

BEANSPRUCHUNGEN VON BETONFUSSBODEN UND DIE ZUGEHÖRIGE BEWEHRUNG

Th. Friedrich

Novacret Faserbaustoff-Technik GmbH Bernkastel-Kues, Deutschland

1. Einleitung

Um eine realistische Beurteilung der Beanspruchung in einer Betonfußbodenplatte zu erhalten, ist es erforderlich zwischen den einzelnen Einwirkungen und der zugeordneten Beanspruchung zu unterscheiden. Oftmals sind die Beanspruchungen derart gering, dass ihre Auswirkungen auf die Platte vernachlässigt werden können. Zudem lassen sich oftmals bereits mit bescheidenen konstruktiven Massnahmen die Einwirkungen reduzieren, so dass ihre Auswirkungen ebenfalls gering bleiben. Von Bedeutung ist ausserdem der Zeitpunkt des Auftretens der Einwirkungen, um allenfalls durch entsprechend gezielte Massnahmen das Ausmass der Auswirkungen soweit zu begrenzen, dass keine schädigende Einwirkung auf den Betonquerschnitt mehr eintritt.

Anhand der nachstehenden Zusammenstellung der Einwirkungen lässt sich nachweisen, dass eine Stahlbewehrung nur geringste Wirkung entfaltet bei den Bodenplatten der üblichen Nutzung. Somit kann auf diese i.d.R. verzichtet werden. Von grossem Vorteil ist eine in den Beton direkt eingebrachte Mikrobewehrung, die insbesondere ihre Wirkung direkt von Erstarrungsbeginn an entfaltet. Als Mikrobewehrung innerhalb der Zementsteinmatrix wird diese dadurch an der Mikrorissbildung gehindert und verleiht dem Beton ein von Beginn an dichtes und kompaktes Gefüge. Die entsprechende Verstärkung und Behandlung des jungen und grünen Betons verleiht diesem nachweisbar eine grössere und zuverlässigere Endfestigkeit.

Anstelle einer wenig tauglichen Stahlbewehrung dient eine fein verteilte Mikrobewehrung in Form von alkaliresistenten Glasfasern dem Betongefüge mehr und macht diese ausreichend zäh und stabil, um den einwirkenden Beanspruchungen erfolgreich zu widerstehen und den Betonquerschnitt rissfrei zu halten.

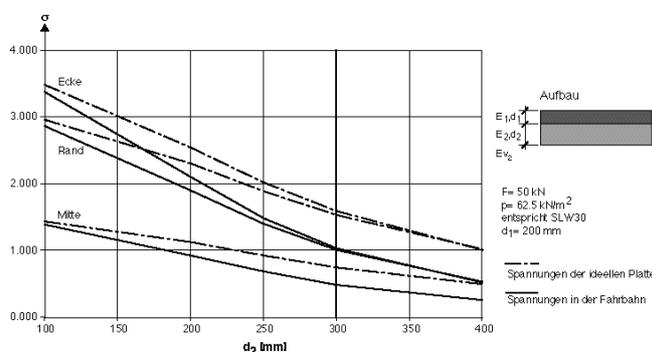


Bild 1: Einfluss der Tragschicht auf die Beanspruchungen der Betonplatte

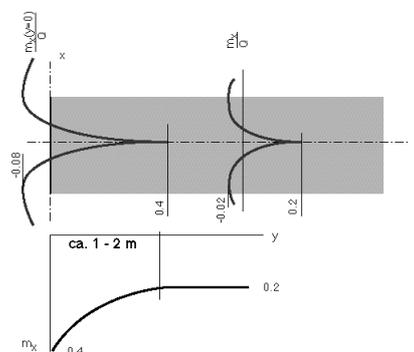


Bild 2: Verlauf der Biegemomente vom Rand zur Mitte

2. Einwirkungen

Bei den Einwirkungen auf Industriefussböden gilt es, die einzelnen Einwirkungen klar zu unterscheiden, um sie in ihrer Auswirkung zu klassifizieren. Damit lassen sich Abgrenzungen festlegen und allenfalls geeignete Massnahmen treffen, um die Auswirkungen zu begrenzen.

2.1 Lasten (verteilte und Einzellasten)

Die Beanspruchungen aus Lasten verursachen i.d.R. nur geringe Beanspruchungen in der Platte. Die grössten Zugspannungen infolge Lasten entstehen auf der Unterseite der Platte [Bild 1]. Dabei verursacht die Einzellast am Plattenrand bzw. in der Plattenecke die grösste Momentenbeanspruchung. Der Maximalwert des Moments klingt jedoch sehr rasch vom Rand ab, um auf denjenigen Normalwert zu gelangen, der durch eine Einzellast innerhalb der Plattenfläche verursacht wird [Bild 2].

Im Vergleich mit den Momentenbeanspruchungen auf der Plattenunterseite sind die Beanspruchungen auf der Plattenoberseite ca. um den Faktor 10 (10%) geringer, und beanspruchen die Platte somit nur sehr gering.

In Abhängigkeit vom Unterbau der Plattenkonstruktion entwickelt sich die Momentenbeanspruchungen in der Platte selbst. Je steifer der Untergrund unterhalb der Bodenplatte, um so geringer fällt die Beanspruchung in der Platte selbst aus.

Zugspannungen infolge Lastenwirkung sind i.d.R. derart gering, dass sie keinerlei Rissbildung in der Platte verursachen.

2.2 Verformungen (infolge Temperatur, Schwinden, Kriechen)

Bei den Verformungen ist zwischen gleichmässig über die Plattenstärke verteilten Verformungen (Längsverformungen) und ungleichmässigen Verformungen (Krümmungen aus unterschiedlichen Verformungen an der Plattenober- bzw. -unterseite) zu unterscheiden.

Beide Arten treten i.d.R. immer gleichzeitig auf, da sich durch die unterschiedlichen Verformungen an den beiden Plattenrändern nicht nur Krümmungen sondern auch ein Längsanteil ergibt.

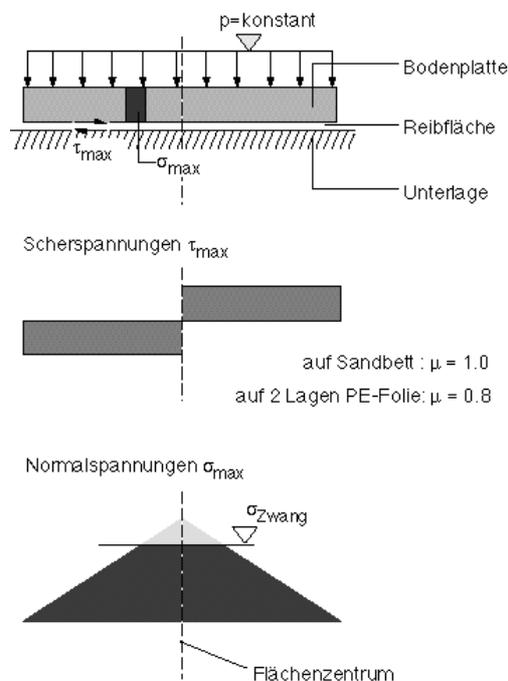


Bild 3: Normalkräfte in der Bodenplatte infolge Bodenreibung

Die Verformungen in Plattenlängsrichtungen verursachen nur Spannungen, wenn sie durch Einbauten oder durch Reibungskräfte behindert werden [Bild 3]. Durch den Einbau einer Folie zwischen Platte und Untergrund lässt sich diese Behinderung weitgehend aufheben, so dass auch infolge dieser Einwirkung nur geringste zentrische Zugspannungen in der Platte entstehen [Bild 4].

Verformungen aus Plattenkrümmungen [Bild 5] können sich frei entfalten, wenn die Ränder nicht eingespannt sind, was i.d.R. bei den meisten Bodenplattenbauwerken der Fall ist. Wenn jedoch die Platten

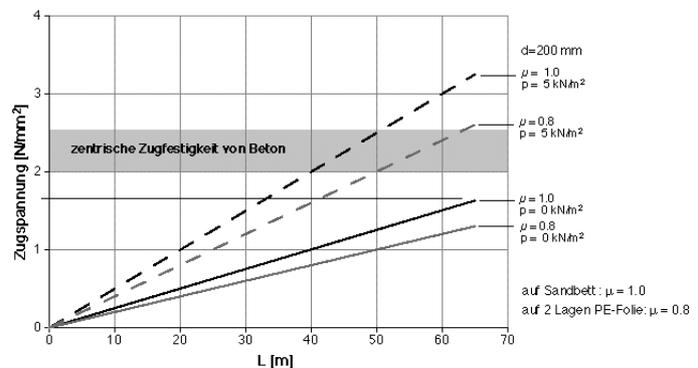


Bild 4: Zugspannungen in der Bodenplatte infolge unterschiedlicher Bodenreibung

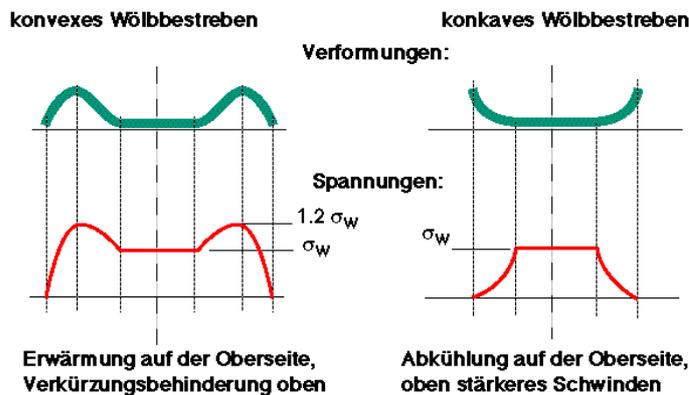
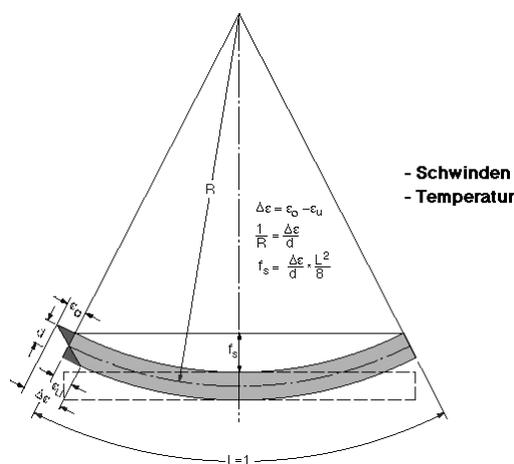


Bild 6: Wölbspansungsverlauf bei Bodenplatten

Bild 5: Schüsseln von Platten infolge Verformungen durch Krümmung

infolge der Verkrümmungen sich von den freien Rändern her verwölben wollen (konvexes und konkaves Wölbbestreiben), wirkt das Eigengewicht der Platte entgegen und verursacht Biegebanspruchungen [Bild 6]. Wenn beispielsweise der Plattenrand infolge Verkürzung der Plattenoberseite (schnelleres Austrocknen der Plattenoberseite infolge Schwinden) sich nach oben verformen will, entsteht für den abhebbenden Plattenrand ein Kragarmsystem, welches durch das Eigengewicht der Platte beansprucht wird. Die Biegemomente bauen sich somit von den Plattenrändern her auf und verbleiben im mittleren Teil der Platte nahezu konstant.

Derartige Verwölbungen entstehen insbesondere durch unterschiedliches Austrocknen des Querschnitts und durch Temperatureinwirkung (Erwärmen, bzw. Abkühlen der Plattenoberfläche). Insbesondere das schnelle Austrocknen der Oberfläche durch Schwinden und Wasserabgabe verursacht von Beginn der Erstarrungsphase an grosse Beanspruchungen die zu grossen Zugspannungen führen.

Im Vergleich mit den sonstigen vorgenannten Beanspruchungen stellt die Verwölbung die grösste Einwirkung dar. Dabei gilt es, das Schwinden an der Oberfläche direkt von Erhärtungsbeginn an zu reduzieren. Gelingt es, die Beanspruchungen in der frühen Beton erhärtungsphase zu reduzieren, verbleibt das Betongefüge ungeschädigt. Damit ist ein gefügedichter Beton auch in der Lage später eintretende Einwirkungen aus Verwölbungen rissefrei aufzunehmen.

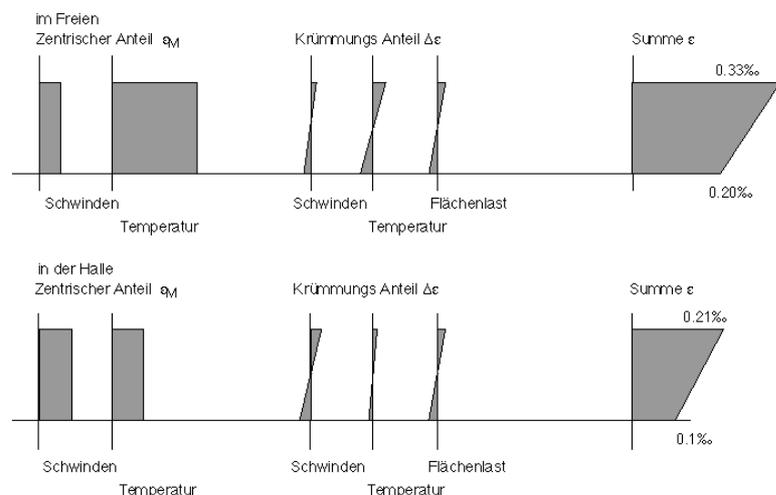


Bild 7: Vergleich der Verformungen infolge Einwirkungen auf die Bodenplatte

3. Widerstände durch Mikro- und Makrobewehrung

Die Beanspruchungen der Platte infolge der vorgenannten Einwirkungen aus Lasten und Verformungen sind i.d.R. für die üblichen Nutzungen als Industriefussboden sehr gering, so dass die Betonzugfestigkeit allein in der Lage ist, diese rissefrei aufzunehmen. Einwirkungen aus Lasten sind nachweislich gering und Spannungen aus Längsverformungen lassen sich ausschliessen, wenn die Platte auf einer Folie sich weitgehend ungehindert verformen kann.

Bei diesen geringen Beanspruchungen im Bereich eines homogenen Betonquerschnitts leistet eine eingelegte Stahlbewehrung keinen Betrag innerhalb des ungerissenen Querschnitts. Somit kann auf eine in unterer und oberer Lage eingebaute Bewehrung in den meisten Fällen verzichtet werden.

Einzig die Verwölbungen verursachen grö-

ssere Beanspruchungen, deren Zugspannungen unter Umständen grösser als die Betonzugfestigkeiten sein können. Dabei spielt die Verwölbung infolge ungleichmässigem Austrocknen des Querschnitts die grösste Rolle, da diese Einwirkungen im jungen Beton auf eine noch wenig entwickelte Festigkeit treffen.

Ziel einer entsprechenden Massnahme muss sein, die Schwindverkürzungen in der frühen Phase zu reduzieren, um die Auswirkungen der Verwölbung so gering wie möglich zu halten [Bild 7]. Das Betongefüge muss in der Erstarrungsphase möglichst ungestört bleiben, um durch einen kompakten und stabilen Zustand den späteren Einwirkungen zu widerstehen. Die übliche Mikrorissbildung zum Erstarrungszeitpunkt muss vermieden werden und die Zementsteinmatrix muss von Beginn ausreichend mikrobewehrt sein.

Somit kommt nur eine fein verteilte Mikrobewehrung in Form von alkaliresistenten Glasfasern in Frage. Die grosse Anzahl an einzelnen Fasern sorgt für eine gleichmässig und umfassend bewehrte Zementsteinmatrix. Der hohe Elastizitätsmodul der Faser entlastet das Betongefüge über die gesamte Lebensdauer von Erstarrungsbeginn über den späteren Nutzungszeitraum hinweg. Die grosse Oberfläche der AR-Glasfasern bindet Wasser und gibt dieses erst allmählich an den Beton in Form einer inneren Nachbehandlung ab. Damit lässt sich die Verformung infolge Schwinden in grösserem Umfang reduzieren [Bild 8].

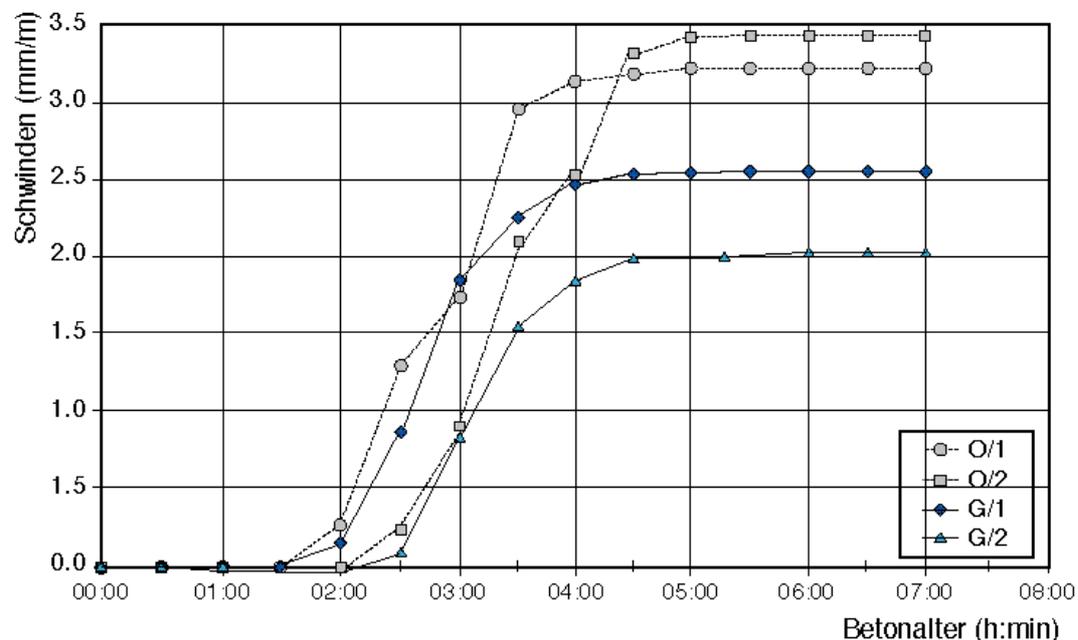


Bild 8: Reduktion des Schwindverhaltens durch AR-Glasfasern



Bild 9: Fugenlose Bodenplatte einer Waschstrasse mit Einbauten

4. Ausgeführte Bauobjekte

Nach den vorgenannten Empfehlungen konnten bereits einige Betonfussböden bzw. auf Dämmung aufliegende Platten erfolgreich ausgeführt werden.

Für den monolithischen Boden einer Waschstrasse mit den entsprechenden Einbauten wie Rinnen und Absätzen wurde eine fugenlose Bodenplatte erstellt [Bild 9]. Aufgrund der vielfältigen Zwängungen durch die Einbauten liess sich eine zwängungsfreie Lagerung der Bodenplatte auf einer Folie nicht realisieren. Aus diesem Grund wurde zusätzlich eine durchgehende Bewehrung in oberer und unterer Lage eingebaut. In Kombination mit der Mikrobewehrung



Bild 10: Fugenlose Dichtplatte auf Dämmung

aus AR-Glasfasern wurde eine dichte, fugenlose Bodenplatte erstellt. Eine auf einer Dämmung aufliegende Dichtplatte hatte grosse Ausmasse und sollte ausserdem fugenlos erstellt werden. Die Platte mit einer Stärke von 15 cm dient als Dicht- und Druckverteilterplatte. Sie übernimmt den Schutz der darunter liegenden Dämmung und verhindert dank ihrer Dichtigkeit das Eindringen von Flüssigkeiten. Die Platte ist der freien Witterung ausgesetzt und wird durch rollenden Verkehr sowohl statisch als auch mechanisch beansprucht. Den Anforderung an die Tragfähigkeit als auch an das Dichtverhalten liesse sich nur mit Hilfe der Mikrobewehrung in Form von AR-Glasfasern gerecht werden [Bild 10].

5. Zusammenfassung und Empfehlungen für eine Bewehrung

Mit der Mikrobewehrung in Form von AR-Glasfasern wird das Betongefüge im entscheidenden Zeitpunkt verstärkt, um sowohl die Gefügestörung im jungen Beton zu unterbinden als auch dem Gefüge langfristig eine ausreichende Zähigkeit und Robustheit für die später zu erwartenden Beanspruchungen zu verleihen. Bei den üblichen Einwirkungen auf einen Betonfussboden kann in den meisten Fällen auf die übliche Stahlbewehrung verzichtet werden, wenn die entsprechende Mikrobewehrung in Form von AR-Glasfasern eingebaut wird.