

Besonderheiten bei Industrieböden

Der Begriff »Industrieböden« stellt einen Sammelbegriff für befahrbare Betonplatten dar, die speziell auf die Anforderungen der jeweiligen Industriezweige angepasste Eigenschaften aufweisen müssen. Aus diesem Grunde müssen sowohl die Baustoffe besondere Anforderungen erfüllen, als auch die Verarbeiter und im Besonderen die Planer besondere Erfahrungen mit der Herstellung von Industrieböden besitzen.

In diesem Artikel soll nur auf einige, wenige Punkte eingegangen werden, die im Rahmen der Planung häufig nicht in ausreichendem Umfang berücksichtigt werden und die aus diesem Grunde häufig die Ursache für Rechtsstreitigkeiten darstellen. Bei den hier dargestellten Beispielen handelt es sich um Beeinträchtigungen der Optik (Holzeinschlüsse und zersetzliche, eisenhaltige Gesteinskörner) sowie aus Industrieböden herausstehende Stahlfasern. Alle drei Themen wurden im ADIV (Allgemeiner deutscher Industriebodenverein) in der jüngeren Vergangenheit intensiv diskutiert. Im Ergebnis wurden ADIV-Leitfäden erarbeitet, die teilweise die Grundlage dieses Artikels darstellen. Die jeweiligen ADIV-Leitfäden [5, 6, 7] und [8] sind bei Interesse auf der Internetseite des ADIV herunterzuladen.

Auf weitere Schäden, deren Ursachen, mögliche Maßnahmen zur Reduzierung des Schadensrisikos sowie auf Maßnahmen zum Nachweis der Schadensursache wird in dem Buch »Industrieböden [12] eingegangen. Neben den bereits erwähnten optischen Beeinträchtigungen werden in diesem Buch u. a. die Themen wie

- »Betonabplatzungen bei Industrieböden«,
 - »Risse in Industrieböden«,
 - »Nachweis des Rutschwiderstandes von Industrieböden«,
 - »Blasenbildungen bei beschichteten Industrieböden« sowie
 - »Frost- und/oder Frost-Tausalz-Schäden im Außenbereich«
- eingegangen. Aufgrund der in der Praxis immer wieder vorgefundenen Probleme bei der Planung und Ausführung von WHG-Flächen (Flächen, bei denen das Wasserhaushaltsgesetz berührt wird) wurden auch diese dort behandelt.

1 Planung von Industrieböden

Industrieböden müssen in Abhängigkeit von der konkreten Beanspruchung im jeweiligen Objekt unterschiedliche Eigenschaften wie z. B. eine mechanische und ggf. chemische Belastbarkeit aufweisen. Da die erforderlichen Eigenschaften der Industrieböden abhängig von der Nutzung sind und Bauherrn teilweise Extrawünsche z. B. an die Optik der Böden haben, besteht eine der

wesentlichen Aufgaben des Planers darin, die zu erfüllenden Anforderungen mit dem Bauherrn zu erörtern und im Leistungsverzeichnis konkret zu beschreiben. Aus diesem Grunde beginnt die sachgerechte Planung eines Industriebodens mit der Analyse der zu erwartenden Beanspruchungen, wobei eine Vielzahl an Einwirkungen zu berücksichtigen ist. Nachfolgend sind nur einige Eigenschaften exemplarisch genannt, die teilweise von Bauherrn gewünscht bzw. erwartet werden:

- Industrieböden müssen eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen, dürfen keine Spurrinnen ausbilden und müssen ggf. hohen statischen und dynamischen Punkt- und Flächenlasten standhalten.
- Darüber hinaus müssen sie ggf. einen ausreichenden Verschleißwiderstand gegenüber rollenden, schleifenden und stoßenden Beanspruchungen aufweisen, wobei in diesem Fall dringend zu empfehlen ist, über die Expositionsklasse »XM« der Betonnorm hinausgehende, im Leistungsverzeichnis konkrete Anforderungen an den zu erreichenden Verschleißwiderstand zu stellen.
- Sie sollten möglichst riss- und hohllagenfrei sein, wobei es zu den Aufgaben des Planers gehört, die zulässigen Rissbreiten mit dem Bauherrn zu diskutieren und die damit in Verbindung stehenden Kosten abzuschätzen. Dies ist aus dem Grunde besonders wichtig, dass eine signifikante Beschränkung der Rissbreiten mit erheblichen Kosten verbunden ist.
- Auch ist zu empfehlen, dass der Planer festlegt, welche Abreißfestigkeit der Industrieboden zum Zeitpunkt der Übergabe aufweisen soll. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn der Industrieboden in der Zukunft ggf. beschichtet werden soll.
- Bei einigen Anwendungsfällen dürfen keine signifikanten Mengen an Staub im Rahmen der Nutzung freigesetzt werden. Sofern die Staubbildung des Industriebodens begrenzt werden soll, muss der Planer den Ausführenden darauf hinweisen, dass staubreduzierende Maßnahmen zu ergreifen sind. Neben den durch die Staubreduzierung begründeten Anpassungen bei den verwendeten Baustoffen und der Ausführung der Arbeiten sollten in diesem Fall weitergehende, anlagentechnische Vorkehrungen (z. B. in Form einer Staubabsaugung) seitens des Planers getroffen werden.
- In Abhängigkeit vom Anwendungsfall müssen Industrieböden ggf. beständig gegenüber chemischen Einwirkungen (z. B. durch Säuren oder Salzen) sein und sofern auf dem Industrieboden wassergefährdende Stoffe gelagert werden auch noch eine ausreichende Dichtheit gegenüber den vor Ort zu erwartenden, wassergefährdenden Stoffen aufweisen.

- Besondere Industrieböden (z.B. in Hochregallagern) erfordern darüber hinaus erhöhte Ebenheiten, die über die Festlegungen der DIN 18202 hinausgehen. Derartige Industrieböden müssen im Normalfall unter Verwendung lasergesteuerter Einbaugeräte hergestellt werden.
- Im Einzelfall (z.B. bei Tankstellen, Lackierbetrieben oder der Lagerung brennbarer Flüssigkeiten) sind zusätzlich elektrostatische Aufladungen zu vermeiden, da diese die Explosionsgefahr erhöhen. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass sich ggf. auch weitergehende Anforderungen aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG-Flächen) an die vor Ort auftretenden Stoffe ergeben.

Neben den oben erwähnten Eigenschaften müssen Industrieböden (da sie im Normalfall begangen werden und Arbeitsbereiche darstellen) zusätzlich eine ausreichende Rutschsicherheit aufweisen, um die Gefahr von Arbeitsunfällen zu reduzieren (Vorgaben in den Merkblättern der Berufsgenossenschaften).

Abschließend wünschen sich Bauherren nicht selten auch noch, dass die Industrieböden gut aussehen und pflegeleicht sein sollen. Auch und gerade diese besondere Anforderung an die Optik ist im Vorfeld mit dem Bauherren zu besprechen, da die Optik keine übliche Eigenschaft von Industrieböden darstellt und aus diesem Grunde im Normalfall nicht maßgeblich ist. Dies ist besonders deshalb von besonderer Bedeutung, da aus den besonderen Vorgaben an die Optik von Industrieböden im Regelfall erhebliche Kostensteigerungen resultieren. So sollten bei optisch repräsentativen Industrieböden u.a. Aussagen zum Glätten des Industriebodens z.B. in den Randbereichen im Leistungsverzeichnis getätigt werden, um spätere Streitigkeiten zu vermeiden. Auch muss in diesem Fall geregelt werden, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, wenn z.B. Holzeinschlüsse oder zersetzliche, eisenhaltige Bestandteile in der Oberfläche der Industrieböden auftreten. Weiterhin ist in diesem Fall festzulegen, wie mit sichtbaren oder sogar aus dem Industrieboden herausstehenden Stahlfasern umzugehen ist.

Dabei gehört es zu den wesentlichen Aufgaben des Planers den Bauherren auch über die Vor- und Nachteile dieser besonderen Eigenschaften und im Besonderen über die damit verbundenen Kosten zu informieren. So wird ein besonders stark ausgeglätteter Boden (optische Anforderung) gleichzeitig eine Reduzierung des Rutschwiderstandes nach sich ziehen.

Um die vom Bauherren gewünschten Eigenschaften zu erreichen, können die Industrieböden in Abhängigkeit von den Anforderungen des Bauherren z.B. geschliffen werden, mit Hartstoffvergütungen (Hartstoffestriche oder Hartstoffeinstreuungen), Silikatisierungen bzw. Hydrophobierungen oder auch mit Kunstharzbeschichtungen versehen werden.

2 Arten von Industrieböden

Die einfachste und kostengünstigste Ausführungsart stellt eine »Betonplatte ohne Oberflächenvergütung« dar, allerdings weisen diese Industrieböden weder einen erhöhten Verschleißwiderstand noch einen erhöhten chemischen Widerstand auf. So besitzen diese Industrieböden ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von punktuellen Abplatzungen (sog. Popouts z.B. oberhalb von Holzeinschlüssen oder zersetzlichen, eisenhaltigen Gesteinskörnern) und müssen weder Anforderungen an eine besondere Optik noch an eine erhöhte Reinigungsfähigkeit aufweisen. Soll z.B. die Reinigungsfähigkeit und/oder die Staubentwicklung von Industrieböden begrenzt werden, so werden die



Abb. 1 a+b: Geschliffener und silikatisierter Industrieboden

Bodenplatten häufig geschliffen und mit einer Silikatisierung versehen (siehe Abb. 1).

Flächen, die einen erhöhten Verschleißwiderstand aufweisen sollen, werden üblicherweise unter Verwendung von Hartstoffsystemen (Hartstoffeinstreuung oder Hartstoffestrich) hergestellt, die einen höheren Abriebwiderstand und eine größere Härte aufweisen. Der Abriebwiderstand der Oberfläche von Industrieböden steigt üblicherweise von unbehandelten Betonen, über geschliffene Betone, geschliffene und silikatisierte Betone (Abb. 2), weiter über Hartstoffeinstreuungen und Hartstoffestriche bis hin zu geschliffenen Hartstoffestrichen an.

Mit Kunstharzen versehene Industrieböden weisen im Vergleich zu den anderen Ausführungsarten den höchsten chemischen Widerstand auf, was allerdings mit einem geringeren

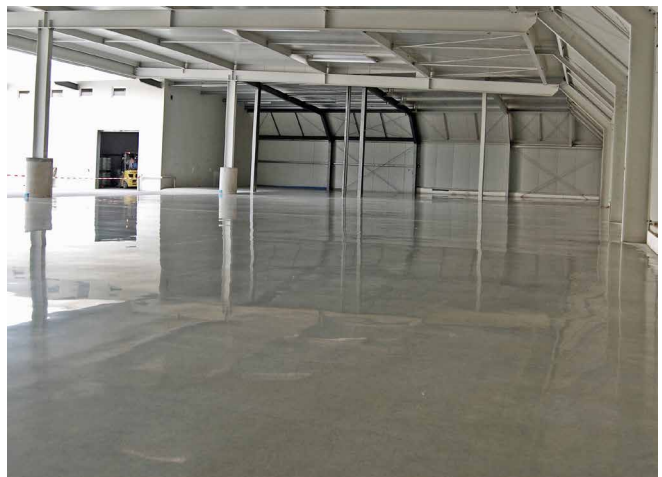


Abb. 2: Mit einer Hartstoffeinstreuung versehener und anschließend geschliffener und silikatisierter Industrieböden

Verschleißwiderstand und einer reduzierten mechanischen Belastbarkeit erkauft werden muss. Aufgrund des besonderen, chemischen Widerstands und der hohen Kosten kommen Kunstharzbeschichtungen bzw. Kunstharzestriche üblicherweise nur in speziellen Anwendungsbereichen zum Einsatz, insbesondere dann, wenn eine besondere Optik erreicht werden soll.

3 Optische Bedeutung von Industrieböden

Industrieböden sollen in erster Linie dem Zweck dienen, die einwirkenden Beanspruchungen schadensfrei aufzunehmen. So müssen Industrieböden im Normalfall dafür geeignet sein, u. a. die Befahrung mit Gabelstaplern und Handhubwagen schadensfrei aufzunehmen.

Aus diesem Grunde müssen übliche Industrieböden i. d. R. nur sehr geringe Anforderungen an die Optik erfüllen. Wünscht ein Bauherr einen optisch repräsentativen Industrieboden, so muss der Planer dies bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses berücksichtigen, entsprechende Maßnahmen planen und den Ausführenden auf die besondere Bedeutung der Optik hinweisen, da sich hieraus eine Vielzahl an erforderlichen Zusatzmaßnahmen ergeben. Aus diesem Grunde heißt es auch im **BEB-Merkblatt »Betonböden für Hallenflächen«** [9]:

»Die Nutzungseigenschaften eines Industriebodens stehen gegenüber dem optischen Erscheinungsbild im Vordergrund.«

Eine ähnliche Formulierung findet sich auch in dem DBV-Merkblatt »Industrieböden« [10] in dem Folgendes zu finden ist:

»Bei Lager-, Produktions- und Werkshallen stehen üblicherweise funktionale Anforderungen gegenüber dem Erscheinungsbild des Industriebodens im Vordergrund. Für solche Arten der Nutzung ist das Erscheinungsbild des Industriebodens nicht automatisch ein Bestandteil der Oberflächenbeschaffenheit.«

Darüber hinaus wird im **BEB-Merkblatt** [9] darauf hingewiesen, dass sich Farb- und Strukturunterschiede mit zunehmendem Alter und im Laufe der Nutzung deutlich verringern.

Soll ein Industrieboden erhöhte optische Ansprüche erfüllen, so muss dies bereits im frühen Stadium der Planung mit dem Bauherrn besprochen werden, u. a. da die damit in Verbindung stehenden Maßnahmen kostenmäßig ggf. deutlich zu Buche schlagen:

- Größenordnung der Rissbreitenbeschränkung,
- Freiheit von Holz und pyritartigen Bestandteilen bzw. Festlegung von Maßnahmen zur Beseitigung dieser Bestandteile,
- Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt der Herstellung des Bodens,
- Farbgleichheit des Bodens,
- Kratzempfindlichkeit der Oberfläche des Bodens,
- Löcher in der Oberfläche des Bodens,
- Reinigungsfähigkeit des Bodens.

Diese Punkte müssen seitens des Ausführenden bei normalen Industrieböden nur in untergeordnetem Umfang berücksichtigt werden, sodass im Rahmen der Planung gesonderte Maßnahmen zur Sicherstellung der gewünschten Eigenschaften festzulegen sind. Da die o. g. Kundenwünsche im Vorfeld der Planung aber nur sehr selten ausreichend behandelt werden, entstehen nach der Fertigstellung der Industrieböden häufig Diskussionen z. B. über die Optik der Industrieböden. Nicht selten stellt sich der Bauherr zu diesem Zeitpunkt vor, dass eine Beschichtung auf den gesamten Industrieboden aufgebracht wird, um die Optik und die Einheitlichkeit des Industriebodens herzustellen.

Die obigen Ausführungen sind aber natürlich nicht so zu verstehen, dass der Ausführende im Rahmen der Herstellung des Industriebodens den Anspruch an die sach- und fachgerechte Ausführung der Arbeiten außer Acht lassen darf, ohne dass er diesbezüglich zur Rechenschaft gezogen wird. Die geringe optische Bedeutung eines Industriebodens ist kein Freifahrtschein für eine schlechte Ausführungsqualität.

3.1 Leichtgewichtige, organische Bestandteile

Sind leichtgewichtige, organische Bestandteile (wie z. B. poröses Altholz, Torfeinschlüsse, Kohlestücke oder ähnliches) in den Ausgangsstoffen (i. d. R. in den Gesteinskörnungen) der Betonherstellung enthalten, so schwimmen diese beim Einbringen und Verdichten aufgrund ihrer geringen Rohdichte auf und reichern sich – nur bedeckt von einer dünnen Zementleimschicht – knapp unter der Oberfläche des Industriebodens an. Aufgrund des umgebenden Zementleims sind diese unerwünschten Bestandteile während des Betoneinbaus und bei der maschinellen Bearbeitung der Oberfläche zunächst nicht erkennbar. Erst im Laufe der Nutzung (z. B. nach der Befahrung mit Flurförderzeugen) werden sie sichtbar, wodurch die Optik des Industriebodens ggf. gestört wird (siehe Abb. 3).



Abb. 3 a+b: In einem Industrieboden enthaltene Holzeinschlüsse

3.1.1 Normative Grundlagen

Gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit **DIN EN 12620** ist die Menge an leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen normativ

- bei feinen Gesteinskörnungen auf $< 0,5 \text{ M.-%}$ und
 - bei groben Gesteinskörnungen auf $< 0,1 \text{ M.-%}$
- begrenzt. Erhöhte Anforderungen finden sich z.B. in der **ZTV-Ing.** oder im Anhang G der **DIN EN 12620** (2008). In beiden Regelwerken wird die Menge an leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen
- bei feinen Gesteinskörnungen auf $< 0,25 \text{ M.-%}$ und
 - bei groben Gesteinskörnungen auf $< 0,05 \text{ M.-%}$
- beschränkt. Allerdings ist festzustellen, dass es sich bei den genannten Mengen dennoch umso große Anteile handelt, dass zum Teil erhebliche Mengen an leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen im Bereich der Oberfläche von Industrieböden auftreten können. Hierauf weist die **DIN EN 12620** (2013) im »informativen« Anhang C auch hin:

»Einige Bestandteile der Gesteinskörnungen können, falls sie dicht unter der Betonoberfläche liegen, die Oberflächenbeschaffenheit des Betons nachteilig beeinflussen, indem sie Fleckenbildung, Verfärbungen, Quellen oder Aussprengungen (pop-outs) verursachen. Reaktive Eisensulfide und Braunkohle sind zwei Beispiele für Stoffe, die sich im Beton in dieser Weise auswirken können.«

Hierauf basierend findet sich im **DBV-Merkblatt »Industrieböden«** [10] der nachfolgende Hinweis:

*»Auch bei Verwendung eines Betons nach **DIN EN 206-1** **DIN 1045-2** und sorgfältiger Bearbeitung der Betonoberfläche können Oberflächenstörungen nicht ausgeschlossen werden.«* Oberflächenstörungen im Sinne dieses Abschnitts sind z.B.:

- Popouts infolge des Sprengdrucks gering verfestigter Gesteinskörner,
- Fehlstellen infolge aufgeschwommener, organischer Bestandteile,
- flächige oder teilflächige Abwitterungen einer dünnen Zementsteinschicht,
- Abplatzungen infolge einer Frosttausalzeinwirkung,
- Ablösungen einer oberflächennahen Betonschicht oder
- aus der Betonoberfläche herausstehende Stahlfasern.

3.1.2 Abschätzung der »normativ zulässigen« Anzahl an Popouts in der Oberfläche von Industrieböden

Da selbst bei Einhaltung der höchsten Anforderungen an die Menge leichtgewichtiger, organischer Bestandteile in den Gesteinskörnungen deutliche optische Beeinträchtigungen in der Oberfläche der Industrieböden entstehen können, erfolgt nachfolgend eine Abschätzung der normativ zulässigen Menge dieser Bestandteile, die im Rahmen der Nutzung zu Schadstellen (hier am Beispiel von Holz) in der Oberfläche der Industrieböden führen können. Dieser Abschätzung liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

- Verwendung von 1.000 kg grober Gesteinskörnung $> 4 \text{ mm}$ (Sieblinie A/B 16) pro m^3 Beton,
- 0,05 M.-% Holz dürfen in der groben Gesteinskörnung enthalten sein (Vorgabe der **ZTV-Ing.** bzw. des Anhangs G der **DIN EN 12620** (2008)),
- Die Betonplatte weist eine Einbaustärke von 20 cm auf.
- Die Holzstücke weisen eine mittlere Masse von 1,3 g (bei Annahme einer Holzrohichte von 600 kg/m^3 und einem Durch-

messer der Holzstücke von 16 mm) auf;

- Die leichtgewichtigen, organischen Bestandteile aus den obersten 2 cm schwimmen aufgrund ihrer geringen Rohdichte bis knapp unter die Betonoberfläche auf.

Auf Basis dieser Annahmen lassen sich die Mengen an Holzstücken, die in der Betonoberfläche auftreten können, berechnen. Bei einer angenommenen Größe der Holzstücke von 16 mm können selbst bei Beachtung der schärfsten normativen Vorgaben **8 Holzstücke pro Quadratmeter** in der Betonoberfläche auftreten, bei einer angenommenen Korngröße von 4 mm sind es bereits ca. **500 Holzstücke pro Quadratmeter**. Die konkrete Berechnung ist [12] zu entnehmen.

3.1.2 Schadensbeurteilung

Tief im Beton enthaltene, leichtgewichtige, organische Bestandteile beeinträchtigen im Normalfall die Dauerhaftigkeit der Industrieböden nicht. Allerdings stören in der Oberfläche der Industrieböden enthaltene, leichtgewichtige, organische Stoffe wie Holz sowohl die Optik als auch ggf. die Gebrauchstauglichkeit des Industriebodens. So ist zu berücksichtigen, dass eine Vielzahl an Abplatzungen aufgrund leichtgewichtiger, organischer Bestandteile selbst bei Einhaltung der schärfsten Anforderungen an deren Begrenzung entstehen kann.

Erschwerend kommt hinzu, dass das Ausmaß an Abplatzungen oberhalb dieser Bestandteile durch das Befahren der Industrieböden noch weiter gesteigert wird. So können die hohen, auf den Industrieboden einwirkenden Punktlasten z.B. bei der Nutzung von Elektroameisen (Abb. 4) hier ggf. nicht sachgerecht aufgenommen werden und führen zur Entstehung von Ausbrüchen in der Oberfläche des Industriebodens.



Abb. 4: Übliche Nutzung von Industrieböden

Aufgrund der »großen, zulässigen« Menge an leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen wird im Streitfall häufig darüber diskutiert, wer ggf. aufgetretene Abplatzungen zu beseitigen bzw. die Beseitigung zu bezahlen hat. Selbst wenn der Planer im Rahmen der Ausschreibung darauf hingewiesen hat, dass der Lieferant »eine Gesteinskörnung frei von leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen« einzusetzen hat, variiert die Meinung der Sachverständigen und vor allem der Juristen im Rahmen der Beurteilung der Verantwortlichkeit derartiger Schäden stark.

Einige Sachverständige sind der Ansicht, dass der Bauherr derartige Schäden akzeptieren muss, da sich eine vollständige Freiheit von leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen auch

bei größter Sorgfalt nicht sicherstellen lässt. Andere meinen, dass anstelle normaler Gesteinskörnungen in diesen Fällen generell gebrochene Gesteinskörnungen hätten eingesetzt werden müssen, da die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten leichtgewichtiger, organischer Bestandteile bei gebrochenen Gesteinskörnungen deutlich geringer ist. Wieder andere vertreten die Meinung, dass die Gesteinskörnungsproduzenten die Verantwortung für diese Schäden zu tragen haben, da allein sie verantwortlich für das Vorhandensein der leichtgewichtigen, organischen Bestandteile im Beton sind.

Sowohl bei der juristischen als auch der sachverständigen Bewertung von Abplatzungen durch leichtgewichtige, organische Bestandteile ist zu prüfen, welche Vertragsbeziehung für den Streit wesentlich ist, wobei im Normalfall zwischen den nachfolgenden Vertragsbeziehungen zu differenzieren ist:

- Gesteinskörnungsproduzent zu Transportbetonwerk,
- Transportbetonwerk zu Bauunternehmer,
- Bauunternehmer zu Bauherrn,
- Bauherr zu Planer.

In jedem Fall ist darauf hinzuweisen, dass der Planer bereits im Vorfeld der Planung mit dem Bauherrn abstimmen sollte, ob das Auftreten von Abplatzungen über leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen zulässig ist. Falls nicht, so müssen planerisch Maßnahmen zur Reduzierung der Gefahr für die Entstehung dieser Abplatzungen ergriffen werden, die durch den Bauherrn zu vergüten sind. Dies gilt im Besonderen vor dem Hintergrund, dass leichtgewichtige, organische Bestandteile nicht nur zur Ausbildung von Abplatzungen führen, sondern gleichzeitig die Reinigungsfähigkeit des Industriebodens reduzieren und die Gebrauchstauglichkeit des Industriebodens bei der Befahrung mit Elektroameisen oder Handhubwaagen beeinträchtigen können.

Für die Begrenzung der Menge (Ausführungsvariante 2) bzw. zur Vermeidung entsprechender Abplatzungen (Ausführungsvarianten 3–5) kommen u. a. die in Tabelle 1 genannten Maßnahmen in Frage.

Bei der Bewertung entsprechender Schäden ist zu berücksichtigen, dass zwischen der Menge an Abplatzungen »pro Messfeld« und der »mittleren Menge an Abplatzungen über alle

Messfelder« zu differenzieren ist. Diesbezüglich wird auf die im Leitfaden 2.1.6 des ADIV [8] beschriebene Vorgehensweise verwiesen. Werden planerisch keine entsprechenden Maßnahmen (Ausführungsvarianten 3–5 der Tabelle 1) festgelegt, so sind Abplatzungen aufgrund von leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen nicht zu vermeiden. Ist der Bauherr nicht bereit, die in Tabelle 1 genannten Maßnahmen der Ausführungsvarianten 3–5 zu vergüten, dann muss er die in den Spalten 3 und 4 der Tabelle 1 genannten Mengen an Abplatzungen oberhalb dieser Bestandteile hinnehmen. Zur Sanierung entsprechender Schadstellen siehe [12].

3.2 Zersetzliche, eisenhaltige Bestandteile

Zersetzliche, eisenhaltige Bestandteile können aus unterschiedlichen, i. d. R. sulfidischen Eisenerzen bestehen, die an der Luft oxidieren. Im nachfolgenden Abschnitt wird exemplarisch nur auf Pyrite eingegangen, wobei die Reaktionsprozesse bei den anderen, zersetzlichen Eisenerzen in sehr ähnlicher Art und Weise ablaufen.

3.2.1 Zugrunde liegende chemische Reaktion

Pyrit ist ein in der Natur häufig vorkommendes Mineral, welches als Begleitbestandteil in nahezu allen üblichen Gesteinskörnungsvorkommen auftreten kann und aus Eisensulfid (FeS_2) besteht (Abb. 5).

Eisenerze wie Pyrit zersetzen sich unter dem Einfluss von Luftsauerstoff unter Bildung von Eisenoxid/-hydroxid (Rost). Beson-

Tabelle 1: In der Betonoberfläche eines Industriebodens nicht zu vermeidende Anteile an leichtgewichtigen, organischen Bestandteilen [6]

Ausführungsart		Nicht zu vermeidende Menge (Stck./m ²)	
		Pro Messfeld	Mittelwert über alle Messfelder
1	Industrieboden aus Kiesbeton ohne weitere Oberflächenvergütung	8	4
2	Industrieboden mit einer Hartstoffeinstreuung	6	3
3	Industrieboden aus Splittbeton ohne weitere Oberflächenvergütung	0	0
4	Industrieboden mit einem Hartstoffestrich nach DIN 18560-7	0	0
5	Industrieboden mit einer Kunstharzbeschichtung	0	0



Abb. 5: a+b Pyritader in einem Gesteinskörnungsvorkommen

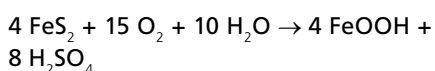
ders häufig werden Pyrite in Vorkommen von tonigen Sedimenten, Schieferton oder Mergel vorgefunden. Darüber hinaus treten pyrithaltige Bestandteile verstärkt in Flusskiesen und sanden auf.

Sind pyrithaltige Gesteinskörner im oberflächennahen Beton enthalten, so treten üblicherweise Treibreaktionen durch die Reaktion dieser Körner mit Wasser und Sauerstoff auf, wobei Popouts und »Rostfahnen« entstehen (Abb. 6).



Abb. 6: Braunverfärbungen aufgrund zersetzlicher, eisenhaltiger Gesteinskörnungen (Pyrit)

Im Rahmen dieser Oxidationsreaktion werden die zersetzlichen Eisensulfide (FeS_2) unter Zufuhr von Wasser und Sauerstoff nach der stark vereinfachten Reaktionsgleichung aus Formel 1 unter Bildung von Schwefelsäure (H_2SO_4) zu Goethit (FeOOH) (Hauptbestandteil von Rost) umgewandelt:



Formel 1: Chemische Reaktion bei der Oxidation des Pyrits

Die tatsächliche Reaktion erfolgt über verschiedene Zwischenprodukte, wobei u. a. gelber Schwefel (Abb. 7) und in der Folge grünlich-bräunliches Eisensulfat (Abb. 8) als Zwischenprodukte entsteht.

Als Endprodukt dieser Reaktion entstehen neben Goethit weitere Eisenoxide und -hydroxide (Rost), die sich als »Rost« auf der Betonoberfläche bemerkbar machen. Damit die Oxidation der im Beton enthaltenen, eisenhaltigen Gesteinskörner (Pyrite) ablaufen kann, muss ebenso wie bei der Stahlkorrosion im Beton eine ausreichende Menge an Feuchtigkeit und Sauerstoff vorhanden sein. Darüber hinaus läuft die Oxidationsreaktion bevorzugt bei geringeren pH-Werten ab, weshalb tiefer im Beton liegende Gesteinskörner erst reagieren, wenn die Carbonatisierungsfront diese Körner erreicht und



Abb. 7: Schwefel, der als Zwischenprodukt der Reaktion auftritt

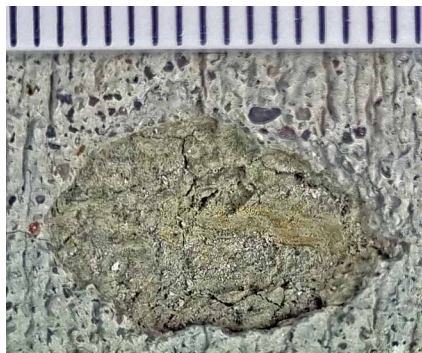


Abb. 8: Eisensulfat, welches als Zwischenprodukt der Reaktion auftritt

den pH-Wert des Betons in diesem Bereich abgesenkt hat. Bei höheren pH-Werten bilden sich in der Oberfläche der Pyrite Oxidationsschutzschichten aus, die die Oxidation der Körner behindern. Dieser Zusammenhang erklärt auch, warum die Korrosionsreaktion bei Pyriten schnell fortschreitet, sobald sie einmal begonnen hat. Da bei der Oxidation der Pyrite Schwefelsäure freigesetzt wird, führt dies in der Umgebung dieser Körner zu einer massiven Absenkung des pH-Wertes und

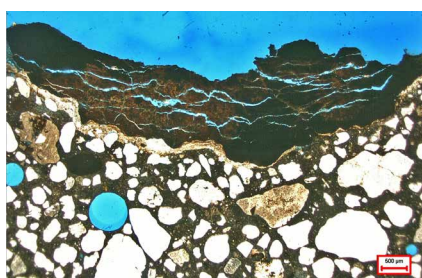


Abb. 9: Dünnschliffmikroskopisches Bild einer pyrithaltigen Gesteinskörnung mit konzentrischer Schädigung

damit zur Beschleunigung der Oxidation. Aus diesem Grunde nimmt die Schädigung der betroffenen Pyrite im Regelfall konzentrisch vom Reaktionsherd aus nach außen ab (Abb. 9).

Maßnahmen zum Nachweis der Pyrite werden in [12] ausführlich beschrieben.

3.2.2 Normative Grundlagen

In der Oberfläche von Industrieböden enthaltene Pyriteinschlüsse können eine massive Verfärbung der Baustoffoberfläche mit einer erheblichen, optischen Auffälligkeit verursachen. Ähnlich wie bei der Bewertung der Holzeinschlüsse sind auch bei der Bewertung von Pyriteinschlüssen unterschiedliche Aspekte des einschlägigen Regelwerks zu beachten.

Der DIN EN 12620 sind keine allgemeinen Anforderungen an die zulässige Menge zersetzlicher Eisenanteile in der Gesteinskörnung zu entnehmen. Stattdessen enthält die DIN EN 12620 im Sinne des europäischen Normkonzeptes »nur« Vorgaben zur »Deklaration« der Eigenschaften von Gesteinskörnungen. Dies wird deutlich, wenn man den Inhalt des Abschnitts 6.1 der DIN EN 12620 (2013) betrachtet:

»Welche der in diesem Abschnitt festgelegten Eigenschaften im Einzelnen zu prüfen und anzugeben sind, hängt von der Herkunft der Gesteinskörnung und dem jeweiligen Verwendungszweck ab. Falls gefordert, sind zur Bestimmung der entsprechenden chemischen Eigenschaften die in Abschnitt 6 festgelegten Prüfungen durchzuführen.«

»Ist keine Eigenschaft gefordert, so kann die Kategorie »Keine Anforderung« verwendet werden.«

Deklarationsmöglichkeiten für die Einstufung der Gehalte an zersetzlichen, eisenhaltigen Bestandteilen sind in Abschnitt 6.4 »Schwefelhaltige Bestandteile« der DIN EN 12620 (2013) enthalten (Tabelle 2). Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, gibt es in der DIN EN 12620 (2013) die Möglichkeit, eine Gesteinskörnung »ohne Anforderungen« an den Anteil an Gesamtschwefel zu deklarieren (SNR). Demnach können zur Herstellung von Betonen theoretisch auch Gesteinskörnungen verwendet werden, die hohe Anteile an Gesamtschwefel und damit auch an Pyrit enthalten. Darüber hinaus findet sich im »informativen« Anhang C der DIN EN 12620 (2013) der folgende Hinweis:

»Unter bestimmten Umständen können auch andere in den Gesteinskörnungen vorhandene Schwefelverbin-

Tabelle 2: Kategorien für den Gesamtschwefel (Quelle: DIN EN 12620)

Gesteinskörnungen	Gesamtschwefelgehalt (M.-%)	Kategorie S
Alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken	≤ 1	S_1
	> 1	$S_{\text{angegeben}}$
	keine Anforderung	S_{NR}

dungen im Beton oxidieren und Sulfat bilden. Diese Schwefelverbindungen können ebenfalls infolge Treiben zu einer weitgehenden Zerstörung des Betons führen.«

»Einige Bestandteile der Gesteinskörnungen können, falls sie dicht unter der Betonoberfläche liegen, die Oberflächenbeschaffenheit des Betons nachteilig beeinflussen, indem sie Fleckenbildung, Verfärbungen, Quellen oder Aussprengungen (pop-outs) verursachen. Reaktive Eisensulfide und Braunkohle sind zwei Beispiele für Stoffe, die sich im Beton in dieser Weise auswirken können.«

Der Anteil dieser Bestandteile wird allerdings normativ begrenzt, in dem Falle, in dem bekannt ist, dass Pyrrothine in Vorkommen enthalten sind. So heißt es in Abschnitt 6.4.2 der DIN EN 12620:

»Wenn in der Gesteinskörnung Pyrrhotin (eine nichtstabile Form von Eisensulfid FeS) vorhanden ist, sind besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig. Falls das Vorhandensein dieses Minerals bekannt ist, muss als Höchstwert für den Gesamtschwefelgehalt S ein Massenanteil von 0,1% zugrunde gelegt werden.«

Somit ist festzustellen, dass selbst in dem Fall, wo bekannt ist, dass Pyrrothine im Gesteinskörnungsvorkommen enthalten sind, demnach »nur« eine Begrenzung des Gesamtschwefelgehaltes auf 0,1 M.-% gefordert wird.

3.2.3 Abschätzung der »normativ zulässigen« Anzahl an Popouts in der Oberfläche von Industrieböden

Da selbst bei Einhaltung der höchsten Anforderungen an die Gehalte zersetzlicher, eisenhaltiger Bestandteile in den Gesteinskörnungen erhebliche optische Beeinträchtigungen in der Oberfläche der Industrieböden entstehen können, erfolgt nachfolgend eine Abschätzung der normativ zulässigen Menge dieser Bestandteile, die im Rahmen der Nutzung zu Schadstellen (hier am Beispiel von Pyrit) in der Oberfläche der Industrieböden führen können. Dieser Abschätzung liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

- Einsatz von 1.000 kg grober Gesteinskörnung > 4 mm (Sieblinie A/B 16) pro m^3 Beton,
- 0,1 M.-% Gesamtschwefel darf selbst im günstigsten Fall in der groben Gesteinskörnung enthalten sein,
- Die Betonplatte weist eine Einbaustärke von 20 cm auf.

Die zersetzlichen, eisenhaltigen Bestandteile aus dem obersten Zentimeter werden in der Betonoberfläche sichtbar. Auf Basis dieser Annahmen resultieren bei Annahme einer Rohdichte des Pyrits von 600 kg/m^3 bereits 14 Pyritkörner pro Quadratmeter Betonoberfläche mit einer Korngröße von 8 mm. Bei einer angenommenen Korngröße von 4 mm können bereits ca. 112 Pyritkörner in der Betonoberfläche auftreten. Die konkrete Berechnung ist [12] zu entnehmen.

Berücksichtigt man, dass die Gebrauchstauglichkeit der Industrieböden durch die Betonabplatzungen oberhalb der enthaltenen Pyrite durchaus beeinträchtigt werden kann, da in der Oberfläche

entstehende Löcher eine Einschränkung der Befahrbarkeit (gerade bei der Nutzung von Elektroameisen oder Handhubwagen) nach sich ziehen, dann erscheinen diese Mengen als sehr hoch. Außerdem wird die Reinigungsfähigkeit des Industriebodens durch die resultierenden Abplatzungen ggf. beeinträchtigt.

3.2.4 Schadensbeurteilung

Bezüglich der Betonabplatzungen oberhalb im Beton enthaltener Pyrite ist festzustellen, dass signifikante Mengen an »Pyrittreibern« trotz Einhaltung selbst der schärfsten normativen Anforderungen entstehen können. Sowohl bei der juristischen als auch der sachverständigen Bewertung entsprechender Abplatzungen ist auch hier zu prüfen, welche Vertragsbeziehung für den Streit wesentlich ist, wobei im Normalfall zwischen den nachfolgenden Vertragsbeziehungen zu differenzieren ist:

- Gesteinskörnungsproduzent zu Transportbetonwerk,
- Transportbetonwerk zu Bauunternehmer,
- Bauunternehmer zu Bauherrn,
- Bauherr zu Planer.

Auch bezüglich dieser Schäden ist darauf hinzuweisen, dass der Planer bereits im Vorfeld der Planung mit dem Bauherrn abstimmen sollte, ob das Auftreten von Abplatzungen über zersetzlichen, eisenhaltigen Bestandteilen zulässig ist. Falls nicht, so müssen planerische Maßnahmen zur Reduzierung (Ausführungsvariante 2 aus Tabelle 3) bzw. Vermeidung (Ausführungsvarianten 3 und 4 Tabelle 3) möglicher Abplatzungen ergriffen werden. Dies gilt im Besonderen vor dem Hintergrund, dass zersetzliche, eisenhaltige Bestandteile nicht nur zur Ausbildung von Abplatzungen führen, sondern gleichzeitig die Gebrauchstauglichkeit des Industriebodens bei der Befahrung mit Elektroameisen oder Handhubwaagen und die Reinigungsfähigkeit des Industriebodens reduzieren können.

Bei der Bewertung entsprechender Schäden ist zu berücksichtigen, dass zwischen der Menge an Abplatzungen »pro Messfeld« und der »mittleren Menge an Abplatzungen über alle Messfelder« zu differenzieren ist. Diesbezüglich wird auf die Vorgehensweise im Leitfaden 2.1.6 des ADIV [8] verwiesen.

Werden planerisch keine entsprechenden Maßnahmen (Ausführungsvariante 3 und 4 aus Tabelle 3) festgelegt, so sind Abplatzungen aufgrund von zersetzlichen, eisenhaltigen Bestandteilen nicht zu vermeiden. Ist der Bauherr nicht bereit, die in Tabelle 3 genannten Maßnahmen (Ausführungsvariante 3 und 4)

Tabelle 3: Nicht zu vermeidende Menge an pyritartigen Bestandteilen in der Oberfläche eines Industriebodens [7]

Bewertungsklasse		Erfahrungsgemäße Menge (Stck./m ²)	
		Pro Messfeld	Mittelwert über alle Messfelder
1	Industrieboden ohne weitere Oberflächenbearbeitung	4	1
2	Industrieboden mit einer Hartstoffeinstreuung	3	1
3	Industrieboden mit einem Hartstoffestrich nach DIN 18560-7	0	0
4	Industrieboden mit einer Kunstharzbeschichtung	0	0



Abb. 10 a+b: In der Oberfläche des Industriebodens sichtbare, bzw. herausstehende Stahlfasern

zu vergüten, dann muss er mit den in den Spalten 3 und 4 der Tabelle 3 (Ausführungsarten 1 und 2) genannten Mengen an Abplatzungen oberhalb dieser Bestandteile rechnen. Zur Sanierung entsprechender Schädstellen siehe [12].

3.3 Stahlfasern in der Betonoberfläche

Unter Verwendung von Stahlfaserbetonen hergestellte Industrieböden haben sich im Industriebau bewährt. Stahlfasern haben die Aufgabe, bestimmte Betoneigenschaften, bevorzugt des Festbetons, positiv zu beeinflussen. In erster Linie werden Stahlfasern dem Beton zugesetzt, um die Neigung zur Rissbildung der Betonbodenplatte zu reduzieren.

Betonböden in geschlossenen Hallen trocknen im Normalfall einseitig über die Bauteiloberseite aus. Durch diese ungleichmäßige Austrocknung werden in den ersten Wochen (auch bei sachgerechter Nachbehandlung) Eigenspannungen an der Oberseite des Industriebodens erzeugt, die zur Entstehung kraqueleartiger Risse führen können. Bei der weitergehenden Austrocknung schüsseln die Ränder des Betonbodens auf, wodurch Verformungen entstehen. Die zunehmende Austrocknung führt zudem zu einer Verkürzung der Oberfläche des Betonbodens wodurch Zwangsspannungen infolge der Reibung zur Unterlage der Bodenplatte entstehen. Stahlfasern werden bei derartigen Betonplatten eingesetzt, um die Ausbreitung entstandener Mikrorisse zu behindern.

Neben den genannten Vorteilen resultieren aus der Stahlfaserzugabe aber auch Nachteile. So verteilen sich die Stahlfasern im Optimalfall annähernd gleichmäßig im Beton, sodass sie zwangsläufig auch in der Plattenoberfläche auftreten (Abb. 10) und hier zur Bildung von Rostflecken (Abb. 11) führen können.

Da die Verarbeitbarkeit des Betons aufgrund des Stahlfaserzugabe sinkt, sollte die Konsistenz des Betons zumindest bei händischem Einbau »weich« (Konsistenzklasse 4) eingestellt werden, um die Gefahr von herausstehenden Fasern zu reduzieren. Werden Betone mit höheren Stahlfasergehalten verwendet, so sollte die Konsistenz sogar noch etwas weicher eingestellt

werden, wobei sicherzustellen ist, dass sich diese Betone (besonders im Rahmen des Glättens) trotzdem nicht entmischen.

Weiterhin sollte zur Herstellung des Betons eine Gesteinskörnung mit einem Größtkorn möglichst von 16 mm eingesetzt und der Beton durch »Fertiger« oder wenn dies nicht möglich ist, dann unter Verwendung von Flächenrüttlern verdichtet werden. Bei dieser Einbauart werden die Stahlfasern soweit möglich oberflächenparallel in der Betonplatte ausgerichtet.

Im Rahmen des Glättprozesses ist es selbst bei optimaler Oberflächenbearbeitung nicht zu verhindern, dass einzelne Stahlfasern aus der Oberfläche des Industriebodens sichtbar werden und/oder sogar herausstehen (siehe Abb. 10).

Zielsicher lässt sich das Risiko, dass Stahlfasern an der Plattenoberfläche liegen oder aus ihr herausstehen nur dadurch reduzieren, dass die Oberfläche des Industriebodens mit einer Deckschicht versehen wird. So kann die Anzahl der in der Oberfläche des Industriebodens sichtbaren Stahlfasern durch die Applikation einer Hartstoffeinstreuung reduziert und durch die Aufbringung eines Hartstoffestrichs oder einer Kunstharzbeschichtung nahezu vollständig verhindert werden.

Liegen die Stahlfasern einmal in der Oberfläche von Industrieböden vor, dann ist die Korrosion dieser oberflächennah liegenden Stahlfasern bei Feuchteeinwirkung (z. B. im Rahmen einer Nassreinigung oder durch eingeschleppte Feuchtigkeit im Torbereich) unvermeidbar und führt zu optisch unschönen Braunverfärbungen (Abb. 11). Der durch die Korrosion der Stahlfasern bedingte Sprengdruck ist aber so gering, dass es im Gegensatz zur Korrosion konventioneller Bewehrung nicht zur Bildung signifikanter Ausbrüche im Bereich der Stahlfasern kommt.

3.3.1 Abschätzung der »erwartungsgemäß« auftretenden Anzahl an Stahlfasern in der Oberfläche von Industrieböden

Bei einer exemplarischen Abschätzung zeigt sich, dass bei statisch über die Betonplattendicke verteilten Stahlfasern mit der Länge von 60 mm und einem Durchmesser von 0,9 mm bei einer Fasermenge von 20 kg/m³ im Beton 667 dieser Fasern im



Abb. 11 a+b: In der Betonoberfläche auftretende, rostende Stahlfasern



obersten Zentimeter eines Quadratmeters Industrieboden enthalten sind.

Eine Faser dieses Typs wiegt ca. 0,30 g, 1 kg Stahlfasern dieses Typs enthalten ca. 3.337 Fasern, 20 kg demnach ca. 66.740 Fasern, in einem Quadratmeter sind bei einer Plattenstärke von 20 cm somit 13.348 Fasern und im obersten Zentimeter 667 Fasern enthalten.

3.3.2 Schadensbeurteilung

Da sich das Sichtbarwerden bzw. das Herausstehen einzelner Stahlfasern seitens des Ausführenden bei normaler Bauausführung nicht vermeiden lässt, sind planerische Maßnahmen zu ergreifen, die (soweit durch den Bauherrn gewünscht) zu einer Reduzierung des Anteils an sichtbaren oder sogar herausstehenden Stahlfasern (Ausführungsvariante B) beitragen. Will der Bauherr sichtbare Stahlfasern in der Oberfläche des Industriebodens vermeiden (Ausführungsvarianten C und D) und ist er bereit, die hierfür erforderlichen Maßnahmen zu vergüten, so kann der Planer gezielte Maßnahmen ergreifen. In Tabelle 4 finden sich Aussagen des Allgemeinen deutschen Industriebodenvereins e. V. (ADIV) über in der Betonoberfläche vorliegende, nicht vermeidbare Mengen an Stahlfasern in Abhängigkeit von der gewählten Ausführungsvariante.

Bei der Bewertung entsprechender Schäden ist zu berücksichtigen, dass zwischen der Menge an Abplatzungen »pro Messfeld« und der »mittleren Menge an Abplatzungen über alle Messfelder« zu differenzieren ist. Diesbezüglich wird auf die Vorgehensweise im Leitfaden 2.1.6 des ADIV [8] verwiesen.

Werden in Abstimmung mit dem Bauherrn keine entsprechenden Ausführungsvarianten (C und D) geplant und ausgeschrieben, so sind Schäden durch Stahlfasern (Korrosion und herausstehender Fasern) nicht zu vermeiden. Soll das Auftreten sichtbarer Stahlfasern eingeschränkt (Ausführungsvariante B) oder gar verhindert werden (Ausführungsvariante C oder D), so sind die oben genannten Maßnahmen auszuschreiben und zu vergüten. Ist der Bauherr nicht bereit, diese besonderen Maßnahmen zu ergreifen, dann muss er damit rechnen, dass die in der dritten und vierten Spalte der Tabelle 4 genannten Mengen an Stahlfasern (bei gezielter bzw. zufälliger Untersuchung) in der Plattenoberfläche sichtbar werden.

Bei der Entscheidung über gewünschte Maßnahmen muss der Bauherr beachten, dass aus dem Industrieboden herausstehende Stahlfasern vor dem Hintergrund der Verletzungsgefahr und des Arbeitsschutzes ein Sicherheitsrisiko darstellen, sodass er einplanen muss, den Industrieboden nach der Fertigstellung auf herausstehende Stahlfasern zu untersuchen und diese (sofern vorhanden) entfernen zu lassen.

Tabelle 4: Sichtbarkeit von Stahlfasern in Abhängigkeit von der Ausführungsart des Industriebodens [5]

Ausführungsart		Nicht zu vermeidende Menge (Stck./m ²)	
		Pro Messfeld	Mittelwert über alle Messfelder
A	Industrieboden ohne weitere Oberflächenbearbeitung	8	4
B	Industrieboden mit einer Hartstoffeinstreuung	6	3
C	Industrieboden mit einem Hartstoffestrich nach DIN 18560-7	0	0
D	Industrieboden mit einer Kunstharzbeschichtung	0	0

4 Literatur

- [1] DIN EN 206: 2021-06. Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [2] DIN 1045-1: 2023-08. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion
- [3] DIN EN 12620: 2008-07. Gesteinskörnungen für Beton
- [4] DIN EN 18 202: 2019-07. Toleranzen im Hochbau – Bauwerke
- [5] Allgemeiner deutscher Industriebodenverein (ADIV) (Hrsg.): An der Oberfläche sichtbare Stahlfasern. Amberg: 2025 (Leitfaden 2.1.1)
- [6] Allgemeiner deutscher Industriebodenverein (ADIV) (Hrsg.): Leichtgewichtige organische Bestandteile. Amberg: 2025 (Leitfaden 2.1.2)
- [7] Allgemeiner deutscher Industriebodenverein (ADIV) (Hrsg.): Fehlstellen durch Pyrit. Amberg: 2025 (Leitfaden 2.1.3)
- [8] Allgemeiner deutscher Industriebodenverein (ADIV) (Hrsg.): Allgemeine Bewertungsverfahren zur Beurteilung der Oberfläche von Industrieböden bei ungewollten Fehlstellen, Imperfektionen oder Einschlüssen. Amberg: Entwurf 2023 (Leitfaden 2.1.6)
- [9] Bundesverband Estrich und Belag (Hrsg.): Betonböden für Hallenflächen. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln: Februar 2000
- [10] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V. (Hrsg.): Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenflächen. DBV Verlag, Wiesbaden: November 2004
- [11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten - Teil 1, Abschnitt 3 Prüfungen während der Bauausführung, FGSV Verlag. Köln: Februar 2017 (ZTV Ing.)
- [12] Voß, Karl-Uwe: Industrieböden – Schäden und Schadensursachen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2025

Der Autor

Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß

Seit 2005 von der IHK Koblenz als Sachverständiger für Analyse zementgebundener Baustoffe öffentlich bestellt und vereidigt; seit 2013 im Vorstand des QS-Pflaster; seit 2014 im Vorstand des LVS Rheinland-Pfalz; seit Dezember 2014 wurde der Bestellungstenor auf den Bereich der Flächenbefestigungen aus Betonpflastersteinen und anderen Betonwaren ausgedehnt

Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH
Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied
Tel. 02631/3993-23, Fax 02631/3993-40
voss@mpva.de



DAS BUCH ZUM THEMA

Karl-Uwe Voß

Industrieböden

Schäden und Schadensursachen

2025. 346 Seiten, 60 Abb., 41 Diagramme, Hardcover, Fraunhofer IRB Verlag
ISBN 978-3-7388-0943-5

Schäden an Industrieböden sind mehr als nur ein ästhetisches Problem – sie gefährden die Betriebssicherheit, treiben die Instandhaltungskosten in die Höhe und können Produktionsabläufe empfindlich stören. Dieses Fachbuch für Bausachverständige, Bauherren, Planende und ausführende Unternehmen behandelt wichtige Grundlagen der Planung und Ausführung unterschiedlicher Industrieböden im Innen- und Außenbereich sowie bei Sonderflächen.

Der Autor erklärt Schadensbilder von Rissbildungen über Popouts und Abplatzungen bis hin zu Problemen wie der Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Detailliert und mit vielen Beispielen beschreibt er die in der Gutachterpraxis angewendeten Nachweisverfahren zur Beurteilung von Industrieböden und zur Klärung von Schadensursachen.

Mit präventiven Maßnahmen, Tipps zur Planung und praktischen Empfehlungen für die Ausführung hilft das Buch, mögliche Schäden frühzeitig zu vermeiden und langfristige Qualität zu sichern.

Damit ist das Buch eine wertvolle Unterstützung für alle, die Qualität und Sicherheit bei Industrieböden sicherstellen wollen – von der Planung über die Ausführung bis hin zur Instandhaltung.

