



## CO<sub>2</sub>-Bilanz für TTE<sup>®</sup>-ÖKO-Bodensystem

Auch in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Reduktion hat eine Flächenbefestigung mit dem **TTE<sup>®</sup>-Rasengitter** große Vorteile. In der begrünten Variante werden 37 kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup> gebunden. Für 100 m<sup>2</sup> Parkplatzfläche entspricht dies der CO<sub>2</sub>-Bindung von mehr als 30.000 gefahrenen Kilometern eines Mittelklassewagens.

VERGLEICH UNTERSCHIEDLICHER OBERFLÄCHEN  
IM AUFTRAG DER ZÄHRER GMBH & CO KG

KERI-CONSULTING | DR. CHRISTIAN KERI | 07. NOVEMBER 2019

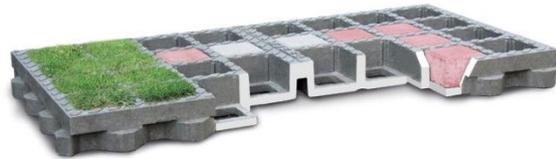
**TTE<sup>®</sup> Öko-**  
Grünflächenbefestigungssystem  
**BODENSYSYSTEM**  
[www.tte.at](http://www.tte.at)

TTE<sup>®</sup>-Generalvertretung für Österreich:  
Zahrer GmbH & Co KG      07751/8925-0  
4974 Ort im Innkreis      [tte@zahrer.at](mailto:tte@zahrer.at)

# Auftrag

Gegenstand des Auftrags ist die Erstellung einer vergleichenden CO<sub>2</sub>-Bilanz für die Neuerrichtung eines Parkplatzes mit drei unterschiedlichen Oberflächenausführungen. Dabei werden für das TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem 2 Varianten dargestellt, nämlich zum einen die Bauweise mit Substrat und Begrünung und zum anderen die Befüllung der Kunststoffelemente mit Betonpflastersteinen.

1. Asphalt
2. Handelsübliche Rasengittersteine aus Beton
3. TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem
  - a. TTE<sup>®</sup>-Grün
  - b. TTE<sup>®</sup>-Pflaster



Hinsichtlich der Bauweise beruht der Vergleich auf den Angaben der Fa. Zahrer GmbH & Co KG für die TTE<sup>®</sup>-Bauweise 2 (geeignet für PKW und gelegentlichen Schwerlastverkehr) im Vergleich zu Oberflächenausführungen mit Asphalt und Rasengittersteinen aus Beton, die für die gleiche Benutzungssituation geeignet sind.

Hinsichtlich des Bodenaufbaus für die Tragschichten beruht der Vergleich auf den Angaben die der Homepage TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem zu entnehmen sind (siehe Abb. 1).

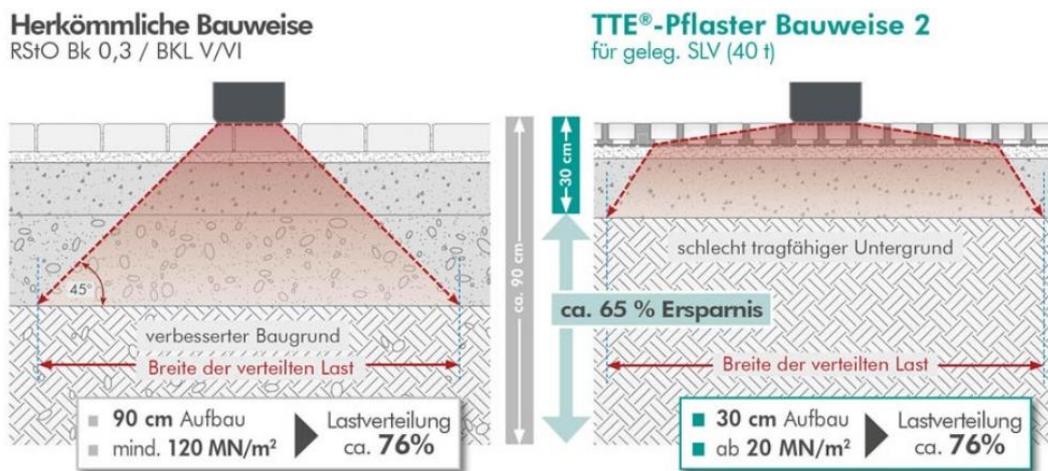


Abbildung 1 Vergleich Bodenaufbau

Hinsichtlich der eingesetzten Fahrzeuge und Arbeitsgeräte wurde für den Vergleich auf die von der Fa. Zahrer GmbH & Co KG übermittelte Geräteliste zurückgegriffen.

## Methodik

Für den Vergleich wurden die relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen der eingesetzten Materialien sowie der Betriebsmittel (Fahrzeuge und Arbeitsgeräte) bezogen entweder auf die dafür notwendige Masse (einschließlich der erforderlichen Herstellungsenergie) oder auf den Treibstoffverbrauch ermittelt. Dafür wurde auf veröffentlichte Daten (mit Quellenverweis) zurückgegriffen.

Die Ergebnisse werden in einer Excel-Kalkulation ermittelt und dargestellt. Der Aufbau dieser Kalkulation erfolgt modular und kann entsprechend der Parkplatzgröße jeweils automatisch errechnet werden. Im ersten Schritt wurde vereinbarungsgemäß ein Parkplatz mit 100m<sup>2</sup> Fläche berechnet.

## Oberflächenmaterialien

Wie bereits im Kapitel Auftrag dargestellt, wurden drei bzw. vier Oberflächen-ausführungen im Vergleich untersucht:

1. Asphalt
2. Rasengittersteine aus Beton
3. TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem
  - a. TTE<sup>®</sup>-Grün
  - b. TTE<sup>®</sup>-Pflaster

### ASPHALT

Asphalt ist eine Mischung aus Bitumen und unterschiedlichen Gesteinskörnungen. Bei Asphalt ist zwischen direkten und indirekten Emissionen zu unterscheiden. Zu den indirekten Emissionen zählen die Emissionen bei der Herstellung des Bitumens sowie die Emissionen aus der Gewinnung und Aufbereitung der Mineralien. Zu den direkten Emissionen zählen diejenigen der Mischanlage selbst (z.B. durch Trocknen und Erhitzen des Gesteins). Gemäß Rolf Jenny (Amann Schweiz AG, publiziert in GESTRATA-Journal 126) werden durch indirekte Emissionen 22 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Asphalt verursacht und bei der direkten Produktion entstehen weitere 24 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Asphalt. Die Gesamtemissionen betragen daher derzeit 46 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Mischgut.

In Österreich wird Asphalt in 130 Mischanlagen produziert, wodurch mit relativ kurzen Verkehrswegen und Lieferdistanzen gerechnet werden kann.

Für die Ausführung wurde eine übliche Asphaltsschichtdicke von 10 cm angenommen.

### BETON

Beton besteht im Wesentlichen aus Kies, Zement und Wasser. Betonmischungen mit den erforderlichen Festigkeitseigenschaften bestehen üblicherweise aus einem Teil Zement, drei Teilen Kies und einem halben Teil Wasser. Das bedeutet, dass der massenmäßig überwiegende Anteil (mehr als 65%) aus Kies besteht. Hinsichtlich der

gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind also die Emissionen von Kies und Zement als entscheidend zu werten.

In der Literatur finden sich äußerst wenige Angaben zur CO<sub>2</sub>-Emission der Schotter- und Kiesproduktion. Aus diesem Grund wurde auf die Umwelterklärung eines deutschen Schotter- und Kieswerks zurückgegriffen, in dem auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen resultierend aus Abbau, Siebung, Trocknung, etc. angegeben sind. Demnach entstehen im Durchschnitt 3,5 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Produkt Schotter und Kies.

Da die Zementproduktion bekanntlich viel Energie benötigt, wurden dafür auch entsprechende Daten publiziert. Gemäß VÖZ (Vereinigung Österreichischer Zementindustrie; Emissionsbericht 2018) entstehen bei der Produktion 844 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Zement.

Betrachtet man das Produkt Beton, sind die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen hauptsächlich dem Zement zuzuordnen, wobei dies pro Tonne Beton allerdings nur mit ca. 20% zu Buche schlägt. Hinzu kommen die CO<sub>2</sub>-Emissionen die dem Kies zuzuordnen sind. Das Wasser kann hierbei völlig vernachlässigt werden. Insgesamt wurden daher für den Vergleich 190 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Beton herangezogen. Dieser Wert wurde auch für die Betonpflastersteine zur Befüllung der TTE®-Öko-Bodensystem-Elemente herangezogen.

## KUNSTSTOFF

Für das TTE®-Öko-Bodensystem werden die Gitterelemente aus Sekundärrohstoff hergestellt. Das Ausgangsmaterial dafür stammt aus Mischkunststoffen der Verpackungssammlung (gelbe Tonne BRD), also hauptsächlich Polyethylen.

Bei den Mischkunststoffen handelt es sich um nicht sortenrein aussortierte Kunststofffraktionen aus der gelben Tonne des Dualen System Deutschland. Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Bilanz sind alternative Behandlungsmethoden für diesen Abfallstrom aus der gelben Tonne zu vergleichen. Gemäß einer Studie zu Klimaschutzpotentialen der Abfallwirtschaft im Auftrag des BMU (BRD) geht die Stofffraktion der Mischkunststoffe im Wesentlichen zu gleichen Teilen in Müllverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoffproduktion für Zementwerke. Bei Müllverbrennungsanlagen kann dabei keine CO<sub>2</sub>-Nettogutschrift erzielt werden, da die fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen die Einsparungen durch Energiegewinnung überwiegen. Einzig bei der Behandlung in Zementanlagen ergibt sich eine geringe Gutschrift. Diese liegt dabei weit unter 20 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Tonne Input. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass nahezu die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Herstellung verloren werden.

Betrachtet man dagegen die stoffliche Verwertung, so überwiegt die CO<sub>2</sub>-Nettogutschrift, da lediglich der Aufwand aus Transport, Sortierung und Produktion der Rasengittersteine abzuziehen ist.

Laut Plastics Europe betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Herstellung von Polyethylen pro Tonne zwischen 1.000 und 3.900 kg. Für die Berechnung wurde ein Mittelwert von 2.450 kg CO<sub>2</sub>-Emission pro Tonne Polyethylen angesetzt. Da der Recyclingprozess nur ein Drittel des Herstellungsaufwandes beträgt, wurden daher 808 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Rasengitterelemente in Abzug gebracht, wodurch sich eine Nettogutschrift von rund

1.640 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Produkt TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem-Element ergibt. Für die Variante TTE<sup>®</sup>-Pflaster wird dabei ein Summenwert aus Kunststoff und Beton herangezogen. Dabei besteht die Gesamtmasse für eine Tonne Produkt aus 310 kg TTE<sup>®</sup>-Elemente und 690 kg Betonsteine zur Füllung der Elemente. Für das kombinierte Produkt ergibt sich durch die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Betonsteine eine deutliche Reduktion der Gesamtgutschrift im Vergleich zu der Variante TTE<sup>®</sup>-Grün, wobei allerdings immer noch eine Gutschrift von 372 kg CO<sub>2</sub> verbleibt.

	Asphalt	Rasengitterstein Beton	TTE <sup>®</sup> -Grün	TTE <sup>®</sup> -Pflaster
CO <sub>2</sub> -Emission in kg pro Tonne	46	190	-1640	-372

## Unterbaumaterial

Im Unterbau finden Schotter, Kies und Splitt Anwendung, wobei dies alles Produkte von Schotter- und Kieswerken sind. Hinsichtlich der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen ist auf die Ausführungen im Bereich Beton zu verweisen. Zur besseren Übersicht wird hier der Wert von 3,5 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Produkt nochmals explizit erwähnt. Die wesentlichen Unterschiede ergeben sich in diesem Bereich aus den unterschiedlichen Anforderungen, die der Abbildung 1 zu entnehmen sind.

## Arbeitsgeräte

Für die Unterbodenvorbereitung werden folgende Arbeitsgeräte benötigt:

1. Bagger
2. Planierraupe
3. Walzenzug

Entscheidend für die Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind dabei der Zeitaufwand sowie der Treibstoffverbrauch (Diesel) pro Stunde. Für die Umrechnung von 1 Liter Diesel in CO<sub>2</sub> wird gemäß DEKRA ein Wert von 2,65 kg CO<sub>2</sub> pro Liter Diesel angesetzt.

### BAGGER

Hier wird gemäß Geräteliste ein Bagger mit Raupenfahrwerk herangezogen. Gemäß Geräteliste ist von einer Leistung von 95m<sup>3</sup> pro Stunde auszugehen. Der Treibstoffverbrauch derartiger Bagger ergibt sich aus einem Langzeittest und wurde mit 11 Liter pro Stunde angenommen.

### PLANIERRAUPE

Gemäß Geräteliste wurde eine Planierraupe angesetzt mit einer Einbauleistung von 95m<sup>3</sup> pro Stunde. Der Treibstoffverbrauch dieses Geräts wurde mit 11,5 Liter Diesel pro Stunde angenommen.

### WALZENZUG

Hier wurde ein Walzenzug gemäß Geräteliste herangezogen, bei dem aufgrund der Walzenbreite und der Fahrtgeschwindigkeit eine Planierleistung von 380m<sup>2</sup> pro Stunde angenommen wurde. Der Treibstoffverbrauch beträgt dabei laut Hersteller 16 Liter Diesel pro 1.000m<sup>2</sup>.

## Transporte

Für den Transport sind folgende Faktoren entscheidend. Den Bauschritten folgend, ist dabei als erstes Bodenaushub abzufahren und Schüttmaterial (Schotter, Kies, Splitt, etc.) an die Baustelle zu liefern. Hier ist davon auszugehen, dass dies durch Unternehmen, die relativ nahe zum Errichtungsort gelegen sind, ausgeführt wird, wobei von einer Durchschnittsdistanz von 25km ausgegangen wird. Weiters wird dabei unterstellt, dass Boden abtransportiert und bei der Rückfahrt Schüttmaterial angeliefert wird, sodass keine Leerfahrten entstehen.

Gemäß Geräteliste wird dazu von einem Muldenkipper mit einem Fassungsvermögen von 11 m<sup>3</sup> ausgegangen. Der Dieserverbrauch des LKW kann gemäß einer Publikation im Schwertransportmagazin mit 35 Liter pro 100km angenommen werden.

Im Weiteren sind die Oberflächenmaterialien an die Baustelle anzuliefern, wobei nicht nur der nächstgelegene Händler, sondern auch die Lieferung vom Hersteller zu den Händlern heranzuziehen ist. Dabei ist die Verteilung der Produzenten von Asphalt, Rasengittersteinen aus Beton und dem TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem zu berücksichtigen.

Es gibt in Österreich 130 Asphaltmischanlagen, sodass für eine Lieferung eine Transportdistanz von 50km angenommen wurde. Da hier keine Last für die Retourfahrt anzunehmen ist, muss die Lieferdistanz doppelt angesetzt werden. Für den Transport wird ein 4-Achs LKW (z.B. MAN) mit einer Nutzlast von ca. 16 Tonnen angenommen. Sollten sich aufgrund der Parkplatzgröße und der Bedarfsmenge keine vollen Ladungen ergeben, muss bei der Anzahl der Lieferfahrten auf die nächste ganze Zahl aufgerundet werden.

Asphalt wird entweder in Muldenkippern oder speziellen Transportfahrzeugen angeliefert. Für Rasengittersteine aus Beton und das TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystem ist vor allem die Masse entscheidend. Dazu ist insbesondere die zulässige Nutzlast von LKW's oder allenfalls Kleinlastkraftwagen zu beachten.

Die maximale Zuladung für Kleinlastkraftwagen beträgt 1,5 Tonnen, für 7,5-Tonner beträgt die maximale Zuladung 3 Tonnen. Für 4-Achs-LKW's, Muldenkipper und Sattelzüge kann von einer maximalen Zuladung von 15 bis 20 Tonnen ausgegangen werden.

Für Rasengittersteine aus Beton konnten in Österreich 2 Produzenten mit Sitz in Salzburg und Burgenland eruiert werden. Es wird daher eine durchschnittliche Lieferdistanz von 300km angenommen. Konservativ wird unterstellt, dass Rückfahrten nicht als Leerfahrt stattfinden. Gleiches gilt auch für den Hersteller des TTE<sup>®</sup>-Öko-Bodensystems, dessen Sitz in Deutschland ist. Auch die für die Befüllung erforderlichen Betonpflastersteine werden vom gleichen Hersteller geliefert, sodass auch dafür die gleiche Lieferdistanz angenommen wird. Bis zum zentralen Verteiler der Fa. Zahrer GmbH & Co KG sind es ca. 300km Transportdistanz. Von dort aus erfolgt dann die Verteilung in kleineren Mengen, wobei weitere 300km als durchschnittlicher Radius angenommen werden. Da bei der Variante TTE<sup>®</sup>-Grün von einem geringeren Gewicht im Vergleich zur Variante TTE<sup>®</sup>-Pflaster und der Oberflächenausführung mit Rasengittersteinen aus Beton auszugehen ist, wird beim Transport für die Variante TTE<sup>®</sup>-Grün ein geringerer Verbrauch des LKW von 27 Liter (gemäß Schwerlastmagazin) pro 100km unterstellt.

## Entwässerung

Eigentlich bedarf es bei Parkplätzen ab einer bestimmten Größe auch einer gesonderten Entwässerung, wobei allerdings bei dem TTE®-Öko-Bodensystem und den Rasengittersteinen aus Beton diese Anforderung entfällt. Im konkreten Beispiel wurde, aufgrund fehlender Datenlage für die Ausgestaltung der Entwässerung und aufgrund der vergleichsweise geringen Größe des Parkplatzes, auf die damit verbundenen Ermittlungen verzichtet. Es wird davon ausgegangen, dass das Oberflächenwasser in den Randbereichen des Parkplatzes versickert. Zu beachten ist, dass sich daraus allerdings ein erhöhter Flächenbedarf ergibt, der bei der Grundstücksgröße zu berücksichtigen ist.

## Ergebnis

In der vergleichenden Betrachtung ergibt sich aufgrund der erforderlichen Bauausführung für einen Parkplatz von 100 m<sup>2</sup> Größe folgendes Ergebnis:

Parkplatz 100 m <sup>2</sup> Größe	Asphalt 10cm	Rasengitterstein Beton	TTE®-Grün	TTE®-Pflaster
CO <sub>2</sub> -Emission in kg	1934	2961	-3698	-2414

Entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis haben hier einerseits die geringeren Transportdistanzen für Asphalt im Vergleich zu den Rasengittersteinen aus Beton. Der alles entscheidende Faktor ist allerdings die Tatsache, dass das TTE®-Öko-Bodensystem aus 100% Recyclingkunststoff hergestellt ist. Damit bleibt fossiles CO<sub>2</sub> weiterhin im Produkt gebunden und wird nicht an die Atmosphäre abgegeben.

Fazit ist, dass somit ein Parkplatz aus TTE®-Öko-Bodensystem in der Ausführung von Substrat mit Begrünung 37 kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup> bindet. Für 100m<sup>2</sup> Parkplatzfläche entspricht dies der CO<sub>2</sub>-Bindung von mehr als 30.000 gefahrenen Kilometern eines Mittelklassewagens. Dieser Vorteil wird im Falle einer vollflächigen Befüllung mit Betonpflastersteinen deutlich reduziert. Es bleibt aber weiterhin eine hohe CO<sub>2</sub>-Bindung erhalten, die einer Ersparnis von ca. 20.000 gefahrenen Kilometern eines Mittelklassewagens entspricht. Demgegenüber weisen die mit Asphalt oder Rasengittersteinen aus Beton gestalteten Parkplätze eine CO<sub>2</sub>-Emission von ca. 20kg pro m<sup>2</sup> im Falle von Asphalt und nahezu 30kg pro m<sup>2</sup> im Falle der Rasengittersteine aus Beton auf.

Umgerechnet bedeutet dies auch, dass die Errichtung eines Parkplatzes von 100 m<sup>2</sup> im Falle der Verwendung von Asphalt den Emissionen eines Mittelklassewagens mit ca. 13.000 gefahrenen km pro Jahr und im Falle von Rasengittersteinen aus Beton dies den Emissionen von ca. 24.000 gefahrenen km pro Jahr eines Mittelklassewagens entspricht.