



SAUBERE LUFT DURCH AIRCLEAN®

AirClean®-Pflaster

Betonprodukte mit AirClean®-inside nutzen die Energie der Sonne, um Luftschadstoffe unschädlich zu machen. Das eingebettete Titandioxid wirkt dabei als Katalysator, der die gefährlichen Stickoxide zersetzt. Das Ergebnis dieser Stoffumwandlung sind unschädliche Nitrate. So einfach kann Umweltschutz sein.



Die Wirksamkeit wurde durch das Fraunhofer-Institut und zahlreiche Testreihen nachgewiesen. Gerne lassen wir Ihnen Detailinformationen zukommen.



Das Problem: Nach wie vor nimmt die Bevölkerung von Städten sowohl weltweit als auch in den Ballungszentren Deutschlands zu, und damit ist bisher zwangsläufig auch eine Zunahme des Straßenverkehrs verbunden. Zusätzlich nimmt der Schwerverkehr ebenfalls mit der steigenden Wirtschaftsleistung eines Landes oder einer Region zu.

Die daraus resultierenden Stickstoffdioxid-Konzentrationen stellen für die in diesen Ballungsräumen lebenden und arbeitenden Menschen ein ernstes Gesundheitsproblem dar. Obwohl in den letzten Jahren grundsätzlich in Deutschland die Schadstoffbelastungen aufgrund verschiedener Maßnahmen geringer geworden sind, werden an einer Vielzahl von Messstellen die gesetzlich geforderten Grenzwerte, insbesondere der Stickstoffdioxidwerte, nicht eingehalten. Natürlich haben zu der gegenwärtig unbefriedigenden Situation auch die nicht eingehaltenen Versprechen der Autoindustrie, bezüglich schadstoffarmer Motoren, ihren

negativen Beitrag geleistet. Die aktuelle Diskussion in Deutschland und auch in ganz Europa ist von einer Vielzahl von möglichen Maßnahmen geprägt, wie zukünftiger Elektromobilität, schadstoffarmer Motoren, Nachrüstung der Dieselmotoren, aber auch – als kurzfristigste aller Maßnahmen – Fahrverbote. Eine weitere sehr kurzfristig umsetzbare Möglichkeit zur Reduzierung der NO_2 -Belastung stellt unsere AirClean®-Technologie dar.

Unser Beitrag zur Verbesserung: Die Grundlage für die schadstoffreduzierende Wirkung von AirClean®-Pflasterflächen oder auch Asphaltflächen, ausgestattet mit unserem AirClean®-Granulat, ist die Photokatalyse. Im Luftreinhalteplan für die Stadt Fulda ist erstmals in einem solchen in Deutschland erarbeiteten Plan der Einbau eines stickoxidmindernden Pflastersteines vorgesehen (Pkt. 7.3.1.3.3 des Luftreinhalteplans) und umgesetzt worden.



Ausführung AirClean®

- Angewandetes Produkt: Thüringer Pflaster
- Farbgebung: grau
- Flächenverlegung: 4.500 m²
- Verlegezeitraum: 2010

Objekt: Petersberger Straße
Ort: Stadt Fulda
Planung: Stadt Fulda/ASV Fulda

Ausführung AirClean®

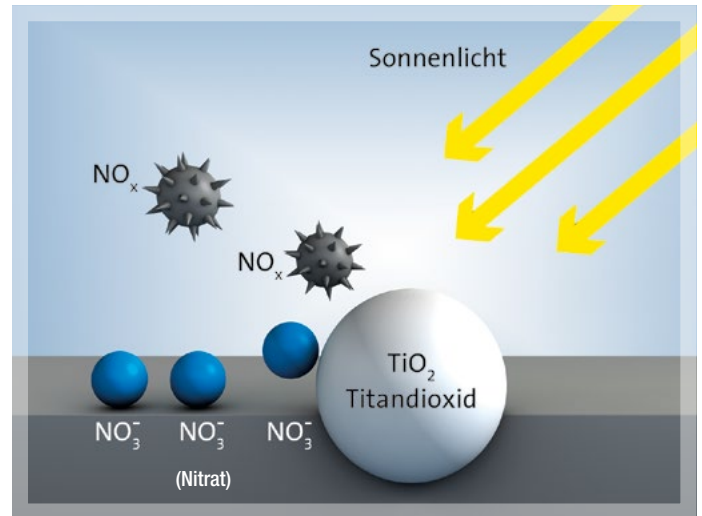
- Angewandetes Produkt: Thüringer Pflaster
- Farbgebung: grau
- Flächenverlegung: 1.200 m²
- Verlegezeitraum: 2008

Objekt: Am Hopfengarten
Ort: Stadt Fulda
Planung: Stadt Fulda/ASV Fulda

Funktionsprinzip der Photokatalyse: Wichtigster Bestandteil des Reaktionsablaufs ist der sogenannte Katalysator, in unserem Fall eine spezielle Modifikation von TiO_2 . Weiterhin ist es notwendig, dass Sonnenlicht auf die TiO_2 -Moleküle einwirkt. Wenn nun die NO - oder NO_2 -Moleküle (zusammengefasst auch als NO_x dargestellt) auf die TiO_2 -Oberfläche treffen, werden diese Moleküle aufgespalten, in der Hauptsache in NO_3 (Nitrat) sowie O_2 (Sauerstoff) und OH -Moleküle.

Das Nitrat bleibt zunächst auf der Oberfläche, bis es durch Regenwasser gelöst und abgespült wird. Im urbanen Straßenverkehrsraum kann davon ausgegangen werden, dass das gelöste Nitrat mit dem Regenwasser über die Kanalisation einer Kläranlage zugeführt wird, wo das Nitrat durch den Reinigungsprozess unschädlich gemacht wird und es zu keiner zusätzlichen Belastung für das Grundwasser werden kann.

Der Photokatalysator TiO_2 wird dauerhaft in die Betonmatrix eingebunden, dabei jedoch chemisch nicht verändert. TiO_2 verbraucht sich bei der chemischen Reaktion der Schadstoffreduzierung selbst nicht und bleibt unverändert.



Sonnenlicht aktiviert den Katalysator Titandioxid zu einer schnellen chemischen Reaktion mittels Photokatalyse. Der Photokatalysator TiO_2 ist Bestandteil der Betonrezeptur und wirkt an der Oberfläche des Betonpflastersteines.

Ob Großprojekt oder überschaubarer Platz — jedes dieser Objekte kann eine Verringerung von Stickstoffdioxidkonzentrationen in der Luft bewirken und somit für eine verbesserte Lebensqualität sorgen.



Ausführung AirClean®

- Angewendete Produkte: Rima 21/21/8 und Tavolo 18/15,3/8
- Farbgebung: grau
- Flächenverlegung: 640 m²
- Verlegezeitraum: 2010

Objekt: Goetheplatz
Ort: Bad Salzungen
Planung: Stadt Bad Salzungen und Tiefbautechnisches Büro Werra GmbH, Bad Salzungen



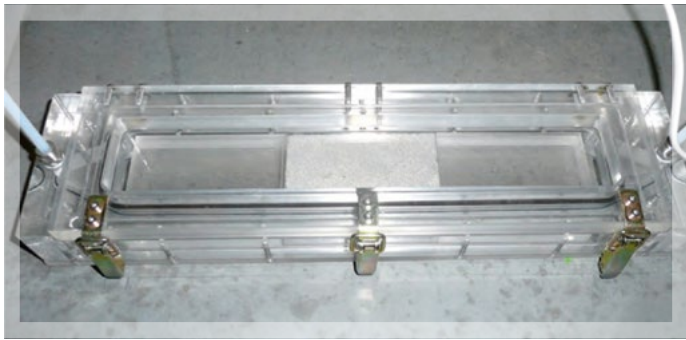
Ausführung AirClean®

- Angewendete Produkte: Pimavera® VS4.8, VS5 MAXX
- Farbgebung: lichtgrau und dunkelgrau, grau und dunkelgrau
- Flächenverlegung: 6.000 m²

· Verlegezeitraum: 2012

Objekt: Gewerbegebiet Sandershäuser Berg
Ort: Niestetal
Planung: Oppermann GmbH, Vellmar

Labortests: Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie in Schmallenberg haben nachgewiesen, dass die chemische Reaktion der Umwandlung von NO auch beim Überströmen von Abgasen über dem AirClean®-Pflaster stattfindet. Die hierzu verwendete Messapparatur ist angelehnt an einen international vorgegebenen Standard und kann die photokatalytische Aktivität von AirClean®-Pflastersteinen mit unterschiedlicher Oberflächengestaltung und Farbgebung miteinander vergleichen.



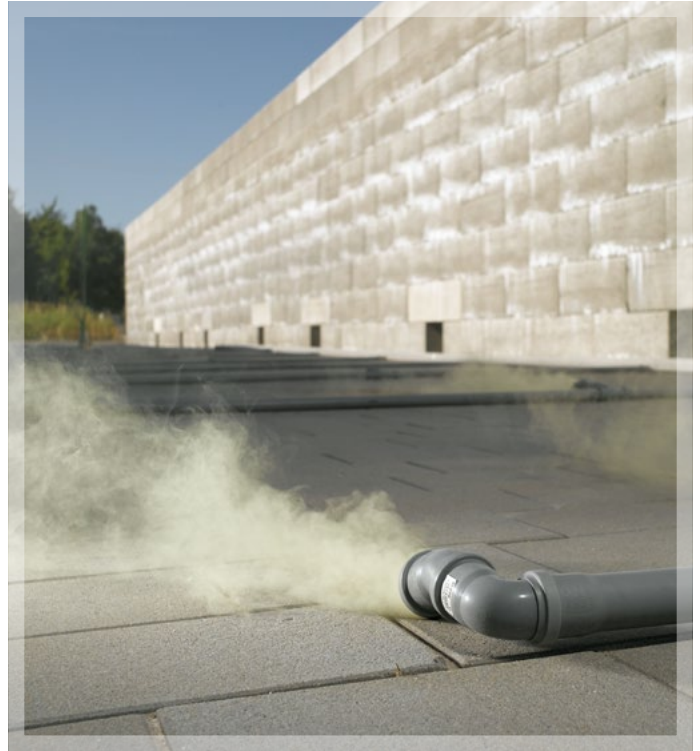
Die Ergebnisse der unterschiedlichen Testreihen können sich sehen lassen. Das bestätigt auch das begleitende Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie 57392 Schmallenberg durch ein umfangreiches Gutachten.

An dieser Stelle ist allerdings Vorsicht bei Vergleichen geboten: Die Grenzwerte der gesetzlichen Vorschriften beziehen sich auf den Gehalt des Stickstoffdioxids (NO_2) in der Luft. Im Laborversuch nach der anerkannten Norm ISO 22197-1 wird jedoch mit NO als Prüfgas die photokatalytische Aktivität gemessen. Allein hierdurch ist eine direkte Vergleichbarkeit ausgeschlossen.

Canyon-Test: Wir haben daher zusätzlich zu den orientierenden Laborversuchen Reduzierungsraten von NO_2 und NO unter annähernd realen Bedingungen in unserer Canyon-Versuchsanlage bestimmt. Diese Versuche wurden zusammen mit dem renommierten Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie 57392 Schmallenberg durchgeführt und belegen den real möglichen Reduzierungswert.



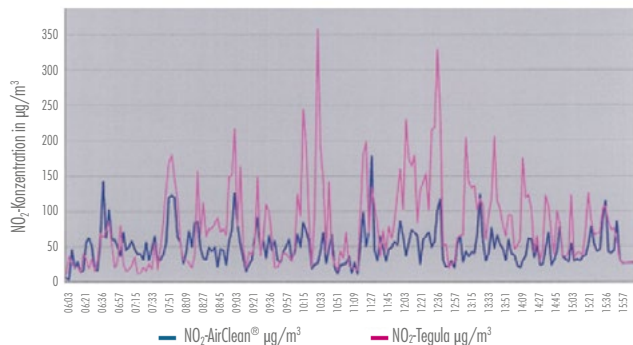
Unsere Produktentwicklung wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert und begleitet.



Im direkten Vergleich wurde zeitgleich und unter identischen meteorologischen Bedingungen die durch Photokatalyse von AirClean® erzielte NO_2 -Verminderung zu einem nicht photokatalytischen Betonsteinpflaster in 3 m Höhe gemessen. AirClean® wurde dabei sowohl in einer mehrmonatigen Versuchsreihe auf einem repräsentativen Testgelände, als auch in einer städtischen Umgebung unter Begleitung des renommierten Fraunhofer-Instituts getestet.



NO₂-Vergleich AirClean®-Tegula 10.11.2009, 3 m Höhe



Realtestreihe

In einer Höhe von 3 m und bei durchschnittlichen Beleuchtungsstärken, die durch Schatteneffekte 30 % unter dem jährlichen regionalen Mittelwert lagen, wurden im Langzeitfeldversuch unter wechselnden Wind- und Helligkeitsverhältnissen Reduzierungsraten für NO₂ von 18 % und für NO von 29 % nachgewiesen (während des Messzeitraums am Tag). Bei Windstille erreichten die NO₂-Reduzierungsraten sogar bis zu 70 % (Minutenwerte). Unter Berücksichtigung der im Feldversuch vorliegenden Rahmenbedingungen werden mit AirClean® unter den in Mitteleuropa herrschenden durchschnittlichen Helligkeitsbedingungen Jahresreduzierungsraten für NO₂ in 3 m Höhe von 25 % (im Canyon, bei Tageslicht) erreicht.

Das Gutachten des Fraunhofer-Instituts liegt für alle Interessierten bereit – fordern Sie es am besten noch heute an. Oder kommen Sie vorbei – auf unsere Testfläche sind Sie jederzeit herzlich eingeladen.



Ausführung AirClean®

- Angewandetes Produkt: Marktpflaster
 - Farbgebung: porphyr
 - Flächenverlegung: 350 m²
 - Verlegezeitraum: 2010
- Objekt: Rathaus Petersberg
Ort: Gemeinde Petersberg
Planung: Gemeinde Petersberg



Das Angebot:

Vielfältig und bundesweit. Der Einsatz des speziellen photokatalytisch wirkenden Pflastersteines beschränkt sich nicht auf einzelne Pflasterausführungen, sondern kann auf fast alle Produkte angewendet werden. Dadurch entsteht eine vielfältige Auswahl an Modellen, Farben und Abmessungen.

Der Einsatzbereich:

Ob kleine Fläche mit großer Wirkung oder Großprojekte mit zukunftsweisendem Umweltgedanken – der Einsatzbereich von AirClean® ist so vielseitig wie das Produktangebot. Selbstverständlich sind Großprojekte wie Bahnhöfe, stark frequentierte Verkehrsflächen und Parkflächen prädestiniert für den Einsatz. Speziell im urbanen Raum, wo die meisten Schadstoffe entstehen, wird durch den Einsatz von AirClean® ein großer Teil Verantwortung für die Erhaltung lebendiger Lebensräume übernommen. Aber auch, wenn es um eine verbesserte Lebensqualität in Städten geht oder der Imagewert eines Kurortes gesteigert werden soll – der photokatalytisch wirkende AirClean®-Pflasterstein bringt Umweltschutz und -erhaltung auf den Punkt.



Ausführung AirClean®

- Angewandete Produkte: Primavera® VS5 37,5/37,5/12, VS5 37,5/25/12, Thüringer 30/30/8, Rinnenpflaster 16/16/10
- Farbgebung: grau
- Flächenverlegung: 3.000 m²
- Verlegezeitraum: 2008

Objekt: Straße des Friedens/
Gothaer Platz
Ort: Landeshauptstadt Erfurt
Planung: Tiefbau- und Verkehrsamt Erfurt und Ercosplan,
Hoch- und Tiefbauplanung,
Erfurt

AirClean®-Granulat

... eine völlig neue Möglichkeit, Luftschadstoffe zu reduzieren.

Die zuvor vorgestellte AirClean®-Pflastersteintechnologie zeigt eine messbare und signifikante Reduzierung der NO₂-Werte, auch in einer realen städtischen Umgebung. Allerdings kann diese Technologie bei einer Anwendung im Gehwegbereich entlang der Hauptverkehrsstraßen das Reduzierungspotential aufgrund des geringen Flächenanteils der Gehwege am gesamten Straßenbereich nicht optimal ausnutzen.

Daher haben wir einen Straßenbelag entwickelt, der in einer Hauptverkehrsstraße eingebaut werden kann, so dass eine Schadstoffreduzierung auch im Fahrbahnbereich möglich ist, also genau dort, wo sich die Emissionsquelle befindet.

Dieser neuartige Belag besteht im Wesentlichen aus einem künstlichen Granulat aus Beton, der wie bei den Pflastersteinen TiO₂ enthält. Dieses Granulat aus Beton wird mit einer speziell entwickelten Technologie direkt beim Einbau einer neuen Asphaltdeckschicht aufgestreut und eingewalzt.

Die nun auf der Oberfläche der Asphaltschicht befindlichen Granulatkörner (Splittkörner) können aufgrund des enthaltenen TiO₂ durch die photokatalytischen Eigenschaften die Luftschadstoffe NO und NO₂ zerstören (siehe zuvor Wirkungsweise Photokatalyse).

Was sich zunächst einfach anhört, ist im Detail jedoch mit einem enormen Aufwand an Entwicklungsarbeit verbunden, um einen zuverlässig wirksamen Baustoff zu erhalten.

Baustofftechnologische Eigenschaften des Airclean®-Granulats

Das AirClean®-Granulat (künstliche, gebrochene Gesteinskörnung mit photokatalytischen Eigenschaften) erfüllt alle Anforderungen der EN 13043 Gesteinskörnungen für Asphalt sowie der TL Gestein StB 04 (siehe Tabelle rechts). Damit ist für den Anwender garantiert, dass auch beim Einsatz dieses neuartigen Baustoffs alle Anforderungen aus dem straßenbautechnischen Regelwerk für Asphaltstraßen eingehalten werden können und keine Sonderbauweise vorliegt.



AirClean®-Granulat

Die baustofftechnologischen Eigenschaften wurden im Rahmen eines ZIM-Forschungsprojektes gemeinsam mit der TU Darmstadt entwickelt und nachgewiesen.

Ein Projekt gemeinsam mit der



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Gefördert durch das:

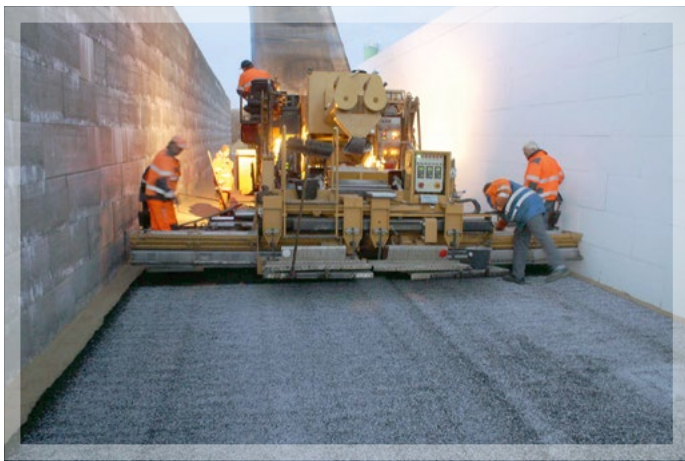


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

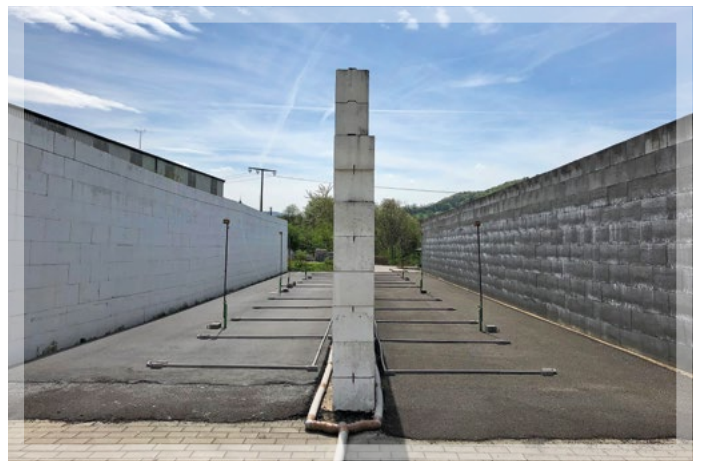
Aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Nr.	Eigenschaft	Kürzel	Einheit	Wert	Norm/TL
1.	Korngrößenverteilung	G		G _{90/15}	EN 13043 Gesteinskörnungen für Asphalt / TL Gestein StB 04
2.a	Kornform (Kornformkennzahl)	SI		SI ₁₅	
2.b	Kornform (Plattigkeitskennzahl)	FL		FL ₂₀	
3.	Gehalt an Feinanteilen	f		f ₃	
4.	Qualität der Feinanteile	MB		NPD	
5.	Trocken-Kornrohdichte		kg/dm³	2,5 - 2,7	
6.	Wasseraufnahme		M.-%	> 0,5	
7.a	Widerstand gegen Zertrümmerung	SZ		SZ ₁₈	
7.b	Widerstand gegen Zertrümmerung	LA		NPD	
8.	Widerstand gegen Polieren	PSV		PSV ₅₀	
9.	Widerstand gegen Abrieb	AAV		AAV _{NR}	
10.	Widerstand gegen Verschleiß	M		M _{DE} NR	
11.	Affinität zu bitumenhaltigen Bindemitteln		%	60 % (nach 24 h)	
12.	Widerstand gegen Hitzebeanspruchung		M.-%	NPD	
13.	Verwitterungsbeständigkeit	SB		NPD	
14.	Frost-Tausalz-Beständigkeit (1 % NaCl)		M.-%	0,6	
15.	Frost-Tauwechsel-Beständigkeit	F	M.-%	0,05	
NPD = No Performance Determined					

Eigenschaften des AirClean®-Granulats (künstliche, gebrochene Gesteinskörnung für Asphalt)



Aufbringung des AirClean®-Granulats

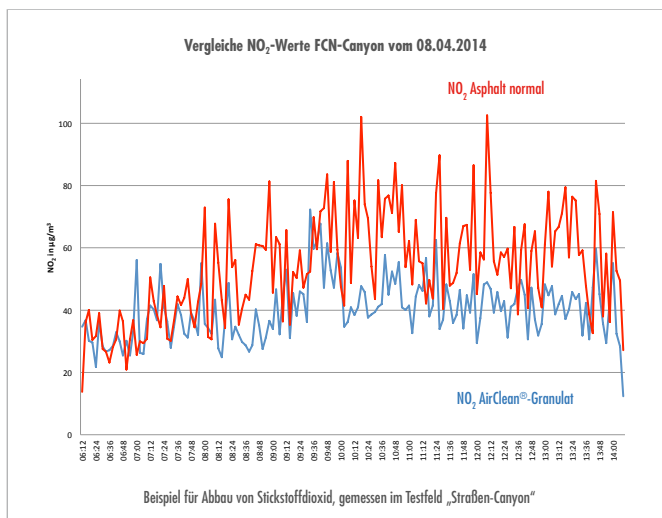
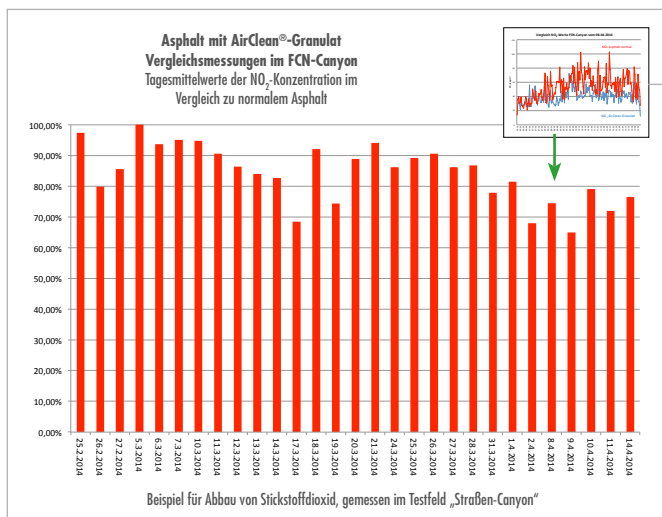


FCN-Canyon-Versuchsanlage

Nachweis der Wirksamkeit

Wie bereits im Fall der photokatalytischen AirClean®-Pflastersteine haben wir unser Canyon-Testfeld genutzt, um einen ersten Eindruck von der schadstoffreduzierenden Wirkung des AirClean®-Granulats zu gewinnen. Dazu haben wir den Canyon mit einer Asphaltoberfläche mit und ohne AirClean®-Granulat ausgestattet und wie zuvor bei den Pflastersteinen vergleichend gemessen.

Die Ergebnisse haben unsere Erwartungen vollständig bestätigt, wie die nachfolgenden Auswertungen zeigen:



Doch mit diesem Stand der Erkenntnis waren wir nicht zufrieden. Um zu einer ganzheitlichen Beurteilung der neuen Bauweise zu gelangen sowie weitere Verbesserungen der Wirkungsweise zu erforschen, wurde ein umfangreiches Forschungsprojekt im Rahmen der HighTechMatBau-Förderung initiiert und durchgeführt. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer multifunktionalen Fahrbahnoberfläche aus Asphalt.

Forschungsprojekt:

Na HiT As

Nachhaltiger HighTech-Asphalt

Ziel: Konzeption einer multifunktionalen Fahrbahnoberfläche aus Asphalt

- Photokatalytische Eigenschaften = Schadstoffabbau
- Verarbeitungs-/Überwachungstechniken = innovative Verlegetechnik
- Methoden zur Aufrechterhaltung lärmindernder Eigenschaften = Nachhaltigkeit
- Lärmindernde Textur = Lärminderung



Die abschließenden Ergebnisse werden Ende des Jahres 2018 vorliegen und im Forschungsbericht veröffentlicht. Es gibt bereits Vorabveröffentlichungen, die wir Ihnen in unserem Downloadbereich zu Verfügung stellen.

Wir sind bereits seit Mitte 2018 mit unseren Partnern aus dem Forschungsprojekt in der Lage, gemeinsam photokatalytisch wirksame Asphaltoberflächen zu bauen. Fragen Sie uns nach den Möglichkeiten.

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)/HighTechMatBau:

Produktionsstätten



KONTAKT



 Besuchen Sie uns
auf Facebook!
www.facebook.com/nuedling

 **FCN**
B E T O N E L E M E N T E

F. C. Nüdling Betonelemente GmbH + Co. KG
36037 Fulda · Ruprechtstraße 24
Telefon: 0661 8387-0 · Fax: 0661 8387-270
E-Mail: info@fcn-betonelemente.de · www.fcn-betonelemente.de

Vertrieb über:

Bitte beachten Sie, dass von der farblichen Wiedergabe der Abbildungen und Fotos nur bedingt auf die Originalfarbe und die Ausführung geschlossen werden kann.

Für die Herstellung unserer Artikel verwenden wir hochwertige Natursteinkörnungen, die den natürlichen Schwankungen unterliegen. Es ist möglich, dass sich die Oberfläche durch Nutzung bzw. Bewitterung im Laufe der Zeit verändert.