landespflege, 97209 Veitshöchheim

Einführung

Gegenstand des Untersuchungsauftrages ist die Ermittlung der Versickerungsleistung bzw. Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeicherfähigkeit von TTE - Gitterelementen mit Pflasterfüllung und begrünbaren TTE - Gitterelementen mit Kammerfüllung aus Oberbodenmaterial der BG 2 nach DIN 18915 im Behälterversuch unter definierten Laborbedingungen. Des Weiteren wurden für zwei Standorte - Würzburg/Veitshöchheim und Kempten - Dimensionierungsrechnungen nach DWA-A138 unter Berücksichtigung des jeweiligen Baugrundes durchgeführt.

Versuchsaufbau und Durchführung

Als Aufbauschemata wurden folgende zwei Varianten gewählt:

Aufbauvariante mit vorgesehener Nutzung	Aufbauvariante I: untergeordnete Straße / Fahrgasse für PKW ('Pflastervariante')	Aufbauvariante II: begrünbarer Parkplatz für PKW ('Oberbodenvariante')
Deckschicht	TTE-Gitterelemente mit Pflasterfüllung	TTE-Gitterelemente mit Kammerfüllung aus 50 Vol-% Oberbodensubstrat BG 2 und 50 Vol-% ungewaschener Sand
Ausgleichsschicht / Bettung	Splitt 2/5	Substrat aus 80 Vol-% Splitt 2/5 und 20 Vol-% Oberboden BG 2 ¹⁾

Tab. 1: Aufbauvarianten zur Untersuchung

Die gewählten Bauvarianten wurden praxisgerecht durch Fachpersonal der LWG in den Prüfbehältern erstellt. Alle verwendeten Baustoffe und Bodenmaterialien wurden entsprechend der Versuchsfrage vorab auf die relevanten physikalischen Parameter im Bodenzentrum der LWG untersucht. Es wurden Infiltrationsversuche zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit durchgeführt sowie auch die Wasserspeicherfähigkeit der o. g. Oberbauvarianten bestimmt.

Zusammenfassung der Messergebnisse und Bewertung

Parameter	Variante I	Variante 2
Verdichtungsgrad D_{pr} der Bettung:	95 %	92 %
Speicherkoeffizient des Oberbaues mit Ausgleichsschicht ca. 5 cm (Behältermessung) ¹⁾	0,3032 ca. 33,3 l/m² Wasserspeicherung	0,3672 ca. 40,7 l/m² Wasserspeicherung
Speicherkoeffizient des Oberbaues mit Ausgleichsschicht ca. 3 cm (berechnet) ¹⁾	0,2876 ca. 25,6 l/m² Wasserspeicherung	0,3505 ca. 30,0 l/m² Wasserspeicherung
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	$3,28 \cdot 10^{-2}$ m/s	$3,12 \cdot 10^{-3}$ m/s
aufnehmbare Regenspende	328000 l/s * ha	31200 l/s * ha

Tab.: 2: Messergebnisse (Mittelwerte); ¹⁾ Dicke der TTE-Gitterelemente: i. M. ca. 5,8 cm



Die Ergebnisse belegen eine hohe Leistungsfähigkeit der getesteten Oberbauvarianten mit einem k_f -Wert der 'Pflastervariante' von $3,28 \cdot 10^{-2}$ m/s bzw. $3,12 \cdot 10^{-3}$ m/s für die 'Oberbodenvariante'. Die maximale Wasserspeicherung ergibt sich aus dem Porenvolumen bzw. den speichernutzbaren Hohlräumen – Ausgleichsschicht ca. 5 cm: Pflastervariante 30,32 % ; Oberbodenvariante 36,72 %; mit Ausgleichsschicht 3 cm (berechnet): Pflastervariante 28,76 % und Oberbodenvariante 35,05 %. Die Messungen wurden im neu eingebauten Zustand ohne Nutzungsbeanspruchungen durchgeführt. Gemäß FGSV-Merkblatt werden für Verkehrsflächen der Bauklassen V und VI für die Wasserdurchlässigkeit des gesamten Oberbaues bzw. der Decke ein k_f -Wert von $5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s gefordert. Gemäß der FLL-Richtlinie für die Planung Ausführung und Unterhaltung von Flächen aus begrünbaren Pflasterdecken und Plattenbelägen wird eine Wasserspeicherfähigkeit von $\geq 30,0$ Vol-% gefordert. Die Versickerungsleistung wird jedoch maßgeblich vom Baugrund bestimmt. Deshalb wurde für die Standorte Veitshöchheim und Holzgünz eine Berechnung in Anlehnung an DWA-A 138 vorgenommen. Die Vergleichsberechnung erfolgt auf Grundlage eines 15-minütigen Starkniederschlags bzw. Bemessungsregens D mit einer statistischen Wiederkehrzeit von $T_a = 5$ Jahre, d. h. dem maßgeblichen Bemessungsregen für die Grundstücksentwässerung nach DIN 1986-2, Ausgabe 03-1995. Als Durchlässigkeitsbeiwert des Baugrundes (jeweils Lehm Boden) gilt für beide Standorte ein Wert von $1 \cdot 10^{-7}$ m/s. Die Berechnungen sollen die Leistungsfähigkeit der getesteten Bauweisen mit TTE-Gitterelementen unter Berücksichtigung des Baugrundes demonstrieren, jedoch ohne Zuflüsse von benachbarten Flächen.

Bemessungsgrundlage für beide Standorte ist eine Starkniederschlagshöhe von 16,6 mm. Die Speicherfähigkeit des Oberbaues von beiden Varianten überschreitet bei weitem die zugrunde gelegte maßgebende Niederschlagshöhe. Eine Nachrechnung ergibt, dass bei den gegebenen Verhältnissen der Oberbau mit 5 cm Ausgleichsschicht der 'Pflastervariante' etwa die doppelte Niederschlagshöhe und die der 'Oberbodenvariante' fast die 2,5 fache Niederschlagshöhe der Dauerstufe 15 Minuten mit einer 5-jährigen Wahrscheinlichkeit aufnehmen könnte. Mit einer Ausgleichsschicht von lediglich 3 cm kann die die 'Pflastervariante' etwa das 1,5-fache und die 'Oberbodenvariante' etwa das 1,8-fache des Bemessungsregens aufnehmen.

Veitshöchheim, den 13.02.2006


Jürgen Eppel
Abteilungsleiter Landespflge


Jochen Böker
Bearbeiter

Dienstanschrift:
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Abt. Landespflge
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim



Aktenzeichen L 7373. Unsere Zeichen Ko/Ki 0931/9801-402 Fax: 0931/9801-400 15.12.05
Hausanschrift:
Abteilung Landespflge
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim
e-mail: doris.kilian@lwg.bayern.de

Begrünte Beläge mit dem TTE-System

Zusammenfassung

Es wird von bisher 3-jährigen Versuchen zur Erprobung von Verbund-Rasengitterplatten aus Recyclingkunststoff in Verbindung mit der Herstellung von begrünten Parkplatzflächen berichtet. Es hat sich gezeigt, dass mit dem TTE-Verbundsystem selbst bei einer Verlegung im Kreuzverband eine ausreichende Oberflächenstabilität ohne eine zusätzliche mineralische Tragschicht erreicht werden kann. Bei einem bindigen Baugrund mit extrem geringer Tragfähigkeit (Ev2-Wert= 7,1 MN/m²) kam es zwar durch Fahrbetrieb zu Veränderungen in der Ebenflächigkeit bis zu tolerierbaren 20 mm; dafür konnte die Qualität der Vegetation erheblich verbessert werden.

Bei einem nicht bindigen Baugrund (Tragfähigkeit Ev2 = 72,0 MN/m²) traten geringere Oberflächenveränderungen bis zu 7 mm auf, diesen standen allerdings geringere Qualitäten der Vegetation gegenüber.

Bei einer Verlegung der Platten mit Fugenversatz kann davon ausgegangen werden, dass grundsätzlich bei Parkplatzflächen für PKW-Belastung auf eine mineralische Tragschicht verzichtet werden kann. Bei entsprechenden Druckbelastungen traten dort bei gering tragfähigem Baugrund durchschnittlich Setzungen zwischen 5 und 9 mm auf.

Veitshöchheim , 25. März 2003


gez. Dr. Walter Kolb

BEGRÜNTE BELÄGE MIT DEM TTE® SYSTEM

ERPROBUNG VON VERBUND-RASENGITTERN FÜR PARKPLATZFLÄCHEN

DR. WALTER KOLB



Verbunden mit der bei versickerungsaktiven Belägen in den angeführten Regelwerken genannte Infiltrationsrate von ca. 270 l/(s x ha), bedeutet dies bei den meisten Böden eine notwendige Verbesserung des Untergrundes durch Bodenaustausch oder weitere technische Entwässerungsmaßnahmen.

Stark verdichteter Untergrund und für den Straßenbau standardisierte mineralische Tragschichten wirken sich auf die Vegetation begrünter Beläge negativ aus. So kommt es bei diesen nahezu ausschließlich nach technischen Gesichtspunkten konzipierten Bauweisen sehr rasch zu Trockenschäden und reduzierter Regenerationsfähigkeit der Pflanzen.

Der Wurzelraum bleibt fast ausschließlich auf die Fugenfüllung beschränkt. Die biologische Reinigungskraft für das Sickerwasser solcher Beläge darf als gering erachtet werden. In diesem Zusammenhang erscheint es lohnend, Bauweisen für begrünte Beläge zu erproben, die ihre Tragfähigkeit vorwiegend aus einem konstruktiv bedingten Verbund in der Deckschicht und der daraus resultierenden Lastverteilung beziehen. Unter Verzicht auf eine hohe Tragfähigkeit und Lagerungsdichte des Unterbaues bzw. Untergrundes könnten dann die vegetationstechnischen Voraussetzungen wesentlich günstiger gestaltet werden.

EINLEITUNG

Begrünte Beläge für den ruhenden Verkehr, insbesondere für PKW-Parkplätze und Pflegewege sollten nach anderen Gesichtspunkten beurteilt werden, als dies im Straßenbau üblich ist. Teilweise können zwar ähnliche Anforderungen abgeleitet werden, nach Meinung des Verfassers allerdings mit erheblich überzogenen Mindestwerten für die bautechnischen Parameter.

So wird z. B. für den Baugrund gem. "Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen" (FGSV, 1998) unter Hinweis auf die ZTVE-StB (FGSV, 1994) ein Wert von mind. $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ für die Tragfähigkeit und ein Verdichtungsgrad von mind. $D_{pr} = 0,95$ gefordert. Für die Tragschichten von Rad- und Gehwegen gem. „Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen“ (FSGV, 1998) und ZTVT-StB (1995) (FSGV, 1995) werden Mindesttragfähigkeitswerte von $E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2$ verlangt.

Einbau eines nicht bindigen Untergrundmaterials auf der Versuchsfläche.



VERSUCH

VERSUCHSANSTELLUNG

In einem Versuch soll derzeit an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau in Veitshöchheim überprüft werden, ob durch Einbindung des Baugrundes in den vegetations-technischen Aufbau die Leistungsfähigkeit der Rasengräser verbessert werden kann. Dazu wurden unter Benutzung des **TTE® Systems der Firma Hübner-Lee** Parkplätze mit ganzjährig täglicher Benutzung (ohne Wochenende und Ferien) bei geringem täglichem Fahrzeugwechsel angelegt. Die Versuchsbedingungen sind in **Tabelle 1** enthalten. Im Gegensatz zu den konventionellen Bauweisen bei Rasengittersteinen wurde bei der Versuchsanstellung grundsätzlich auf die Anlage einer mineralischen Tragschicht verzichtet. Auflagen an der Unterseite der starren Stege in Verbindung mit einem umlaufenden Verbundfalz sollen eine großflächige Verteilung der Auflast ermöglichen, so dass auch auf gering tragfähigem Baugrund bei Befahrung die notwendige Oberflächengenaugkeit erhalten bleibt.

Die ausgewählte bindige Baugrundvariante wies zum Zeitpunkt des Einbaues der Verbundplatten eine extrem niedrige Tragfähigkeit von $E_{v2} = 7,1 \text{ MN/m}^2$ auf, die nicht bindige Baugrundvariante erfüllte hingegen mit $E_{v2} = 72 \text{ MN/m}^2$ die gem. ZTVE-StB (1994) geforderte Tragfähigkeit.

Für die Erhaltung der Regenerationsfähigkeit der Gräserpflanzen wurde ein Vorteil dahingehend erwartet, dass Wasser bei Trockenheit auch kapillar aus dem Baugrund verfügbar bleibt. Damit soll die Durchwurzelungstiefe erhöht und der Pflegeaufwand besonders für die Bewässerung minimiert werden.



Fugenverfüllung nach dem Verlegen auf 2-3 cm Ausgleichsschicht

Tabelle 1

Baugrund	Variante A	bindig, Bodenart U, fs nach DIN 18196 Tragfähigkeit $E_{v2} = 7,1 \text{ MN/m}^2$, k_f -Wert = 10^{-8} m/s
	Variante B	bindig, Bodenart G, ms nach DIN 18196 Tragfähigkeit 72 MN/m^2 , k_f -Wert = 10^{-2} m/s
Ausgleichsschicht	Splitt 2 - 5 mm, Dicke 2 - 3 cm	
Plattenart	TTE® Rasengitter 50/50/6,3 cm Recycling-Mischkunststoff mit Nut-Federsystem, Verlegung mit Kreuzfuge	
Kammerfüllung	Variante A	nicht bindiger Oberboden Bodengruppe 2 nach DIN 18915
	Variante B	Recycling-Splitt-Kompost 90 % Recycling-Splitt 2 - 8 mm 10 % Fertigkompost 0 - 10 mm
Ansaat	RSM 5.1 35 g/m ² im August 2000	
Düngung	N-Basis 20 g/m ² , 3 Gaben/Jahr	
Mähen	6 - 8 Arbeitsgänge/Jahr	
Wässern	Bei Bedarf nach längerer Trockenheit (2 - 3 Wochen)	
Parzellengröße	5,00 x 5,00 m, 2-fache Wiederholung	
Belastung	Pkw regelmäßig, Radlader einmalig	
Messung und Bonituren	Ebenflächigkeit bei 1,5; 3,0 und 4,5m Fahrbahnanstand, Narbendichte in % Vitalität der Vegetation: 1 = sehr gering, 9 = sehr hoch Trockenschäden: 1 = keine Schäden, 9 = Schäden sehr hoch	

ERGEBNISSE

Alle nachfolgend aufgeführten Ergebnisse sind vor dem Hintergrund einer Belastung zu sehen, die üblicherweise die für begrünte Beläge zulässige Benutzungsfrequenz übersteigt. Insofern erfolgte die Untersuchung unter erschwerten Bedingungen.

FLÄCHENDECKUNG DER RASENNARBE

Die Versuchsergebnisse zur Flächendeckung der Rassenarbe sind in der Abb. 1 enthalten. Unschwer lässt sich erkennen, dass durch die Nutzung des bindigen Baugrundes in erheblichem Maße die Dichte der Rassenarbe verbessert wird. So konnte trotz der intensiven Befahrung auf den Flächen eine projektive Bedeckung von annähernd 80 % erreicht werden. Bei dem wesentlich durchlässigeren Baugrund aus nicht bindigem Boden beträgt die Narbendichte lediglich 60 %. Die unterschiedlichen Substrate der Kammerfüllung hatten praktisch keinen Einfluss auf die Narbendichte. Der verwendete sandige Oberboden und das Recyclinggemisch erbrachten annähernd gleiche Dichtewerte in Höhe von ca. 70 %.

Der Einfluss der beiden Stoffe für die Kammerfüllungen macht sich – wie bei der Narbendichte – kaum bemerkbar. Trotz der geringen Wasserdurchlässigkeit des bindigen Baugrundes konnten bisher auch keine Schäden durch Wasserrückstau beobachtet werden. Offensichtlich reicht die Durchlässigkeit der Kammerfüllungen aus, um pflanzenschädliches Überschusswasser zunächst von der Oberfläche abzuleiten und zeitverzögert an den Untergrund abzugeben.

Bei den Versuchsflächen waren alle Parzellen in Parkplatzgröße durch Trennstreifen ohne Begrünung hergestellt worden. Diese deutliche Markierung bedingt einerseits zwar eine günstige Raumausnutzung, führt aber andererseits zu einer extremen Belastung in der Fahrspur, wie sich auch im Versuch gezeigt hat. Im Einzelfall könnte in diesem Zusammenhang bei größeren Flächen unter Inkaufnahme einer geringfügig verminderten Aufnahmekapazität auf eine Markierung verzichtet werden, um die Fahrbelastung besser über die Fläche zu verteilen.

TROCKENSCHÄDEN

Auch bei diesem Parameter präsentieren sich die Parzellen mit dem bindigen Baugrund deutlich besser als die der nicht bindigen Variante. Insbesondere zeigen sich bei längerer Trockenheit bei dem bindigen Baugrund nur in geringem Maße Trockenschäden; bei dem sandigen Untergrund sind diese aber als hoch zu bezeichnen, wie die Abb. 2 deutlich macht.

VITALITÄT DER VEGETATION

Wie aus den Daten der Abb. 3 hervorgeht, weisen die Gräserpflanzen der Vegetation bei dem bindigen Baugrund eindeutig Vorteile gegenüber dem nicht bindigen Baugrund bezüglich der Vitalität auf. Besonders deutlich wird dies aus den Werten im niederschlagsarmen Vegetationsjahr 2001. Aber auch im niederschlagsreicheren Vegetationsjahr 2002 zeigten sich – wenngleich in geringerem Ausmaß – bessere Boniturnoten bei der Vitalität der Gräserpflanzen. So konnte in den Jahren 2001 und 2002 ein Bonituranteil für sehr hohe Vitalität (Note 9) bei dem bindigen Baugrund von ca. 25 bzw. 32 % erreicht werden, während dieser Wert bei dem Vegetationsbestand auf nicht bindigen Baugrund völlig fehlt.

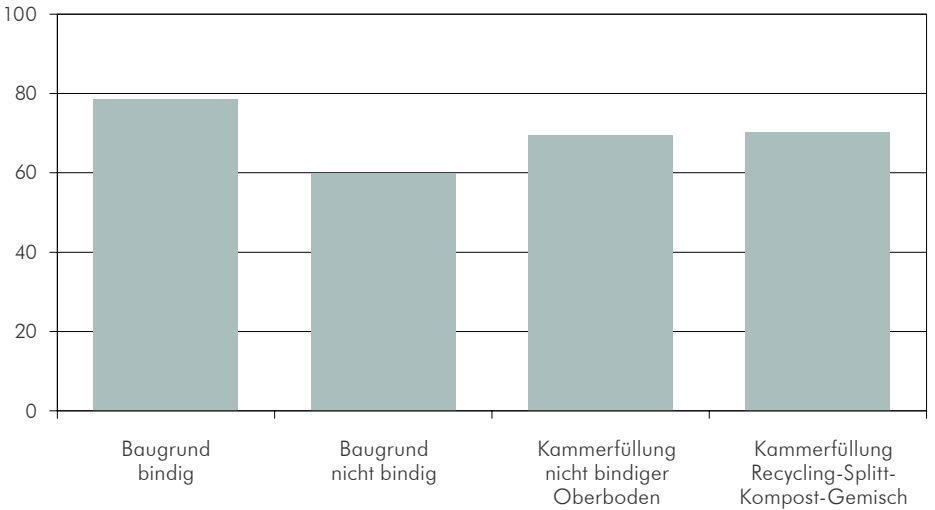


Abb. 1: Mittlere Dichte der Vegetation in % im Verlauf von 3 Jahren in Abhängigkeit von Baugrund und Kammerfüllung

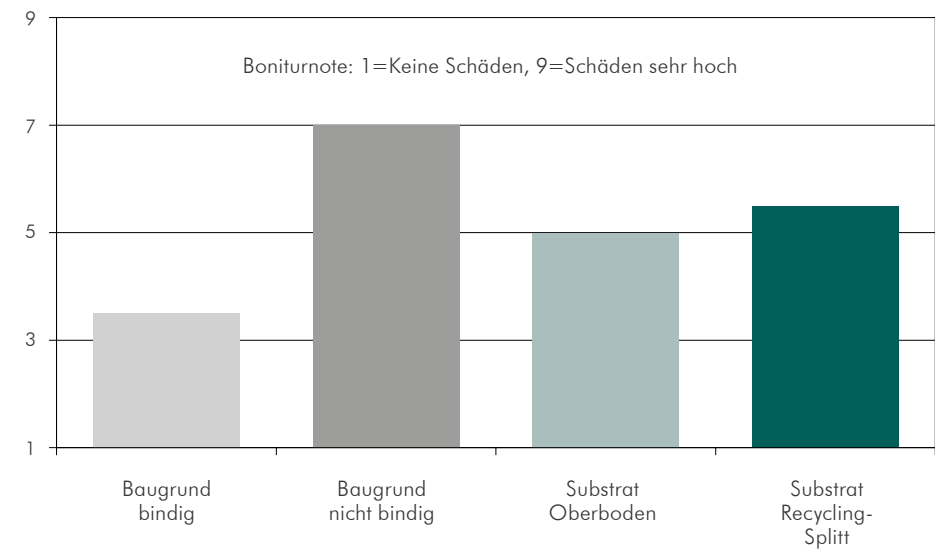


Abb. 2: Mittlere Trockenschäden im Versuchsverlauf (2001 - 2002)

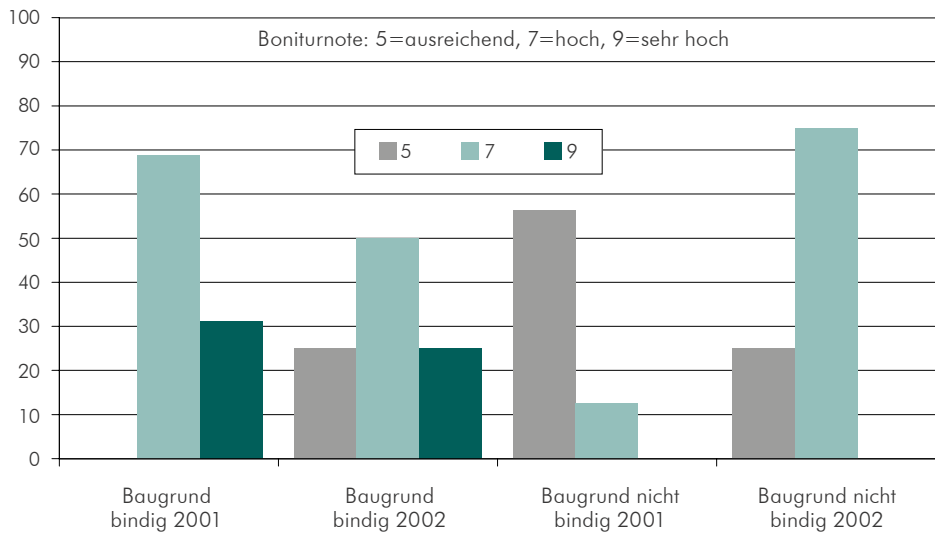


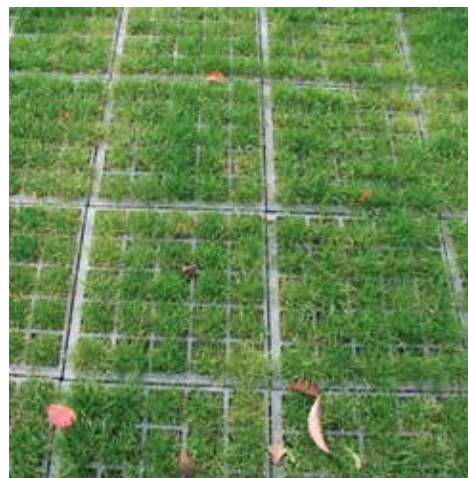
Abb. 3: Anteile der Boniturnoten mit ausreichender, hoher und sehr hoher Vitalität in % on 2001 - 2002



Flächendeckung der Vegetation auf bindigem Baugrund im Herbst 2001



Flächendeckung der Vegetation auf nicht bindigem Baugrund im Herbst 2001



TTE® Rasengitter im Fugenversatz im Sommer 2002

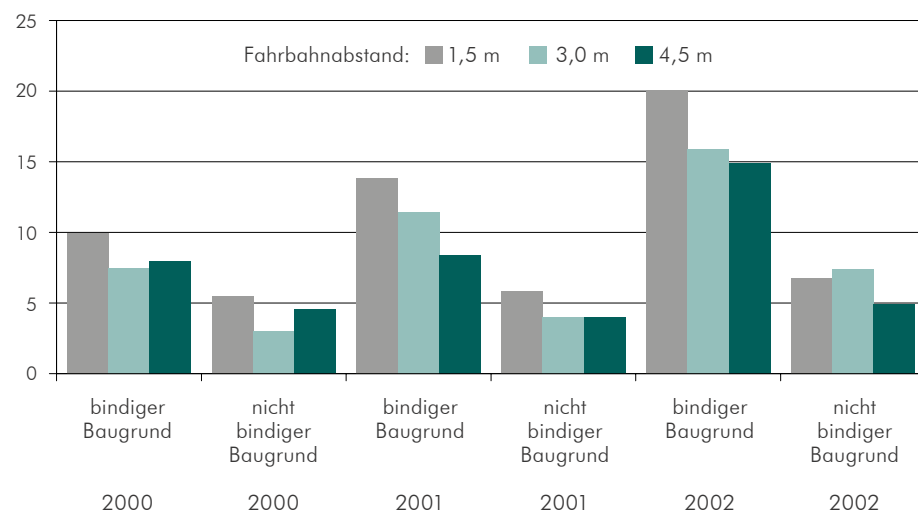


Abb. 4: Ebenflächigkeit TTE® Rasengitterplatten in mm bei verschiedenen Fahrbahnabständen (Versuchsergebnisse 2000 - 2002)

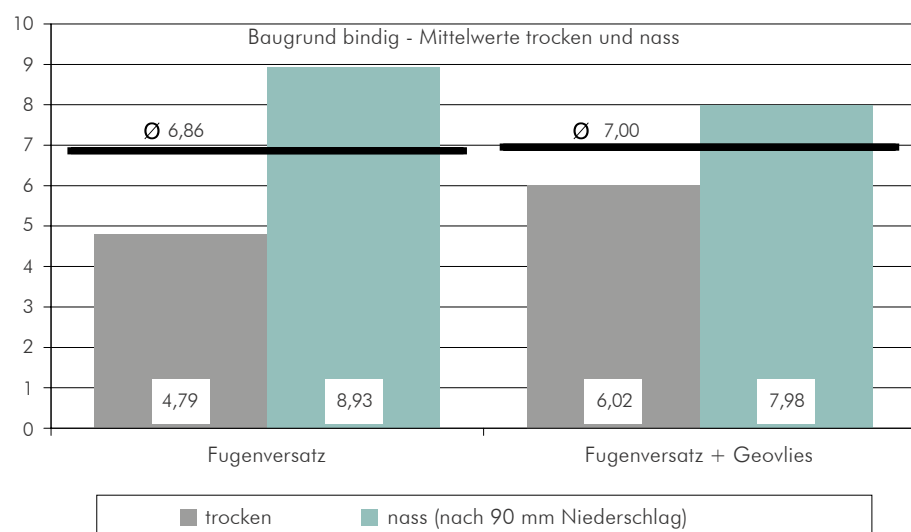


Abb. 5: Bleibende Setzung in mm nach Plattendruck mit 0,05 kN/cm² Bodenpressung (Vergleich: PKW-Auflast ~ 0,02 kN/cm²)

EBENFLÄCHIGKEIT

Nach einer nunmehr 2-jährigen Benutzungsdauer können erste Erfahrungen mit der Maßhaltigkeit der Testflächen dargestellt werden. Die Messergebnisse für die Ebenflächigkeit bei 1,5, 3,0 und 4,5 m Fahrbahnabstand mit 2,50 m Lattenlänge quer zur Fahrtrichtung enthält die **Abb. 4**.

Erwartungsgemäß bleiben die Abweichungen bei dem nicht bindigen Baugrund im Durchschnitt aller Messungen absolut im Toleranzbereich, der bei einer Lattenlänge von 4,0 m 10 mm beträgt (DIN 18318). Alle Messstellen weisen ähnliche Werte zwischen 3 und 6 mm auf. Gravierende Veränderungen im Verlauf der Jahre sind nicht erkennbar. Insofern kann festgestellt werden, dass bei einem nicht bindigen Untergrund unter vergleichbaren Bedingungen eine mineralische Tragschicht entfallen kann, ohne die gem. DIN 18318 geforderte Ebenflächigkeit von 10 mm zu gefährden.

Von besonderem Interesse erscheint aber die Ebenflächigkeit bei dem bindigen Baugrund, der aufgrund seiner Kornverteilung mit einem E_{v2} -Wert von 7 MN/m² zum Zeitpunkt der Herstellung der Beläge extrem niedrig lag. Bei einer Bodenpressung von 0,007 kN/cm² (0,7 kg/cm²) war bereits der Messbereich der Eindringtiefe von nahezu 20 mm erreicht.

Betrachtet man die Ebenflächigkeitswerte für die verschiedenen Messstellen auf der Oberfläche der Rasengitterplatten, so wird deutlich, dass sich vor allem an der 1,5 m-Marke – die durch den Fahrbetrieb praktisch doppelt belastet wird – die Werte von ursprünglich 10 mm auf 13,8 mm erhöht haben. Damit werden die in der DIN 18318 festgelegten Anforderungen nicht eingehalten. Gleiches gilt teilweise auch für die Ergebnisse an der 3,0 m-Marke, während bei der 4,5 m-Marke keine unzulässigen Abweichungen aufgetreten sind.

Allerdings erscheinen die Ergebnisse insgesamt durchaus akzeptabel, wenn man berücksichtigt, dass bei Schotterrasenflächen eine Ebenflächigkeit von 30 mm auf der 4 m-Latte zulässig ist.

KONSEQUENZEN

Die bis dato ermittelten Versuchsergebnisse wurden zum Anlass genommen, auf vier Versuchspartellen mit bindigem Baugrund in Abänderung vom Versuchsplan stabilisierende Maßnahmen zu erproben, die einerseits zu einer Verbesserung der Lastverteilung führen sollten, aber trotzdem die Nutzung der Qualität des Baugrundes für die Vegetation sicherstellen. Dazu wurde jeweils eine Variante im Fugenversatz mit einem zusätzlichen Geovlies bzw. ohne Geovlies hergestellt. Die übrigen Versuchsbedingungen blieben unverändert.

Bisher sind bei diesen Aufbauten durch Fahrbetrieb keine Ebenflächigkeitswerte über 10 mm aufgetreten. Insofern ist festzustellen, dass selbst bei extrem niedriger Tragfähigkeit des Baugrundes unter Berücksichtigung der Verlegart mit Fugenversatz bzw. zusätzlicher Auflage eines Geovlieses unter der Ausgleichsschicht auf eine mineralische Tragschicht verzichtet werden kann.

Erhärtet wird diese Feststellung auch durch einen Plattendruckversuch auf der Oberfläche. Die Ergebnisse enthält die **Abb. 5**. Die Druckversuche wurden zunächst bei Bodenfeuchte – in der Graphik als trocken bezeichnet – durchgeführt. Die Bodenpressung von 0,05 kN/cm² führte zu Setzungen zwischen ca. 5 und 6 mm. Nach einem 24-Stundenregen von 90 mm wurden Setzungen zwischen 7 und 8 mm beobachtet. Bedeutsame Unterschiede zwischen der Variante „Fugenversatz“ und „Fugenversatz + Geovlies“ konnten nicht festgestellt werden.

Die genannten Eindringtiefen erscheinen durchaus tolerierbar und liegen sogar im Zulässigkeitsbereich der DIN 18318 „Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterbeläge, Plattenbeläge, Einfassungen“ (DNA, 2000), die eine Abweichung von der Sollhöhe von 2 cm zulässt, bzw. eine Ebenflächigkeit von 1 cm auf 4 m Lattenabstand fordert.

Vergleichsmessungen auf konventionellen Beton-Pflasterbelägen mit und ohne Verbund auf Baugrund mit E_{v2} -Werten zwischen 20 und 70 MN/m² bei 25-30 cm dicker mineralischer Tragschicht und 5 cm Ausgleichsschicht ergaben Setzungen von 1-1,5 mm bei einer Bodenpressung von 0,05 kN/cm².



Kammerfüllung und Baugrund werden zum Wurzelraum

HINWEISE FÜR DIE PRAXIS

Aufgrund der Versuchsergebnisse ist festzustellen, dass Rasengitter der untersuchten Art sehr gute Voraussetzungen für vegetationsorientierte Bauweisen bei Parkplätzen mitbringen. In jedem Fall kann für solche Belastungen bei einem nicht bindigen Baugrund auf eine mineralische Tragschicht verzichtet werden. Nach unserer Einschätzung dürfte bei bindigen Böden ein E_{v2} -Wert von 10 MN/m² ausreichen, um PKW-Parkplätze sicher zu stabilisieren. Die Verdichtung des Untergrundes sollte dann aber eine Lagerungsdichte von 85 – 90 % Proctordichte nicht überschreiten. Es

wird empfohlen, die Platten im Fugenversatz zu verlegen, die zusätzliche Verwendung eines Geovlieses erscheint nicht erforderlich. Die bisherige Untersuchung hat gezeigt, dass es sich lohnt, über alternative Bauweisen nachzudenken, die nicht nur bautechnische Belange zum Inhalt haben, sondern auch vegetations-technische Kriterien berücksichtigen. Auf diesem Gebiet besteht sicher noch erheblicher Forschungsbedarf.

LITERATUR

DNA (2000): DIN 18318 Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen, Beuth-Verlag, Berlin

FGSV (1994): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB), 1994

FGSV (1995): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB) 1994

FGSV (1998): Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen

STUDIE FÜR MASSNAHMEN ZUR REDUZIERUNG VON HITZEINSELN IM URBANEN RAUM MIT TTE®



Die vollständige Studie kann unter www.o2d-environnement.com/observatoires/revetements-permeables-comportement-thermique/ aufgerufen werden.

THERMISCHES VERHALTEN VERSCHIEDENER OBERFLÄCHEN WÄHREND HITZEWELLEN

Eine Studie der Firma O2D ENVIRONNEMENT liefert wissenschaftliche Erkenntnisse über die Vorteile des TTE® Systems für die Temperaturentwicklung während Hitzewellen. Untersucht wurde konkret die Wirkung verschiedener Belagsoberflächen auf das urbane Klima.

VORGEHEN

Betrachtet wurden acht unterschiedlich befestigte Parkplätze und eine Kontrollrasenfläche (siehe Abbildung links).

- Fläche 1: Asphalt
- Fläche 2: neuartiges Rasengitter
- Fläche 3: TTE® PFLASTER
- Fläche 4: TTE® GRÜN
- Fläche 5: TTE® mit Holzhackschnitzeln (Nachhaltige Sonderlösung im Sinne des Konzepts „Insektenhotel“)
- Fläche 6: neuartiges Rasengitter
- Fläche 7: neuartiges Pflastersystem
- Fläche 8: neuartiges Rasengitter
- Fläche 9: Kontrollrasenfläche

Die Messung der Temperaturen erfolgte durch thermische Sonden in -3, -8, -24 und -55 cm Tiefe. Die Temperatur, die in 3 Zentimetern Tiefe gemessen wurde, wird im folgenden als Oberflächentemperatur bezeichnet und näher betrachtet.

Die Studie wurde in vier Hitzeperioden (25. bis 28. Juni 2018, 25. bis 30. Juni 2019, 23. bis 27. Juli 2019 und 5. bis 13. August 2020) in der Region Hauts-de-France in der Metropole Lille durchgeführt.

ERGEBNISSE

Wenig überraschend ist die Erkenntnis, dass die asphaltierte Fläche sich an sonnigen Tagen besonders stark aufheizt. Tagsüber wurden Temperaturen von knapp 36 °C gemessen. Aufgrund ihrer thermischen Trägheit gibt die Fläche die Wärme nur sehr langsam wieder ab und weist darum auch nachts eine anhaltend hohe Temperatur von 29 °C auf.

Anders die Temperaturentwicklung von TTE® PFLASTER. Tagsüber erreicht die TTE® PFLASTER Fläche mit 35 °C vergleichbare Temperaturen wie die Asphaltfläche. Nach Sonnenuntergang sinken die Temperaturen aber deutlich ab und liegen bei 22,8 °C. Der Temperaturunterschied zur Asphaltfläche beträgt somit ganze 6,2 °C.

Die beiden Flächen, auf denen TTE® mit Holzhackschnitzeln bzw. Rasen befüllt wurde, schneiden noch besser ab. Sowohl tagsüber als auch nachts weisen sie eine günstigere Temperaturentwicklung als die Asphaltfläche auf.

Tagsüber liegen die gemessenen Temperaturen für TTE® GRÜN bei -5 °C und für TTE® mit Holzhackschnitzeln bei -6 °C im Vergleich zu Asphalt. Nachts ist der Unterschied noch deutlicher. TTE® GRÜN ist 6,8 °C und TTE® mit Holzhackschnitzeln 7,7 °C kühler als die Asphaltfläche. Sowohl TTE® GRÜN als auch TTE® mit Holzhackschnitzeln erreichen nahezu gleiche Werte wie die Kontrollrasenfläche.

BEWERTUNG

Besonders eindrücklich sind die positiven Ergebnisse von TTE® GRÜN und TTE® mit Holzhackschnitzeln, deren Oberflächentemperatur ganztägig weit unter der auf Asphalt gemessenen Temperatur liegt. Sowohl tagsüber als auch nachts leisten die beiden Lösungen einen signifikanten Beitrag zur Abkühlung der Umgebungstemperatur.

Der positive Effekt von TTE® PFLASTER zeigt sich vor allem nachts. Die bodennahe Luftzirkulation und die geringere Betonmasse pro Quadratmeter, die zu einer geringeren thermischen Trägheit führt, begünstigen die starke nächtliche Abkühlung der Oberfläche.

Gerade diese nächtliche Abkühlung ist ein wichtiger Faktor, um die Lebensqualität in Städten zu verbessern. Sowohl Menschen als auch Bäume in der Stadt brauchen die Phasen nächtlicher Abkühlung, um Hitzestress abbauen und den steigenden Temperaturen, die der Klimawandel mit sich bringt, trotzen zu können.

Die Studie belegt, dass alle TTE® Lösungen ein günstiges Wärmeverhalten während Hitzewellen zeigen. Es wird deutlich, dass unversiegelte Flächen ein effektives Mittel sind, um Städte fit für den Klimawandel zu machen und die Hitze-Belastung für Mensch und Vegetation so gering wie möglich zu halten.

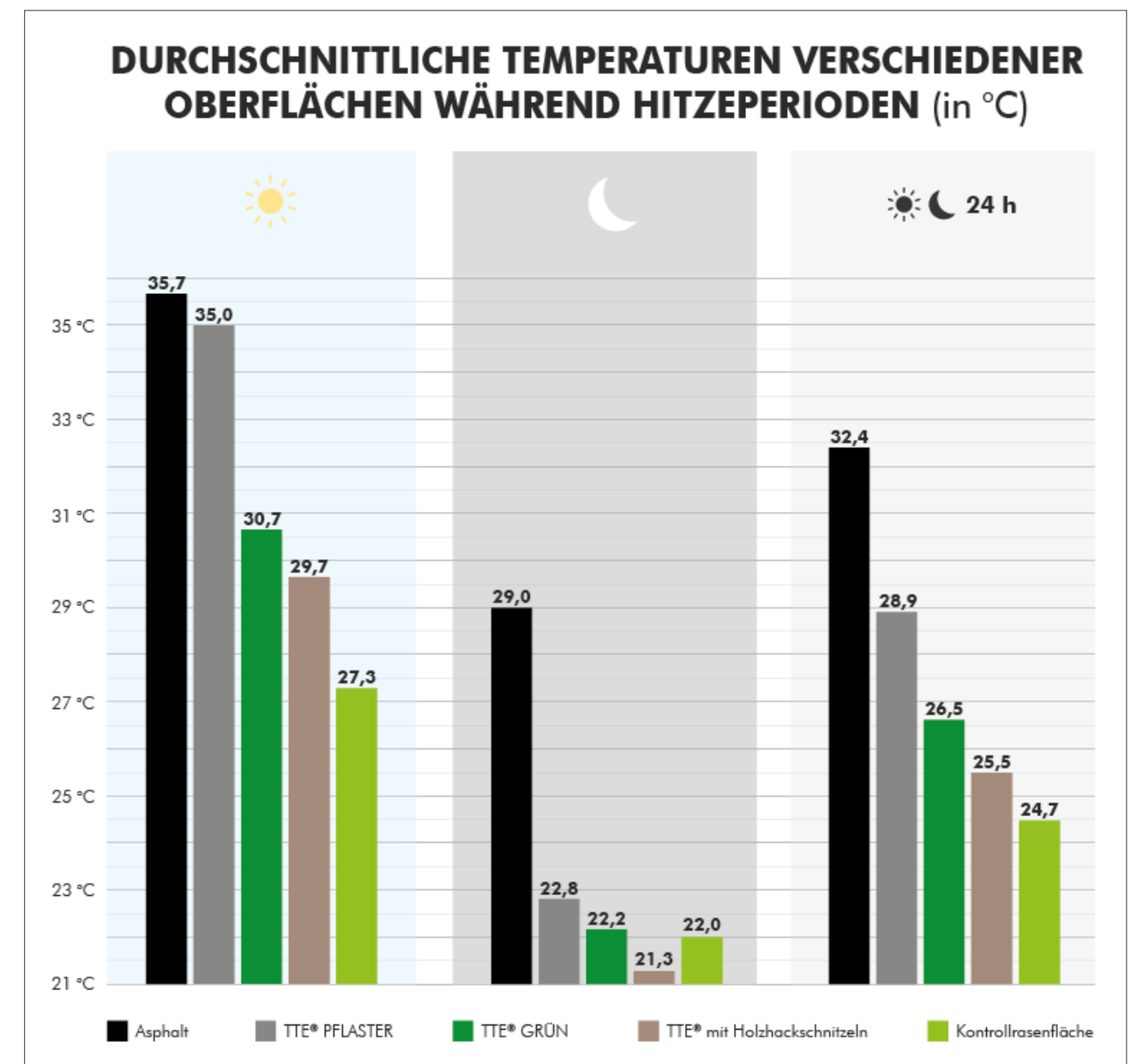
TAGSÜBER

Tagsüber sind TTE® Flächen während Hitzewellen bis zu 6 °C kühler als Asphalt. TTE® GRÜN und TTE® mit Holzhackschnitzeln erweisen sich als besonders effektiv.

- **Alle TTE® Flächen haben ein deutlich besseres Wärmeverhalten als Asphalt**
- **TTE® Flächen tragen dadurch maßgeblich zur Reduzierung urbaner Hitzeinseln bei**

NACHTS

Nachts sind sämtliche TTE® Flächen während Hitzewellen im Schnitt 6,9 °C kühler als Asphalt.



Durchschnittliche Temperaturen verschiedener Oberflächen in vier Hitzeperioden (25. bis 28. Juni 2018, 25. bis 30. Juni 2019, 23. bis 27. Juli 2019 und 5. bis 13. August 2020) in der Region Hauts-de-France in der Metropole Lille.

ZERTIFIZIERTE QUALITÄT



LANGJÄHRIGE ERFAHRUNG

TTE®-Anwender werden von der Planung bis zur Bauphase durch kompetente Beratung aktiv unterstützt. Besonders bei individuellen Problemlösungen schätzen unsere Kunden die Praxisbezogenheit und die verblüffend leichte Realisierung von bisher kostenintensiven Projekten.

Für Ihr Projekt stehen wir Ihnen gerne mit unserer langjährigen Praxiserfahrung zur Seite.

01/26



TTE® ÖKO-Bodensystem Zahrer GmbH, Kammer 33, 4974 Reichersberg
Tel.: 07751/89 25-0, office@tte.at, www.tte.at