

Ober- und Unterspannungen abschätzen zu können, kann in erster Näherung die sog. Palmgren-Miner-Regel angewandt werden [6.42, 6.50, 6.51]:

$$D = \sum \frac{n_{si}}{N_{Ri}} \quad (6.34)$$

Darin bedeuten

D Schädigung des Betons als Folge der Ermüdungsbeanspruchung

n_{si} Anzahl der tatsächlich aufgetragenen Lastwechsel mit einer gegebenen konstanten Ober- und Unterspannung

N_{Ri} Anzahl der Lastwechsel, die bei dieser Ober- und Unterspannung zum Versagen führt

Der Bruch stellt sich ein, sobald $D = 1$. Die Palmgren-Miner-Regel unterstellt, dass sich bei konstanter Ober- und Unterspannung die Schädigung infolge einer Ermüdungsbeanspruchung linear mit der Anzahl der Lastwechsel entwickelt. Hierbei bleiben jedoch u. a. die Belastungsreihenfolge, die Beanspruchungsfrequenz sowie Ruhepausen unberücksichtigt. Sie stellt daher nur eine grobe Näherung dar und kann die tatsächliche Zeitfestigkeit bei variablen Ober- und Unterspannungen sowohl über- als auch unterschätzen. Eine Erweiterung der Palmgren-Miner-Regel auf einen mehrstufigen Belastungsprozess wurde in [6.52] vorgestellt. Der lineare Ansatz wird dort um Effekte aus der Belastungsreihenfolge modifiziert.

Weitere ausführliche Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten von Beton sind in [6.5, 6.39, 6.53–6.56] aufgeführt.

6.7 Brandverhalten

Wenn Beton unter Berücksichtigung der normativen Anforderungen der DIN 1045-2:2023-08 an die Gesteinskörnung, Zement, Betonzusatzmittel- und -stoffen, Fasern sowie anderen anorganischen Ausgangsstoffen zusammengesetzt ist, darf unterstellt werden, dass dieser in die sog. Klasse A1 gemäß Delegierter Verordnung (EU) 2016/364 (Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauprodukten) eingestuft werden kann. Das heißt, der Beton leistet keinen Beitrag zum Brand. Eine gesonderte Prüfung ist dann nicht erforderlich. Hierbei muss jedoch unterstellt werden, dass die anderen anorganischen Ausgangsstoffe höchstens 1 M.-% oder Vol.-% (der höhere Wert ist maßgebend) an organischen Bestandteilen nicht überschreiten. Überschreiten die organischen Bestandteile den zuvor genannten Grenzwert von 1,0 M.-% bzw. Vol.-%, so ist der Beton für die jeweilige Baustoffklasse nach DIN EN 13501-1 mit der korrespondierenden Prüfnorm zu prüfen und auf der Grundlage von (EU) 2016/364 in Verbindung mit DIN EN 13501-1 zu klassifizieren. Alternativ zu dieser Klassifizierung kann der Beton auch nach DIN 4102-1 geprüft und in eine Baustoffklasse eingestuft werden.

7 Dauerhaftigkeit

Die mechanischen Eigenschaften des Betons sind zwar für die Standsicherheit von Bauteilen aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton von außerordentlicher Wichtigkeit, sie reichen jedoch zur Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit nicht aus. Betonbauteile müssen auch ausreichend dauerhaft sein. Sie dürfen sich während der gesamten vorgesehenen Nutzungsdauer nicht unzulässig verändern, sodass sie stets gegenüber allen Einwirkungen ausreichend widerstandsfähig sind und der Bewehrung einen ausreichenden Korrosionsschutz bieten.

Im Gegensatz zu den mechanischen Eigenschaften ist die Dauerhaftigkeit von Beton nur schwer zu charakterisieren. Darüber hinaus ist sie auch bei bekannten Umweltbedingungen und Betoneigenschaften keine absolute Größe, die über die Zeit konstant bleibt. Struktur und Eigenschaften von Beton unterliegen schon allein aus energetischen Gründen einem kontinuierlichen Wandel, bei dem der Beton – ähnlich dem korrodierenden Stahl – einem niedrigeren Energieniveau entgegenstrebt, das dem Energieniveau seiner Ausgangsstoffe entspricht. Durch technologische und konstruktive Maßnahmen kann aber die Geschwindigkeit solcher Veränderungen je nach Umweltbedingungen ganz wesentlich reduziert werden. Trotzdem sind Dauerhaftigkeit und Gebrauchsfähigkeit an eine erwartete Nutzungsdauer gekoppelt. Lebensdauererforscher unter Einbezug von Instandhaltungsmaßnahmen und unter Berücksichtigung der Gesamtkosten einer Konstruktion spielen daher auch für Betonbauwerke eine zunehmend wichtige Rolle (siehe u. a. [7.1–7.5]).

In der Vergangenheit wurde der Dauerhaftigkeit von Betonkonstruktionen, mit Ausnahme spezieller Fälle, wenig Augenmerk geschenkt. Es wurde davon ausgegangen, dass Betonkonstruktionen wartungsfrei sind, wenn gewisse Grundregeln der Betontechnologie beachtet werden. Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte zeigten aber, dass z. T. nur geringfügige Abweichungen von diesen Regeln, manchmal in Verbindung mit falsch eingeschätzten oder verschärften Umweltbedingungen, zu erheblichen Schäden führen können. Dies löste eine rege Forschungstätigkeit aus, und auch in den Normen werden Fragen der Dauerhaftigkeit wesentlich mehr Aufmerksamkeit geschenkt als in der Vergangenheit. Die Erfahrung der letzten 25 Jahre mit geschädigten Bauwerken und die Sorge um dauerhafte Bauwerke haben dazu geführt, dass das Thema Dauerhaftigkeit einen größeren Stellenwert in den Regelwerken bekommen haben. Insbesondere in der neuen DIN 1045-2:2023-08 sowie in der zukünftigen DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) wird die Thematik der Dauerhaftigkeit von Betontragwerken aufgrund von neueren Forschungsergebnissen noch detaillierter berücksichtigt.

In den *fib* Model Codes 2010 und 2020 wird der immensen Bedeutung der Dauerhaftigkeit mit neuen Konzepten Rechnung getragen. Während die Bemess-