

# MASTERTHESIS

## Übergreifungslängen von Betonstahlbewehrung: Nichtlineare Nachrechnung von Versuchsträgern auf lokaler Ebene auf Grundlage der Finite-Elemente-Methode (FEM)

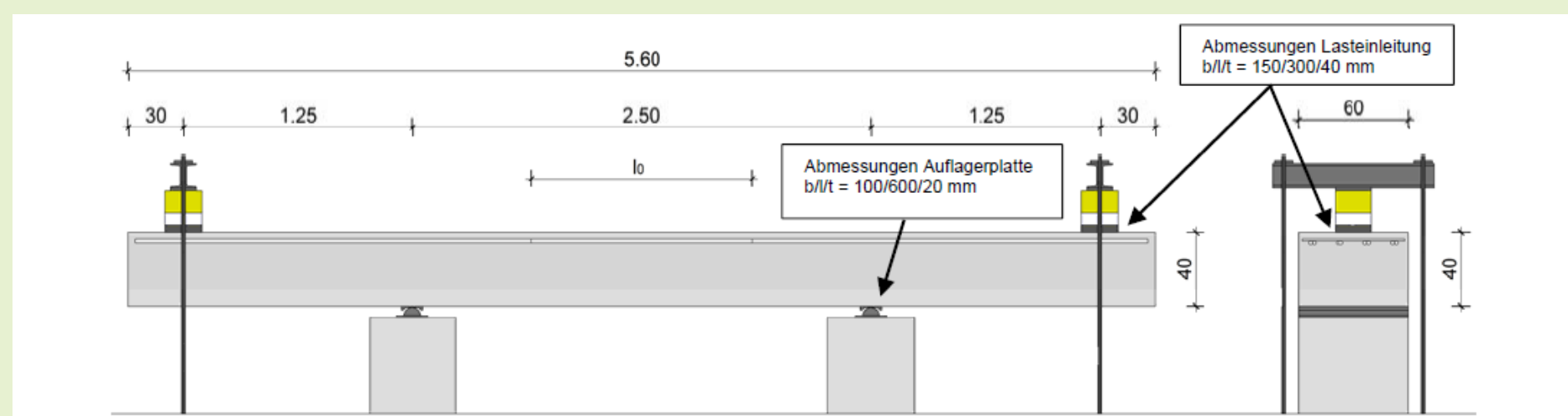
### Problemstellung

Die nach dem derzeit gültigen deutschen Regelwerk DIN EN 1992-2/NA bemessenen erforderliche Übergreifungslängen sind im internationalen Vergleich mit Abstand am größten. So wird z.B. die günstige Wirkung einer großen Betondeckung im Eurocode 2 mit einer Abminderungsmöglichkeit von bis zu 30% berücksichtigt. Im deutschen Nationalen Anhang ist diese Möglichkeit nicht gegeben. Dadurch entstehen ggf. größere erforderliche Übergreifungslängen und damit einhergehend konstruktiv schlechtere Bewehrungsanordnungen und teurere Bauvorhaben.

Grundlage dieser Masterarbeit ist das Forschungsvorhaben der BAST mit dem Thema „Übergreifungslängen von Betonstahlbewehrung – Maßgebende Einflussparameter in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit“. Das Gesamtziel der Forschung besteht darin, mittels experimenteller Untersuchungen die maßgeblichen Einflussparameter auf das Tragverhalten von Übergreifungsstößen zu identifizieren und anschließend deren Quantifizierung in nationalen als auch internationalen Regelwerken zu überprüfen. Im Zuge der Forschung wurde eine Versuchsreihe über zehn 4-Punktbiegeversuche durchgeführt. Dabei wurden die maßgeblichen Einflussfaktoren Betondeckung, Stoßanteil, lichter seitlicher Stababstand und Stabdurchmesser systematisch variiert. Die Aufgabe dieser Masterarbeit ist es, ein geeignetes FE gestütztes Simulationsmodell zu entwickeln, welches die Großversuche auf lokaler Ebene abbildet und die Ergebnisse der Realversuche widerspiegelt.

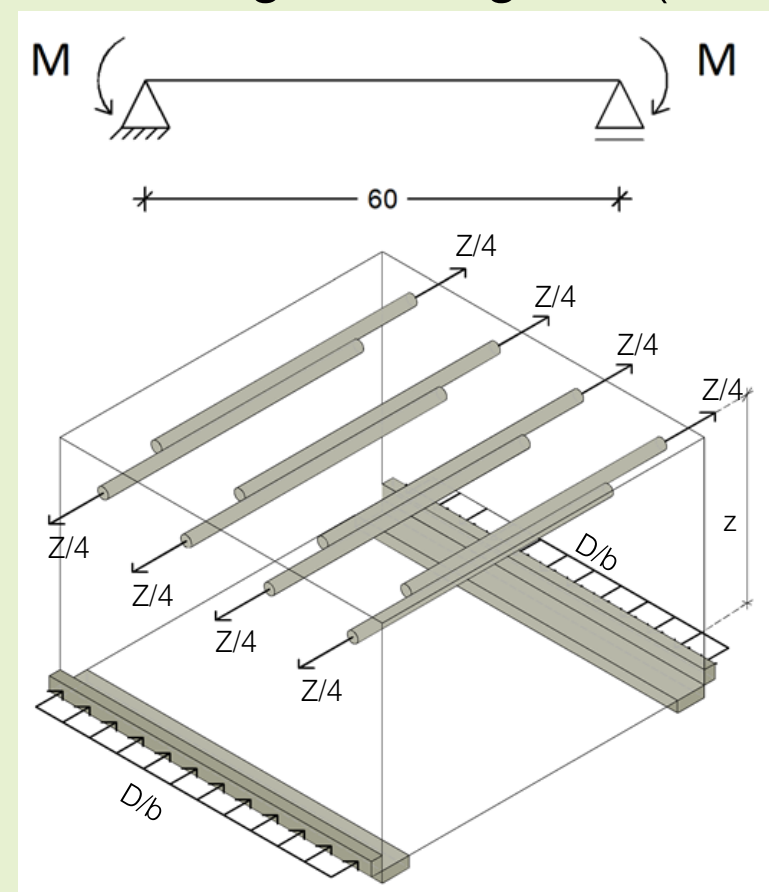
### Vorgehensweise

Grundlage der Arbeit ist die Theorie zum Tragverhalten von Übergreifungsstößen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Verbundwirkung gelegt, da sie essenzieller Bestandteil der Tragwirkung von Übergreifungsstößen ist.



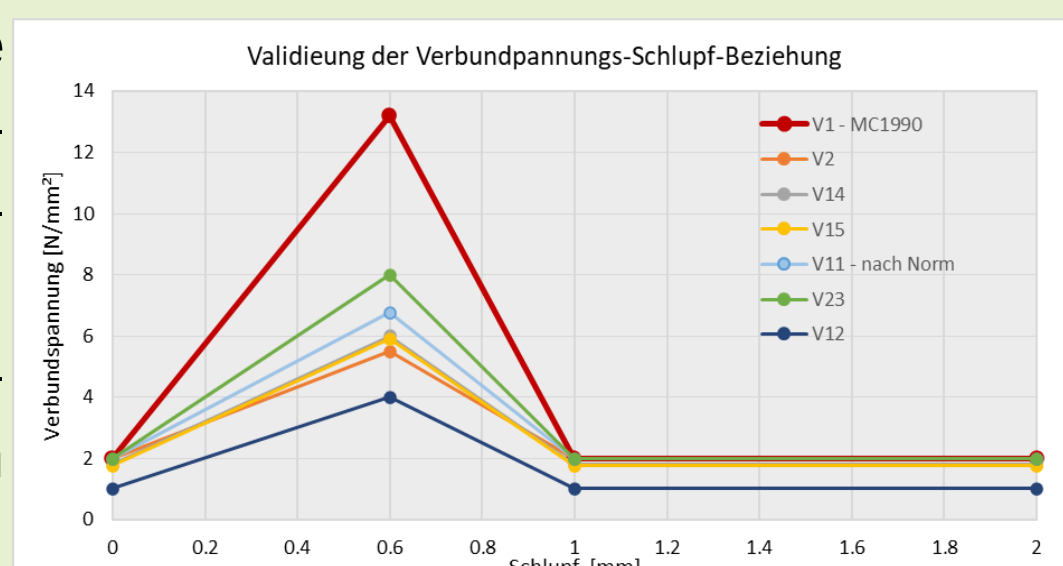
Zunächst wird ein Referenzversuch der Versuchsreihe des Forschungsvorhabens ausgewählt. Zur Nachrechnung wird das Programm ATENA 3D verwendet. Die Modellierung der Versuche auf lokaler Ebene begründet sich damit, dass so die Modellgröße und damit der Rechenaufwand verringert wird. Zusätzlich wird dadurch die Modellierung eines feineren FE-Netzes und somit eine realgetreue Simulation ermöglicht.

Im Modell wird der im Realversuch eingesetzte Einfeldträger mit beidseitigem Kragarm ( $L=5,60$  m) auf einen Einfeldträger reduziert,



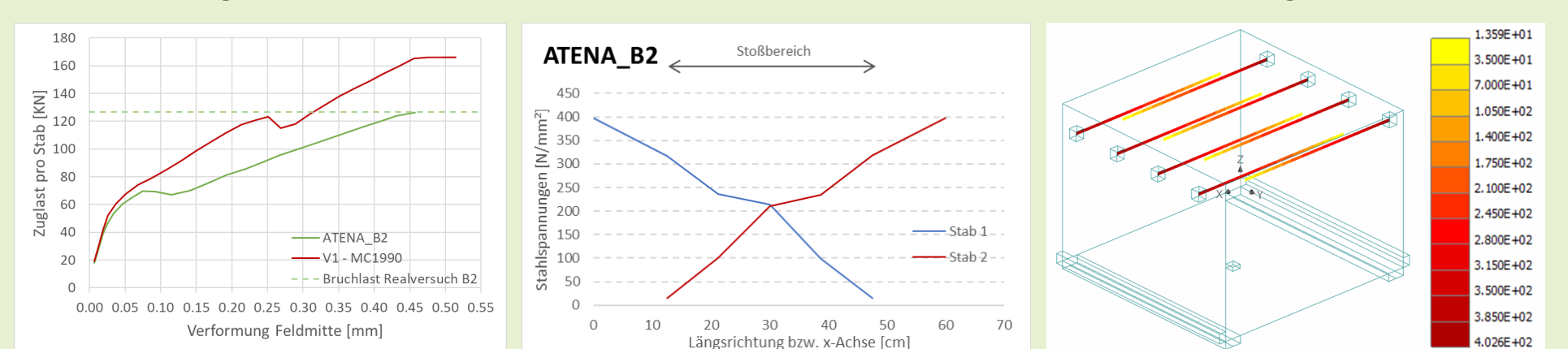
der ausschließlich den Bereich des Übergreifungsstoßes darstellt. Das im Realversuch wirkende Moment wird durch aufgebrachte Zug- und Druckverschiebungen im Abstand vom inneren Hebelarm  $z$  des Bruchmoments simuliert. Alle Bewehrungsangaben, Querschnittsabmessungen und Materialfestigkeiten des Realversuchs werden in der Simulation übernommen.

Das so generierte Ausgangsmodell (V1) erzeugt mit einer Bruchlastabweichung vom Realversuch von 28% keine guten Ergebnisse, weshalb im nächsten Schritt Validierungen einiger Einflussparameter vorgenommen werden, für die zuvor eine Annahme getroffen wurde. So wird die Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung als auch das FE-Netz, Lage und Art der Lager, Belastungsform und Abstand der sich stoßenden Stäbe untersucht. Die iterative Ermittlung der Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung hat dabei den größten Einfluss auf die Annäherung an den Realversuch.



### Ergebnisse

Aufgrund der Verkürzung des Systems sind ausschließlich die Stahlspannungen und Bruchlasten mit den Realversuchen vergleichbar.

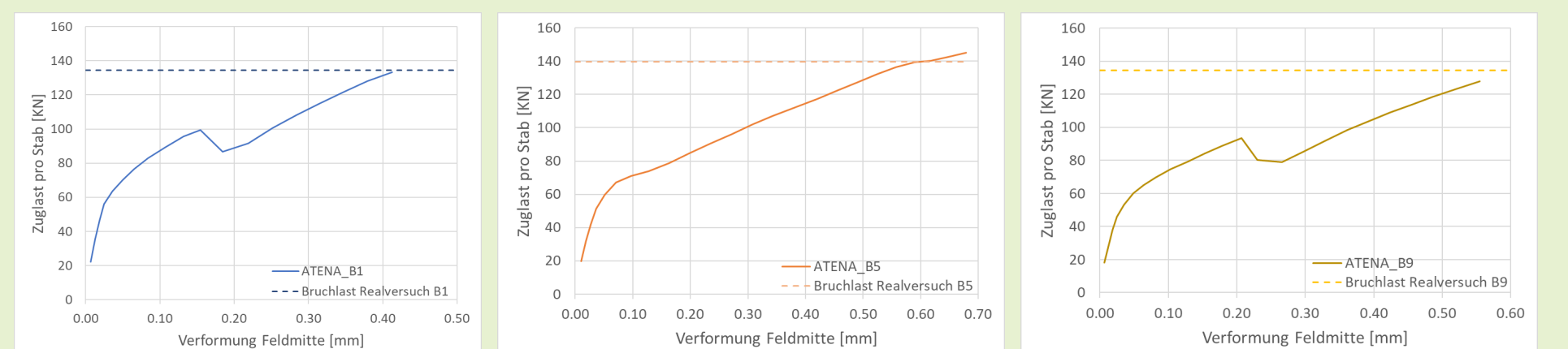


Durch die Validierung konnte mit einer Abweichung  $< 0,1\%$  eine sehr gute Annäherung an den Realversuch bezüglich der Bruchlast erreicht werden. Anzumerken ist, dass die Stahlspannungen bereits zwischen Lasteinleitungsstelle und Stoßanfang konstant abnehmen. Dieses Tragverhalten entspricht nicht dem des Realversuchs. Dennoch wird das grundsätzliche Tragverhalten von Übergreifungsstößen abgebildet. Das Simulationsmodell versagt, wie auch der Realversuch aufgrund von Verbundversagen.

Zur Überprüfung der Übertragbarkeit des Referenzmodells ATENA\_B2 auf die Nachrechnung weiterer Versuche werden 5 Modelle mit den jeweiligen Materialparametern, Querschnittsabmessungen und Bewehrungsangaben der Realversuche versehen. Die maximale Verbundspannung wird auf Grundlage des Verhältnisses von Betonfestigkeit und Verbundspannung des Referenzmodells ermittelt.

	ATENA_B2	ATENA_B1	ATENA_B5	ATENA_B7	ATENA_B8	ATENA_B9
Bruchlast [kN]	505,9	401,1	575	254,5	1128,8	516,7
Realversuch [kN]	506,1	403,2	558,5	279,4	979,6	537,9
Abweichung [%]	0,04	0,5	2,9	8,9	15,2	3,9
Mittelwert [%]	6,3					
max $\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	402,6	425,7	471,8	376,2	504	415,7

Alle Modelle versagen aufgrund von Verbundversagen. Dabei wird eine durchschnittliche Abweichung der Bruchlast von den Realversuchen von **6,3%** erreicht. Insbesondere die Simulationen mit demselben Bewehrungsdurchmesser wie das Referenzmodell weisen mit einer mittleren Bruchlastabweichung von **2,4 %** sehr gute Ergebnisse auf. Somit ist eine gute Übertragbarkeit des Referenzmodells auf weitere Versuche erreicht.



**AUSBLICK:** Bei einer Weiterführung des Forschungsvorhabens sollten für Versuchsreihen mit deutlichen Unterschieden in der Bewehrungsanordnung jeweils eigenständige Simulationsmodelle entwickelt werden. Die Validierung eines Referenzmodells kann dann analog zu der Vorgehensweise dieser Arbeit durchgeführt werden.