
12. Fachtagung Walzprofilieren

22.–23.03.2023

www.wapro2023.ptu-darmstadt.de



Tagung

12. Fachtagung Walzprofilieren

Datum

22.–23.03.2023

Veranstalter

Institut für Fertigungsforschung e.V.
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche
Postfach 11 07 28
64222 Darmstadt
iff@ptu.tu-darmstadt.de

In Zusammenarbeit mit

Technische Universität Darmstadt
Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen
Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt
wapro2023@ptu.tu-darmstadt.de

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche

URN

urn:nbn:de:tuda-tuprints-234078

Lizenz

CC BY 4.0 International - Creative Commons, Namensnennung

Organisation

Marco Becker M. Sc.
Benedikt Depta M. Sc.

Design

Dipl.-Designerin (FH) Angelika Philipp

Redaktion

Marco Becker M. Sc.
Benedikt Depta M. Sc.
das Sekretariat und alle weiteren wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen des PtU

Inhalt

3	Vorwort
4–5	Tagungsprogramm
6–11	Tilo Bertram Thyssenkrupp Steel Europe AG
12	Prof. Andrea Ghiotti University of Padova, Italien
13–19	Marco Becker PtU Darmstadt
21–28	Karsten Richter Fraunhofer IWU Chemnitz
29–39	Dr. Thomas Dietl data M Sheet Metal Solutions GmbH
40–45	Martin Leonhartsberger, Matthias Lamprecht Welser Profile Austria GmbH
46–58	Burcu Güngör, Johannes Kilz PtU Darmstadt
60–67	Dr.-Ing. Tilman Traub DREISTERN GmbH & Co. KG
68–77	Jürgen Metzger TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH
78–86	Benedikt Depta PtU Darmstadt
88–97	Dr.-Ing. Peter Sticht, Steffen Keller PROFILMETALL Engineering GmbH
98–108	André Reimann, Thorsten Köhler C.D. Wälzholz GmbH & Co. KG

Vorwort

12. Fachtagung Walzprofilieren

Endlich ist es wieder soweit: Am 22. und 23. März 2023 richten wir, das Institut für Fertigungsforschung e.V. (IfF) und das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) der Technischen Universität Darmstadt, zum 12. Mal die Fachtagung Walzprofilieren in Darmstadt aus. Als Fachkräfte, Ingenieur:innen, Entwickler:innen und Anwender:innen im Bereich profilierter Bleche können Sie sich auf einen umfassenden Austausch über neueste Entwicklungen und Technologien freuen.

Am Abend des 22.03. wird die Tagung mit einem Get-Together in unserer Versuchshalle eröffnet. Sie werden spannende Einblicke in aktuelle Forschungsprojekte bei Prozessvorführungen an verschiedenen Anlagen des PtU gewinnen können. Natürlich wird es beim gemeinsamen Essen und Trinken vielseitige Möglichkeiten zum fachlichen und persönlichen Austausch und Netzwerken geben.

Am 23.03. stehen in den Vorträgen aus Industrie und Wissenschaft aktuelle Herausforderungen und zukünftige Trends der Profiliertechnik im Mittelpunkt. Dabei werden die derzeitigen Herausforderungen der Branche ebenso wie die neuen technologischen Möglichkeiten beleuchtet. Dadurch gewinnen Sie hoffentlich wertvolle Erkenntnisse zu neu entwickelten Prozessen, zur Beherrschung hochfester Materialien und zur Automatisierung durch den Einsatz von Sensorik und Künstlicher Intelligenz. Das Tagungsprogramm lässt auch genügend Zeit für Fachdiskussionen und Kennenlernen von neuen Kolleg:innen.

Wir freuen uns sehr auf die Zeit mit Ihnen am 22. und 23. März 2023 in Darmstadt.



A handwritten signature in black ink, which appears to read 'P. Groche'. The signature is stylized and fluid.

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche

WAPRO 2023 – 12. Fachtagung Walzprofilieren
Tagungsprogramm 22.03.2023

Praxisabend im PtU Smart FormING Center

- 17:00–17:45 **Registrierung & offenes Versuchsfeld** | Registrierung und Austausch im offenen Versuchsfeld an unseren Anlagen und Projektständen
- 17:45–18:00 **Begrüßung durch Prof. Peter Groche** | Begrüßung zur WAPRO 2023: Rückblick & aktuelle Trends in der Profiliertechnik
- 18:00–20:00 **Offenes Versuchsfeld und Networking** | Offenes Versuchsfeld im Smart FormING Center
- 18:30–20:00 **Dinner-Buffet mit BBQ-Smoker** | Gemeinsames Essen & Trinken
- 20:00–22:00 **Vorführung von Prozessen und Anlagen** | Aktuelle Forschung zu Rollformen, Spaltprofilieren, Richten, Sensorik u.v.m. in der Live-Anwendung

WAPRO 2023 – 12. Fachtagung Walzprofilieren
Tagungsprogramm 23.03.2023
Tagung im Fußballstadion am Böllenfalltor

- 08:00–08:50 **Registrierung** | Ankunft, Registrierung und Kaffee
- 09:00–09:10 **Begrüßung durch Prof. Peter Groche** | Begrüßung und Einleitung der Vorträge
- 09:15–09:35 **Tilo Bertram | Thyssenkrupp Steel Europe AG**
Transformation der Stahlproduktion – CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen
- 09:40–10:00 **Prof. Andrea Ghiotti | University of Padova, Italien**
Towards Artificial Intelligence in roll forming of round section tubes (in english)
- 10:05–10:25 **Marco Becker | PtU Darmstadt**
Digitalisiertes Rollformen – Potenziale von Daten am Beispiel der planmäßigen Rollenwartung
- 10:25–10:55 **Kaffeepause** | Kaffee, Snacks und Austausch an Expertenständen
- 11:00–11:30 **Karsten Richter | Fraunhofer IWU Chemnitz**
Dr. Thomas Dietl | data M Sheet Metal Solutions GmbH
Flexible Fertigungsstrategien für eine Leichtbau-Fahrzeuggroupe für leichte Nutzfahrzeuge mit alternativer Antriebstechnik, Verbundvortrag
- 11:35–11:55 **Martin Leonhartsberger, Matthias Lamprecht | Welser Profile Austria GmbH**
Einfluss der Streuungen der statischen Steifigkeiten und Spiele von Rollformgerüsten auf die Profilgeometrie
- 12:00–12:20 **Burcu Güngör, Johannes Kilz | PtU Darmstadt**
Längsdehnungsbasiertes Richten durch partielles Auswalzen
- 12:20–13:45 **Mittagspause** | Mittagessen und Austausch an Expertenständen
- 13:50–14:10 **Dr.-Ing. Tilman Traub | DREISTERN GmbH & Co. KG**
Nachhaltige Profilverstellung mit Hilfe von Digitalisierung
- 14:15–14:35 **Jürgen Metzger | TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH**
Laserschweißen von Rohren und Profilen mit Festkörperlaser und BrightLine Weld
- 14:40–15:00 **Benedikt Depta | PtU Darmstadt**
Flexible Herstellung von Leichtbauprofilen durch einstufige, intelligent-automatisierte Spaltprofilieranlage
- 15:00–15:25 **Kaffeepause** | Kaffee, Snacks und Austausch an Expertenständen
- 15:30–15:50 **Dr.-Ing. Peter Sticht, Steffen Keller | PROFILMETALL Engineering GmbH**
Energetische Optimierung der Prozesskette zur Profilverstellung
- 15:55–16:15 **André Reimann, Thorsten Köhler | C.D. Wälzholz GmbH & Co. KG**
Beeinflussung der Verarbeitungseigenschaften von Bandstählen zum Walzprofilieren
- 16:15–16:30 **Verabschiedung durch Prof. Peter Groche**
Verabschiedung und Überleitung zur optionalen Stadionführung
- 16:30–18:00 **Stadionführung, Testspiel | SV Darmstadt 98, SV Sandhausen**
Stadionführung für Interessierte in Kleingruppen und paralleles Testspiel

Transformation der Stahlproduktion – CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen

T. Bertram, T. Beier, C. Latuske, T. Uhlmann
thyssenkrupp Steel Europe AG, 47166 Duisburg

thyssenkrupp Steel arbeitet inzwischen seit mehr als 10 Jahren an dem Thema Life Cycle Assessment (LCA). Bei tkSE entwickeln wir innovative Konzepte aus Stahl, um den Carbon Footprint von Stahlanwendungen zu reduzieren. Diese Konzepte werden nicht nur mit Blick auf Performance evaluiert, sondern auch hinsichtlich Kosten, Gewicht oder deren Beitrag zum Klimawandel und weiteren Umwelteinflüssen. Mit einem extern zertifizierten LCA Modell hat tkSE die Möglichkeit den Umwelteinfluss aller im Portfolio vorhandenen Güten zu kalkulieren.

Als weiteren Schritt zur Nachhaltigkeit hat thyssenkrupp auch den Weg zur klimaneutralen Stahlproduktion eingeschlagen. Das Ziel ist bis 2030 die Emissionen um mehr als 30 Prozent zu senken und 2045 soll die Stahlproduktion klimaneutral sein. Ein wichtiger Meilenstein im Rahmen der Transformation zur Klimaneutralität ist der Launch von Stählen mit verminderter CO₂-Intensität. Mit der Marke bluemint® Steel hat thyssenkrupp Steel ein Produkt auf den Markt gebracht, das auf realen CO₂-Einsparungen in der Fertigung basiert und einen um 70 Prozent geminderten CO₂-Fußabdruck gegenüber herkömmlichem Stahl aufweist. Generell hat Stahl als nachhaltiger Werkstoff einen deutlich geringeren spezifischen Carbon Footprint als beispielsweise Aluminium, was Komponenten aus Stahl zusätzliche Attraktivität verleiht.

Ganz besonders der Einsatz von Stahl in profilintensiven Batteriegehäusekonzepten lohnt einer genaueren Betrachtung. Rollprofiliertere Bauteile bieten hier flexible Lösungen insbesondere für höchstfeste Güten. Aufgrund seiner Größe hat das Batteriegehäuse einen großen Einfluss auf die LCA-Bilanz eines Fahrzeugs. In einem Projekt hat tkSE ein bestehendes Aluminiumbatteriegehäuse reverse engineered. Hier konnte nahezu Gewichtsneutralität bei gleicher Performance erreicht werden. Einen deutlichen Vorteil zeigt Stahl in puncto Nachhaltigkeit und Kosten. Die CO₂-Emissionen können über den gesamten Lebenszyklus im Vergleich zur Aluminiumbauweise um rund die Hälfte reduziert werden. Darüber hinaus können durch den Einsatz von Stahl rund 30 % der Kosten eingespart werden.

Die Verwendung von bluemint Steel-Güten hat auch einen weiteren entscheidenden Einfluss auf die Kundenanwendungen, wie am Beispiel des Batteriegehäuses aus dem Vortrag zu sehen ist. Durch den Einsatz von bluemint® können im Vergleich zur Referenz bis zu 65 % CO₂ eingespart werden.

Keywords: Dekarbonisierung, Batteriegehäuse, CO₂ Bilanz, bluemint®

Transformation der Stahlproduktion

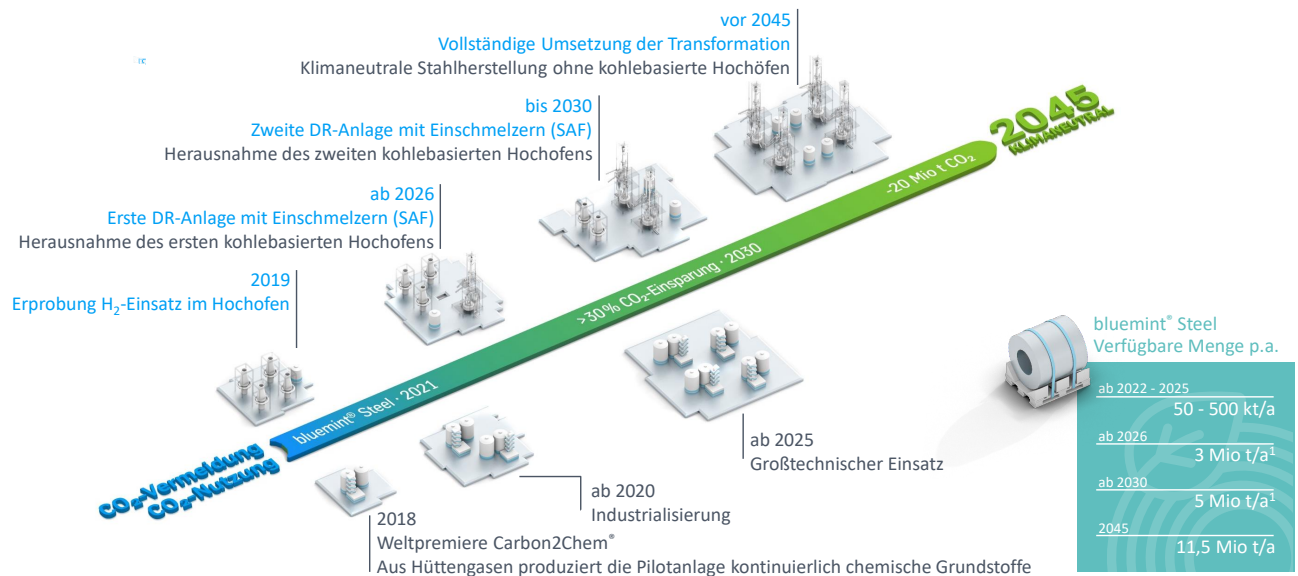
CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen

23.03.2023 | Dipl.-Ing. Tilo Bertram | WAPRO Darmstadt
thyssenkrupp Steel Europe AG



tkH₂Steel

Mit Wasserstoff zum klimaneutralen Stahl



1. Menge nach Anlagenhochlauf

thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA

2 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram



Kern der Transformation

Umstellung von Hochöfen und Koks Kohle auf DR-Anlagen und grünen Wasserstoff

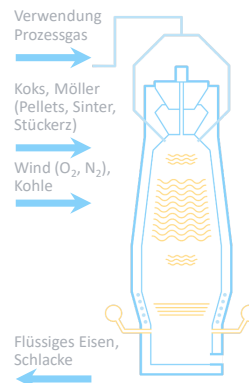
Einsatz von Wasserstoff in Direktreduktionsanlagen (DR-Anlage), in Kombination mit innovativen Einschmelzaggregaten.

Verfahrensinnovation mit deutlichen ökologischen und ökonomischen Vorteilen.

- **Innovation**
Engineering der Einschmelzer in Kombination mit einer DR-Anlage
- **Ökologischer Vorteil**
Wasserstoff und grüner Strom substituieren Kohle und eliminieren CO₂
- **Prozessvorteil**
Nutzung günstigerer Einsatzstoffe und Feuerfestmaterialien, Nutzung von Prozesswärme
- **Elektro-Roheisen wird wie Roheisen eingesetzt, deshalb können weiterhin alle Produkte erzeugt werden**

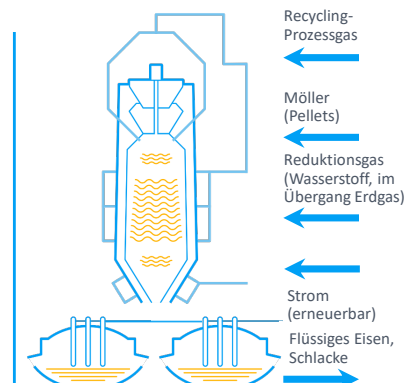
Klassischer Hochofen

Kohlenstoff als Reduktionsmittel und Energieträger



DR-Anlage mit Einschmelzern

Wasserstoff als Reduktionsmittel in DR-Anlage
Grüner Strom als Energieträger im Einschmelzer



thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA
3 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram



Vorteil unserer Transformationsstrategie

Angebot aller Güten, keine Abstriche auf neuem Produktionsweg

Portfolio

Grüner Qualitätsflachstahl für alle Anwendungsbranchen mit vollem Produkt- und Gütenportfolio

Qualität

Weiterhin höchste Qualitäten in Bezug auf Umformbarkeit und Festigkeiten, Oberflächen und elektromagnetische Eigenschaften

Prozesssicherheit

Alle Produktionsprozesse ab Stahlwerk bleiben bestehen. Etablierte Gütekonzepte müssen nicht geändert werden, Stabilität in Zulassungsprozessen



thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA
4 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram



bluemint® recycled

TÜV Süd zertifiziert

Herkömmliches Warmband

2,1 t CO₂/t Warmband

Veränderung der Einsatzstoffe

Weniger Kohle durch den Einsatz eines aufbereiteten Schrottprodukts.
Weniger Kohle = Weniger CO₂

Schrottprodukt wird nur eingeschmolzen und muss nicht durch Kohle reduziert werden.

Zertifizierung der realen CO₂-Einsparungen durch den TÜV Süd

0,75 t CO₂/t Warmband

Bilanzierendes Recyclingprodukt

Bilanzierung über eine eigenständige Schrottprodukt-route im Hochofenprozess, bei der das Schrottprodukt nur eingeschmolzen wird.

Der parallel stattfindende Reduktionsprozess der Eisenerze wird davon getrennt bilanziert und führt zum Fußabdruck des konventionellen Materials.

thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA
5 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram

Batteriegehäuse

CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen

Seitenwandkonzept unter Verwendung von CR780Y1180T-DP

- Oberer Flansch CR780Y1180T-DP
- Unterer Flansch CR780Y1180T-DP
- Innere Verstärkung MWB® 1500
- Mehrkammer-Rahmen CR780Y1180T-DP

Batteriegehäuse selectrify®

■ Rollprofil ■ Warmumformung

Einsatz höchstfester Stahlgüten zum Schutz der Batterien

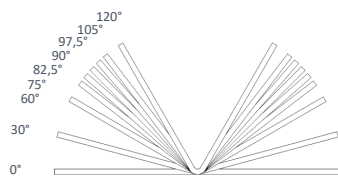
thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA
6 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram

Absicherung Umformpotential im Rahmen der Werkstoffentwicklung

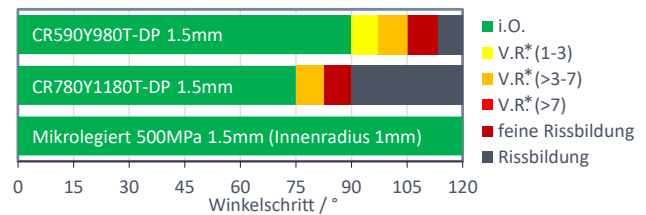
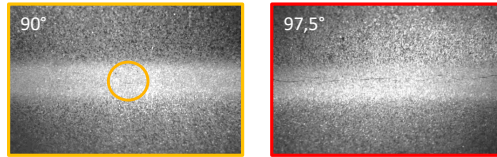
Einsatz von höherfesten Mehrphasenstählen für das Rollformen

Versuchsanlage tkSE

- Gerüstabstand: 600 mm
- Biegeinnenradius: R 1,5 mm für alle Stufen
- Streifenlänge: >1.200 mm



Ermittlung kritischer Winkel (Beispiel)



Aktuell sind beim Rollformen von höchstfesten Mehrphasenstählen Mindestradien von 2 x Blechdicke zu empfehlen

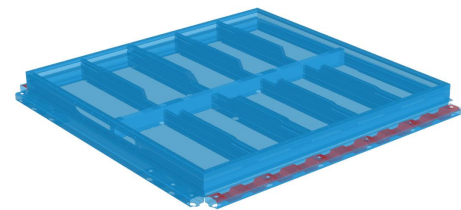
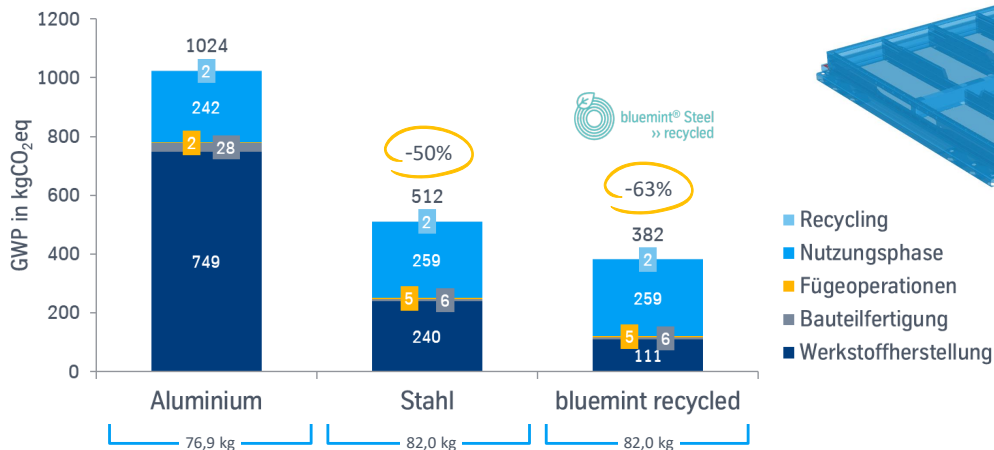
*V.R. = vereinzelte feine Risse

thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA
7 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram



CO₂-Fußabdruck – Vergleich Aluminium vs. Stahl

Einsparung von 50% an CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Stahl realisierbar



Stahl ist der nachhaltigste Werkstoff für Batteriegehäuse. Mit CO₂ reduzierten Stahlgütern ist der Vorteil noch größer.

Annahmen CO₂-Bilanz: 200.000km Laufleistung, BEV, EU-Strommix, Gabi Professional Datenbank Servicepack 21

thyssenkrupp BA-SE INN-AT-NA
8 | 23.03.2023 | Transformation der Stahlproduktion - CO₂-Bilanz am Beispiel rollformintensiver Strukturen | Dipl.-Ing. Tilo Bertram



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wir unterstützen Sie gerne frühzeitig bei Ihrer Entwicklung



Tilo Bertram
Anwendungstechnik – LCA
tilo.bertram@thyssenkrupp.com
+49-203-5223572



Roger Hannig
Vertrieb Industrie
roger.hannig@steeurope.com
+49-203-5241154

engineering. tomorrow. together.

<https://www.thyssenkrupp-steel.com>



thyssenkrupp

Towards Artificial Intelligence in roll forming of round section tubes

A. Ghiotti¹, E. Simonetto¹, F. Bassi², G. Tormena², S. Bruschi¹

¹ University of Padova, Dept. of Industrial Engineering, via Venezia 1, Padova, Italy

² CSM Machinery S.r.l., via Cadore Mare 25, 31013, Codogné, Treviso, Italy

The diffusion of data analysis based on Artificial Intelligence represents a valuable and promising solution for the optimization and control of manufacturing processes. These approaches find their ideal application in the case of continuous forming processes, in which the parameters can be monitored continuously and modified in real-time.

However, the design of most forming machines developed before the advent of the digital revolution is not suitable to embed sensors and automation systems for the process control. The presentation focuses on the re-design needs of tooling and equipment in the case of incremental tube profiling. Moving from the evaluation of the deformations introduced by the roll forming paths, the rolling tools have been re-designed to allow the in-line measurement of the process loads and control of the tools position. The newly designed systems have been validated and the technical performances evaluated with respect of the traditional solution.

Keywords: roll forming, tubes, artificial intelligence

Die Vortragsfolien stehen nur während der Tagung zur Verfügung und werden nicht veröffentlicht.

Digitalisiertes Rollformen – Potenziale von Daten am Beispiel der planmäßigen Rollenwartung

Marco Becker

Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, Technische Universität Darmstadt

Den Zeitpunkt eines notwendigen Werkzeugwechsels rechtzeitig vor dem Ausfall zu kennen, ermöglicht es, ungeplante Stillstandzeiten zu vermeiden. Beim Rollformen ist das Thema Rollenverschleiß für viele Hersteller eher untergeordnet, da die Rollen verglichen mit anderen Umformwerkzeugen wie Schneidstempeln beim Stanzen lange Standzeiten haben. Dennoch gibt es Produkte aus verzinktem oder verzünderten Material, die den Verschleiß beschleunigen und bei denen die Produktqualität durch Oberflächenbeschädigungen oder Kerben infolge verschlissener Werkzeugrollen beeinträchtigt wird. Zudem zeigt der Trend in Richtung der Verarbeitung von Werkstoffen mit immer höheren Festigkeiten, die aufgrund der benötigten Umformkräfte und der Materialpaarung als verschleißfördernd gelten.

Die Digitalisierung hält auch in der Rollformbranche fortlaufend Einzug, sodass vermehrt Sensorik zum Einsatz kommt und die Potenziale der erfassten Daten sichtbar werden. In diesem Vortrag wird anhand von inline erfassten Messdaten vorgestellt, wie anhand von Vergleichsmerkmalen Muster zur Erkennung des Verschleißzustandes genutzt werden können. Verschieden große Rollenradien dienen als ideale abrasive Verschleißzustände und werden experimentell untersucht. Die erfassten Messdaten zeigen sowohl in der manuellen händischen Auswertung als auch in der Verwendung eines KI-Modells signifikante Korrelationen zum Verschleiß. Anhand der Analysen sind Ableitungen klarer sodass Trends für den Verschleißfortschritt und eine Vorhersagegenauigkeit des Verschleißzustands im Mikrometerbereich möglich. Der Zusammenhang zwischen dem Verschleißradius und den Messdaten lässt sich auf Basis des wandernden treibenden Durchmessers der Werkzeugrollen erklären.

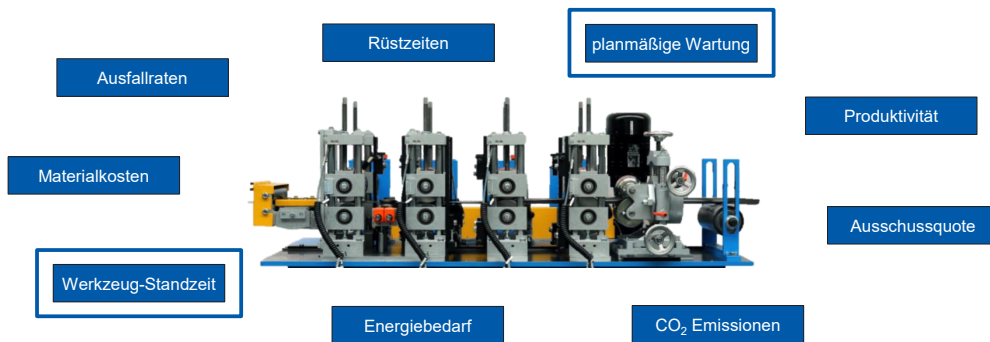
Keywords: Digitalisierung, Datenanalyse, Verschleiß

Digitalisiertes Rollformen

Potenziale von Daten am Beispiel der planmäßigen Rollenwartung

WAPRO 2023 – 12. Fachtagung Walzprofilieren

Marco Becker, M. Sc., Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, TU Darmstadt



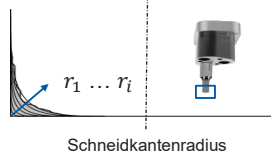
Verschleißprognose beim Stanzen als Vorbild für das Rollformen?

Verschleißprognose beim Stanzen:

- Stempelkraft und -durchmesser als Messgrößen
 - abrasiver und adhäsiver Verschleiß detektierbar
 - modellbasierte Lebensdauervorhersage möglich
- Kraftänderung infolge von Schneidkantenabrundung

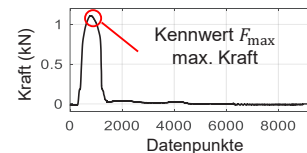
Hoppe et al.: Feature-based Supervision of Shear Cutting Processes on the Basis of Force Measurements, Procedia Manufacturing, Vol. 34, 2019, p. 847-856.

Verschleißzustände

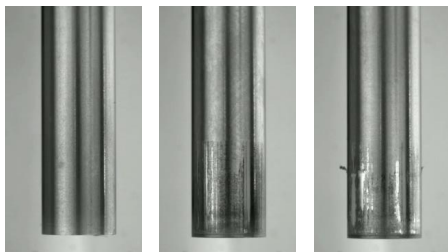


Schneidkantenradius

Kraftdaten



Kubik et al.: Smart sheet metal forming, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 33, 2022, p. 259-282.



PIU-Mölltor, Kubik 2023.

Prozessvergleich zur Übertragbarkeit:

Stanzen	Rollformen
ein-/mehrstufig	mehrstufig
diskrete Hübe	kontinuierlich inkrementell
(hoch-)dynamisch	prozessabhängig
vorwiegend instationär	vorwiegend stationär

Wie lässt sich der Verschleiß beim Rollformen für die planmäßige Rollenwartung vorhersagen?

1 Was ist über Werkzeugverschleiß beim Rollformen bekannt?

2 Methodik für die Verschleißprognose

Messdatenerfassung für die Verschleißprognose von Rollformwerkzeugen

Experimentelle Verschleißuntersuchung und Trendanalyse der Messdaten

Prozesswissen und Erklärbarkeit der Verschleißkorrelation

Verschleißvorhersage durch ein KI-Modell

3 Anwendbarkeit der Ergebnisse und Ausblick

Was ist über Werkzeugverschleiß beim Rollformen bekannt?

1. Beim Rollformen tritt vorwiegend abrasiver Verschleiß in Bereichen mit Schlupf und hoher Kontaktnormalspannung auf.

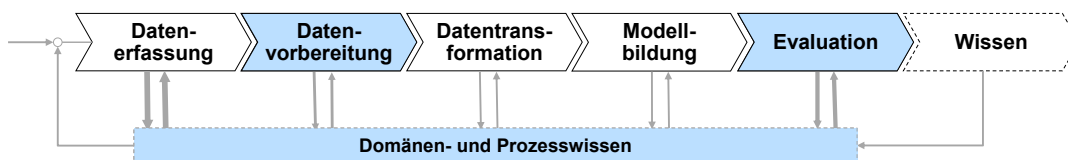
Galakhar, Daniel, Meehan: Prediction of Roll Profile Wear in the Cold Roll Forming Process. In: Key Engineering Materials Vols. 410-411, 2009, p. 643-660.

2. Insbesondere hochfeste, verzinkte oder verzünderte Halbzeuge führen zu frühzeitigem Rollenverschleiß.

Halmos: Roll forming Handbook. CRC Press Taylor & Francis Group, 2006, Boca Raton.

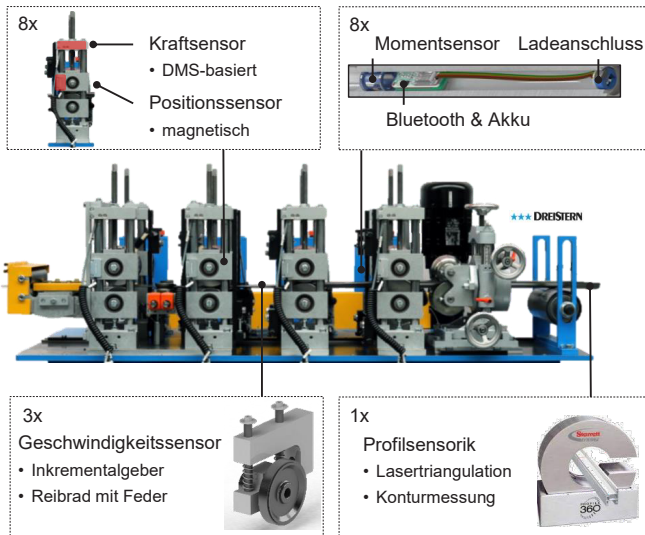
Was können wir aus anderen Prozessen lernen?

Methodisches Vorgehen der Datenerfassung, Datenanalyse und Modellierung gestützt mit Prozesswissen



Kubik, Molitor, Becker, Groche: Knowledge Discovery in Engineering Applications Using Machine Learning Techniques. In: Journal of Manufacturing Science and Engineering (144), 2022, p. 091003.

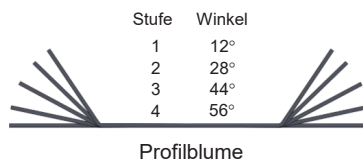
Verschleiß beim Rollformen bislang wenig beachtet, aber zukünftig vermehrt hochfeste Profile gefordert
Methodik anderer (Umform-)Prozesse vielversprechend für Übertragbarkeit auf Rollformprozess



Welche **Messgrößen** eignen sich als Eingang für ein **Analysemodell**, um den **Verschleißzustand** vorherzusagen?

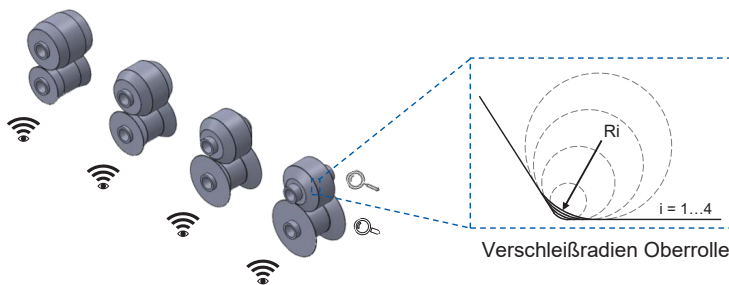
Versuchsaufbau

- U-Profil 4-stufig im Streifenbetrieb
- Unterrollen ohne Änderung
- Wechsel Oberrollen auf R1-R4
- Momentsensoren an allen Rollen



Experimentelle Durchführung

- 6 Blechstreifen je Setup
- vollfaktorieller Versuchsplan
 - isoliert R1-R4
 - kombiniert R4



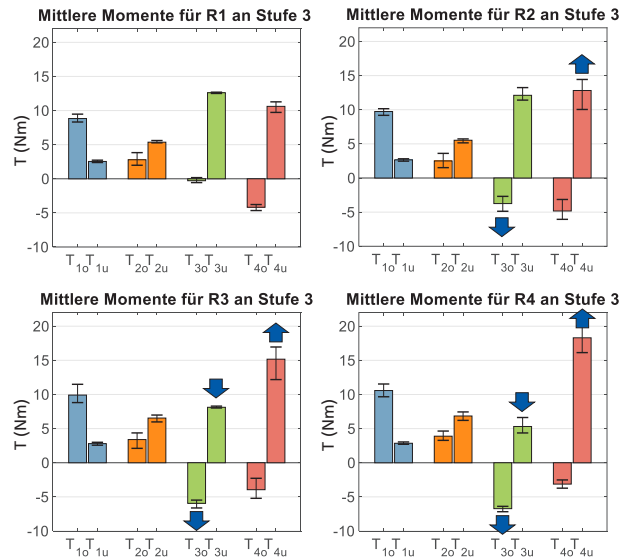
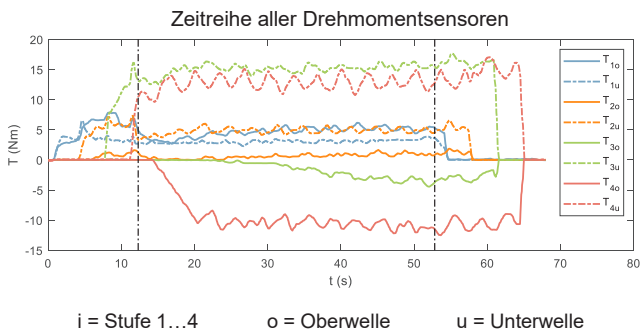
Profil Nummer	Radius Stufe 1	Radius Stufe 2	Radius Stufe 3	Radius Stufe 4
01-06	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
07-12	1 mm	1 mm	1 mm	2 mm
13-18	1 mm	1 mm	1 mm	3 mm
19-24	1 mm	1 mm	1 mm	4 mm
25-30	1 mm	1 mm	2 mm	1 mm
31-36	1 mm	1 mm	3 mm	1 mm
37-42	1 mm	1 mm	4 mm	1 mm
43-48	1 mm	2 mm	1 mm	1 mm
49-54	1 mm	3 mm	1 mm	1 mm
55-60	1 mm	4 mm	1 mm	1 mm
61-66	2 mm	1 mm	1 mm	1 mm
67-72	3 mm	1 mm	1 mm	1 mm
73-78	4 mm	1 mm	1 mm	1 mm
79-84	1 mm	1 mm	4 mm	4 mm
85-90	1 mm	4 mm	4 mm	4 mm
91-96	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm

Vier idealisierte Verschleißzustände R1-R4 zur Untersuchung von Korrelationen mit den Messdaten

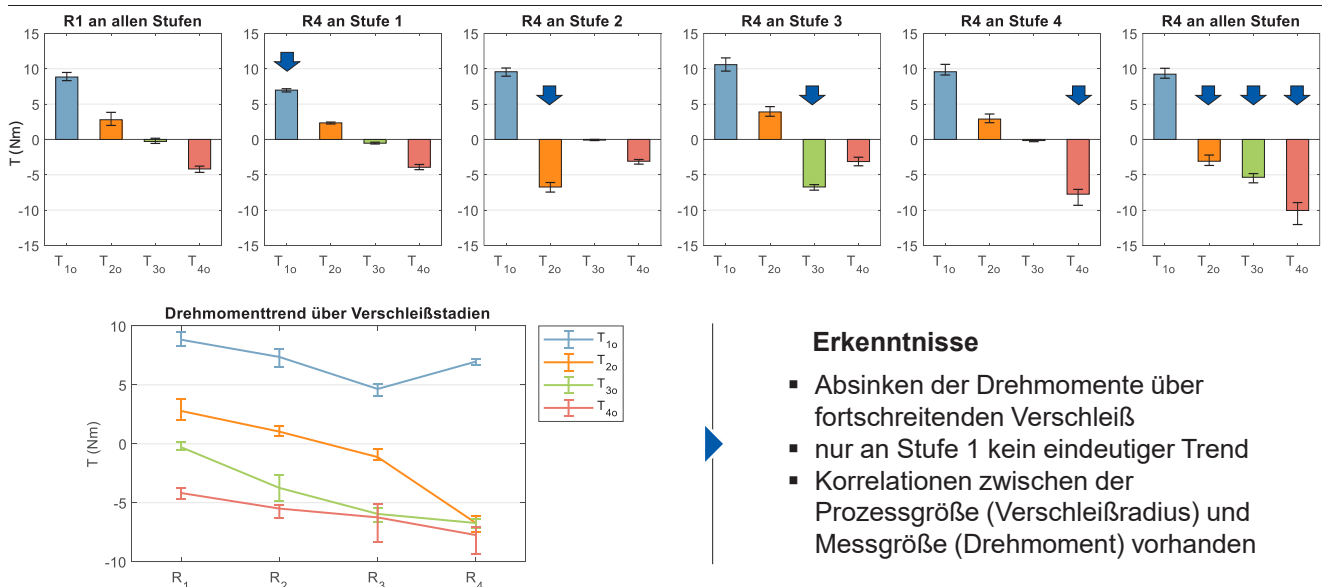
Experimentelle Verschleißuntersuchung und Trendanalyse der Messdaten

Datenanalyse der Drehmomente

- Verläufe der Drehmomente aller Ober- und Unterrollen über der Zeit für Blechstreifenbetrieb
- Einteilung in Einfahrphase, (cyclo-)stationäre Phase und Ausfahrphase



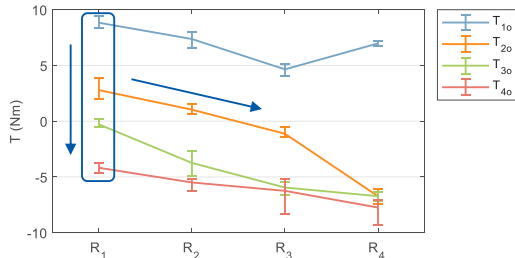
Experimentelle Verschleißuntersuchung und Trendanalyse der Messdaten



Erkenntnisse

- Absinken der Drehmomente über fortschreitenden Verschleiß
- nur an Stufe 1 kein eindeutiger Trend
- Korrelationen zwischen der Prozessgröße (Verschleißradius) und Messgröße (Drehmoment) vorhanden

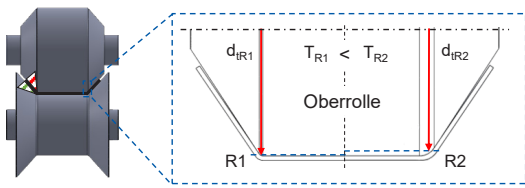
Prozesswissen: Erklärbarkeit der Korrelation zwischen Verschleiß und Drehmoment



- Das mittlere Drehmoment sinkt von Oberrolle 1 zu 4:
 - je größer der Rollenwinkel, desto stärker die bremsende Wirkung
 - geringe Umfangsgeschwindigkeit an Rollenflanke konturbedingt
 - Übereinstimmung der Beobachtungen mit Literatur

Eichler: Walzprofilieren von Standardquerschnitten auf einer mehrgerüstigen Maschine mit einzeln angetriebenen Werkzeugwellen. Dissertation, 1987, Technische Hochschule Darmstadt.

Traub, Güngör, Groche: Measures towards roll forming at the physical limit of energy consumption. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 5-8/2019.



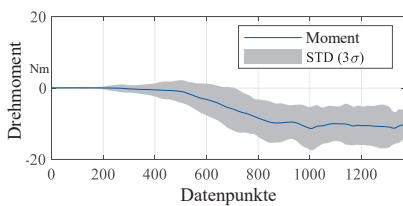
Kubik, Becker, Molitor et al.: Towards a systematical approach for wear detection in sheet metal forming using machine learning. Prod. Eng. Res. Devel. 17, 2023, p. 21–36.

- Das mittlere Drehmoment sinkt von Radius R1 zu R4:
 - je größer der Rollenradius, desto stärker die bremsende Wirkung
 - Kontaktbereich wird größer und Normalspannung wandert bei größeren Radien nach außen
 - Bei fortschreitendem Verschleiß verschiebt sich der reale treibende Durchmesser bezogen auf die Werkzeugauslegung nach außen

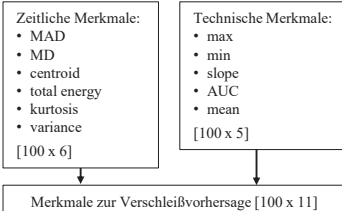
Korrelation zwischen dem Verschleißradius und dem Drehmoment als Messgröße erklärbar

Verschleißvorhersage durch ein KI-Modell

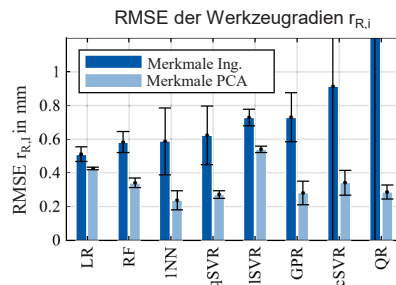
KI-Modell zur Verschleißvorhersage an Stufe 3 auf Basis der Drehmomentdaten von Oberrolle 3



Einlaufphase und stationärer Verlauf [100 x 1266]



- Automatisierte Vorverarbeitung der Zeitreihendaten und Reduzierung der Datenmenge
 - Hauptkomponentenanalyse (PCA)
 - ingenieurtechnische Merkmale
- Training verschiedener Modelle mit reduzierten Daten
- Vorhersage des Verschleißzustandes und Bewertung

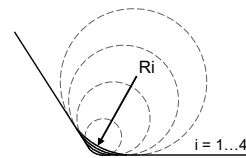


Vorhersage-Genauigkeit: $22.901 \pm 1.825 \mu\text{m}$

Kubik, Becker, Molitor et al.: Towards a systematical approach for wear detection in sheet metal forming using machine learning. Prod. Eng. Res. Devel. 17, 2023, p. 21–36.

Ergebnisse

- Trendanalyse für 4 idealisierte Verschleißzustände R1-R4 anhand der gemessenen Drehmomente
- KI-Modell zur automatisierten Vorhersage des Verschleißes mit Genauigkeit im Mikrometerbereich
- Erklärbarkeit der Korrelationen zwischen Rollenradius und Drehmomentdaten aufgrund der Änderungen des treibenden Durchmessers bei abrasivem Rollenverschleiß



Ausblick

- FE-Simulation der Kontaktspannungen und Kontaktflächen zur Validierung der These und zur exakten Bestimmung des treibenden Durchmessers
- größere Datenmenge mit realitätsnaher Verschleißentwicklung im Langzeitexperiment
- Datenvernetzung der Prozesse Stanzen und Rollformen zur Nutzung von Synergien



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

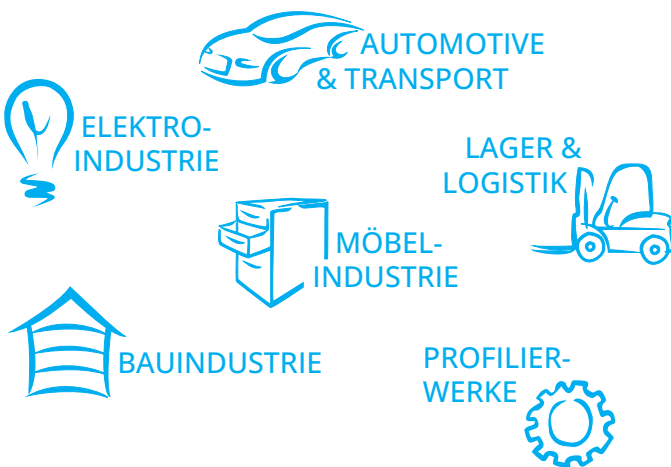




Ihr Lösungsanbieter für Profiliertechnologien

Seit der Gründung im Jahr 1949 setzt die DREISTERN GmbH & Co. KG im Bereich Profilieren immer wieder besondere Maßstäbe. Durch modernste Technologien, maßgeschneiderten Lösungen und einem umfassenden Know-how für Profiliermaschinen und Profilieranlagen haben wir uns weltweit als Marktführer etabliert.

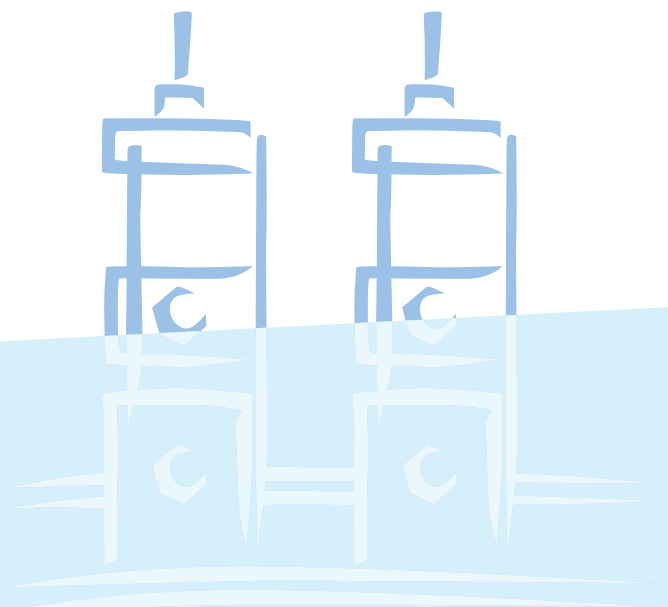
Überall, wo ein Profil den Unterschied macht



Nutzen Sie unsere Profilerexpertise

DREISTERN GmbH & Co. KG
Hohe-Flum-Strasse 69
79650 Schopfheim
GERMANY

+49 7622 391-0
technologie@dreistern.com
www.dreistern.com



Flexible Fertigungsstrategien für eine Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge mit alternativer Antriebstechnik

Teil 1: Roboterbasiertes Rollformen zur Flanschherstellung eines Querträgers

**Dipl.-Ing. Karsten Richter, Dr.-Ing. Matthias Nestler, M. Sc. Antje Ahrens,
Dr.-Ing. Markus Werner, Prof. Dr.-Ing. habil. Verena Kräusel**

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, 09126 Chemnitz,
karsten.richter@iwu.fraunhofer.de

Sowohl für Fahrzeuge im Allgemeinen als auch speziell für Nutzfahrzeuge sind die Verringerung des Kraftstoffverbrauches und der CO₂-Emissionen wesentliche umweltpolitische und wirtschaftliche Zielgrößen. Dies zwingt die Fahrzeughersteller, zukünftig leichte Transporter je nach Nutzerprofil in unterschiedlichen Antriebsvarianten anzubieten, ohne gesicherte Voraussagen über die Marktvolumen der einzelnen Derivate zu haben. Die breite Markteinführung von alternativen Antrieben bei Kleintransportern ist nur dann erfolgreich, wenn die Anforderungen an Nutzlastoptimierung und an Variantenintensität auch wirtschaftlich erfüllbar sind. Dies erfordert zwingend neue Konzepte für Leichtbau-Fahrzeugbodengruppen für Kleintransporter, die eine hohe Variantenvielfalt und die wirtschaftliche Fertigung auch kleiner Stückzahlen ermöglichen. Dazu sind werkzeug- und vorrichtungsarme, innovative Fertigungsverfahren wie das 3D-Rollformen und das 3D-Auftragschweißen geeignet, aber auch lokale Funktionalisierungen von Bauteilbereichen. Im Forschungsvorhaben FlexHyBat erfolgte die Umsetzung einer solchen Bodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge, die sowohl die Integration von unterschiedlichen Energiespeichern (wie Batterien oder H₂- bzw. CNG-Drucktanks) bei möglichst gleichbleibender Nutzlast ermöglicht als auch die Anforderungen an Steifigkeit und Crashesicherheit erfüllt.

Um flexible Fertigungsstrategien für Profilgeometrien bereitzustellen, die die Basis für eine solche Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe bilden, wurde am Fraunhofer IWU das roboterbasierte Rollformen entwickelt. Dabei kamen numerische und experimentelle Untersuchungen zum Einsatz. Als inkrementelles Umformverfahren ermöglicht das roboterbasierte Rollformen eine flexible Fertigung von Profilbauteilen. Die Formgebung erfolgt mit einem auf definierten Bahnen geführten Rollenpaar. Dieses ist Teil eines Endeffektors, der von einem Roboter manipuliert wird. Die kinematische Gestalterzeugung ermöglicht eine signifikante Reduzierung des Anlagen- und Werkzeugaufwandes, sodass selbst Kleinst- und Kleinserien wirtschaftlich gefertigt werden können. Realisierbar sind einfache Profile, Maschinenverkleidungen mit Biegekanten bis hin zu komplexen, räumlich gekrümmten Profilbauteilen. Das Verfahren wird exemplarisch anhand der Fertigung eines Querträgers mit zwei per roboterbasiertem Rollformen gefertigten, räumlich gekrümmten Flanschen vorgestellt. Die weiteren Fertigungsschritte des Bauteils folgen dem sogenannten StaBiFü®-Ansatz, in dem sämtliche Schneid-, Roll- und Biegeoperationen mit geringer Werkzeugbindung umgesetzt werden.

Keywords: Roboterbasiertes Rollformen, Verfahrensentwicklung, Prototypenfertigung

Flexible Fertigungsstrategien für eine Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge mit alternativer Antriebstechnik

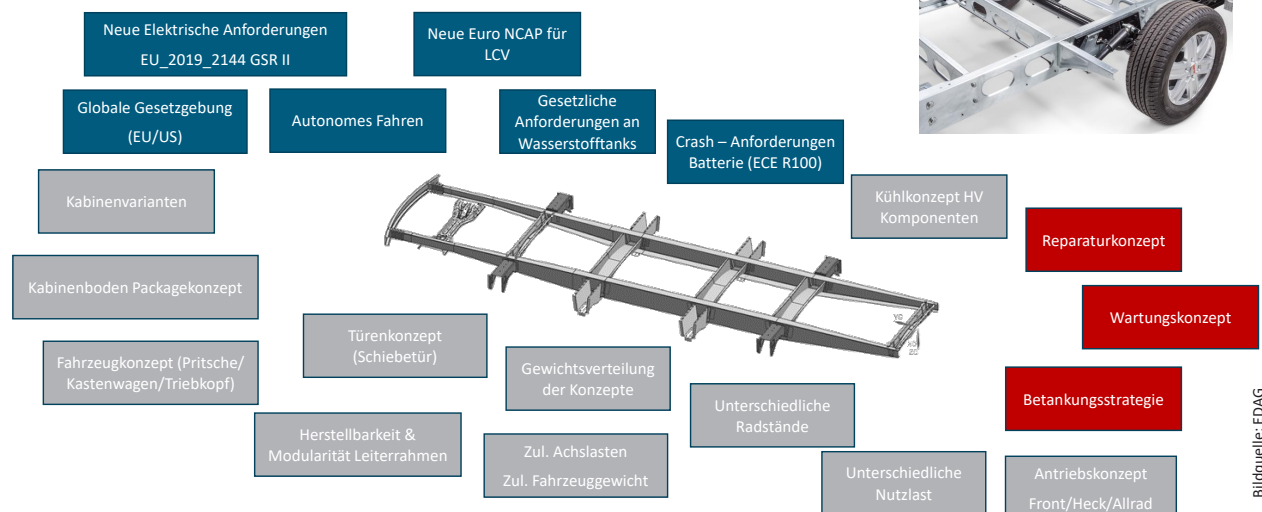
Roboterbasiertes Rollformen zur Flanschherstellung eines Querträgers

Karsten Richter, Matthias Nestler, Antje Ahrens, Markus Werner, Verena Kräusel

12. Fachtagung Walzprofilieren, Darmstadt, 23. März 2023

Motivation

Anforderungen an den Fahrzeugrahmen von Nutzfahrzeugen



Bildquelle: EDAG

Vorstellung Forschungsprojekt FlexHyBat Fertigungstechnologien für eine inkrementelle Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe

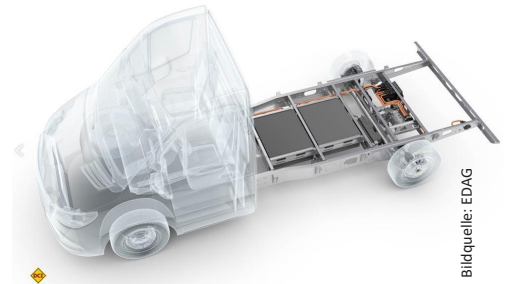
Inkrementelle Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge auf Basis 3D-rollgeformter Profile

Entwicklungstrends im Nutzfahrzeugbau:

- Steigende Variantenvielfalt durch Antriebs- und Aufbauunterschiede
- Leichtbau ohne Reduzierung der Nutzlast sowie optimierte Reichweiten
- Kostenneutralität zur Wettbewerbsfähigkeit und für die Durchsetzung alternativer Antriebe auf dem Markt
- Minimierung der Werkzeuganzahl zur Reduzierung der Fertigungskosten von Komponenten der Bodengruppe
- Taktzeitverkürzung

Erforschung der Fertigung einer variantenintensiven Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für Kleintransporter für unterschiedliche Fahrzeugderivate, z. B. als BEV mit verschiedenen Batteriegrößen (z. B. 40, 60, 100 kWh), als FCEV mit unterschiedlichen H₂-Drucktanks (z. B. 3 oder 6 kg H₂),

Ziel: Realisierung einer exemplarischen Fahrzeugbodengruppe eines Kleintransporters für ausgewählte BEV / FCEV Varianten, mit 15 – 20 %-iger Gewichtseinsparung im Vergleich zur konventionellen Bodengruppe



Bildquelle: EDAG

Vorstellung Forschungsprojekt FlexHyBat Anteile der Projektpartner



- Initiierung und Verbundkoordination
- Karosseriekonzeption und Auslegung, Integration Batteriekasten und Wasserstoffspeicher
- CAE-Auslegung und Komponententests



- Entwicklung und Bereitstellung innovativer hochfester Kaltbandgüten
- Laser High Speed Cutting von Formplatinen mittels BILCUT®
- Entwicklung von Wärmebehandlungsstrategien zur lokalen Entfestigung von AHSLA



- Entwicklung und Industrialisierung einer 3D-Auftragschweißtechnik



Bildquelle: EDAG



- Entwicklung und Fertigung modularer Werkzeuge für das Formschlagen
- Funktionalisierung von Bauteilen unter Nutzung hubgebundener Umformverfahren



- Prozesskettenauslegung nach StaBiFü®-Ansatz
- Roboterbasiertes Rollformen
- Funktionalisierung von Bauteilen unter Nutzung inkrementeller Umformverfahren



- 3D-Rollformen von Längsträgern
- Entwicklung und Auslegung der 3D-Umformfolgen auf Prototypenanlage
- Erweiterung der Prozessplanungssoftware COPRA für 3D-Rollformprofile

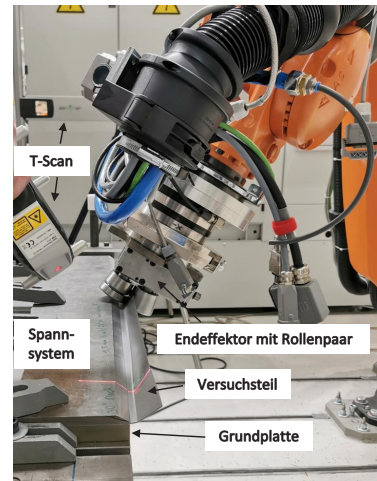
Roboterbasiertes Rollformen Technologieentwicklung: Ziele und Versuchsaufbau

Ziele der Technologieentwicklung zum roboterbasierten Rollformen

- Entwicklung eines Umformverfahrens mit hoher Flexibilität hinsichtlich der erreichbaren Geometrien durch Einsatz von rotierenden Rollen
→ insbesondere in Hinblick auf Demonstratorbau und kleine/ mittlere Stückzahlen
- geringe Formbindung in verwendeten Vorrichtungen und Werkzeugen
→ Nutzung inkrementeller Umformung und universeller Werkzeuge zur kinematischen Gestalterzeugung

Prinzipieller Ansatz und Versuchsaufbau

- Nutzung eines Industrieroboters KUKA KR150 R2700 Extra
- Endeffektor mit einstellbarem Rollspalt
- Doppelrolle
- Kraft-/ Momentenmessung mit Schunk Sensor über RSI-Schnittstelle
- optische Vermessung der Bauteile mit Steinbichler T-Scan
- hohe Freiheitsgrade in der Umsetzung (Kinematik, Biegefolge, Biegespalte)



Prinzipieller Versuchsaufbau

Roboterbasiertes Rollformen Technologieentwicklung: Werkzeuge und Spannsystem

Endeffektoren

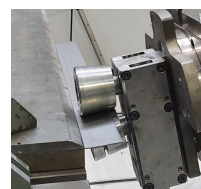
- Nutzung verschiedener Endeffektoren
 - konstanter Spalt zwischen den Rollen
 - Variabel einstellbar Spalt zwischen den Rollen

Rollenwerkzeuge

- Nutzung verschiedener Rollengeometrien für Vorversuche
 - kegelförmige Rollen
 - Scheibenrollen
- Anpassung der Rollenradien an geometrische Vorgaben

Spannsysteme und Niederhalter

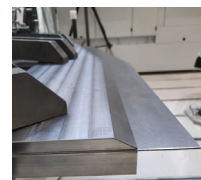
- geometrienah und geometrieflexible Spanner und Niederhalter in Vorversuchen
→ möglichst biegekantennahes Spannen



Kegelförmige Rollen



Scheibenrolle



Flächige, geometrieangepasste Grundplatte / Niederhalter

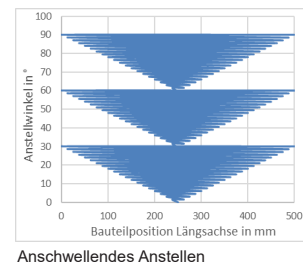
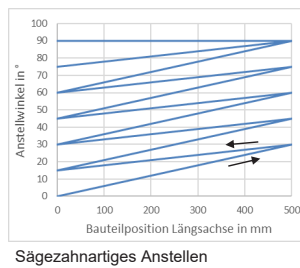
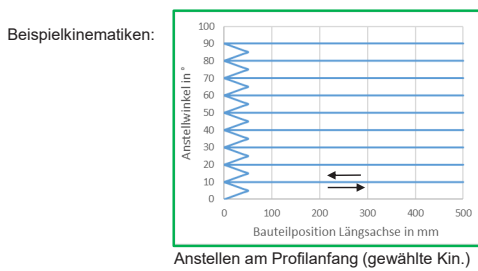


Flexibles Spannsystem mit Kniehebelspannern

Roboterbasiertes Rollformen Technologieentwicklung: Kinematikvariation

Auswahl untersuchter Kinematiken

- Anstellen der Rollen am Profilanfang/-ende, dann translatorische Bewegung ohne Änderung der Anstellung (Winkel)
- Anstellen über die gesamte Profillänge
- sägezahnartige Kinematik mit linear answellender Vorwärtsbewegung und einer linear leicht abswellender Rückwärtsbewegung des Roboterarms und dem daran befestigten Endeffektor
- mittig beginnendes Anschwellen in kleinen Biegeinkrementen



Seite 7

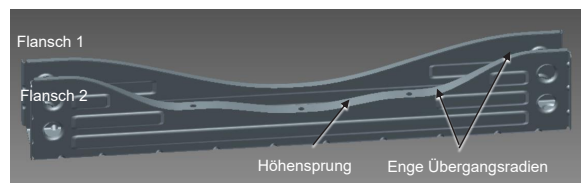
17.03.2023

© Fraunhofer IWU

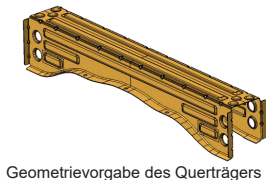
Demonstratorfertigung am Beispiel eines komplexen Querträgers StaBiFü®

StaBiFü®-Ansatz

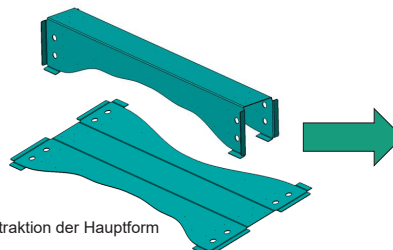
- Kombination von etablierten Fertigungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen in kleinen/mittleren Stückzahlen (Stanzen-Biegen-Fügen → StaBiFü®)
- verfahrensangepasstes Bauteildesign
- Verfahrenskombination für den Demonstrator Querträger auf versch. Maschinen
 - Rollsicken auf TRUMPF TruPunch
 - Platinzuschnitt auf TRUMPF TruPunch
 - Roboterbasiertes Rollformen Flansch 1 und 2
 - Kragenziehen auf TRUMPF TruBend
 - Abkanten auf TRUMPF TruBend und Servopresse



Komplexe Flansche für roboterbasiertes Rollformen am Demonstratorbauteil



Geometrievorgabe des Querträgers



Extraktion der Hauptform



Ableitung der Platine

Seite 8

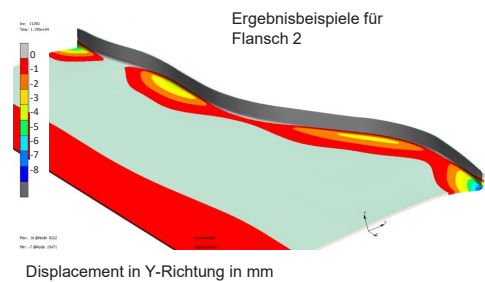
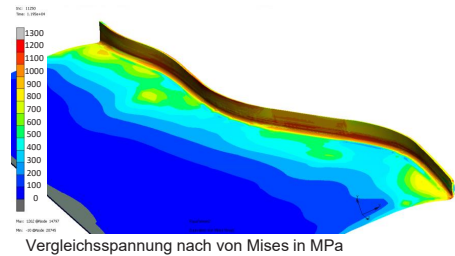
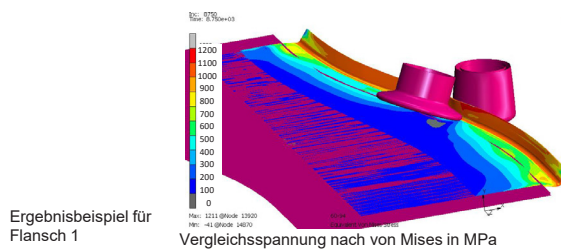
17.03.2023

© Fraunhofer IWU

Roboterbasiertes Rollformen

Virtuelle Prozessabsicherung per FEM

- Modellerstellung und -optimierung in MarcMentat und COPRA
- Nutzung verschiedener Modellierungsansätze zur Abbildung des Spannsens
- Modellierung der Rollen als Starrkörper
- Nutzung von Volumenelementen
- feinere Diskretisierung des vernetzten Blechstreifens im Bereich der Biegekante und an der Bandkante
- Kinematik des Rollenpaares (2x translatorische / 2x rotatorische Bewegungen) über Tabellen vordefiniert (Excel-Tool)

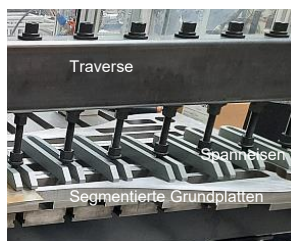


Roboterbasiertes Rollformen

Demonstratorfertigung des Querträgers

Versuchsaufbau für Demonstratorfertigung

- Nutzung eines flexiblen Spannsystems mit Aufbau auf Forster-Tisch
- einzig zwei segmentierte Grundplatten sind bauteilspezifisch für den Querträger
- Spann-/ Niederhalterkraft wird über Spanneisen und Gewindestangen, die gegen eine Traverse verspannt sind, flächig auf die Platinen aufgebracht
- bei Initiierung der Biegekanten wird konturnah gespannt
- Spanneisen werden im Prozess einzeln zurückgesetzt, um Kollisionen zwischen Rollen und Spannmitteln zu vermeiden



Aufbau



Spannsystem mit eingespannter Platine

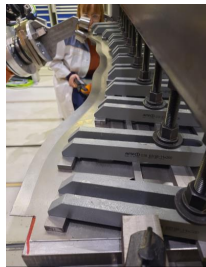
Roboterbasiertes Rollformen Demonstratorfertigung

Fertigung von zwei Flanschen am Demonstratorbauteil

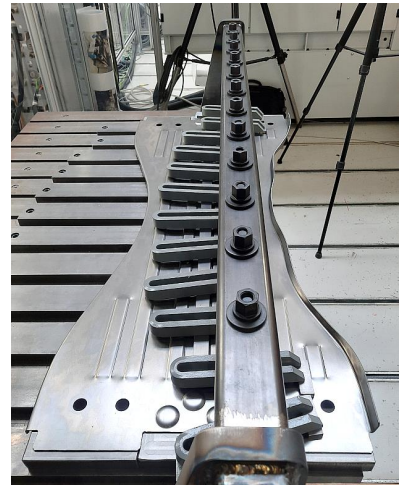
- Fertigung Demonstratorteile mit zwei Flanschen
- Flanschhöhe bei Flansch 1 homogen erreicht
- Formabweichungen treten v. a. in engen Radienbereichen von Flansch 2 auf
- Formabweichungen resultieren sowohl aus der inkrementellen Platinenfertigung (Rollsicken) als auch aus dem Rollformprozess



Flansch 1



Fertigung Flansch 2

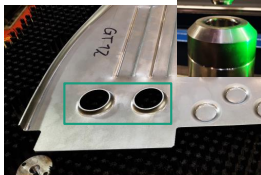


Demonstratorbauteil nach Umformen beider Flansche

Roboterbasiertes Rollformen Demonstratorfertigung - Einzelschritte



Platine (Platinenzuschnitt, Rollsicken, Verprägungen)



Kragenziehen



nach roboterbasiertem Rollformen beider Flansche und Kragenziehen



Vorbiegen der Längskanten bis 45°, Detail: Versteifungssicke



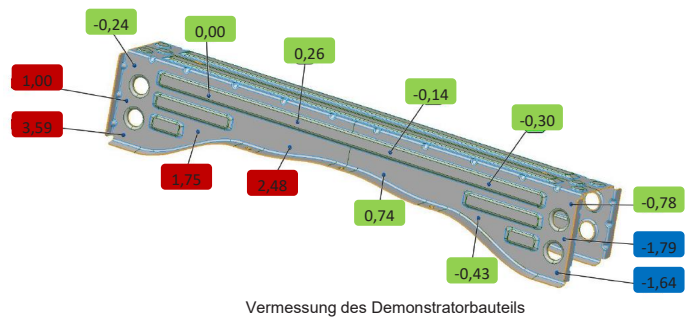
Abkanten bis 90°



Demonstratorbauteil Querträger 3 nach dem Abkanten

Roboterbasiertes Rollformen Ergebnisbewertung der Demonstratorfertigung Querträger

- Nachweis der Herstellbarkeit von geometrieflexiblen Flanschen mit roboterbasiertem Rollformen erbracht
- Vermessung des Demonstratorbauteils zeigt Flächenformabweichungen
- Ursachen für Formabweichungen:
 - Positioniergenauigkeiten durch zahlreiche manuelle Prozessschritte
 - Vorkrümmung und Torsion der Platine durch vorgelagertes Rollsicken
 - enge Übergangsradien der Flansche
- Verfahrensgrenzen des roboterbasierten Rollformens:
 - Steifigkeit von Roboter und Endeffektor
 - bei eingesetztem hochfesten Stahl: Übergangsradien $R = 250$ mm kritisch für Formabweichungen, ab $R = 400 - 500$ mm kaum Formabweichungen sichtbar
 - konstante und variable Flanschhöhen sind realisierbar



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Das Forschungsprojekt *FlexHyBat* wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Fachprogramm „Neue Fahrzeug und Systemtechnologie“ unter den Förderkennzeichen 19 I 20019 F gefördert und vom Projektträger TÜV Rheinland Consulting GmbH betreut.



BETREUT VON



Flexible Fertigungsstrategien für eine Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge mit alternativer Antriebstechnik

Teil 2: 3D Rollformen am Beispiel einer Leichtbau-Bodengruppe für Nutzfahrzeuge

Dr. Thomas Dietl, Albert Sedlmaier

data M Sheet Metal Solutions GmbH, 83626 Valley, www.datam.de

data M beschäftigt sich seit Jahrzehnten mit dem Thema Rollformen. In der Vergangenheit wurden mehrere Anlagen zur Herstellung von flexiblen 3D Profilen vorgestellt. So ermöglicht das von data M entwickelte COPRA 3D Rollforming Center® eine schnelle und kostengünstige Herstellung von geometrieveränderlichen rollgeformten Prototypenbauteilen unter anderem für die Automobilindustrie. Am Beispiel der Entwicklung von flexiblen Längsträgern einer Leichtbau-Bodengruppe für leichte BEV und FCEV Nutzfahrzeuge soll im Vortrag ein Überblick über die Verfahrensentwicklung mit ihren Methoden und Werkzeugen bis hin zur Fertigung der Prototypenbauteile gegeben werden.

Im Rahmen des BMWK Verbundprojektes FlexHyBat sind unter anderem die technologischen Grenzen sowie die Gestaltungsfreiräume von 3D-rollgeformten Profilen hinsichtlich der Geometrie bei der Verarbeitung verschiedener höchstfester Stahlgüten und geringer Blechstärken untersucht worden. Zur Erreichung dieser Ziele wurden neue CAE Werkzeuge nötig wie ein 3D Simulations-Preprozessor zum automatischen Simulationsmodellenaufbau unter Berücksichtigung der Kinematik der 3D Rollformanlage. Somit konnte auch die marktführende Prozessplanungs- und Werkzeugkonstruktions-Software COPRA® für die Anwendung bei Profilen mit veränderlichen Querschnitten erweitert werden.

Unterschiedliche Längsträger wurden unter Verwendung der neuen CAE Werkzeuge entwickelt und validiert, mit einem besonderen Fokus auf ein partiell laserentfestigtes hochfestes Kaltband. In zwei Versuchskampagnen auf dem COPRA 3D Rollforming Center® (weltweit einzige Anlage zur Fertigung von Prototypen) sind unterschiedliche Realbauteile für Prototypen-Bodengruppen hergestellt worden.

Zusammenfassend konnten durch die Anwendung der neuen Softwaremodule eine hohe Anzahl von Umformsimulationen durchgeführt und damit eine verbesserte Bauteil-Qualität erzielt werden. Das erfolgreiche Zusammenspiel von COPRA CAE-Software, Maschinensteuerung und COPRA 3D Rollforming Center® zeigt, dass das data M Konzept geeignet ist, 3D Rollforming Real-Bauteile innerhalb kürzester Zeit zu entwickeln und kostengünstig herzustellen.

Keywords: 3D Rollformen, CAE Werkzeuge, Verfahrensentwicklung, Prototypenfertigung

Flexible Fertigungsstrategien für eine Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge mit alternativer Antriebstechnik

3D Rollformen am Beispiel einer Leichtbau-Bodengruppe für Nutzfahrzeuge



**12. Fachtagung Walzprofilieren
Darmstadt, 23. März 2023**

Dr. Thomas Dietl, Albert Sedlmaier
data M Sheet Metal Solutions, 83626 Valley

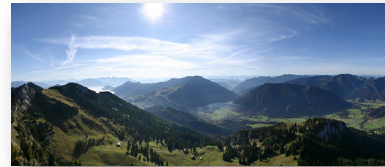
www.datam.de

Inhalt

- Vorstellung data M
- Forschungsprojekt FlexHyBat
- Auslegung von 3D Rollformprozessen mit COPRA® CAE Werkzeugen
- Prototypenfertigung mit dem COPRA 3D Rollforming Center®
- Weitere Anwendungen des 3D Rollformens
- Zusammenfassung

data M Sheet Metal Solutions GmbH

- Softwarehaus für das Rollformen
- ca. 30 Mitarbeiter
- 1987 Gründung
- Firmensitz südl. von München im bayerischen Voralpenland
- Forschungsintensives KMU



Ausschnitt: <http://www.alpen-panoramen.de/panorama.php?pid=4663>

- Produkte:
 - ✓ CAE Software
 - ✓ Messtechnik
 - ✓ Steuerungstechnik
 - ✓ Digitalisierung
- Beratung:
 - ✓ Simulation
 - ✓ Machbarkeitsuntersuchungen
 - ✓ Prozessauslegung
 - ✓ Anlagenkonzepte
 - ✓ Digitalisierung

WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

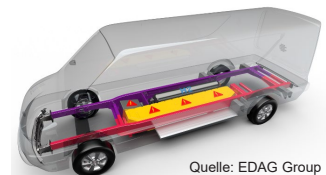
© data M SMS, www.datam.de - 3

FlexHyBat - Inkrementelle Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge auf Basis 3D-rollgeformter Profile

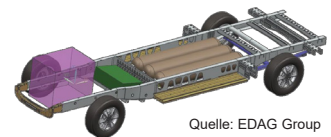


Projekt-Ziele:

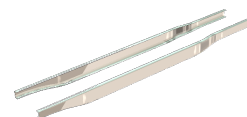
- Integration von **unterschiedlichen Antriebsbatterien und/oder H₂-Drucktanks in Bodengruppen (3-5,5t)** bei geringstmöglicher Reduktion der Nutzlast und Erfüllung von Steifigkeit und Crashesicherheit
- **Höchste Flexibilität**, um unterschiedliche Bodengruppen-Varianten für eine Vielzahl von zukünftigen Antriebs- und Aufbauvarianten wirtschaftlich abzubilden.
- **Werkzeug- und vorrichtungsarme Fertigungsprozesse:** Laser-High-Speed-Cutting, lokales Laser-Entfestigen, 3D Rollformen von hochfesten Stahlgüten, 3D Auftragsschweißen von lokalen Verstärkungen



Quelle: EDAG Group



Quelle: EDAG Group



WAPRO 2023

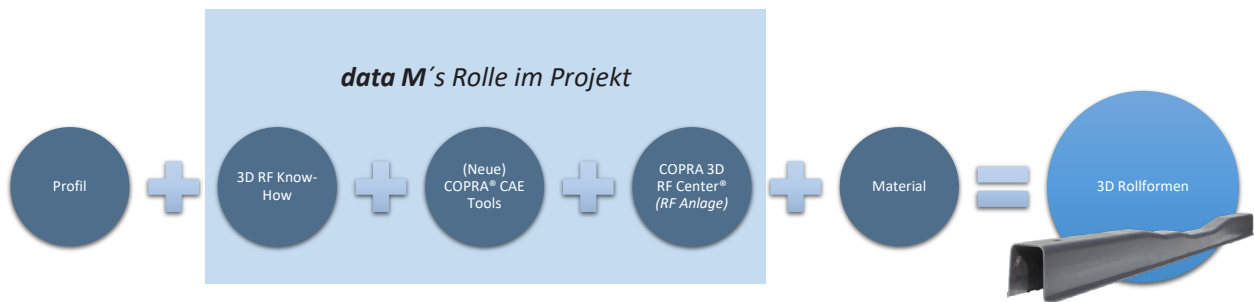
3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 4

3D RollFormen – data M's Rolle in FlexHyBat



- Fertigungsgerechtes Gestalten der Bauteile
- Entwicklung und Auslegung der 3D Umformfolgen
- Validierung des Umformkonzeptes auf 6-Achs Prototypenanlage
- Erweiterung der Prozessplanungssoftware COPRA® für 3D Rollformprofile



WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

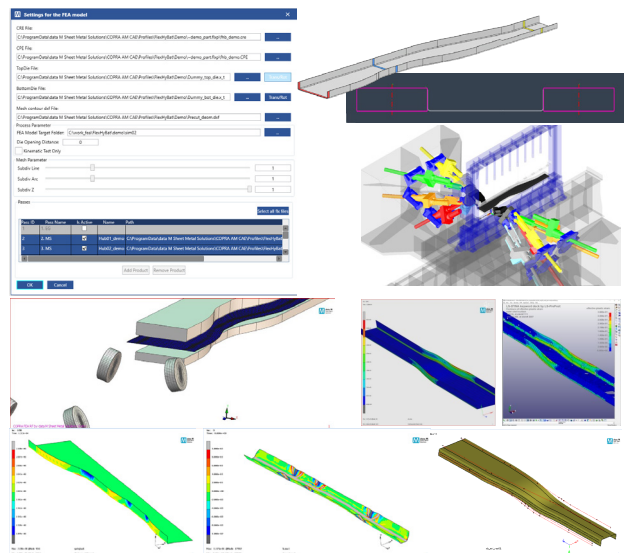
© data M SMS, www.datam.de - 5

CAE Tools: Auslegung des 3D Rollformprozess

Durchgehende Prozessplanungstools in COPRA®

- COPRA® RF mit Auslegungstools für Abwicklung und Rollenwerkzeuge
- COPRA® AM CAE besitzt gemeinsames Kinematikmodell für NC-Programm und FE-Model
- 3D Preprocessor COPRA® AM CAE für COPRA® FEA RF
- Mapping von FE Ergebnissen aus Umformsimulation mit COPRA® FEA RF auf andere FE Pakete z.B. für Crash-Simulationen
- Postprocessing Tools in COPRA® FEA RF

Konstruktion
 Rollformanlage
 FE-Analyse
 Industrie 4.0
 Auswertung



WAPRO 2023

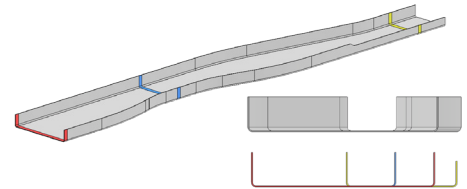
3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 6

CAE-Tools: Erweiterung Rollenkonstruktion in COPRA® RF

- Umformstufen und Werkzeuge des Basisprofils

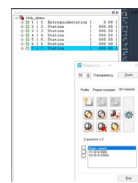
- Anlegen der Querschnittsvarianten
- Zuordnung der Rollen zu Profilelementen
- Kontrolle des Bewegungsraums / Kollisionen, ...



- Umformstufen und Werkzeuge des Basisprofils in COPRA® RF

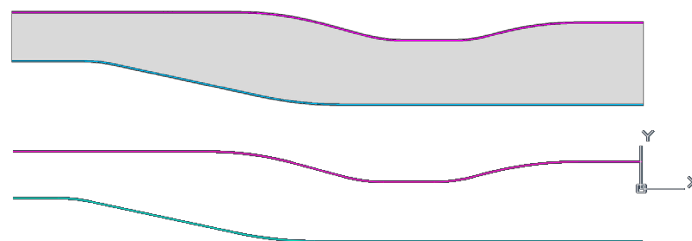
- Abwicklungsschritte
- Rollendesign

Methodik kann auch im klassischen Rollformen verwendet werden.



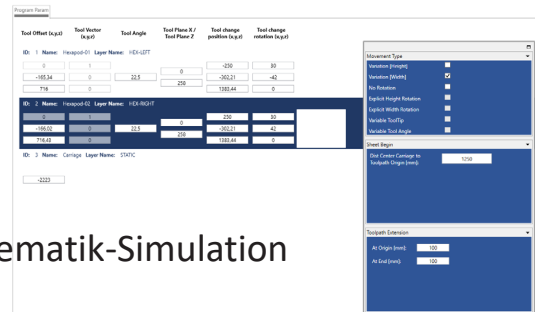
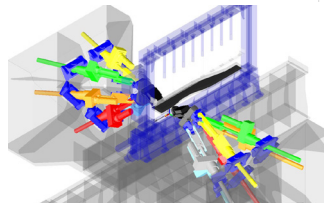
CAE-Tools: Werkzeugtrajektorien

- Extrahieren der Trajektorien aus der 3D Bauteil-Zeichnung
- Festlegen der Kinematik für einzelne Umformschritte
- Export der Werkzeugtrajektorien als DXF Datei



CAE-Tools: Definition des NC Programms in COPRA® AM CAE

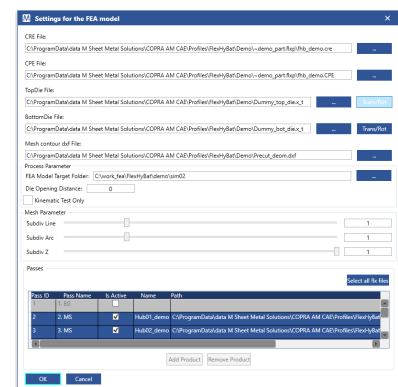
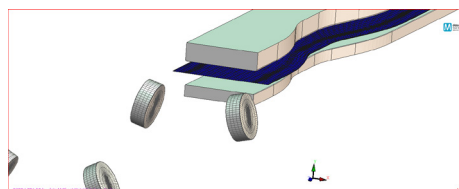
- Definition der Umformschritte
 - Laden der Werkzeugtrajektorien
 - Auswahl der Werkzeuge (Rollen und Dies)
 - Parametrierung
- Überprüfen des NC Programms durch Kinematik-Simulation
 - Bewegung der Maschinenteile
 - Kollisionskontrolle



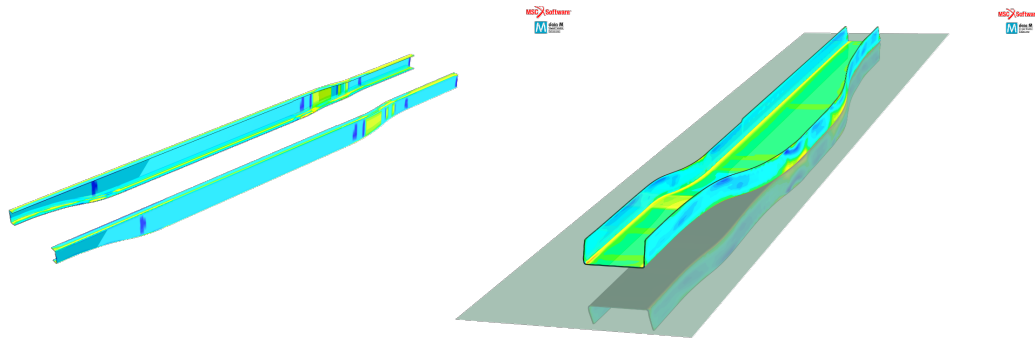
Vorbereitung für:
Maschinen-Steuerung
FE-Model Aufbereitung

CAE-Tools: Simulationsmodell aus COPRA® AM CAE

- Automatischer Aufbau des Simulationsmodells aus NC Programm
 - Zusätzliche Simulationsparameter
 - Übernahme der Kinematik
 - FE Mesh-Erzeugung aus 3D Zuschnitt
- => Preprozessor für COPRA® FEA RF Input Deck



FE Simulation COPRA® FEA RF



WAPRO 2023

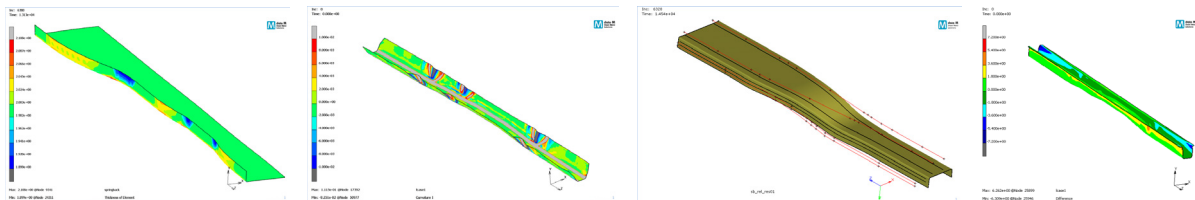
3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 11

CAE-Tools: Auswertung der Ergebnisse in COPRA® FEA RF

Postprocessing - Neue Ergebnisgrößen in COPRA® FEA RF

- Blechdicke, Krümmung
- Komponenten der Tensoren in lokalen Koordinatensystem
- Querschnitte entlang frei definierbarer Linienzüge
- 3D Vergleich FEA – CAD (STEP, IGES, Parasolid) und FEA – GOM (Realbauteil)



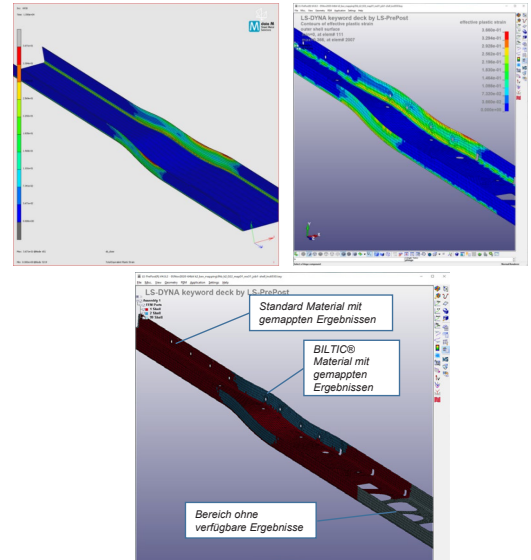
WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 12

CAE-Tools: Durchgängigkeit der Daten mit Hilfe von Mapping in COPRA® FEA RF

- Übertragung u.a. der Kaltverfestigung von COPRA® FEA RF Simulationen z.B. auf LS-DYNA® Modelle -> Berücksichtigung der Umformhistorie bei Crash-Simulationen
- Geometrie, Blechdicke, Spannungstensor, effective plastic strain,..
- Unterschiedliche Materialbereiche
 - Standard Material mit gemappten Ergebnissen
 - BILTIC® Material mit gemappten Ergebnisse
 - Bereich ohne verfügbare Simulations-Ergebnisse

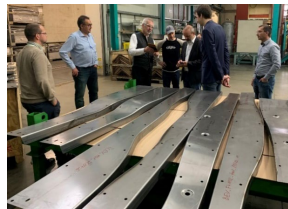
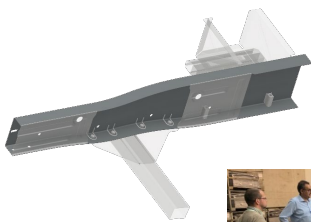


WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 13

COPRA® 3D Rollforming Center Demonstrator Bauteile



BEV



FCEV



Fertigung der Demonstrator-Längsträger auf dem COPRA® 3D Rollforming Center in Australien

WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 14

Prototypenfertigung 3D Rollforming Center®



WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 15

3D Rollforming - Anwendungsbereiche

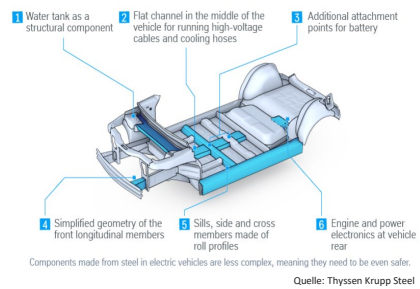
Aerospace



[https://de.m.wikipedia.org/wiki/Stringer_\(Verkehrstechnik\)](https://de.m.wikipedia.org/wiki/Stringer_(Verkehrstechnik))

Flugzeug Außenstruktur (z.B. Kreuzung Stringer und Spant)

Automotive



Strukturen für Batteriekästen, Längs- und Querträger, ...



data M: FEA Simulation eines Geometrie-optimierten Bauteils

WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 16

Zusammenfassung

- Im Forschungsprojekt FlexHyBat wurden unterschiedliche, anspruchsvolle 3D Geometrien gerollformt
- Durch die Entwicklung neuer CAE-Module wurde die Prozessauslegung für das 3D Rollformen weiter vereinfacht
- Daraus entstandene COPRA® Module können auch im Standard Rollformen angewendet werden
- Die konsequente Anwendung der neuen CAE Softwaremodule erlaubt eine
 - verbesserte Bauteil-Qualität
 - hohe Anzahl von Umformsimulationen durch automatisierten Modellaufbau
 - hohe Anzahl von produzierten Bauteilen mit entsprechender Vielfalt

Das erfolgreiche Zusammenspiel von COPRA® CAE-Software, Steuerung und Maschine haben gezeigt, dass das data M Konzept geeignet ist, 3D RF Demo-Bauteile innerhalb kürzester Zeit zu entwickeln und herzustellen!

WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 17

Das Forschungsprojekt *FlexHyBat* wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Fachprogramm „Neue Fahrzeug und Systemtechnologie“ unter den Förderkennzeichen 19 I 20019 A gefördert und vom Projektträger TÜV Rheinland Consulting GmbH betreut.

GEFÖRDERT DURCH



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BETREUT VON



WAPRO 2023

3D Rollformen mit COPRA®

© data M SMS, www.datam.de - 18

Rollforming the Future® - data M

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**



data M Sheet Metal Solutions GmbH | Am
Marschallfeld 17 | D-83626 Valley Germany | Tel.:
+49(0)8024/640-0 | Fax: +49(0)8024/640-300
e-mail: datam@datam.de | www.datam.de |
www.roll-design.com

Einfluss der Streuungen der statischen Steifigkeiten und Spiele von Rollformgerüsten auf die Profilgeometrie

Martin Leonhartsberger, Matthias Lamprecht

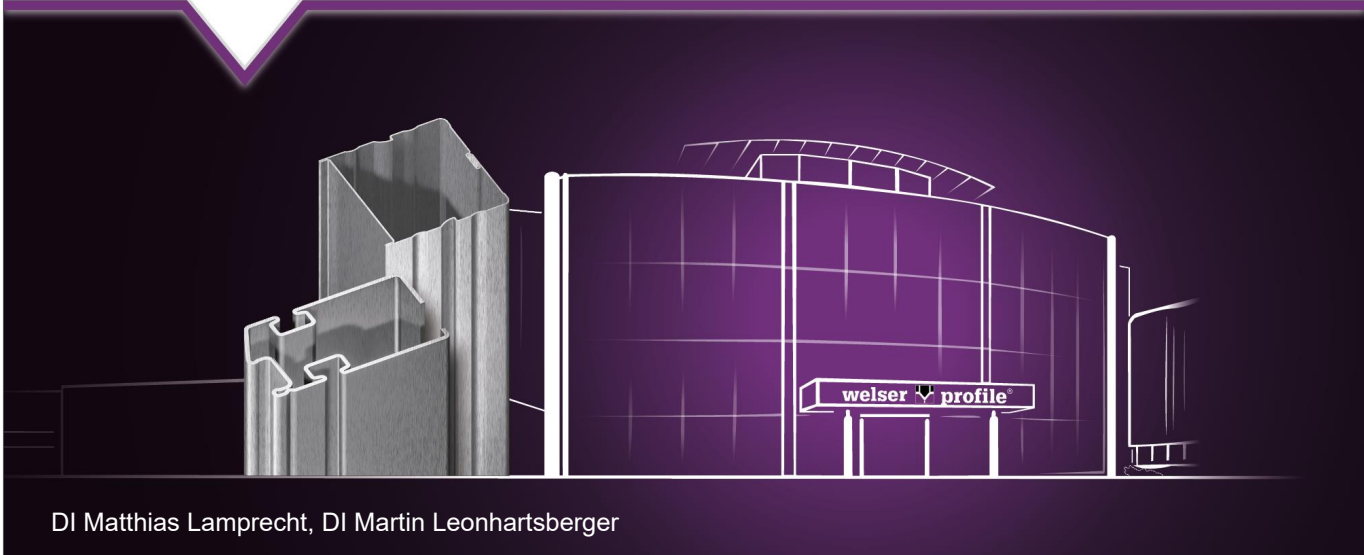
Welser Profile Austria GmbH, 3341 Ybbsitz, Österreich

Im Gegensatz zu anderen Unternehmen, die Rollformen als Herstellverfahren für Kaltprofile einsetzen, werden bei der Firma Welser Profile vergleichsweise kleine Fertigungslose realisiert. Dies resultiert in häufigen Rüstvorgängen, wobei den größten Anteil davon Wiederholproduktionen bilden. Die individuellen Rollformgerüste kommen fortwährend für unterschiedliche Produktionen zum Einsatz und die Zusammenstellung der individuellen Rollformgerüste ist hierbei dem Zufall unterworfen. Damit stellt sich die Frage, welchen Einfluss streuende Rollformgerüsteigenschaften auf den Umformprozess haben.

Das Ziel der Untersuchungen ist es, festzustellen von welchen statistischen Eigenschaftsstreuungen in der Gesamtheit der verfügbaren Gerüste ausgegangen werden muss. Hierbei werden hauptsächlich Steifigkeiten und Spiele untersucht. Es wurde eine Vorrichtung gebaut, welche die gewünschte Datenerhebung möglich macht. Dabei wird über einen Hydraulikzylinder zwischen den Arbeitswellen eine Kraft aufgebracht die ähnlich der Kontaktnormalkraft die mechanischen Aufbauten belastet und zu geometrischen Verschiebungen an den Baugruppen führt. Die Untersuchungen zeigten, dass sowohl in den Gerüststeifigkeiten wie auch in den vorhandenen Spielen signifikante Unterschiede innerhalb der Grundgesamtheit an Gerüsten zu erwarten sind. Teilweise konnten die Gründe für die abweichenden Eigenschaften in begleitenden Simulationen ergründet werden. Abschließend wurden die erfassten Eigenschaften der Gerüste in einem Rollformversuch variiert, um die Auswirkungen auf die sich ergebende Profilgeometrie zu vergleichen. Es wurde ein eindeutiger Einfluss der Gerüsteigenschaften auf die Profilgeometrie festgestellt. Durch das so gewonnene Wissen konnte der Einfluss von unterschiedlichen Sticheigenschaften, Einstellfehlern und Rollensatzelementen auf die geometrische Reproduktion von Prozessarbeitspunkten in Wiederholproduktionen durch Versuche und Simulationen abgeleitet werden.

Keywords: Rollformen, Werkzeugsteifigkeit, Modellbildung

Einfluss der Streuungen der statischen Steifigkeiten und Spiele von Rollformgerüsten auf die Profilgeometrie



DI Matthias Lamprecht, DI Martin Leonhartsberger

Problembeschreibung/Lösungsansatz



Herausforderung:

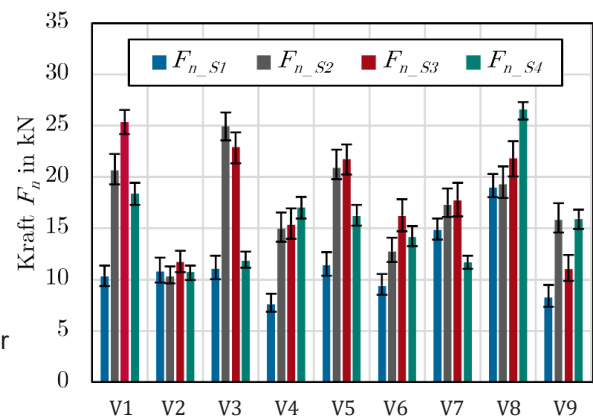
Häufige Rüstprozesse bei Welsper Profile bei komplexen Profilgeometrien (90% Wiederholproduktionen) und lange Feinjustagezeiten

Stand der Technik:

Integration von Sensorik in Rollformanlagen um Prozessgrößen wiederherzustellen

Gewählter Ansatz:

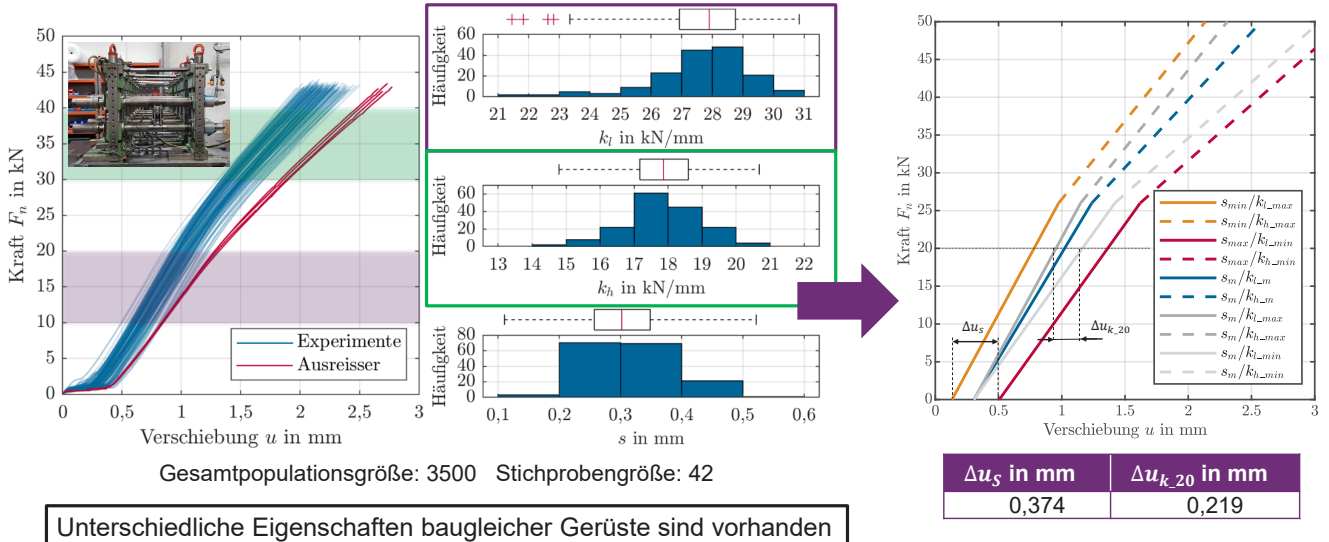
Verbessern der Treffsicherheit herkömmlicher geometrischer Reproduktionsvorgänge durch vertieftes Verständnis der Einflüsse (Gerüste, geometrische Messverfahren, etc.)



Welchen Einfluss haben unterschiedliche mechanische Eigenschaften der Gerüste in Reproduktionsprozessen?

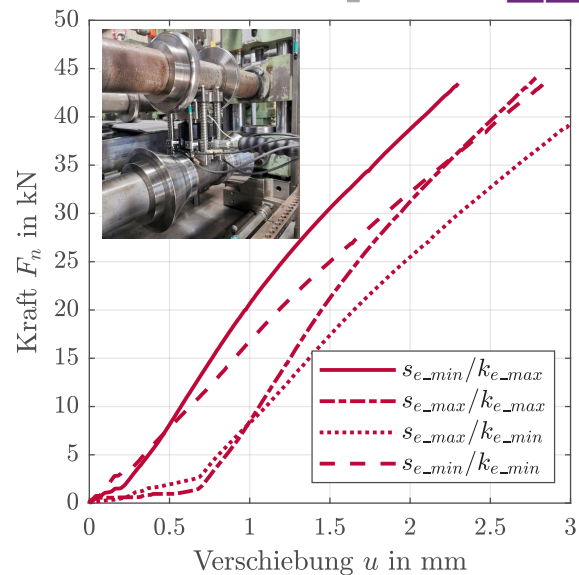
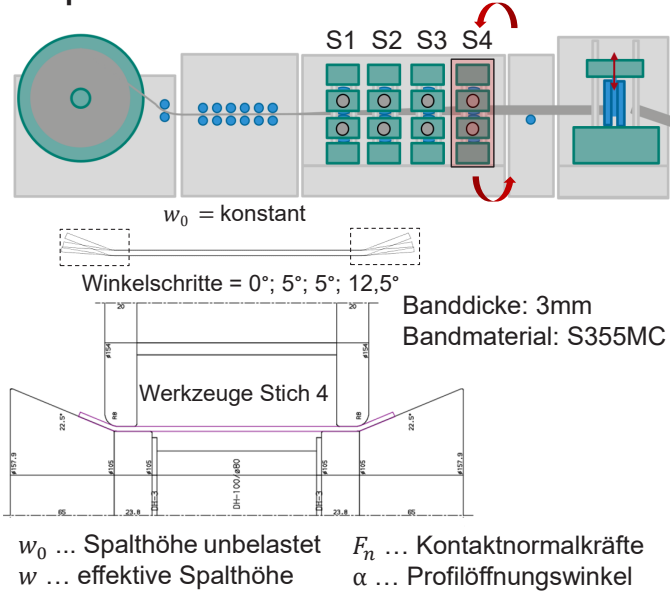
© Welsper Profile

Untersuchung der statischen Steifigkeiten und Spiele



© Welsper Profile

Reproduktionsversuch

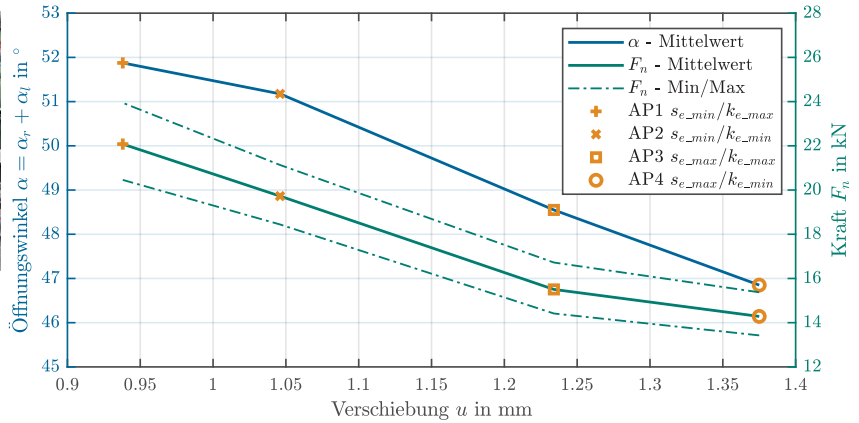


© Welsper Profile

Ergebnisse Reproduktionsversuche und Ableitung der Zusammenhänge



Bezeichnung	Spiel	Steifigkeit
AP1	s_{e_min}	k_{e_max}
AP2	s_{e_min}	k_{e_min}
AP3	s_{e_max}	k_{e_max}
AP4	s_{e_max}	k_{e_min}

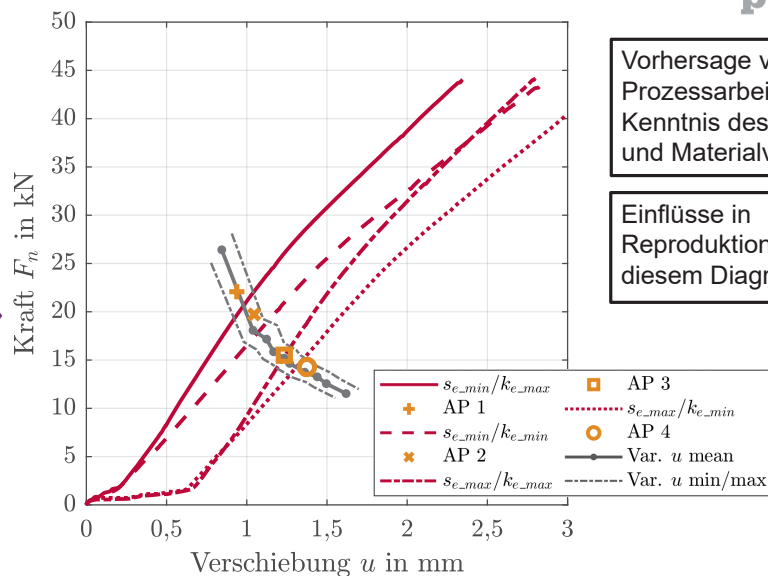
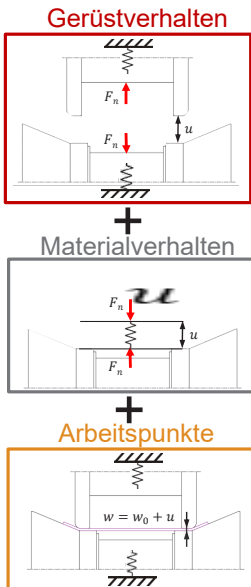


Verschiedene Gerüststeifigkeiten sowie -spiele wirken sich signifikant auf die Profilgeometrie aus

Einfluss der Spiele in diesem Fall größer als jener der Steifigkeitsvariation

© Welsper Profile

Zusammensetzen der Versuchsdaten



Vorhersage von Prozessarbeitspunkten durch Kenntnis des Gerüstverhaltens und Materialverhaltens möglich

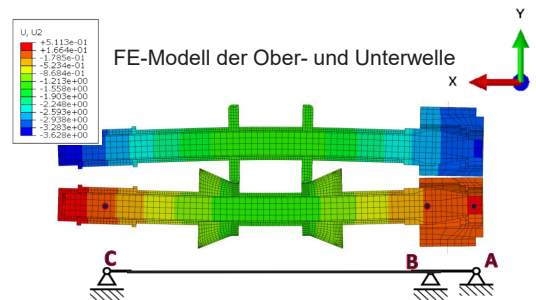
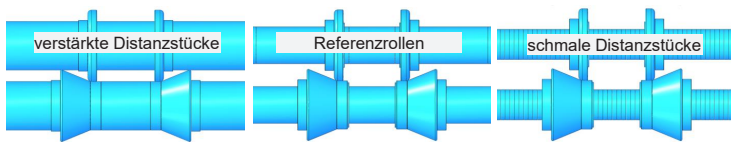
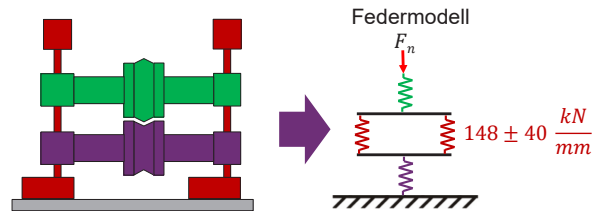
Einflüsse in Reproduktionsprozessen in diesem Diagramm abbildbar

© Welsper Profile

FE-Modell der bestückten Wellen



- Gerüstständersteifigkeit linear und „unveränderlich“ → nicht Teil des Modells
- Superposition der Verschiebungen zur Ermittlung der Gesamteinfederung
- Berücksichtigung der Passungsspiele (Betriebsspiele der Lager, Rollen/Wellen, Distanzstücke/Wellen, Lagerböcke/Führungssäulen)
- Berechnung mit Min. und Max. Passungsspielen zur Ermittlung der Steifigkeitsvariation
- Berechnung für verschiedene Distanzstücke



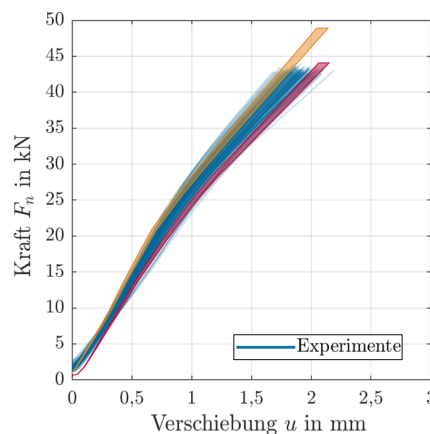
© Welsper Profile

Vergleich Versuch - Simulation Rollformgerüststeifigkeiten



- Verschiebung der Experimente um das Spindelspiel
- Simulationsergebnisse für Passungsspiel Min. und Max.
- Gute Übereinstimmung der Steifigkeiten k_l und k_h

Streuungen der Steifigkeiten können durch die Fertigungstoleranzen erklärt werden

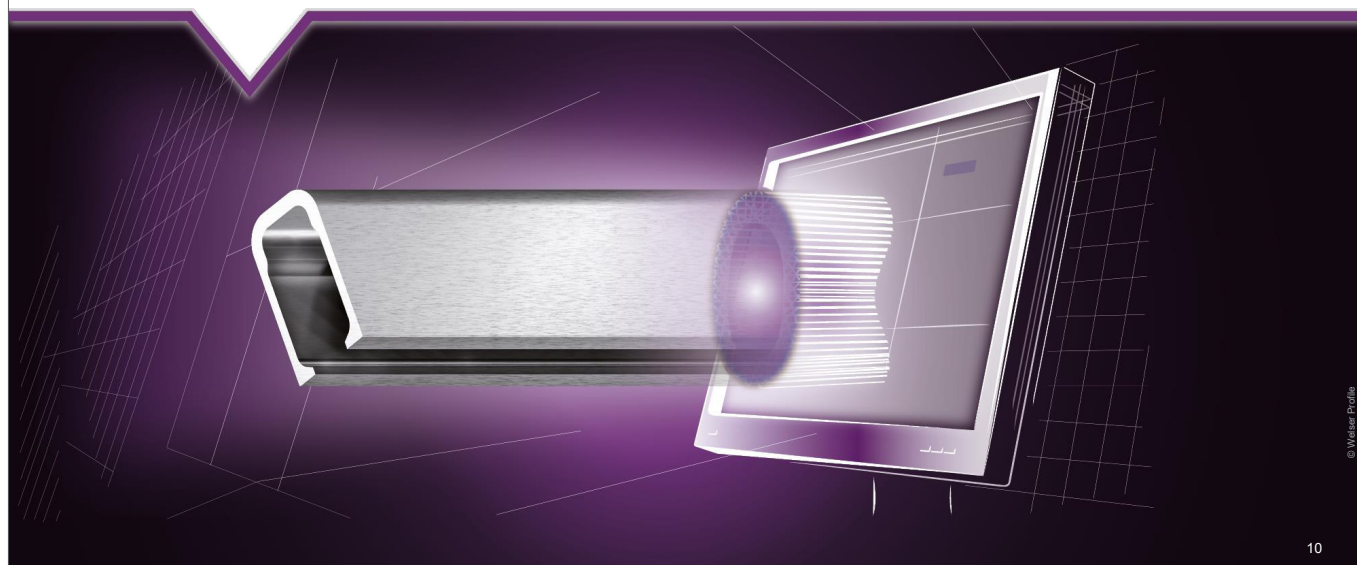
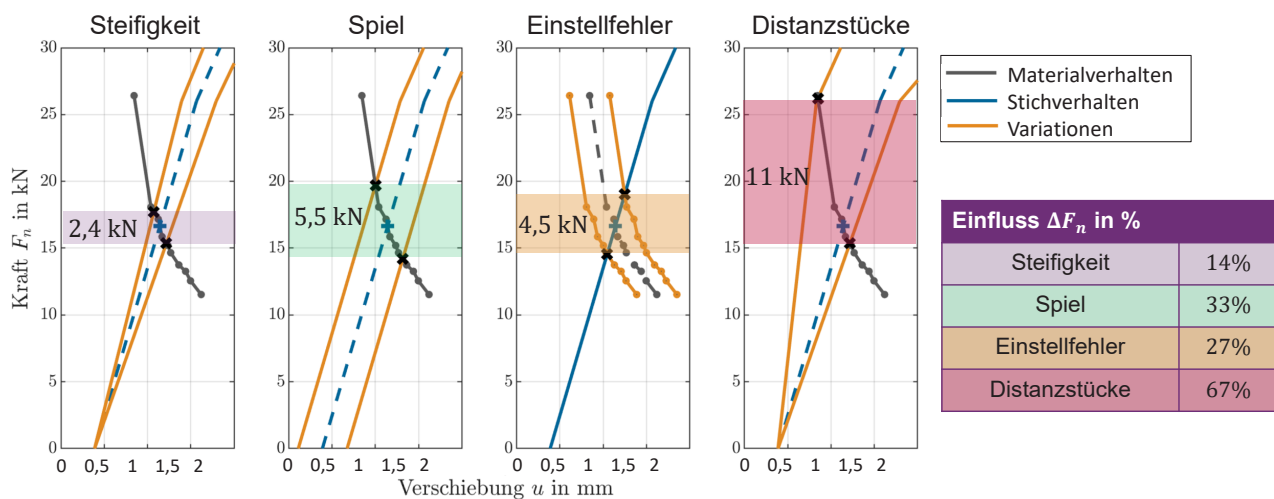


Min. Passungsspiele – FEM + Streuung Gerüstständer
 Max. Passungsspiele – FEM + Streuung Gerüstständer

Abweichung zw. Versuch und Modell		
	Passungsspiele	
	Min.	Max.
k_l	0%	3,9%
k_h	-6,3%	13,5%

© Welsper Profile

Einflüsse auf die Arbeitspunkte bei geometrischer Reproduktion



Längsdehnungsbasiertes Richten durch partielles Auswalzen

Burcu Güngör, Johannes Kilz

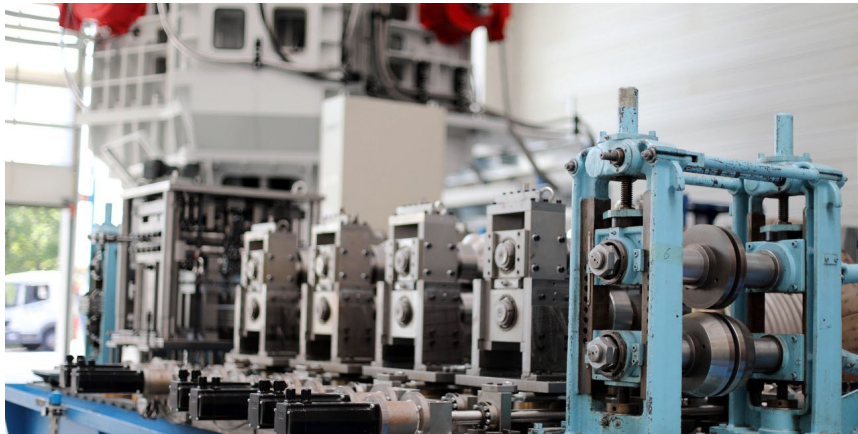
Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, Technische Universität Darmstadt

Das Rollformen ist ein Verfahren der Blechumformung, bei dem ebene Bleche schrittweise in eine gewünschte Profilgeometrie umgeformt werden. Das Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Materialausnutzung und Ausbringungsmenge aus. Mit diesen Vorteilen einhergehend treten prozessbedingte Längsdehnungen auf, die Profilfehler wie z. B. Krümmungen und Verdrehung des Profils verursachen und die ein nachträgliches Richten erforderlich machen. Die direkten Zusammenhänge zwischen Längsdehnungen und Profilfehlern sind allerdings weitestgehend unbekannt. Konventionelle Richtmethoden nutzen ein Überbiegen und Verdrehen entgegen der vorliegenden Profilfehler, um diese zu eliminieren. Dieses Vorgehen ist allerdings rein erfahrungsbasiert und iterativ, was zu einem hohen Personal- und Zeitaufwand führt.

Dieser Beitrag zeigt zunächst die Entstehung von Längsdehnungen und den grundlegenden Zusammenhang zwischen der Längsdehnungsverteilung im Profilquerschnitt und resultierenden Profilfehlern. Darauf aufbauend wird ein neuartiges Richtverfahren vorgestellt, das ein wissensbasiertes Richten von Rollformprofilen durch ein partielles Auswalzen ermöglicht.

Keywords: Rollformen, Profilfehler, Richten, Längsdehnung, partielles Auswalzen

Längsdehnungsbasiertes Richten durch partielles Auswalzen



Burcu Güngör, M. Sc.
Johannes Kilz, M. Sc.
Abteilung Profiliertechnik
PtU – TU Darmstadt

23. März 2023 | Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen | 1

Agenda



Profilfehler beim Rollformen und konventionelles Richten



Ermittlung der Längsdehnungen beim Rollformen



Richten durch partielles Auswalzen



Zusammenfassung und Ausblick

23. März 2023 | Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen | 2

Warum Profile richten?

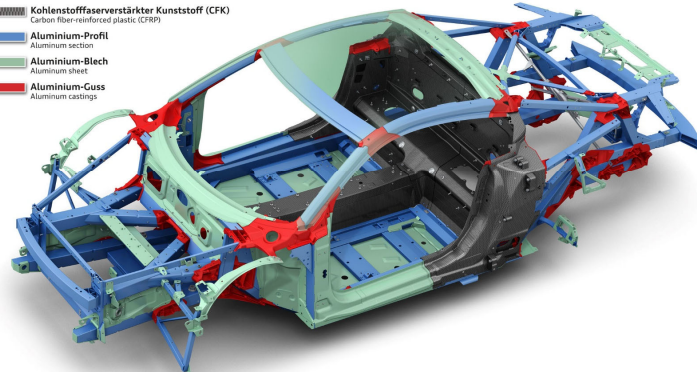


- Anwendungsgebiete**
- Fahrzeugbau
 - KFZ
 - LKW
 - Bauindustrie
 - Fassadenelemente
 - Kabelkanäle
 - Möbelbau
 - Vollauszüge
 - Führungsschienen für Schiebetüren
 - Rohrerstellung

Audi R8 Coupé V10

Audi Space Frame in Multimaterialbauweise
Audi space frame in multimaterial construction

- 11/18 Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK)
Carbon fiber-reinforced plastic (CFRP)
- Aluminium-Profil
Aluminum section
- Aluminium-Blech
Aluminum sheet
- Aluminium-Guss
Aluminum castings

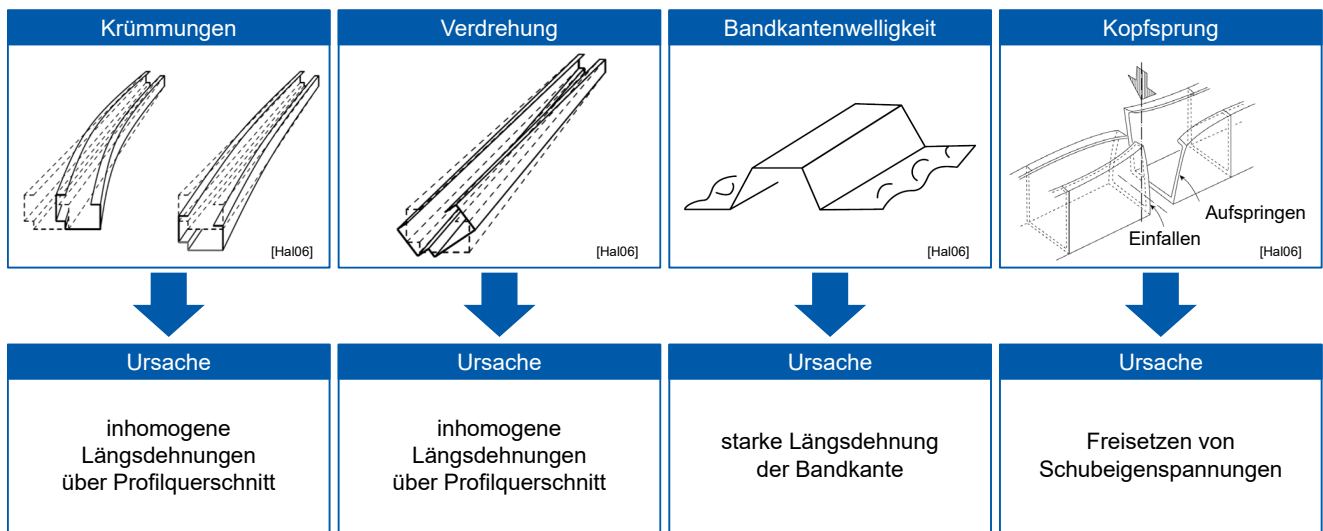


<https://www.audi-mediacentr.com/de/der-neue-audi-r8-dynamik-update-fuer-den-hochleistungssportwagen-11734/der-audi-space-frame-asf-11741>



Profilfehler führen zu aufwändiger Nacharbeit und Ausschuss

Profilfehler beim Rollformen

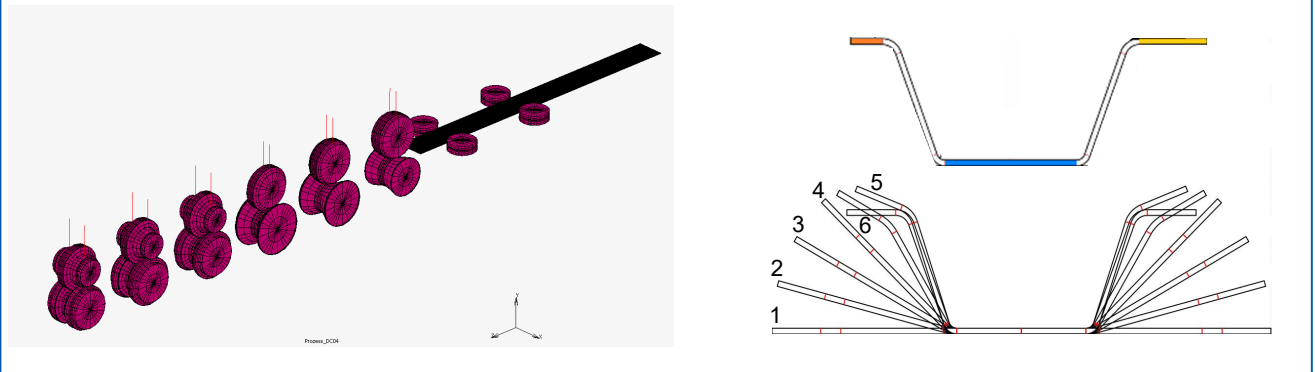


[Hal06]: Halmos GT.: Roll forming handbook. Boca Raton: CRC Press: 2006

Entstehung von Längsdehnungen



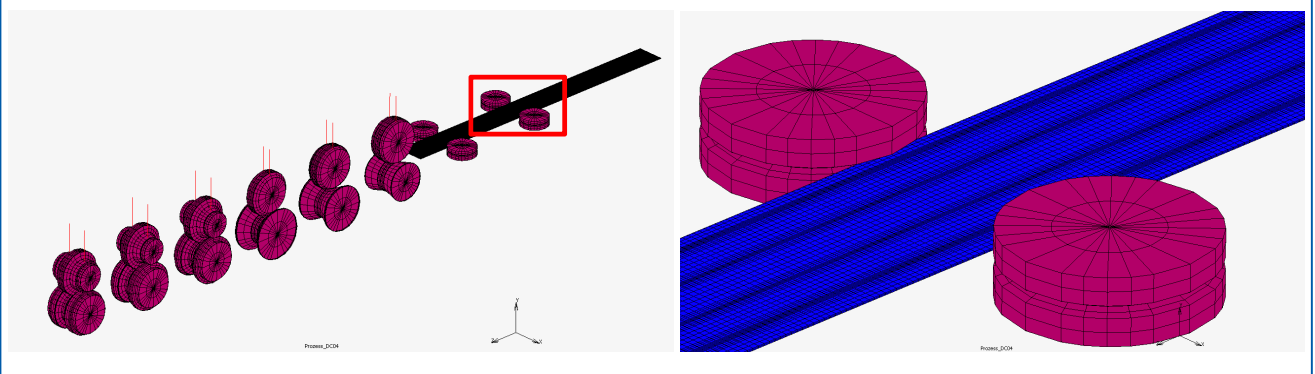
Aufbau des Simulationsmodells



Entstehung von Längsdehnungen



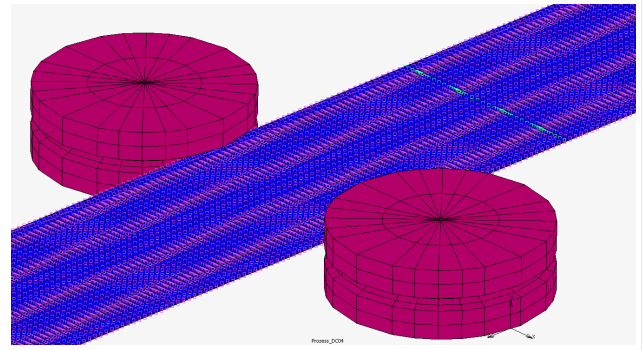
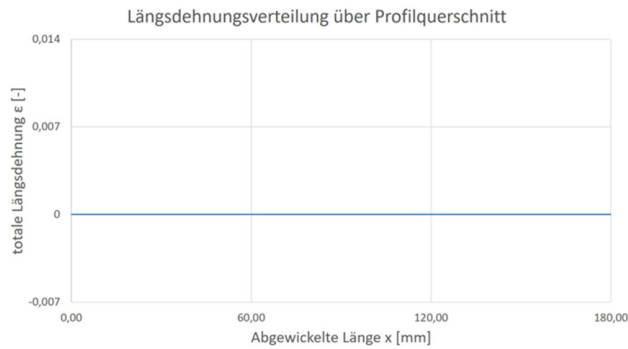
Einfornverhalten von Rollprofilen



Entstehung von Längsdehnungen



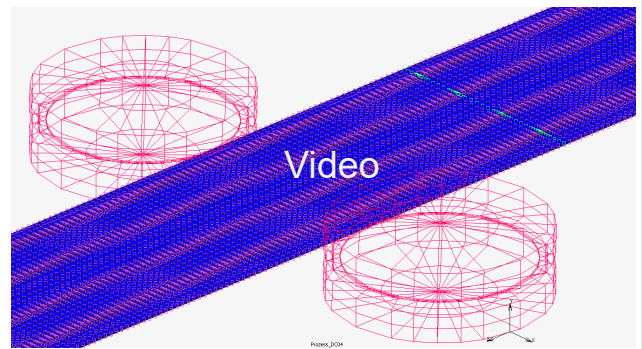
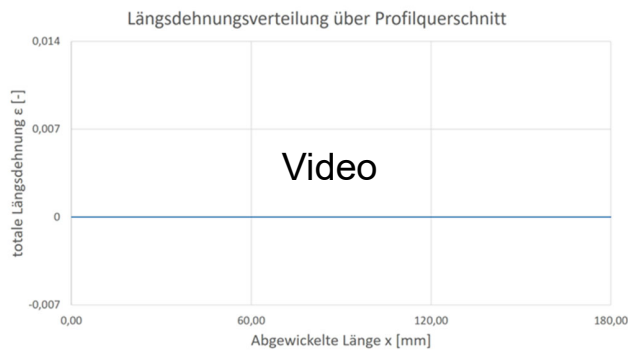
Einformverhalten von Rollprofilen



Entstehung von Längsdehnungen



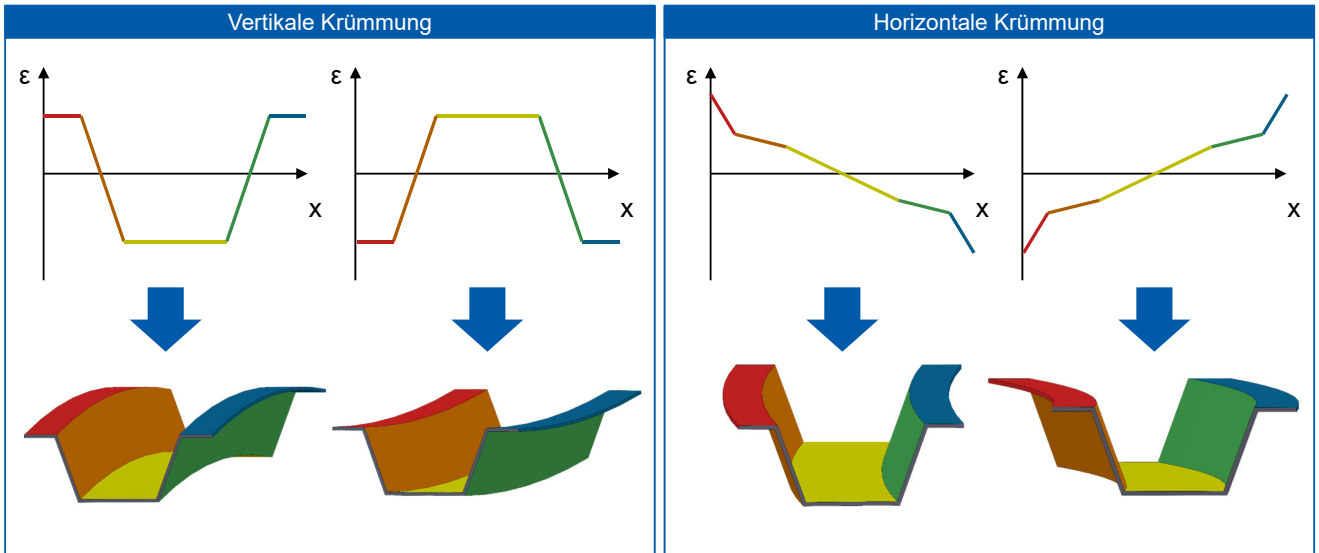
Einformverhalten von Rollprofilen



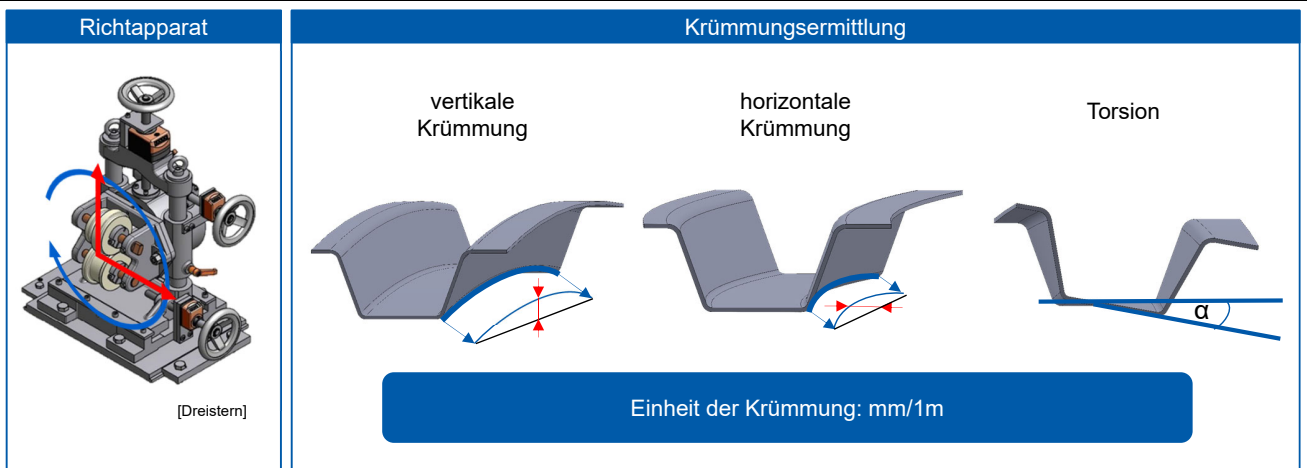
Plastische Längsdehnungen an der Bandkante bei Überschreitung der Steckgrenze

→ Nachträgliches Richten notwendig

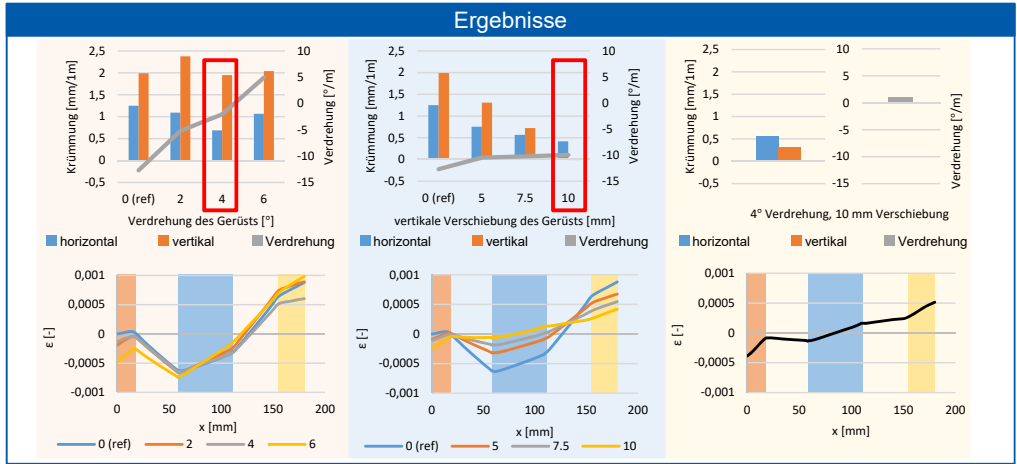
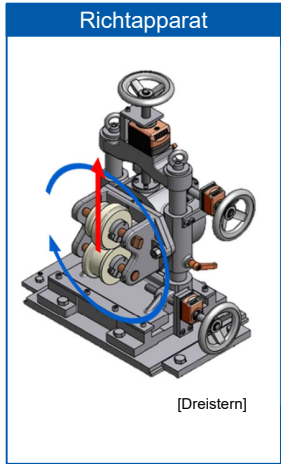
Längsdehnungen und Profilfehler



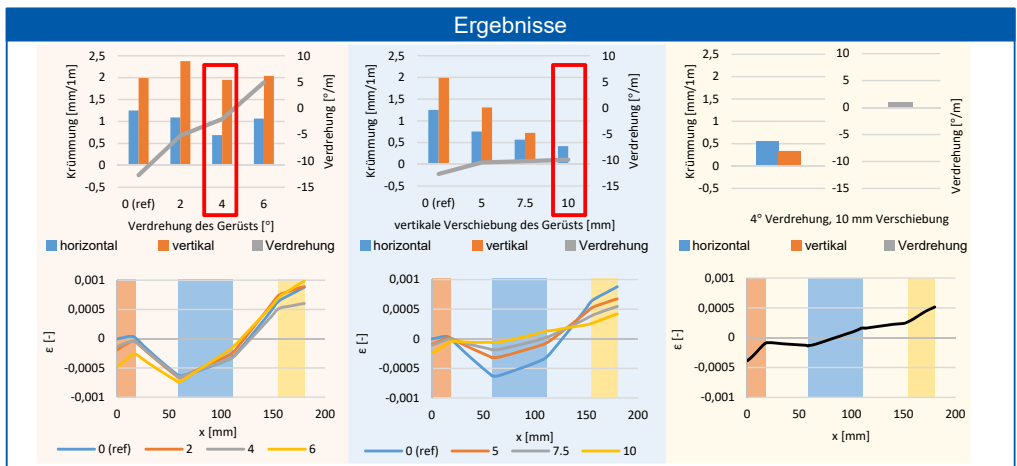
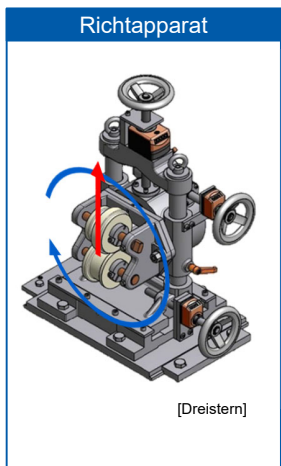
Konventionelles Richten



Konventionelles Richten



Konventionelles Richten



Probleme:

- Richten nur durch Verfahrenskombination möglich
- Richtoperationen beeinflussen sich gegenseitig

→ Nur iteratives Vorgehen möglich

Analytisches Modell

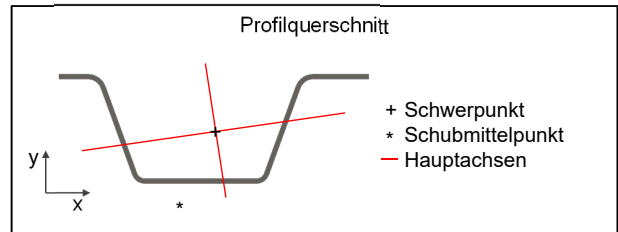


Annahmen

1. Ebene Querschnitte bleiben eben
2. Querschnittsgeometrie über Profillänge konstant
3. Biegung erfolgt im Hauptachsensystem
4. Verdrehung erfolgt um den Schubmittelpunkt

Vorgehen

1. Schubmittelpunktskurve aus Profilfehlern ermitteln



Analytisches Modell

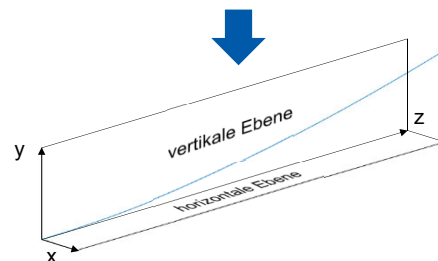
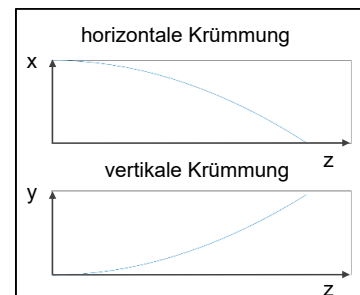


Annahmen

1. Ebene Querschnitte bleiben eben
2. Querschnittsgeometrie über Profillänge konstant
3. Biegung erfolgt im Hauptachsensystem
4. Verdrehung erfolgt um den Schubmittelpunkt

Vorgehen

1. Schubmittelpunktskurve aus Profilfehlern ermitteln



Analytisches Modell



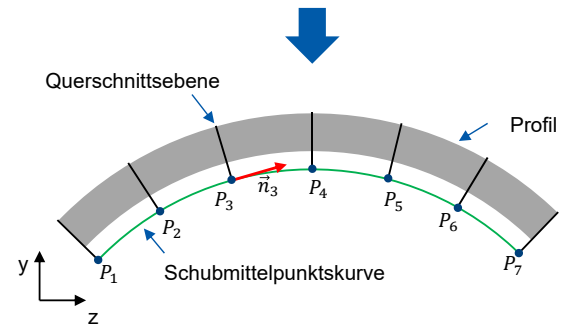
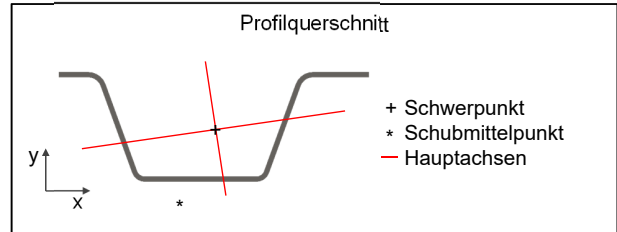
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Annahmen

1. Ebene Querschnitte bleiben eben
2. Querschnittsgeometrie über Profillänge konstant
3. Biegung erfolgt im Hauptachsensystem
4. Verdrehung erfolgt um den Schubmittelpunkt

Vorgehen

1. Schubmittelpunktskurve aus Profilfehlern ermitteln
2. Querschnitte um Hauptachsen biegen, sodass Querschnittsebenen normal zur Schubmittelpunktskurve liegen



23. März 2023 | Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen | 15

PTU FORMING
EXCELLENCE

Analytisches Modell



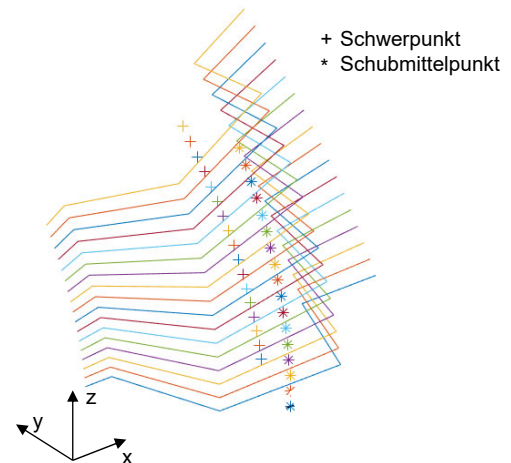
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Annahmen

1. Ebene Querschnitte bleiben eben
2. Querschnittsgeometrie über Profillänge konstant
3. Biegung erfolgt im Hauptachsensystem
4. Verdrehung erfolgt um den Schubmittelpunkt

Vorgehen

1. Schubmittelpunktskurve aus Profilfehlern ermitteln
2. Querschnitte um Hauptachsen biegen, sodass Querschnittsebenen normal zur Schubmittelpunktskurve liegen
3. Querschnitte um Schubmittelpunkt verdrehen



23. März 2023 | Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen | 16

PTU FORMING
EXCELLENCE

Analytisches Modell



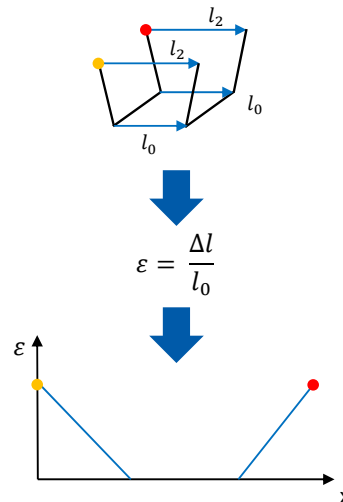
Annahmen

1. Ebene Querschnitte bleiben eben
2. Querschnittsgeometrie über Profillänge kontant
3. Biegung erfolgt im Hauptachsensystem
4. Verdrehung erfolgt um den Schubmittelpunkt

Vorgehen

1. Schubmittelpunktskurve aus Profilfehlern ermitteln
2. Querschnitte um Hauptachsen biegen, sodass Querschnittsebenen normal zur Schubmittelpunktskurve liegen
3. Querschnitte um Schubmittelpunkt verdrehen
4. Dehnung berechnen

Lage der Profilquerschnitte



Analytisches Modell



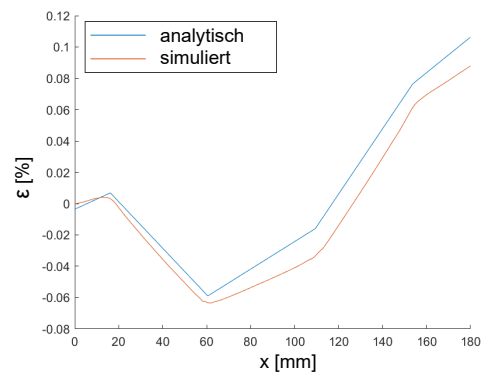
Annahmen

1. Ebene Querschnitte bleiben eben
2. Querschnittsgeometrie über Profillänge kontant
3. Biegung erfolgt im Hauptachsensystem
4. Verdrehung erfolgt um den Schubmittelpunkt

Vorgehen

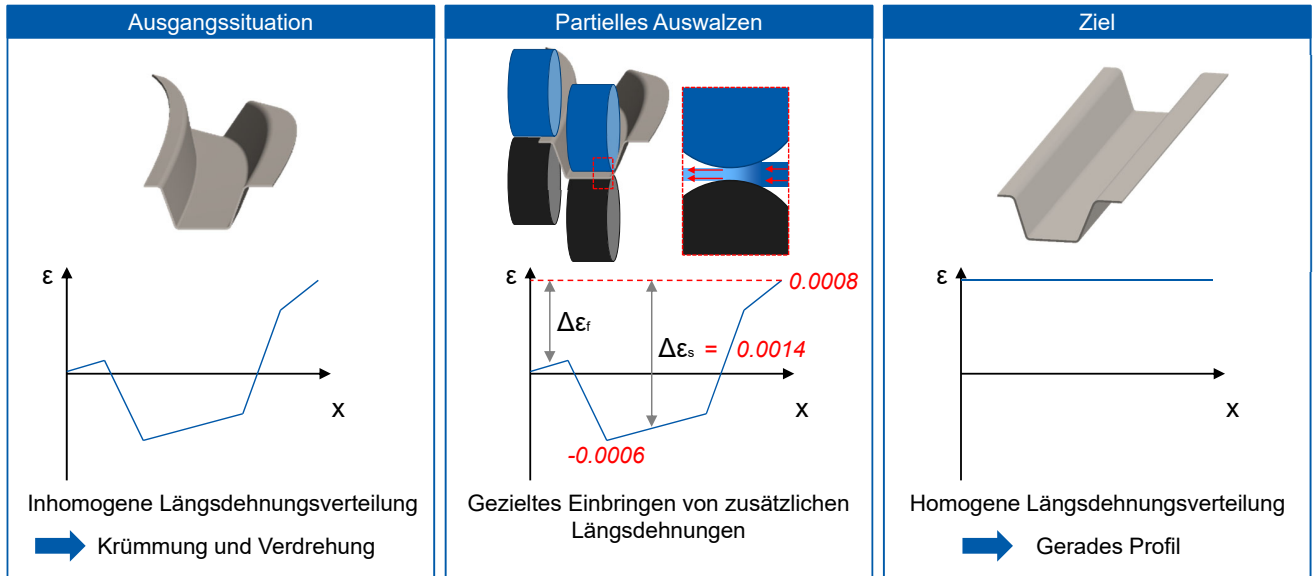
1. Schubmittelpunktskurve aus Profilfehlern ermitteln
2. Querschnitte um Hauptachsen biegen, sodass Querschnittsebenen normal zur Schubmittelpunktskurve liegen
3. Querschnitte um Schubmittelpunkt verdrehen
4. Dehnung berechnen

Ergebnisse

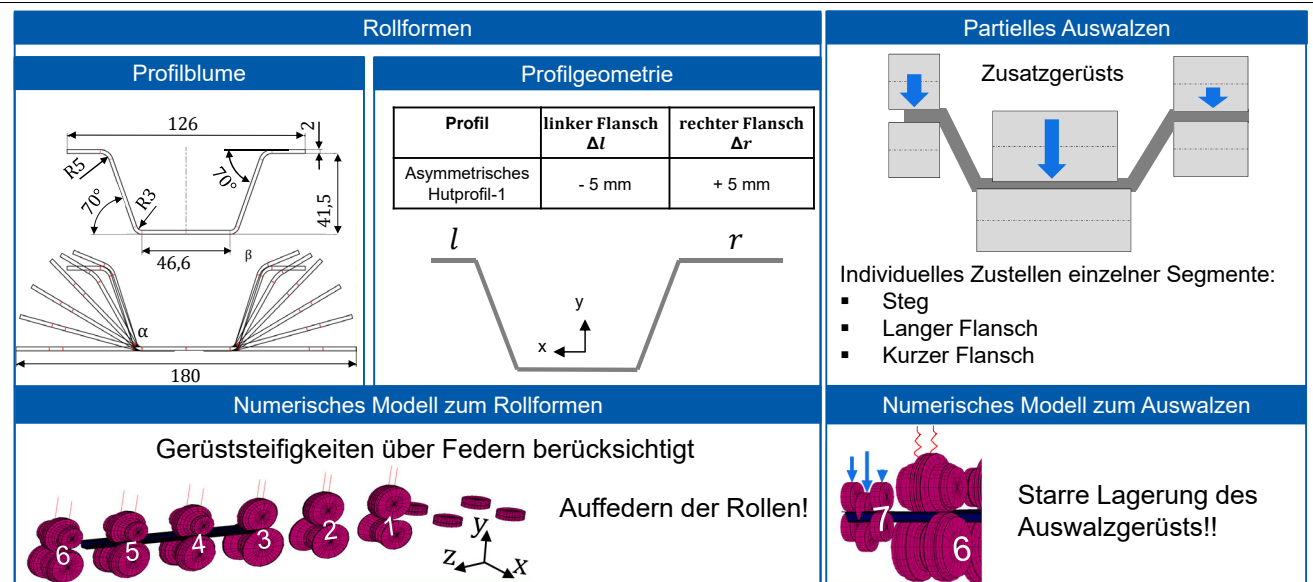


Validierung mit 80 weiteren Simulationen zeigt gute Übereinstimmung

Vorgehen: Richten durch Auswalzen

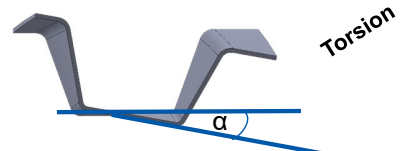
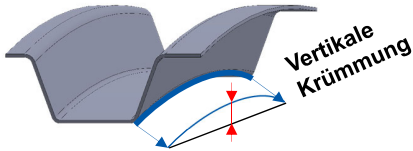


Versuchsdurchführung

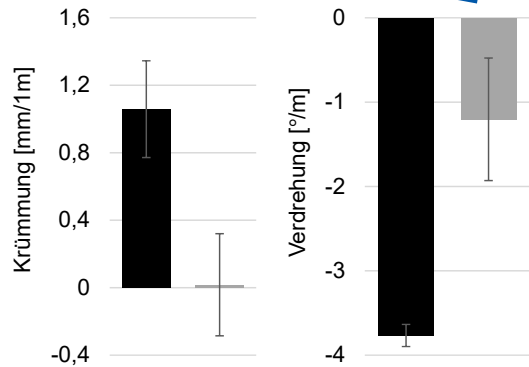
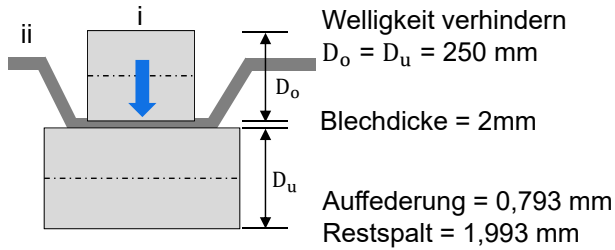


Experimentelle Ergebnisse

Experiment

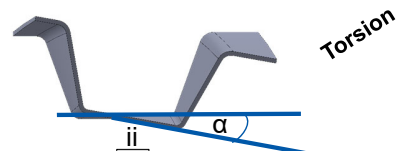
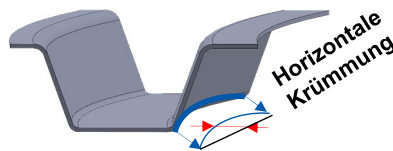
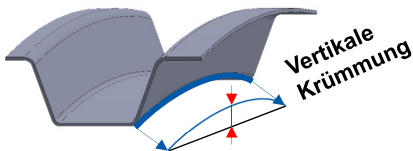


Walzspalteinstellung: Kurzer Flansch = ii, Steg = i
Referenz
 Auswalzen - Spaltmaße: i = 1.2 mm , ii = kein Zustellen

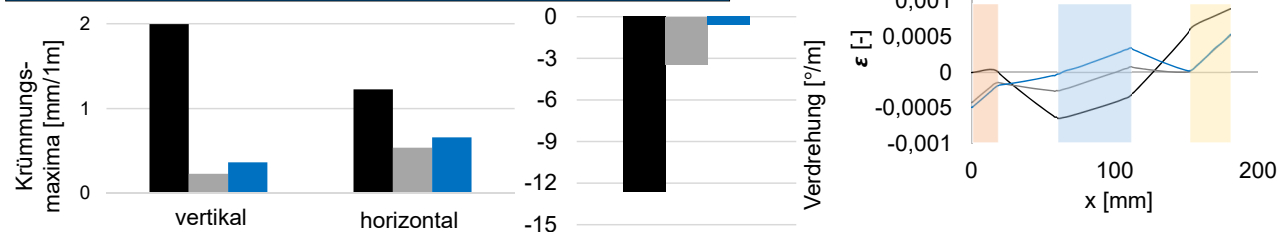


Simulationsergebnisse

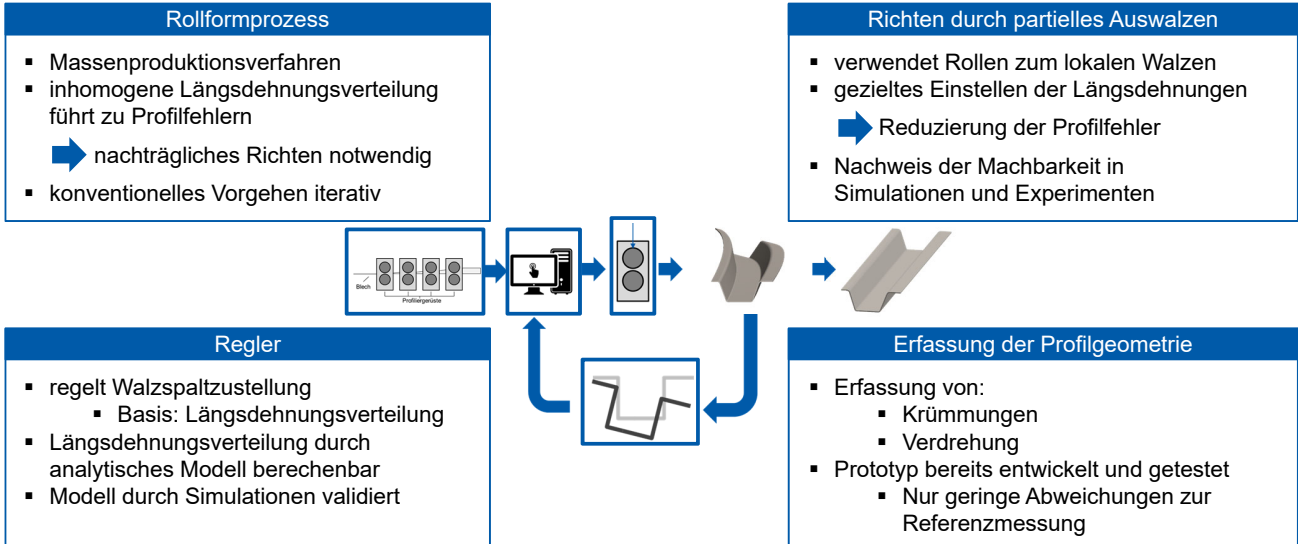
Experiment



Walzspalteinstellung: Kurzer Flansch = ii, Steg = i
Referenz
 i = 1.996 mm , ii = 1.997 mm
 i = 1.996 mm + 0.0065° ; ii = 1.997 mm + 0.0051°



Zusammenfassung und Ausblick



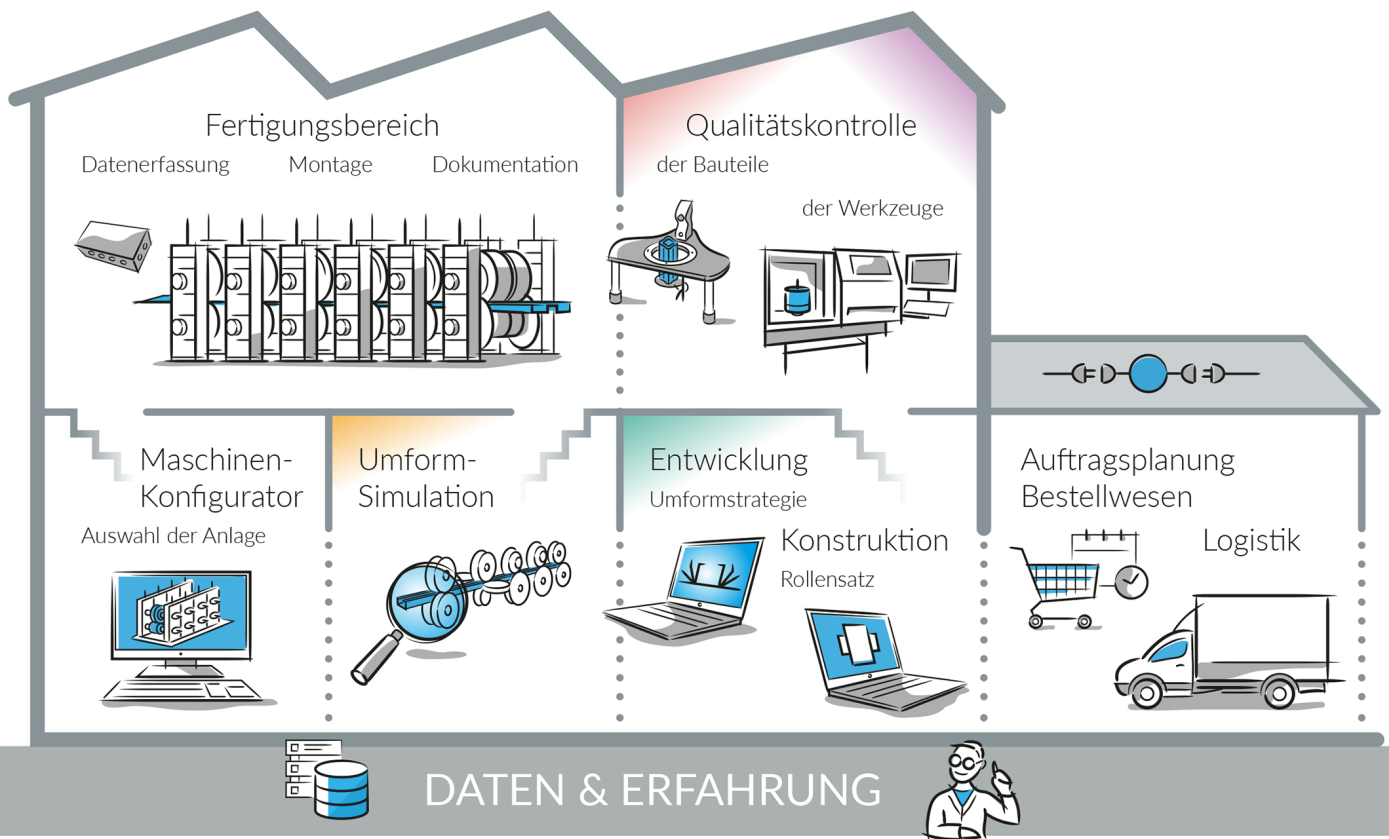
Danke



Gefördert durch:

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





data M EcoSystem – Alles unter einem Dach

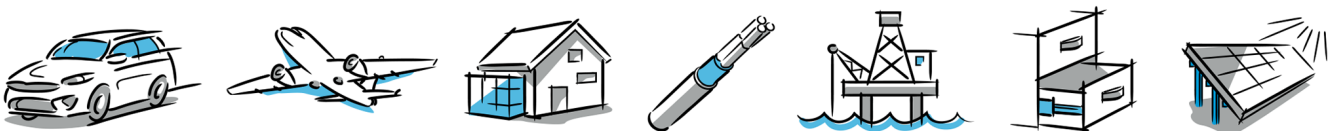
Das Unternehmen data M Sheet Metal Solutions GmbH entwickelt seit Jahren innovative, qualitativ hochwertige und dem neuesten Stand der Technik entsprechende Produkte und Dienstleistungen für die Rollformindustrie.

Unser Know-how entfaltet sich in verschiedenen kommerziellen Anwendungen, die im COPRA® EcoSystem zusammenlaufen. In den vergangenen Jahren ist unser Portfolio stetig gewachsen. Vor allem aber haben wir die Vernetzung der einzelnen Komponenten konsequent vorangetrieben.

Denn auch in der Rollform-Industrie gilt es, die Produktivität durch intelligente und vernetzte Systeme in Entwicklung und Produktion zu erhöhen. Die Etablierung entsprechender Strukturen ist nicht nur notwendig, um wettbewerbsfähig zu bleiben, sondern auch um flexibler auf sich ändernde Anforderungen reagieren zu können.

Zugeschnitten auf die Anforderungen und Bedürfnisse der heutigen Rollformindustrie bringt unser Produktportfolio zudem Digitalisierung und Industrie 4.0 in die Branche.

Unter anderem arbeitet data M für folgende Industrien:



data M Sheet Metal Solutions GmbH
 Am Marschallfeld 17 | D-83626 Valley
 Tel.: +49 8024 640 0
datam@datam.de | www.datam.de

Nachhaltige Profilherstellung mit Hilfe von Digitalisierung

Dr. Tilman Traub, Dietmar Eger

Dreistern GmbH & Co. KG, 79650 Schopfheim

Das Erreichen nachhaltiger Wirtschaftsformen ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Der erste Gedanke in diesem Zusammenhang fokussiert dabei schnell auf den möglichst effizienten Umgang mit Energie, jedoch ist der Begriff der Nachhaltigkeit im industriellen Umfeld weiter zu fassen: Wie können wir den Materialeinsatz (und nicht nur die Energie!) für ein Produkt möglichst niedrig halten? Wie befähigen wir auch weniger erfahrene Beschäftigte, hocheffiziente Produktionsanlagen effektiv zu betreiben? Oder auch, wie können wir Unternehmen durch entsprechende (Prozess-)Strategien in die Lage versetzen, auch unter veränderlichen Randbedingungen wie kleiner werdenden Losgrößen und engeren Toleranzen dauerhaft wirtschaftlich erfolgreich sein zu können? All diese generellen Fragen stellen sich in zunehmendem Maß auch den Herstellern und Betreibern von Rollformanlagen.

Charakteristisch für die beschriebenen Fragestellung ist, dass sich nicht selten Zielkonflikte zwischen den einzelnen Teilzielen ergeben: Das streben nach engeren Toleranzen erhöht im Allgemeinen die Anfälligkeit des Prozesses gegenüber Störungen und so das Risiko für Ausschuss. Die tendenziell komplexere Anlagentechnik, die für die Fertigung montagefertiger Profile erforderlich ist, erhöht die Anforderungen an den wissens- und Erfahrungsschatz des eingesetzten Personals. Die Vorboten der demographischen Entwicklung wiederum lassen erahnen, dass die Verfügbarkeit eben dieser Expertinnen und Experten rückläufig sein wird und so die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Unternehmen bedrohen kann. Es bedarf folglich neuer Herangehensweisen, wie diese Zielkonflikte gelöst und die Aspekte der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit zeitgleich erreicht werden können. Die Digitalisierung bietet hierzu einen vielversprechenden Ansatzpunkt.

In diesem Vortrag geben wir Ihnen einen Überblick über aktuelle Digitalisierungsprojekte im Umfeld des Rollformens. Unter anderem werden wir Ihnen vorstellen, wie Sie mit Hilfe eines sensorischen Richtapparats, eines sensorischen Schweißstischs oder intelligenter Antriebsüberwachung rechtzeitig auf Veränderungen reagieren können – unmittelbar wenn Schrott oder Energieverschwendung entsteht. Gleichzeitig ermöglichen diese smarten Komponenten in Verbindung mit entsprechenden Darbietungsformen die gezielte Anleitung von Anlagenpersonal, das über weniger Erfahrung verfügt.

Keywords: Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Sensorik

Nachhaltige Profilerstellung mit Hilfe von Digitalisierung

Dr. Tilman Traub
Innovation / Business Development

© Dreistem GmbH & Co KG • 2023

Nachhaltigkeit gestern

- Hans Carl von Carlowitz, 1713:
„Wird derhalben die gröste Kunst / Wissenschaft / Fleiß / und Einrichtung hiesiger Lande darinnen beruhen / wie eine sothane Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen / daß es eine **continuirliche beständige und nachhaltende Nutzung** gebe / weilen es eine unentberliche Sache ist / ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag.“
von Carlowitz, H. C.: Sylvicultura oeconomica, Johann Friedrich Braun, Leipzig, 1713, S. 105f.
- Einfacher ausgedrückt:
Schlage nicht mehr Holz als nachwächst!



Deutscher Forstwirtschaftsrat e. V.: Hans Carl von Carlowitz: Sein Leben und Wirken. <https://www.forstwirtschaft-in-deutschland.de/forstwirtschaft/nachhaltigkeit/hans-carl-von-carlowitz/> (20.02.2023)

➡ Wofür steht der Begriff der Nachhaltigkeit heute?

© Dreistem GmbH & Co KG • 2023

2

Nachhaltigkeit heute



ökonomisch
Technik & Funktionalität



ökologisch
Material & Energie

Nachhaltigkeit

- Wechselkonzepte passend zu Losgrößen / Produktspektrum
- Erweiterung Nutzungsdauer / Funktionserweiterung / 2nd Life

Material	Energie
9,8 kg Stahl / Min	6 kW
29,4 kg CO ₂ / Min	42 g CO ₂ / Min



sozial

- Material-nutzungsgrad
- Schrottanteil
- Ersatz Hydraulik
- Lastanpassung
- Rückeinspeisung
- Komponenten-abschaltung...

Nachhaltigkeit heute

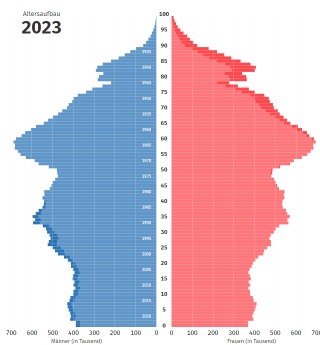


ökonomisch
Technik & Funktionalität



ökologisch
Material & Energie

Nachhaltigkeit



Statistisches Bundesamt: 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland, https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#! (20.02.2023)

sozial
Mensch & Gesellschaft

- Erfahrungsbasiertes Vorgehen vs. Wissensverlust
- Unterstützung für das Personal
- Junge Leute für den Job motivieren

Ausweg Digitalisierung?

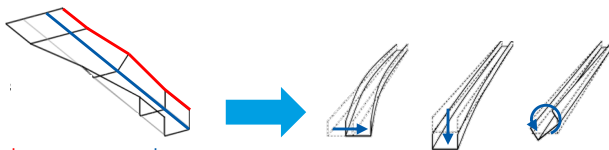
Ökonomisch	Ökologisch	Sozial
<ul style="list-style-type: none"> Zyklenübergreifende Geschäftsmodelle Technische Konzepte 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion von Material- und Energieeinsatz 	<ul style="list-style-type: none"> Herausforderung: Nachhaltigkeit, ohne das Personal zu überfordern?

Lösungsansatz: Rein erfahrungsbasiert → Digital unterstützt

- Schrottminimierung durch digitale Überwachung von Geradheit und Schweißnaht
- Verbesserung der Energieeffizienz durch passende Werkzeugauslegung

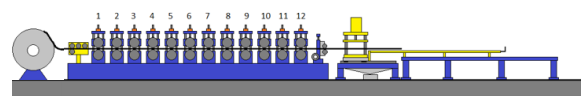
Digitale Überwachung der Profilgeradheit

- Profilgeradheit abhängig von Eigenspannungen und Dehnungen

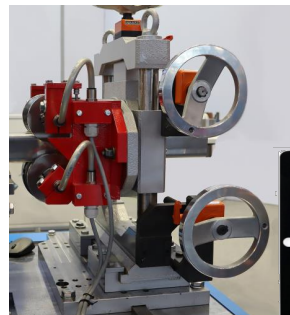


$L_{\text{Bandkante}} > L_{\text{Biegekante}}$
Traub, T.: Methodik zur Konzeption entscheidungsunterstützender Assistenzsysteme am Beispiel des Walzprofilierens. Shaker, Aachen, 2019

- Direkte Erfassung während des Profilierens schwierig
- Erkennen ist bislang mitarbeiterabhängig

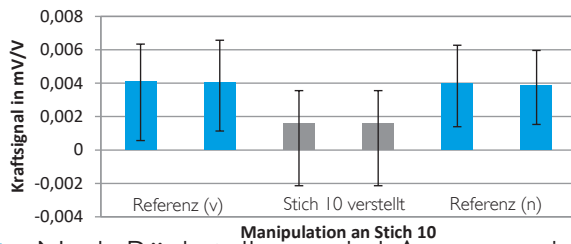


Beispielanlage für Sitzschiene

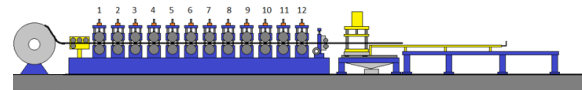


Digitale Überwachung der Profilgeradheit

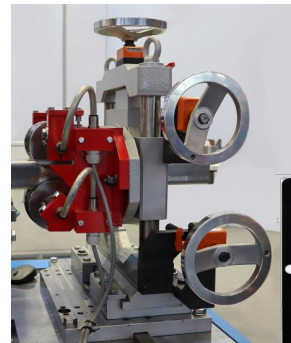
- Gezielte Verstellung in Stich 10
 - Profil hat Bogen nach unten



- Nach Rückstellung wird Ausgangsniveau erreicht
 - Ausschuss wird minimiert
 - Beschäftigte werden entlastet

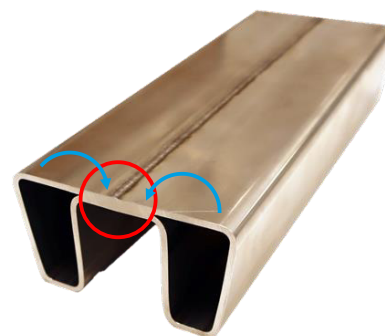


Beispielanlage für Sitzschiene



Digitale Überwachung von Schweißprozessen

- Fügen eines Stoßstangenprofils aus hochfestem Aluminium
 - 3 Fügepartner
 - Definiertes Einschweißen in das Grundblech



- Herausforderung
 - Risse in der Naht
 - Sicherstellen des definierten Einschweißens

Digitale Überwachung von Schweißprozessen

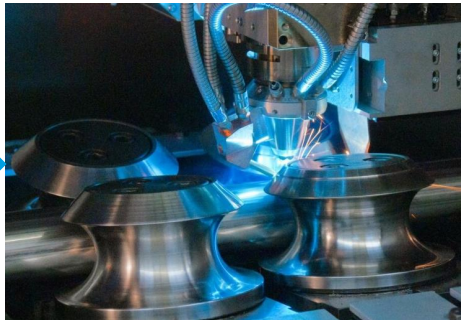
Einzustellen / kontrollierbar

Vorschub
 Laser: Leistung, Fokus, Position
 Fülldraht
 Prozessgas

Input

Bandbreite
 Bandkantenqualität
 Vorform

Schwer einzustellen / kontrollierbar



★★★ DREISTERN

Forming success. Together.

Zerstörungsfreie Prüfung

Geometrie des Profils
 Wärmeeinflusszone

Output

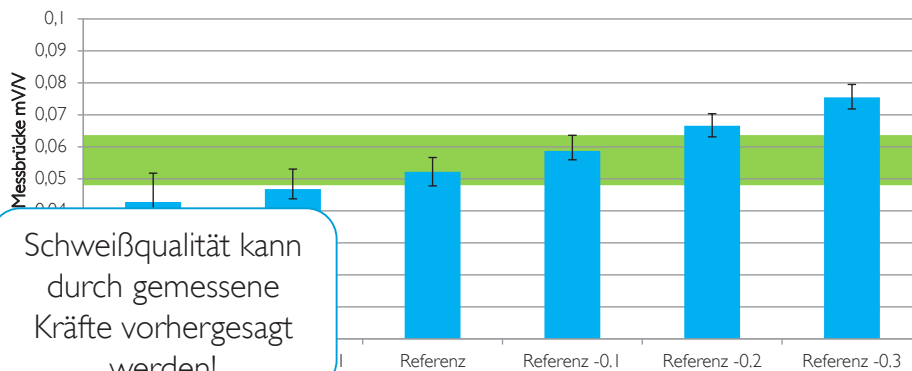
Einschweißtiefe
 Festigkeit der Schweißnaht

Zerstörende Prüfung

Digitale Überwachung von Schweißprozessen

★★★ DREISTERN

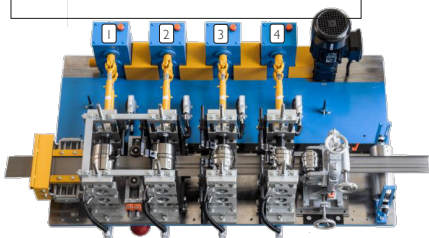
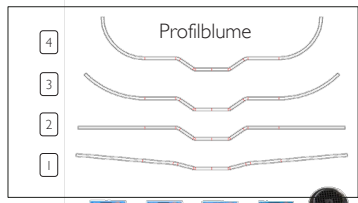
Forming success. Together.



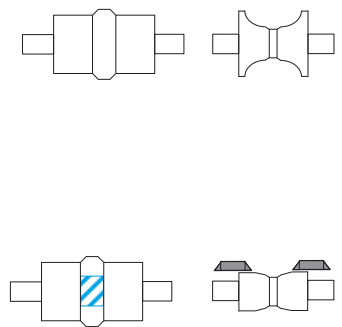
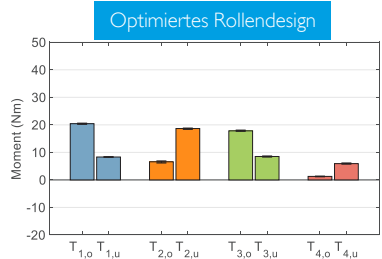
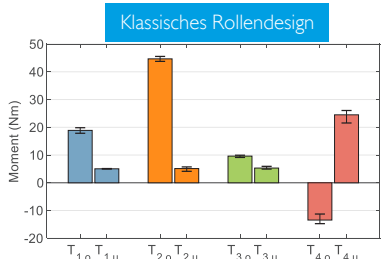
Schweißqualität kann durch gemessene Kräfte vorhergesagt werden!



Energieeffizienz durch Werkzeugauslegung



Profileranlage P3.070.4 mit integrierter Messtechnik

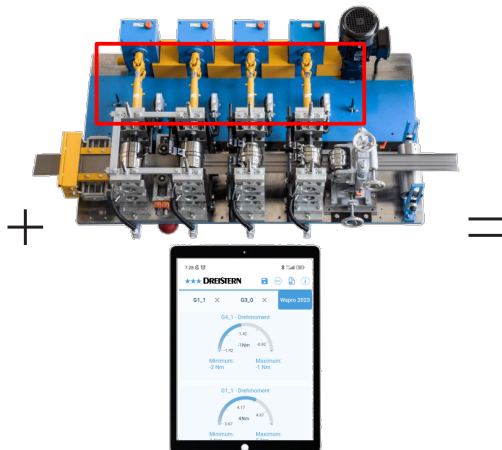


- Gleiche Geometrie
- -16 % Umformarbeit
- -5% Energieaufnahme

Energieeffizienz durch Werkzeugauslegung



Herkömmliche Anlage



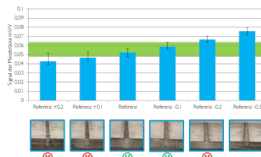
Sensorische Gelenkwellen + Applikation



Digital augmented Rollformprozess

Zusammenfassung

- Megatrend Nachhaltigkeit verknüpft Ökonomie – Ökologie – Sozialität
- Wissen ist der zentrale Baustein in allen Teilbereichen
- Digitalisierung:
 - Erfahrungsbasierte Vorgehensweisen → übertragbare Vorgehensweisen
 - Befähigung von höherer Wirtschaftlichkeit und effizienterem Ressourceneinsatz unter Berücksichtigung menschlicher Grenzen



© Dreistem GmbH & Co KG • 2023

13

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Contact Details

Dr. Tilman Traub

Phone: +49 7622 391-258

E-mail: tilman.traub@dreistem.com



© Dreistem GmbH & Co KG • 2023

Laserschweißen von Rohren und Profilen mit Festkörperlaser und BrightLine Weld

Jürgen Metzger

TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, 71254 Ditzingen

Für das Schweißen von Rohren und Profilen kommen seit Jahrzehnten Laser zum Einsatz. Die Laserschweißnaht zeichnet sich durch einen sehr kleinen Energieeintrag und schlanken Nahtquerschnitten bei sehr hohen Schweißgeschwindigkeiten aus.

Bei Baustählen sowie Chrom Nickel Stählen kamen vor Allem CO₂-Laser zum Einsatz. Festkörperlaser waren über lange Zeit deutlich teurer in der Anschaffung und den Betriebskosten und haben auch ein anderes Applikationsverhalten – was der kürzeren Wellenlänge (1030nm gegenüber 10600nm beim CO₂-Laser) geschuldet ist. Durch die enorme Weiterentwicklung der Festkörperlaser – Scheiben und Faserlaser – sind die Invest- und die Betriebskosten für diese Laser stark gesunken und damit mittlerweile auch die Kosten pro Meter Schweißnaht niedriger, als bei CO₂-Laser. Darüber hinaus ist die Integration der Festkörperlaser durch die Strahlführung mit Laserlichtkabel einfacher als mit CO₂-Laser, welche über einen festen Strahlengang mit Spiegeln geführt werden. Lange war allerdings bei den Festkörperlaser mit hoher Strahlqualität die Problematik der erhöhten Neigung zu Spritzern und kleinere Prozessfenster ein Thema.

Die Strahlführung über das Lichtleitkabel ermöglicht mit der Entwicklung der „2in1-Faser“ eine „Zwei-Zonen-Technik“ im Brennfleck, die TRUMPF „BrightLine Weld“ nennt. Es entsteht ein Kern und ein Ring, um den Kern, wobei die eingesetzte Laserleistung auf diese beiden Zonen frei wählbar in 10% Schritten aufgeteilt werden kann. Dies führt zu einer entscheidenden Beeinflussung der Schmelze und schließlich der Strömungsverhältnisse im Schmelzbad. Durch eine geschickte Wahl der Verteilung Kern/Ring kann die Ablösung von Tropfen aus der Schmelze, die sich als Spritzer auf der Bauteiloberfläche wiederfinden, deutlich reduziert werden.

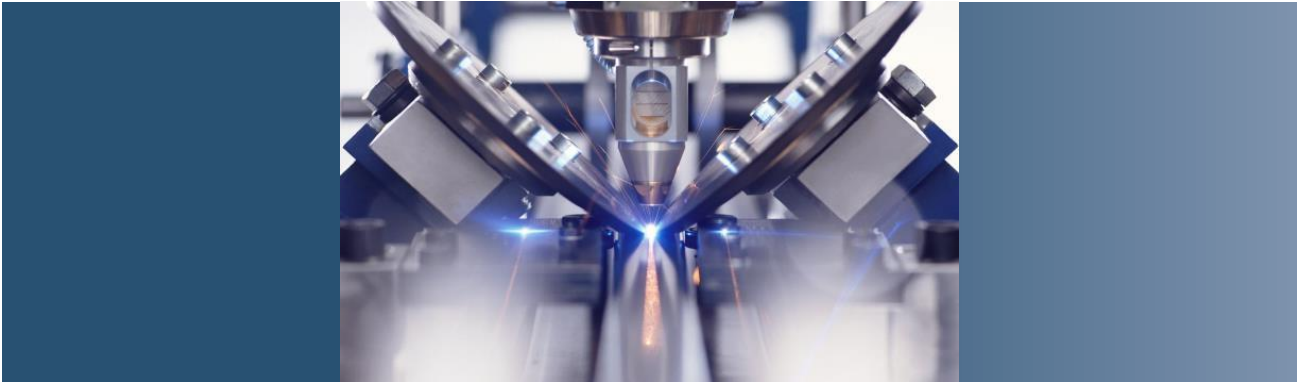
Eine gängige Verteilung ist 70/30 (Kern/Ring). Typische Brennfleckgrößen sind 150/600µm (Kern/Ring). Auch bei weiteren Schweißanwendungen, wie Wellen-Nabenverbindungen oder Werkstoffen wie Kupfer und Aluminium wird häufig die BrightLine Weld Technologie eingesetzt.

Waren die Invest- und Betriebskosten von Festkörperlaser mit einem lampengepumpten Stab Anfang der 2000er Jahre noch deutlich höher als von CO₂-Lasern so hat sich dies mit den daraus entwickelten Scheiben- und Faserlasern umgekehrt. Durch die steigenden Energiekosten und den hohen „Strahl-Ein-Zeiten“ beim kontinuierlichen Schweißen tritt die Effizienz immer mehr in den Vordergrund.

Lasertyp	Effizienz
Lampengepumpter Stablaser	2-3%
CO ₂ -Laser	Ca 10%
Scheiben-/Faserlaser	30-40%

Bei Blechdicken <5mm liegen die Kosten/m Schweißnaht bei Festkörperlaser bei <70% gegenüber CO₂-Lasern. Die Weiterentwicklung der strahlführenden Elemente und der Einsatz von sich bewegenden Spiegeln/Spots zur Nahtlageregelung wird die Lasermaschinen weiter vereinfachen.

Keywords: Laserschweißen mit Festkörperlaser, Reduktion von Spritzern, Kostengünstigeres Laserschweißen



Laserschweißen von Rohren und Profilen mit Festkörperlaser und BrightLine Weld

Jürgen Metzger
23.03.2023



Rohrkompetenzen bei TRUMPF



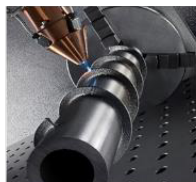
Laserschweißen



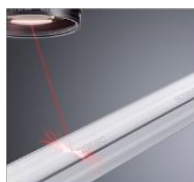
Laserschneiden



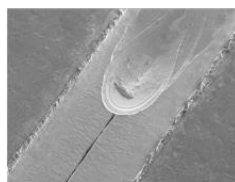
Kantenvorbereitung



Laser Metal
Deposition



Laser Markieren



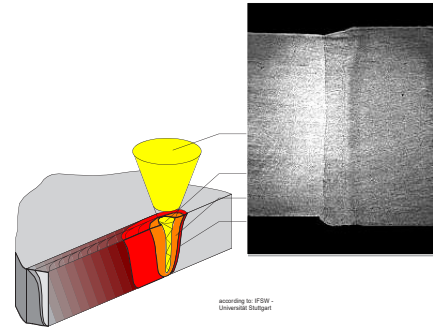
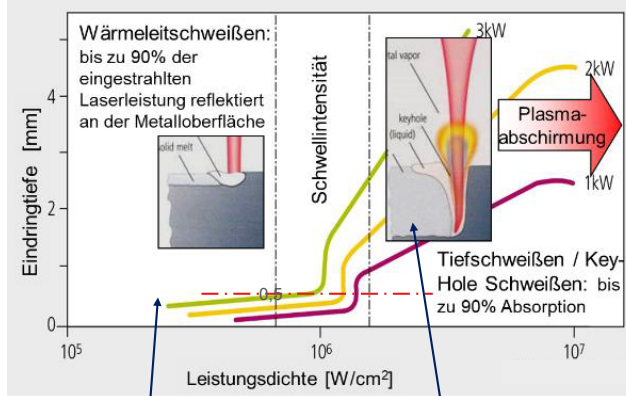
Laser Ablation



Wärmebehandlung mittels
Induktion



Angewandtes Prinzip



Wärmeleitschweißen

- Niedrige Leistungsintensität $<10^6$ W/cm²
- Eindringung begrenzt
- Keine Keyholebildung (Dampfkapillare)
- Flache, glatte Naht
- Mit CO₂-Laser - SpeedLas-Technologie Hochgeschwindigkeitsschweißen möglich

Keyhole-Schweißen (Tiefschweißen)

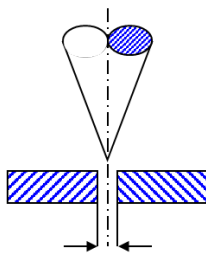
- Hohe Leistungsintensität $>10^6$ W/cm²
- Keyhole und Plasmabildung
- Plasmaunterdrückung mit Schutzgas
- Kleine Wärmeeinflusszone
- Hoher Wirkungsgrad

Anforderungen für das Laserschweißen

Spalttoleranzen (3 - 5% der Materialdicke)

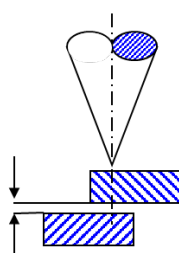
Versatztoleranzen (10 - 15% der Materialdicke)

Rohr, Profil, Band



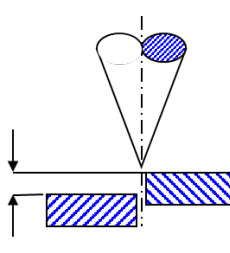
■ Spalt s

Profil

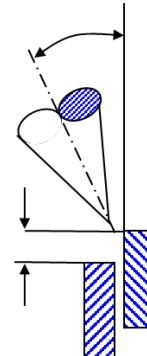


■ Versatz k

Rohr, Profil, Band



■ Winkel α



■ Stufe ks

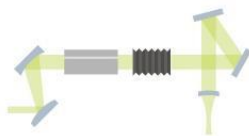
Die verwendeten Laserquellen

CO₂-Laser 10.6µm



TruFlow

Spiegelgeführtes Licht



- + Breite Applikationsvielfalt
- + Maximale Nahtqualität
- + Hohe Produktivität
- Invest-, Energie- & Gasbedarf



Festkörperlaser 1µm



TruDiode

TruDisk

TruFiber

Laserlichtkabel



- + Flexibles Strahlmanagement
- + Hohe Energieeffizienz (Faktor 3-4 höher als bei CO₂)
- + kleinere Aufstellfläche
- + Intelligente I4.0-Services

+ BrightLine Weld für beste Qualitätsergebnisse und hohe Produktivität

- Lasersicherheit erfordert lichtdichte Schutzkabine



Früher: Laserschweißen mit Festkörperlasern >2mm

Geringe Produktivität

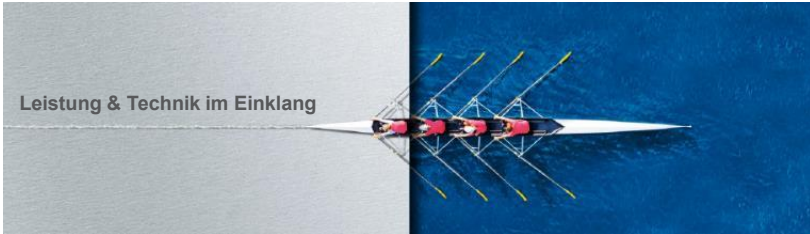
Hohes Spritzerniveau

- Geringere Qualität
- Starke Verschmutzung
- Maschinenstillstandzeiten
- Lebensdauer der Schutzgläser
- Hohe Kosten

Schweißen mit 10 m/min



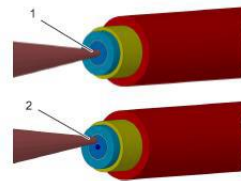
Heute: BrightLine Weld Spritzerarmes Laserschweißen



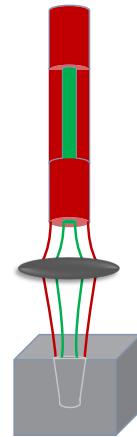
Flexible Leistungsverteilung für optimale Applikationsresultate

Patentiertes Wellenleiter-layout von **TRUMPF 2in1-fiber**

- Flexible Verteilung der Laserleistung in den inneren und äußeren Faserkern
- Überlagerung von zwei Strahlen in die Prozesszone
- Anpassung an das anwendungsspezifische Optimum



1: Laserstrahl, eingekoppelt in Faserkern
2: Laserstrahl, eingekoppelt in koaxialen äußeren Faserkern



7 Jürgen Metzger

23.03.2023

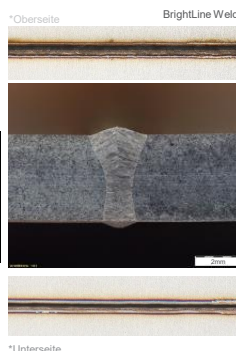
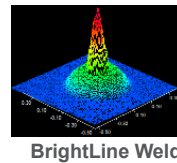
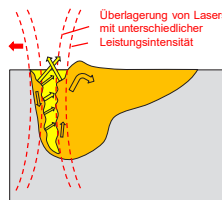
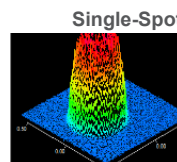
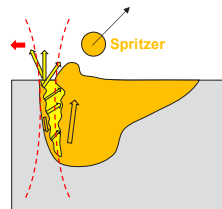


BrightLine Weld – spritzerarmes Laserschweißen

- ✓ Flexibler Einsatz bzgl. Material und Blechstärke
- ✓ Hohe Schweißnahtqualität & Produktivität
- ✓ Geringer Masseverlust (Auswürfe, Auskerbung der Schweißnaht)
- ✓ Reduziert Kosten und Aufwand für Nacharbeit
- Ab >1mm ca 1,5x mehr Laserleistung als bei CO₂ erforderlich



Demo-Bauteil
Durchschweißen eines 2mm Blechs im Stumpfstoß mit BrightLine Weld



Die Schmelzbadynamik wird kontrolliert und dabei signifikant auf ein Minimum reduziert

8 Jürgen Metzger

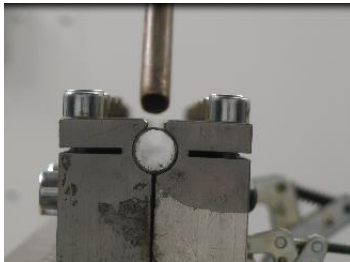
23.03.2023

*Kein Schutzgas verwendet, daher Einfluss ausgeschlossen

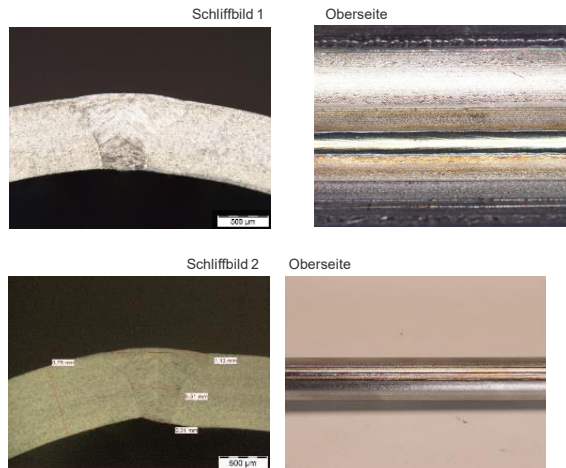


Applikationsbeispiel BrightLine Weld

- Material: 1.4301
- Wandstärke: 0.8 mm
- Laserleistung: 4000 Watt (ähnlich CO₂)
- Geschwindigkeit: 25m/min
- Brennfleck: 150/600µm



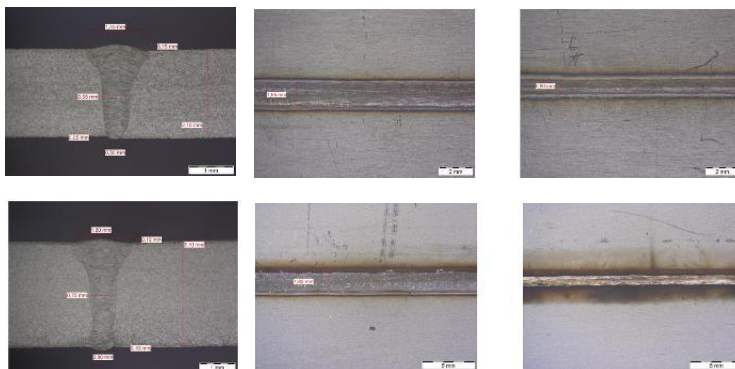
Versuchsvorrichtung mit Rohr



- Typische V-Form der Schweißnahtgeometrie aufgrund der Überlagerung zweier Laserstrahlen mit unterschiedlichen Eigenschaften
→ hohe Prozessstabilität

Applikationsbeispiel BrightLine Weld

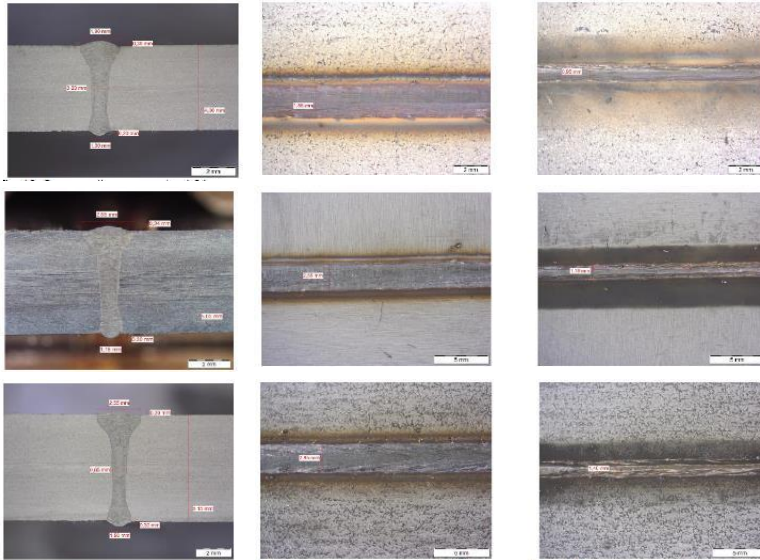
Material: 1.4301



Leistung: 6500W
Wandstärke: 2mm
Geschwindigkeit: 12m/min

Leistung: 7300 W
Wandstärke: 3mm
Geschwindigkeit: 8m/min

Applikationsbeispiel BrightLine Weld



Wandstärke: 4mm
Leistung: 7800W
Geschwindigkeit: 6m/min

Wandstärke: 5mm
Leistung: 7600W
Geschwindigkeit: 4m/min

Wandstärke: 6mm
Leistung: 7000W
Geschwindigkeit: 3m/min

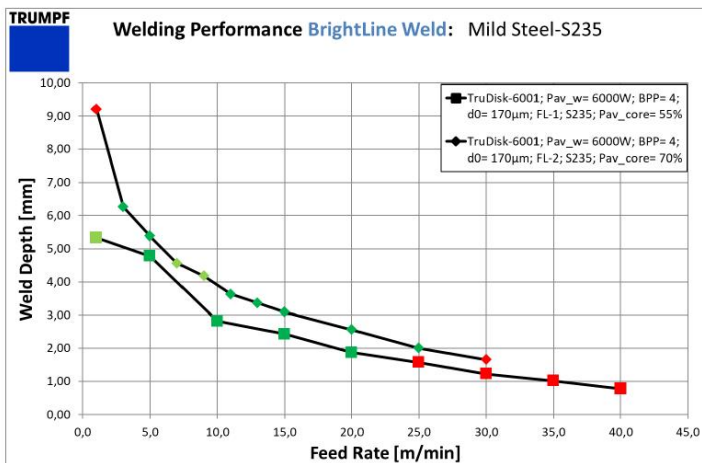
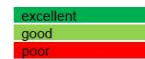


Welding Performance TruDisk 6001 using *BrightLine Weld*

TruDisk 6001, $P_{av} = 6000W$, $BPP = 4mm \cdot mrad$, $d_0 = 170/680 \mu m$



Quality

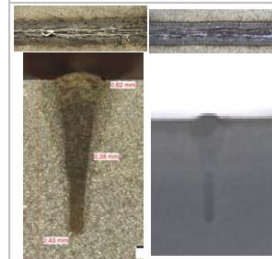


Information

machine	KUKA Roboter
focus optic	PFO33-2, f _f =255 mm
shielding gas	n.a.
delivery fiber	100/400µm (2in1 fiber)

Comment

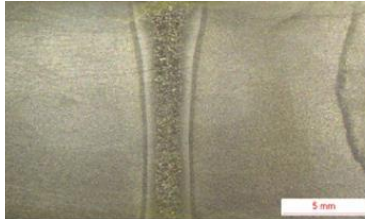
In general a higher welding depth is achieved with $P_{av,Core}=70\%$. Excellent to good welding qualities can be achieved until $v=25$ m/min



$P_{av,Core}=55\%$ $P_{av,Core}=70\%$
 $v = 15$ m/min

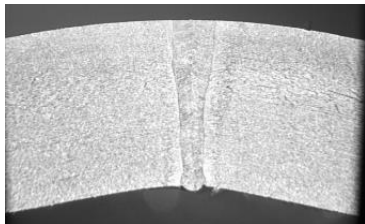


Applikationen CO₂-Laser



Dickwandige Rohre

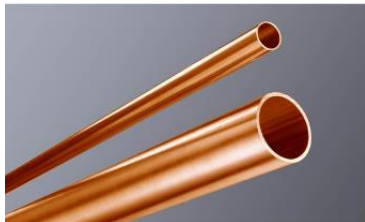
Material: Baustahl S235JR
Materialstärke: 12 mm
Schweißgeschwindigkeit: 1,5 m/min
Laserleistung: 10000 Watt
Schmale Naht



Edelstahlrohre

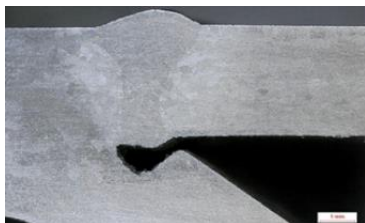
Material: Edelstahl 1.4301
Materialstärke: 3 mm
Schweißgeschwindigkeit: 13 m/min
Laserleistung: 7000 Watt

Applikationen Festkörperlaser



Kupferrohre

Material: Kupfer (SF-Cu)
Materialstärke: 0,7 mm
Schweißgeschwindigkeit: 15 m/min
Laserleistung: 6000 Watt

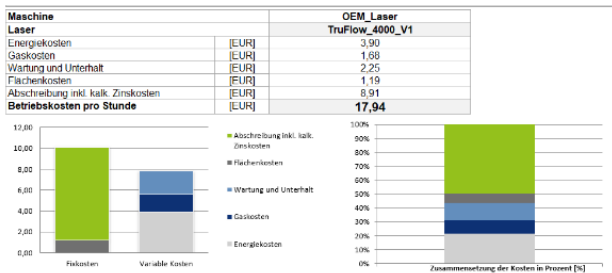


Aluminium mit Zusatzdraht

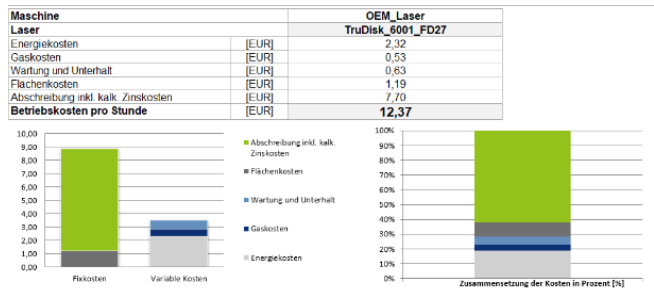
Material: AISi5
Materialstärke: 3 mm
Schweißgeschwindigkeit: 10 m/min
Laserleistung: 8000 Watt

Gegenüberstellung der Betriebskosten von CO₂-Laser zu Festkörperlaser. Beispiel:

CO₂-Laser 4000 Watt

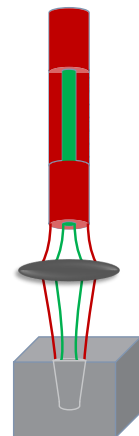


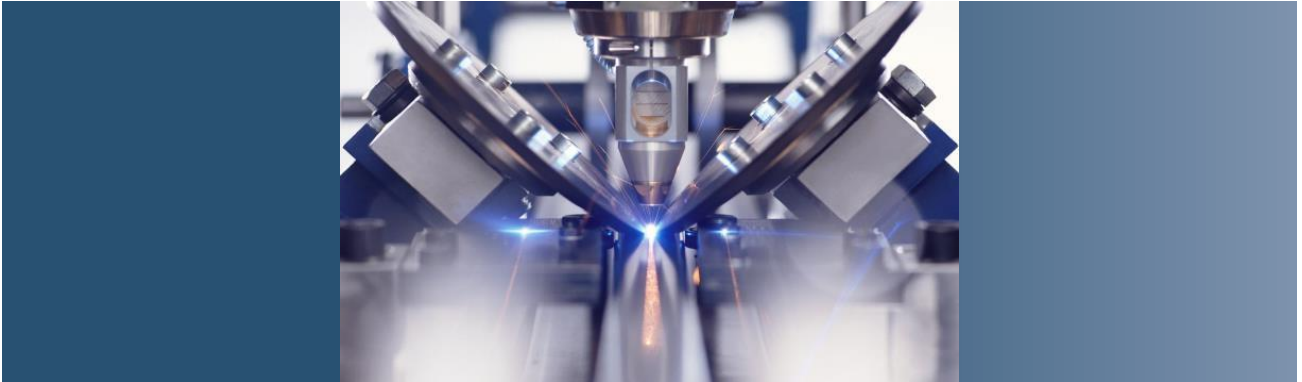
Festkörperlaser 6000 Watt



Zusammenfassung

- Mit Einsatz der Zwei – Zonen – Technik BrightLine Weld können heute auch mit Festkörperlaser spritzerfreie/arme Laserschweißnähte erzeugt werden
- Aufgrund des größeren Brennflecks wird mit Festkörperlaser etwas mehr Laserleistung benötigt
- Die Strahlführung ist bei Festkörperlaser deutlich einfacher
- Der Invest und auch die Betriebskosten sind aufgrund der kleineren Bedarfs an Strom und Prozessgasen bei Festkörperlaser deutlich geringer
- Mit Festkörperlaser können auch kupferbasierte Werkstoffe geschweißt werden
- Bei den Anwendungen in Rohr- und Profil werden die Festkörperlaser sukzessive die CO₂-Laser ersetzen.





Jürgen Metzger

Vertrieb

07156 303 34842

juergen.metzger@trumpf.com



Flexible Herstellung von Leichtbauprofilen durch einstufige, intelligent-automatisierte Spaltprofilieranlage

Benedikt Depta

Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, Technische Universität Darmstadt

Das Fertigungsverfahren Spaltprofilieren gehört bereits seit längerer Zeit zu einem etablierten Umformverfahren in der Forschung. Die erzeugten Spaltprofile eignen sich aufgrund der eingeformten verzweigten Struktur und der damit verbundenen Erhöhung der Biege-Widerstandsmomente für den Einsatz im Leichtbau. Der Anwendungsraum von Spaltprofilen kann durch das direkt angegliederte Spaltprofilbiegen zu um die Hochachse gekrümmten Profilen erweitert werden. Gebogene Spaltprofile können exemplarisch zu einem Mehrkammerprofil zum Einsatz eines Rahmens für leichte Nutzfahrzeuge gefügt werden.

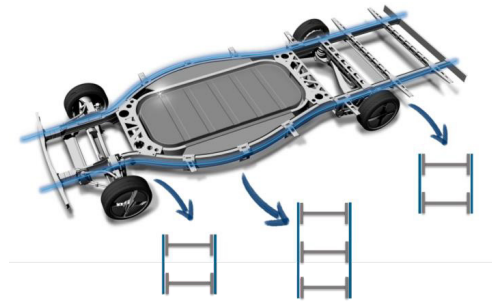
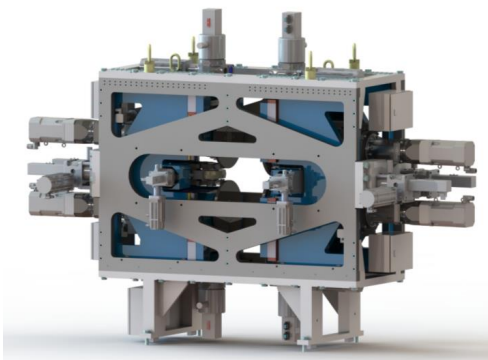
Bisherige Anlagenlayouts für das Spaltprofilieren erlauben aufgrund einer aufwändigen manuellen Justage kaum eine flexible Herstellung und schnellen Wechsel zwischen Produkt-Geometrien. Darüber hinaus begrenzen maschinenseitige Unsicherheiten wie asymmetrische Steifigkeiten die Prozesssicherheit des Spaltprofilieren. An dieser Stelle knüpft das neue Anlagenkonzept für eine einstufige, intelligent-automatisierte Spaltprofilieranlage an. Hierbei wird eine Vielzahl von Umformstichen durch ein einzelnes Gerüst mit einem Aufbau von zwei Gerüsthälften mit jeweils einer Spalt- und zwei Hilfswalzen realisiert. Die Freiheitsgrade der Anlage sind dabei automatisiert justierbar und notwendige Freiheitsgrade können zur Regelung des Umformverfahrens eingesetzt werden. Weiterhin wird der Prozess mit einer umfassenden Sensorik zur Bestimmung der Walzenposition unter Last, auftretenden Kräften, Momenten und der Profilgeometrie im Ein- und Auslauf überwacht. Die Anlage wird mit einer Einheit zum Inline-Spaltprofilbiegen zur Erzeugung gebogener Strukturen und einer Profilführung komplettiert.

Keywords: Spaltprofilieren, Sensorik, Automatisierung

Flexible Herstellung von Leichtbauprofilen durch einstufige, intelligent-automatisierte Spaltprofilieranlage



12. Fachtagung Walzprofilieren
Benedikt Depta, M. Sc.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

23. März 2023 | WAPRO 2023 | Benedikt Depta | Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen | 1



Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Agenda



Motivation

- Warum Spaltprofilieren?
- Welche Anwendungen sind im Fokus?



Aktueller Stand

- Spaltprofilieren
- Spaltprofilbiegen



Konzept

- Zielsetzung der Flexibilisierung und Automatisierung
- Umsetzung der Freiheitsgrade
- Integration von Sensorik



Ausblick

- Zusammenfassung
- Kommende Fragestellungen

23. März 2023 | WAPRO 2023 | Benedikt Depta | Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen | 2



Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Motivation

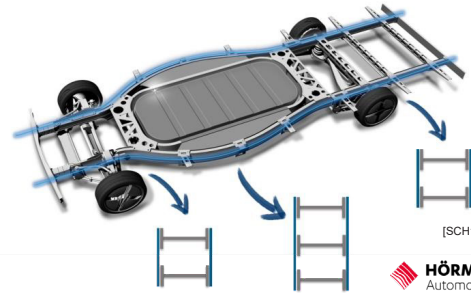
Bionisches Vorbild

- Flächenversteifung durch Rippen
- Ressourcenschonung durch Reduktion des Materials



Anwendung Strukturleichtbau

- Strukturleichtbau für Transportanwendungen
- Elektromobilität funktioniert nur mit Leichtbau, Gewicht hat signifikanten Einfluss auf Reichweite und Zuladung [KÖT20]
- **Chassis** für elektrifizierte, leichte Nutzfahrzeuge als Demonstrator für nichtlineare und gefügte Spaltprofile [SCH19]



[SCH19]
HÖRMANN Automotive

Flexibilisierung von Produktion

- Schnell ändernde Kundenanforderungen
- Freiheit in geometrischer Gestaltung
- Inkrementelle Umformverfahren im Fokus [YAN18]

Forschungsprojekt

- Bionische Leichtbaustrukturen auf Basis verzweigter Bleche
- Technologietransferprogramm Leichtbau



Stand der Technik Spaltprofilieren

Profilbeschreibung



Spaltprofile

- Integral verzweigtes Profil → Versteifung durch Flansch
- Flanschbereich und Spaltgrund: [BOH10]
 - Einstellung eines ultrafeinkörnigen Gefüges (UFG)
 - Erhöhung der Härte
 - Erhöhung der Festigkeit

Abgrenzung zu anderen Verfahren

Spaltprofilieren

- Herstellung verzweigter Profile ohne Fügen, Materialdopplung oder Erhitzung

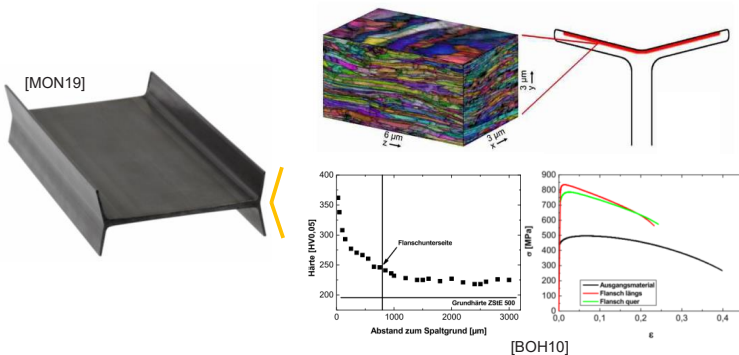
Rollformen

- Verzweigung nur durch Materialdopplung [VUC10]



Strangpressen

- Überwiegend Werkstoff Aluminium



Stand der Technik Spaltprofilieren

Verfahrensbeschreibung

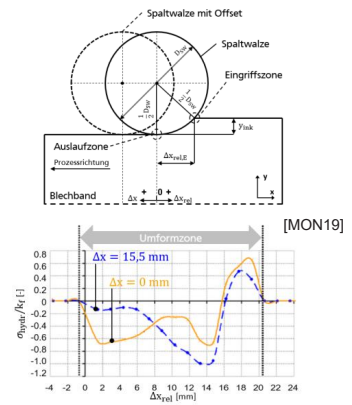
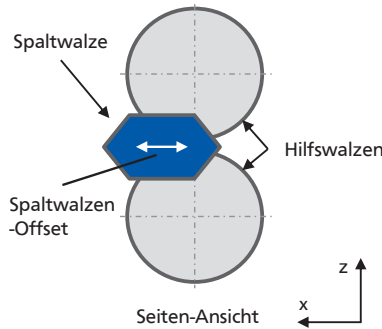
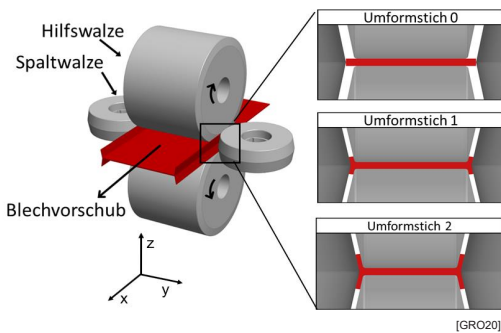


Spaltprofilieren

- Inkrementeller Umformprozess
- Umformung der Bandkanten unter allseitigem Druck [SCH11]
- Flanschbildung über mehrere Stiche

Spaltwalzen-Offset

- Relative Verstellung der Spaltwalzen zu den Hilfswalzen in Vorschubrichtung
- Einstellung eines hydrostatischen Druckspannungszustands

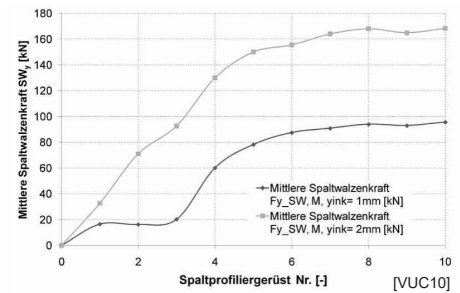
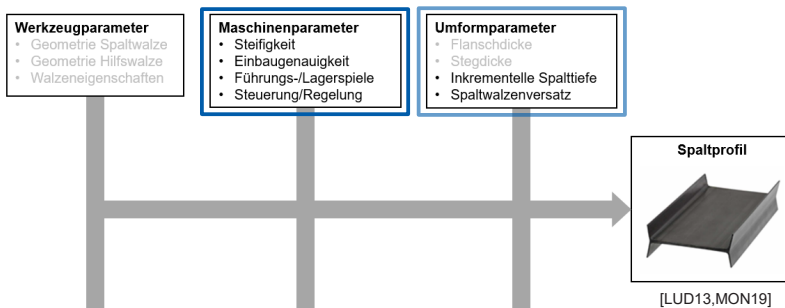


Stand der Technik Spaltprofilieren

Einflussgrößen



Fokus: Einflüsse durch Anlagenkonstruktion

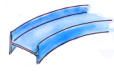


Fazit

- Hohe Umformkräfte im Vergleich zum Rollformen
- Bedarf hoher Steifigkeiten
- Hoher Rüst- und Justageaufwand

Stand der Technik Spaltprofilbiegen

Allgemeine Beschreibung

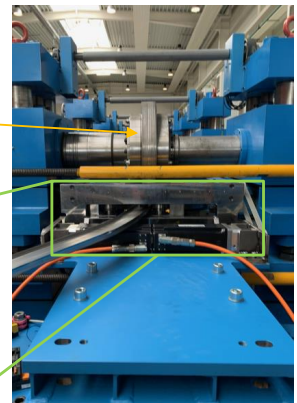
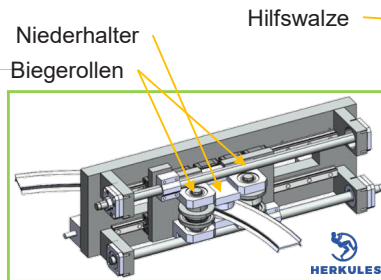
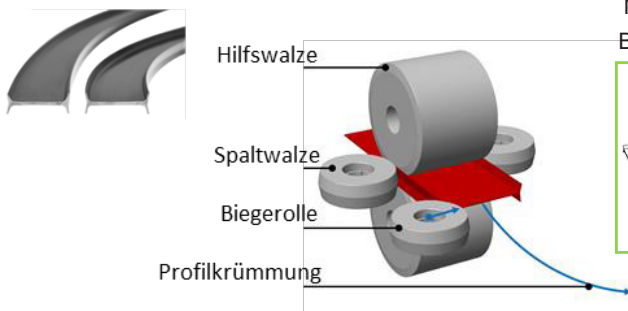


Spaltprofilbiegen

- Spaltprofilbiegen: Inline-Hochkantbiegen der Spaltprofile
- Ausnutzung des Druckspannungszustands des Spaltprofilierens [TAP16]
- Überlagerung des Spaltprofilierens und Spaltprofilbiegens
- Deutlich geringere Biegekräfte als manuelles Biegen

NC-gesteuerte Biegeeinheit

- Verbindung mit Spaltprofilieranlage
- Zwei Biegerollen NC-gesteuert



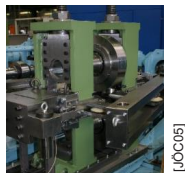
Stand der Technik Spaltprofilieren

Anlageevolution



Beidseitige SpaPro

- Erstes beidseitiges Spaltprofiliergerüst
- Hoher Rüst- und Justage-Aufwand [JÖC05]



Kontinuierliche SpaPro

- 10 Gerüste in Reihe
- Hoher Rüst- und Justage-Aufwand
- Geringe Steifigkeiten [VUC10]

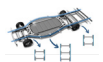


Flexible SpaPro

- Fertigung Spaltprofile mit nicht-linearem Bandkantenverlauf
- Parallelkinematik zur Realisierung der Freiheitsgrade [SCH18]



► Wie sieht die optimale Spaltprofilieranlage zur Fertigung des Beispiel-Leichtbau-Chassis aus?



Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Zielsetzung und Herausforderungen



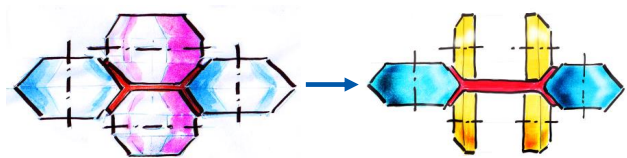
Zielsetzung

- Substitution einer Vielzahl von Spaltprofiliergerüsten
- Einzelnes aktorisch verstell-/justierbares Gerüst
- Möglichkeit des bidirektionalen Reversierbetriebs
- Erhöhung der Flexibilität für wechselnde Kundenanforderungen



Automatisierung des Spaltprofilierens

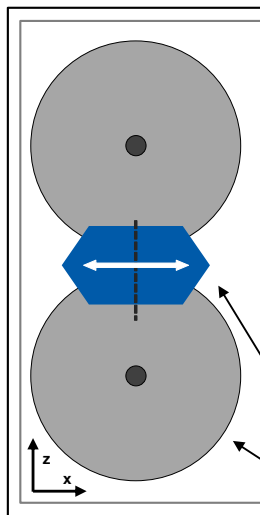
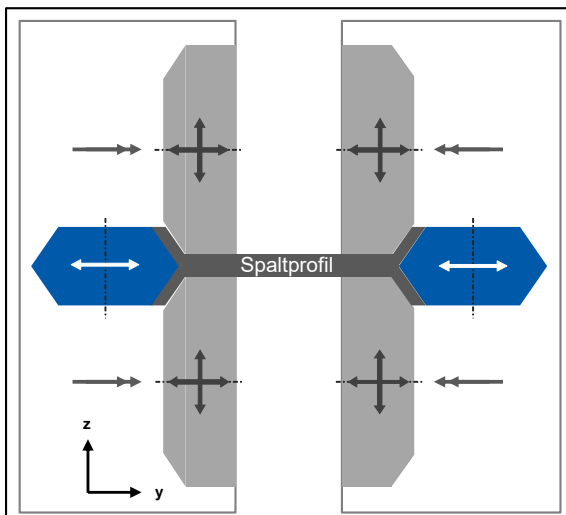
- Abnehmende Hilfswalzen-Breiten aufgrund von inkrementeller Zustellung der Spaltwalzen
- Sensorische Überwachung
- Regelung der Prozessparameter



► Welche Freiheitsgrade benötigt eine automatisierte Spaltprofilieranlage?

Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Konzept Spaltprofilieranlage Freiheitsgrade



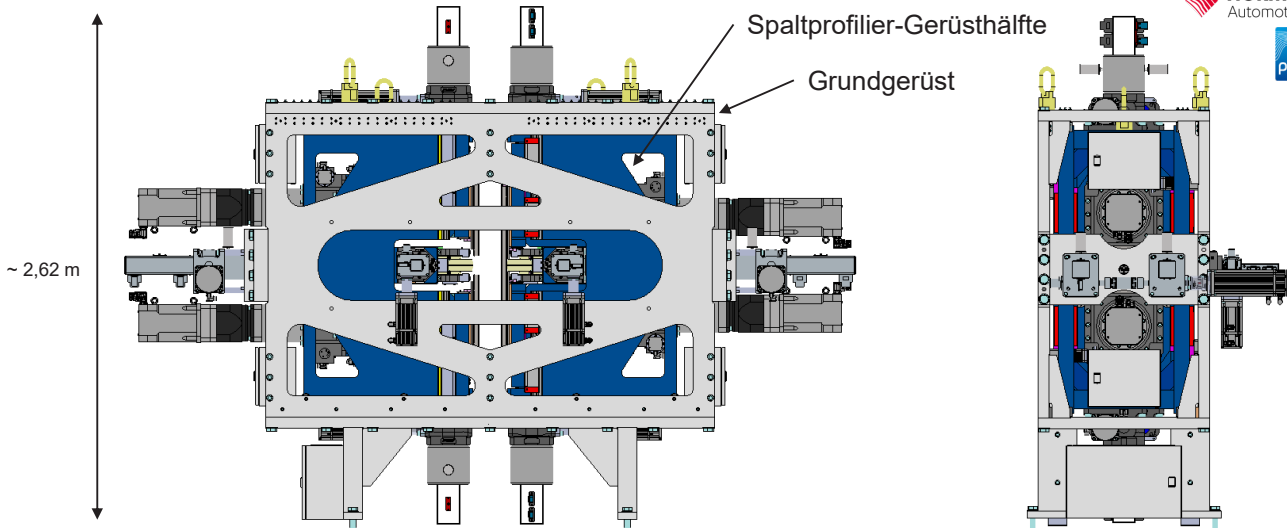
Grundgerüst
Spaltprofilier-Gerüsthälfte

► Wie können die Freiheitsgrade konstruktiv umgesetzt werden?

Spaltwalzen
Hilfswalzen

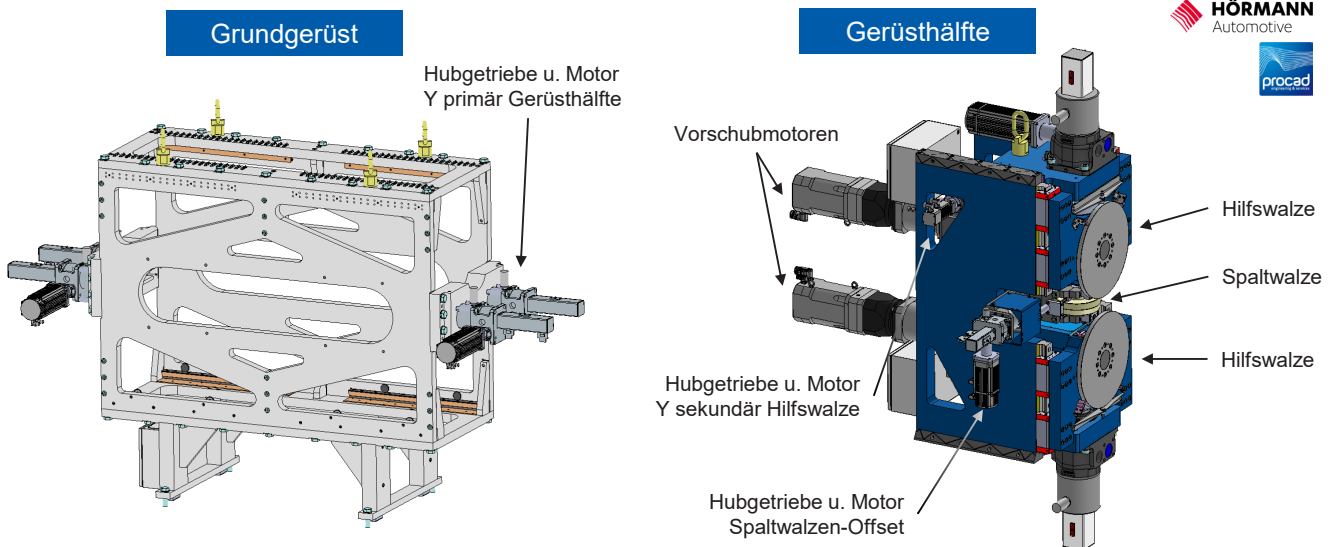
Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Konstruktion Spaltprofiliergerüst



Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

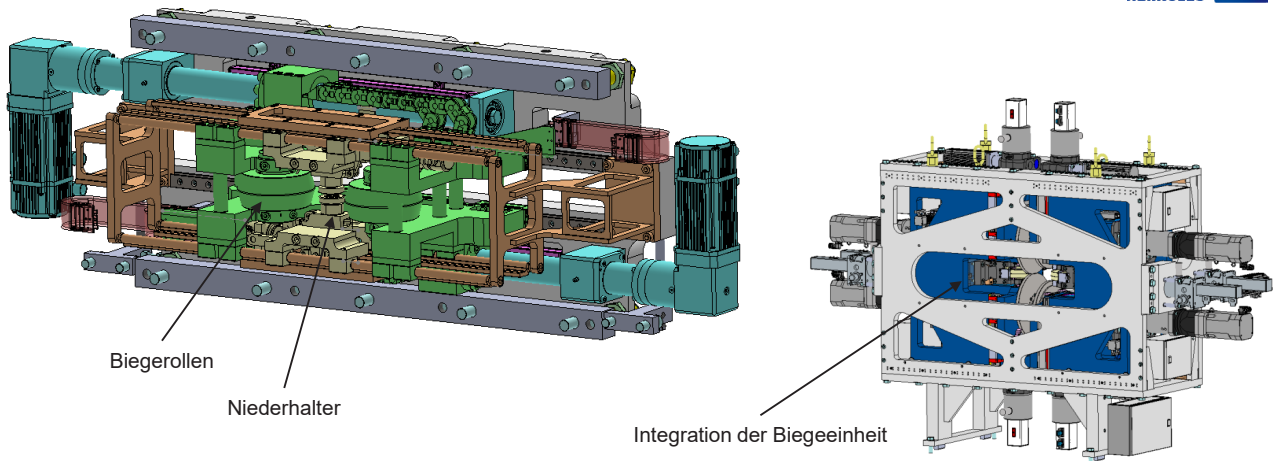
Konstruktion Spaltprofiliergerüst



Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

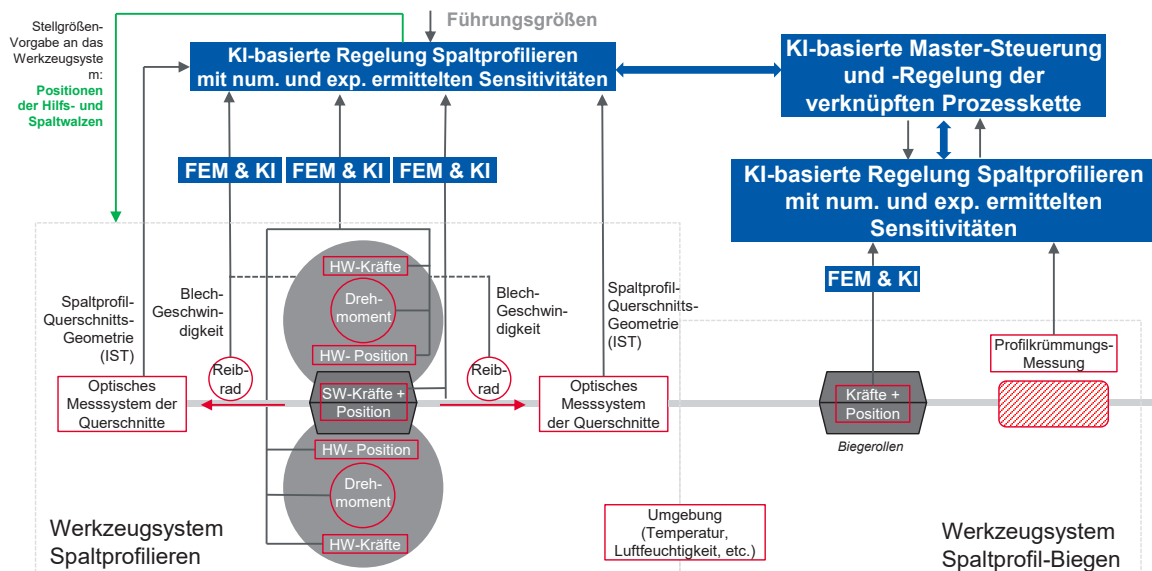
Konstruktion Biege-Einheit für Spaltprofilieranlage

Biege-Einheit



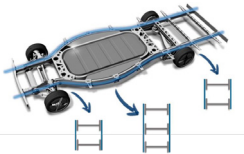
Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Sensorik in Spaltprofilier- und Biegeanlage



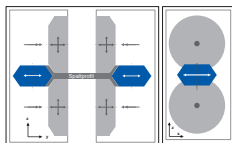
Flexibel automatisierte Herstellung von Spaltprofilen

Zusammenfassung und Ausblick



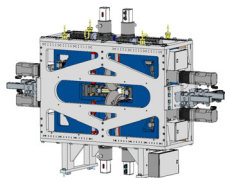
Motivation

- Leichtbau-Strukturen durch nichtlineare Spaltprofile
- Vorteile der Verfahren Spaltprofilieren und Spaltprofilbiegen



Zielsetzung

- Substitution einer Vielzahl von Spaltprofiliergerüsten
- Flexible Automatisierung des Spaltprofilierens
- Teilung der Hilfswalzen



Konzept

- Aufteilung der Freiheitsgrade
- Konstruktive Umsetzung
- Sensorik in Spaltprofilier- und Biegeanlage

Ausblick

- Umsetzung der Anlage in 2023
- Schaffung einer Datenbasis zur Regelung
- Fähigkeitsnachweis und Prozessgrenzen

Flexible Herstellung von Leichtbauprofilen durch einstufige, intelligent-automatisierte Spaltprofilieranlage



12. Fachtagung Walzprofilieren

Benedikt Depta, M. Sc.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



[BOH10] Bohn, Tilman: Gefüge und mechanische Eigenschaften verzweigter Blechstrukturen. Zugl.: Technische Universität Darmstadt 2010.
 [GRO20] Groche, Peter; Wang, Tianbo: Gesamtantrag zum Technologietransfer-Programm Leichtbau des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie - Bionische Leichtbaustruktur auf Basis verzweigter Bleche. Biostrux, 2020.
 [JÖC05] Jöckel, Michael: Grundlagen des Spaltprofilierens von Blechplatten. Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2005. Aachen: Shaker Verlag GmbH, 2005.
 [KÖT20] Köth, Claus-Peter; Reichhardt, Maximiliane: Elektromobilität funktioniert nur mit Leichtbau. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/elektromobilitaet-funktioniert-nur-mit-leichtbau-a-908391/>, Erschienen in: Automobilindustrie, 2020.
 [MON19] Monnerjahn, Vinzent: Simultanes Umformen und Fügen im Fertigungsprozess Spaltprofilieren. Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2019. Aachen: Shaker Verlag GmbH, 2019.
 [SCH11] Schmitt, Wolfram et al.: Entwicklungsstufen des Spaltprofilierens. In: Tagungsband zum 1. Erlanger Workshop Blechmassivumformung, 2011.
 [SCH18] Schmitt, Wolfram: Spaltprofilieren von Blechen mit nicht-linearem Bandkantenverlauf. Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2018. Aachen: Shaker Verlag GmbH, 2018.
 [SCH19] Schmitt, Wolfram et al.: A new chassis-concept for electrified, light commercial vehicles based on innovative forming technologies.VDI-Berichte Nr. 2350, 2019.
 [TAP16] Taplick, Christoph: Kombiniertes Hochkant-Biegen und Spaltprofilieren. Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2016. Aachen: Shaker Verlag GmbH, 2016.
 [VUC10] Vučić, Dragoslav: Methoden zum Herstellen und Weiterverarbeiten von Spaltprofilen. Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2010. Aachen: Shaker Verlag GmbH, 2010.
 [YAN18] Yang, Dong-Yol et al.: Flexibility in Metal Forming. CIRP Annals Manufacturing Technology. 2018 Keynote: Elsevier.



HUSSMANN
PROFILROLLEN

Präzision aus Tradition. Seit 1945.

Profilrollen | Distanzen | Wellen

MIT UNS PROFILIEREN SIE (SICH)



Hussmann Profilrollen

Hohenheide 28

58730 Fröndenberg • Germany

Tel.: +49 (0)23 73/39 64 3-0

Fax: +49 (0)23 73/39 64 3-29

www.hussmann-profilrollen.de

info@hussmann-profilrollen.de

Energetische Optimierung der Prozesskette zur Profilherstellung

Dr.-Ing. Peter Sticht, Steffen Keller

PROFILMETALL Engineering GmbH, 97828 Marktheidenfeld

In Zeiten steigender Energiepreise und hoher Ansprüche an den verantwortungsvollen Umgang mit natürlichen Ressourcen sieht sich auch die Produktionstechnik sowie der Maschinen- und Anlagenbau neuen Herausforderungen gegenübergestellt.

Eine ganzheitliche energetische Betrachtung des Rollformprozesses soll die Fertigungstechnologie bewerten und mit den Begleittechnologien Strangpressen und Biegen zur Herstellung ähnlicher Produkte vergleichen. Die technologischen Vorteile des Rollformens können aufgrund eines modularen Anlagenaufbaus mit XELLAR-Fertigungszellen in besonderer Weise nutzbar gemacht werden.

Anhand eines Anwendungsbeispiels wird die energetische Optimierung eines Rollwerkzeugs auf Basis einer Finite-Elemente-Simulation demonstriert. Ausschlaggebend hierzu ist die Lage des treibenden Durchmessers in jeder der aufeinander aufbauenden, inkrementellen Bieestationen. Hierdurch wird die Umformkraft gleichmäßig in das Werkstück eingebracht und eine einheitliche Beanspruchung mit verminderten Wechselwirkungen zwischen den Prozessschritten erreicht.

Der Anlagenaufbau erlaubt zusätzliche Energieeinsparung aufgrund der Nutzung rückgewonnener Energie aus diskontinuierlichen Prozessschritten wie bspw. Stanzen und Trennen in den kontinuierlichen Prozessen des Rollformens. Spitzenlasten werden innerhalb des Antriebsverbunds zwischengespeichert und bei Bedarf abgerufen. Eine Entnahme von Spitzenleistungen aus dem Versorgungsnetz wird hierdurch deutlich verringert. Zur Quantifizierung der tatsächlichen Energieeinsparung ist es erforderlich, dass die produktspezifische Anlagenkonfiguration sowie der Fertigungsprozess Eingang in die Betrachtung findet. Besonders bei Einsatz servomechanischer Antriebe in den diskontinuierlichen Prozessschritten ist mit erheblicher Verminderung der Spitzenleistung einer Anlage zu rechnen.

Die Arbeit soll das derzeitige Bewusstsein für einen schonenden Umgang mit Ressourcen im Anlagenbau veranschaulichen und die Entwicklung modularer Fertigungskonzepte zur Umsetzung nachhaltiger Produktentwicklung darstellen.

Keywords: Rollformen, Energierückgewinnung, Prozessoptimierung



Inhalt

Energetische Optimierung der Prozesskette zur Profilverstellung

- Kurzvorstellung Profilmittel Gruppe
- Vergleich unterschiedlicher Prozessketten
- Motivation zur Ressourceneffizienten Produktion
- Optimierung des Rollformprozesses
- Ressourceneffizienter Anlagenbau
- Zusammenfassung und Ausblick



PROFILMETALL-Gruppe

Zwei Standorte – Eine Kernkompetenz: Rollgeformte Metallprofile



PROFILMETALL Engineering GmbH,
 Marktheidenfeld

PROFILMETALL GmbH,
 Hirrlingen



PROFILMETALL-Gruppe

Rollgeformte Profile und Profilieranlagen

Gegründet: 1975 | Mitarbeiter: 120 | Umsatz 2022: 25 Mio. | Exportquote: 30%

Rollformanlagen

XELLAR Fertigungsanlagen
 Sonderanlagen

Services

Wartung & Instandsetzung
 Modernisierung
 Schulungen / Beratung

Profile

Rollformen ab 0,08 mm
 Logistik- & Supply-Chain-
 Kompetenz und Flexibilität

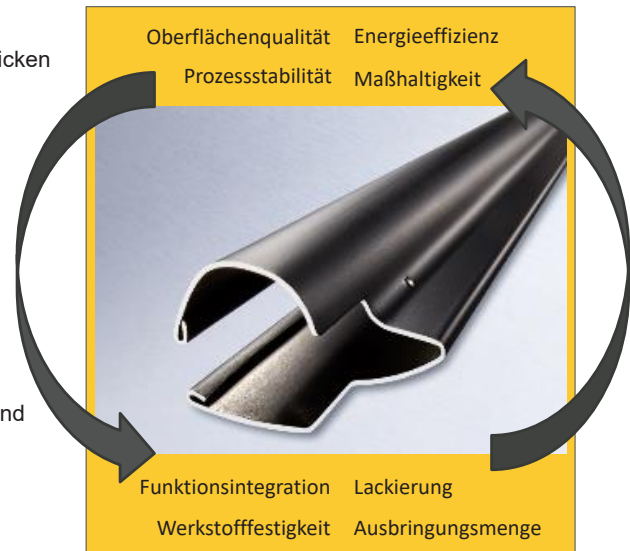
Vergleich unterschiedlicher Prozessketten

Ressourcenbewusstsein und Energiebedarf

- Strangpressen
 - Gestaltungsfreiheit hinsichtlich Geometrie und Wanddicken
 - Einschränkungen in Werkstofffestigkeiten

- Biegen (Abkanten)
 - Individualisierung der Bauteile durch Einzelfertigung
 - Biegefolgen variabel durchführbar
 - Manueller Prozess mit wenig Durchsatz und zusätzlichem Handling-Aufwand

- Rollformen
 - Einförmigkeit komplexer Geometrien möglich
 - Hohe Produktivitätsraten mit geringem Personalaufwand
 - Bauteilvorschub und Anarbeitungen am Strang
 - Höher- und höchstfeste Werkstoffe können verarbeitet werden



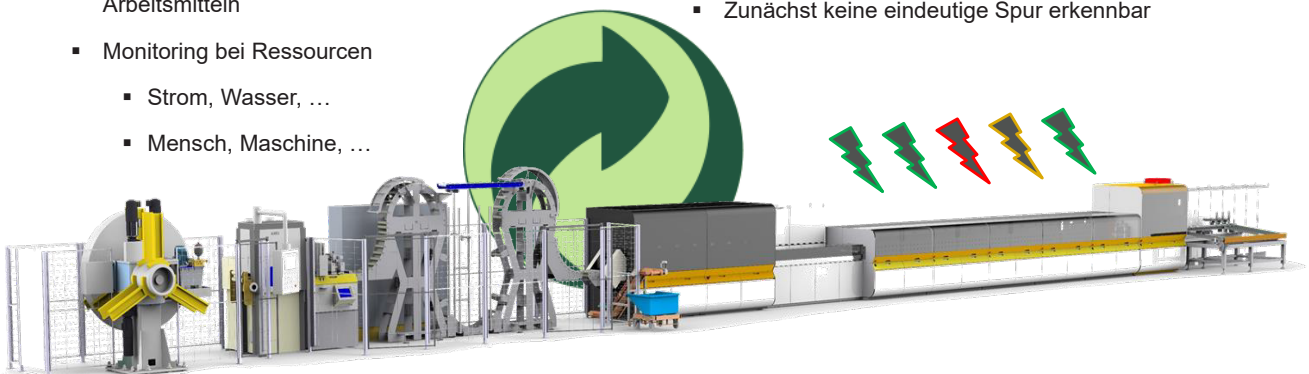
© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 5

Motivation zur Ressourceneffizienten Produktion

Ausgangssituation

- Ressourcenbewusstsein bei Kunden steigt und wird durch Werksrichtlinien weiter vorangebracht
 - Monitoring bei Verbrauchsgütern und Arbeitsmitteln
 - Monitoring bei Ressourcen
 - Strom, Wasser, ...
 - Mensch, Maschine, ...

- Kunde stellt erhöhten Energieverbrauch bei Fertigung eines Profils fest
 - Ursachen werden untersucht und eingegrenzt
 - Zunächst keine eindeutige Spur erkennbar

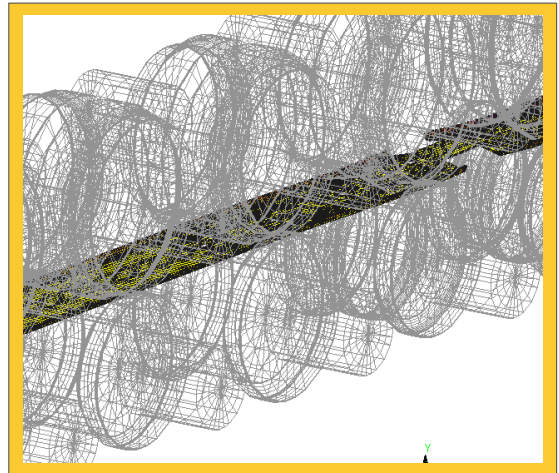


© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 6

Optimierung des Rollformprozesses

Aufbau und Auswertung FEA und Kenngrößen

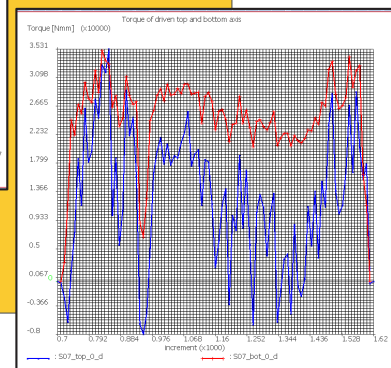
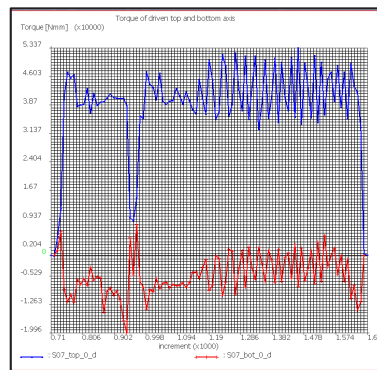
- Schritt 1:
 - Abbildung des Ausgangsrollensatzes in der Simulation (Copra FEAF)
 - Ableitung von Kenngrößen zur Beurteilung der Energieeffizienz
- Schritt 2:
 - Konstruktive Optimierung des Rollensatzes
 - Optimierung 1: Anpassung treibender Durchmesser
 - Optimierung 2: Vergrößerung Gerüstabstand
 - Abbildung der optimierten Rollensätze in der Simulation
- Schritt 3:
 - Auswertung und Dokumentation
 - Vergleich der Kenndaten aller Rollensätze
 - Umsetzung der Optimierungen im Versuchsfeld



Optimierung des Rollformprozesses

Vergleich der simulierten Rollensätze

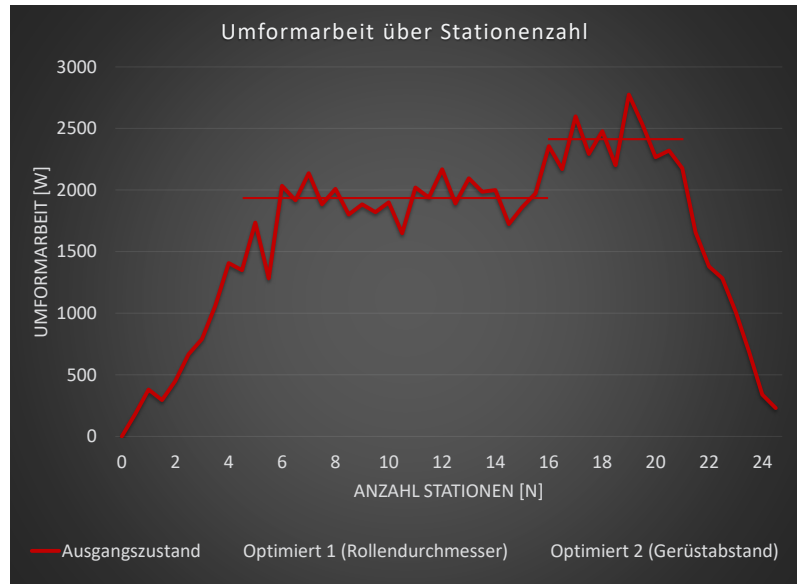
- Randbedingungen
 - Identischer Werkstoff (1.0935)
 - Gleiche Anzahl Stiche (24)
 - Konstante Vorschubgeschwindigkeit
 - Übersetzungsverhältnis 1:1,4
- Qualitativer Vergleich
- Rollensatz Ausgangszustand
 - Drehmomentverlauf in Station 6 mit positivem und negativem (entgegengesetztem) Drehmoment an Ober- und Unterwelle
- Optimiert 1 (Rollendurchmesser)
 - Anpassung der treibenden Durchmesser an Stationen 5-12
 - Drehmomentverlauf in Station 6 mit vorwiegend positivem (gleichsinigem) Drehmomentverlauf



Optimierung des Rollformprozesses

Vergleich der simulierten Rollensätze

- Qualitativer Vergleich
- Rollensatz Ausgangszustand
 - Umformarbeit Station 12: 1993,3 W
 - Umformarbeit Station 18: 2291,6 W
- Verlauf der Umformarbeit abhängig von der Einfurmstrategie und -geometrie
- Platinenfertigung in der Simulation
- Mehrere Stationen im Eingriff
- Beeinflussung vor- und nachgelagerter Stationen

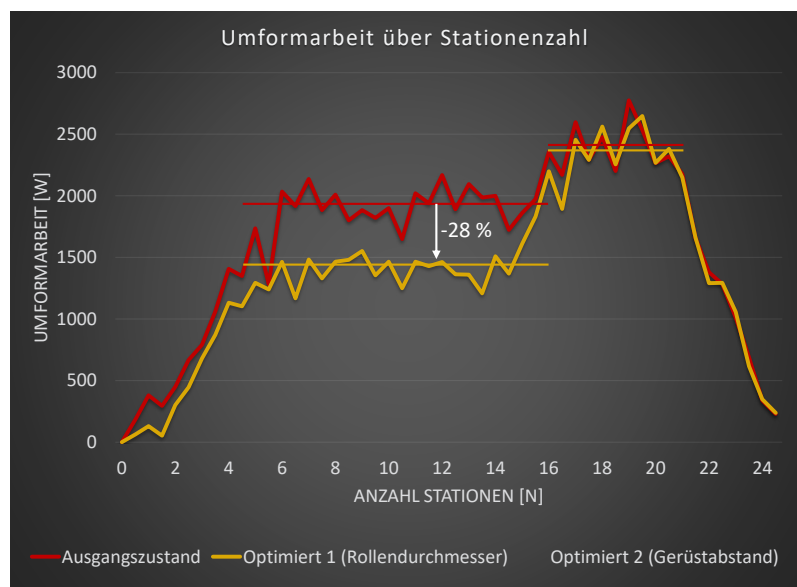


© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 9

Optimierung des Rollformprozesses

Vergleich der simulierten Rollensätze

- Qualitativer Vergleich
- Rollensatz Ausgangszustand
 - Umformarbeit Station 12: 1993,3 W
- Optimiert 1 (Rollendurchmesser)
 - Anpassung der treibenden Durchmesser an Stationen 5-12
 - Umformarbeit Station 12: 1428,6 W
 - Verminderung Umformarbeit -28 %
 - Auswirkungen auf die mittlere Umformarbeit an allen im Eingriff stehenden Rollformgerüsten
 - Beeinflussung der Umformstationen 15-20
 - Platinenfertigung in der Simulation

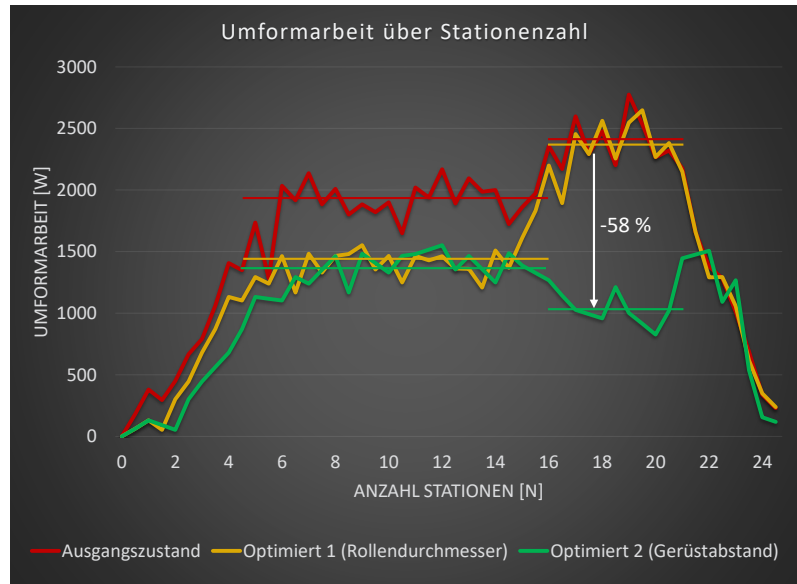


© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 10

Optimierung des Rollformprozesses

Vergleich der simulierten Rollensätze

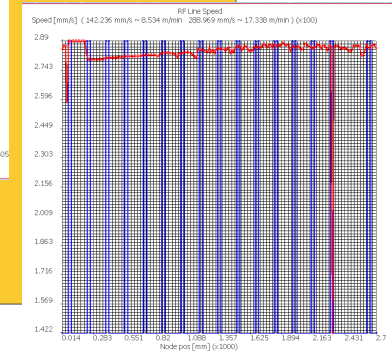
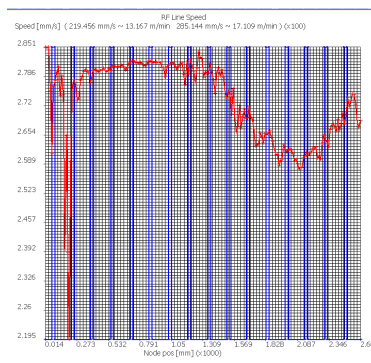
- Qualitativer Vergleich
- Optimiert 1 (Rollendurchmesser)
 - Umformarbeit Station 18: 2291,6 W
- Optimiert 2 (Gerüstabstand)
 - Anpassung des Gerüstabstands zwischen Stationen 15-18
 - Umformarbeit Station 18: 957,4 W
 - Verminderung Umformarbeit -58 %
 - Auswirkungen auf die mittlere Umformarbeit an allen im Eingriff stehenden Rollformgerüsten
 - Weitere Beeinflussung der Umformstationen 4-14
 - Verstärkung der Effekte bei Coilfertigung erwartet



Optimierung des Rollformprozesses

Vergleich der simulierten Rollensätze

- Qualitativer Vergleich
- Rollensatz Ausgangszustand
 - Bandgeschwindigkeit Stationen 1-15
 - Ungleichmäßiger Anlauf
 - Abfall der Geschwindigkeit analog zu Zunahme der Umformarbeit
- Optimiert 1 (Rollendurchmesser)
 - Anpassung der treibenden Durchmesser an Stationen 5-12
 - Anlaufverhalten verbessert
 - Gleichmäßige Entwicklung der Bandgeschwindigkeit
 - Peak durch Auflaufen der Blechkante auf eine Umformstation
- Stationen „ziehen an einem Strang“

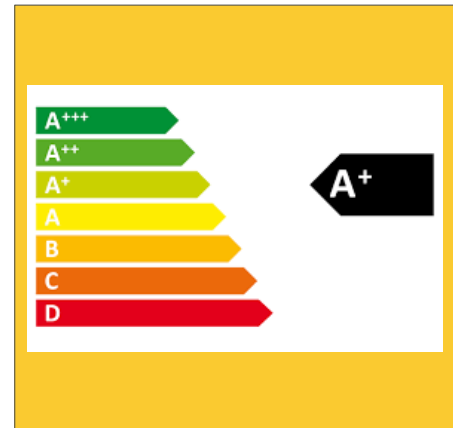


Optimierung des Rollformprozesses

Zwischenfazit

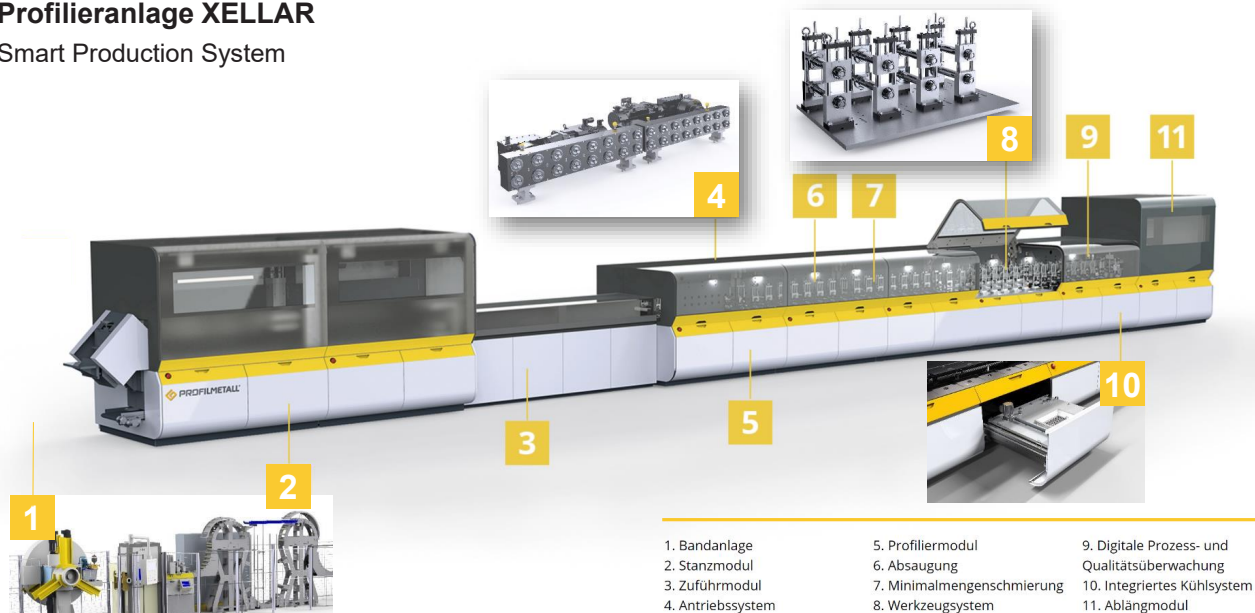
- Erkenntnisse:
 - Optimierungsfähiger Ausgangszustand erfahrungsbasiert detektiert
 - Nach erster Simulation treibenden Durchmesser an 7 Stationen optimiert (an Stationen 5-12)
 - Weitere Optimierung durch Anpassung des Gerüstabstands von 160 mm auf 320 mm (zwischen Stationen 15 – 18)
 - Kenngröße Umformarbeit eignet sich für qualitativen Vergleich
 - Verminderung von Schlupf und Verschleiß
 - Verbesserung der Oberflächenqualität erwartet

- Ausblick / Prognose für weitere Entwicklung
 - Energie-Monitoring bei Anlagen im Feld
 - Simulative Optimierung von Rollensätzen
 - Berücksichtigung bei Neuentwicklung
 - Überarbeitung bestehender Rollensätze als Dienstleistung
 - Umsetzung im Anlagenbau mit flexiblen Fertigungskonzepten



Profileranlage XELLAR

Smart Production System

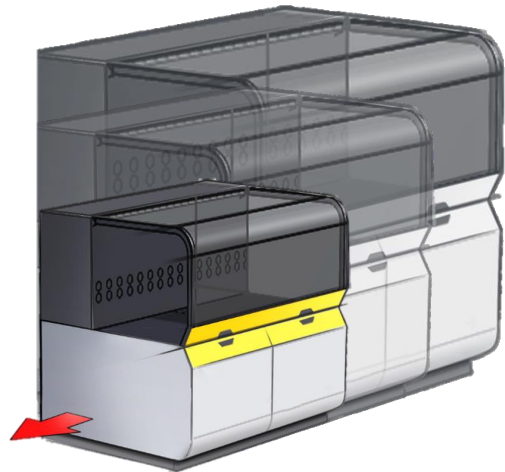


- | | | |
|-------------------|----------------------------|---|
| 1. Bandanlage | 5. Profilermodul | 9. Digitale Prozess- und Qualitätsüberwachung |
| 2. Stanzmodul | 6. Absaugung | 10. Integriertes Kühlsystem |
| 3. Zuführmodul | 7. Minimalmengenschmierung | 11. Ablängmodul |
| 4. Antriebssystem | 8. Werkzeugsystem | |

Ressourceneffizienter Anlagenbau

XELLAR als maßgeschneiderte Lösung

- Skalierung der Fertigungszellen entsprechend der Blecheinlaufbreite und -dicke
 - XELLAR 200, 300 und 400
- Jede Fertigungszelle als voll funktionsfähige Einheit
 - Rollformen:
 - Angepasste Antriebsleistung (bis 4 x 20 kW)
 - Variables Übersetzungsverhältnis
- Stanzen / Trennen:
 - Bestmögliche Antriebsauslegung (Hydraulik / Servo-Elektrik)
 - Abstufung der Antriebe je nach Kraftbedarf (Anzahl Aktoren)
- Anlagenübergreifend:
 - Energierückgewinnung aus diskontinuierlichen Prozessschritten (Stanzen / Trennen / Haspel), kurzzeitige Speicherung und Einspeisung in kontinuierliche Arbeitsschritte (Rollformen)



© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 15

Ressourceneffizienter Anlagenbau

Prinzip der Energierückgewinnung

- Wirkprinzip zur Energierückgewinnung
 - „Speicherung“ der Energie im Zwischenkreis
 - Auslegung der Komponenten im Schaltschrank
 - Abstimmung kontinuierlich und diskontinuierlich betriebener Antriebseinheiten
- Umsetzung mit modularem Anlagenkonzept
- Reduktion der Spitzenlast und somit Nennleistungsbedarf der Anlage
 - Vorteile am Aufstellort
 - Verbesserte Netzstabilität
 - Kostenvorteile
- Anlagenspezifische Bewertung notwendig
 - Normiertes Vorgehen zur Bestimmung der Einsparungen wird erarbeitet



© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 16

Zusammenfassung und Ausblick

Energetische Optimierung der Prozesskette zur Profilerstellung

- Richtlinien und Gesetze verlangen Handeln seitens der Anwender und Anlagenhersteller
- Prozessbeobachtung und Ressourcen-Monitoring ausschlaggebend für das Erkennen von Verbesserungspotenzial
- FEA und Simulation bietet Möglichkeit zur Optimierung bestehender und neuer Prozesse
- Erkenntnisse werden im Anlagenbau umgesetzt und können mit dem XELLAR-Konzept ressourcenschonend realisiert werden
- Energierückgewinnung mit modularem Aufbau möglich
- Bewertung des Einsparpotenzials wird in Abhängigkeit der Anlagenkonfiguration angestrebt

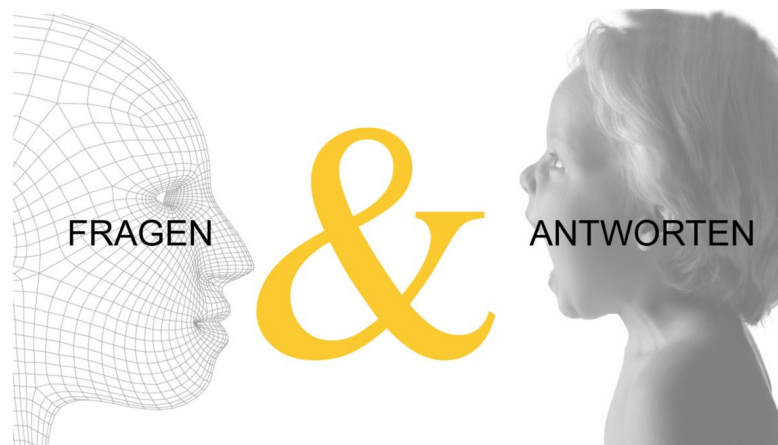


© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 17

Abschluss

Kontakt

- Bei Rückfragen stehen wir gerne mit Rat und Tat zur Seite
 - Peter Sticht | Leiter Innovation & PMO
 - Stefan Freitag | Entwicklungsleiter
 - Steffen Keller | Technischer Leiter
- PROFILMETALL Engineering GmbH
 Dillberg 22
 97828 Marktheidenfeld
- Tel.: +49 (0)9391 9888-0
- www.xellar.de



© Profilmittel Engineering GmbH | 23.03.2023 | 18

Beeinflussung der Verarbeitungseigenschaften von Bandstählen zum Walzprofilieren

André Reimann, Thorsten Köhler

C.D. Wälzholz GmbH & Co. KG, 58093 Hagen

Komplexe Bauteilgeometrien mit engen Toleranzen und geringsten Form- / Lageabweichungen, in Verbindung mit hohen Forderungen an die Festigkeit, bilden heute eine der grossen Herausforderungen an die Produktionstechnologien beim Walzprofilieren. Als Rohmaterial finden die so genannten Hochfestwerkstoffe in warm- / und kaltgewalzter Bandausführung immer mehr Anwendung, um die Erwartungen an Bauteilfestigkeit plus potenzielle Gewichtsreduktion erfüllen zu können. Zur Abbildung der Spezifikation hinsichtlich der mechanisch technologischen Kennwerte stehen dem modernen Kaltwalzwerk unterschiedliche Herstellungskonzepte zur Verfügung, die eine Vorauswahl in Richtung bestmöglicher Eignung zur geplanten Weiterverarbeitung ermöglichen.

Neben der grundsätzlichen Beeinflussung der späteren Verarbeitungseigenschaften beim Walzprofilieren durch die chemische Zusammensetzung der Stahlwerkstoffe und ihre Gefügeausbildung, liegt in der Einstellung geringer Dickentoleranzen längs und quer zur Walzrichtung eine Stellschraube. Darüber hinaus ist die Lage der mechanisch technologischen Kennwerte, insbesondere ihrer Streubänder über die Aderlängen der zur verarbeitenden Coils innerhalb eines Fertigungsloses, oder auch den Folgelieferungen von hoher Bedeutung. Die im Kaltwalzwerk durch die spezifischen Produktionsschritte einstellbaren, geringen Streubänder von Banddicke, Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung stellen eine Option für den stabilen Anlagenlauf, mit vertretbarem Stelaufwand und werkstoffbedingten, geringen Stillstandszeiten dar.

Keywords: Bandstahl, Verarbeitungseigenschaften, Dickentoleranzen, Rückfederung



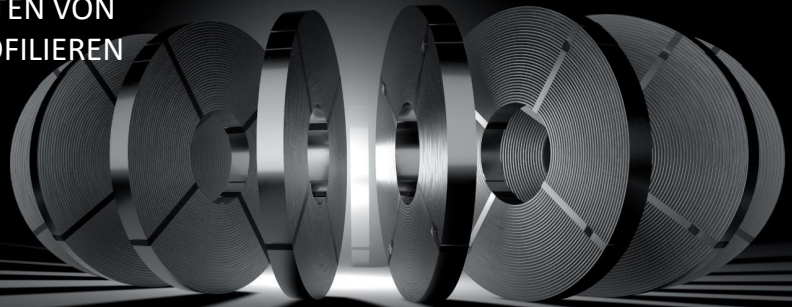
WAEZHOLZ

BEEINFLUSSUNG DER VERARBEITUNGSEIGENSCHAFTEN VON BANDSTÄHLEN ZUM WALZPROFILIEREN

WAPRO 2023

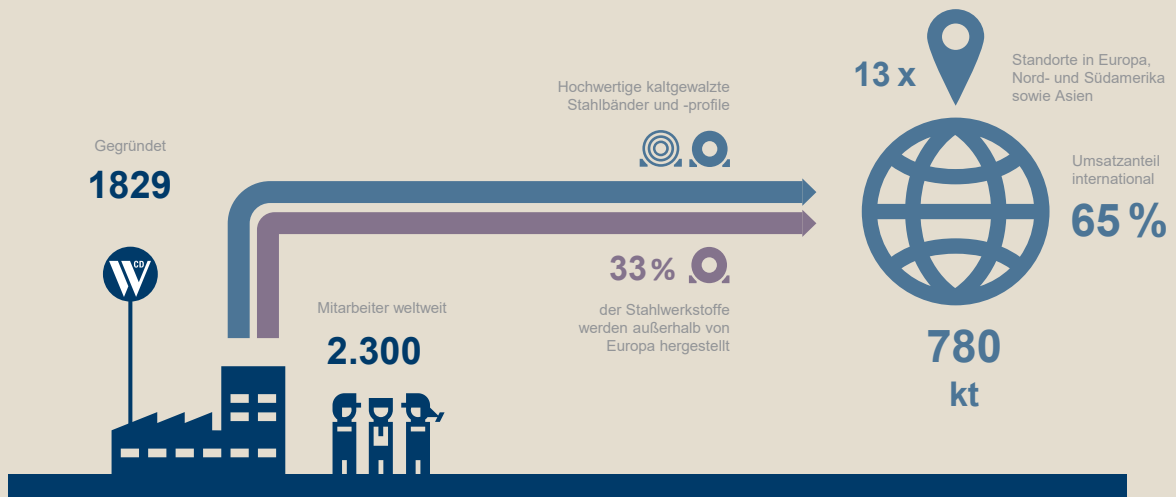
Dipl.-Ing. Thorsten Köhler

B.Eng. André Reimann



waelzholz.com

In Zahlen gefasst

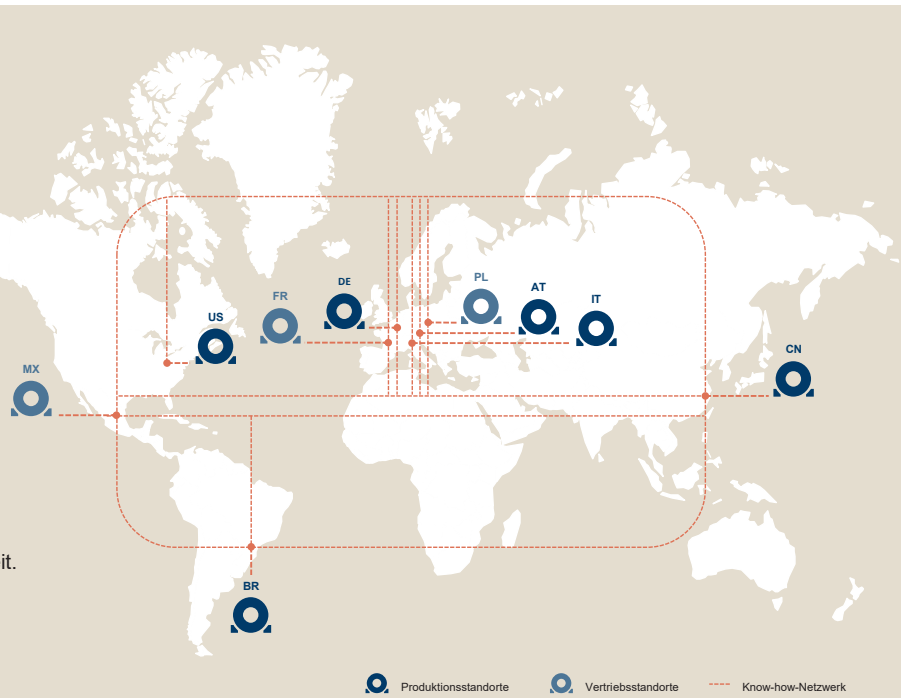


waelzholz.com

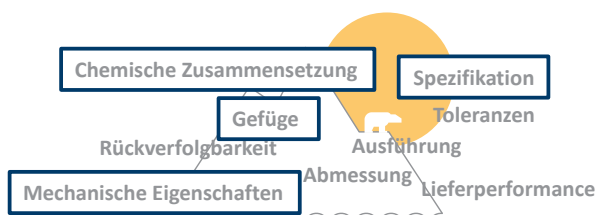
2

Für Sie vor Ort

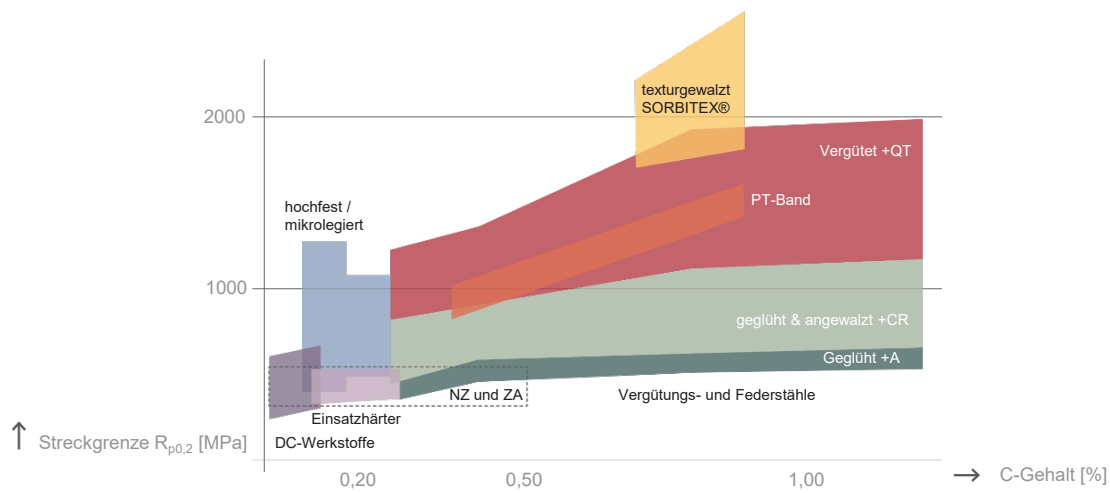
Werkstoffentwicklung und -qualität über alle Standorte hinweg. Weltweit.



Materialeigenschaften



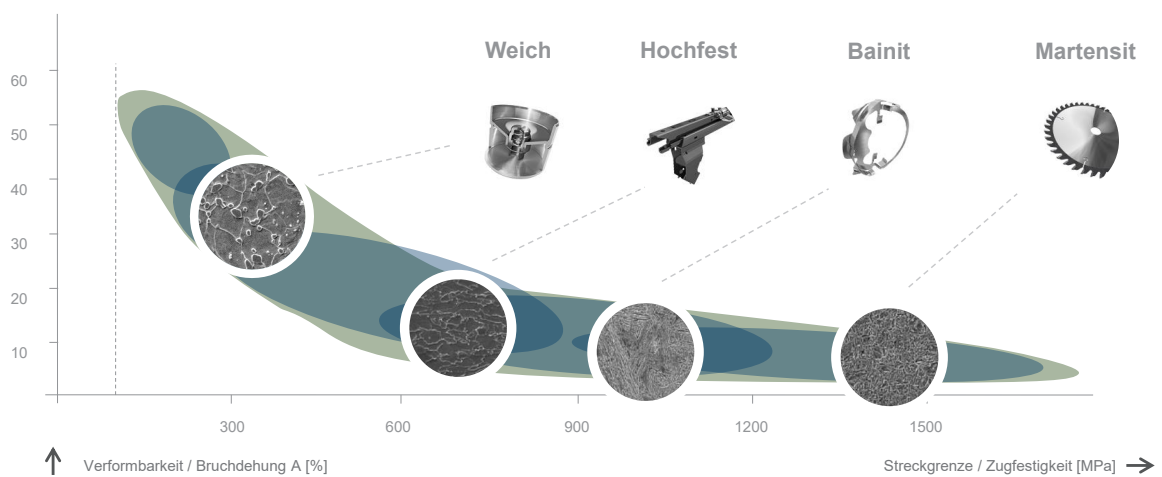
Materialeigenschaften
Werkstoffpalette



waelzholz.com

5

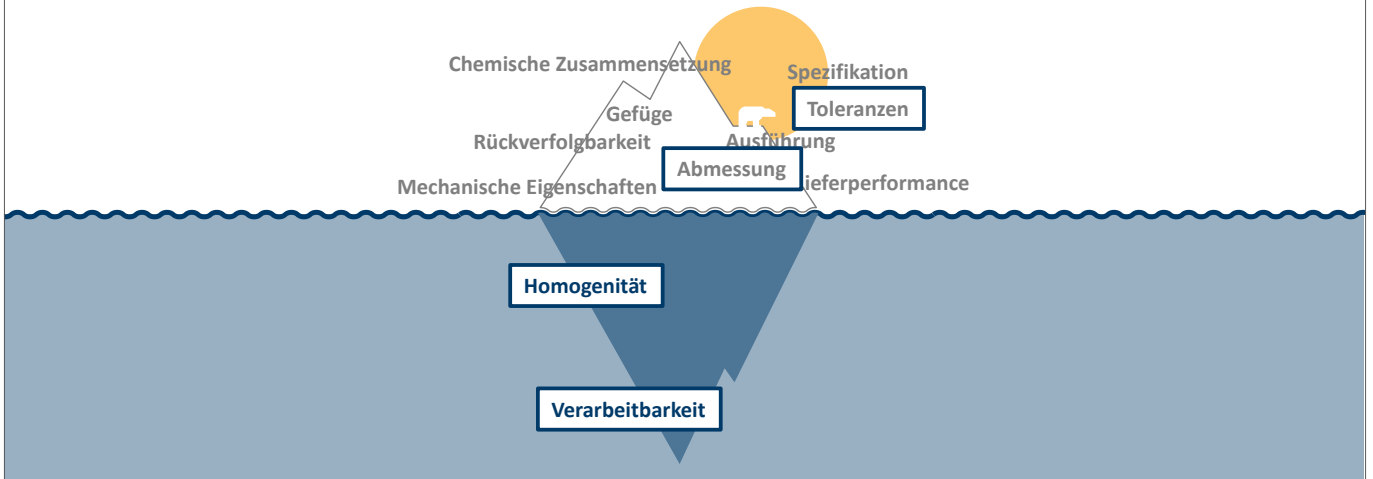
Materialeigenschaften
Werkstoffpalette



waelzholz.com

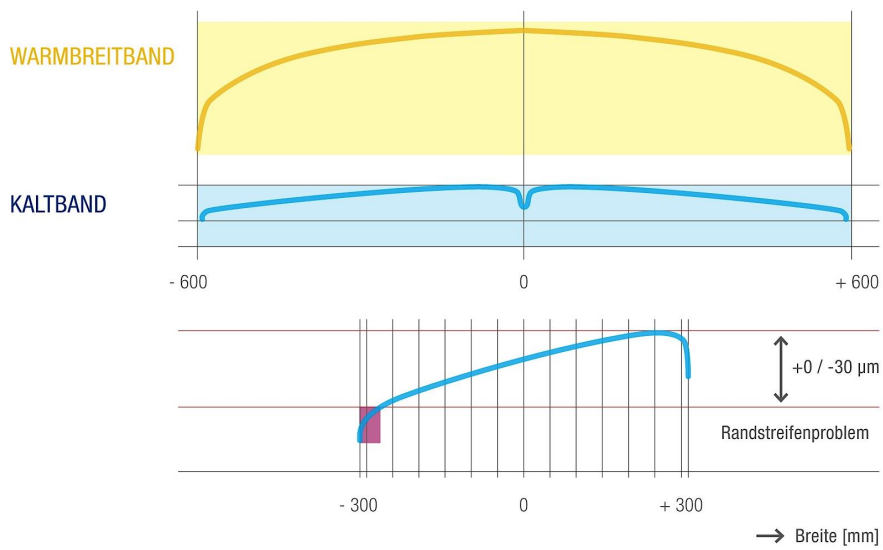
6

Materialeigenschaften



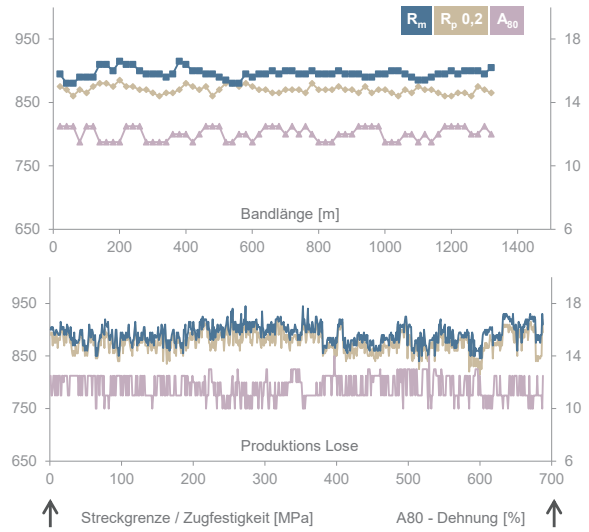
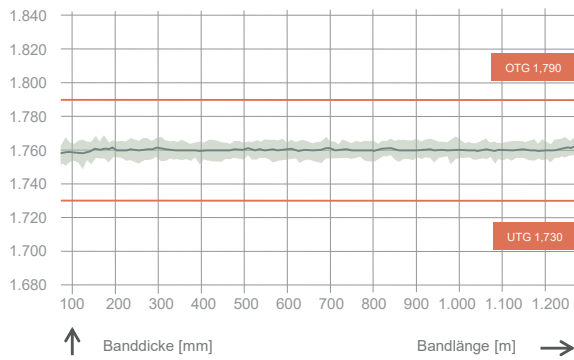
Materialeigenschaften

Ausgangslage: Profilverteilung Quer



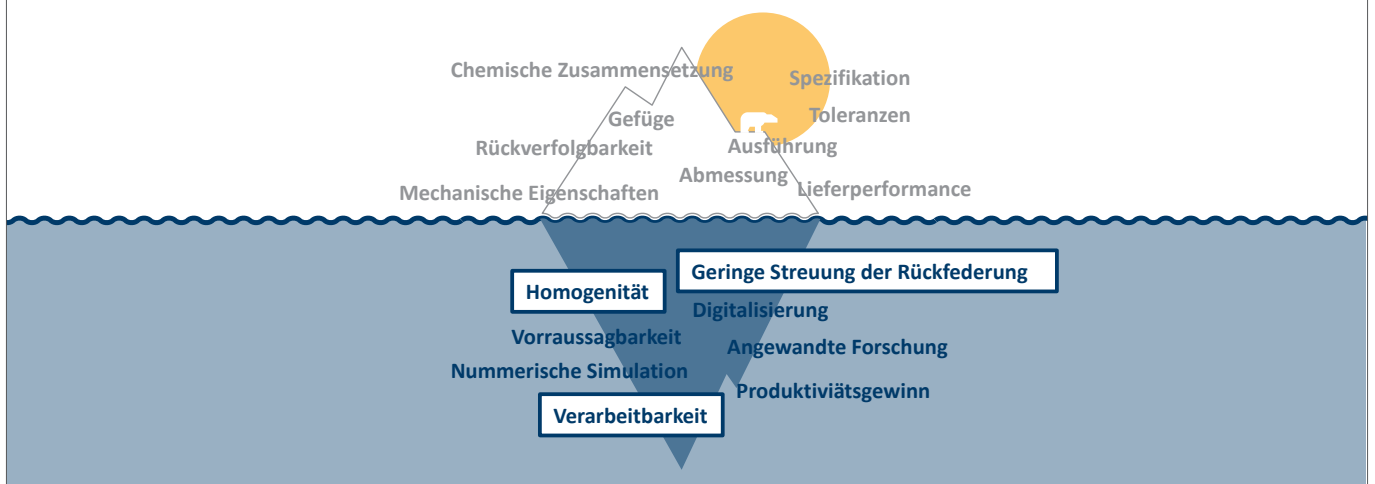
Materialeigenschaften

Kontrollparameter



Anwendungseigenschaften

Reichweite von Eigenschaften



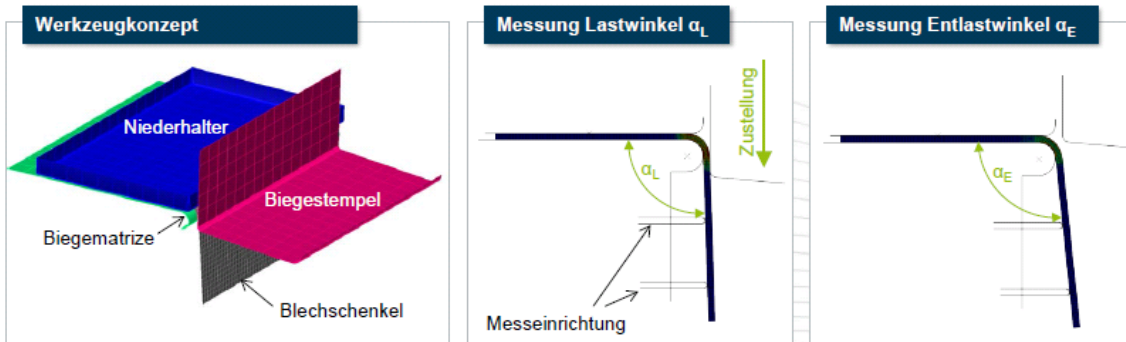
Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80



Versuchsplan:

- Probenentnahme über Bandlänge
- Biegung in Servopresse an 4 Stellen je Probestreifen (ca. 25 / 70 Stück)
- Versuchsdurchführung am ACS in Attendorf
- 1.Versuch: Vergleich Rawael 80 Serie vs. Rawael 80 aus zu qualifizierender Rohmaterialquelle
- 2.Versuch: Vergleich Rawael 80 Serie vs. CPW 900



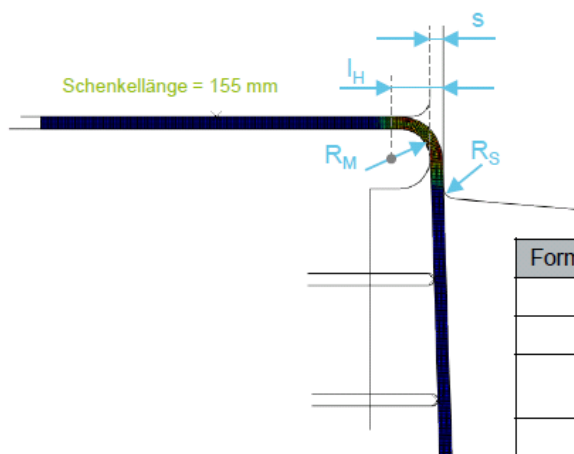
waelzholz.com

11

Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80

Werkzeugkonstruktion:



Formelzeichen	Benennung	Wert
R_M	Biegeradius Matrize	5 mm
R_S	Radius Stempel	2 mm
s	Spalt zwischen Stempel und Matrize	2,2 mm
l_H	Hebelarm Biegebalken	7,2 mm

waelzholz.com

12

Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80

Materialeigenschaften:

		Rawael 80-1	Rawael 80-2
Dicke	[mm]	1,7	1,7
Rp 0,2	[MPa]	850	900
Rm	[MPa]	890	930
Rp/Rm	[%]	95	97
A80mm	[%]	11	10,5

Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80

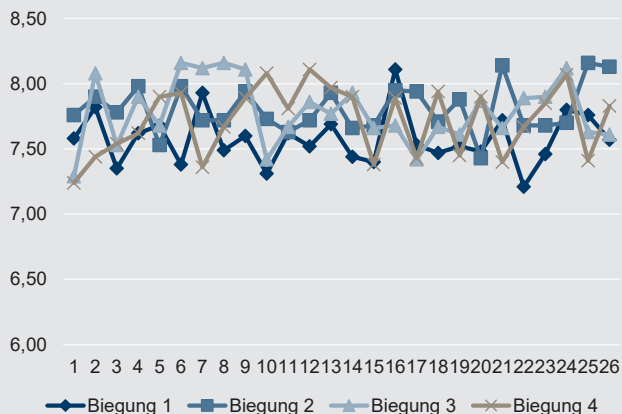
Ergebnis:

	Rawael 80-1	Rawael 80-2
Durchschnitt	7,71°	7,56°
stand. Abw.	0,257	0,324
min	7,03°	6,95°
max	8,16°	8,26°
max-min	1,13°	1,31°
n	104	96

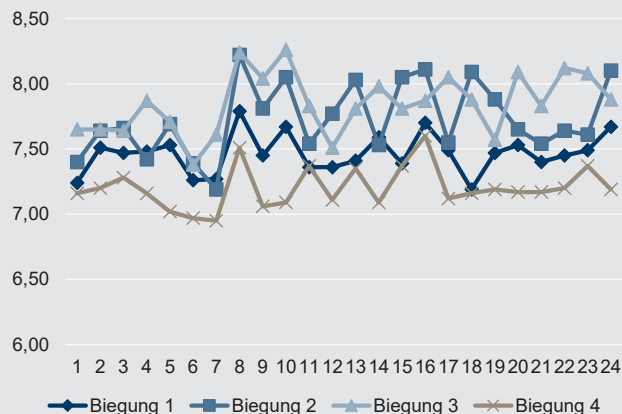
Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80

Rückfederungswinkel
Rawael 80-1



Rückfederungswinkel
Rawael 80-2



waelzholz.com

15

Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80 vs. CP 900

Materialeigenschaften:

		Rawael 80-1	CP 900
Dicke	[mm]	1,7	1,25
Rp 0,2	[MPa]	850	470
Rm	[MPa]	890	760
Rp/Rm	[%]	95	62
A80mm	[%]	11	20

waelzholz.com

16

Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80 vs. CP 900

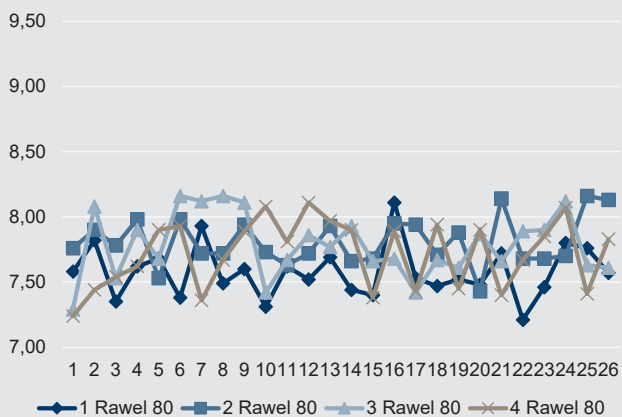
Ergebnis:

	Rawael 80-1	CP 900
Durchschnitt	7,71°	8,62°
stand. Abw.	0,257	0,300
min	7,03°	7,83°
max	8,16°	9,32°
max-min	1,13°	1,49°
n	104	280

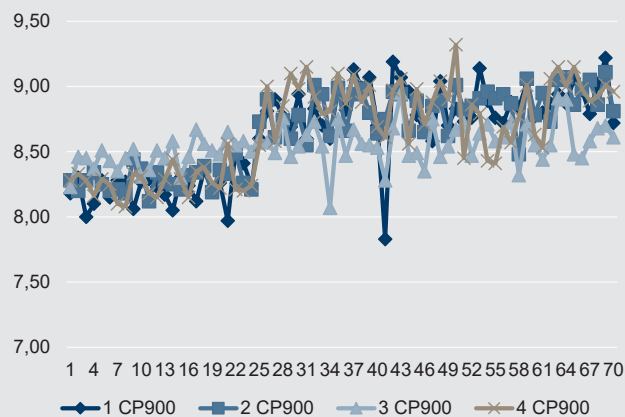
Streuung der Rückfederungswinkel

Biegeversuch Rawael 80 vs. CP 900

Rückfederungswinkel
Rawael 80



Rückfederungswinkel
CP 900



Fazit

- Neben der grundsätzlichen Beeinflussung der Verarbeitungseigenschaften durch die chemische Zusammensetzung und die Gefügeausbildung, ist die Einstellung geringer Dickentoleranzen und Lage der mechanisch technologischen Kennwerte von hoher Bedeutung
- Insbesondere die Streubänder über die Aderlängen der zur verarbeitenden Coils sind innerhalb eines Fertigungsloses, oder auch den Folgelieferungen von hoher Bedeutung.
- Die im Kaltwalzwerk einstellbaren geringen Streubänder von Banddicke, Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung stellen eine Option für den stabilen Anlagenlauf, mit vertretbarem Stallaufwand und geringen werkstoffbedingten Stillstands Zeiten dar.

