

BMUB - UMWELTINNOVATIONPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

NKa3 – 003415: Innovative duale Enden-Bearbeitung

Fördernehmer/-in:

Köhler Besitz GmbH & Co. KG

Umweltbereich

(Ressourceneffizienz, Energie)

Laufzeit des Vorhabens

Autor

Christian Köhler,
Michael Mette, ib mette, Warstein

**Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau
und Reaktorsicherheit**

Datum der Erstellung

21.04.2020

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: UBA: 90 030/147		Vorhaben-Nr.: 3414	
Titel des Vorhabens: Innovative duale Enden-Bearbeitung			
Autor/-en) (Name, Vorname) Christian Köhler Mette, Michael		Vorhabenbeginn: 24.04.2019	
		Vorhabenende: (Abschlussdatum): 29.02.2020	
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift) Köhler Besitz GmbH & Co. KG Edisonstraße 27 59199 Bönen		Veröffentlichungsdatum: Seitenzahl: 33	
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesumweltministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.			
Kurzfassung Die Firma Stahlwerk Unna gilt als führender Hersteller für gezogene, gehärtete Qualitäts- und Edelstähle. In der Produktgruppe der Stabzieherei werden mit einer neuen innovativen dualen Enden-Bearbeitungsanlage individuell konfektionierte Werkzeugstähle, in kundenspezifischen Längen von 70 – 150 mm, hergestellt. Diese Stäbe werden als Halbzeuge vertrieben und dienen den Werkzeugherstellern zur Herstellung von Bohrern oder Schraubendrehern. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf gezogene Blankstähle in Form von Werkzeugstählen und Edelbaustählen, die auf beiden Seiten mit einer Fase bearbeitet sind und so direkt beim Kunden an den Anlagen weiterverarbeitet werden. Ein weiterer Bestandteil des neuen Prozesses ist eine im Vorzug installierte akustische Ziehsteinüberwachung, die sowohl den Zustand des Ziehsteins, als auch den Draht überwacht. Mit dem neuen Prozess lassen sich der Materialeinsatz, der Energieeinsatz und der CO ₂ – Ausstoß nachhaltig reduzieren. Neben der Prozessumstellung des Drahtziehens wurde auch erstmalig im Stahlwerk Unna ein neues Logistikkonzept implementiert. Dabei werden die produzierten Halbzeuge nicht mehr in Einweg Holzkisten verpackt und an die Kunden geliefert, sondern fallen direkt aus der Enden-Bearbeitung in Mehrwegmetallkisten, die im Kreislaufsystem immer wieder verwendet werden. Bezogen auf den Umweltaspekt kann mit der neuen innovativen dualen Enden-Bearbeitung eine jährliche Materialreduzierung von ca. 102 t, eine jährliche Energieeinsparung von ca. 55.500 kWh und eine jährliche Verringerung des CO ₂ – Ausstoßes von ca. 200 t CO ₂ erreicht werden.			
Schlagwörter Duale Enden-Bearbeitung, akustische Ziehsteinüberwachung, Anfasanlage, Drahtziehen			
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 3 Elektronischer Datenträger: 1		Sonstige Medien: --- Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite: www.stahlwerk-unna.de	

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: UBA: 90 030/147	Project-No.:3414
Report Title: Innovative dual end machining	
Author/Authors (Family Name, Firstname) Köhler, Christian Mette, Michael	Start of project: 24.04.2019 End of project: 29.02.2020
Performing Organisation (Name, Address): Köhler Besitz GmbH & Co. KG Edisonstraße 27 59199 Bönen	Publication Date: No. Of Pages: 33
Funded in the Environmental Innovation Program of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety	
<p>Summary:</p> <p>Stahlwerk Unna is a leading manufacturer of drawn, hardened, high grade and stainless steels. In the product group of rod drawing items, individually assembled tool steels in customer-specific lengths of 70 - 150 mm are manufactured using a new, innovative dual-end machining system. These rods are sold as semi-finished products and are used by tool manufacturers to manufacture drills or screwdrivers.</p> <p>The main focus is on drawn bright steels in the form of tool steels and high-grade structural steels, which are machined on both sides with a chamfer and are thus processed directly at the customer's machineries. Another component of the new process is an acoustic drawing die monitoring system, which monitors the condition of the drawing die as well as the wire.</p> <p>With this new process, the input amount of steel as well as energy and CO₂ emissions can be sustainably reduced.</p> <p>In addition to this innovation in the wire drawing process, a new logistics concept was also implemented for the first time at STAHLWERK UNNA. The semi-finished products are no longer packed and supplied to customers in single-use wooden boxes, but fall straight from end processing into reusable metal boxes that are used over and over again in a recycling system.</p> <p>With regard to the environmental aspect, the new innovative dual end processing can achieve an annual material reduction of approx. 102 t, an annual energy saving of approx. 55,500 kWh and an annual reduction in CO₂ emissions of approx. 200 t CO₂.</p>	
Keywords: Dual end machining, acoustic drawing die monitoring, chamfering system, wire drawing	

Inhaltsverzeichnis zum Abschlussbericht

Inhalt

1. Einleitung	5
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	5
1.2 Ausgangssituation	5
2. Vorhabenumsetzung	10
2.1 Ziel des Vorhabens	10
2.2 Technische Lösung	10
2.3 Umsetzung des Vorhabens	16
2.5 Behördliche Anforderungen	17
2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	18
3. Ergebnisse	19
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung	19
3.2 Stoff- und Energiebilanz	19
3.3 Umweltbilanz	25
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	26
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	27
4. Übertragbarkeit	28
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	28
4.2 Modellcharakter	29
5. Zusammenfassung	30
5.1.1 Einleitung	30
5.1.2 Introduction	30
5.2.1 Vorhabenumsetzung	30
5.2.2 Project implementation	31
5.3.1 Ergebnisse	31
5.3.2 Project results	31
5.4.1 Ausblick	31
5.4.2 Prospects	32
6. Anhang	33
6.1 Referenzdaten	33
6.2 Bilder - Quellenverzeichnis	33

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Firma Stahlwerk Unna gilt als führender Hersteller für gezogene, gehärtete Qualitäts- und Edelstähle. Das Unternehmen produziert zwei unterschiedliche Produktgruppen. In einem Bereich wird gehärteter Bandstahl produziert. Aus dem Bandstahl werden Produkte wie Kellen, Spachtel und Sägen gefertigt. Im Automotivsektor wird der Bandstahl als Basis für die Herstellung von Kupplungsfedern und Stoßdämpfer verwendet.

In der zweiten Produktgruppe wird Stabstahl produziert. Im Bereich der Stabzieherei werden individuell konfektionierte Werkzeugstähle, auf Wunsch in kundenspezifischen Längen gefertigt. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf gezogene Blankstähle in Form von Werkzeugstählen und Edelbaustählen. Diese Stäbe werden z.B. als Halbzeuge vertrieben und dienen den Werkzeugherstellern zur Herstellung von Bohrern oder Schraubendrehern.



Bild 1: Stahlwerk Unna in Bönen

Die neue Anlage wird von der Köhler Besitz GmbH & Co. KG gekauft, eingesetzt wird die Anlage bei der Firma Stahlwerk Unna GmbH & Co. KG in Bönen. Im Stahlwerk Unna werden mit einer Mitarbeiteranzahl von 94 Mitarbeitern und einem Umsatz von 29.665 T€, einer Bilanzsumme von 10.369 T€, ca. 15.559 Tonnen Stabstäbe und Bandstahl pro Jahr gefertigt.

1.2 Ausgangssituation

In der Stab- und Drahtzieherei im Stahlwerk Unna wurde bisher ein Teil der gezogenen Drähte als Halbzeuge für die Werkzeugindustrie als Stangen gefertigt

und geliefert. Nach Anlieferung der Stangen kürzte der Kunde diese dann auf die entsprechenden Längen zur Herstellung seiner Werkzeuge (z. B. Spiralbohrer).

Je nach Kunden bekamen diese für die Fertigung ihrer Werkzeuge das Halbzeug in einer Stangenlänge zwischen 2.000 mm bis 6.000 mm angeliefert. Die Stangen wurden im konventionellen Prozess auf den entsprechenden, vom Kunden bestellten, Durchmesser gezogen, gerichtet, geschliffen und auf die entsprechende Länge abgetrennt. Anschließend wurden die gebündelten Stangen, je nach Durchmesser und Länge in Einwegholzkisten oder nur als Bündel verpackt und an den Kunden verschickt. Der Kunde bearbeitete dann die gelieferten Stangen in der Regel durch sägen, bzw. durch abstechen zu den benötigten Kurzabschnitten (Halbzeug für Bohrer, ...) und drehte an den beiden Enden der Abschnitte im nächsten Arbeitsschritt eine Fase.

Detaillierte Beschreibung der Ausgangslage:

Als Vormaterial wird der Rohdraht in verschiedenen Materialgüten und Durchmessern als Coils angeliefert. Im ersten Arbeitsschritt wird dann der Draht, je nach Fertigungsvorgaben direkt weiterverarbeitet oder durch eine Wärmebehandlung in einem Glühofen weichgeglüht.

Der Draht hat im Anlieferungszustand und durch die Wärmebehandlung eine Zunderschicht gebildet, die vor dem eigentlichen Ziehprozess entfernt werden muss. Dies erfolgt entweder durch eine Strahlanlage, in der das gebündelte Coil komplett gestrahlt wird, oder durch eine Durchlaufstrahlanlage, in der die Drähte direkt vor dem Ziehen gestrahlt werden.

Der Ziehprozess ist mit enormer Reibung verbunden. Daher werden Drahtcoils zur Weiterverarbeitung vor dem Ziehen oft mit Seife oder Öl beschichtet.

Die bis hierhin beschriebenen Prozessschritte werden auch weiterhin benötigt, die Umstellung auf den innovativen Prozess beginnt mit dem folgenden Stangenziehen. Zur Darstellung der Ausgangslage wird hier aber erst einmal herkömmliche Ablauf beschrieben.

Stangenziehen:

Der Draht wurde bisher von der Haspel (Bild 3) durch den Ziehsteinkasten (Bild 4) von der Stangenziehbank (Bild 6) gezogen. In dem Ziehsteinkasten befand sich ein Ziehstein, der den Drahtdurchmesser im Durchmesser reduzierte. Dabei wurde der Draht länger und das Material verfestigte sich. Der vereinfachte Prozess ist in Bild 2 dargestellt.

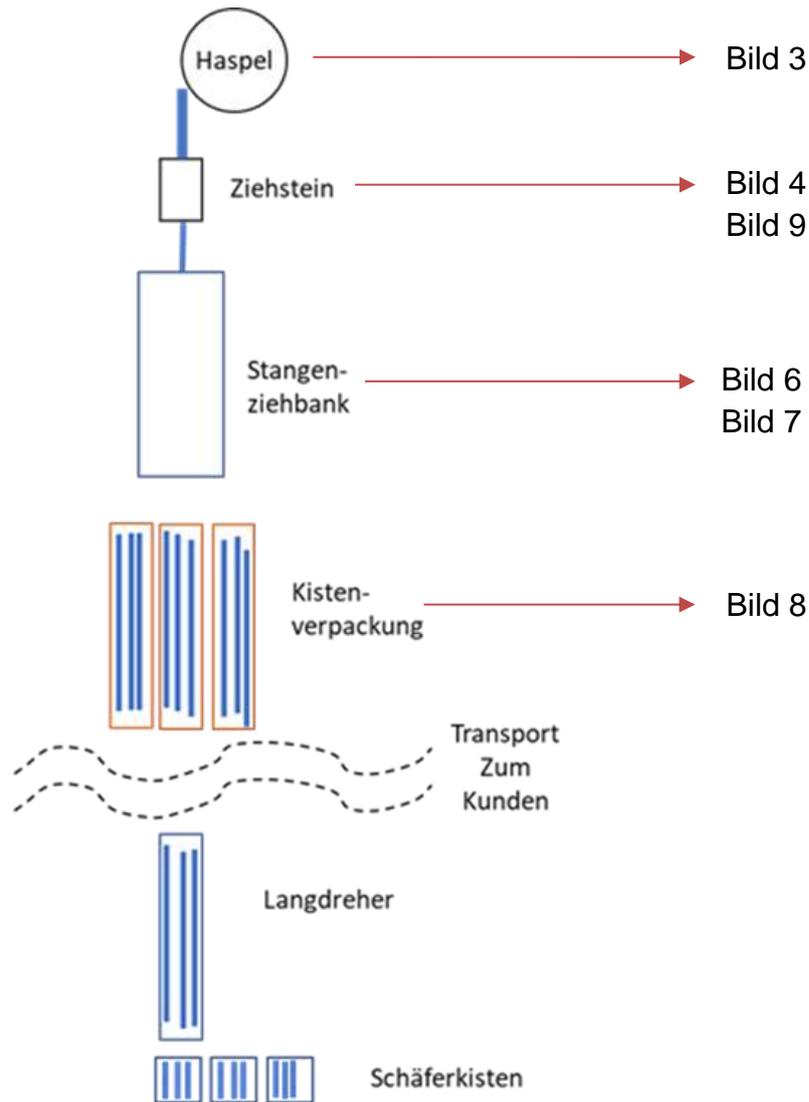


Bild 2: IST- Zustand des Stangenziehens



Bild 3: Drahthaspel



Bild 4: Ziehsteinkasten mit Ziehstein und Ziehmittel



Bild 5: Richtwerk



Bild 6: Stangenziehbank

Anschließend wird der gezogene Draht gerichtet (Bild 5) und in Stangen mit einer Länge zwischen 2.000 mm und 6.000 mm geschnitten (Bild 7).

Die Stangen wurden auf den entsprechenden Durchmesser (Fertigdurchmesser der Werkzeuge inklusive der erforderlichen Toleranz) gezogen. Verfahrensbedingt konnten die gezogenen Drähte in nur sehr groben Längentoleranzen gefertigt werden. Der Grund für die hohen Fertigungstoleranzen liegt darin, dass die Ziehgeschwindigkeit sinusförmig verläuft. Die einzelne Stange wird in der Stangenziehbank von zwei Schlitten gezogen und transportiert, die in den einzelnen Vorgängen jeweils beschleunigt und abgebremst werden. Bei der Übergabe der Stange von einem auf den anderen Schlitten werden diese nicht auf Stillstand abgebremst. Dadurch entsteht zwischen der Aufnahmerolle am Schlitten und der Stange Schlupf, der bei der Stange zu einer Genauigkeit mit einer Toleranz von +/- 10 mm führt.



Bild 7: geschnittene Stangen



Bild 8: Holzkisten

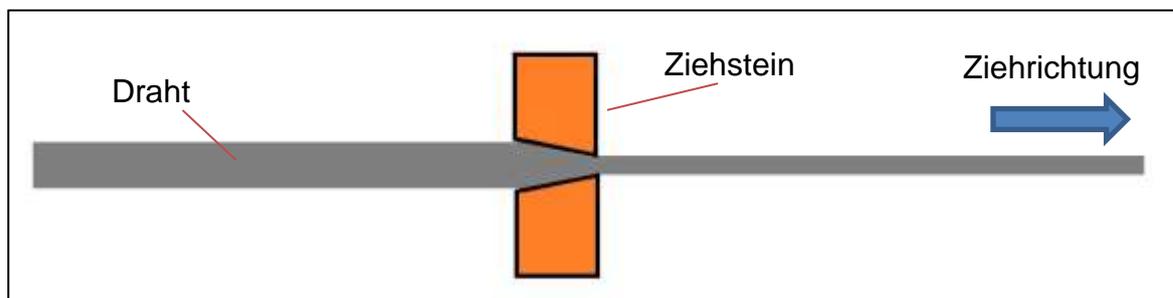


Bild 9: Prinzipskizze Ziehstein

Diese Stangen können bei Bedarf noch mal geschliffen werden. Im nächsten Prozessschritt werden die Stangenbündel verwogen und verpackt. Je nach Stangendurchmesser werden die Stangenbündel in Holzkisten verpackt (Bild 8) oder mit Bändern umwickelt und an die Kunden versendet.

Der Prozess (Anlieferung von Stangen zur Weiterverarbeitung) war für die Kunden nur ein Kompromiss, da deren Kernkompetenz nicht in der Aufteilung der gelieferten Stangen zu Kurzstücken liegt, sondern z.B. in der Herstellung der Spiralnut für Bohrer. Zudem hatte der bisherige Prozess den großen Nachteil, dass über die gesamte Prozesskette hoher Ausschuss an Produktionsmaterial und Verpackungsmaterial in Form von Holzkisten angefallen und das Handling der Stangen nicht in den optimalen Produktionsfluss der Kunden passte.

Überlegungen zur Umstellung des Produktes von der Stangenanlieferung zur Kurzstückanlieferung (Halbzeuge), scheiterte bisher an dem unwirtschaftlichen Herstellverfahren. Ohne das beidseitige Anfasen der Kurzabschnitte waren diese

für die Kunden nicht sinnvoll, da die gelieferten Kurzstücke vor der eigentlichen Verarbeitung (z.B. Herstellung einer Spiralnut) vereinzelt, manipuliert und anschließend final bearbeitet werden mussten. Um dies technisch beim Kunden durchzuführen, wäre für das Vorhalten eine zusätzlichen Prozesskette erforderlich, die in keinem sinnvollen Verhältnis zu Losgrößen, Wirtschaftlichkeit und Materialeffizienz stand.

2. Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Die Anforderungen der Kunden, die eine Anlieferung von fertigen Halbzeugen in Form von kurzen Drahtabschnitten mit einer beidseitigen Fase benötigen, lässt sich erst mit der Umsetzung dieses Vorhaben verwirklichen. Unter Umweltgesichtspunkten werden dazu zwei Ziele angestrebt, die in Kombination die angestrebten Umwelteffekte heben (Tabelle 1). Zum einen die Fertigung von Halbzeugen in Form von Kurzstücken und zum anderen die Umstellung der Verpackungseinheiten von Einweg- auf Mehrwegverpackungen.

Tabelle 1: Angestrebte Umwelteffekte / Einsparungen

Ressource/Energieträger	Einsparung
Stahldraht	70,45 t
Gas	26.500 kWh
Strom	11.400 kWh
Holz	9.000 kg
CO ₂	173.982 kg

2.2 Technische Lösung

Der bisherige Prozess des Stangenziehen so umgebaut worden, dass eine neuartige Prozess- und Anlagenkonfiguration entstand, die die geforderten Durchmesser und als Endprodukt die fertigen kurzen Halbzeuge mit der entsprechenden Längentoleranz herstellt.

Insbesondere ist es hierdurch möglich, sehr kleine Losgrößen von Halbzeugen auftragsbezogen zu fertigen.

Der Draht wird jetzt nicht mehr, wie im bisherigen Prozess, über die Stangenziehmaschine bearbeitet, sondern über den Vorzug direkt vom Drahtcoil.

Dies hat den großen Vorteil, dass die Kurzstücke direkt vom Coil ohne Produktionsausschuss abgetrennt werden und keine Reststücke von der Stange anfallen. Zusätzlich wird dem Kunden das Halbzeug nicht mehr in Einwegkisten aus Holz, sondern in stabilen Umlaufverpackungen, die direkt in den Prozess des Herstellers eingebunden werden können, geliefert.

Die Prozessabfolge ist in Bild 10 dargestellt und wird nachfolgend beschrieben:

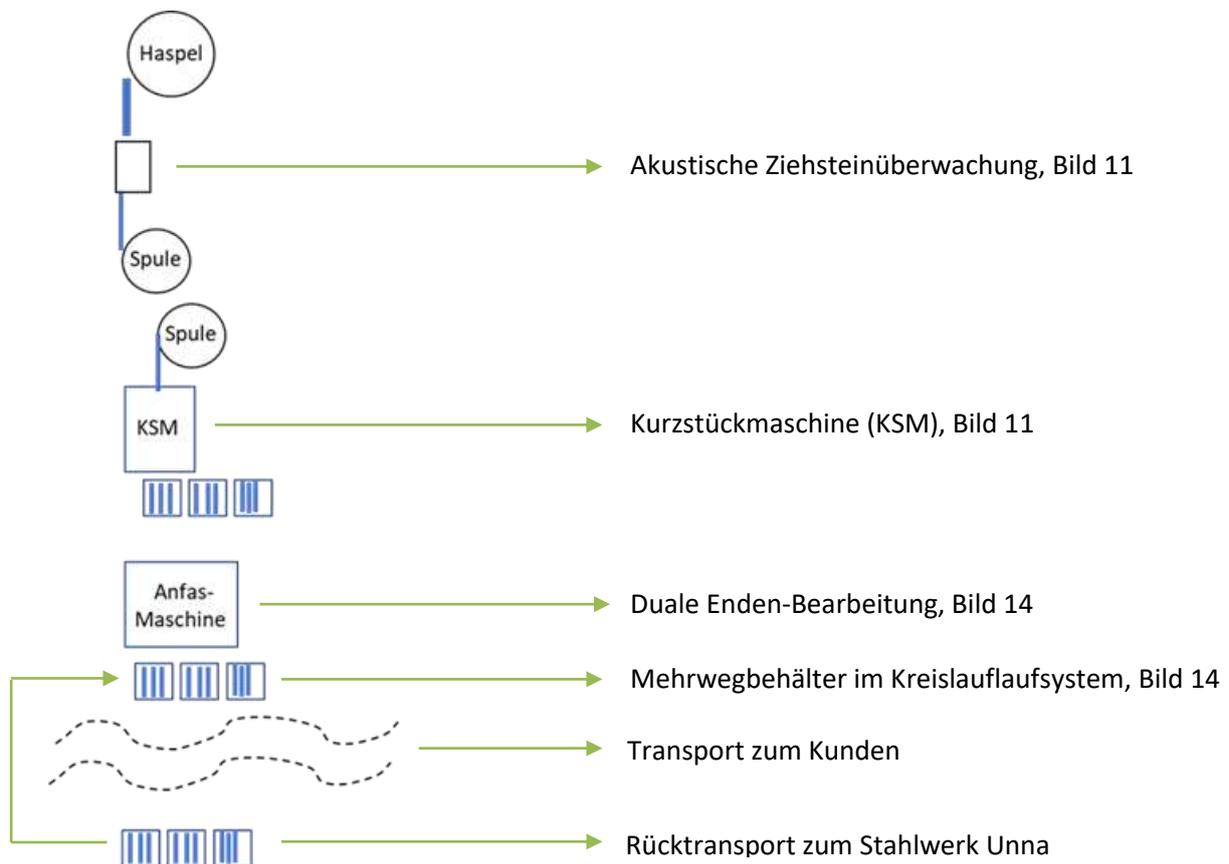


Bild 10: neue Prozessabfolge der dualen Enden-Bearbeitung

Die ersten Prozessschritte sind identisch mit der Ausgangslage vor Umstellung auf die duale Enden-Bearbeitung (siehe Abschnitt 1.2), die Änderung beginnt mit dem Vorziehen. Der geglühte und beschichtete Draht wird von einer Haspel durch einen Ziehstein gezogen und am Ende wieder aufgespult. Während der Ziehvorganges wird der Ziehstein durch die neue akustische Ziehsteinüberwachung kontrolliert. Durch die Platzierung der akustischen Ziehsteinüberwachung im Vorzug kommt diese nicht nur beim Draht für die Kurzstücke zum Einsatz, sondern auch bei allen anderen dort gezogenen Drähten. So wird auch bei diesen der Ausschuss durch verschlissene Ziehsteine minimiert.

Nach dem Vorzug wird die Spule mit dem gezogenen Draht in die Kurz-Stück-Maschine (KSM) übergeben. In der Kurz-Stück-Maschine wird der Draht auf das benötigte Maß getrennt, ohne dass dabei Ausschuss anfällt. Im Unterschied zur

Stangenziehbank können die Toleranzen der Kurzstücke klein gehalten werden ($\pm 0,25$ mm), da die Längenänderung des Ziehens, durch die Trennung der Prozessschritte (Vorzug – KSM), keinen Einfluss mehr haben (siehe Abschnitt 1.2).



Bild 11: Kurz-Stück-Maschine (KSM)



Bild 12/13: verschiedene Kurzstücke

Die abgetrennten Kurzstücke werden anschließend auf der neuen dualen Enden-Bearbeitungsmaschine mit einer beidseitigen Fase versehen. Die Anlage ist so konzipiert, dass die Fertigungslängen von 70- 150 mm prozesssicher bearbeitet werden können (siehe Abschnitt 2.2 – technische Lösung). Nach Fertigung der beidseitigen Fase werden die fertigen Halbzeuge gewogen, etikettiert und verpackt. Dazu werden Metallkisten als Mehrwegverpackung eingesetzt, die im Kreislaufsystem zwischen dem Stahlwerk Unna und den Kunden eingesetzt werden.



Bild 14: Metallkisten für das Kreislaufsystem

Die technische Lösung zur Umsetzung der Prozessumstellung beinhaltet im Wesentlichen zwei neuartige Bausteine, die eine ressourceneffiziente Fertigung im eigentlichen Prozess, aber auch in den nachgelagerten Ketten ermöglicht.

Der erste Baustein der innovativen Prozesskombination ist eine neuartige akustische Überwachung der Ziehsteine, die die Qualität des Drahtes und damit den Verschleiß der Ziehsteine anzeigt. So können die Laufzeiten optimiert werden und der Austausch der Steine erfolgt frühzeitig, ohne dass erst Ausschuss am Draht erfolgt.



Bild 15: eingebauter HFIM-Sensor am Vorzug der dualen Enden-Bearbeitung

Hierzu wurde eine Ziehsteinüberwachung eingesetzt, die die Oberflächenrauigkeit misst, um so den rechtzeitigen Verschleiß der Ziehsteine anzuzeigen. Bei einer konstanten Ziehgeschwindigkeiten mit identischen Randbedingungen (saubere Drahtoberfläche, gleichmäßiger Schmierfilm, verschleißfreier Ziehstein) erzeugt das Ziehverfahren über eine gewissen Bandbreite bestimmte Schwingungen in einem bestimmten Frequenzbereich. Diese Schwingungen werden über einen akustischen Sensor im Hoch-Frequenz-Impuls-Messverfahren (HFIM) erfasst und mit den vorgegebenen Werten für die Ziehgeschwindigkeit abgeglichen und überwacht.

Verschlechtert sich die Qualität des Ziehsteines, treten leicht erkennbare Anomalien im HFIM-Abbild auf.

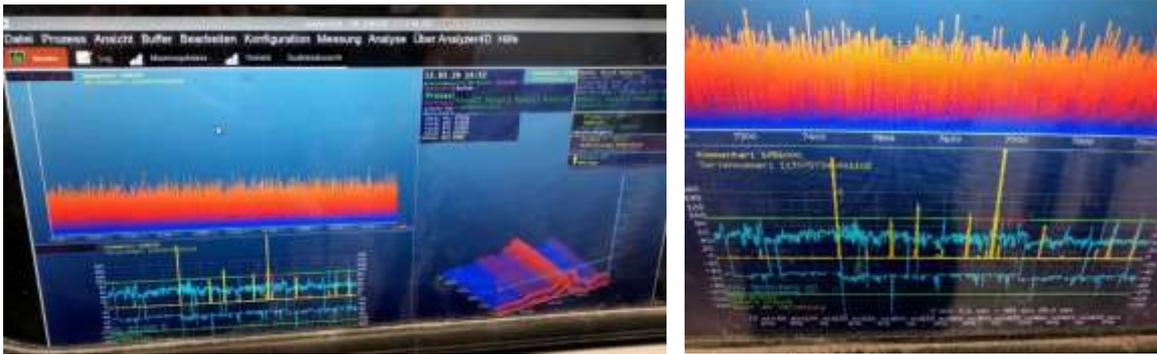


Bild 16/17: Anzeige der akustischen Ziehsteinüberwachung

Damit detektiert das System die Veränderung, die auftritt, wenn der Ziehstein Verschleißerscheinungen aufweist (scharf läuft) und eine Riefe auf dem gezogenen Draht zieht. Dieses geschieht, wenn sich z.B. Metallsplitter in den Ziehstein hineinziehen.

Der zweite innovative Baustein ist eine neue Produktionseinheit (Innovative Duale Enden-Bearbeitung). In dieser Anlage werden die gezogenen und geschnittenen Kurzstücke beidseitig mit einer Fase versehen. Die Innovation ist dabei die Länge der Kurzstücke. Mit dieser Anlage erhalten die Kurzstücke mit einer Länge zwischen 70 – 150 mm gleichzeitig an beiden Enden eine Fase, was bisher mit so nicht möglich war.



Bild 18: duale Enden-Bearbeitungsmaschine

Die Kurzstücke werden dabei auf der Anlage durch ein Transportaufzug vereinzelt und der Anlage zugeführt. Anschließend werden die Abschnitte in einem Scheibenmagazin zur Bearbeitung der Enden aufgenommen (Bild 20).



Bild 19: Transportaufzug
mit Vereinzlung



Bild 20: Scheibenmagazinaufnahme

Das Scheibenmagazin dreht sich in synchronisierter Geschwindigkeit zu den zwei gegenüberliegenden angetriebenen Werkzeugen, die sich auf zwei Schlitten aufeinander zubewegen (Bild 21). Nach der Enden-Bearbeitung werden die fertigen Kurzstücke aus dem Scheibenmagazin über eine Rutsche ausgeworfen (Bild 22).

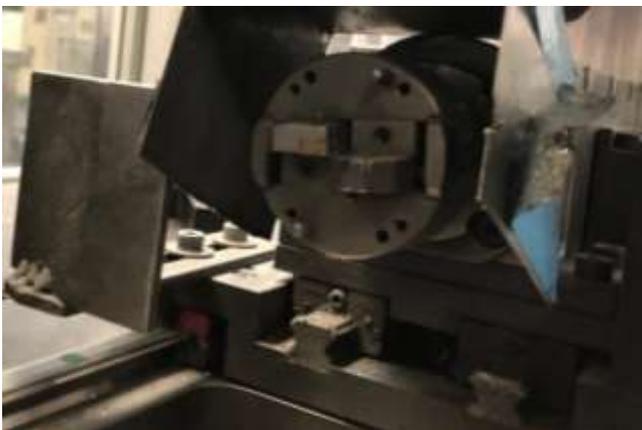


Bild 21: angetriebenes Anfas-Werkzeug

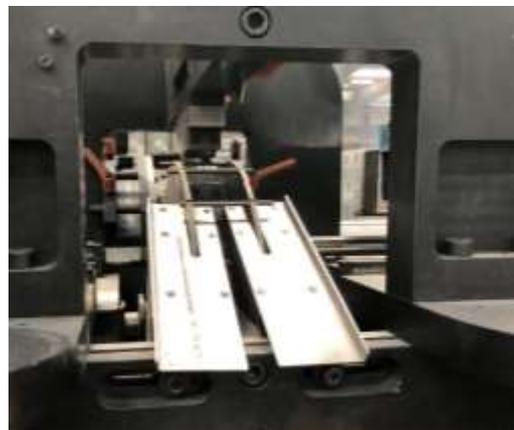


Bild 22: Teileauswurf, fertige Kurzstücke

Zur Fertigung der unterschiedlichen Kurzstücke können die Zuführung, das Scheibenmagazin, die angetriebenen Werkzeuge und die Teileauswurfrutsche entsprechend der Länge der zu fertigenden Kurzstücke, einfach gegeneinander verschoben werden, um den Abstand der unterschiedlichen Kurzstücke (verschiedene Längen der Kurzstücke) auszugleichen.

Nach der mechanischen Bearbeitung werden die Kurzstücke in Metallbehälter gefüllt und gewogen. Zur Optimierung des Prozessablaufes ist die Waage direkt neben der dualen Enden-Bearbeitung platziert.



Bild 23: angeschlossene Waage

Die Metallbehälter ersetzen die bisherigen Einwegholzkisten und werden im Kreislaufsystem zwischen dem Stahlwerk Unna und den Kunden als Mehrwegverpackung eingesetzt.

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Das Vorhaben startete im Jahr 2018 mit der Anforderung und der Idee, die benötigten Stabstähle nicht mehr als Halbzeuge im Stangenformat, sondern als kurze Abschnitte, die komplett von beiden Seiten mit einer Fase versehen sind an die Kunden zu liefern. Die Umstellung dieser Anforderung ließ sich aber mit den herkömmlichen Verfahren nicht, oder nur ressourcenintensiv umsetzen.

Daher wurde im Juli 2018 eine Projektskizze zur Prüfung der Förderfähigkeit bei der KfW eingereicht. Nach positiver Stellungnahme wurde die Köhler Besitz GmbH & Co. KG am 10. Oktober 2018 aufgefordert einen Antrag zu stellen, dieser wurde im November 2018 eingereicht.

Ende Januar wurde ein Antrag auf vorzeitigen Maßnahmenbeginn gestellt, der im März 2019 nachgebessert und im April 2019 genehmigt wurde.

Mit der Genehmigung des vorzeitigen Maßnahmenbeginns startete das Vorhaben am 24.04.2019.

Im ersten Projektabschnitt wurden die duale Enden-Bearbeitungsanlage (Bild 18) in Auftrag gegeben, nach Lieferung im Juli 2019 wurde diese aufgebaut und installiert. Parallel dazu wurde die akustische Ziehsteinüberwachung am Vorzug (Bild 15) eingebaut und parametrisiert. Hierzu wurde auf eine vorhandene Ziehsteinüberwachung zurückgegriffen, es bestand die Möglichkeit die vorhandene Messtechnik so zu modifizieren, dass eine Neuanschaffung, im Sinne eines verantwortungsvollen Umgangs mit den Fördermitteln, nicht notwendig war.

Für die Ziehsteinüberwachung wurde ein neues Programm entwickelt, inklusive einer Visualisierung (Bild 16/17). Dieses wurde extra auf den Doppelzug abgestimmt. Dabei wurden die zu untersuchenden Frequenzen angepasst. Das Mikrofon musste getauscht werden, da das alte Mikrofon für die zu Untersuchenden nicht optimal war. Die Idee der Modifizierung der Messtechnik ist in der Umsetzungsphase dieses Projektes entstanden. Wäre diese gescheitert, hätte man die akustische Ziehsteinüberwachung für die duale Enden-Bearbeitung neu bestellt.

Die bisherigen Ziehsteinüberwachungen erkennen Fehler in der Drahtoberfläche oder am Ziehstein (bedingt durch Materialfehler, Schmierfilmbrisse oder verschlissene Ziehsteine), die in der Regel dann auch schon Drahtausschuss bedeuten. Die modifizierte Ziehsteinüberwachung hat aber die Aufgabe die den Zustand des Ziehsteines so zu überwachen, dass möglichst kein Drahtausschuss entsteht und der Wechsel der Ziehsteine vorher erfolgt, und zwar immer bei einem Coilwechsel.

Die Installation einer akustischen Überwachung der Ziehsteine (so wie in unserem Projekt vorgesehen) war unseres Wissens bis dato nicht Stand der Technik und auch die akustische Überwachung der Ziehgeschwindigkeit und Schmiermittelbeschaffenheit ist laut Netzwerk Draht noch in der Erprobung und noch nicht Stand der Technik.

Nach Installation der dualen Enden-Bearbeitungsanlage und den ersten Einstellungen an der Ziehsteinüberwachung wurden die ersten Versuche gefahren.

Nach den ersten Versuchen und Einstellungen mit der Endenbearbeitung konnten an den Kurzstücken prozesssicher eine beidseitige Fase angebracht werden, so dass die ursprüngliche geplante Gut-Schlecht-Ausschleusung über eine Weiche nicht notwendig war. Durch weitere Anpassungen und Modifikationen an der Anlage konnte die Fertigungslänge der Stäbe minimiert werden. Nach Ende der Testläufe konnte eine Stablänge von 70 mm – 150 mm gefertigt werden, die geplanten Kurzstücklängen konnten bisher noch nicht prozesssicher gefertigt werden. Da nach Projektende nur Aufträge im prozesssicheren Längen vorlagen, ist man mit der Anlagenkonfiguration im März 2020 in Produktivstart gegangen. Zusätzlich wurde die Anlage mit einer Waage ausgestattet und man hat sich mit den Kunden auf eine einheitliche Behältergröße geeinigt (Bild 14).

2.5 Behördliche Anforderungen

An die Firma Stahlwerk Unna GmbH als Betreiber der Anlage und an die Köhler Besitz GmbH & Co. KG wurden, in Bezug auf das Vorhaben der neuen duale Enden-Bearbeitung, keine behördlichen Anforderungen gestellt.

2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Erfassung der Daten zur Überprüfung der Ergebnisse wurden im Zeitraum von November 2019 bis Februar 2020 durchgeführt. Dabei wurden die Ausschussmengen bei Material an den jeweiligen Prozessschritten erfasst und mit den Produktionsdaten der Vorjahre verglichen und anhand der geplanten Mengen berechnet.

Die Energieeinsparung wurden die spezifischen Energieeinsätze pro eingesetzte Drahtmenge ermittelt. Diese Werte liegen für den spezifischen Energieverbrauchs [kWh/t] bei Strom und Gas vor, die Einsparung erfolgt über die Hochrechnung der geplanten Produktionsmengen.

Die Einsparung bei der Holzverpackung konnte anhand der durchschnittlichen Liefermenge und Verpackungsgröße, bezogen auf die geplante Produktionsmenge errechnet werden.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Die ersten Ergebnisse der Auswertung zeigen ein größeres Einsparpotential bei Material, Energie und den damit verbundenen CO₂-Emissionen als die angestrebten Einsparungen (siehe Tabelle 1). Es hat sich gezeigt, dass die in der Antragsphase ermittelten Einsparpotentiale schon bei den ersten Produktionstestläufen übertroffen wurden.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Die Materialeinsparungen, die durch die Prozessumstellung auf die duale Enden-Bearbeitung erreicht werden, lassen sich mehrere Teilbereiche aufteilen.

- Materialeinsparung durch Umstellung der Halbzeuge von Stangen auf Kurzstücke
- Materialeinsparung durch Überwachung der Ziehsteine
- Materialeinsparung durch Umstellung des Behältermanagement

Durch die Materialreduzierungen werden im Stahlwerk Unna, bedingt durch die Reduzierung der Ausgangsmengen, noch Energie in Form von Gas und Strom eingespart.

a) Materialeinsparung durch Umstellung der Halbzeuge von Stangen auf Kurzstücke

Zur Ermittlung der Einsparungen und zur anschließenden Berechnung des jährlichen Einsparpotentials werden die Produktionsmengen vor der Umstellung auf Kurzstücke mit den Ergebnissen der Versuche und der Optimierungstest mit einem Kurzstück mit einer Länge von 150 mm zugrunde gelegt.

In Tabelle 2 sind die Produktionsmengen (Input, Output und Ausschuss) für 3m Stangen angegeben, die vor der Umstellung auf die Kurzstücke produziert wurden. Diese werden an die Kunden ausgeliefert, die anschließend die Stangen in ihren Bearbeitungsmaschinen kürzen und zu Bohrerrohlingen verarbeiten.

Tabelle 2: Produktion Stangenmaterial

Plan Nr.	Bezeichnung	Stangenlänge	Einsatzgewicht [kg]	Fertiggewicht [kg]	Ausschuss [kg]
1187465	34CRNI- 10 MM RD	3 m	7.605	7.414	191
1187464	34CRNI- 10 MM RD	3 m	8.802	8.565	237
1187462	34CRNI- 10 MM RD	3 m	8.573	8.260	313
1183765	34CRNI- 10 MM RD	3 m	12.246	11.783	463
1194630	34CRNI- 10 MM RD	3 m	9.177	8.802	375
1184991	34CRNI- 10 MM RD	3 m	11.707	11.211	496
1193754	42CRMH- 10 MM RD	3 m	6.020	5.977	43
1193582	42CRMH- 10 MM RD	3 m	11.208	11.116	92
1185200	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.980	10.878	102
1193755	42CRMH- 10 MM RD	3 m	3.605	3.568	37
1183402	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.948	10.827	121
1190088	42CRMH- 10 MM RD	3 m	346	342	4
1188244	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.873	10.735	138
1183786	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.989	10.818	171
1194888	42CRMH- 10 MM RD	3 m	5.459	5.324	135
1194889	42CRMH- 10 MM RD	3 m	2.273	2.212	61
1184817	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.958	10.534	424
1191981	42CRMH- 10 MM RD	3 m	3.692	3.422	270
1192949	42CRMH- 10 MM RD	3 m	1.816	1.646	170
1186020	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.112	9.981	131
1187063	42CRMH- 10 MM RD	3 m	8.517	8.407	110
1190089	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.383	10.175	208
1195785	42CRMH- 10 MM RD	3 m	10.184	9.980	204
		Summe	186.473	181.977	4.496

Mit einem Einsatzgewicht von 186.473 kg werden 181.977 kg in 3m-Stangen produziert. Dies entspricht bei einem Stangegewicht (3m) von 1,8496 kg/Stück einer Stangenanzahl von:

$$\text{Stückzahl: } 181.977 \text{ kg} / 1,8496 \text{ kg/Stück} = 98.387 \text{ Stück}$$

Bei der Herstellung von 150 mm langen Bohrerrohlingen (Kurzstücke) aus einer Stange, könnten theoretisch 20 Rohlinge pro Stange hergestellt werden. Bedingt durch Spannmaße der Bearbeitungsmaschinen und durch den Schnitt und den Toleranzen der Stangenziehanlage, werden hier Nullschnitte gemacht. So dass aus einer Stange immer nur 19 Rohlinge hergestellt werden.

Damit werden aus 98.387 Stangen 1.869.353 Kurzstücke gefertigt.

Bei einem Gewicht der Kurzstücke (150 mm) von 0,0925 kg/Stück entstehen aus 98.387 Stangen 9.100,8 kg Ausschuss.

Bezogen auf die Einsatzmenge von 186.473 kg (Tabelle 1) entsteht ein Gesamtmaterialausschuss von:

Ausschuss: 4.496 kg + 9.100,8 kg = 13.596,8 kg

Dies entspricht einer Ausschussquote von 7,47%

Mit Umstellung auf die duale Endenbearbeitung wurden nach der Inbetriebnahme 12.683 kg (nach Tabelle 3) gefertigt. Dabei entstand eine Gutmenge von 12.580 kg und eine Ausschussmenge von 104 kg, dies entspricht einen prozentualen Ausschuss von 0,82 %

Tabelle 3: Kurzstücke duale Endenbearbeitung

Maße Kurzstücke	Einsatzgewicht [kg]	Ausgangsgewicht [kg]	Ausschuss- gewicht [kg]
4,5x100	1.534	1.519	15
10x150	1.576	1.574	2
7,4x120	7.123	7.054	69
8,8x150	328	324	4
10x150	2.122	2.108	14
Summe	12.683	12.580	104

Die Bearbeitungsmengen der Kurzstücke nach Tabelle 3 für den Testzeitraum entspricht nicht der jährlichen Menge, die mit der dualen Endenbearbeitung umgesetzt werden sollen. Daher wird das Einsparpotential für das Drahtmaterial auf die Jahresproduktionsmenge von 300 t hochgerechnet.

Rechnung:

- Jahresproduktion: 300 t
- Ausschuss Stangenziehen: 7,47 %
- Ausschuss Enden-Bearbeitung: 0,82 %
- Materialeinsparung absolut: $300 \text{ t} \times (7,47\% - 0,82\%) = \mathbf{19,95 \text{ t/a}}$
- Materialeinsparung prozentual: $8,04\% - 0,82\% = \mathbf{6,65\%}$

b) Materialeinsparung durch Überwachung der Ziehsteine

Mit Umstellung des neuen Prozesses auf die dualen Enden-Bearbeitung entfällt die Stangenzugmaschine. Somit ist es möglich die benötigten technischen Parameter (Durchmesser, Festigkeit, ...) für die Kurzstücke direkt am Vorzug herzustellen. Mit dem Vorzug werden aber auch noch weitere Drahtdurchmesser für andere Halbzeuge gefertigt, so dass sich die Installation der neuen akustischen Ziehsteinüberwachung nicht nur auf die Kurzstücke der dualen Enden-Bearbeitung, sondern auf alle Halbzeuge des Vorzuges positiv auswirken.

Tabelle 4: Mengen am Vorzug

Jahr	Einsatzgewicht [kg]	Ausgangsgewicht [kg]	Ausschussgewicht [kg]	Ausschussquote [%]
01/18- 12/18 ohne Ziehsteinüberwachung	1.867.243	1.783.214	84.121	4,51%
11/19-02/20 mit Ziehsteinüberwachung	632.481	625586	6.895	1,09%

Mit der Installation der Ziehsteinüberwachung nach Bild 15-17 wurde die Ausschussquote von 4,51% auf 1,09% verringert. Damit wurde am Vorzug eine Einsparung um 3,42% erreicht. Basierend auf der Jahresproduktionsmenge aus 2018 von 1867,24 t wird mit einer Materialeinsparung von 63,86 t gerechnet.

Rechnung:

- Jahresproduktion (2018): 1.867,24 t
- Ausschussreduzierung Vorzug: 4,51% - 1,09% = **3,42 %**
- Materialeinsparung absolut: 1.867,24 t x 3,42% = **63,86 t/a**

c) Materialeinsparung durch Umstellung des Behältermanagement

Bisher wurden die Stangen werden in zwei verschiedene Holzkisten verpackt. Es gab Kisten, die 50 kg wiegen und 1000 kg Material fassen, und es gab Kisten, die 40 kg wiegen und 500 kg Material fassen. Das entspricht bei einer gleichmäßigen Aufteilung der Kisten (identische Anzahl von Kisten à 50 kg und à 40 kg) einem Holzgewicht am Einwegkisten von 45 kg und einer durchschnittlichen Gesamtanzahl von 391Kisten pro Jahr.

Mit dem neuen Behältermanagement werden die Kurzstücke in Mehrwegmetallkisten verpackt. Diese Kisten laufen im Kreislauf zwischen den Kunden und dem Stahlwerk Unna und werden wieder benutzt.

Rechnung:

- Geplante Jahresproduktion: 300 t
- Gut-Menge Stangenziehen: $300 \text{ t} \times (1 - 2,41\%^*) = 292,77 \text{ t}$
- Ø Anzahl Kisten / a: $292,77 \text{ t} / (1,0 \text{ t} + 0,5 \text{ t}) \times 2 = 391 \text{ Kisten}$
- Holzeinsparung: $391 \text{ Kisten} \times 45 \text{ kg} = \mathbf{17.959 \text{ kg / a}}$
- Prozentuale Einsparung: **100 %**

d) Energieeinsparung durch Materialreduzierung

Durch die Materialeinsparung im gezogenen Draht reduziert sich auch der Energiebedarf für Gas und Strom. Das Material muss nicht mehr gegläht und mechanisch bearbeitet werden. Zum Teil entsteht der Ausschuss am Ende der Wertschöpfungskette, so dass neben der Energie auch Produktionszeit eingespart wird.

Die Angaben in Tabelle 5 beziehen sich auf die gesamte Drahtproduktion im Testzeitraum. Eine Differenzierung auf die relevanten Anlagenteile ist nicht möglich, da in der Vorproduktion der Herstellung der Draht gemeinsame Anlagen durchläuft (z. B. Glühen, Sandstrahlen, Vorzug).

Tabelle 5: Energieverbrauch

	Nov 19	Dez 19	Jan 20	Feb 20	Summe
Draht [t]	441	377	554	584	1.956
Strom [kWh]	91.759	65.463	90.554	95.420	343.196
Gas [kWh]	200.609	151.795	245.621	259.011	857.036

Die unterschiedlichen spezifischen Strombedarfe in den einzelnen Monaten hängt stark von jeweiligen Produktmix ab, bei dem die Drahtdurchmesser, die Ziehdurchmesser und Festigungswerte variieren.

Die Einsparungen lassen sich über den spezifischen Energiebedarf nach Tabelle 5 berechnen.

- spezifischen Energiebedarf Strom: $343.196 \text{ kWh} / 1.956 \text{ t} = 175,46 \text{ kWh/t}$
- spezifischen Energiebedarf Gas: $857.036 \text{ kWh} / 1.956 \text{ t} = 438,18 \text{ kWh/t}$

Gaseinsparung:

- spezifischen Energiebedarf Gas: 438,18 kWh/t
- Einsparung – Herstellung Kurzstücke: 19,95 t/a

- Einsparung – Ziehsteinüberwachung: 63,86 t/a
- Gaseinsparung gesamt: 438,18 kWh/t x 83,81 t/a = **36.724 kWh/a**

Stromeinsparung:

- spezifischen Energiebedarf Strom: 175,46 kWh/t
- Einsparung – Herstellung Kurzstücke: 19,95 t/a
- Einsparung – Ziehsteinüberwachung: 63,86 t/a
- Stromeinsparung gesamt: 175,46 kWh/t x 83,81 t/a = **14.705 kWh/a**

e) Zusammenfassung

In der Tabelle 6 werden die geplanten Einsparungen aus dem Antrag und die erreichten Einsparungen aus den Tests dargestellt. Da die Umstellung auf die Kurzstücke nicht alle Stangenaufträge betreffen, ist ein direkter Vergleich vor und nach der Umsetzung nicht möglich. Die Darstellung der Zusammenfassung gibt die vermuteten Einsparungen vor der Umsetzung und die wirklich erzielten Einsparungen auf Basis der angegebenen jährlichen Mengen an.

Tabelle 6: Stoff- und Energiebilanz als Vergleich der geplanten und der ermittelten Einsparungen der neuen innovativen dualen Enden-Bearbeitung:

Material	Angestrebte Einsparungen	Erreichte Einsparungen	Differenz Einsparungen
▪ Drahtmaterial duale Enden-Bearbeitung nach Abschnitt 3.2.a	13,45 t/a	19,95 t/a	+ 6,5 t/a
▪ Drahtmaterial Ziehsteinüberwachung nach Abschnitt 3.2.b	57,0 t/a	63,86 t/a	+ 6,86 t/a
Gesamt Drahtmaterial	70,45 ta	83,81 t/a*	+ 13,36 t/a
▪ Verpackungsmaterial (Holzkisten) nach Abschnitt 3.2.c	9,00 t/a	17,95 t/a	+ 8,95 t/a
Energie			
▪ Strom	11.400 kWh/a	14.705 kWh/a	+3.305 kWh/a
▪ Gas nach Abschnitt 3.2.d	26.500 kWh/a	36.724 kWh/a	+10.224 kWh/a

3.3 Umweltbilanz

Die Umweltbilanz umfasst, neben der Reduktion des Materialeinsatzes und der Energieeinsparung, auch die CO₂ – Einsparungen. Einsparungen, die auf Kundenseite durch den neuen Prozess erzielt werden, sind nicht berücksichtigt. Diese Punkte erhöhen noch das Einsparpotential, können aber nicht genau beziffert werden.

Material und Energieeinsparung sind in Abschnitt 3.2 berechnet, die jährlichen CO₂ – Reduzierungen basieren auf diesen Werten.

Berechnungswerte CO₂ (Datenquelle, siehe Abschnitt 6.1):

CO ₂ -Einsparungen Draht:	2,17 kg CO ₂ /kg
CO ₂ -Einsparungen Gas:	0,2389 kg CO ₂ /kWh
CO ₂ -Einsparungen Strom:	0,547 kg CO ₂ /kWh
CO ₂ -Einsparungen Holz:	0,0278 kg CO ₂ /kg*

* Wenn man davon ausgeht, dass Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft kommt, also mindestens so viel angebaut wie entnommen wird, ist Holz als Rohstoff klimaneutral. Der Energieanteil für die Ernte und die Logistik ist aber zuzurechnen. Da die Einweg-Holzboxen kurze Nutzungsdauern haben, führt der Ersatz der Holzboxen durch Mehrwegverpackungen zu einer CO₂ Einsparung in Höhe des Verarbeitungsaufwands.

CO₂ – Einsparungen durch

- Drahteinsparung:	83,81 t/a x 2,17 kg CO ₂ /kg =	181,88 t CO ₂ /a
- Holzeinsparung:	17,95 t/a x 0,0278 kg CO ₂ /kg =	0,50 t CO ₂ /a
- Stromeinsparung:	14.705 kWh/a x 0,547 kg CO ₂ /kWh =	8,14 t CO ₂ /a
- Gaseinsparung:	36.724 kWh/a x 0,2389 kg CO ₂ /kWh =	8,77 t CO ₂ /a

a) Zusammenfassung

Tabelle 7: Zusammenfassung Umweltbilanzen

	Einsparung pro Jahr	
	Ressource [absolut] (nach Tabelle 5)	CO ₂ [absolut]
Material		
Draht [t/a]	83,81	181,88
Holz [t/a]	17,95	0,50
Energie		
▪ Strom [kWh/a]	14.705	8,14
▪ Gas [kWh/a]	36.724	8,77
Gesamtmenge [t CO₂/a]		199,29

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die erreichten Einsparungen beim Material und Energie wurden mit den gesamten Projektkosten der neuen dualen Enden-Bearbeitung ins Verhältnis gesetzt, um so die Amortisation der Investition zu ermitteln. Dabei ergeben sich folgende jährliche Einsparungen:

Kosteneinsparungen:

Materialeinsparung (Draht):	ca. 101.500 €
Materialeinsparung (Holz):	ca. 30.000 €
<u>Energieeinsparung (Strom und Gas):</u>	<u>ca. 2.450 €</u>
Jährliche Gesamteinsparungen:	ca. 133.950 €

Amortisationszeit:

Die Gesamtkosten der Anlage zur dualen Enden-Bearbeitung beliefen sich auf ca. 255.000 Euro.

Die Umstellung der Stangen auf Kurzstücke erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den Kunden, da diese auch ihren Prozess ändern müssen und ausgiebige Tests benötigt werden, wird davon ausgegangen, dass die geplante Produktionsmenge von 300 t/a nach drei Jahren erreicht wird. Um das Potential der dualen Endenbearbeitung aber realistisch berechnen zu können, wurde die geplante Menge zugrunde gelegt. Die Einsparungen durch die Ziehsteinüberwachung aber

schon im ersten Jahr übertroffen werden, so dass bei einer Produktionsmenge von 300 t/a eine noch höhere Ressourceneinsparung erwartet wird. Damit hätte sich die Investition über die Einsparungen ohne Förderung nach 1,9 Jahren amortisiert. Mit der Förderung amortisiert sie sich bereits nach ca. 1,4 Jahren.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Der neue Fertigungsprozess stellt für die Firma Stahlwerk Unna ein neues Verfahren und eine Erweiterung der bisherigen Produktpalette dar. Durch die Erweiterung und das Zusammenspiel der bestehenden Anlagen in Kombination mit einer neuartigen Anfas-Anlage, grenzt sich das Vorhaben vom bisherigen Stand der Technik ab.

Eines der Kernstücke des neuen innovativen Prozesses ist die innovative Enden-Bearbeitungsmaschine, die erstmalig in Deutschland eingesetzt wird. Diese Anlage besteht, anders als die auf dem Markt befindlichen Anlagen, aus einer kompletten Einheit, die die Kurzstücke automatisch vereinzelt, zuführt und gleichzeitig von beiden Enden bearbeitet. Alle bisher eingesetzte Anlagen bestehen entweder aus nur einzelnen Bausteinen, wie zum Beispiel einer separaten Anfas-Einheit.

Das komplette Anlagenkonzept ist auch in der Drahtbearbeitung eine Neuerung, da auf dem Markt befindliche Anfas-Maschinen nur als integrierter Bestandteil einer Ziehmaschine oder Stangenziehanlage erhältlich sind und so ein komplett anderes Anlagenkonzept verfolgt wird. Verfahrensbedingt können die gezogenen Drähte dort in nur sehr groben Längentoleranzen gefertigt werden, z.B. Stangen nur mit einer Toleranz von +/- 10 mm. Mit dem neuen innovativen Verfahren ist es möglich, die Kurzabschnitte ohne Ausschuss mit einer Toleranz von +/- 0,25 mm herzustellen.

Als weitere Abgrenzung zum Stand der Technik sollen mit der Anlage sehr kurze Drahtabschnitte bearbeitet werden. Die auf dem Markt befindlichen Anlagenkonzepte, können Abschnitte ab 100 mm Länge bearbeiten, die neue innovative duale Enden-Bearbeitung kann Drahtabschnitte ab einer Länge von 70 mm prozesssicher aufnehmen und bearbeiten.

Ein großer Vorteil ist auch die fertigungstechnische Abkopplung der innovativen dualen Enden-Bearbeitung von der Ziehmaschine, da der Fertigungsprozess somit sehr variabel gestaltet werden kann. Die Enden-Bearbeitungsanlage hat sehr kurze Einricht- und Rüstzeiten, eine Auftragsunterbrechung auf andere Durchmesser oder Längen führt nicht zu Ausschuss, da einfach nur das Kurzstückmagazin getauscht wird. Ein Einziehen eines neuen Drahtes und der damit verbundene Einzieh- und Rüstschrott entfällt.

Mit der Umstellung auf die innovative duale Enden Bearbeitung wird an der vorgeschalteten Ziehanlage eine akustische Ziehsteinüberwachung integriert.

Somit wird der Ziehprozess angehalten, wenn der Ziehstein droht scharf zu laufen oder ausfällt. Aus diesem Grund entsteht kein oder nur geringer Ausschuss, bzw. Nacharbeitsmaterial. Normalerweise kontrolliert man alle 200 - 500 kg den gezogenen Draht auf Riefen. Wenn man welche findet, ist es aber schon zu spät. Ein weiterer Vorteil der Ziehsteinüberwachung ist, dass man die Ziehgeschwindigkeit so anpassen kann, dass sie immer optimalen Bereich liegt und nicht aufgrund des Sicherheitszuschlages reduziert wird, sondern dem wirklichen Zustand des Ziehsteines entspricht. Im Neuzustand wird die Ziehgeschwindigkeit höher liegen und mit zunehmendem Verschleiß abnehmen.

Die neuen Sensoren dienen gleichzeitig zur Überwachung des Ziehstein-Zustandes, um eine optimale Ausnutzung der Standzeit zu erreichen und ein zu frühes oder zu spätes Auswechseln der Ziehsteine zu verhindern. Dies führt zusätzlich zu einer Reduktion der Stillstandzeit und einer Erhöhung der Ressourceneffizienz der Werkzeuge.

Zusammenfassung Neuheitscharakter / besondere Merkmale

- Die innovative Bearbeitungseinheit wird erstmalig in Deutschland eingesetzt
- Neues Anlagenkonzept im Drahtherstellungsprozess
- Minimale Rüstzeiten
- Sehr flexible Auftragsbearbeitung
- Bearbeitung von Kurzstücken im Bereich von 70 – 150 mm, am Markt nur Anlagen ab 100 mm – aber komplett anderes Anlagenkonzept
- Bearbeitung von Kurzstücken mit sehr engen Toleranzen (+/- 0,25 mm statt +/- 10 mm bei ganzen Stangen)
- Ziehsteinüberwachung
- Integrierte Anbindung an das ERP-System
- Integration eines Mehrwegeverpackungssystems mit der Möglichkeit einer JIT und JIS Lieferung

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Mit dem Konzept der dualen Enden-Bearbeitung wurde eine neue Kundenanforderung entwickelt und umgesetzt, die zum einen den Ressourceneinsatz verringert und zum anderen die Wertschöpfung der Halbzeuge im Stahlwerk Unna erhöht.

Der ursprünglich angestrebte Längenbereich der Kurzstücke (50-150mm) kann noch nicht komplett umgesetzt werden, bisher können Kurzstücke mit einer Länge von 70 – 150mm prozesssicher bearbeitet werden. In der Praxis ist der reduzierte

Längenbereich aber kein Problem, da bisher noch keine Kundenanfragen in dieser Länge vorhanden sind.

Dafür hat sich in der Testphase herausgestellt, dass die Fertigung der Fasenbearbeitung sehr prozesssicher durchgeführt wird, so konnte auf die Warmweiche zur Aussortierung der Schlechteile verzichtet werden, was das Investitionsvolumen deutlich reduziert hat.

Die bisherigen Erfahrungen mit dem Prozess der dualen Enden-Bearbeitung lassen ein positives Fazit zu, allerdings ist die Umsetzungsdauer von der Beantragung der Förderung bis zur Erteilung des Zuwendungsbescheides viel zu lang.

4.2 Modellcharakter

Grundsätzlich ist das komplette Vorhaben oder auch Teile (akustische Ziehsteinüberwachung) davon in allen Drahtziehereien einsetzbar. Allein in Deutschland gibt es ca. 15 Ziehereien, die einen ähnlichen Produktmix wie Stahlwerk Unna herstellen. Im Bereich der Werkzeugindustrie Bohrer; Meißel; Schraubendreher; Winkelschlüssel liegt der jährliche Bedarf bei ca. 2000 Tonnen. Die Anzahl der gesamten Drahtziehereien ist aber deutlich größer.

Die duale Endenbearbeitung ist branchenunabhängig einsetzbar und kann grundsätzlich in jeder Branche eingesetzt werden, wenn es darum geht, kurze Wellen in kleinen und mittleren Losgrößen schnell und präzise an den Enden zu bearbeiten und fehlerhafte Teile direkt auszusortieren. Die Anzahl der Hersteller und Lohnbetriebe von Drehteilen ist uns nicht bekannt, es werden aber weit mehr als 100 Betriebe deutschlandweit sein.

5. Zusammenfassung

5.1.1 Einleitung

Die Firma Stahlwerk Unna gilt als führender Hersteller für gezogene, gehärtete Qualitäts- und Edelstähle. Das Unternehmen produziert zwei unterschiedliche Produktgruppen. In der Produktgruppe der Stabzieherei werden individuell konfektionierte Werkzeugstähle hergestellt, die mit der neuen dualen Enden-Bearbeitungsanlage in kundenspezifischen Längen von 70 – 150 mm gefertigt werden.

Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf gezogene Blankstähle in Form von Werkzeugstählen und Edelbaustählen die auf beiden Seiten mit einer Fase versehen sind. Diese Stäbe werden als Halbzeuge vertrieben und dienen den Werkzeugherstellern zur Herstellung von Bohrern oder Schraubendrehern. Mit dem neuen Prozess lassen sich der Materialeinsatz, der Energieeinsatz und der CO₂ – Ausstoß nachhaltig reduzieren.

5.1.2 Introduction

Stahlwerk Unna is a leading manufacturer of drawn, hardened, high grade and stainless steels. In the product group of rod drawing items, individually assembled tool steels in customer-specific lengths of 70 - 150 mm are manufactured using a new, innovative dual-end machining system. These rods are sold as semi-finished products and are used by tool manufacturers to manufacture drills or screwdrivers.

The main focus is on drawn bright steels in the form of tool steels and high-grade structural steels, which are machined on both sides with a chamfer and are thus processed directly at the customer's machineries. Another component of the new process is an acoustic drawing die monitoring system, which monitors the condition of the drawing die as well as the wire.

With this new process, the input amount of steel as well as energy and CO₂ emissions can be sustainably reduced.

5.2.1 Vorhabenumsetzung

Das Vorhaben startete am 14. April 2019 und endete am 29. Februar 2020. In diesem Zeitraum wurde die neue duale Enden-Bearbeitungsanlage aufgebaut und der komplette Prozess umgestellt. Im Vorzug wurde eine akustische Ziehsteinüberwachung installiert, die sowohl den Zustand des Ziehsteins, als auch den Draht überwacht. Neben der Prozessumstellung des Drahtziehens wurde auch erstmalig beim Stahlwerk Unna ein neues Logistikkonzept implementiert. Dabei werden die produzierten Halbzeuge nicht mehr in Einweg Holzkisten verpackt und an die Kunden geliefert, sondern fallen direkt aus der Enden-Bearbeitung in Mehrwegmetallkisten, die im Kreislaufsystem immer wieder verwendet werden.

5.2.2 Project implementation

The project started on 14 April 2019 and ended on 29 February 2020, during which time the new dual end machining system was set up and the entire process was converted. An acoustic drawing die monitoring system was installed, which monitors the condition of the drawing die as well as the wire. In addition to the process changeover of the wire drawing, a new logistics concept was also implemented for the first time at the Unna steelworks. The semi-finished products produced are no longer packed in disposable wooden boxes and delivered to the customers, but fall directly from the end processing into reusable metal boxes, which are reused again and again in the recycling system.

5.3.1 Ergebnisse

Bezogen auf den Umweltaspekt kann mit der neuen innovativen dualen Enden-Bearbeitung eine jährliche Materialreduzierung von ca. 102 t, eine jährliche Energieeinsparung von ca. 55.500 kWh und eine jährliche Verringerung des CO₂ – Ausstoßes von ca. 200 t CO₂ erreicht werden.

5.3.2 Project results

With regard to the environmental aspect, the new innovative dual end machining achieve an annual material reduction of approx. 102 t, an annual energy saving of approx. 55.500 kWh and an annual reduction in CO₂ emissions of approx. 200 t CO₂.

5.4.1 Ausblick

Weiteres Optimierungspotential besteht an der Ziehsteinüberwachung. Die Parameter können für weitere Legierungen eingestellt und optimiert werden. Zusätzlich soll der Bearbeitungsbereich der Längen und Durchmesser vergrößert werden. Um das Produktionsspektrum zu erhöhen, soll der Prozess der dualen Enden-Bearbeitung auch auf Längen bis 600 mm und Durchmesser bis 40 mm erweiterte werden.

Mit dem Erfolg der Halbzeugfertigung sollen weitere Kunden gewonnen werden, die ihren Fertigungsprozess von Stangen auf Kurzstücke umzustellen sollen. Auf diese Weise wird die Wertschöpfung im Stahlwerk Unna schrittweise erhöht, bei zugleich ressourcenschonender Produktion, welche sich auch für den Kunden auszahlt.

5.4.2 Prospects

There is further potential for optimization in the drawing die monitoring system. The parameters can be set and optimized for other alloys. In addition, the processing range of lengths and diameters is to be increased. To increase the production spectrum, the process of dual end machining is also to be extended to lengths up to 600 mm and diameters up to 40 mm.

With the success of the semi-finished product production, further customers are to be acquired who are to change their production process from bars to short pieces. In this way, the value added at the Unna steel mill will be gradually increased while at the same time conserving resources in production, which will also pay off for the customer.

6. Anhang

6.1 Referenzdaten

Die Referenzdaten wurden als Basis für die Berechnungen zugrunde gelegt.

Berechnungsgrundlage für Energiebedarf und CO₂ - Produktion

CO ₂ -Einsparungen Draht: (Datenquelle ECO-Cockpit Effizienzagentur NRW)	2,17 kg CO ₂ /kg
CO ₂ -Einsparungen Gas: (Datenquelle GEMIS-Datenbank: Gemis 4.95)	0,2389 kg CO ₂ /kWh
CO ₂ -Einsparungen Strom: (Datenquelle GEMIS-Datenbank: Gemis 4.95)	0,547 kg CO ₂ /kWh
CO ₂ -Einsparungen Holz: (Datenquelle GEMIS-Datenbank: Gemis 4.94)	0,0278 kg CO ₂ /kg

6.2 Bilder - Quellenverzeichnis

Bild 1 / 2 / 10 / 18 / 23:	Stahlwerk Unna / Bönen
Bild 9:	ib mette / Warstein
Bild 3 - 8 / 11 - 17 / 19 - 22:	Stahlwerk Unna / Bönen ib mette / Warstein