

## Unscharfe Modifikations-, Schädigungs- und Revitalisierungsprozesse bei Composite-Tragwerken

Projektleiter	Prof. Dr.-Ing. W. Graf Prof. Dr.-Ing. habil. B. Möller
Mitarbeiter	Dipl.-Ing. M. Bartzsch
Finanzierung	DFG
Laufzeit	11/03 - 10/04

Ein Tragwerk unterliegt während der Herstellung und Nutzung zahlreichen zeitabhängigen Veränderungen. Das betrifft:

- stoffliche Veränderungen, z.B. Änderungen der Materialeigenschaften infolge physikalischer und chemischer Prozesse
- konstruktive Änderungen, z.B. Umbau, Verbundherstellung, Verstärkung
- die Abfolge einzelner Bauzustände während der Tragwerksherstellung
- Änderungen der Belastung
- Änderungen der Vorspannkkräfte

Die Abfolge dieser Veränderungen wird bei der numerischen Simulation durch einen Last- und Systemmodifikationsprozeß beschrieben.

Die o.g. Veränderungen stellen oft nur unscharf zu beschreibende Größen dar. Unscharfe Größen können je nach Art der Unschärfe durch die Charakteristiken Fuzziness, Zufälligkeit oder Fuzzy-Zufälligkeit dargestellt werden. Typische Beispiele für unscharfe Parameter im Last- und Systemmodifikationsprozeß sind Festigkeit und E-Modul der verwendeten Baustoffe, Steifigkeiten von Auflagern, Querschnitts- und Bewehrungsverläufe bestehender Tragwerke und Lastannahmen. Im Zusammenhang mit der Erfassung von Kriechen und Schwinden des Betons hat die zeitliche Abfolge des Lastprozesses Einfluß auf das Tragverhalten. Die Zeitpunkte der Systemmodifikationen und Lasteintragungen sind ebenfalls unscharfe Größen.

Für eine realitätsnahe Modellierung des Tragverhaltens ist es erforderlich, die Systemmodifikation mit ihrer Unschärfe in Verbindung mit dem unscharfen Lastprozeß zu berücksichtigen. Es wird ein numerisches Simulationsmodell für veränderliche Tragwerke mit unscharfen Eingangs- und Modellparametern entwickelt. Die unscharfe Eingangsmenge  $\tilde{\mathbf{X}}(\underline{\theta}, \tau)$  wird mit Hilfe eines Abbildungsoperators auf die unscharfe Ergebnismenge  $\tilde{\mathbf{Z}}(\underline{\theta}, \tau)$  abgebildet.

$$\tilde{\mathbf{X}}(\underline{\theta}, \tau) \xrightarrow{\quad} \tilde{\mathbf{Z}}(\underline{\theta}, \tau) \quad (1)$$

Besteht Modellunschärfe ist der Abbildungsoperator unscharf. Die Eingangs- und Ergebnisgrößen sind von den Raumkoordinaten  $\underline{\theta}$  und von der Zeit  $\tau$  abhängig und können stetig oder unstetig sein. Sie werden als Fuzzy-Funktionen erfaßt. Gl. (2) zeigt die Scharparameterdarstellung der Fuzzy-Funktion für die Fuzzy-Eingangsgrößen  $\tilde{\mathbf{x}}$ .

$$\tilde{\mathbf{x}} = f(\tilde{\mathbf{s}}, \underline{\theta}, \tau) = \{ \mathbf{x}_{\underline{\theta}, \tau} = x(\tilde{\mathbf{s}}, \underline{\theta}, \tau) \quad \forall \underline{\theta} \mid \underline{\theta} \in \Theta, \quad \forall \tau \mid \tau \in T \} \quad (2)$$

## BEISPIEL

Der Last- und Modifikationsprozeß eines Beton-Beton-Verbundträgers wird numerisch analysiert. Der ursprüngliche, bewehrte Betonträger wird nachträglich durch eine bewehrte Aufbetonschicht verstärkt. Folgende unscharfe Eingangsparameter werden durch Fuzzy-Größen beschrieben: die Festigkeiten des alten und des neuen Betons  $\tilde{f}_{cm,cyl}$  und die Verbundsteifigkeit  $\tilde{K}_s$  der Verbundfuge zwischen Alt- und Neubeton.

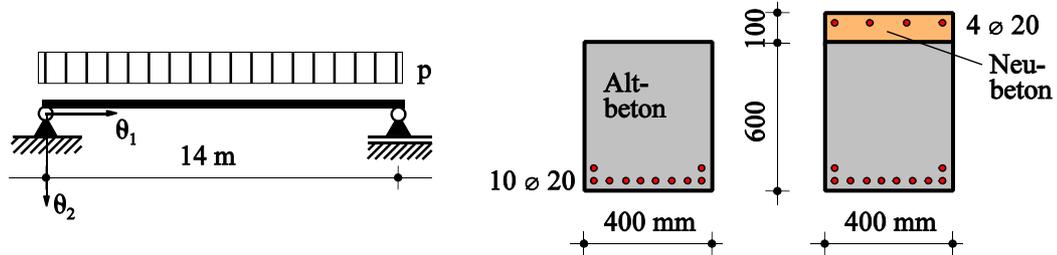


Abb. 1: Statisches System und Querschnitt bevor/nach der Systemmodifikation

### Materialparameter

Altbeton:	Neubeton:	Bewehrungsstahl:
$f_{cm,cyl} = 28 \text{ N/mm}^2$	$f_{cm,cyl} = 38 \text{ N/mm}^2$	$f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
$f_{ctm} = 2,2 \text{ N/mm}^2$	$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	$f_u = 550 \text{ N/mm}^2$
$E_c = 29000 \text{ N/mm}^2$	$E_c = 32000 \text{ N/mm}^2$	$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

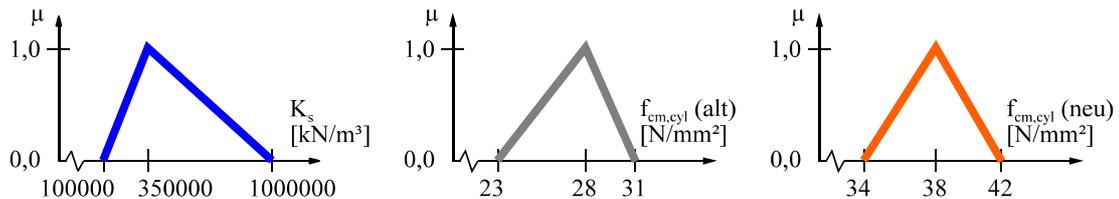


Abb. 2: Unscharfe Eingangsgrößen: Verbundsteifigkeit, Betondruckfestigkeiten

Im analysierten Last- und Systemmodifikationsprozeß (Abb. 3) wird der unverstärkte Träger durch Eigengewicht und Verkehrslast belastet. Vor der Verstärkung wird der Träger entlastet (nur das Eigengewicht verbleibt) und die Verstärkungsschicht wird aufgebracht. Anschließend wird der verstärkte Träger wiederbelastet. Als Ergebnis ist in Abb. 4 die Fuzzy-Funktion der Vertikalverschiebung  $\tilde{\theta}_2$  in Trägermitte ausgewählt.

Abb. 3: Last- und Systemmodifikationsprozeß

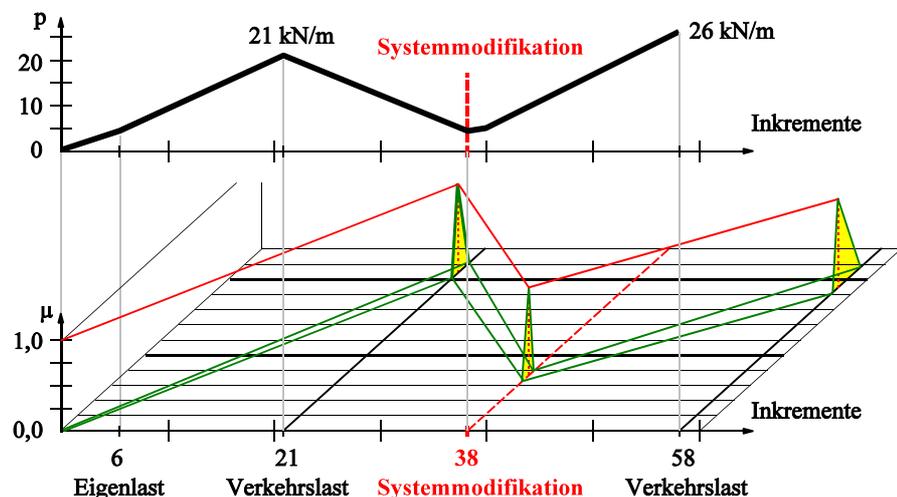


Abb. 4: Fuzzy-Ergebnis Vertikalverschiebung  $\tilde{\theta}_2$  in Trägermitte