

Vom Beitrag: Vavrovsky G., Schubert P.:

"Beobachtung des Kriechverhaltens von jungem Spritzbeton am Beispiel eines Messquerschittes im Langener Tunnel" ist keine schriftliche Fassung eingelangt. Einige Wortmeldungen zum Vortrag finden sich in den Diskussionsbeiträgen.

Dr. Ing. Edgar Kern, Philipp Holzmann AG

Eine Frage zum Vortrag von Herrn Dr. Pöttler. Ihre Untersuchungen wurden am unbewehrten Beton durchgeführt. Ist es so, daß am bewehrten Beton, am Stahlfaserspritzbeton z. B., der Auslastungsgrad günstiger wird, weil das Verformungsvermögen ansteigt?

Dipl.-Ing. Dr. Rudolf Pöttler, ILF

Das ganze wurde an einem unbewehrten Spritzbeton durchgeführt. Auch die Versuche von Prof. Rokahr sind mit unbewehrtem Spritzbeton durchgeführt. Es ist natürlich möglich, das numerische Modell auch auf Stahlfaserspritzbeton umzuwandeln. Dann sind natürlich entsprechende Versuche erforderlich. Wenn die Festigkeiten dann höher sind, ist natürlich der Auslastungsgrad niedriger. Die Versuche in dieser Richtung fehlen natürlich noch.

Dr. Ing. Edgar Kern

Die Verhältnisse werden günstiger, auch bei anderem bewehrtem Beton.

Dr. Harald Lauffer, Allgemeine Baugesellschaft PORR

Ich glaube, daß die bei uns übliche Netzbewehrung, die ja im wesentlichen parallel zur Beanspruchungsrichtung liegt, keinen wesentlichen Einfluß auf das Spritzverhalten hat. Wie aber Herr Dr. Pöttler richtigerweise hingewiesen hat, wäre die Situation bei einem stahlfaserbewehrtem Beton grundsätzlich anders, weil natürlich die ganz andere Arbeitslinie des stahlfaserbewehrten Spritzbetons heranzuziehen ist. Das ist jetzt sicher ein Thema, das im Zusammenhang mit dem gestrigen Tag - wo ganz eindrucksvoll dargestellt wurde, welche Möglichkeiten heute schon der mit Microsilica verbesserte und durch Stahlfasern bewehrte Spritzbeton bieten würde - von Interesse ist.

Dr. Ing. Theodor Baumann, Dyckerhoff & Widmann AG

Ich habe eine Frage an Herrn Direktor

Vavrovsky. Sie haben richtigerweise ausgeführt, daß die Beanspruchungen der Spritzbetonschale im wesentlichen eine Folge der aufgezwungenen Verformungen, der Verformungen, die das Gebirge der Spritzbetonschale aufzwingt, sind. Dies gilt ja in besonderem Maße für die Biegemomente der Spritzbetonschale. Ist es nicht zweckmäßiger, aus diesem Grunde nicht von den Biegemomenten zu sprechen, insbesondere wenn man Meßergebnisse darstellt, nicht die Biegemomente darzustellen, sondern die Krümmungen, die das Gebirge der Schale aufzwingt? Sie können Krümmungen vielleicht messen, aber wie kommt man von der gemessenen Krümmung zu Momenten, doch nur mit sehr komplizierten Rechenannahmen. Noch komplizierter ist es, wenn man Momente rechnerisch berechnen will. Da muß man diese ganzen Annahmen über Steifigkeiten der Spritzbetonschale, über das Kriechen machen. Ist es nicht zweckmäßiger, insbesondere im Zusammenhang mit Meßwerten, nicht von Momenten, sondern von den Krümmungen der Spritzbetonschale zu sprechen? Und daran anschließend eine weitere Frage. Sie beziehen sich wesentlich auf den Auslastungsgrad "K". Diesen haben Sie als "N"^{vorhanden} zu "N"^{aufnehmbar} definiert. Was ist bei Ihnen "N"^{aufnehmbar}? Ist es ein Produkt aus einer Festigkeit und einer mittleren Schalendicke und geht in dieses "N"^{aufnehmbar} oder in das "N"^{vorhanden} das Biegemoment oder die Krümmung der Schale ein? Geht in den Auslastungsgrad die von Ihnen gezeigte Momentenverteilung, die man vielleicht besser als Krümmungsverteilung bezeichnet, ein?

Dir. Dipl.-Ing. Dr. Georg Vavrovsky, Hochleistungs-Strecken AG

Darf ich mit der zweiten Frage beginnen? Wir haben es uns sicherlich relativ einfach gemacht, weil wir die Messungen mit eben dem Instrumentarium, das derzeit zur Verfügung steht und das sicherlich noch ungenügend ist, auswerten wollten. Einfache Antwort auf Ihre Frage: "N"^{aufnehmbar} ist aus der DIN entnommen, und zwar wie es dort definiert ist, mit "N"^{aufnehmbar} in Abhängigkeit vom je-

weils vorhandenen Moment. Das ist also der Ihnen sehr genau bekannte Wert "N" ^{aufnehmbar} bei unbewehrtem Beton in Abhängigkeit vom gemessenen Moment, und gerade dort wird es ja problematisch und dort sind viele Dinge noch ungeklärt. Das ist gar keine Frage. Gemessen wurden die Dehnungen in zwei Fasern, in einer Faser innen und in einer Faser außen. Wir wissen natürlich, daß zunächst einmal die Festlegung des ebenen Verformungszustandes so eine Sache ist. Man kann auch nicht von einem linearen Spannungsverhalten von der einen Faser zur anderen ausgehen, sondern vor allem dort, wo wir bei hohen Beanspruchungsgraden in den Bereich der plastischen Beanspruchung kommen, gibt es einen parabelförmigen Spannungsverlauf. Wir haben derzeit ein Modell mit einem bilinearen Verlauf angenommen und im Zugbereich eben Null-Spannungen. Mit den im normalen Betonbau üblichen Bemessungskriterien kamen wir auf Grund dieser Dehnungen, die wir gemessen haben, zu Spannungen, bilinear, und dann zu Momenten und Normalkräften. Grundsätzlich ist Ihr Gedanke ganz richtig, daß man hier noch sehr viel tun muß. Wenn man aber Dehnungen in bestimmten Fasern an bestimmten Punkten mißt, dann muß man davon ausgehen, wenn man Krümmungen mißt, dann muß man von Krümmungen ausgehen. Es ist also eine Frage, was man mißt und wie man sich dem Problem nähert.

Darf ich noch eine kurze Frage an Herrn Dr. Pöttler richten? Zunächst meine herzlichste Gratulation zu Ihren Ausführungen. Ich glaube, daß das ein echter großer Schritt voraus ist, der noch sehr viel zu werden verspricht.

Ich bin überzeugt, daß der ideelle E-Modul, den Sie mit 10.000 in dem Beispiel errechnet haben, abhängt von der Entspannungsgeschwindigkeit, das heißt, vom Verformungspotential des Gebirges oder wie es Prof. Pacher immer ausgesprochen hat, von der Entspannungsenergie, die im Gebirge drinnen steckt und wie rasch diese kommt. Dazu hätte ich von Ihnen gerne einen Kommentar gehört.

Dipl.-Ing. Dr. Pöttler

Wie rasch diese Gebirgslast auf die Spritzbetonschale einwirkt, wurde insofern berücksichtigt, daß die verzögerte Elastizität einmal mit dem Grenzwert Null und einmal mit 50 % angesetzt wurde. Insofern ist dies im Modell berücksichtigt. Was nicht berücksichtigt ist, ist eine plastische Verformung. Diese kann jedoch angenähert werden durch die Annahme eines geringen E-Moduls des Gebirges und auch dies wurde berücksichtigt mit Annahmen zwischen 500 und 2.000 MPa. Man kann dann vielleicht sagen, daß, wenn das Gebirge pla-

stisch ist, ist der E-Modul nicht 1.000, sondern nur 500 MPa. Es ist natürlich klar, daß in einer Parameterstudie, die ein elastisches Materialverhalten zugrundelegt und etwa 10 Parameter untersucht, nicht alle Faktoren berücksichtigt werden können.

Dr. Harald Lauffer

Das bedeutet aber umgekehrt, daß hier noch einiges zu tun ist, glaube ich.

Unverständliche Frage

Dipl.-Ing. Dr. Vavrovsky

Aus Zeitgründen bin ich darauf nicht eingegangen. Das ist in der Arbeit von Dr. Schubert, der auch in meinem Vortrag Co-Autor war, im Felsbau veröffentlicht. Die Umrechnung wurde exakt so, wie dort veröffentlicht, mit jenen Parametern, die wir aus Versuchen ermittelt haben, vorgenommen.

Ing. Hans Jakoubek

Ich möchte zu den vielen Fragen, die jetzt aufgeworfen wurden, noch eine Anregung geben, was im Labor noch zu tun wäre. Wir haben keine Werte über die Endfestigkeit eines durch das Kriechen gestörten Spritzbetons im Vergleich zu einem ungestörten. Das Kriechverhalten ist bis zu 40, 50 % Auslastung weitgehend elastisch, darüber dann immer mehr plastisch. Mein Vorschlag bis zur nächsten Tagung wäre, parallel zu den Kriechversuchen die gleichen Proben auf ihre 28-Tage-Festigkeit zu prüfen. Dann sollten gestörte und ungestörte Proben in ihren Festigkeiten gegenübergestellt werden. Darüber gibt es meines Wissens bis heute keine Veröffentlichungen.

Priv.-Doz. Reinhard Rokahr, Universität Hannover

Herr Jakoubek, Sie haben vollkommen recht, es gibt zu wenig Versuchsergebnisse. Die Tendenz ist so, daß das Kriechverhalten auf die Endfestigkeit keinen nennenswerten Einfluß hat. Es kommt eigentlich mehr darauf an, daß durch das hohe Kriechen Spannungen abgebaut werden. Wenn Sie allerdings Belastungen nehmen und Sie gehen an 90 % Auslastung heran, können natürlich Schädigungen auftreten, die nachher einen bleibenden Einfluß haben. Wir haben ein paar Versuche, etwa acht oder zehn, gemacht und dabei festgestellt, daß die Streuung der Endfestigkeiten bei unbelasteten Proben genauso groß ist wie die Streuung, wenn die Proben vorher einem Kriechversuch unterworfen wurden.

Dr. Ing. Theodor Baumann

In Ergänzung und Bestätigung dessen, was Herr Dozent Rokahr gesagt hat, möchte ich anfügen,

daß es sehr umfangreiche Versuche zum Kriechen des normalen Betons gibt. Das waren Dauerstandsversuche in den Fünfziger- und Sechziger-Jahren, die in München durchgeführt wurden. Auch dort hat man sich die Frage gestellt, ob die Endfestigkeit des Betons durch eine Belastung im früheren oder späteren Betonalter beeinträchtigt wird. Es hat sich herausgestellt, daß bei Belastungsgraden

bis zu 80, 85 % keine Beeinträchtigung der späteren Endfestigkeit erfolgt. Ab einer Lasthöhe von 80, 85 % kann es begrenzt zu Gefügestörungen kommen. Natürlich befindet man sich im jungen Spritzbeton per Definition, wenn er plastifiziert wird, schon in einem Bereich, der an diese 85 oder 90 % Auslastung herangeht. So gesehen wäre das vorstellbar, daß dieser Effekt von Bedeutung ist.