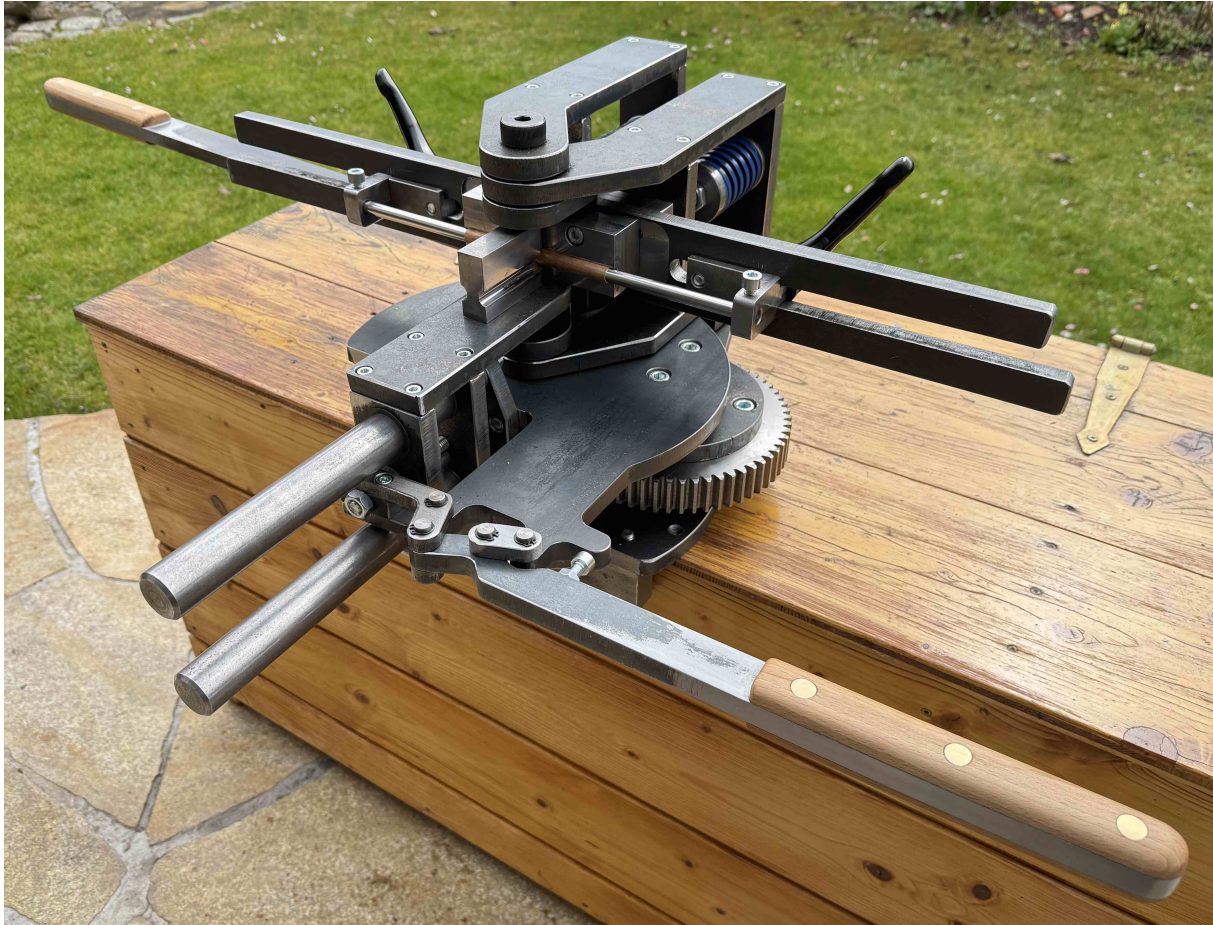


Entwicklung, Konstruktion und Bau einer Halbtonbogen-Biegemaschine für den Blechblasinstrumentenbau



Erstellt von:

Manuel Kettner
Martin Urbanek
Michael Wiefarn

Betreut durch:

StD Benedikt Flurl
StD Paul Zwick



Technikerschule
München

Abgabedatum: 14.04.2026

1 Einleitung

Im Rahmen unserer Ausbildung zum staatlich geprüften Maschinenbautechniker an der Technikerschule München wurde ein praxisorientiertes Projekt zur Entwicklung einer Halbtonbogen-Biegemaschine durchgeführt. Ziel war es, eine Maschine zu konstruieren, mit der Halbtonbögen aus dünnwandigen Messingrohren effizient, präzise und reproduzierbar hergestellt werden können.

Die Motivation für dieses Projekt entstand aus einem konkreten Bedarf im handwerklichen Blechblasinstrumentenbau. Halbtonbögen sind ein essenzieller Bestandteil von Instrumenten wie Trompeten, Hörnern oder Tuben. Sie ermöglichen durch ihre Geometrie eine Verlängerung der Luftsäule und damit eine gezielte Veränderung der Tonhöhe. Aufgrund der engen Biegeradien und der empfindlichen Rohrstruktur stellt deren Herstellung jedoch eine besondere Herausforderung dar.



*Flügelhorn,
Pfeile: Halbtonbögen*

Aktuelle Fertigungsverfahren basieren häufig auf dem Einsatz von schmelzbaren Innenfüllungen, um das Rohr während des Biegens zu stabilisieren. Diese Verfahren sind jedoch aufwendig, zeitintensiv und mit zusätzlichen Kosten sowie sicherheitstechnischen Nachteilen verbunden.

Ziel des Projekts war es daher, eine alternative Lösung zu entwickeln, die ohne thermische Prozesse auskommt und stattdessen auf einer mechanischen Innenabstützung basiert. Gleichzeitig sollte der gesamte Fertigungsprozess vereinfacht und für den praktischen Einsatz im Werkstattumfeld optimiert werden.

2 Projektziel

Ziel des Projekts war die Entwicklung einer Halbtonbogen-Biegemaschine zur Herstellung von eng gebogenen Messingrohren für Blechblasinstrumente. Die Maschine sollte einen reproduzierbaren Biegeprozess ermöglichen und gleichzeitig typische Umformfehler vermeiden.

Im Fokus stand die Entwicklung eines mechanischen Systems, das eine Innenabstützung des Rohres während des Biegevorgangs gewährleistet. Dadurch sollte das Kollabieren des Rohres sowie Faltenbildung und Querschnittsverformung verhindert werden.

Die wichtigsten technischen Anforderungen waren:

- präzises Biegen dünnwandiger Messingrohre
- Realisierung enger Biegeradien
- Vermeidung von Faltenbildung und Materialversagen
- mechanische Innenabstützung durch Biegedorne
- reproduzierbarer und gleichmäßiger Bewegungsablauf
- kompakte und stabile Bauweise
- einfache Bedienbarkeit
- flexible Anpassung an verschiedene Rohrdurchmesser durch einfach austauschbare Formateile



Halbtonbogen

3 Detaillierte Beschreibung der Umsetzung

3.1 Konstruktionsprinzip

Die entwickelte Maschine basiert auf einem mechanischen Gesamtkonzept, bei dem mehrere Funktionen kombiniert werden. Der Biegeprozess wird durch das Zusammenspiel von Gesenken, Biegedornen und einer synchronisierten Bewegungsmechanik realisiert.

Die Hauptfunktionen der Maschine sind:

- Einlegen und Spannen des Rohres
- Innenabstützung durch Biegedorne
- Formgebung durch Biegegesenke
- gleichmäßige Biegebewegung über Schwenkarme
- Entnahme des fertigen Halbtonbogens

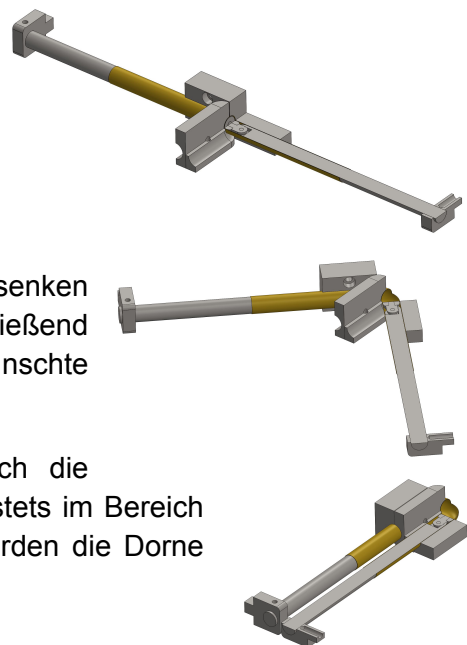
Durch diese Aufteilung konnte ein klar strukturierter und reproduzierbarer Prozessablauf umgesetzt werden.

3.2 Biegevorgang

Zu Beginn des Biegeprozesses wird das Rohr in die Maschine eingelegt und positioniert. Anschließend werden die Biegedorne von beiden Seiten in das Rohr eingeführt, bis sie sich in der Mitte treffen.

Im nächsten Schritt wird das Rohr zwischen den Gesenken eingespannt. Die äußeren Gesenke bewegen sich anschließend um das innere Gesenk und formen das Rohr in die gewünschte Geometrie.

Während des gesamten Biegevorgangs bewegen sich die Biegedorne synchron mit, sodass die Innenabstützung stets im Bereich der Umformung wirkt. Nach Abschluss der Biegung werden die Dorne entfernt und das fertige Bauteil entnommen.

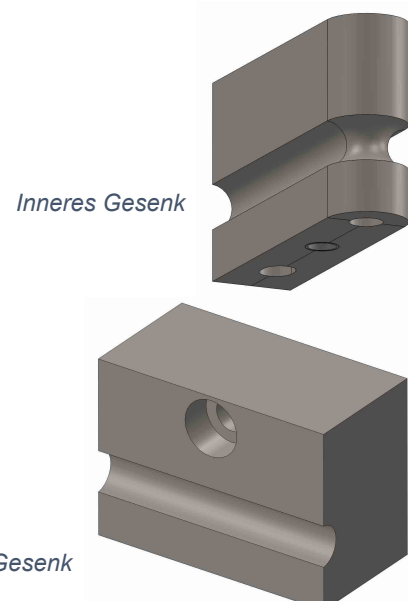


3.3 Biegegesenke

Die Formgebung des Halbtonbogens erfolgt durch ein inneres und zwei äußere Gesenke.

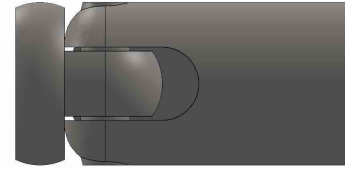
Das innere Gesenk definiert den Biegeradius und stellt die Sollgeometrie des Bauteils dar. Die äußeren Gesenke führen das Rohr während des Biegens und sorgen für eine gleichmäßige Umformung.

Die Gesenke sind so konstruiert, dass sie austauschbar sind. Dadurch kann die Maschine flexibel an unterschiedliche Rohrdurchmesser und Biegeradien angepasst werden.



3.4 Biegedorne

Die Biegedorne stellen das zentrale Element der Maschine dar. Sie dienen zur Innenabstützung des Rohres während des Biegens.



Die Dorne bestehen aus einem Stab mit beweglichen Gelenkelementen und einer kugelförmigen Kontaktfläche. Diese Konstruktion ermöglicht es, dass sich die Dorne während des Biegens an die Krümmung des Rohres anpassen.

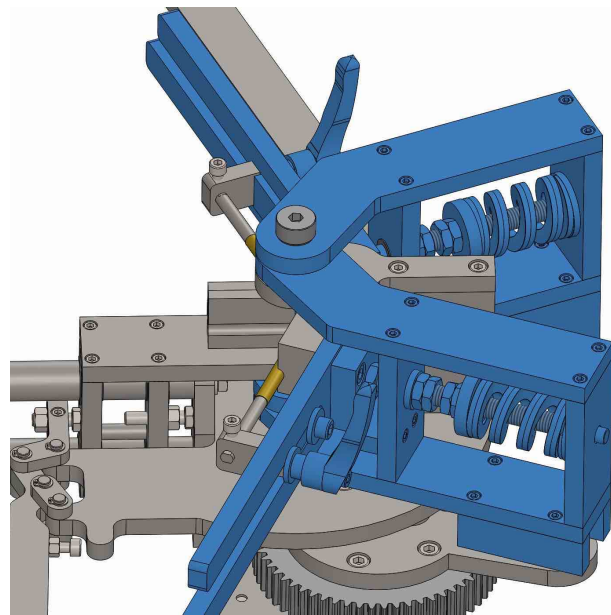
Durch diese Anpassungsfähigkeit wird das Rohr im kritischen Bereich stabilisiert und ein kontrollierter Materialfluss ermöglicht. Ziel ist es, Faltenbildung und ein Abknicken des Rohres zu verhindern.

3.5 Schwenkarme und Bewegungsmechanik

Die äußeren Gesenke sowie die Biegedorne sind auf Schwenkarmen montiert. Diese ermöglichen die notwendige kreisförmige Bewegung während des Biegevorgangs.

Die Bewegung wird über ein Zahnradpaar erzeugt, das eine synchrone, gegenläufige Drehbewegung gewährleistet. Über Mitnehmer und Kurvenlaufrollen wird diese Bewegung auf die Schwenkarme übertragen.

Durch diese Konstruktion wird ein gleichmäßiger Bewegungsablauf sichergestellt, was entscheidend für die Qualität des Biegeergebnisses ist.

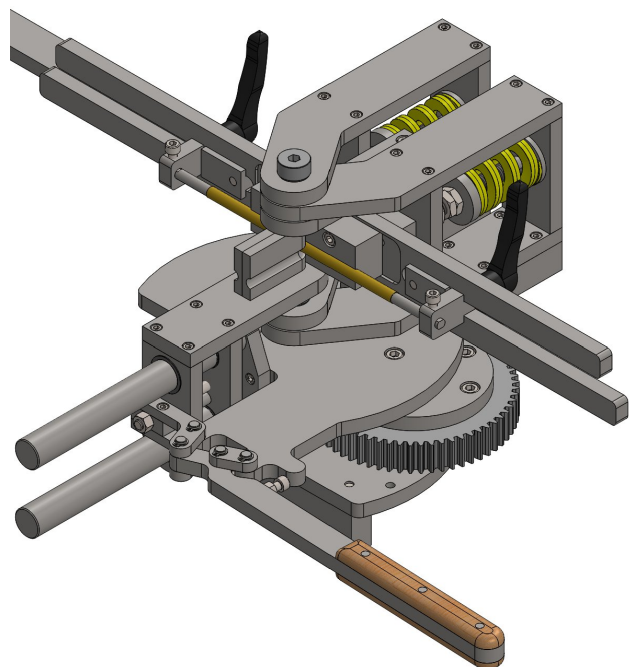


3.6 Spannvorrichtung

Das Rohr wird über eine Spannvorrichtung zwischen den Gesenken fixiert. Das innere Gesenk ist dabei auf einem verschiebbaren Schlitten montiert.

Nach dem Einlegen des Rohres wird der Schlitten nach vorne bewegt und das Werkstück eingespannt. Ein Spannhebel sorgt für die notwendige Klemmkraft.

Einstellbare Anschläge ermöglichen eine präzise Justierung der Position und des Spanndrucks. Dadurch können unterschiedliche Werkstücke sicher verarbeitet werden.



3.7 Fertigung und Montage

Die Bauteile der Maschine wurden überwiegend aus Stahlplatten gefertigt. Die Grundkonturen entstanden durch Laserschneiden, wodurch eine wirtschaftliche Herstellung möglich war.

Anschließend wurden alle funktionsrelevanten Flächen bearbeitet und die Bauteile fertiggestellt. Die Montage erfolgte schrittweise, wobei besonderer Wert auf eine präzise Ausrichtung aller Komponenten gelegt wurde.

Die beweglichen Teile wurden in Gleitlagerbuchsen gelagert, um eine reibungsarme Bewegung zu gewährleisten.

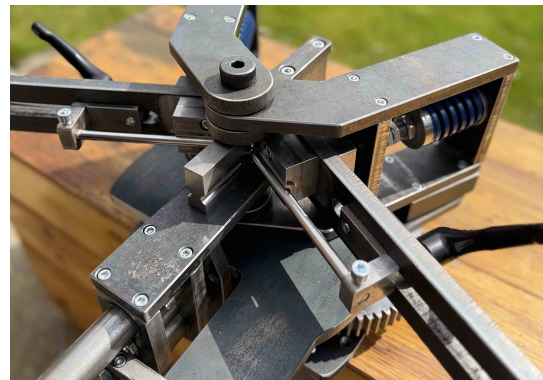
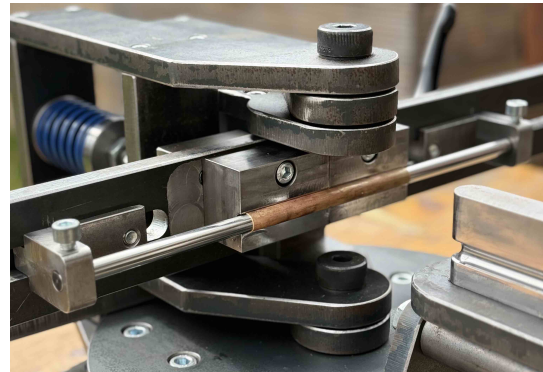
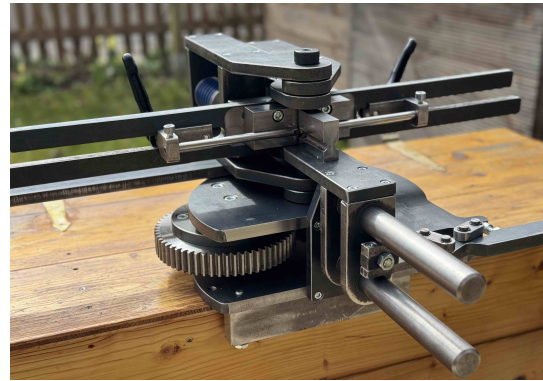
3.8 Inbetriebnahme und Testergebnisse

Nach der Montage wurde die Maschine in Betrieb genommen und erste Biegeversuche durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Funktionsfähigkeit der Maschine gegeben ist, der Bewegungsablauf gleichmäßig verläuft und die erforderlichen Kräfte zuverlässig aufgebracht werden können.

In den ersten Versuchen traten jedoch typische Umformfehler auf. Insbesondere kam es zu Faltenbildung im Innenradius sowie zu Querschnittsverformungen im äußeren Bereich.

Diese Ergebnisse lieferten wertvolle Erkenntnisse über das Werkstoffverhalten sowie die Anforderungen an die Innenabstützung während des Biegevorgangs. Es zeigte sich, dass insbesondere im Bereich der Biegedorne noch Optimierungspotenzial besteht.

Daraufhin wurden verschiedene Varianten der Biegedorne konstruiert, gefertigt und in umfangreichen Versuchsreihen getestet. Durch diese systematische und iterative Vorgehensweise konnten die Ergebnisse schrittweise verbessert und die Konstruktion gezielt weiterentwickelt werden.



4 Ausblick und Danksagung

Für zukünftige Weiterentwicklungen bietet die Maschine großes Potenzial. Ein zentraler Ansatzpunkt ist die Optimierung der Biegedorne, insbesondere hinsichtlich ihrer Geometrie und der Anpassung an den Biegeverlauf.

Darüber hinaus kann die Maschine durch austauschbare Formateile an verschiedene Rohrdurchmesser und Biegeradien angepasst werden. Auch eine spätere Motorisierung und Erweiterung der Steuerungstechnik ist denkbar.

Die entwickelte Halbtonbogenbiegemaschine stellt eine solide Grundlage für weitere Entwicklungen im Bereich des instrumentenspezifischen Rohrbiegens dar und zeigt das Potenzial moderner Konstruktion im traditionellen Handwerk.

Danksagung

Wir danken herzlich der Firma Ruff GmbH für die Bereitstellung von Maschinen sowie den Firmen Norelem und Igus für die Unterstützung durch Kaufteile. Ebenso gilt unser Dank der Firma Meusburger für die gewährten Sonderkonditionen.

Ein besonderer Dank gilt Metallblasinstrumentenbaumeister Jakob Limpert für seine fachliche Unterstützung und die praxisnahen Einblicke in den Instrumentenbau.

Unser größter Dank gilt jedoch unseren Projektbetreuern Benedikt Flurl und Paul Zwick für ihre kontinuierliche Unterstützung und fachliche Begleitung.

Bewerbung um den BVT Award

Mit dieser Projektarbeit möchten wir uns für den BVT Award bewerben. Die entwickelte Halbtonbogen-Biegemaschine zeigt nicht nur die technische Kompetenz unseres Teams, sondern auch, wie innovative Konstruktionslösungen zur Weiterentwicklung traditioneller Fertigungsprozesse beitragen können. Unser Projekt verbindet Handwerk, Umformtechnik und Maschinenbau in einer praxisnahen Anwendung und leistet damit einen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit des Instrumentenbaus.