

# Biege- und Knickverhalten von mehrschichtigen Rohren

## Diplomand



Sven Haug

**Ausgangslage:** Beim Verlegen von Heizungs-, Sanitär- und Klimarohren sollten die Rohre mit sehr engen Biegeradien verlegt werden. Durch das Verlegen von Rohren mit zu kleinen Biegeradien ist es in der Vergangenheit zu Rohrversagen durch Knicken/Beulen gekommen, wodurch die Rohre ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Um dies zu verhindern und ein grösseres Verständnis über das Verhalten der Rohre zu bekommen, wird das Biege- und Knickverhalten von mehrschichtigen Rohren untersucht.

**Ziel der Arbeit:** Ein Ziel dieser Arbeit war, die bekannte methodische Vorgehensweise (Klären, Konzipieren und Ausarbeiten) zu verwenden. Es sollten zudem Erkenntnisse gewonnen werden, welche Materialparameter das Biegeverhalten am stärksten beeinflussen. Die wesentlichsten Faktoren sind die Biegekräfte, die minimalen Biegeradien und die Knickbedingungen. Zudem sollte eine zuverlässige Simulationsvorlage erarbeitet werden, mit der Knickungen und Ovalitäten von unterschiedlichen Rohraufbauten vorhersagbar werden. Mit der Simulationsvorlage sollten ebenfalls Sicherheitsfaktoren gegen Knicken in Abhängigkeit vom Biegeradius ermittelt werden können.

**Vorgehen:** Zuerst wurde eine Recherche zum Thema plastische Biegung von Verbundrohren durchgeführt, um den aktuellen Stand der Technik zu klären. Um sich mit dem Biegeprozess vertraut zu machen und Referenzmessungen zu haben, wurde eine Biegeprüfvorrichtung konstruiert und hergestellt. Bei den Versuchen wurden mehrere unterschiedliche Rohraufbauten und Rohrdimensionen einheitlich geprüft. Die Ausrichtung der Bindenaht von Mehrschichtrohren und die Biegegeschwindigkeit wurden berücksichtigt und ausgewertet. Die Rohre wurden bei den Versuchen mit  $180^\circ$  um einen definierten Biegeradius gebogen. FEM-Berechnungen mit Kontaktbedingungen und Nichtlinearitäten wurden mit dem Ziel durchgeführt, die plastischen Verformungen von diversen Rohraufbauten vorhersagen zu können. Gewisse Annahmen wurden dazu getroffen, wie zum Beispiel, das Zusammenspiel der verschiedenen Schichten des Rohres wird vernachlässigt und die Zwischenschichthaftungen lösen sich bei Biegung oder Knickung nicht ab. Damit Nicht-lineare FE-Berechnungen durchgeführt werden können, wird eine materialspezifische Fließkurve benötigt, welche vor allem für Mehrschichtrohre sehr schwierig herzuleiten ist. Für Monorohre konnte eine funktionierende Simulationsgrundlage erarbeitet werden, welche auch im Bereich Verbundrohre für weitere Untersuchungen verwendet werden kann.

## Referent

Prof. Daniel Schwendemann

## Korreferent

Martin Klein, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

## Themengebiet

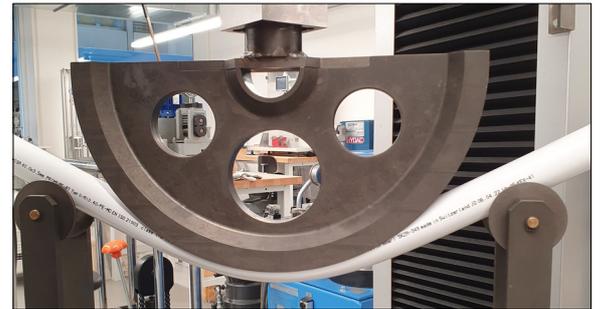
Produktentwicklung, Simulationstechnik

## Projektpartner

Jansen AG, Oberriet, SG

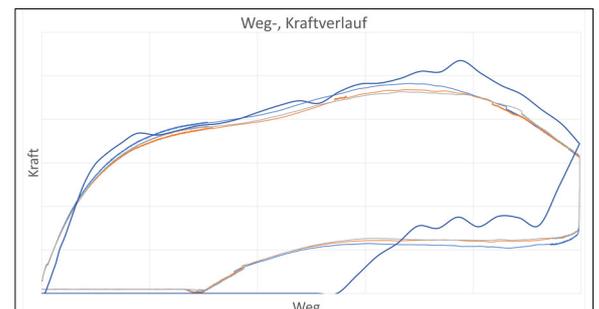
## Biegeprüfung mit Mehrschichtrohr

Eigene Darstellung



## Weg-, Kraftverlauf einer Biegung des Rohrs - Vergleich durchgeführte Prüfung und Simulation (dunkelblaue Kurve)

Eigene Darstellung



## Simulation der Biegung - Programm Marc Mentat

Eigene Darstellung

