

## 1. Grundlagen

Bei der statischen Betrachtung einer Bodenplatte kann wie im normalen Betonbau eine Dimensionierung gem. DIN 1045 für den Zustand I ungerissene Zugzone und den Zustand II gerissene Zugzone durchgeführt werden.

Die Dimensionierungsverfahren werden auf elastischer Bettung durchgeführt.

Grundlagen:

- DIN 1045
- Heft 220 DafStB
- Betonfahrbahnen Prof. Eisenmann Verlag W. Ernst 1979
- Betonkalender 1987, Teil II S. 641 ff

## 2. Bemessungsgrößen

Folgende Eingangsgrößen werden für die statische Dimensionierung benötigt:

### 2.1. Untergrund/Unterbau

Hinsichtlich der Dimensionierung bei elastischer Bettung ist das Hauptaugenmerk auf einen tragfähigen Unterbau zu legen, damit durch Belastungen ungleichmäßige Setzungen mit hieraus resultierenden Biegezugbeanspruchungen erst gar nicht entstehen können. Anhand der vorhandenen Belastung muss der Unterbau gem. einschlägiger Literatur, z.B. gem. Tafel 22 Betonböden, ausgewählt werden, wobei in Abhängigkeit zu den vorhandenen Rohstoffen unterschiedliche Varianten gewählt werden können.

Für die statische Berechnung wird als Eingangsgröße der Elastizitätsmodul  $E_{v2}$  benötigt.

### 2.2. Belastung

- Flächenlast
- erwartete Temperaturdifferenz
- Regalbelastung als Einzellast, Aufstandsfläche und Abstände der Regalstiele in X/Y-Richtung
- Gabelstaplergesamtgewicht mit Aufstandsflächen der Räder und Abständen der Räder

Flächenlasten sind klassisch betrachtet Schüttgüter. Darüber hinaus wirken alle Belastungen, also auch Regalbeanspruchungen oder Palettenbelastungen, umgerechnet als Flächenlast, wenn die Belastung langfristig auf den Fußboden wirkt.

Durch derartige Belastungen können keine Biegezugbeanspruchungen entstehen, außer es wird in unterschiedlicher Höhe mit daraus unterschiedlich hoher Flächenlast gestapelt.

Durch Flächenlasten entstehen nur Zwängungsspannungen als Zugspannung, wenn die Längenänderung aus Temperaturdifferenz und Schwinden durch diese Auflast behindert wird.

Um diese Zwängungsspannungen so klein wie möglich zu halten, sollte die Belastung so spät wie möglich erfolgen, ca. 6-8 Wochen nach Betoneinbau, damit nur noch das Langzeitschwinden statisch berücksichtigt werden muss.

### 3. Beanspruchung

#### 3.1. Zugspannungen durch Temperaturdifferenz und Schwinden

Die auftretenden Zugspannungen können durch eine optimale Betonzusammensetzung (wenig schwindfähige Zuschläge, geringe Hydratationstemperatur) reduziert werden.

Durch den Einsatz einer funktionsgerechten Gleitebene, optimale Nachbehandlung und Erhöhung der Zugfestigkeit des Betons kann die Länge der Fugenfelder optimiert werden und fugenlose Felder bis zu 100 m<sup>2</sup> hergestellt werden, ohne dass die zulässige Betonzugspannung überschritten wird.

An den eingeschnittenen Fugen muss die Bewehrungslage oben und unten getrennt werden, damit überhaupt eine nennenswerte Längenänderung mit einer Entspannung des Betonquerschnittes an den Fugen entstehen kann. Andererseits muss ein glatter verankerter Stabstahl, Durchmesser 5 – 6 mm (kein Stabdübel), an jeder Fuge in der Mitte des Betonquerschnittes eingebaut werden, damit eine Querkraftübertragung dauerhaft gewährleistet ist.

Wird die untere Bewehrungslage nicht getrennt, wird durch die gerippte Baustahlgewebeeinlage die Längenänderung behindert und die kumulierte Längenänderung über die Gleitebene Folie bis zu den Tagesfugen (stabstahlverdübelt) transportiert. Die dort entstehenden Längenänderungen führen beim Befahren der Fugen mit vulkolanbereiften Gabelstaplern zu Kantenausbrüchen.

#### 3.2. Biegezugspannungen durch Auflast

Bei der Bemessung einer Betonbodenplatte können 2 Bemessungszustände nach DIN 1045 unterschieden werden:

### 3.2.1. Zustand I

Bemessung im Zustand I „ungerissene Zugzone“, Dimensionierung über das Widerstandsmoment und die zulässige Biegezugspannung des Betons (bewehrungslos) oder Bemessung im Zustand II „gerissene Zugzone“ (Bewehrung gemäß DIN 1045).

Betonbodenplatten, die im Zustand I „ungerissene Zugzone“ dimensioniert wurden, müssen dauerhaft rissfrei bleiben, damit keine Schäden an den Rissen durch mangelnde Querkraftübertragung entstehen können. Der Einsatz dieser Bodenplatten ist nur für Bereiche zu empfehlen, in denen geringe oder gleichförmige (Autobahnbau) statische Lasten anzusetzen sind.

### 3.2.2. Zustand II

Betonbodenplatten im Zustand II "gerissene Zugzone" haben, wie der Name es schon sagt immer Risse. Die auftretenden Spannungen können vom Baustoff Beton nicht mehr aufgenommen werden. Erst nach dem Riss kann der ausgerechnete und eingelegte Baustoff Stahl als Bewehrungsmatte überhaupt erst die Funktion der Spannungsübernahme übernehmen.

Bei einer reinen Biegezugbemessung sollen und müssen somit Risse entstehen, die in der Rissaufweitung aber nicht definiert sind.

Durch die Anwendung der DIN 1045 § 17.6 Rissbreitenbeschränkung können so gewollten Biegezugrisse in der Öffnungsweite begrenzt werden.

Bei einer Betonbodenplatte von  $d=20\text{cm}$  ist bei einer Rissaufweitung von kleiner  $0,2\text{ mm}$  ein Bewehrungsgrad von ca.  $7 - 8\text{ cm}^2/\text{m}$  pro Lage bzw. ca.  $20 - 25\text{ kg}/\text{m}^2$  erforderlich. Bei einer Bemessung nach DIN 1045 § 17.6 Rissbreitenbeschränkung können Fugen entfallen. Die notwendigen Tagesfugen werden durch Einlage der berechneten Bewehrung ebenfalls auf die berechnete Rissweite begrenzt.

Wie der Name Rissbreitenbeschränkung schon sagt, werden aber auch nach dieser Methode keine Risse an der sichtbaren Betonoberfläche verhindert, sondern nur auf ein vorgegebenes Maß beschränkt.

### 3.3. fugenlose gerissene Betonplatten nach dem CCS<sup>®</sup>-System

Im Zustand II werden keine Fugen ausgebildet, da vorausgesetzt wird, dass die Rissbildung aus Zwang (Fugen) hinsichtlich der Rissbreitenbeschränkung kleiner ausfallen als Risse aus Biegezug.

Für die in Zustand II „gerissene Zugzone“ dimensionierten Bodenplatten werden daher folgende Systeme angeboten:

CCS<sup>®</sup>BM : statisch dimensioniert auf Biegezug gemäß DIN 1045 unter Berücksichtigung einer Mindestbewehrung von 0,3 % für die obere Bewehrungslage, Rissbreite an der Bewehrung < 0,5 mm

CCS<sup>®</sup>RM : statisch dimensioniert auf Biegezug gemäß DIN 1045 und Berücksichtigung einer Mindestbewehrung für Rissbreitenbeschränkung 5 cm<sup>2</sup>/m für die obere Bewehrungslage

CCS<sup>®</sup>R : statisch dimensioniert auf Biegezug gemäß DIN 1045 und unter Berücksichtigung der DIN 1045 § 17.6 Rissbreitenbeschränkung  $w_r < 0,3; 0,2; 0,1$  mm für die obere und untere Bewehrungslage

### 3.4. Lösungssatz rissfreie Betonoberfläche

Durch die intelligente Anwendung des derzeitigen Kenntnisstandes der Fußbodenkonstruktionstechnik können Risse an der Oberfläche verhindert werden.

Durch das Kombinationsprodukt Tragschichtbeton IPB TSB mit einem im nachträglichen Verbund hergestellten Nuttschichtbeton IPB NSB nach dem CCf<sup>®</sup> System ohne Folientrennlage zwischen den Schichten werden sich die in dem Unterbau im Abstand von 10 – 30 cm entstandenen Risse als Reflektionsriss im Beton fortsetzen. Die Rissbreite der Zugrisse (Entstehung zunächst nur durch Schwinden im Frühstadium der Erhärtung ohne Belastung) sind im Gegensatz zu den im Beton im Abstand von ca. 5 – 7 m normalerweise entstehenden Rissen dementsprechend zunächst um ein vielfaches kleiner.

Durch das Einlegen nur einer oberen Bewehrungslage werden durch die auftretenden Zugspannungen (Betonquerschnittsmitte) mit einem Hebelarm zur oberen Bewehrungslage Momente entstehen, die die vorhandenen Risse an der Oberseite des Betonquerschnittes überdrücken und an der Unterseite des Betonquerschnittes weiter als ursprünglich vorhanden, aber unschädlich, öffnen.

Werden Betonoberflächen nach dem CCf<sup>®</sup> System hergestellt, sind bei der Auswahl und dem Einsatz von optimierten Baustoffen, dauerhaft rissfrei Betonoberflächen herzustellen.

Bei der Abnahme der Leistung können keine Minderungen für gerissene Oberflächen einbehalten werden. Während der Gewährleistungszeit müssen keine Kosten für Instandhaltung von Rissen oder Fugen aufgewendet werden.

Auszug : „Rißbreitenbeschränkung nach DIN 1045“

G. Meyer 1994

Verlag : Beton-Verlag GmbH

QS/AV/rissmeyer

Daß das Buch geschrieben wurde, ist dem über 30jährigen Ärger zuzurechnen, den ich mit den Rissen, vor allem als Unternehmer-Ingenieur, zu ertragen hatte. Es ist unverständlich, daß die physikalische Notwendigkeit des Risses, der in der statischen Berechnung nach Zustand 2 voraussetzt wird, von einigen Bauherren immer noch als vertraglicher Mangel betrachtet wird.

Überall freut man sich, wenn das Gerechnete als Ergebnis am Objekt bestätigt wird. Wird der nach Zustand 2 rechnerisch vorausgesetzte Riß im Bauwerk gefunden, betrachten ihn Bauherren, Architekten und mitunter auch "rechnende" Ingenieure als Ausführungs- oder Konstruktionsfehler.

Wenn jeder Riß ein Mangel ist, wäre der Stahlbetonbau von Anbeginn eine mangelhafte Bauweise gewesen und hätte durch keine Norm geregelt werden dürfen.

**Deshalb sind die Forschungsergebnisse der letzten Jahre, die den Beweis geliefert haben, daß Risse unter einer bestimmten Breite keine Gefährdung der Dauerhaftigkeit darstellen, von allergrößter Wichtigkeit.**

Die meisten Risse, über die man sich im Bau zu ärgern hat, entstehen aus Zwang, insbesondere aus zentrischem Zwang infolge abfließender Hydratationswärme. Die Risse entstehen dabei schon ein bis drei Tage nach dem Betonieren.

**Wenn ein Querschnitt unter Zwang aufreißt, muß eine Mindestbewehrung unkontrollierbare Rißbreite vermeiden. In keinem Fall kann durch eine noch so große Bewehrung der Riß vermieden werden.**

Durch eine Verbesserung des Betons mit einer Erhöhung der Betonzugfestigkeit, wird eine größere Rißlast beim Auftreten des Risses entstehen und folgerichtig etwas mehr an Bewehrung erforderlich sein. Da mit Rücksicht auf die Dauerhaftigkeit unter anderem die Güte der Betondeckungsschicht von entscheidender Bedeutung ist, darf die größere Rißlast nicht von einer optimalen Betontechnologie und Nachbehandlung abhalten.

Die Betontechnologie bestimmt in erster Näherung die Summe der Rißbreiten. Die Rißbreite und damit die Anzahl der einzelnen Risse wird durch die Bewehrung beeinflusst.

Zum Beispiel wird die Summe der Rißbreiten aus Hydratationswärmewang für eine 10 m lange Bodenplatte unter Abzug der Zugbruchdehnung (totale Behinderung vorausgesetzt) :

$$W = 0,5 - 1,0 \text{ mm}$$

Bei zu geringer Bewehrung kann dieser Wert in einem einzigen Riß auftreten. Bei ausreichender Bewehrung verteilt sich W auf mehrere kleinere Risse, das heißt, durch die Größe der Bewehrung kann die Breite und Anzahl der Risse gesteuert werden.