



Von der Handwerkskammer Heilbronn-Franken öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger für das Estrichlegerhandwerk

Walter Böhl

Waiblinger Str. 33, 71334 Waiblingen

Tel. 07151-31629, Fax 07151-305587, mobil 017927363343

walter.boehl@web.de www.industriebodensachverstaendiger.de



Industriefußböden Teil 3 – Fugen, Tragschicht, Planum, Abdichtung, Wärmeschutz

Teil 1 - Oberflächen, Teil, 2 - Betonplatte

Teil 3 - Fugen, Tragschicht, Planum

Teil 4 - Gesetzliche Anforderungen

Teil 5 - Elektrische Anforderungen ESD, VDE

Teil 6 - Regalanlagen, Teil 7 - Sanierung, Entsorgung

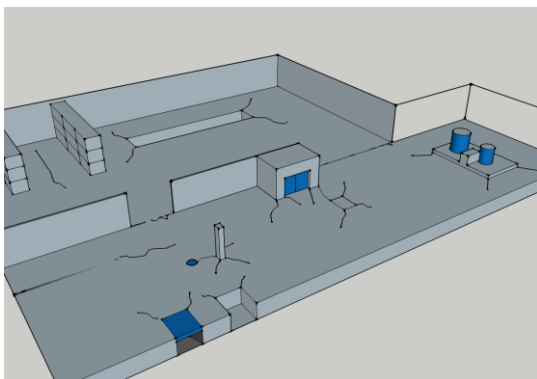
Teil 8 - Optische Anforderungen

Vorwort

Die Normen, Merk-, Hinweisblätter, Herstellerrichtlinien und Regelwerke für Estriche haben mittlerweile einen Umfang erreicht, der für die Planer nur noch mit großem Aufwand überschaubar ist. Diese Unterlagen sind in ständiger Bearbeitung und Veränderung. Ich habe deshalb alle mir für den Planer notwendig erscheinenden Informationen so kompakt wie möglich zusammengefasst. Es werden vereinfacht die Punkte behandelt, die der Planer festlegen muss und für die er die Verantwortung trägt. Punkte, die eindeutig der ausführende Handwerker zu verantworten hat, wurden weitgehend nicht erfasst aber doch soweit angerissen, dass der Planer für Gespräche mit dem Ausführenden das entsprechende Fachwissen parat hat.

Fugen

Hier geht es um die Konstruktion der Fugen. Fugenabstände werden unter Berücksichtigung der in Teil 2 angesprochenen Überlegungen festgelegt.



Stellen mit besonderem Rissrisiko

Unabhängig davon muss die Flächengeometrie beachtet werden. An „Verengungen“ sollten Fugen vorgesehen werden. An allen Innenecken besteht Rissgefahr (siehe auch unter Einbauten). Man kann versuchen diese durch Bewehrung zu begrenzen. Besser man integriert sie in das Fugenbild.

Man unterscheidet Rand-, Schein-, Press- und Bewegungsfugen.

1. Randfugen

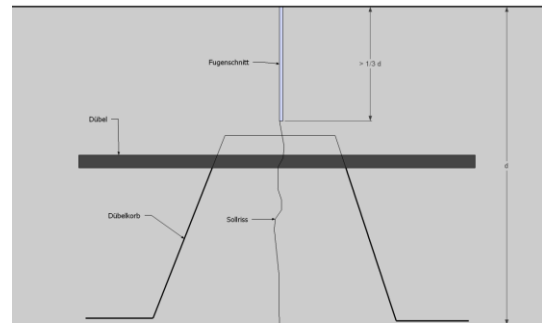
Randfugen trennen die Bodenplatte von **allen** angrenzenden Bauteilen. Sie müssen auch Ausdehnungen der Bodenplatte aufnehmen können und werden als Raumfuge ausgebildet.

Konstruktive Ausbildung

An die aufgehenden Bauteile wird ein Dämmstoffmaterial in der Regel aus PE-Schaum angebracht. Bei Stützen, insbesondere bei I Profilen, muss darauf geachtet werden, dass beim Schwund des Betons keine Einspannungen entstehen

2. Scheinfugen

Scheinfugen dienen zur Aufnahme von Schwundspannungen. Sie werden durch Fugenschnitte hergestellt. Die Fugenschnitte müssen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt ausgeführt werden. Die Erhärtung des Betons soll gerade so weit entwickelt sein, dass der Fugenschnitt möglich ist. Erfolgt der Fugenschnitt erst einige Tage später (z. B. wegen dem Wochenende) können bereits wilde Risse entstanden sein.



Scheinfuge

Der Fugenschnitt soll die Betonbodenplatte zu etwa einem **Drittel** trennen. Der Schwund führt dann zu einer Trennung durch Rissbildung.

Vorsicht! Unbeabsichtigte Scheinfuge

Für induktivgeführte Flurförderzeuge werden Schnitte im Beton hergestellt, um die Induktivleitungen einzubauen. Man muss beachten, dass solche Schnitte, auch wenn sie später hergestellt werden und weniger tief sind als Scheinfugenschnitte, trotzdem wie solche wirken können. Es ist deshalb wichtig, diese **sofort nach der Verlegung der Leitungen wieder kraftschlüssig** zu schließen. Das liegt meist nicht im Verantwortungsbereich des Planers. Ein Hinweis an den Bauherrn ist aber sinnvoll.

Konstruktive Ausbildung

Die Fuge muss durch Dübel gegen vertikale Bewegungen gesichert werden. Die Verzahnung des sich bildenden Risses ist keine ausreichende Sicherung. Auch eine durchlaufende untere Bewehrungslage hat sich dafür nicht

ausreichend bewährt. Es wird glatter Betonstahl ohne Hülsen verwendet. Der Einbau erfolgt auf Dübelkörpern.

Der Fugenschnitt muss geradlinig erfolgen. An die Geradlinigkeit sind besonders hohe Anforderungen (± 3 mm) zu stellen, wenn eine Beschichtung oder ein Verbundestrich aufgebracht wird, sonst kann die Fuge nicht deckungsgleich übernommen werden.

Pressfuge (Tagesfeldfuge)

Pressfugen werden nur bei planmäßigen Unterbrechungen des Betoniervorganges ausgeführt. Die Fuge kann sich nur horizontal öffnen. Vertikale Bewegung muss verhindert werden (Dübel).

Konstruktive Ausbildung

Das Tagesfeld wird mit einer präzisen Schalung abgeschalt. Die ausführenden Firmen bieten hierzu sehr unterschiedliche Lösungen an, die auf ihre Tauglichkeit untersucht werden müssen. Es muss eine Konstruktion gewählt werden, die den Einbau der Dübel ermöglicht. Die in vielen Literaturstellen empfohlene Nut- und Federausführung ist eher **nicht** zu empfehlen. Bei Pressfugen kann eine Panzerung der Fugenecken sinnvoll sein.

Bewegungsfugen

Bewegungsfugen bei Bodenplatten im Rauminnen werden in der Regel nicht ausgeführt. Ausnahme ist der Anschluss der Bodenplatte an gegründete Bauteile (z. B. Bodenplatte an eine Decke bei einer Teilunterkellerung, Maschinenfundamente und dergleichen). Bewegungsfugen zur Aufnahme von Temperaturdehnungen kommen im Rauminnen nur in Ausnahmefällen vor. Bewegungsfugen müssen im Gegensatz zu Schein- und Pressfugen Bewegungen in allen Richtungen aufnehmen können.

Konstruktive Ausbildung

Die Fugenkanten müssen durch Stahlprofile entsprechend den zu erwartenden Beanspruchungen geschützt werden. Es gibt eine Vielzahl von Ausführungsvarianten.

Ein Problem sind die zu erwartenden vertikalen Bewegungen durch unterschiedliche Setzungen. Die gängigen Konstruktionen können diese nicht oder nur in geringem Maß aufnehmen. Es gibt Aluminium-Konstruktionen, die solche Bewegungen aufnehmen können. Deren Belastbarkeit ist aber durch das Material auf Elastik und Luftbereifung begrenzt. Beanspruchung durch Vulkollanbereifung ist kritisch.

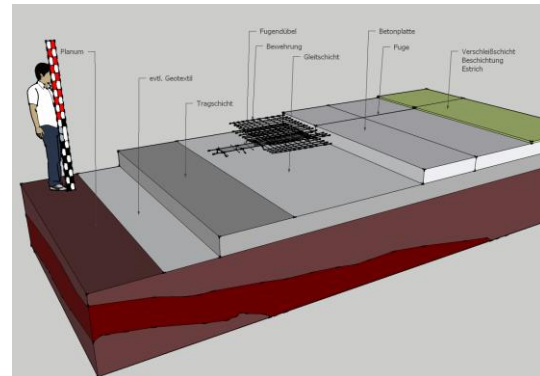
Es ist notwendig, die zu erwartenden Setzungen abzuschätzen (schwierig) und die Konstruktion danach auszulegen. Bei geringen Setzungen kann man die sich bildende „Stufe“ an den Stahlprofilen meist mit einer Schruppscheibe beischieben. Treten größere Höhenunterschiede auf, sollte man nach einigen Jahren grundlegend sanieren. Dies ist meist sinnvoller als sehr aufwändige Konstruktionen z. B. mit Schleppblechen herzustellen, da diese bei schwerer Fahrbeanspruchung meistens versagen. Es ist zu empfehlen, diesen etwas kritischen Punkt mit dem Bauherrn im Voraus zu besprechen und zu vereinbaren.

Bei Stahlkonstruktionen sollte man beachten, dass die Walztoleranzen warmgewalzter Stahlprofile zu groß sind, um bei zwei gegenüberliegenden Profilen ein befriedigendes Ergebnis zu erhalten. Es sollten maßgenaue, kaltgewalzte Profile verwendet werden.

Einbauten

Einbauten in der Betonplatte, seien es Bodeneinläufe, Entwässerungsrinnen, Maschinenfundamente oder Schienen von Schieberregalanlagen, sind immer Störungsstellen, über die man sich im Einzelfall Gedanken machen muss.

Immer sind damit Querschnittschwächungen oder Flächeneinschnitte verbunden, die zwangsläufig zu Rissen führen. Dies durch Bewehrungseinlagen auszuschießen, wird in den seltensten Fällen Erfolg haben. Besser ist es, die Einbauten in das Fugenbild zu integrieren. Siehe dazu auch die Hinweise im BEB Hinweisblatt; Rinnen (www.beb-online.de).



Standardaufbau eines Industriebodens. Die Tragschicht ist kapillARBrechend und ersetzt die Abdichtung.

Tragschicht

Abdichtung, Wärmeschutz

Aufgabe der Tragschicht ist es, die Kräfte aus der Betonplatte so abzutragen, dass sie vom anstehenden Baugrund aufgenommen werden können. Innerhalb dieser Schicht werden auch die Maßnahmen zur Abdichtung und gegebenenfalls zum Wärmeschutz untergebracht.

Für Tragschichten im Industriebau (Hochbau) gibt es keine DIN-Normung. Wenn man will, kann man auf die Straßenbau-Vorschriften zurückgreifen (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ ZTV E StB 09), das passt aber nicht immer. Es sind auch andere Anforderungen da beim Straßenbau Frostschutzschichten obligatorisch sind. In Innenräumen ist das eher nicht der Fall. Sinnvoller scheint es einen erfahrenen, regionalen, mit den örtlichen Gegebenheiten des Baugrunds und den örtlich verfügbaren Materialien für die Tragschicht, vertrauten Erdbauer einzubeziehen. Dessen Erfahrung sollte auch in die Dimensionierung einfließen.

Dimensionierung

Tragschichten werden üblicherweise zwischen 20 cm und 35 cm Dicke ausgeführt. Es sollte beachtet werden, dass die geplante Mindestdicke wegen unvermeidbarer Toleranzen nicht wesentlich unterschritten wird. Vorsicht, beim Planum bewegt man sich im Erdbau, das geht nicht so genau. Etwas Vorhaltemaß (5 cm) wäre also nicht schlecht, kostet aber Material. Ungebundene Tragschichten sollten nicht unter 30 cm, besser 35 cm ausgeführt werden. Auf weitere Literatur wird verwiesen, z. B. Tafel 5 Zement Merkblatt - Tiefbau T 1. 2006 unter www.beton.org Grundsätzlich, mindestens aber bei bindigem Boden, sollte ein Geotextil auf dem Planum verlegt werden, um zu vermeiden, dass das Tragschichtmaterial in den Baugrund eindringt.

Material

Man entscheidet sich meist für das Material, das örtlich günstig zur Verfügung steht. Verwendet werden: **Schotter, Kies oder Recyclingmaterial**. Wenn Schotter zur Verfügung steht, sollte man diesen wählen. Durch die Verzahnung werden die besten Tragfähigkeiten erreicht. Die Verdichtung erfolgt mit Vibrationswalzen oder Rüttelplatten.

Betrachtet man nur die Verdichtbarkeit bzw. Tragfähigkeit, sollen eigentlich hohlraumarme Korngemische verwendet

werden. Erdbauer reden hier anstelle von Sieblinie, von Ungleichförmigkeitszahl Cu (uniformity coefficient; früher U) DIN ISO 14688-2:2004. $Cu = d_{60}/d_{10}$ [-]. Dabei beschreibt d_{60} , dass 60 % durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 60 mm gehen. 10 % gehen durch ein Sieb von 10 mm. $Cu < =$ gleichförmiger, $Cu > =$ ungleichförmiger.

Bei Kies: (Rundkorn = R)

R 1 mit $Cu > 7$

R 2 mit $Cu 3 - 7$

R 3 mit $Cu < 3$

Gemische unter Cu 3 sind ungünstig.

Zum Vergleich: Ein Gesteinskörnungsgemisch der Betonsieblinie A/B 32 entspricht R 1.

Bei Schotter: (Breckkorn = B)

B 1 (STS 0/45)

B 2 mit $Cu > 7$

Das Korngemisch sollte jedoch so gewählt werden, dass mit der Tragschicht auch eine kapillarbrechende Schicht erreicht wird (siehe weiter unten bei Abdichtung). Das kann Kompromisse erfordern, da man zum Feuchtigkeitsschutz möglichst keine besondere Schicht einbauen will oder kann.

Sand

Ist als Tragschicht weniger geeignet und sollte nur eingesetzt werden, wenn keine gröbere Gesteinskörnung (wirtschaftlich sinnvoll) zur Verfügung steht.

Recyclingmaterial

Soll wegen der Kosten- oder wegen Überlegungen zum Umweltschutz Recyclingmaterial verwendet werden, muss man das Material genau kennen. Auf keinen Fall darf man die Tragschicht als „Mülldeponie“ sehen. Hochofenschlacke und gipshaltiges Material können kritisch sein (vorgelegte Prüfzeugnisse mit Vorsicht bewerten).

Prüfung ungebundener Tragschichten

Die Prüfung muss unbedingt sorgfältig ausgeführt und dokumentiert werden, sonst begibt sich der Planer bzw. Bauleiter in ein unkalkulierbares Risiko. Es muss klar geregelt sein, wer dafür verantwortlich ist. Im Schadensfall ist eine aussagefähige Prüfung (nach dem Betoneinbau) kaum mehr möglich. Folgende Prüfverfahren stehen zur Verfügung:

Statischer Lastplattendruckversuch

DIN 18 134, 9-2001; Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte. Dabei wird die Tragschicht durch eine genormte Lastplatte, die gegen ein schweres Fahrzeug abgestützt wird, be- und entlastet. Über eine Messeinrichtung, die die Einsenkung der Platte gegenüber einem etwa 2- 3 m von der Belastungsstelle entfernten Punkt misst, wird die Einsenkung bestimmt. Damit wird der Verdichtungsgrad DPr [%] und das Verformungsmodul E_v bzw. der Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} bestimmt (E_{v1} = Erstbelastung, E_{v2} = Wiederbelastung).

Der Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} sollte 2,5 nicht überschreiten, das Verformungsmodul E_{v2} 100 MN/m² nicht unterschreiten (bei Sandplanum können meist nur 80 MN/m² erreicht werden).

Die durch statische Lastplattendruckversuche gewonnenen Daten sind sehr gut reproduzierbar. Die Durchführung eines Versuchs dauert ca. ½ Stunde. Es macht also Sinn, die Zahl der Versuche nicht zu klein zu halten. Mindestens sollte ein Versuch je 800 m² durchgeführt werden. Verfüllte Leitungsgräben und sonstige Verfüllungen sollten besonders beachtet werden.

Dynamischer Lastplattenversuch

Zur Prüfung der Tragschicht ist das Verfahren nicht geeignet. Das Verfahren ist einfacher, schneller und man braucht dazu auch kein schweres Fahrzeug. Dabei wird eine runde Lastplatte mit einer Führungsstange und einem

10 kg schweren Fallgewicht verwendet. Die Messergebnisse werden mit einem Beschleunigungsaufnehmer ermittelt. Das Verfahren kann zur Prüfung des Planums (Baugrundes) verwendet werden. Einzelne große Steine können Störungen auslösen.

Radeinsenkung – Prüfung durch das Befahren mit einem LKW

Die Prüfung erfolgt mit einem LKW Gesamtgewicht ca. 14 t. Radlast 5 t = 50 kN, Reifendruck 6 bar. Man muss das Verfahren als orientierende Vorprüfung sehen, obwohl es immer wieder so beschrieben wird, als wäre es eine zur Abnahme geeignete Prüfung.

In der Praxis sind kleine Einsenkungen (< 4mm) eventuell beobachtbar, aber nicht wirklich messbar. Wenn die Radeinsenkung ca. 1 cm übersteigt, sollte man allerdings annehmen, dass etwas nicht stimmt.

Mit Zement gebundene Tragschichten

Man nennt diese auch hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) und unterscheidet zwischen in-situ (also am Platz) hergestellte Mischungen und Werksmischungen. Die Qualität ist nicht allgemein definiert, die erforderlichen Werte müssen eben erreicht werden. Es wird auch Beton C 8/10 verwendet.

Gebundene Tragschichten werden verwendet, wenn die erforderlichen Werte durch ungebundene Tragschichten nicht erreicht werden können. Sie sollten auch nur dann verwendet werden.

Eine hydraulisch gebundene Tragschicht darf **nicht** zur Betondicke gerechnet werden.

Eine „geschüsselte“ Betonplatte auf einer zementgebundenen Tragschicht verhält sich wesentlich auffälliger als auf einer ungebundenen Tragschicht. Die „elastische Bettung“ hat also Vorteile.

Abdichtung

Anzuwenden ist DIN 18533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen.

Vorsicht: Industrieböden wurden und werden, wenn sie über dem Baugrund liegen meist ohne weitere Abdichtungsmaßnahmen auf eine kapillarbrechenden (Schüttung) Tragschicht verlegt. Dies war nach der alten Abdichtungsnorm auch zulässig wie dies der zuständige Arbeitsausschuss auch bestätigt hatte. Dies ist mit der Neufassung der Norm verloren gegangen. Neu ist, dass der Planer Raumnutzungsklassen festlegen muss. Die Raumnutzungsklasse RN2-E wird als „übliche“ Anforderung bezeichnet. Dafür kann aber die im Industriebau übliche und seit Jahrzehnten bei Millionen Quadratmetern bewährte Konstruktion nicht mehr angewandt werden.

Die Konstruktion wird zwar in der Norm unter Punkt 8.5.4.2 nach wie vor beschrieben, ist aber nur noch für die Raumnutzungsklasse RN1-E zulässig. Diese wird mit „geringe Anforderung“ beschrieben als Beispiele werden „offene Werkhallen, Lager und Tiefgaragen“ genannt.

Will der Planer die seither übliche und bewährte Konstruktion wählen, muss er dies mit dem Bauherren ausdrücklich RN1-E vereinbaren.

Wärmeschutz

Bevor man sich entscheidet, eine Wärmedämmung unter einem Betonboden (Industrieboden) einzubauen, prüfe man genau, ob dies wirklich erforderlich ist. Bei manchen Anforderungen kann eine Wärmedämmung ein Schwachpunkt sein.

Die Dämmschicht wird in der Regel mit Dämmplatten ausgeführt, diese müssen die Anforderungen PB-dx nach DIN 4108-10 erfüllen (außenliegende Wärmedämmung unter Bodenplatten gegen Erdreich, außerhalb der Abdichtung, mit extrem hoher Druckbelastbarkeit). Nachweis und Dokumentation der Eignung müssen vom Materiallieferanten vorgelegt werden. Die Übereinstimmung mit dem eingebauten Material muss der Bauleiter prüfen und dokumentieren.

Die Oberfläche der Tragschicht ist in der Regel nicht eben genug, um die Dämmplatten auslegen zu können. Es wird dann mit einer dünnen Schicht aus feinem Splitt ausgeglichen.

Alternativ sind **Schaumglasplatten** möglich. Diese sind besonders nahe liegend wenn ohnehin eine Abdichtung aus Bitumenbahnen notwendig ist. Eine Beratung durch den Dämmstofflieferanten ist im Einzelfall zu empfehlen. Sind starke Vibrationen zu erwarten, muss dies besonders untersucht werden.

Es kann auch **Schaumglasschotter** als Tragschichtmaterial verwendet werden. Hierbei sind besondere Verdichtungsmethoden zu beachten. Die Tragschicht ist nicht befahrbar (Betoneinbau). Lastplattenversuche sind praktisch nicht möglich. Eine verantwortliche Beratung durch den Materiallieferanten ist notwendig.

Ebenheit der Tragschicht

Es kann Streit darüber geben, ob bei der Bewertung der Ebenheit eines Planums Erdbauregeln oder die DIN 18202 Maßtoleranzen im Hochbau gelten. Besser, man vereinbart dies im Voraus. Im Erdbau ist eine Einhaltung des Profils von +/- 20 mm üblich. Wendet man DIN 18202, Tab. 1 an, wären es nach der Tab. 1 der Fassung vom Okt. 2005 (früher war das mehr) +/- 10 mm. Das ist bei Erdbauethoden nicht herzustellen. Winkeltoleranzen nach DIN 18202 Tab. 2 (>15m = 30mm) sind im Erdbau nicht üblich. Die Ebenheit wird mit einem Stichmaß von 2 cm auf eine Messlänge von 4 m beschrieben. Dies wäre mit DIN 18202 vergleichbar.

Dränung

Bei wenig durchlässigem Boden muss eine Dränung nach DIN 4095 für eine dauerhafte und zuverlässige Abführung des Wassers sorgen. Es muss sichergestellt werden, dass Oberflächenwasser nicht über die Tragschicht unter die Bodenplatte gelangt.

Planum

Unter Planum versteht man den geplanten Baugrund bzw. den oberen Abschluss des Erdbauwerks. Der Baugrund muss zur Aufnahme der Belastung ausreichend tragfähig und gleichmäßig sein. Ist dies nicht der Fall, sind besondere Maßnahmen erforderlich (Bodenaustausch, Bodenvermörtelung).

Ungeeignete Bodenarten wie Humus, Torf, Mude müssen entfernt sein. Füllboden muss in auf das Verdichtungsgerät abgestimmten Lagen eingebaut und verdichtet werden (< 50 cm, Verdichtungsnachweis). Verdichtung nur bei günstigen Feuchtigkeiten. Unzureichend verdichtete Verfüllungen (Rohrgräben, Arbeitsräume) sind oft Ursache von Schäden.

Das Planum muss maßhaltig sein. Einhaltung des Profils +/- 3 cm. Ebenheit, Stichmaß 3 cm auf 4 m Prüflänge. Keine Prüfung kürzerer Längen. Die DIN 18202 ist nicht anzuwenden.

Prüfung des Planums

Am Besten durch **statische Lastplattendruckversuche**. Der **dynamische Lastplattenversuch** kann beim Planum

angewandt werden, wenn keine großen Steine vorhanden sind. Die **Radeinsenkung** ist nur als Vorversuch sinnvoll.

Bodenverbesserung bzw. Bodenstabilisierung

Darunter versteht man die Zugabe von hydraulischen Bindemitteln. Dadurch soll die Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden verbessert werden. Dies geschieht mit Geräten an der Baustelle (mixed-in-place).

Bodenverfestigung bzw. Bodenvermörtelung

Während bei der vorstehenden Maßnahme der Baufortschritt im Vordergrund steht, geht es hier um die Herstellung eines Boden-Bindemittelgemischs mit deutlich höheren Festigkeiten. Ungeeignet sind Böden, die sich nicht zerkleinern lassen und felsige Böden mit Steinen > 60 mm.

Als Bindemittel wird bei tonigen oder stark bindigen Böden Kalk und bei grob- und gemischtkörnigem Boden Zement (auch beides) meist im Baumischverfahren zugemischt. Dabei wird nach der Herstellung des Planums in der geplanten Höhe das Bindemittel mit einem Bindemittelverteiler ausgestreut. Dann wird es mit einer Bodenfräse eingearbeitet, wobei erforderlichenfalls Wasser zugegeben wird, um die Abbindung zu ermöglichen. Unmittelbar danach wird verdichtet.

Mehr Informationen

Zu diesen Informationen gehört der Spickzettel Industrieböden 1. - Allgemeines und Oberflächen Industrieböden 2. – Betonplatte

www.betonverein.de Merkblätter gegen Berechnung.
www.beton.org Zementmerkblätter kostenlos.
www.ibf-troisdorf.de Fachartikel (Downl. kostenlos)
www.beb-online.de Hinweisblätter des Bundesverbands Estrich und Belag. Gegen Berechn.
www.glapor.com Für Glasschotter.
www.foamglas.de Für Schaumglas.

Liebe Planerin, lieber Planer,
ich hoffe, dass ich Ihnen mit diesen komprimierten Hinweisen ein brauchbares Hilfsmittel für Ihre Arbeit geben konnte. Für Anregungen und Kritik bin ich dankbar. Sie können mich immer anrufen. Die Hinweise sind nach bestem Wissen zusammengestellt. Eine Haftung übernehme ich nicht. Die Weitergabe ist mit Hinweis auf den Verfasser erlaubt.
Ihr Walter Böhl

Überarbeitet Dez. 2020 - ©Walter Böhl