



# Gebündelte Kompetenzen für photoaktive Baustoffe

## Gemeinsam mit der Kraft der Sonne



## INITIATIVE PHOTOAKTIVE BAUSTOFFE

Unsere Baustoffe und Produkte sind als langzeitbeständige und funktions-sichere Lösungen seit Jahrzehnten im Markt etabliert.

Dies nicht ohne Grund, denn unsere Kunden erkennen die Vorteile, die sich auch aus Sicht des umweltgerechten und nachhaltigen Bauens ergeben. Dem Thema des nachhaltigen Bauens fühlen wir uns mit unseren Unternehmen besonders verpflichtet. So ist auch der Schritt zu erweiterten Funktionalitäten unserer Baustoffe nur logisch.

Nach umfangreichen Forschungen ist es uns gelungen, diese neuen Funktionalitäten unseren Baustoffen und Bauprodukten mit auf den Weg zu geben. Dabei ist es insbesondere der Schadstoffabbau durch die photoaktiven Eigenschaften, der diese Produkte aus Sicht der Luftreinhaltung interessant werden lässt.

In der »Initiative photoaktive Baustoffe« haben wir uns zusammengeslossen, um unsere Ansprüche zu verdeutlichen.

Wir bündeln unsere Aktivitäten für Boden-, Wand- und Dachbaustoffe mit photoaktiver Oberfläche mit dem Ziel, die umweltentlastende Wirkung dieser Baustoffe transparenter zu machen.

Wichtig ist dabei, dass die Wirkungen der photokatalytisch ausgerüsteten Baustoffe nicht nur in Labortests wissenschaftlicher Fachinstitute bestätigt wurden, sondern nun auch durch umfangreiche und aufwändige Freilandversuche unter Praxisbedingungen nachgewiesen werden konnten.

Sprechen Sie uns an:

**BRAAS**  
ALLES GUT BEDACHT

Dr. Rudolf Rauss  
Geschäftsführer  
Monier Braas GmbH

**FCN**  
BASALTWERKE · BETONWERKE

Ass. jur. Reinhold Weber  
Geschäftsführer  
Dipl.- Ing. Dipl.-Wirtsch.- Ing.  
Peter Nüdling  
Geschäftsführer  
FRANZ CARL NÜDLING  
Basaltwerke GmbH + Co. KG



Hermann Schläffer  
Geschäftsführer  
KEIMFARBEN GmbH & Co. KG

## GLOSSAR

### 22./39. BImSchV

Verordnungen zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.

#### 22. BImSchV

Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen.

#### 39. BImSchV

Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft.

### CO<sub>2</sub>

Kohlendioxid, wenn energetisch freigesetzt, stark Klima beeinflussender Faktor.

### Nitrat

Nitrate dienen Pflanzen als Stickstoffquelle und werden in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt.

Die Konzentration des Nitrats im ablaufenden Regenwasser der photoaktiven Oberflächen bleibt weit unterhalb des EU-Grenzwertes für Trinkwasser.

### NO<sub>x</sub>

Stickstoffoxid. Allgemein: Summe der Stickstoffoxid-Verbindungen außer Lachgas (N<sub>2</sub>O).

Die Hauptquellen sind der Nitratabbau im Boden durch Bakterien, die industrielle Verbrennung von organischen Brennstoffen und der Kraftfahrzeugverkehr.

Nach 22./39. BImSchV: „Stickstoffoxide“ – die Summe von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, ermittelt durch die Addition als Teile auf 1 Milliarde Teile und Stickoxid ermittelt durch die Addition als Teile auf 1 Milliarde Teile und ausgedrückt als Stickstoffdioxid in Mikrogramm pro Kubikmeter.

### NO<sub>2</sub>

Stickstoffdioxid, bereits bei niedrigsten Konzentrationen gesundheitsschädlich, mit Grenzwert für die menschliche Gesundheit in der 22./39. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) belegt.

### NO

Stickstoffmonoxid.

### Ozon

O<sub>3</sub>-Reizgas – erhöht die Allergempfindlichkeit, in der Stratosphäre (15–50 km Höhe) erwünscht, bodennah – unerwünscht.

Die Stoffkreisläufe der Ozonproduktion werden chemisch betrachtet durch Stickoxide geregelt und von Kohlenwasserstoffen angetrieben.

### Photokatalysator

Chemischer Stoff, der unter Einwirkung von Licht eine chemische Reaktion beschleunigt.

Spezielle Titandioxide beschleunigen die Umwandlung von NO in NO<sub>2</sub> sowie von NO<sub>2</sub> in NO<sub>3</sub><sup>-</sup> um den Faktor 30.

### Photokatalyse

Chemische Reaktion, die durch Licht (Photonen) initiiert und durch einen Katalysator beschleunigt wird.

### Photolyse

Chemische Reaktion, die durch Licht (Photonen) initiiert wird.

### TiO<sub>2</sub>

Titandioxid, kommt in drei Kristallformen vor: Anatas, Rutil, Brookit.

Als Photokatalysator kommen spezielle, modifizierte Anatas-Typen zum Einsatz.

### VOC's

volatile organic compounds = flüchtige organische Verbindungen, welche schon bei niedrigen Temperaturen wie z.B. Raumtemperatur gasförmig vorliegen bzw. verdampfen. Oberbegriff für mehr als tausend Substanzen auch in Bau- und Ausbaumaterialien.

# MIT DEM PHOTOKATALYSATOR GEGEN SCHADSTOFFE UND FÜR SAUBERE OBERFLÄCHEN

## Photoaktiv

Unsere innovativen Baustoffoberflächen wirken gegen schädliche Stickoxide, eine Reihe weiterer Schadstoffe und sorgen für saubere Oberflächen. Die Wirkung beruht auf ihrer Ausstattung mit speziellem Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ). Insbesondere die photoaktiven Eigenschaften dieser speziellen  $\text{TiO}_2$ -Typen sind seit langer Zeit in Labor und Praxis bekannt.

Nun ist es den Mitgliedern der Initiative photoaktive Baustoffe in umfangreichen Feldversuchen gelungen auch für alltägliche Anwendungen den Nachweis der photokatalytischen Wirkung ihrer Baustoffe zu erbringen.

## Photoaktiv durch Photokatalyse

Katalyse bedeutet die Beschleunigung chemischer Reaktionen durch einen dritten beteiligten Stoff, den Katalysator. Bei dem Katalysator handelt es sich um das lichtempfindliche Halbleitermaterial Titandioxid. Der Katalysator wird bei den Reaktionen nicht verändert und nicht verbraucht. Die Wirksamkeit bleibt somit ein Baustoffleben lang erhalten.

Titandioxid ist das zehnhäufigste Element der Erdkruste mit einem Anteil von 0,43 % der Erdoberfläche.  $\text{TiO}_2$  ist ungiftig und ist z. B. in Zahnpasta sowie als Weißpigment im Einsatz.

Photokatalyse bedeutet, dass die Reaktionen auf der Oberfläche des Katalysators mit Hilfe von Sonnenenergie ablaufen. Sie kann genutzt werden, um Schadstoffe wie  $\text{NO}_x$  abzubauen.

Dieser Prozess besteht aus einer ganzen Reihe physikalischer sowie chemischer Einzelreaktionen. Grundlage ist die Absorption von Energie in Form von Licht.

## Photoaktiv – gegen Stickoxide

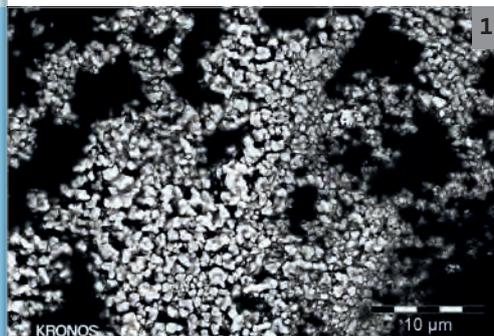
Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), gemeinsam häufig als  $\text{NO}_x$  bezeichnet, sind für Mensch und Tier schädliche Stoffe in der Atemluft. Beide rühren zu einem erheblichen Teil aus der Industrie und vom Autoverkehr her. Beim Stickstoffdioxid stammen innerstädtisch 60 bis über 90 % aus diesen Quellen.

1

An der offenen kristallinen Struktur des eingebetteten Titandioxids (Aufnahme mit dem Elektronen-Raster Mikroskop) finden die photokatalytischen Prozesse statt.

2

Wie der Vergleichsmaßstab zeigt, sind die  $\text{TiO}_2$ -Partikel zu relativ großen Agglomeraten zusammengefügt.



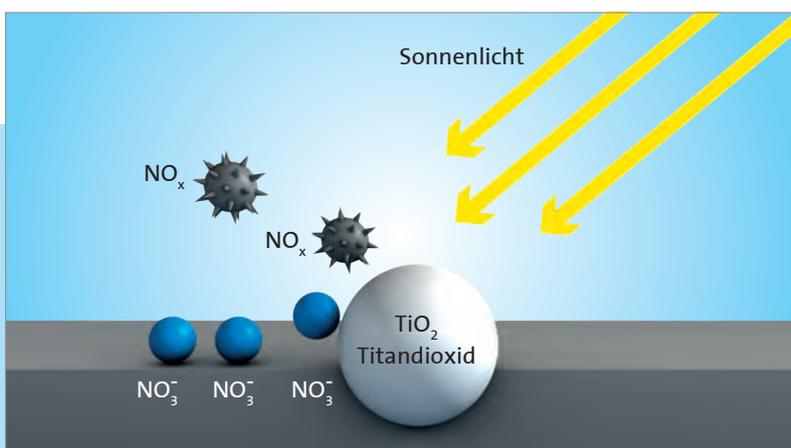


Das Stickstoffmonoxid aus Autoabgasen wird in der Luft rasch zu Stickstoffdioxid oxidiert und trägt damit unmittelbar zur Vermehrung dieses für Mensch und Tier schädlichen Stoffes bei. Seit Januar 2010 beträgt der zulässige Jahresmittelwert an Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) maximal  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft, der Stundenmittelwert darf pro Jahr nur 18-mal einen Wert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft überschreiten. Alle Kommunen sind gesetzlich aufgefordert, dies nachzuweisen. Werden die Grenzwerte überschritten, sind entsprechende Luftreinhaltepläne zur Reduzierung der Immissionen aufzustellen.<sup>(1)</sup>

Derzeit haben ca. 140 Städte in Deutschland solche Pläne aufgestellt und mussten trotz Einführung verschiedenster Maßnahmen, wie der Umweltzonen zur Reduzierung der Stickoxide, die Erfahrung machen, dass die geforderten Grenzwerte vielerorts nach wie vor überschritten werden. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass die Grenzwerte auch in nächster Zukunft insbesondere in innerstädtischen Bereichen mit einem gewissen Verkehrsaufkommen wohl nicht eingehalten werden können. An mehr als der Hälfte der städtischen, verkehrsnahen Stationen welche durch die Landesanstalten für Umwelt untersucht wurden, lagen im Jahr 2009 die  $\text{NO}_2$  Jahresmittelwerte über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im Vergleich zu den Vorjahren war die  $\text{NO}_2$ -Belastung 2009 nahezu unverändert.<sup>(2)</sup>

## Photoaktiv – gegen Schadstoffe

Durch photokatalytische Systeme werden neben Stickoxiden auch viele weitere Schadstoffe abgebaut. Die hohe Wirksamkeit wurde an folgenden Einzelstoffen überprüft: Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Ammoniakgas ( $\text{NH}_3$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), VOC (Benzol, Toluol etc.), organische Chloride, aromatische Polykondensate, Acetaldehyd und Formaldehyd. Sogar Fette und Essigsäuren werden photokatalytisch abgebaut.



(1) (Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa / BImSchG, 39. BImSchV, Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010).

(2) Umweltbundesamt (Hrsg.): Auswertung der Luftbelastungssituation 2009 Dessau-Roßlau, 19. Januar 2010 (<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3895.pdf>).

Stickoxide werden photokatalytisch zu Nitrat umgewandelt.



## Photoaktiv – für saubere Oberflächen

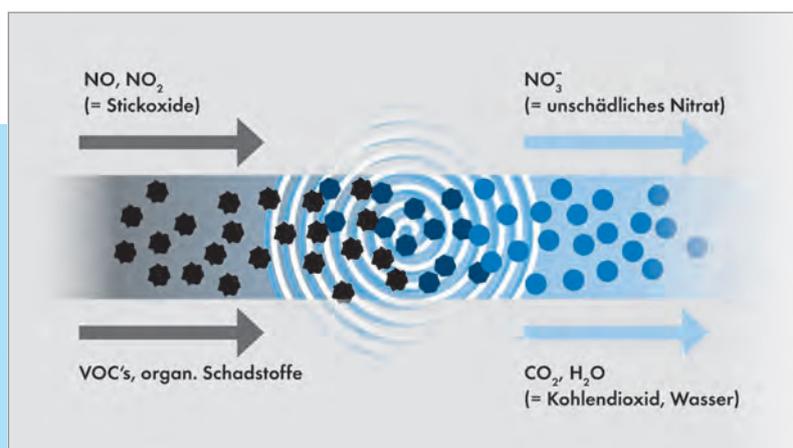
Neben den Schadstoff abbauenden Wirkungen zeigen sich auf den mit photokatalytischem  $\text{TiO}_2$  ausgerüsteten Baustoffoberflächen auch selbst-reinigende Wirkungen. Durch Photokatalyse werden auch organische Stoffe zersetzt und vom Regen abgewaschen. Das Risiko eines mikrobiellen Befalls mit Algen, Pilzen oder Flechten ist dadurch deutlich reduziert.

Dies kann eine lohnende Überlegung für die Wahl eines Produktes unter dem Gesichtspunkt der Werterhaltung sein.

## Mineralische Einbindung

Die Nutzung der Photokatalyse in Farben und Oberflächen erfordert eine besondere Einbindung des Titandioxids. Die Eigenschaft des Photokatalysators, organische Stoffe zu zersetzen, macht auch vor den organischen Bindemitteln nicht halt. Der photokatalytische Prozess würde bei organisch gebundenen Systemen zur Zerstörung des Bindemittels führen.

Nur der Einsatz von anorganischen, mineralischen Bindemitteln wie z. B. Zement und silikatischen Bindemitteln (Wasserglas, SolSilikat) erlaubt die Einbindung wirksamer Mengen photokatalytischen  $\text{TiO}_2$ , weil diese Bindemittel vom Photokatalysator nicht angegriffen werden.



Neben Stickoxiden werden auf unseren photoaktiven Baustoffoberflächen auch sonstige Luftschadstoffe durch photokatalytische Wirkung abgebaut.

## DER BEWEIS

### Können photoaktive Baustoffe einen Beitrag zur Luftreinigung leisten?

Die photoaktive Wirkung wurde nicht nur in Labortests bestätigt, sondern ist in der Praxis erprobt und bewiesen. Reine Laborauswertungen gestatten eine Aussage auf die photoaktive Wirksamkeit von photokatalytischem  $\text{TiO}_2$  im Allgemeinen. Unmittelbare Rückschlüsse auf das Verhalten in der Umwelt können aus Laboruntersuchungen alleine nicht gezogen werden.

Deshalb ist grundsätzlich bei Vergleichen Vorsicht geboten: Die Grenzwerte in den Vorschriften sind auf  $\text{NO}_2$  ausgerichtet und nicht auf die laborrelevanten  $\text{NO}_x$ -Messungen. Diese  $\text{NO}_2$ -Werte können nur in der Praxis bestimmt und überprüft werden.

Real erreichbare Reduzierungswerte wurden jetzt in Langzeitstudien im Feldversuch ermittelt.

### Praxistest im „Street-Canyon“

In mehrmonatigen Versuchsreihen wurden unsere umweltaktiven Baustoffe, das Pflaster AirClean von FRANZ CARL NÜDLING, die Braas Frankfurter Pfanne Titano/x und die Fassadenfarbe KEIM Soldalit-ME mit  $\text{MiNOx}$ -Effekt auf einem repräsentativen Prüfgelände getestet. So konnte mit Begleitung durch das renommierte Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie in Schmallenberg zunächst beispielhaft die luftreinigende Wirkung des Pflastersteins Airclean bestätigt werden. Nachfolgende Untersuchungen zeigten vergleichbare Ergebnisse für die oben genannten photoaktiven Farben und Dachsteine.

Bei den Untersuchungen wurde zeitgleich und unter gleichen meteorologischen Bedingungen die durch Photokatalyse auf den verschiedenen Baustoffoberflächen erzielte  $\text{NO}_2$  Verminderung im Vergleich zu einem nicht photokatalytischen Baustoff gemessen. Die Messung erfolgte entsprechend den Forderungen in der 22. BImSchV in 3 m Höhe.



1

Im Street Canyon Feldversuch: rechts das konventionelle Betonpflaster, links das photoaktive Pflaster AirClean von FRANZ CARL NÜDLING.

2

Auch die Fassadenbeschichtung von KEIMFARBEN wurde im Street Canyon getestet. Die rechte Wand wurde mit der photoaktiven Wandfarbe KEIM Soldalit-ME mit  $\text{MiNOx}$ -Effekt versehen. In 3 m Höhe wurde in beiden Straßenschluchten kontinuierlich gemessen.

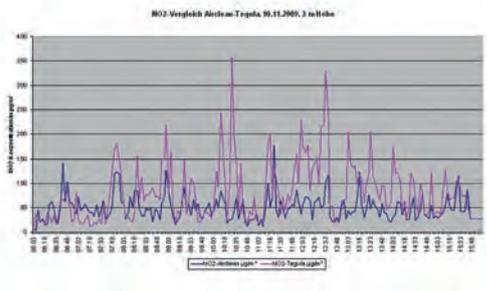
3

Im Street Canyon: links die photoaktive Frankfurter Pfanne Titano/x von Braas, rechts die klassische Frankfurter Pfanne.

4

Das Rauchbild zeigt die Überströmung des Daches mit der Frankfurter Pfanne Titano/x von Braas.

1



## DIE ERGEBNISSE

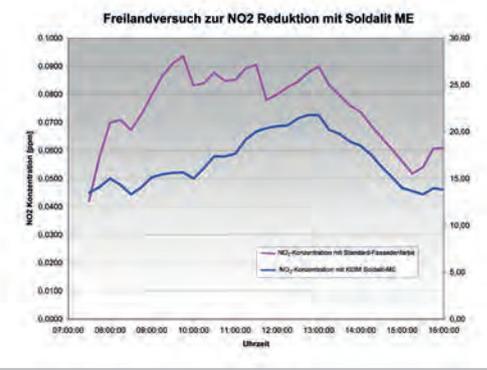
### Tatsächlich hohe Umwandlungsraten

Umwandlungsraten von bis zu 70 % konnten in Abhängigkeit von Lichtintensität, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Anströmungsintensität (Wind) ermittelt werden. Damit wurde die photokatalytische Wirkung unserer photoaktiven Baustoffe unter Umweltbedingungen nachgewiesen.

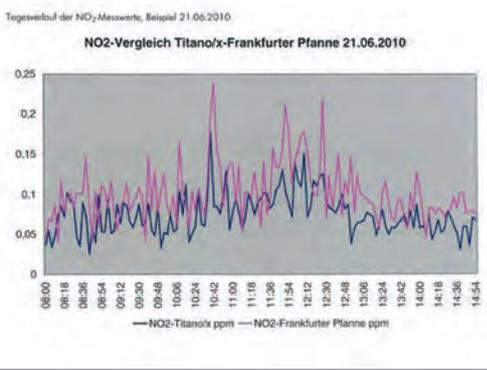
Unsere photoaktiven Baustoffe sind demnach als Maßnahme zur Schadstoffreduzierung geeignet. Sie empfehlen sich zur Berücksichtigung auch bei der Planung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung. Je mehr Flächen insgesamt mit photoaktiven Baustoffen ausgerüstet werden können, umso höher wird die lokale Reduzierungsleistung bei der NO<sub>2</sub> Verminderung sein.

Dies wird z. B. in der Stadt Fulda im Rahmen der Luftreinhaltungsplanung mit Hilfe des Pflasters AirClean in Abstimmung mit den Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz umgesetzt.

2



3



1

Beispiel einer Tagesmessung für Nüdling Airclean (Darstellung der 3-Minuten-Mittelwerte).

2

Beispiel einer Tagesmessung für die Fassadenbeschichtung KEIM Soldalit-ME (Darstellung der 15-Minuten-Mittelwerte).

3

Beispiel einer Tagesmessung für die Braas Frankfurter Pfanne Titano/x (Darstellung der 3-Minuten-Mittelwerte).



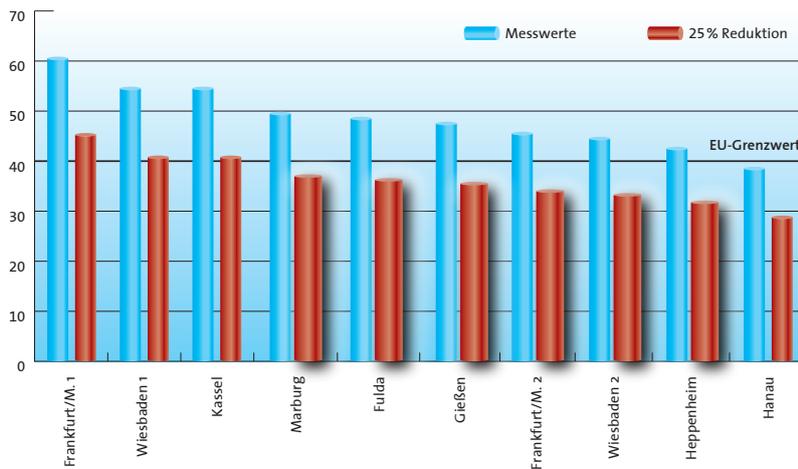
# CHANCEN FÜR UMWELTAKTIVE OBERFLÄCHEN

## Reduktionspotenziale

Gerade in Zonen, in denen die Grenzwerte überschritten werden, können die photoaktiven Baustoffe dazu beitragen, die Belastung mit Stickoxiden zu reduzieren. Je größer die Flächen, umso größer sind die Abbauleistungen.

Unten stehende Grafik zeigt an exemplarisch ausgewählten Städten, wie sich die NO<sub>2</sub>-Belastung bei einer angenommenen Reduktion der Schadstoffe um 25% darstellen könnte.

## NO<sub>2</sub>-Konzentration in der Umgebungsluft [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



Gerade in den kritischen Überschreitungsbereichen können photoaktive Baustoffe einen Beitrag zur Einhaltung der Grenzwerte leisten.





### MONIER BRAAS GMBH

Seit über 50 Jahren bietet Braas als führender Hersteller von intelligenten Dach-Systemen alle Komponenten für Dächer mit hoher gestalterischer Wirkung und großer Funktionssicherheit. Neben Dach-Steinen und Dach-Ziegeln werden von der Dachdämmung über komplette Systeme zur Unterkonstruktion, sichere Dachdurchgänge sowie energetisch aktive Bauteile, abgestimmte und langzeitbeständige Lösungen für sichere Dächer geliefert.

Die gestiegenen Rahmenbedingungen des Bauens fordern neben gestalterischen und funktionalen Faktoren zunehmend ökologisch verträgliche und umweltrelevante Produkte. Diesem Trend zum „Nachhaltigen Bauen“ mit ökologischen Qualitäten wird das Unternehmen unter seinem Motto „Alles gut bedacht“ gerecht. Produkte mit besonders nachhaltigem und ökologischem Profil stehen deshalb im Mittelpunkt neuer Entwicklungen und Optimierungen.

#### Kontakt

Monier Braas  
GmbH  
Frankfurter Landstraße 2-4  
D-61440 Oberursel  
Telefon: 06171. 61-014  
Telefax: 06171. 61-23 00  
braas.de@monier.com  
www.braas.de

### FRANZ CARL NÜDLING BASALTWERKE GMBH + Co. KG

Die Firma FRANZ CARL NÜDLING Basaltwerke GmbH + Co. KG ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit langer Tradition, die bis ins Jahr 1893 zurückreicht.

Das Unternehmen stellt in drei Untergesellschaften hochwertige Baustoffe aus Natursteinen und Beton für den Wohnungs-, Industrie-, Straßen-, Wege- und Betonbau und die Garten- und Landschaftsgestaltung her.

Die Produkte bilden die Grundlage für gesundes Leben und Wohnen, kreative bautechnische Gestaltung und aktiven Umweltschutz. Gerade Umweltschutz und Nachhaltigkeit stehen bei FCN im Vordergrund.

Ständig werden neue innovative Produkte entwickelt, die diesen Ansprüchen gerecht werden. AirClean Pflastersteine sind hierfür nur ein Beispiel.

#### Kontakt

FRANZ CARL NÜDLING  
Basaltwerke GmbH + Co. KG  
Ruprechtstraße 24  
36037 Fulda  
Telefon: 0661. 83 87-0  
Telefax: 0661. 83 87-270  
info@nuedling.de  
www.nuedling.de

### KEIMFARBEN GMBH & Co. KG

Seit mehr als 130 Jahren ist der Name KEIM unverrückbar verbunden mit dem Begriff der Mineral- bzw. Silikatfarben und steht stellvertretend für Qualitätsmerkmale wie Lebensdauer und Werterhalt. Die Überzeugung vom Mehrwert mineralisch-silikatischer Bauprodukte bildet seit jeher den Kern der Unternehmensphilosophie des Hauses KEIM.

Was mancher nicht weiß – das mittelständische Unternehmen verfügt auch über eine mehr als dreißigjährige Erfahrung in den Produktbereichen Wärmedämmung und Betonsanierung. Systeme zur Natursteininstandsetzung und mineralische Putze und Spachtelmassen runden die Produktpalette ideal ab.

Heute präsentiert sich KEIM als modernes, leistungsfähiges und hoch innovatives Industrieunternehmen, das zunehmend Maßstäbe setzt. So hat sich KEIM längst zu einem Trendsetter in Sachen „Nachhaltiges Bauen und Sanieren“ entwickelt. Innovative Produkte – kompromisslos in Sachen Qualität und konsequent in der mineralischen Philosophie – überzeugen immer mehr Bauherrn, Planer und Verarbeiter von der Leistungsstärke des Hauses KEIM.

#### Kontakt

KEIMFARBEN  
GmbH & Co. KG  
Keimstraße 16  
86420 Diedorf  
Telefon: 0821. 48 02-0  
Telefax: 0821. 48 02-210  
info@keimfarben.de  
www.keimfarben.de

#### Kontakt

Initiative photoaktive Baustoffe  
c/o Dr. Kiefhaber+Zebe Ingenieur Consult GmbH  
Schumannstr. 1 · 67655 Kaiserslautern  
Tel. 0631. 34 288 983 · Fax: 0631. 34 288 985  
www.photoaktivebaustoffe.de  
info@photoaktivebaustoffe.de

 zukunftsweisend  
umweltaktiv  
Initiative photoaktive Baustoffe