



Foto: Knauf Integral

Bodentechnologie. Neben der bewährten Integration der gesamten Leitungsführung in den sogenannten Systemböden (Hohlböden und Doppelböden) ist das Erkennen und Bewerten von Lasten auf diese Bodenkonstruktionen im Hinblick auf die ausreichende Tragfähigkeit zu einer anspruchsvollen Aufgabe geworden.

Er trage die Last

Systemböden | Grundlage für die Bemessung des Fußbodens ist immer die größte auftretende Einzellast. Eine vorgenommene Mittelung der Lasten ist nicht vorzusehen. Es hilft nicht, wenn der Boden oft hält, er muss immer und an allen Stellen halten. Bernhard Schmelmer erklärt die Zusammenhänge.

Der Fußboden bildet den unteren Raumabschluss. Aus dem Wohin mit der immer komplexeren Struktur von Leitungen der Haustechnik ergab sich fast zwangsläufig der Installationsboden. Neben der bewährten Integration der Leitungsführung in den sogenannten Systemböden (Hohlböden und Doppelböden) ist das Erkennen und Bewerten von Lasten auf diese Bodenkonstruktionen im Hinblick auf die ausreichende Tragfähigkeit, zu einer anspruchsvollen Aufgabe geworden. Bei einfachen Bodensystemen entstehen zwar Brüche, beim Systemboden kann man einbrechen.

Das primäre Gebäudeträgerwerk wird auf der Grundlage der Bemessungsnormen dimensioniert und ist damit in der Lage, die von außen einwirkenden Kräfte aufzunehmen und abzuleiten. Wie aber kommen die auf die Fußbodenoberfläche einwirkenden Kräfte in die Deckenkonstruktion der Gebäudestruktur und wie groß sind diese Kräfte eigentlich?

Die Bemessungsregeln zu Lastannahmen für die Tragwerksplanung (DIN EN

1991-1-1 u. a.) helfen hier nur eingeschränkt weiter. Sie sind dann anwendbar, wenn die auftretenden Belastungen über die Bodenkonstruktionen an die Deckenkonstruktion weitergeleitet wurden. Bis dahin braucht es eine detaillierte Sicht- und Vorgehensweise zur Ermittlung der wirksamen Kräfte mit Blick auf die Tragfähigkeit der Bodenaufbauten.

Systemböden funktionieren über eine Tragschicht, die einwirkende Kräfte an die Auflagerpositionen (Stützen) weiterleitet. Bei Doppelböden lagert jede Doppelbodenplatte auf vier Stützen auf, beim Hohlboden liegt eine Platte auf vielen Stützen im Stützenraster auf. Es ergibt sich die Situation einer Platte auf unendlich vielen Stützen.

Häufigste Lasten sind Mobiliar, technische Einrichtungen und Personen. Durch Transporte, wie z. B. das Verfahren der Lieferung Kopierpapier mit einem Hubwagen oder einem Gabelstapler, treten dynamische Lasten auf, die in den Boden einwirken. Die reinen Gewichtskräfte

werden dabei deutlich überschritten. Charakteristisch und wichtig diese vertikal wirkenden Lasten ist die begrenzte Aufstandsfläche (z. B. Schrank-, Regal-, Tischfuß etc.). Besondere Belastungen können auch als horizontal wirkende Kräfte auftreten. Sie können zudem stoß- und/oder schwingungsartig auftreten, wie etwa bei Erdbeben.

Reine Flächenlastangaben helfen nicht weiter

Entscheidend für die Tragfähigkeit des Bodensystems sind immer die auf die Bodenoberfläche einwirkenden Einzel- oder Punktlasten. Konstruktionsbedingt werden selbst die selten vorkommenden flächig wirkenden Lasten (Wasserbett, Schüttgutlager etc.) in den Auflagerpunkten zwischen Tragschicht und Stütze zu Einzellasten. Eine Belastungsangabe in Form von Kraft pro Quadratmeter (N/m^2) ist daher für die Bemessung von Systemböden niemals hilfreich.

Die Einwirkung von Einzellasten erfolgt über kleine Aufstandsflächen. Exemplarisch messen sie 25×25 mm, was etwa einem Regal- oder Schrankfuß entspricht. Mit entscheidend ist dabei auch das elastische und plastische Verhalten der Bodenkonstruktion bei der Lasteinwirkung und Lastabtragung.

Grundlage für die Bemessung des Fußbodens ist letztlich stets die größte auftretende Einzellast. Eine wie auch immer vorgenommene Mittelung der Lasten ist nicht vorzusehen. Es hilft schließlich nicht, wenn der Boden oft hält, er muss immer und an allen Stellen halten.

Für die gängigen Belastungsarten in üblichen Gebäuden wurden in den Anwendungsrichtlinien zu DIN EN 12825 (Doppelböden) und 13213 (Hohlböden) typische Belastungen aufgeführt. Diese Tabelle zeigt, dass sich einige Belastungssituationen nicht vereinheitlichen lassen und „im Einzelnen bemessen werden“ müssen.

Die wirkende Kraft hängt auch von der Beschleunigung ab

Wie hoch sind die wirksamen Kräfte aus bewegten und nicht bewegten Lasten? Zur Beantwortung dieser Frage ist zunächst ein Blick auf die physikalischen Grundlagen zum Begriff der Kraft (Formelzeichen „F“) nötig.

Nach dem zweiten newtonschen Gesetz gilt für Körper mit gleichbleibender Masse „m“ und konstanter Beschleunigung „a“

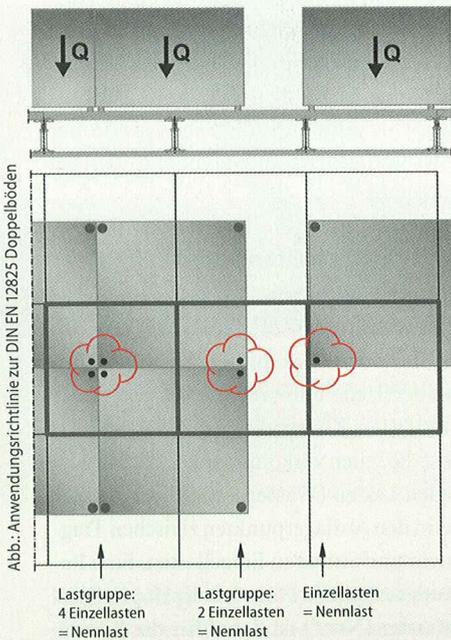


Abb.: Anwendungsrichtlinie zur DIN EN 12825 Doppelböden

Statische Lasten. Beispiele für die Konfiguration von statischen Lasten aus der Anwendungsrichtlinie zur DIN EN 12825 Doppelböden

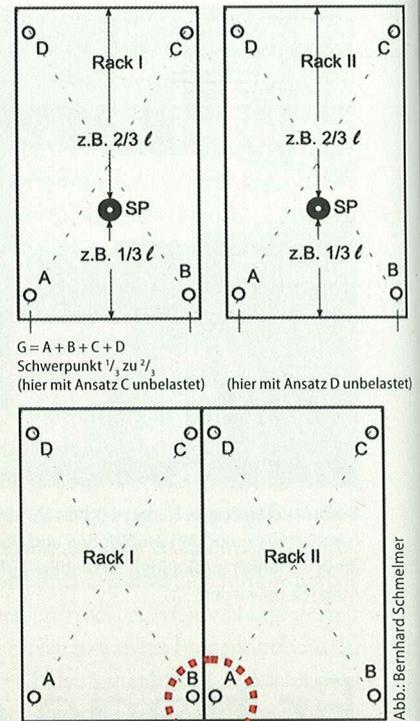
ANGABEN ZU DEN RACKS		
	Rack I	Rack II
Höhe	194 cm	194 cm
Breite	76 cm	76 cm
Tiefe	103,5 cm	103,5 cm
Masse	950 kg	600 kg

G = Gewicht in kg
 SP = Schwerpunkt (zentrisch, vorne $\frac{1}{3}$, hinten $\frac{2}{3}$)
 A, B, C, D = Auflager (Füßchen)

Aus dem grundsätzlichen Gleichgewichtsansatz $G = A + B + C + D$ ergeben sich unter den in der nebenstehenden Skizze dargestellten Situationen die der Tabelle unten dargestellten Kräfte, die in den Boden abgeleitet werden.

AUFLAGERREAKTIONEN IN KN		
	Rack I	Rack II
A	1,6	3,0
B	4,7	1,0
C	0	2,0
D	3,1	0

Lastbeispiele zweier Serverracks. Zwei Serverschränke sollen nebeneinander aufgestellt werden.



$G = A + B + C + D$
 Schwerpunkt $\frac{1}{3}$ zu $\frac{2}{3}$
 (hier mit Ansatz C unbelastet) (hier mit Ansatz D unbelastet)

Abb.: Bernhard Schmelmer

für die Kraft $F = m \cdot a$, also Kraft ist Masse mal Beschleunigung. Daraus ergibt sich die Einheit Newton (N) aufgelöst zu den Grundeinheiten $kg \cdot m/s^2$. Dabei gilt, dass die Beschleunigung und damit auch die Kraft eine Richtung haben. Bei der Gewichtskraft ist diese Richtung nach unten, der Erdbeschleunigung folgend.

Aus diesen Zusammenhängen ist zu erkennen, dass eine wirkende Kraft nicht nur von der Masse in Kilogramm abhängt, sondern auch von der wirkenden Beschleunigung. Das ist insbesondere bei dynamischen Lasten wie oben beschrieben zu berücksichtigen. Die wirkende Einzellast aus Rädern ist in Vereinfachung der Betrachtung mit einem Schwingbeiwert zu multiplizieren. Für ein leichtes Umsetzen in der Praxis wurden in den Anwendungsrichtlinien typische Schwingbeiwerte aufgeführt, die als Mindestwerte angesetzt werden sollen.

- > handbetriebene Fahrgeräte:
Schwingbeiwert $\geq 1,3$
- > motorisch betriebene Fahrgeräte:
Schwingbeiwert $\geq 1,5$

Bei nicht bewegten Lasten teilt sich die Gewichtskraft über die Kontaktstellen

zwischen den Einrichtungsgegenständen (z. B. elektrischer Schaltschrank, Bücherregal oder Serverrack) und der Bodenoberfläche auf.

Im „Worst-Case-Szenario“ ist immer davon auszugehen, dass sich an der Lastabtragung auf eine Fläche nur drei Punkte beteiligen. Es nutzt dabei nichts, zusätzliche Füße anzuordnen, um Lasten zu verteilen. Aufgrund von Schwerpunktlage und Steifigkeiten des Untergrunds bzw. des aufgestellten Schränks sind in erster Näherung immer nur drei Füßchen an der Lastübertragung beteiligt.

Aus der üblichen Geometrie von aufgestellten Gehäusen und Schränken mit einer rechteckigen Grundfläche (und meist vier Aufstandsfüßchen) ergibt sich bei halbwegs symmetrischer Schwerpunktlage letztlich, dass an einem einzelnen Fuß 50% der Gesamtlast abgeleitet werden. Bei unsymmetrischer Lastverteilung kann es sogar noch mehr sein.

Faustformel: 50% der Gesamtlast aus einem Einrichtungsgegenstand werden an einem einzigen Punkt (Fuß) in den Boden geleitet.

Bei hohen Gewichtskräften muss eine individuelle Bemessung erfolgen

Liegen solche Punktlasten durch Aneinanderreihung von Einrichtungsgegenständen nebeneinander, ergibt sich die auf den Boden wirkende Punktlast als Summe der beiden räumlich benachbarten Kräfte.

Für die Zusammenfassung wirkender Kräfte wurden in den Anwendungsrichtlinien Algorithmen aufgenommen.

Die im Betrieb von Gebäuden einwirkenden Lasten können in vielen Fällen vereinfacht durch die Tabelle oben eingeschätzt werden. Sind hohe Gewichtskräfte z. B. aus technischer Einrichtung (schwere Serverracks etc.) zu beachten, muss eine individuelle ingenieurmäßige Bemessung zur „Tragfähigkeitsanforderung“ erfolgen.

Nur drei der Füßchen beteiligen sich an der Lastabtragung. Aufgrund der Schwerpunktlage von Serverracks wird also ein hinteres Füßchen faktisch ohne (nennenswerte) Belastung sein. Die über die Breite symmetrisch wirkende Gewichtskraft ist somit zwangsläufig von dem gegenüberliegenden Vorderfuß zu 50% zu übernehmen. Der zweite hintere Fuß hat die

TABELLE: AUSZUG AUS DER ANWENDUNGSRICHTLINIE ZUR DIN EN 12825 DOPPELBODEN

Lfd. Nr.	Nutzung	Beispiele für die Nutzung	Elementklasse gemäß DIN EN 12825/13213	Punktlast gemäß Laststufe
1	Wohnräume	Räume und Flure in Wohngebäuden, Hotelzimmer	1	2.000 N
2	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschließlich der Flure, Bettenräume in Krankenhäusern	2	3.000 N
3		Flure in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Internaten usw.; Küchen und Behandlungsräume	5	5.000 N
4		Flächen wie laufende Nr. 1 bis 3, jedoch mit schwerem Gerät	≥ 3	Im Einzelnen zu bemessen
5	Technikräume	Rechenzentren, Elektroverteileräume und Schaltschrankräume	≥ 2	Im Einzelnen zu bemessen
6	Flächen für die Versammlung von Personen	Flächen mit Tischen; z. B. Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle	2	3.000 N
7	Versammlungsräume und Flächen für die Versammlung von Personen	Flächen mit Tischen; z. B. Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume	3	4.000 N
8		Flächen mit fester Bestuhlung, z. B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Versammlungsräume, Wartesäle	5	5.000 N
9		Frei begehbare Flächen, z. B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen usw. und Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels	5	5.000 N
10		Sport- und Spielflächen, z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen	≥ 5	Im Einzelnen zu bemessen
11		Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung	≥ 3	Im Einzelnen zu bemessen
12	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro- und vergleichbaren Gebäuden	3	4.000 N
13		Flächen von Verkaufsräumen	5	5.000 N
14		Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern	≥ 5	Im Einzelnen zu bemessen
15		Flächen wie laufende Nr. 12 bis 14, jedoch mit erhöhten Einzellasten, z. B. infolge hoher Lagerregale	6	Im Einzelnen zu bemessen
16	Fabriken, Werkstätten und Lagerräume	Flächen in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb	≥ 3	Im Einzelnen zu bemessen
17		Lagerflächen einschließlich Bibliotheken	6	Im Einzelnen zu bemessen
18	Sonderbereiche	Räume mit Nutzung von Transportgeräten	≥ 5	Im Einzelnen zu bemessen

gemäß Schwerpunktlage anteilige Last hinten allein zu übernehmen und der zweite vordere Fuß übernimmt den Rest der Kraft entsprechend.

Wenn beide Racks nebeneinander aufgestellt werden, ist anzusetzen, dass die jeweils stärker belasteten Füßchen nebeneinander auf dem Boden aufstehen und somit in der Wirkung auf den Boden zusammenzufassen sind. Die Lastpunkte B(I) und A(II) sind damit zu einer einzigen wirksamen Einzellast zusammenzufassen. Somit ergibt sich in diesem Beispiel eine maximal wirkende Last von 7,7 kN. Zur Aufnahme der ermittelten Lasten ist also ein Doppelboden mit einer nominalen Tragfähigkeit von 8 kN (Laststufe 8.000 N) vorzusehen.

Im Fokus dieses Beitrags steht die Ermittlung der Lastannahmen, die auf Böden wirken. Hinsichtlich der Ermittlung der Tragfähigkeit von Systemböden haben

sich rechnerische Ansätze (z. B. Finite-Elemente-Methode) in der Übertragung auf die Praxis als unzuverlässig erwiesen. Zur Ermittlung der Tragfähigkeit erfolgen Systemprüfungen gemäß fester Prüfungsgrundsätze. Vereinfacht dargestellt wird an der systembedingt ungünstigsten Stelle die Bruchlast durch Belastungsversuche ermittelt und nach Beaufschlagung eines Sicherheitsfaktors die Nennlast bestimmt. Näheres hierzu ist in den Prüf- und Klassifizierungsnormen DIN EN 12825 Doppelböden und DIN EN 13213 Hohlböden und den Anwendungsrichtlinien zu diesen Normen (www.systemboden.de) zu finden. Um zu vermeiden, dass „nur mal eben“ die besten oder schlechtesten Elemente geprüft werden, muss die ausgewiesene Leistung mittels eines Qualitätssicherungssystems gewährleistet werden. Dies erfolgt häufig über ein sogenanntes

Konformitätszertifikat, bei dem ein abgestimmtes und zuverlässiges System zur Eigenüberwachung des Herstellers durch eine autorisierte dritte Stelle überwacht wird. Eine jeweils aktuelle Liste der Konformitätszertifikate zu Systemböden befindet sich frei zugänglich auf der Internetseite www.system-flooring.com. □

Autor
Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Schmelmer eur. Ing.
 leitet das Institut für Systembodentechnik.

TN Online

Abonnenten können diesen Beitrag auch online recherchieren.
www.trockenbau-akustik.de
 › Archiv
 – Doppelboden