

Verfahren der RDO Beton und Anwendung der Software AWDSTAKO

Die rechnerische Dimensionierung ergänzt im Straßenbau das Erfahrungswissen aus der RStO [1] durch das ingenieurtechnische Wissen über mechanische Zusammenhänge. Damit wird es möglich die Wirkung wesentlicher Einflussfaktoren zu berücksichtigen und den Oberbau zu optimieren bzw. an spezielle Randbedingungen anzupassen.

Das in Deutschland eingeführte Verfahren für die rechnerische Dimensionierung von Betonstraßen wurde maßgeblich von Frau Dr. Lissi Pfeifer entwickelt. Die Grundzüge der Dimensionierungsmethodik, sowie die technischen Hintergründe sind in [3] beschrieben. Mit ARS 21/2010 erfolgte 2010 die verbindliche Einführung der „Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Betondecke (RDO Beton)“ [2]. Als Dimensionierungssoftware steht das Programm AWDSTAKO bereit.

Die rechnerische Dimensionierung im Straßenbau unterscheidet sich grundsätzlich von der Bemessung in anderen Bereichen des Bauwesens. Während im Hochbau oder Ingenieurbau nachgewiesen wird, dass die gewählte Konstruktion in ihrem mechanischen Verhalten über die Nutzungsdauer unverändert bleibt, wird im Straßenbau eine allmähliche Schädigung unterstellt. Ziel der Dimensionierung im Straßenbau ist es die Oberbaukonstruktion so auszulegen, dass sich die Schädigung innerhalb der geplanten Nutzungsdauer in akzeptablen Grenzen hält.

Es ist bekannt, dass die theoretische Modellierung eines Schädigungsprozesses eine äußerst schwierige und komplexe Aufgabe ist. Dies gilt insbesondere, wenn sich der Schädigungsprozess über Jahrzehnte erstreckt und die äußeren Einwirkungen nicht über den gesamten Zeitraum genau prognostizierbar sind. Das Verfahren zur rechnerischen Dimensionierung im Straßenbau muss also einerseits sehr komplexe Zusammenhänge erfassen, andererseits ist aber auch Transparenz und Praktikabilität gefordert. Das Verfahren der RDO Beton wird dieser Herausforderung gerecht, indem Methoden zur modellhaften Idealisierung genutzt werden, welche in der Ingenieurpraxis seit vielen Jahren erfolgreich angewendet werden.

Die rechnerische Dimensionierung erhebt nicht den Anspruch die Schädigung der Fahrbahn über die gesamte Nutzungsdauer exakt vorzuberechnen. Ziel ist es vielmehr unter Nutzung des vorhandenen Ingenieurwissens die bestmögliche Prognose zu realisieren.

Die RDO Beton baut auf den Regelungen der RStO auf. Es werden keine neuen Bauweisen definiert. Konkretes Ziel der Dimensionierung ist es die unter wirtschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten optimale Dicke der Betondecke zu ermitteln. Die gesuchte Deckendicke wird iterativ ermittelt.

Dabei sind immer drei Nachweise zu führen:

- (1) Quasi-dynamischer Nachweis (Nachweis gegen eine hohe Belastung)
- (2) Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Nachweis für eine häufig vorkommende Belastung)
- (3) Ermüdungsnachweis

Jeder dieser Nachweise ist jeweils für die Mitte der Längsfuge und die Mitte der Quersfuge zu führen. Damit ergeben sich insgesamt sechs Nachweise. Das Nachweisformat ist immer gleich. Es muss gelten:

$$\text{einwirkende Momente } (M_E) \leq \text{aufnehmbares Moment } (M_R)$$

Da hier eine feste Beziehung zwischen Biegemomenten und Biegespannungen besteht, handelt es sich dem Wesen nach um Spannungsnachweise.

Für die Berechnung der einwirkenden und aufnehmbaren Momente gibt es jeweils ein Formelwerk, welche für alle Nachweiszfälle anzuwenden ist. Die Anpassung auf die Spezifik der unterschiedlichen Nachweiszfälle und Randbedingungen erfolgt über spezielle Parameterwerte.

Die einwirkenden Momente werden durch Verkehrslasten und Temperaturwirkungen in der Betonplatte hervorgerufen. Diese beiden Anteile des durch äußere Einwirkungen erzeugten Biegemomentes (Verkehrsmoment, Temperaturmoment) werden getrennt berechnet und dann superponiert.

Formal ist dieses Vorgehen nicht korrekt, weil die elastisch gebettete Platte ein nichtlineares Modellverhalten zeigt. Durch die geringe Spannweite des gesamten Parameterfeldes war es aber möglich das Verfahren so abzustimmen und zu kalibrieren, dass auch mit diesem vereinfachten Vorgehen realistische Ergebnisse erzielt werden können. Perspektivisch wird die Spannungsberechnung innerhalb der rechnerischen Dimensionierung mit einem Finite-Elemente-Modell erfolgen, welches derartige Vereinfachungen entbehrlich macht.

In der aktuellen Version der RDO Beton werden die Biegespannungen aber nicht mit der Finite-Elemente-Methode berechnet, sondern mit analytischen Formeln. Für das Verkehrsmoment ist dies die Westergaard-Formel und für das Temperaturmoment sind es die Eisenmann-Formeln. Unabhängig von den oben angesprochenen Defiziten dieser Formelwerke bieten sie dem Nutzer den Vorteil der Einfachheit und Transparenz.

Der Schädigungsprozess der Fahrbahn wird im Dimensionierungsmodell, stark vereinfacht über den Ermüdungsnachweis beschrieben. Dazu wird eine Ermüdungskurve (Wöhlerlinie) für den Beton genutzt. Diese beschreibt den Zusammenhang zwischen der Betonspannung beim Lastwechsel und der ertragbaren Lastwechselzahl. Für den Ermüdungsnachweis ist zu zeigen, dass beim Übergang der Vergleichsachslast die Spannung im Beton so klein ist, dass die bis zum Ende zu erwartende Lastwechselzahl möglich ist. Formal wird also die Schädigung mit einem Spannungsnachweis erfasst.

Zur Quantifizierung der Schädigung wird die Ausfallrate benutzt. Diese ist definiert als Anteil der durch äußere Lasteinwirkung gebrochenen Platten. Der Bruch tritt definitionsgemäß ein, wenn die vorhandene Betonspannung den zulässigen Wert (Festigkeit) überschreitet. Indem die vorhandene Streuung der Festigkeitswerte mathematisch beschrieben wird, kann stets der Anteil der Platten angegeben werden, für den die Festigkeit unterhalb der vorhandenen Spannung liegt. Dies ist die vorhandene Ausfallrate.

Mit dieser Methodik gelingt es das oben formulierte Ziel einer Dimensionierung für eine bestimmten Schädigungsgrad zu realisieren.

Das Regelwerk der RDO Beton beinhaltet eine Vielzahl von Parametern, welche unterschiedliche Einflüsse erfassen. Damit ist eine flexible Anpassung der Dimensionierung an alle Straßenkategorien möglich. Darüber hinaus kann auch eine Dimensionierung von Sonderverkehrsflächen (Parkplätze, Lagerflächen u.ä.) erfolgen.

Zukünftige Weiterentwicklungen des Verfahrens werden unter anderem die bereits angesprochene Einführung der Finite-Elemente-Berechnung und eine erweiterte Berücksichtigung der Streuung wichtiger Einflussgrößen beinhalten.

Literatur

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßenwesen (FGSV): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012, Korrektur Juni 2020, FGSV-Verlag, Köln
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßenwesen (FGSV): Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Betondecke, FGSV, Ausgabe 2009
- [3] Pfeifer, L.; Kiehne, A.; Villaret, St.: Bemessungsverfahren für Betonoberbau, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 856 (2002)