

BMUB - UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

NKa3 – 003269: Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie

Fördernehmer/-in:

Hirschvogel Umformtechnik GmbH

Umweltbereich

(Ressourceneffizienz, Energie)

Laufzeit des Vorhabens

Autor

Sebastian Gschwill, Hirschvogel, Denklingen
Michael Mette, ib mette, Warstein

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

Datum der Erstellung

21.02.2020

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: UBA: 70441-5/40	Vorhaben-Nr.: 3269
Titel des Vorhabens: Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie	
Autor/-en) (Name, Vorname) Gschwill, Sebastian Mette, Michael	Vorhabensbeginn: 12.04.2017
	Vorhabensende: (Abschlussdatum): 30.05.2019
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift) Hirschvogel Umformtechnik GmbH Dr.-Manfred-Hirschvogel-Straße 6 86920 Denklingen	Veröffentlichungsdatum: 21.02.2019
	Seitenzahl: 40
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesumweltministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Kurzfassung Im Produktionsbereich der Halbwarmumformung setzt die Firma Hirschvogel Umformtechnik GmbH eine neue innovative Halbwarm-Umformanlage ein. Kern der neuen Anlage ist eine neu entwickelte 20.000 kN Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie, die neben einer Erhöhung der Ausbringung zu einer Erhöhung der Teilegenauigkeit und der Werkzeugstandzeiten führt. Neben der neuen Halbwarm-Umformanlage wird auch die überschüssige Abwärme der Induktionserwärmung genutzt, um den Energieverbrauch und den CO ₂ – Ausstoß nachhaltig zu verringern. Das Vorhaben besteht aus einer verketteten Umformanlage mit Materialzuführung, Induktionserwärmung mit Abwärmenutzung und einer Umformpresse mit Servo-Direkt Antrieb, inkl. einer Sprüh- und Beschichtungsanlage und einer Werkzeugwechsellvorrichtung. Hauptmerkmal der Servo-Direkt Technologie ist die quer zur Durchlaufrichtung angeordnete Hauptwelle. Bei diesem Konstruktionsprinzip ist die Schwingungsempfindlichkeit wesentlich geringerer als bei herkömmlichen Umformpressen. Damit ist es möglich die Taktzeiten zu reduzieren, die Ausbringung zu erhöhen und den Grundlastanteil der Presse und der Nebenaggregate pro produzierten Teil zu reduzieren. Mit der Nutzung der kinetischen Energien, den Übersetzungsstufen sowie der höheren Ausbringung, ist der spezifische Energieeinsatz gegenüber konventionellen Anlagen deutlich reduziert worden. Durch Modifikation der Belastungsgeschwindigkeit der Werkzeuge und den Wärmeeintrag konnte der Verschleiß der Umformwerkzeuge verringert und die Standzeit erhöht werden. Bezogen auf den Umweltaspekt kann mit der neuen innovativen Anlage eine jährliche Materialreduzierung von ca. 506 t, eine jährliche Energieeinsparung von ca. 1.850 MWh und eine jährliche Verringerung des CO ₂ – Ausstoßes von ca. 742 t CO ₂ erreicht werden.	
Schlagwörter Servo-Direkt Technologie, Halbwarm-Umformung, Industriebereich, Umformtechnik, Abwärmenutzung	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 7 Elektronischer Datenträger: 1	Sonstige Medien: --- Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite: www.hirschvogel.com

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: 70441-5/40	Project-No.: 3269
Report Title: Direct servo drive warm forging machine	
Autohor/Authors (Family Name, Firstname) Gschwill, Sebastian Mette, Michael	Start of project: 12.04.2017
	End of project: 30.05.2019
Performing Organisation (Name, Address): Hirschvogel Umformtechnik GmbH Dr.-Manfred-Hirschvogel-Straße 6 86920 Denklingen	Publication Date: 21.02.2020
	No. Of Pages: 40
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
Summary: In the production area of warm forging, Hirschvogel Umformtechnik GmbH is using a new innovative warm forging line. The core of the new line is a newly developed 20,000 kN warm forging press with servo direct technology, which, in addition to an increased output, leads to an increase in part accuracy and tool life. Additionally to the new warm forging press, the excess waste heat from induction heating is also used to sustainably reduce the energy consumption and CO ₂ emissions. The project consists of an interlinked forging line with material feed, induction heating with waste heat utilization and a forging machine with servo direct drive, including a spraying and coating system and a tool changing device. The main feature of the servo direct technology is the main shaft positioned at right angles to the feed direction. With this design concept, the sensitivity to vibration is much lower than with conventional forging presses. This makes it possible to reduce cycle times, increase the output and reduce the base load of the press and auxiliary units per produced part. With the use of kinetic energies, the transmission stages and the higher output, the specific energy input has been significantly reduced compared to conventional systems. By modifying the load speed of the tools and the heat input, the wear of the forging tools could be reduced and the tool life increased. With regard to the environmental aspect, the new innovative system can achieve an annual material reduction of approx. 506 t, an annual energy saving of approx. 1,850 MWh and an annual reduction of CO ₂ emissions of approx. 742 t CO ₂ .	
Keywords: Forging press, servo direct technology, drop forging, industrial sector, forging technology, forging, waste heat utilization	

Inhaltsverzeichnis zum Abschlussbericht

Inhalt

1. Einleitung	5
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	5
1.2 Ausgangssituation	6
2. Vorhabenumsetzung	8
2.1 Ziel des Vorhabens	8
2.2 Technische Lösung	12
2.3 Technische Leistungsdaten Hauptkomponenten	14
2.4 Umsetzung des Vorhabens	14
2.5 Behördliche Anforderungen	19
2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	19
3. Ergebnisse	20
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung	20
3.2 Stoff- und Energiebilanz	20
3.3 Umweltbilanz	25
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	27
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	27
4. Übertragbarkeit	28
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	28
4.2 Modellcharakter	29
4.3 Veröffentlichungen	29
5. Zusammenfassung	30
6. Anhang	33
6.1 Messprotokoll Wärmerückgewinnung	33
6.2 Referenzdaten	40
6.3 Bilder - Quellenverzeichnis	40

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Hirschvogel Automotive Group ist einer der größten, weltweit operierenden Automobilzulieferer auf dem Gebiet der Massivumformung von Stahl und Aluminium sowie anschließender Bearbeitung. Die Hirschvogel Umformtechnik GmbH ist das Stammwerk der Hirschvogel Automotive Group. Das Werk in Denklingen ist nicht nur die größte Produktionsstätte, sondern auch das Entwicklungszentrum für die gesamte Gruppe. Zu ihren Kunden zählen alle namhaften Automobil-Hersteller und Zulieferer weltweit.

Die Unternehmensgruppe produziert mit acht Produktionsstätten in Europa, Asien und Amerika. Neben Denklingen gehören Tochterwerke in Marksuhl, Schongau, China, USA, Mexiko, Polen und Indien zum Unternehmen. Weltweit hat die Hirschvogel Automotive Group rund 6000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



Bild 1: Hirschvogel Umformtechnik GmbH – 86920 Denklingen

Als Spezialist in der Massivumformung nutzt Hirschvogel verschiedene Technologien wie Gesenkschmieden, Halbwarmumformung, Kaltfließpressen, Rundkneten und Warmbehandlung zur Verarbeitung von Stahl und Aluminium. Insgesamt sind in der Gruppe mehr als 100 Umformlinien mit Presskräften von bis zu 40.000 kN verfügbar.

Schwerpunkt hierbei sind Mittel- bis Großserien mit automatisierten Prozessen.



Bild 2: Fertigungsbeispiele für die neue Halbwarm-Umformanlage

Typische Einsatzgebiete der Massivumformung sind Bauteile für die Diesel- und Benzineinspritzung, den Antriebsstrang sowie Motoren-, Getriebe- und Fahrwerkskomponenten. Einige Beispiele hierfür sind Antriebswellen, Getriebewellen, Nockenwellen, Schwenklager, Radlager oder Ausgleichswellen.

1.2 Ausgangssituation

Im Bereich der Halbwarmumformung setzte die Firma Hirschvogel zurzeit der Antragsstellung konventionelle Exzenterkurbelpressen und damit den Stand der Technik ein. Der komplette Fertigungsprozess besteht dabei aus folgenden Prozessschritten:

Das Rohmaterial wird bei der Fa. Hirschvogel Umformtechnik angeliefert und durch Scheren auf die benötigte Länge geschnitten. Je nach Zustand des Rohmaterials muss dieses zum Teil noch gestrahlt werden. Im nächsten Prozessschritt wird das Material der induktiven Vorerwärmung zugeführt und auf ca. 100°C aufgeheizt. Anschließend wird das vorgewärmte Material mit einer speziellen Graphitbeschichtung versehen, um das Fließverhalten für den nächsten Prozessschritt zu optimieren. Jetzt wird das Material noch einmal durch Induktion auf die richtige Verformungstemperatur erwärmt (je nach Material zwischen 750°C und 850°C) und in der konventionellen Exzenterkurbelpresse, in einer Halbwarmmassivumformung, bei ca. 800 °C in die richtige Geometrie geformt. Dieser Prozess der Halbwarmumformung kann, je nach Bauteilgeometrie, in bis zu sechs Stufen ausgeführt werden. Nach der Umformung können die Bauteile, abhängig der weiteren Verwendung, einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Dabei unterscheidet sich der Temperaturbereich und die Erwärmungs- und Abkühlzeiten bauteilindividuell, soweit möglich, wird ein Teil der Umformwärme mit genutzt. Anschließend werden die Bauteile noch einmal gestrahlt und zum Teil nachkalibriert. Nach der Qualitätsprüfung sind die Teile fertig und werden entsprechend der Fertigungsunterlagen eingelagert oder versendet.

Stand der Technik: Konventionelle Exzenterkurbelpresse

Für dieses Umformverfahren werden konventionelle Exzenterkurbelpressen eingesetzt, die folgende Merkmale aufweisen:

- Die Kurbelwelle wird in Längsrichtung eingebaut (siehe Bild 4).

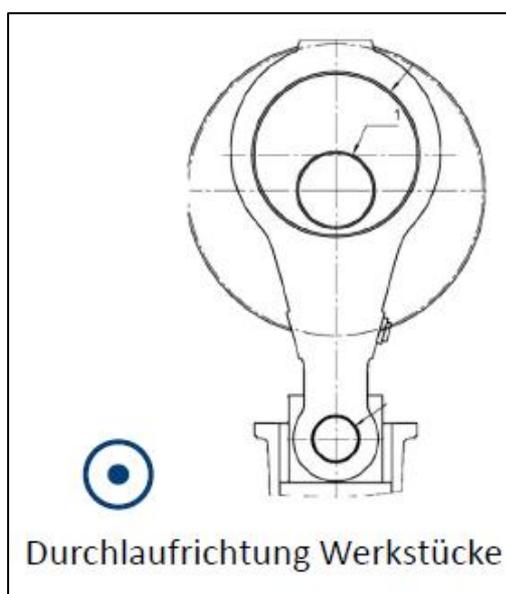


Bild 4: Konventionelle Bauart
(Längswelle) – schematisch

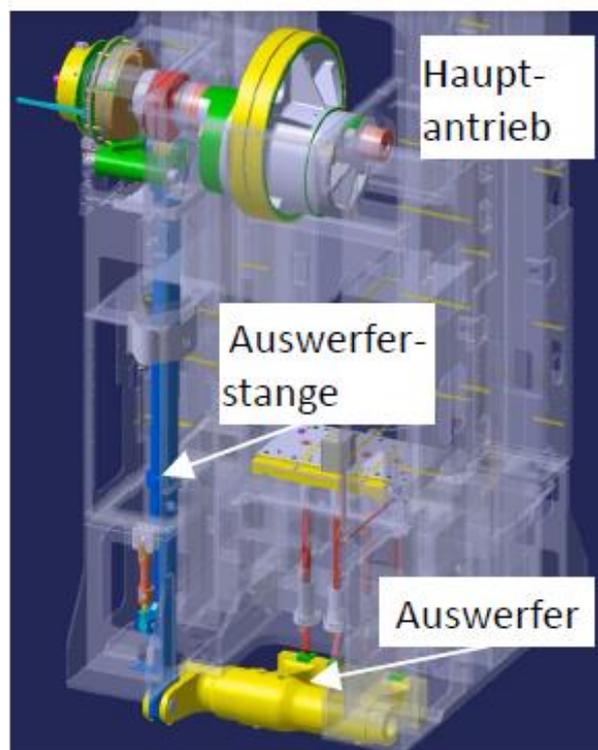


Bild 5: mechanische Kopplung des Auswerfers
an den Hauptantrieb

Stand der Technik: Abwärmenutzung Induktionsanlagen

Die durch die Kühlung der Induktionsspulen entstehende Wärme wird derzeit entweder gar nicht oder nur in beschränktem Umfang für Niedertemperaturanwendungen genutzt. Der Temperaturbereich in den Rücklaufleitungen zur Abwärmenutzung liegt zwischen ca. 35°C bis maximal 65°C. Mit diesen Temperaturen können derzeit die zur Verfügung stehenden Abwärmemengen nicht sinnvoll in nachgeschalteten Systemen wie Absorptionskälteanlagen oder ORC-Prozessen genutzt werden. Um die Abwärmemengen wirtschaftlich, mit einem ausreichenden Wirkungsgrad nutzen zu können, sind Rücklauftemperaturen von ca. 80°C notwendig.

2. Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Mit der Umsetzung des Vorhabens bei der Firma Hirschvogel Umformtechnik GmbH wurde die konsequente Weiterführung des produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS) weiter fortgesetzt. Hierbei teilte sich das Vorhaben in zwei Bereiche auf.

Der erste Teil des Vorhabens bestand aus der neuen Halbwarm-Umformpresse mit Servo-Direkt Technologie. Mit dem Einsatz dieser neuen innovativen Servo-Direkt Technologie in der Halbwarmumformung können die Bauteile genauer und schneller produziert werden, so dass der Prozess, im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik, wesentlich energieeffizienter ist, woraus entsprechende Umweltvorteile resultieren können.

Durch die neuartige Bauweise der Presse entstehen bei der Umformung weniger Schwingungen, mit der Folge einer deutlich verbesserten Effizienz, einer höheren Reproduzierbarkeit und damit weniger Ausschuss sowie einer Reduzierung des benötigten Materialeinsatzes. In der Folge sinkt auch die Menge an Ausgangsmaterial, das vorgewärmt und umgeformt werden muss. Ziel des Vorhabens war eine Materialeinsparung von jährlich ca. 140 Tonnen.

Durch Nutzung der Servotechnologie ist es möglich die Belastungsgeschwindigkeit der Werkzeuge und den Wärmeeintrag in die Werkzeuge zu modifizieren und damit eine Steigerung der Standzeiten der Umformwerkzeuge zu erreichen. Mit dieser Änderung sollte eine Einsparung an Werkzeugstahl von 10 t/a erreicht werden. Die geplante Gesamteinsparung im Material betrug somit ca. 150 Tonnen pro Jahr.

Mit den frei programmierbaren Achsen der Presse können die Umformgeschwindigkeit und die abzugebende Leistung exakt auf die Geometrie der umzuformenden Bauteile eingestellt werden. Mit der Nutzung der kinetischen Energien, den Übersetzungsstufen sowie der höheren Ausbringung, soll der spezifische Energieeinsatz und der CO₂-Ausstoß gegenüber konventionellen Anlagen um ca. 15% reduziert werden.

Der zweite Teil des Vorhabens fokussierte die Abwärmenutzung bei der induktiven Haupterwärmung der Teile. Bei diesem Prozess wird das Material auf ca. 800°C erwärmt und anschließend in der neuen Halbwarm-Umformanlage umgeformt. Mit dem Hersteller der Erwärmungsanlage wurde eine Trennung und Aufteilung der Kühlkreisläufe von der Leistungselektronik und der eigentlichen Induktionsspule vorgenommen. Die Kühlung der Leistungselektronik war bis dato der limitierende Faktor bei einer Anhebung der Kühlwasserrücklauftemperatur. In den Induktionsspulen fielen ca. 70% der gesamten Abwärmeenergie der Anlage an und durch die Auftrennung der Kühlkreisläufe sollte die Kühlwasserrücklauftemperatur der Induktionsspule auf mindestens 85°C angehoben werden. Damit wäre, für die Kombination von Induktionsanlagen mit der Halbwarmumformung, zum ersten Mal eine nachgeschaltete, technische Abwärmenutzung durch ORC-Systeme (siehe Bild 6) oder Absorptionskälteanlagen möglich. Da über 30% der zum Betrieb von Induktionsanlagen eingesetzten Energie durch die Kühlung der Induktionsspulen verloren geht, stehen diesen Systemen erhebliche Mengen an Abwärmeenergie

zur Verfügung. Dies bedeutet, dass in diesem Projekt rund 500kW thermische Abwärmeenergie zur Erzeugung von CO₂-neutralem Strom zur Verfügung stehen. Im Rahmen dieses Projektes wurde die ORC-Anlage, aufgrund des fluorhaltigen Arbeitsmediums aus der Förderung herausgenommen, daher werden die Ergebnisse nur am Rande mit aufgeführt.



Bild 6: ORC-Anlage

Die geplante neue Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie der Firma Hirschvogel Umformtechnik GmbH sollte, in Bezug auf die Umweltschutzwirkung folgende Einsparziele haben:

a) Materialeinsparung:

Mit der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie entstehen weniger Schwingungen durch Querwellenaufbau, dadurch deutlich verbesserte Effizienz, höhere Reproduzierbarkeit und somit weniger Ausschuss. Dies führt zu einer Reduzierung von Materialeinsatz, welches nicht mehr erwärmt und nicht umgeformt werden muss. Das Einsparpotential beim Material liegt bei ca. 140 t/a.

Durch Nutzung der Servo-Spezifika ist es möglich die Belastungsgeschwindigkeit der Werkzeuge und den Wärmeeintrag in die Werkzeuge zu modifizieren und damit Steigerungen der Standmengen der Umformwerkzeuge zu erreichen. Dadurch wird eine Einsparung an Werkzeugstahl von 10 t/a erwartet.

Die geplante Gesamteinsparung im Material liegt bei ca. 150 Tonnen pro Jahr.

b) Energieeinsparung:

Die geplante Innovation der Halbwarm- Umformanlage soll in verschiedenen Bereichen Energie einsparen.

i. Energieeinsparung durch die Umformanlage:

Der Energiebedarf der neuen Halbwarm- Umformanlage ist deutlich geringer als herkömmliche Pressen. Das Einsparpotential liegt bei 680.000 kWh/a.

ii. Energieeinsparung durch reduzierten Materialeinsatz:

Die reduzierten Produktionsmaterialmengen von 140 t/a aus Abschnitt a) müssen im Umformprozess nicht mehr durch die Induktion erwärmt und durch die Umformanlage bearbeitet werden, hierdurch verringert sich der Energieeinsatz um 45.500 kWh/a.

Die Einsparung des Werkzeugstahles von 10 t/a, reduziert den Energieverbrauch, durch die mechanische Bearbeitung und den Härte- und Vergütungsprozess, um ca. 7.000 kWh/a.

2.2 Technische Lösung

Die Innovation des neuen Vorhabens der Firma Hirschvogel Umformtechnik GmbH besteht aus der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie. Mit dem Einsatz der neuen innovativen Technologie in der Halbwarmumformung kann genauer und schneller produziert werden, so dass der Prozess, im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik, wesentlich energieeffizienter und somit umweltfreundlicher ist.

Das komplette Pressen- und Antriebskonzept ist eine komplette Neuentwicklung. Hauptmerkmal bei diesem Konzept ist die quer zur Durchlaufrichtung angeordnete Hauptwelle. Der Vorteil des Hauptwelleneinbaus liegt darin, dass die Konstruktion zu wesentlich geringeren Schwingungen neigt und damit neue Perspektiven im Hinblick auf Produktivitätssteigerungen und Teilegenauigkeiten eröffnet. Damit ist es möglich die Taktzeiten noch weiter zu reduzieren, was mitunter zu einer weiteren Senkung des Grundlastanteils der Nebenaggregate pro produzierten Teil führt.

Die Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie zeichnet sich in ihrer Gesamtheit durch folgende Innovationen und Neuerung aus:

- weniger Schwingungen durch Querwellenaufbau, dadurch deutlich verbesserte Effizienz, höhere Reproduzierbarkeit und somit weniger Ausschuss. Dies führt zu einer Reduzierung von Materialeinsatz und somit zu einer Reduzierung des Energieeinsatzes und des CO₂-Ausstoßes, da das Produktionsmaterial welches nicht mehr erwärmt und umgeformt werden muss.
- höhere Ausbringung durch Servotechnologie. Durch die frei programmierbaren Achsen können die Umformgeschwindigkeit und die abzugebende Leistung exakt auf die Geometrie der umzuformenden Bauteile eingestellt werden. Hiermit reduziert sich die Energie pro Hub und damit auch der CO₂ – Ausstoß.
- Mit der Nutzung der kinetischen Energien, den Übersetzungsstufen sowie der höheren Ausbringung, soll der spezifische Energieeinsatz und der CO₂-Ausstoß gegenüber konventionellen Anlagen um ca. 15% reduziert werden.
- durch Anordnung der Exzenterräder ergibt sich eine angemessene Tischbreite bei gleichzeitig kompakter Bauform, was nicht nur den Einsatz dieser neuen Umformanlage auch für kleine Unternehmen interessant macht, sondern auch den Einsatz in branchenfremden Bereichen.
- optimale Anpassung der Maschinenbewegungen an den Prozess
- modularer Aufbau von Hauptantrieb und Auswerfern -> größere Flexibilität

- Tischauswerfer nicht mehr mit Hauptantrieb gekoppelt
- Tischauswerfer kann beispielsweise bei zukünftigem Produktwechsel an Anforderungen angepasst werden
- Module können erweitert bzw. ersetzt werden
- Separate Überwachung von Tischauswerfer und Hauptantrieb durch getrennte Module möglich -> Ausbau für Condition-Monitoring und Prozessüberwachung möglich
- Reduzierung des Verschleißes der Umformwerkzeuge, durch modifizieren der Belastungsgeschwindigkeit der Werkzeuge und den Wärmeeintrag in die Werkzeuge und damit Steigerungen der Standmengen der Umformwerkzeuge.
- Nutzung der Abwärme der induktiven Erwärmungsanlage in einem ORC-Prozess und damit die Möglichkeit diese elektrische Energie CO2-neutral zu erzeugen und im Produktionsprozess wieder einzusetzen.
- Kombination der bisherigen Transferpressen mit Schwungrad (für den Einsatz mit hohem Output und Einzelhubmaschinen mit Kupplungsbrems-Kombination (für den Einsatz mit hoher Umformgeschwindigkeit)



Bild 7: neue Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie



Bild 8: Induktionsanlage Fa. SMS Elotherm GmbH

2.3 Technische Leistungsdaten Hauptkomponenten

VERTIKALE MEHRSTUFEN SERVO-EXZENTERPRESSE

Nennkraft	20.000 kN
Arbeitsvermögen bei Hubzahl	45 /min 400 kJ
Hubzahl verstellbar	20 - 45 /min
Maximale Antriebsdrehzahl in UT	56 /min
Einrichthubzahl (mit reduziertem Arbeitsvermögen)	1 - 10 /min
Werkzeugwechselhubzahl	1 - 5 /min
Stößelhub	630 mm
Stufenbelastung max. Erste Stufe	max. 800 kN
Mittlere Stufen	max. 12.500 kN
Letzte Stufe	max. 800 kN
Bauhöhe über Flur	ca. 8.025 mm
Fundamenttiefe	ca. -4.450 mm

ELO Induktive Erwärmung mit Wärmerückgewinnung

Erwärmungstemperatur (Enthalpie) [°C]:	Tmax.= 980
Wärmgut-Art:	Blöckchen
Wärmgut-Form:	Rund
Material-Dicke [mm]:	Dmin.= 50; Dmax.= 70
Material-Länge [mm]:	lmin.= 77; lmax.= 215
Taktzeit [Sek]:	min. 1,58
Max. Durchsatz [kg/h]:	max. 7000
Menge [m3/h]:	ca. 50
Kühlleistung [kW]:	ca. 1000
Eintrittstemperatur [°C]:	Tmin.= 18; Tmax.= 32
Prozessleistung [kW]:	2000
Länge der Erwärmungsstrecke [mm]:	6000
Anzahl der Induktoren [Stk.]:	5
Länge eines Einzelinduktors [mm]:	1200

2.4 Umsetzung des Vorhabens

Mit der Idee einer neuen und innovativen Halbwarm- Umformungsanlage bei der Firma Hirschvogel Umformtechnik, startete das Vorhaben im September 2016 mit Einreichung einer Projektskizze bei der KfW. Nach der positiven Stellungnahme der Projektskizze wurde im Dezember 2016 der Antrag auf Förderung im Umweltinnovationprogramm gestellt und im April 2017 wurde dieser Antrag mit dem Zuwendungsbescheid bewilligt.

Der Beginn der offiziellen Laufzeit im Umweltinnovationsprogramm (UIP) startete am 12. April 2017 und endete am 15. April 2019.

Nach Erhalt des Zuwendungsbescheides wurde das Projekt sehr zeitnah, mit der Bestellung der neuen Presse bei der Firma Schuler, Ende April offiziell gestartet.

Angepasst an die Lieferzeiten wurden die weiteren Komponenten, wie Induktionsanlage, Stromversorgung, Transfer/Verkettung und Sprühanlage bestellt. Die geplante ORC- Anlage war, entgegen der Planung und des Angebotes, nicht mit fluorfreien Medien lieferbar und wurde somit aus der Projektförderung herausgenommen. Eine ORC-Anlage wurde dennoch bestellt und zur Verstromung mit der Induktion gekoppelt, diese ist aber nicht mehr Bestandteil des Projektes.

Im ersten Bauabschnitt wurde das Fundament erstellt und die Versorgungsleitungen für Strom, Wasser und Druckluft verlegt.

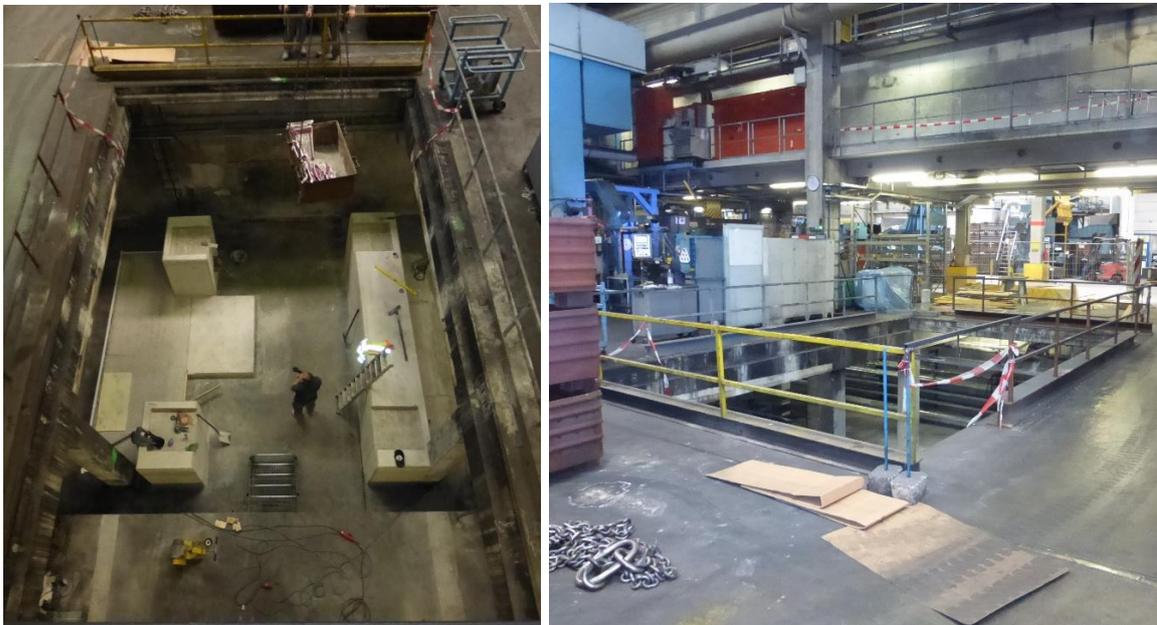


Bild 9/10: Fundament der neuen Halbwarm- Umformungsanlage

Zwischen November 2017 und April 2018 erfolgte der Aufbau der Einzelkomponenten, wie Presse, Induktion und Zuführung. Anschließend wurden die einzelnen Komponenten in Betrieb genommen. Schwierigkeiten gab es dann mit dem Stößel der Presse, dieser musste im Verlauf des Projektes zweimal erneuert werden. Die Inbetriebnahme der Servopresse konnte aus diesem Grund erst verspätet stattfinden und führte zu einer Verzögerung des Vorhabens und zu einer Verlängerung der Projektlaufzeit.

Zusätzlich wurde das Messkonzept mit dem Umweltbundesamt abgestimmt und freigegeben.



Bild 11/12: Versorgungsleitungen / Hydraulik



Montage Servo- Presse



Bild 13: Montage Servo-Press

Nach der Inbetriebnahme der Einzelkomponenten wurde die einzelnen Anlagenkomponenten verkettet und als Gesamtanlage in Betrieb genommen. Die Anbindung der Wärmerückgewinnung an die Induktionsanlage musste aufgrund einer fehlerhaften Umsetzung des Konzeptes verschoben und nachgebessert werden, eine Inbetriebnahme der Anlagekomponenten erfolgte erst im März 2019.

Mit Start des Testbetriebes begann auch die Hochlaufphase der Anlage, bei der die komplette Anlage entsprechend der ausgelegten Taktzeiten und Geschwindigkeiten eingefahren wurde.



Bild 14: komplette Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt-Technologie



Bild 15: Induktionsanlage mit Zuführung

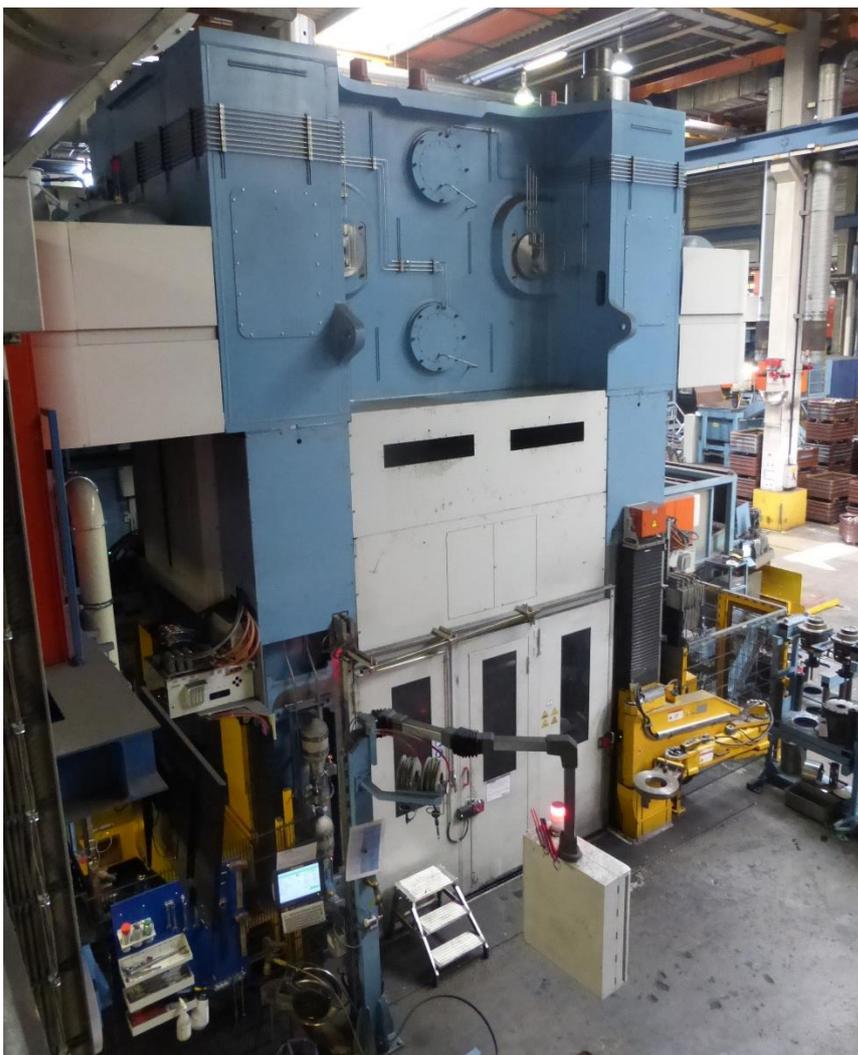


Bild 16: fertige Schmiedepresse

Die Tests erfolgten bis Juni 2019, eine Optimierung der Taktzeiten und der Geschwindigkeit wird auch über die Projektlaufzeit hinaus stattfinden, um noch bessere Ergebnisse zu erreichen.

2.5 Behördliche Anforderungen

An die Firma Hirschvogel Umformtechnik GmbH wurden, in Bezug auf die neue Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie, keine behördlichen Anforderungen gestellt

2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Erfassung der Daten zur Überprüfung der Ergebnisse wurden im Zeitraum von Oktober 2018 bis Juni 2019 durchgeführt. Dabei wurden die Einsparungen bei Material und Energie durch den Vergleich der Produktionsdaten und Energiemessungen einer bestehenden Anlage und der neuen Anlage mit Servo-Direkt Technologie ermittelt. Die Materialeinsparung wurde durch den Vergleich der Fehlmengen mit der bei Hirschvogel üblichen Systematik und anschließender Hochrechnung anhand der durchgesetzten Tonnage berechnet. Um einen objektiven Vergleich zur Energieeinsparung zu bekommen, wurden nur identische Artikel verglichen, die sowohl auf einer konventionellen Anlage (Schuler 8), als auch auf der neuen Anlage (Schuler 10) produziert wurden.

Die Energieeinsparung wurden über Energiemessgeräte ermittelt. Die getrennte Betrachtung des elektrischen Energieverbrauchs der Erwärmungs- und Umformanlage ermöglicht die Betrachtung der Energieeinsparung der neuen Servo-Direkt Technologie. Anhand des ermittelten spezifischen Energieverbrauchs [kWh/t] erfolgte eine Hochrechnung der Einsparung.

Die ausgehende Wärmeleistung aus der Anbindung der Wärmerückgewinnung an die Induktionsanlage wurden über einen Zeitraum gemessen (siehe Messprotokoll Punkt 6.1). Die durchschnittliche Wärmeleistung wurde auf die jährlichen Betriebsstunden hochgerechnet, um so die Einsparung an Engie zu ermitteln.

Die Materialeinsparungen der Werkzeuge sind ebenfalls durch den Vergleich der Werkzeugstandzeiten mit der bei Hirschvogel üblichen Systematik und anschließender Hochrechnung anhand der durchgesetzten Tonnage ermittelt worden.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Die ersten Ergebnisse der Auswertung zeigen ein großes Einsparpotential bei Material, Energie und CO₂ Ausstoß. Es hat sich gezeigt, dass die, in der Antragsphase, ermittelten Einsparpotentiale schon bei den ersten Vergleichsschmiedungen den Ressourceneinsatz deutlich geringer belasten, als zunächst vermutet wurde. Es ist davon auszugehen, dass sich mit optimierten Einstellungen und Parametern noch weitere Einsparungen erzielen lassen. Gerade bei den Werkzeugen ist noch von einer deutlichen Verlängerung der Standzeiten auszugehen. Damit werden, neben der Ressourceneffizienz, auch die Produktionszyklen deutlich verlängert, was sich nicht nur auf die Produktivität positiv auswirkt, sondern zusätzlich auch auf eine weitere Verringerung der Energie mit sich bringt.

Zum jetzigen Zeitpunkt sich das Vorhaben als erfolgreich bewerten, da sowohl die vermutete Materialeinsparung, als auch die Energiereduzierung und damit die Reduktion der CO₂ Produktion übertroffen wurden.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

a) Materialeinsparung durch Ausschussreduzierung

Durch den Querwellenaufbau entstehen weniger Schwingungen, dadurch wird eine deutlich verbesserte Effizienz, eine höhere Reproduzierbarkeit und somit weniger Ausschuss produziert.

Zur Ermittlung der Materialeinsparung wurden der Mengen-Ausschuss (Differenz zwischen Ausgang Schere und Rückmeldung Presse) ermittelt. Anhand der Versuchsmengen an einer konventionellen Schmiedepresse und der neuen innovativen Servo-Direkt Presse wurden jeweils die Ausschussmengen ermittelt.

Tabelle 1: Ausschussmengen konventionelle Presse

	konventionelle Presse						
[Stück]	Jan 19	Feb 19	Mrz 19	Apr 19	Mai 19	Jun 19	Gesamt
Rückmeldung Schere	253.441	232.458	292.133	239.330	331.281	298.155	1.646.798
Rückmeldung Presse	223.720	216.001	273.098	227.921	317.398	282.058	1.540.196
Ausschuss Presse	29.721	16.457	19.035	11.409	13.883	16.097	106.602
%Ausschuss	11,73%	7,08%	6,52%	4,77%	4,19%	5,40%	6,47%

Tabelle 2: Ausschussmengen Servo-Direkt-Presse

	Presse mit Servo-Direkt-Technologie						
[Stück]	Jan 19	Feb 19	Mrz 19	Apr 19	Mai 19	Jun 19	Gesamt
Rückmeldung Schere	341.488	321.395	430.035	338.459	472.036	408.332	2.311.745
Rückmeldung Presse	322.909	313.024	418.348	331.747	459.552	399.095	2.244.675
Ausschuss Presse	18.579	8.371	11.687	6.712	12.484	9.237	67.070
%Ausschuss	5,44%	2,60%	2,72%	1,98%	2,64%	2,26%	2,90%

Das Ergebnis zeigt eine Reduzierung des Ausschusses um 3,57 %.

Damit lässt sich aus einer durchschnittlichen Jahreskapazität vom 13.750 Tonnen die eingesparte jährliche Ausschussmenge errechnen:

$$13.750 \text{ t/a} \times 3,57\% = \mathbf{490,9 \text{ t/a}}$$

Dieses Material kann bei identischer Ausgangsmenge eingespart und muss zukünftig nicht mehr vor dem Schmiedeprozess erwärmt werden. Damit trägt auch die Materialeinsparung zur Energieeffizienz der Anlage bei.

b) Materialeinsparung durch geringeren Werkzeugverschleiß

Durch die Möglichkeit, die Belastungsgeschwindigkeit der Werkzeuge zu modifizieren und somit den Wärmeeintrag in die Werkzeuge zu reduzieren, erzielt man eine Steigerung der Standmengen der Umformwerkzeuge und somit eine Reduzierung des Verschleißes der Umformwerkzeuge. Erste Versuche ergaben eine Verschleißreduzierung um 16%. Bezogen auf des Einsatzmaterial der Werkzeuge ergibt dies eine durchschnittliche Einsparung von 14,6 t/a an Werkzeugstahl.

c) Energieeinsparung durch neue Servo-Direkt-Technologie

Zur Messung der Energieeinsparung sind an allen Schmiedepressen Messgeräte installiert und über eine Software mit einem Energiemanagementsystem verbunden.

Der Vergleich über die Produktionsmengen einer konventionellen Halbwarm-Umformanlage mit der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt-Technologie, kann aufgrund der unterschiedlichen Formgeometrien und Umformarbeiten nicht direkt verglichen werden. Je nach Artikel liegen die spezifischen Energieveräuche zwischen ca. 200 und 500 kWh/t.

Zur Vergleichbarkeit der Daten wurden identische Artikel verwendet, die sowohl auf der konventionellen Anlage , als auch auf der Anlage mit neuer Servo-Direkt-Technologie gefertigt wurden.

Im Zeitraum von Oktober 2018 bis Juni 2019 wurden über mehrere Fertigungsaufträge die folgenden Artikel sowohl auf der neuen Anlage, als auch auf der bestehenden, konventionellen Schmiedepresse produziert (Tabelle 5 / 6).

Die ersten Versuche erfolgten im Oktober 2018 mit dem Artikel 110721-02 (Tabelle 3 und Bild 17). Dabei zeigt sich, dass der spezifische Energieverbrauch über die verschiedenen Versuche annähernd konstant ist.

Ein weiterer Versuch mit dem Artikel 111701-00 zeigt auch einen geringeren spezifischen Energieverbrauch, abhängig von der Geometrie und dem Verformungsgrad der verschiedenen Artikel ist der spezifische Energieverbrauch aber geringer (Tabelle 4 und Bild 18)

Tabelle 3: spezifischer Energieverbrauch Artikel 110721-02

110721-02	Konventionelle Presse		Servo-Direkt-Press	
	Zeitraum der Erfassung	29.10-31.10.2018	11.10-12.10.2018	24.10-25.10.2018
Energieverbrauch [kWh]	31890	22526	16103	15578
Produzierte Tonnage [t]	90,72	75,67	54,15	52,02
KPI-kWh/t	351,52	297,69	297,38	299,46
Vergleich Schuler 8/10		84,7%	84,6%	85,2%

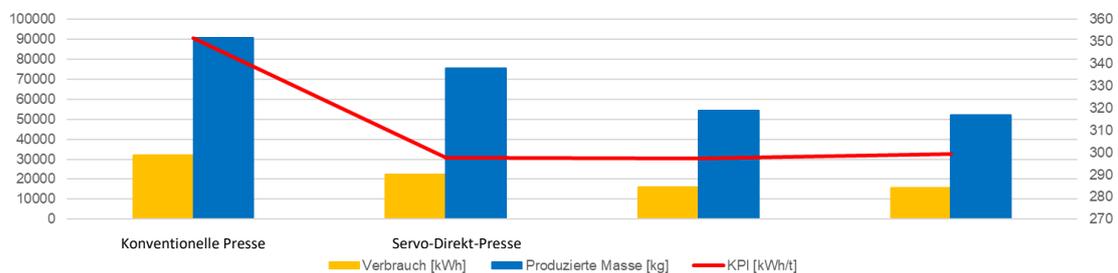


Bild 17: spezifischer Energieverbrauch Artikel 110721-02

Tabelle 4: spezifischer Energieverbrauch Artikel 110701-00

111701-00	Konventionelle Presse	Servo-Direkt-Press
Zeitraum der Erfassung	13.12.2018	11.11.2018-14.11.2018
Energieverbrauch [kWh]	6471	6301
Produzierte Tonnage [t]	12,15	14,71
KPI-kWh/t	532,59	428,35
Vergleich Schuler 8/10		80,4%

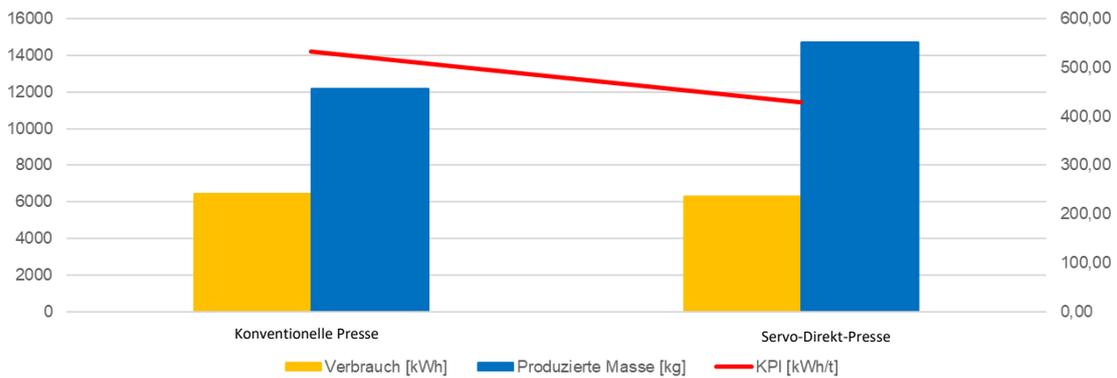


Bild 18: spezifischer Energieverbrauch Artikel 110701-00

Tabelle 5: spezifischer Energieverbrauch konventionelle Presse

konventionelle Anlage			
	Prod. Menge	Energieverbrauch	KPI
Artikelnummer	[t]	[kWh]	[kWh/t]
110721-02	90,72	31.890	351,52
111701-00	12,15	6.471	532,59
102870-12	80,44	35.675	443,50
110035-03	88,74	38.062	428,92
Summe	272,05	112.098	412,05

Tabelle 6: spezifischer Energieverbrauch Servo-Direkt-Presse

Servo-Direkt-Technologie			
	Prod. Menge	Energieverbrauch	KPI
Artikelnummer	[t]	[kWh]	[kWh/t]
110721-02	181,84	54.207	298,10
111701-00	14,71	6.301	428,35
102870-12	62,37	21.236	340,48
110035-03	246,10	92.897	377,48
Summe	505,02	174.641	345,81

Aus den Versuchsergebnissen der verschiedenen Artikel lässt sich eine durchschnittliche spezifische Energieeinsparung mit der neuen Servopresse ableiten, die bezogen auf die konventionellen Anlagen eine Einsparung von derzeit 16,1 % erzielt (345,81/412,05).

Es ist davon auszugehen, dass bei optimaler Einstellung der neuen Anlage im Echtbetrieb mit einer noch größeren Einsparung (min. 20%) zu rechnen ist. Zur Ermittlung der Einsparungen wird dieser Wert herangezogen.

Der durchschnittliche KPI-Wert (gemessen über alle Artikel) der zur Ermittlung der geplanten Daten herangezogen wurde, lag im Jahr 2017/2018 bei 325 kWh/t.

Damit ergibt sich ein hochgerechneter Wert von:

➔ $325 \text{ kWh/t} \times 80\% = \mathbf{260 \text{ kWh/t}}$

Basierend auf den Ausgangswerten aus dem Antrag wird mit einer durchschnittlichen Jahreskapazität vom 13.750 Tonnen kalkuliert, so dass sich eine Energieeinsparung aus der innovativen und effizienteren Technologie von
→ 13.750 t/a x 65 kWh/t = 893.750 kWh/a
 ergibt.

d) Energieeinsparung durch Materialreduzierung

Mit den spezifischen Energieverbrauch (KPI 260 kWh/t) aus Punkt 3.2c und den Materialeinsparungen (490,9 t/a) aus Punkt 3.1a ergibt sich eine Energieeinsparung von:

→ 490,9 t/a x 260 kWh/t = 127.634 kWh/a

e) Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung

Die derzeit nutzbare Wärme von ca. 170 kW aus der Induktionsanlage wird derzeit als Warmwassernutzung für die Sozialräume verwendet und überschüssige Abwärme verstromt. Bezogen auf eine jährliche Nutzungsdauer von 4.500 Stunde pro Jahr ergibt dies:

→ 167,5 kWh x 4.500 h/a = 753,75 MWh/a

f) Zusammenfassung

Tabelle 7: Stoff- und Energiebilanz als Vergleich der geplanten und der gemessenen Einsparungen der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie:

Material	Einsparung		Einsatz	
	Plan	IST	Alt	IST
▪ Produktionsmaterial	140,0 t/a	490,9 t/a	100 %	69,43 %
▪ Werkzeugstahl	10,0 t/a	14,6 t/a	100 %	84,1 %
Gesamtmaterial	150,0 t/a	505,5 t/a		
Energie				
▪ Halbwarm-Umformanlage	680 MWh/a	893,8 MWh/a	325 kWh/t	260 kWh/t
▪ Material, das nicht mehr erwärmt werden muss	45,5 MWh/a	127,6 MWh/a	325 kWh/t	260 kWh/t
▪ Wärmerückgewinnung	100 MWh/a	753,75 MWh/a	7,27 kWh/t	54,8 kWh/t
Gesamtenergie	825,5 MWh/a	1.121,4 MWh/a		

3.3 Umweltbilanz

Die Umweltbilanz umfasst, neben der Reduktion des Materialeinsatzes und der Energieeinsparung, auch die Energieeinsparungen bedingt durch die Reduzierung des Produktionsmaterials und des Werkzeugstahls. Zusätzlich werden auch die Vorketten zur Herstellung des Produktionsmaterial betrachtet.

a) jährliche interne Einsparung

i) Energieeinsparung durch	
- energieeffizientere Halbwarm- Umformanlage (Strom):	893,8 MWh/a
- Abwärmenutzung:	753,8 MWh/a
- Materialreduktion – Produktionsmaterial:	127,6 MWh/a
- Materialreduktion – Werkzeugstahl (Strom):	10,2 MWh/a
ii) Materialeinsparung durch	
- Reduzierung des Einsatzmaterials:	490,9 t/a
- Reduktion des Werkzeugstahls:	14,6 t / a
iii) CO ₂ – Einsparungen durch	
- energieeffizientere Halbwarm- Umformanlage:	479,1 t CO ₂ /a
- Energieeinsparung durch Materialreduktion (Produktion):	263,1 t CO ₂ /a
- Energieeinsparung durch Materialreduktion (Werkzeuge):	7,84 t CO ₂ /a
- Energieeinsparung durch Abwärmenutzung:	152,3 t CO ₂ /a

b) jährliche externe Einsparung

(vorkettenbedingte Umweltvorteile)

i) Energieeinsparung durch	
- Reduzierung bei der Stahlherstellung:	3588 MWh/a
ii) CO ₂ – Einsparungen durch	
- Stahlherstellung:	884,63 t CO ₂ /a

c) Zusammenfassung

Tabelle 8: Zusammenfassung Umweltbilanzen

	Soll - Einsparung	Ist - Einsparung [absolut]
Material		
Produktionsmaterial [t/a]	140,0	490,9
Werkzeugstahl [t/a]	10,0	14,6
Gesamtmenge [t/a]	150,0	505,5
Energie		
▪ Halbwarm- Umformanlage [MWh/a]	680	917
▪ Material, das nicht mehr erwärmt werden muss [MWh/a]	45,50	172,5
▪ Herstellung Werkzeugstahl [MWh/a]	7,00	10,2
▪ Abwärmennutzung	100	753,75
Gesamtenergie [MWh/a]	732,50	1.853,45
CO₂ - Mengen		
▪ Halbwarm- Umformanlage [kg CO ₂ /a]	364.500	491.512
▪ Material, das nicht mehr erwärmt werden muss [kg CO ₂ /a]	24.400	92.460
▪ Herstellung Werkzeugstahl [kg CO ₂ /a]	3.750	5.475
▪ Abwärmennutzung [kg CO ₂ /a]	20.200	152.258
Gesamtmenge [kg CO₂/a]	392.650	741.705
vorkettenbedingte Umweltvorteile		
Energiebedarf zur Stahlherstellung [MWh/a]	1.064,70	3.588
CO ₂ Ausstoß bei Stahlherstellung [kg CO ₂ /a]	635.625	884.625

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die erreichten Einsparungen beim Material und Energie wurden mit den gesamten Projektkosten der neuen Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie ins Verhältnis gesetzt, um so die Amortisation der Investition zu ermitteln. Dabei ergeben sich folgende jährliche Einsparungen (Prozentual):

Kosteneinsparungen:

Materialeinsparung (Produktionsmaterial):	ca. 3,57 %
Materialeinsparung (Werkzeuge):	ca. 15,9 %
Energiekosten (effizientere Anlage):	ca. 20,0 %
Energiekosten (Materialerwärmung):	ca. 3,57 %
Energiekosten (Wärmerückgewinnung):	ca. 16,9 %

Prozentuale Einsparungen pro Jahr: ca. 6,15 %

Amortisationszeit:

Aus wettbewerblichen Gründen und Vertraulichkeitsgründen werden im Bericht nicht die absoluten Amortisationszeiten dargestellt. Es wird die relative Verkürzung der Amortisationszeit durch die Förderung im Umweltinnovationsprogramm gezeigt.

Die Amortisationszeit der gesamten Projektkosten für die Halbwarm-Umformungsanlage reduziert sich bezogen auf die Amortisationszeit ohne Förderung um **19,1 %**

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Für einen technischen Vergleich zu herkömmlichen Verfahren lässt sich der Stand der Technik für konventionelle Exzenterkurbelpresse und für die Abwärmenutzung der Induktionsanlagen beschreiben.

Stand der Technik für konventionelle Exzenterkurbelpresse:

Für dieses Umformverfahren werden konventionelle Exzenterkurbelpressen eingesetzt, die im Vergleich zur innovativen Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie folgende Merkmale aufweist.

- Die Kurbelwelle wird in Längsrichtung eingebaut (siehe Bild 19).
- Der Hauptantrieb ist mit einem Schwungrad ausgestattet
- Die Motoren sind ohne Servoantrieb ausgestattet
- Ein großer Nachteil, bedingt durch die Bauform mit in Längsrichtung verbauten Kurbelwelle ist die Schwingungsanfälligkeit, die hohe Aufwände

bei der Pressenlagerung bedingt und eine weitere Effizienzsteigerung verhindert.

- Der Auswerfer ist mechanisch an den Hauptantrieb gekoppelt (Bild 5), so ist eine Anpassung an den Prozess nur sehr begrenzt möglich. Die Flexibilität ist bei dieser Art der Anlagen sehr gering.



Bild 19: Konventionelle Bauart, (Längswelle) - schematisch

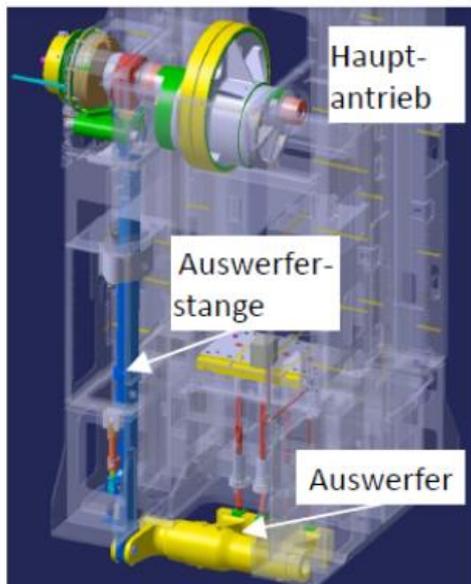


Bild 20: mechanische Kopplung des Auswerfers an den Hauptantrieb

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie wurde als Prototyp entwickelt und erstmalig bei der Firma Hirschvogel Umformtechnik eingesetzt. Die anfängliche Planung, eine Umformanlage zu installieren, die neben einer Reduktion von Material und einer energieeffizienten Fertigung, auch die zur Verfügung stehende Abwärme nutzt, stellte sich in der Umsetzung als schwierig heraus. Zum einen wurde, aufgrund von fluorhaltigen Medien, die ORC – Anlage aus dem Förderprojekt herausgenommen, zum anderen wurde die Konzipierung der Abwärmenutzung der Induktionsanlage falsch ausgelegt, so dass diese im laufenden Projekt angepasst und geändert werden musste. Die Aufstellung der Halbwarmumformungsanlage und die komplette Verkettung der Komponenten lief ohne nennenswerte Störungen, einzig der Stößel der Presse, musste aufgrund von Lunkern zweimal getauscht werden. Der zusätzliche Aus- und Einbau des neuen Stößels verlängerte das Projekt, so dass nach der Testphase jetzt das optimieren der Anlage stattfindet.

4.2 Modellcharakter

Der eigentliche Schmiedeprozess wird bei diesem Verfahren nicht verändert, so dass mit dem reinen Prozess eine 100%ige Übertragbarkeit der Technik gewährleistet ist.

Insgesamt setzt die Hirschvogelgruppe ca. 100 Pressenlinien ein, davon auch ein großer Teil an Halbwarm- und Warmumformungsanlagen, die bei erfolgreichem Einsatz nach und nach durch entsprechende effizientere Anlagen ersetzt werden. Natürlich lässt sich die neue Technologie in anderen Unternehmen im gleichen Wirtschaftszweig der Massivumformung einsetzen.

Das neue Antriebskonzept der Umformanlage kann auch in der Kalt- und Warmumformung eingesetzt werden. Im Warmumform-Bereich könnte der Einsatz für bestimmte Teilespektren (hohe Teile) schon heute in Betracht gezogen werden, für den Kalt-Bereich ist eine Anwendung mit dem Servo- Antrieb in Kombination mit der „Kniehebel-Kinematik“ für bestimmte Bereiche oder Teilespektren durchaus sinnvoll. Gerade die Entkopplung des Tischauswerfers vom Hauptantrieb, mittels des neuen Auswerfermoduls, macht den Einsatz für andere Bereiche interessant und lässt auch dort eine Prozesssteuerung und -überwachung der zu fertigenden Teile zu.

4.3 Veröffentlichungen

In diesem Projekt wurden folgende Berichte veröffentlicht, bzw. sind noch weitere Presseaktivitäten geplant:

22.08.2017 Kreisbote: Wenn der Strom aus der Presse kommt

(www.kreisbote.de/lokales/landsberg/premium-presse-umweltministerium-foerdert-investition-denklinger-hirschvogel-werk-8599990.html)

22.08.2019 Schuler: Schuler entwickelt Schmiedepresse mit Hirschvogel

(www.schulergroup.com/unternehmen/presse/pressemeldungen/tab/archiv/2019/2019_08_22_hirschvogel/index.html)

2. Quartal 2020: Veröffentlichung auf der eigenen Homepage

4. Quartal 2020: ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift

2021: geplante Vorstellung im Energieeffizienznetzwerk des Schmiedeverbandes

5. Zusammenfassung

Einleitung / Introduction

Die Hirschvogel Automotive Group ist ein weltweit operierendes Automobilzulieferer auf dem Gebiet der Massivumformung von Stahl und Aluminium sowie anschließender Bearbeitung. Die ist das der Hirschvogel Automotive Group. Das Stammwerk, die Hirschvogel Umformtechnik GmbH, in Denklingen ist nicht nur die größte Produktionsstätte, sondern auch das Entwicklungszentrum für die gesamte Gruppe. Zu ihren Kunden zählen alle namhaften Automobil-Hersteller und Zulieferer weltweit. Im Produktionsbereich der Halbwarmumformung setzt die Firma Hirschvogel Umformtechnik GmbH eine neue innovative Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie der Fa. Schuler ein. Kern der neuen Anlage ist eine neu entwickelte 20.000 kN Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie, die neben einer Erhöhung der Ausbringung zu einer Erhöhung der Teilegenauigkeit und der Werkzeugstandzeiten führt. Neben der neuen Halbwarm-Umformanlage wird auch die überschüssige Abwärme der Induktionserwärmung genutzt, um den Energieverbrauch und den CO₂ – Ausstoß nachhaltig zu verringern.

The Hirschvogel Automotive Group is a globally operating automotive supplier in the field of forging of steel and aluminum and subsequent machining. The headquarters, the Hirschvogel Umformtechnik GmbH in Denklingen, is not only the largest production plant, but also the development center for the entire group. Its customers include all the world's leading automobile manufacturers and suppliers. In the production area of warm forging, Hirschvogel Umformtechnik GmbH is using a new innovative warm forging line with servo direct technology from Schuler. The core of the new line is a newly developed 20,000 kN warm forging press with servo

direct technology, which, in addition to an increased output, leads to an increase in part accuracy and tool life. Additionally to the new warm forging press, the excess waste heat from induction heating is also used to sustainably reduce the energy consumption and CO₂ emissions.

Vorhabenumsetzung / Project implementation

Das Vorhaben startete am 12. April 2017 und endete am 15. April 2019. In diesem Zeitraum wurden die neue Umformanlage und die dazugehörige Peripherie aufgebaut, installiert und getestet. Der innovative Teil des neuen Vorhabens besteht aus der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie. Hauptmerkmale der Servo-Direkt Technologie ist die quer zur Durchlaufrichtung angeordnete Hauptwelle. Die Schwingungsempfindlichkeit ist bei diesem Konstruktionsprinzip zu wesentlich geringerer. Damit ist es möglich die Taktzeiten zu reduzieren, die Ausbringung zu erhöhen und den Grundlastanteils der Presse und der Nebenaggregate pro produzierten Teil zu reduzieren. Mit der Nutzung der kinetischen Energien, den Übersetzungsstufen sowie der höheren Ausbringung, ist der spezifische Energieeinsatz gegenüber konventionellen Anlagen deutlich reduziert worden. Durch Modifikation der Belastungsgeschwindigkeit der Werkzeuge und den Wärmeeintrag konnte der Verschleiß der Umformwerkzeuge verringert und die Standzeit erhöht werden.

The project started on April 12, 2017 and ended on April 15, 2019. During this period, the new forging line and the related periphery were set up, installed and tested. Der innovative Teil des neuen Vorhabens besteht aus der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie. The main feature of the servo direct technology is the main shaft positioned at right angles to the feed direction. With this design concept, the sensitivity to vibration is much lower than with conventional forging presses. This makes it possible to reduce cycle times, increase the output and reduce the base load of the press and auxiliary units per produced part. With the use of kinetic energies, the transmission stages and the higher output, the specific energy input has been significantly reduced compared to conventional systems. By modifying the load speed of the tools and the heat input, the wear of the forging tools could be reduced and the tool life increased.

Ergebnisse / Project results

Bezogen auf den Umweltaspekt kann mit der neuen innovativen Anlage eine jährliche Materialreduzierung von ca. 506 t, eine jährliche Energieeinsparung von ca. 1.850 MWh und eine jährliche Verringerung des CO₂ – Ausstoßes von ca. 742 t CO₂ erreicht werden.

With regard to the environmental aspect, the new innovative system can achieve an annual material reduction of approx. 506 t, an annual energy saving of approx. 1,850 MWh and an annual reduction in CO₂ emissions of approx. 742 t CO₂.

Ausblick / Prospects

Für weiteres Optimierungspotential an den verschiedenen Artikelgruppen werden an der neuen Halbwarm-Umformanlage mit Servo-Direkt Technologie in den nächsten Monaten die Parameter weiter eingestellt und feinjustiert.

Nach derzeitigem Stand der Erfahrungen und Ergebnisse mit diesem Vorhaben, sollen weitere Anlagen bei Neuinvestitionen folgen und den kompletten Prozess der herkömmlichen konventionellen Exzenterpressen ablösen. Bezogen auf den Umweltaspekt wird die Firma Hirschvogel auch weiterhin eine Vorreiterposition einnehmen und bei neuen Projekten immer auf ressourcenschonende Investitionen und Verfahren prüfen.

For further optimization potential on the various article groups, the parameters will be further adjusted and fine-tuned on the new warm forging line with servo direct technology in the coming months.

Based on the current state of experience and results from this project, further systems are to follow with new investments and replace the complete process of conventional eccentric presses. With regard to the environmental aspect, Hirschvogel will continue to play a pioneering role and will always check new projects for resource-saving investments and processes.

6. Anhang

6.1 Messprotokoll Wärmerückgewinnung

Datenerfassung Wärmerückgewinnung (Auszug)

ditech://Halle15:B1'H'Grp24'HCap.PrVal

Hirschvogel Halle 15: Halle 15'Heizung'WRG 'Wärmeleistung.Aktueller Wert

Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW
27.05.2019 04:53	171,0	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:53	171,0	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:53	171,0	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:53	170,4	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:53	170,4	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:53	170,4	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:53	169,8	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	170,4
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	172,2	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,8
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,2
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,2
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,2
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	170,4	27.05.2019 04:56	169,2
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:56	169,2
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:56	169,2
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:56	168,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:55	169,8	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:56	171,0	27.05.2019 04:57	171,0
27.05.2019 04:54	171,6	27.05.2019 04:56	171,0	27.05.2019 04:57	170,4

Abschlussbericht – Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie –
Hirschvogel Umformtechnik GmbH

Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	167,4
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	167,4
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	166,2
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	165,6
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	165,0
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	164,4
27.05.2019 09:09	171,6	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	163,2
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	169,2	27.05.2019 09:11	162,6
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:11	162,0
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:11	160,2
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:11	159,6
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:11	159,0
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:11	157,8
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:12	157,2
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:12	156,6
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:12	156,0
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:12	154,8
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,6	27.05.2019 09:12	153,5
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,0	27.05.2019 09:12	152,9
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,0	27.05.2019 09:12	151,1
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,0	27.05.2019 09:12	149,9
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	168,0	27.05.2019 09:12	148,7
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	167,4	27.05.2019 09:12	146,9
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:10	167,4	27.05.2019 09:12	146,3
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:11	170,4	27.05.2019 09:12	144,5
27.05.2019 09:09	171,0	27.05.2019 09:11	170,4	27.05.2019 09:12	143,9
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	170,4	27.05.2019 09:12	142,7
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	170,4	27.05.2019 09:12	142,1
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	170,4	27.05.2019 09:12	140,9
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	170,4	27.05.2019 09:12	140,3
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	169,8	27.05.2019 09:12	139,7
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	169,8	27.05.2019 09:12	138,5
27.05.2019 09:09	170,4	27.05.2019 09:11	169,8	27.05.2019 09:12	137,3
27.05.2019 11:22	176,2	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0

Abschlussbericht – Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie –
Hirschvogel Umformtechnik GmbH

Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	174,4
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	174,4
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	174,4
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:25	176,2
27.05.2019 11:22	175,6	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	176,2
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	174,4	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	173,8	27.05.2019 11:25	175,6
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	173,8	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	173,8	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:23	173,2	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	175,0	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	174,4	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	174,4	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	175,0
27.05.2019 11:22	174,4	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:25	174,4
27.05.2019 11:22	174,4	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:27	175,6
27.05.2019 11:22	174,4	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:29	175,6
27.05.2019 11:22	174,4	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:31	175,0
27.05.2019 11:23	175,6	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:33	175,0
27.05.2019 11:23	175,6	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:35	175,6
27.05.2019 11:23	175,6	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:37	175,6
27.05.2019 11:23	175,6	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:39	175,0
27.05.2019 11:23	175,6	27.05.2019 11:24	175,6	27.05.2019 11:41	175,6
27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0	27.05.2019 11:43	175,0
27.05.2019 11:23	175,0	27.05.2019 11:24	175,0	27.05.2019 11:45	174,4
27.05.2019 11:47	174,4	27.05.2019 23:41	209,1	28.05.2019 04:15	211,2
27.05.2019 11:49	149,1	27.05.2019 23:43	206,7	28.05.2019 04:17	204,6

Abschlussbericht – Halbwarm- Umformungsanlage mit Servo-Direkt Technologie –
Hirschvogel Umformtechnik GmbH

Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW
27.05.2019 11:51	50,1	27.05.2019 23:45	207,9	28.05.2019 04:19	206,4
27.05.2019 17:03	125,4	27.05.2019 23:47	207,3	28.05.2019 04:21	205,2
27.05.2019 17:05	118,5	27.05.2019 23:49	207,9	28.05.2019 04:23	204,0
27.05.2019 17:07	163,7	27.05.2019 23:51	206,7	28.05.2019 04:25	198,6
27.05.2019 17:09	163,7	27.05.2019 23:53	206,7	28.05.2019 04:27	204,6
27.05.2019 17:11	122,1	27.05.2019 23:55	204,9	28.05.2019 04:29	204,6
27.05.2019 17:41	38,3	27.05.2019 23:57	206,7	28.05.2019 04:31	202,8
27.05.2019 17:43	179,3	27.05.2019 23:59	207,3	28.05.2019 04:33	201,6
27.05.2019 17:45	157,2	28.05.2019 00:01	207,3	28.05.2019 04:35	206,4
27.05.2019 17:47	167,4	28.05.2019 00:03	206,7	28.05.2019 04:37	205,2
27.05.2019 19:35	228,1	28.05.2019 00:05	207,9	28.05.2019 04:39	213,0
27.05.2019 19:37	184,9	28.05.2019 00:07	207,3	28.05.2019 04:41	202,8
27.05.2019 19:39	213,7	28.05.2019 00:09	206,7	28.05.2019 04:43	206,4
27.05.2019 19:41	195,8	28.05.2019 00:11	206,1	28.05.2019 04:45	204,6
27.05.2019 19:43	213,2	28.05.2019 00:13	207,3	28.05.2019 04:47	209,4
27.05.2019 19:45	165,4	28.05.2019 00:15	205,5	28.05.2019 04:49	204,6
27.05.2019 19:47	129,6	28.05.2019 00:17	207,9	28.05.2019 04:51	199,8
27.05.2019 19:49	155,6	28.05.2019 00:19	205,5	28.05.2019 04:53	200,4
27.05.2019 19:51	184,5	28.05.2019 00:21	203,1	28.05.2019 04:55	212,4
27.05.2019 19:53	133,6	28.05.2019 00:23	217,0	28.05.2019 04:57	221,5
27.05.2019 19:55	176,3	28.05.2019 02:29	281,5	28.05.2019 04:59	205,8
27.05.2019 19:57	169,7	28.05.2019 02:31	196,6	28.05.2019 05:01	207,6
27.05.2019 19:59	201,7	28.05.2019 02:33	197,5	28.05.2019 05:03	196,2
27.05.2019 20:01	155,3	28.05.2019 02:35	201,8	28.05.2019 05:05	201,6
27.05.2019 20:03	158,9	28.05.2019 02:37	203,0	28.05.2019 05:07	201,6
27.05.2019 20:05	181,8	28.05.2019 02:39	204,8	28.05.2019 05:09	208,8
27.05.2019 20:07	174,0	28.05.2019 02:41	205,4	28.05.2019 05:11	213,6
27.05.2019 20:09	143,3	28.05.2019 02:43	206,0	28.05.2019 05:13	208,2
27.05.2019 20:11	185,4	28.05.2019 02:45	207,2	28.05.2019 05:15	205,8
27.05.2019 20:13	164,9	28.05.2019 02:47	209,0	28.05.2019 05:17	198,0
27.05.2019 20:45	146,2	28.05.2019 02:49	210,2	28.05.2019 05:19	204,0
27.05.2019 23:01	286,0	28.05.2019 02:51	208,4	28.05.2019 05:21	208,2
27.05.2019 23:03	171,9	28.05.2019 02:53	210,2	28.05.2019 05:23	210,0
27.05.2019 23:05	189,3	28.05.2019 03:25	225,7	28.05.2019 05:25	209,4
27.05.2019 23:07	209,3	28.05.2019 03:27	202,8	28.05.2019 05:27	208,2
27.05.2019 23:09	205,2	28.05.2019 03:29	55,6	28.05.2019 05:29	150,4
27.05.2019 23:11	204,3	28.05.2019 03:45	220,4	28.05.2019 05:31	137,2
27.05.2019 23:13	212,9	28.05.2019 03:47	211,2	28.05.2019 05:33	138,4
27.05.2019 23:15	206,8	28.05.2019 03:49	199,2	28.05.2019 05:35	189,0
27.05.2019 23:17	204,6	28.05.2019 03:51	196,8	28.05.2019 05:37	205,2
27.05.2019 23:19	209,0	28.05.2019 03:53	195,6	28.05.2019 05:39	205,8
27.05.2019 23:21	206,7	28.05.2019 03:55	204,0	28.05.2019 05:41	207,0
27.05.2019 23:23	208,1	28.05.2019 03:57	205,8	28.05.2019 05:43	210,6
27.05.2019 23:25	209,0	28.05.2019 03:59	203,4	28.05.2019 06:33	144,3

Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW
27.05.2019 23:27	216,7	28.05.2019 04:01	206,4	28.05.2019 06:35	182,7
27.05.2019 23:29	206,2	28.05.2019 04:03	204,6	28.05.2019 06:37	168,9
27.05.2019 23:31	213,3	28.05.2019 04:05	208,8	28.05.2019 06:39	173,1
27.05.2019 23:33	206,4	28.05.2019 04:07	206,4	28.05.2019 06:41	163,5
27.05.2019 23:35	209,2	28.05.2019 04:09	205,2	28.05.2019 06:43	164,7
27.05.2019 23:37	214,0	28.05.2019 04:11	202,2	28.05.2019 06:45	173,1
27.05.2019 23:39	210,6	28.05.2019 04:13	199,8	28.05.2019 06:47	169,5
28.05.2019 06:49	171,3				
28.05.2019 06:51	171,9				
28.05.2019 06:53	152,1				
28.05.2019 06:55	123,2				
28.05.2019 06:57	117,2				
28.05.2019 06:59	154,5				
28.05.2019 07:01	161,7				
28.05.2019 07:03	167,1				
28.05.2019 07:05	166,5				
28.05.2019 07:07	167,7				
28.05.2019 07:09	165,3				
28.05.2019 07:11	168,3				
28.05.2019 07:13	185,1				
28.05.2019 07:15	165,3				
28.05.2019 07:17	163,5				
28.05.2019 07:19	167,7				
28.05.2019 07:21	163,5				
28.05.2019 07:49	161,4				
28.05.2019 07:51	154,8				
28.05.2019 07:53	160,8				
28.05.2019 07:55	171,7				
28.05.2019 07:57	137,3				
28.05.2019 07:59	116,2				
28.05.2019 08:01	113,8				
28.05.2019 08:03	127,7				
28.05.2019 08:05	160,2				
28.05.2019 08:07	160,2				
28.05.2019 08:09	113,9				
28.05.2019 08:55	176,6				
28.05.2019 08:57	160,1				
28.05.2019 08:59	162,5				
28.05.2019 09:01	164,4				
28.05.2019 09:03	165,0				
28.05.2019 09:05	166,2				
28.05.2019 09:07	161,4				
28.05.2019 09:09	166,2				
28.05.2019 09:11	163,2				

Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW	Datum/Uhrzeit	kW
28.05.2019 09:13	163,2				
28.05.2019 09:15	164,4				
28.05.2019 09:17	166,2				
28.05.2019 09:19	168,0				
28.05.2019 09:21	166,8				
28.05.2019 09:23	163,2				
28.05.2019 09:25	163,8				
28.05.2019 09:27	160,2				
28.05.2019 09:29	163,2				
28.05.2019 09:31	158,9				
28.05.2019 09:33	165,6				

6.2 Referenzdaten

Die Referenzdaten wurden als Basis für die Berechnungen zugrunde gelegt.

Berechnungsgrundlage für Energiebedarf und CO₂ - Produktion

CO₂ – Ausstoß Hirschvogel Umformtechnik: 0,536 kg CO₂/kWh
 CO₂ – Produktion Stahl: 1,75 kg CO₂/kg Stahl
 (Angaben GEMIS-Datenbank)
 CO₂ – Produktion Gas: 0,202 kg CO₂/kWh
 (Berechnungsgrundlage KfW und BAFA))

Energiebedarf Werkzeugherstellung: 700 kWh/t
 Energiebedarf Stahlherstellung: Ø 7.098 kWh/t
 (Quelle: UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ
 UND REAKTORSICHERHEIT, Forschungskennzahl 205 93 368, UBA-FB 001563)

6.3 Bilder - Quellenverzeichnis

Bild 3 / 4 / 5 / 7 / 19 / 20: Schuler AG / Göppingen
 Bild 6: Orcan Energy AG / München
 Bild 8: SMS Eltherm GmbH / Remscheid
 Bild 1 / 2 / 9 – 18: Hirschvogel Umformtechnik GmbH / Denklingen