



**ALLGAIER** | GROUP

## Abschlussbericht



Verfahren zur Kaltumformung von hochfestem Stahl  
und Aluminium für den Leichtbau „Variotempo®“

ALLGAIER Sachsen GmbH | Ulmer Straße 75 | 73066 Uhingen

## Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt .....	2
Report Coversheet .....	3
1 Einleitung .....	4
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens .....	4
1.2 Ausgangssituation.....	4
2 Vorhabenumsetzung .....	6
2.1 Ziel des Vorhabens .....	6
2.2 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung.....	6
2.3 Umsetzung des Vorhabens.....	8
2.4 Behördliche Anforderungen.....	11
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	11
3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung .....	12
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	12
3.2 Stoff- und Energiebilanz .....	14
3.3 Umweltbilanz .....	15
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	16
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	18
4 Übertragbarkeit .....	19
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	19
4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit .....	19
4.3 Veröffentlichungen und Presseaktivitäten .....	20
5 Zusammenfassung/Summary .....	21
5.1 Zusammenfassung .....	21
5.2 Summary .....	24
6 Literatur .....	26

BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

## **Zusammenfassung**

Abschlussbericht zum Vorhaben  
„Verfahren zur Kaltumformung von hochfestem Stahl und Aluminium  
für den Leichtbau ‚Variotempo‘“

Zuwendungsempfänger  
ALLGAIER Sachsen GmbH

Umweltbereich  
Ressourceneffizienz und Energieeinsparung

Laufzeit des Vorhabens  
Von 30.04.2015 bis 28.02.2018

Autor  
Dr. Jürgen Ladwig

Datum der Erstellung  
30.04.2019

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

**Berichts-Kennblatt**

Aktenzeichen des UBA:	Projekt-Nr.: Nka3 - 003076
Titel des Vorhabens: „Verfahren zur Kaltumformung von hochfestem Stahl und Aluminium für den Leichtbau ‚Variotempo‘“	
Autoren: Ladwig, Dr. Jürgen	Vorhabenbeginn: 30.04.2015
	Vorhabenende: 28.02.2018
Zuwendungsempfänger: ALLGAIER Sachsen GmbH Ulmer Str. 75 73066 Uhingen	Veröffentlichungsdatum: 30.04.2019
	Seitenzahl: 26
Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.	
Kurzfassung: <p>Im Rahmen des Vorhabens wurde am Standort in Oelsnitz/Vogtland eine neuartige Transferpresse für die Großserienproduktion errichtet, um mit dem von ALLGAIER entwickelten „Variotempo“-Verfahren hochfeste Stähle im Kaltumformverfahren zu verarbeiten. Mit diesem neuen Verfahren können Gewichtseinsparungen von bis zu 60 Prozent pro Bauteil erreicht werden. Das Verfahren ermöglicht es, deutlich komplexere, mehrteilige Bauteile als nunmehr einteiliges Bauteil zu fertigen, wodurch aufwendige Fügeprozesse in Form von Schweißen oder Kleben reduziert werden oder sogar vollständig entfallen können. Aufgrund der verringerten Anzahl an Fertigungsschritten kommt es zu weniger Materialeinsatz, einer Verminderung der Ausschussquote und somit zu Materialeinsparungen.</p>	
Schlagwörter: Kaltumformung – Variotempo® – Ressourceneffizienz	
Anzahl der gelieferten Berichte: Papierform: Elektronischer Datenträger:	

## Report Coversheet

Reference-No. Federal Environmental Agency:	Project-No.: Nka3 - 003076
Report Title: "Cold forming of high-strength steel and aluminium for lightweight construction 'Variotempo®'"	
Author: Ladwig, Dr. Jürgen	Start of project: 30/04/2015 End of project: 28/02/2018
Performing Organisation: ALLGAIER Sachsen GmbH Ulmer Str. 75 73066 Uhingen	Publication Date: 30/04/2019 No. of Pages: 26
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.	
Summary: Within this project, a new type of transfer press for mass production was erected in the Oelsnitz/Vogtland plant of Allgaier in order to produce parts using the Variotempo technique, developed by Allgaier to cold form parts from high strength steels. Weight savings of up to 60 % can be achieved using this technology. Variotempo allows for more complex, multi part components to be produced as single part solution, hence to reduce or even eliminate extensive assembly processes like welding or the application of adhesive. The result of the reduced amount of production processes is a reduced material input, a reduced scrap rate and therefore an overall saving of material.	
Keywords: Cold forming – Variotempo® – Resource efficiency	

## **1 Einleitung**

### **1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens**

Die ALLGAIER-Group mit Hauptsitz in Uhingen ist sowohl Innovationsführer in der Blechumformung und unverzichtbarer Partner der Automobilbranche als auch entwickelt sie standardisierte und individuelle Lösungen für die verfahrenstechnische Industrie. Das operative Geschäft der ALLGAIER-Group mit weltweit ca. 1.700 Mitarbeitern teilt sich in die zwei Geschäftsbereiche „ALLGAIER Automotive“ und „ALLGAIER Process Technology“. Der Geschäftsbereich „ALLGAIER Process Technology“ ist auf den Maschinen- und Apparatebau für die Verfahrenstechnik fokussiert. Hier fertigt und liefert die Unternehmensgruppe weltweit Anlagen und Systeme zum Waschen, Trocknen, Kühlen, Sieben und Sortieren für die verarbeitende Industrie.

Der Geschäftsbereich „ALLGAIER Automotive“ ist das Herz der Gruppe und versteht sich als Systemlieferant für die internationale Automobilindustrie. Schwerpunkte sind der Werkzeugbau, die Herstellung von Pressteilen im Kaltumformverfahren sowie die Systementwicklung und Produktion von Kraftstoffbehältern und anderen einbaufertigen Komponenten im Karosseriebereich. Die zum Zeitpunkt der Antragstellung im Jahr 2015 neu gegründete ALLGAIER Sachsen GmbH ist als Tochtergesellschaft der ALLGAIER Werke GmbH ebenso in diesem Marktsegment tätig. Dazu wurde in 08606 Oelsnitz im Vogtlandkreis bis Ende 2016 ein neues Werk für die innovative Herstellung von Pressteilen im neuen Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren gebaut und in Betrieb genommen.

### **1.2 Ausgangssituation**

Das Umweltbewusstsein in unserer Gesellschaft steigt stetig und beeinflusst immer stärker das Kaufverhalten der Automobilkunden. Darüber hinaus werden Kraftstoffe wie Benzin und Diesel kontinuierlich teurer und die Ressourcen an Rohöl weltweit knapper. Die zu unserem täglichen Leben gehörende Mobilität könnte in Zukunft zu einem Luxusgut werden. Neben der Entwicklung von immer effizienteren Benzin- oder Dieselmotoren bzw. von alternativen Antriebskonzepten, wie beispielsweise Elektromotoren, wird bei den Fahrzeugherstellern der Fokus auch auf die Gewichtsreduzierung der Fahrzeuge gelegt. Denn weniger Gewicht ist stets mit einem geringeren Verbrauch an Rohstoffen verbunden – und dies unabhängig von der verwendeten Motorentechnologie. Die Gewichtsreduzierung der Fahrzeuge darf aber insbesondere bei sicherheitsrelevanten Fahrzeugteilen, wie beispielsweise tragenden Elementen der Karosserie, nicht zu Lasten der Sicherheit der Fahrzeuge bzw. der Insassen erfolgen.

Der sich hieraus ergebende scheinbare Widerspruch – zum einen hohe Stabilität sowie Sicherheit und zum anderen Gewichtseinsparung – war seit dem Jahr 2010 die Motivation von

ALLGAIER, in intensiver Arbeit sowie begleitenden Versuchen ein neues Verfahren zu entwickeln, wodurch sich Autoteile aus hochfestem Stahl und Aluminium einfacher, kostengünstiger und umweltschonender in der Kaltumformung herstellen lassen.

Das bei ALLGAIER zum Einsatz kommende Kaltumformverfahren ist bei der Herstellung von Autoteilen aus Stahl und Aluminium seit vielen Jahrzehnten etabliert. Die Bleche werden dabei mit hohem Krafteinsatz gepresst, gewalzt, gebogen oder gezogen und erreichen so ihre endgültige Form, ohne dass sie dafür erhitzt werden müssen. Dieses vergleichsweise kostengünstige Verfahren der Kaltumformung wird im Automobilbau jedoch seit einigen Jahren immer weniger eingesetzt. Der Grund hierfür ist die Problematik des Einsatzes von stetig komplexer werdenden Bauteilen sowie hochfestem Stahlblech, um das Gewicht und damit den Kraftstoffverbrauch zu senken. Aufgrund der Festigkeitswerte dieser Materialien können bei gleicher Belastung lediglich dünnere Bleche bzw. Bauteile geformt werden. Da diese hochfesten Stähle jedoch deutlich spröder sind, lassen sie sich in der klassischen Kaltumformung, ohne Variotempo<sup>®</sup>, nur bedingt bearbeiten. Diese Materialien würden – wollte man sie in herkömmlicher Kaltumformung verarbeiten – reißen.

Um dennoch hochfesten Stahl verwenden zu können, greifen die Automobilhersteller verstärkt auf das Warmumformverfahren zurück. Das Metall wird hier über den Rekristallisationsschmelzpunkt hinaus erhitzt, wodurch es geschmeidiger wird und sich leichter verarbeiten lässt. Der Produktionsaufwand und damit die Kosten, aber insbesondere auch die Umweltbelastungen sind dadurch jedoch weit höher. Bei der Warmumformung fallen insgesamt mehr Arbeitsschritte als bei der Kaltumformung an. Zudem müssen die Oberflächen der einzelnen Teile abschließend mit einem Laser behandelt werden, um sie vom entstehenden Zunder zu befreien. Während durch das Kaltumformverfahren 15 Teile pro Minute aus der Presse realisiert werden können, sind es bei der Warmumformung lediglich fünf bis sechs Teile.

Das Ergebnis der zurückliegenden Entwicklungsarbeit durch ALLGAIER ist das seit dem Jahr 2013 patentierte Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren. Die Kaltumformung wurde hierbei so modifiziert, dass Metall durch den Einsatz innovativer Matrizen in einem mehrstufigen Prozess zuerst an jene Stellen gezogen wird, an denen es sonst später fehlen würde. Die gefürchteten Risse und Spannungen werden somit vermieden. Neben der Verwendung von neuen, hochfesten Materialien bei der Kaltumformung, wodurch eine Gewichtseinsparung von 25 bis 60 Prozent pro Bauteil erreicht werden kann, war das Ziel dieses Entwicklungsprojekts die Fertigung von komplexen, bisher mehrteiligen Bauteilen zu umgehen und als ein Bauteil auszuformen, um aufwendige Fügeprozesse in Form von Schweißen oder Kleben zu verhindern. Dies führt zu einer reduzierten Teileanzahl und zu einer erheblichen Energieeinsparung bzw. Ressourceneffizienz im Fertigungsprozess.

## 2 Vorhabenumsetzung

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war die erstmalige Umsetzung des patentierten Variotempo®-Verfahrens auf einer speziell konzipierten Maschinen- und Anlagentechnologie, um damit signifikante Verbesserungen hinsichtlich des Klimaschutzes und der Ressourceneffizienz zu erreichen. Durch die damit einhergehende Vermeidung des sonst üblichen Warmumformverfahrens beim Einsatz von hochfesten Stählen und komplexen Geometrien sollten verfahrenstechnisch deutliche Vorteile hinsichtlich der Umwelt- und Ressourceneffizienz erzielt werden. So kann durch das Variotempo®-Verfahren nun auf die energieintensive Erhitzung der Bauteile über den Rekristallisationspunkt vollständig verzichtet werden. Jedoch lässt die derzeitige Variotempo®-Auftragslage bislang keine Großserienproduktion zu, wodurch die angestrebten Umwelteffekte zum aktuellen Zeitpunkt nicht vollständig realisiert werden können (s. Ausführungen in Abschnitt 2.3 und 3.2 bzw. 3.3).

### 2.2 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung

Beim Kaltumformen von hoch- und höchstfestem Stahl mit bis zu 1.200 MPa Festigkeit und bei Aluminium gelingt es mit herkömmlichen Werkzeugen oft nicht, das Material in die kritischen Umformzonen nachfließen zu lassen. Komplexe Geometrien ließen sich dadurch bisher nicht tiefziehen. Variotempo® begegnet diesem Problem mit einem neuartigen, zweistufigen Prozess in einem Hub. Dazu werden erstmals geteilte Matrizen (Innen- und Außenmatrize) eingesetzt, deren Teile sich mit unterschiedlichen – individuell steuerbaren – Geschwindigkeiten bewegen (Abbildung 1).

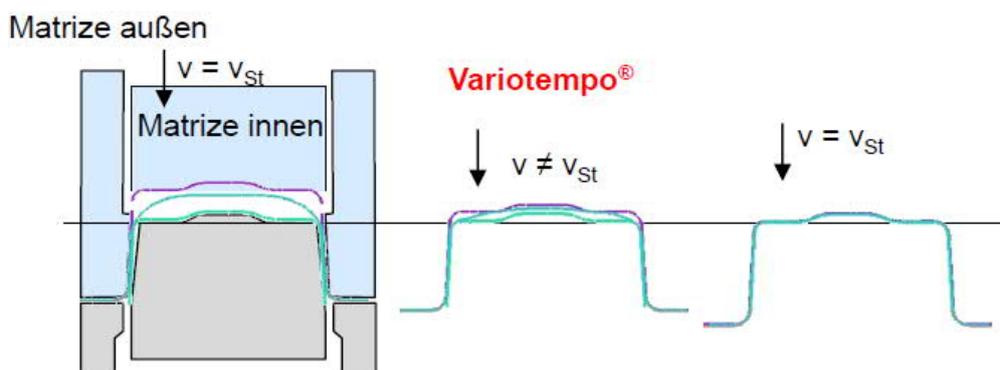


Abbildung 1: Innovative zweiteilige Matrize für die stufige Umformung eines Federtopfs (Variotempo®)

So schiebt das vorlaufende Matrizenstück das Material entsprechend definierter Parameter in jenen Umformbereich, in welchem das zweite Matrizenstück die Geometrie im Endzug ausformt. Die Bewegungsgeschwindigkeiten sind dabei je nach Kontur individuell geregelt. Die eigens für diesen Fertigungsprozess neu entwickelten, servogesteuerten Transferpressen

erlauben es, die Stößel- und Stößelkissengeschwindigkeit unabhängig voneinander spezifisch einzustellen und so an den Umformvorgang anzupassen.



Abbildung 2: Prinzip der zweistufigen Umformung eines Federtopfs (Variotempo®)

Allgaier konnte in der Prototypenphase mit dem patentierten Variotempo®-Verfahren Federtöpfe aus einem DP 980 mit Wanddicken von lediglich einem Millimeter ausformen, die bisher aus HC300BD+ 300 mit 2,5 mm Wandstärke hergestellt werden mussten.



Abbildung 3: Stufen der Umformung eines Federtopfs aus DP 980 (Variotempo®)

Da sich mit dem neuen Variotempo®-Verfahren auch bei herkömmlichen Materialien höhere Umformgrade erreichen lassen, können bisher fertigungsbedingt mehrteilige Baugruppen nun in einem Stück gefertigt werden, so dass aufwendige Fügeprozesse entfallen. Damit eröffnen sich weitere Optionen zum strukturellen Leichtbau und zur Kostenersparnis. Denn auch mit höherer Festigkeit des Materials lassen sich die für die Beulsteifigkeit ausschlaggebenden Bauteildicken nicht beliebig reduzieren.

Das innovative technologische Variotempo®-Verfahren konnte in seiner Prototypenphase nachfolgende Vorteile bestätigen und die Leistungsfähigkeit unterstreichen:

- Verschiebung von Verfahrensgrenzen des klassischen Tiefziehens,
- Verbesserung der Machbarkeit von umformtechnisch schwierigen Bauteilen,
- Vermeidung mehrteiliger Baugruppen (durch die verbesserte Machbarkeit),
- Fügeprozesse und somit aufwendige Nachbearbeitungsschritte entfallen,
- höhere Steifigkeit durch Wegfall von Fügeprozessen,
- Risiko der Rissbildung an den zusammengefügt Stellen entfällt (da weniger bzw. keine Teile zusammengefügt werden müssen),
- Einsparungspotenzial durch reduzierten Materialeinsatz (Schrottanteil geringer),

- Erhöhung der Sicherheit durch höherfeste Karosseriewerkstoffe,
- Reduktion des Gewichts durch geringere Blechstärke (verminderter Kraftstoffverbrauch und Fahrzeugemissionen).

### 2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die vom Umweltinnovationsprogramm geförderte Variotempo-Transferpresse wurde nach Eingang des Schreibens der Bundesministerin Dr. Barbara Hendricks bei der Firma FAGOR ARRASATE S. COOP planmäßig bestellt. Die Vorabnahme der VT-Presse fand im Zeitraum vom 14.12.2015 bis zum 18.12.2015 bei der Firma Fagor in Arrasate statt. Die mechanischen Werte der Presse (u. a. Presskraft, Stößelhub, Parallelität und Durchbiegung der Presse) wurden in diesem Rahmen gemessen und dokumentiert. Des Weiteren wurden die Funktionen des Transfers sowie die der Schiebetische getestet. Ein gleichermaßen zentraler Aspekt bei der Vorabnahme war die Funktion der beiden Variotempo-Kissen. Hierzu hatte ALLGAIER bereits im Vorfeld ein Variotempo®-Prüfmodul entwickelt und beschafft. Dieses dient zur vollständigen Funktionsprüfung des Variotempo®-Prozesses im laufenden Pressenbetrieb. Das Prüfmodul besteht aus einem Stahlgehäuse, welches in die Presse montiert wird, einer Hydraulikeinheit sowie entsprechender Steuerungstechnik. Das Prüfmodul wird wie ein Werkzeug auf den Pressentisch gespannt. Die verbauten Hydraulikzylinder erzeugen Gegenkräfte auf die Variotempo®-Kissen, wie sie auch bei der Umformung eines Stahlblechs entstehen. Mittels des Prüfmoduls konnten ausgewählte, vorab definierte Variotempo®-Kurvenverläufe getestet werden. Während der Prüfung wurden die Wege, die Axialkräfte der Hydraulikzylinder am Prüfmodul sowie der Stößelweg der Presse erfasst und ausgewertet. Die bis dato lediglich berechneten Kurvenverläufe der VT-Kissen konnten somit erstmalig in der Praxis getestet werden. Die hierbei gewonnen Erkenntnisse und Ergebnisse sind als gut zu bewerten. In Summe verlief die Vorabnahme positiv, weshalb die Anlage am 23.12.2015 zum Versand freigegeben werden konnte. In der Zwischenzeit erfolgten bis zum Montagebeginn die Vorbereitungen für die Ankunft der Presse am neuen Standort in Oelsnitz. Hierzu zählt unter anderem die Planung und Installation der Medienanschlüsse sowie die Schnittstelle zwischen bestehendem Betonfundament und dem Maschinenbett.

Im Anschluss an die im Zeitraum vom 14.12.2015 bis 18.12.2015 durchgeführte Vorabnahme wurde die VT-Presse planmäßig bei Fagor in Arrasate/Mondragon demontiert und für den Versand vorbereitet. Der Transport der Einzelteile an ihren Bestimmungsort in Oelsnitz verlief wie geplant und ohne Komplikationen. Die Vorbereitungen am Aufstellungsort (Schnittstelle Pressenfundament, Medienanschlüsse etc.) waren bis zum Anlieferungstermin der Presse abgeschlossen, so dass die Montage in Oelsnitz in KW 06/2016 beginnen konnte (s. nachfolgende Abbildungen).



Abbildung 4: Inbetriebnahme der Anlage am Standort Oelsnitz (1/3)



Abbildung 5: Inbetriebnahme der Anlage am Standort Oelsnitz (2/3)



Abbildung 6: Inbetriebnahme der Anlage am Standort Oelsnitz (3/3)

Im Rahmen der Grobmontage wurden die Schwerlastteile der Presse, wie beispielsweise das Maschinenbett, der Stößel, das Kopfstück usw. mittels einem Hubgerüst am Aufstellort montiert. Im Anschluss daran erfolgte die Feinmontage der restlichen Anlagenteile. Die Inbetriebnahme der Presse konnte ebenfalls planmäßig beginnen. Die Personensicherheit der Anlage wurde abgenommen und die Anlage bereits ohne Werkzeug (keine Teileproduktion) betrieben. Die Automation zwischen Presse und Transfer wurde hierbei im automatisierten Betrieb (Verknüpfung Presse und Transfer) getestet. Ebenfalls wurde die für KW 30 2016 geplante Endabnahme termingerecht begonnen. Die bei der Durchführung erkannten Mängel an der Anlage haben jedoch die Aussprache einer positiven Endabnahme nicht möglich gemacht. Diese Mängel bezogen sich auf diverse Pressenfunktionen selbst (Schnittstellen zum Zuführgerät funktionierten nicht etc.), wodurch der geplante Termin für die Fertigstellung der Presse nicht eingehalten werden konnte. In KW 08 2017 konnte die Endabnahme wiederholt werden. Dabei wurde festgestellt, dass nicht alle Mängel gemäß der erstellten LOP (Liste offener Punkte) vom Pressenhersteller abgearbeitet wurden. Eine Endabnahme wurde deshalb nur unter Vorbehalt der Abarbeitung der offenen Punkte gemäß LOP ausgesprochen. Als eines der Hauptthemen war die Software der Automation zu nennen, die sehr störungsanfällig ist und keinen Betrieb mit der geforderten Verfügbarkeit der Anlage zuließ. Die Verkettung, inkl. Shuttle, Ent- und Beladefeder sowie der Umbau der Presse sind nach Plan im April 2017 begonnen worden. Die erforderliche Hardware wurde vollumfänglich installiert und in Betrieb genommen. Die Funktion der Verkettung war grundsätzlich gegeben, konnte jedoch aufgrund der oben beschriebenen Probleme, die Software der Automation betreffend,

zunächst nicht zum Abschluss geführt werden. Die dargestellten Probleme konnten jedoch bis Februar 2018 gelöst werden, wodurch das Investitionsvorhaben mit der finalen Endabnahme der Anlage abgeschlossen werden konnte.

Aufgrund des verspäteten Pressenanlaufs entstand die Problematik, dass nach der finalen Endabnahme keine Variotempo®-Serienaufträge vorlagen, die jedoch für die Erstellung des Abschlussberichts auf Basis von Echtdateien notwendig gewesen wären. Aus diesem Grunde wurde mit dem Umweltbundesamt vereinbart, dass zu Test- und Nachweiszwecken ein bestehendes Produkt der Firma ALLGAIER auf der Variotempo®-Presse gefertigt wird. Dies erforderte einen Umbau der bestehenden Werkzeuge, der jedoch im September 2018 erfolgen konnte. Die Inbetriebnahme des Werkzeuges und die entsprechende Teileproduktion wurde am 15.09.2018 durchgeführt. Dabei konnte der Nachweis der Funktionsfähigkeit geführt und belegt werden, dass die angestrebten Umwelteffekte tatsächlich erreicht werden können. Dies wird im weiteren Verlauf dieses Abschlussberichts ausführlich dargestellt.

#### **2.4 Behördliche Anforderungen**

Die Einrichtung und der Betrieb der Anlage bedurften bzw. bedürfen keiner behördlichen Genehmigungen.

#### **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten**

Die Betriebsdaten der gesamten Anlage werden über Sensoren bzw. Sensorsysteme erfasst und im Manufacturing Execution System (MES) des Unternehmens gespeichert. In diesem Softwaresystem erfolgt weiterhin die Aufbereitung der Daten. Der Nachweis der Wirksamkeit des Variotempo®-Verfahrens konnte nach der Inbetriebnahme der Variotempo®-Presse auf der Grundlage von Referenzteilen auf Basis dieser erfassten und aufbereiteten Betriebsdaten erfolgen. Hierbei konnte der Material- und Energiebedarf der Variotempo®-Fertigung einer konventionellen Fertigung gegenübergestellt werden. Das Verfahren ermöglicht je nach Anwendungsfall zwei Dimensionen von umweltrelevanten Einsparungen: Zum einen kann der Wegfall von Fertigungs- bzw. Prozessschritten bei der Herstellung von komplexen, ehemals mehrteiligen Bauteilen als Einzelbauteil eine signifikante Energieeinsparung ermöglichen. Zum anderen kann der mögliche Einsatz von hoch- und höchstfestem Stahl eine erhebliche Gewichtseinsparung bzw. Materialeinsparung bei den entsprechend gefertigten Bauteilen nach sich ziehen, wodurch ebenfalls erhebliche Energieeinsparungen bzw. Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich sind.

### 3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

#### 3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Wie bereits in Abschnitt 2.3 dargestellt, konnte das Investitionsvorhaben trotz diverser Schwierigkeiten erfolgreich umgesetzt werden. Daher folgen an dieser Stelle diesbezüglich keine weiteren Ausführungen. Wesentlich für den weiteren Erfolg des Vorhabens ist die Auftragslage hinsichtlich Variotempo®-Produkten bei ALLGAIER, wenngleich sich hierzu zum aktuellen Zeitpunkt leider keine Aussagen getroffen werden können.



Abbildung 7: Bauteil: Dachspriegel

Dennoch konnte die Anlage am 13.09.2018 in Probetrieb genommen werden (erste Variotempo®-Fertigung). Dabei wurde das Bauteil „Dachspriegel“ (Abbildung 7) erstmals im Variotempo®-Verfahren gefertigt. Insgesamt wurden 2.180 Bauteile hergestellt, bei einem Bauteil pro Hub und 16 Hub pro Minute. Abbildung 8 zeigt das fertige Bauteil (links), den Rohling (rechts) sowie die zwischengelagerten Prozessschritte in der Mitte.

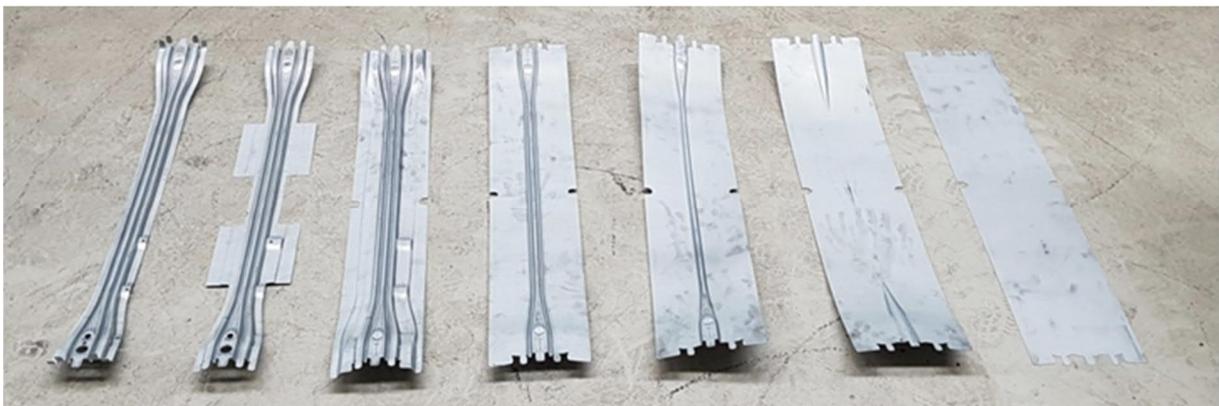


Abbildung 8: Fertigungsprozess: Dachspriegel

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die FAGOR-Presse (oben) und die Variotempo®-Werkzeuge als Bestandteil der Presse (unten) am Standort in Oelsnitz/Vogtland, die im Rahmen des in diesem Bericht vorgestellten Investitionsvorhabens in Betrieb genommen wurden.



Abbildung 9: FAGOR-Press



Abbildung 10: Variotempo®-Werkzeuge

Ziel des Probetriebs, der – wie dargestellt – am 13.09.2018 durchgeführt werden konnte, war es, den Nachweis zu führen, dass es im großtechnischen Serienmaßstab möglich ist, komplexe Bauteile mittels Variotempo® im Kaltumformverfahren herzustellen und dabei die Warmumformung als damaligen Stand der Technik zu ersetzen. Abbildung 11 stellt die neue

Prozesskette in der Kaltumformung dem Stand der Technik gegenüber. Dabei wird deutlich, dass statt bislang drei Prozessschritten nunmehr lediglich einer benötigt wird.

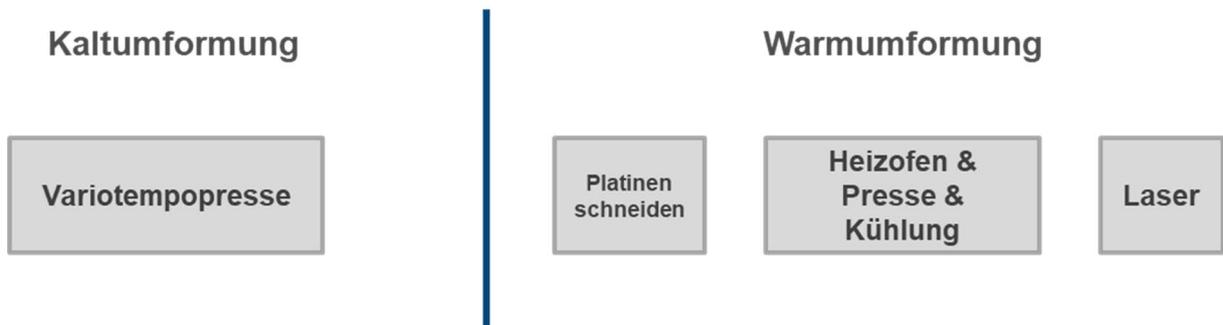


Abbildung 11: Prozesskette Kaltumformung vs. Warmumformung

### 3.2 Stoff- und Energiebilanz

Abbildung 12 zeigt das Lastprofil der Anlage während des Probetriebs am 13.09.2019. Die durchschnittliche Leistung betrug 178 kW über eine Stunde, was somit insgesamt 178 kWh entspricht.

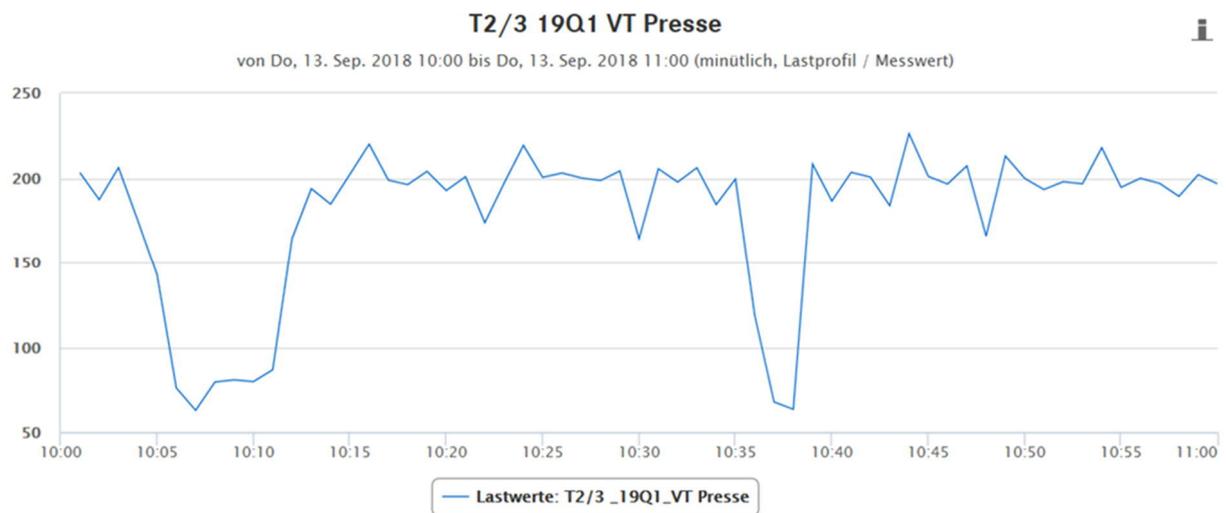


Abbildung 12: Lastprofil der Anlage während des Probetriebs

Zudem wurden die in nachfolgender Tabelle dargestellten Daten aufgezeichnet, die als Berechnungsgrundlage der Umweltentlastungen dienen. Im Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren ermöglicht die Presse einen Output eines Bauteils pro Hub und 16 Hüben pro Minute. Dies ermöglicht eine Taktzeit von 960 Stk./Std. Der angegebene Stromverbrauch bezieht sich lediglich auf die Presse und Automation.

	Einheit	Variotempo®	Warmumformung
<b>Abpressen</b>			
Taktzeit	[Stk./h]	960	600
Stromverbrauch	[kWh]	178	310
Gasverbrauch	[kWh]	-	220
<b>Laser (Fügen)</b>			
Taktzeit	[Stk./h]	-	60
Stromverbrauch	[kWh]	-	35

Tabelle 1: Stoff- und Energiebilanz des Variotempo®-Verfahrens

Das konventionelle Warmformverfahren hingegen leistet einen Output von zwei Stück pro Hub und fünf Hüben pro Minute respektive einer Taktzeit von 600 Stk./Std. Der Stromverbrauch ist im Vergleich zum Variotempo®-Prozess deutlich höher, da neben der Presse (125 kWh) und der Automation (15 kWh) auch das Platinenschneiden (50 kWh) und die Kühlung<sup>1</sup> (120 kWh) Strom verbrauchen. Dazu kommt ein Gasbedarf von 220 kWh für den notwendigen Heizofen. Weiterhin ist ein nachgelagerter Produktionsschritt notwendig, der einen zusätzlichen Strombedarf von 35 kWh verursacht.

### 3.3 Umweltbilanz

Auf Basis der in obigem Abschnitt 3.3 dargestellten Stoff- und Energiebilanz ergibt sich folgende Energiebilanz:

	Einheit	Variotempo® geplant	Variotempo® realisiert	Warm- umformung
Strom/Bauteil	[kWh/Stk./h]	0,185	0,185	1,467
Gas/Bauteil	[kWh/Stk./h]	-	-	0,367
CO <sub>2</sub> /Bauteil (Strom und Gas)	[kg/Stk. ]	0,099	0,099	0,662
CO <sub>2</sub> /Jahr	[t/Jahr]	9,920	69,44	66,183
Einsparung CO <sub>2</sub>	[t/Jahr]	56,3	394,1	-
Einsparung CO <sub>2</sub>	[t/10 Jahre]	563,0	3.941,0	-

Tabelle 2: Umweltbilanz des Variotempo®-Verfahrens

Jedes Bauteil, das im Probebetrieb mittels Variotempo® gefertigt wurde, verursachte 0,099 kg CO<sub>2</sub>. Im Vergleich zur Warmumformung, die pro Bauteil 0,662 kg CO<sub>2</sub> verursacht, kann durch das Variotempo®-Verfahren pro Stück 0,563 kg CO<sub>2</sub> vermieden werden. Ursprünglich geplant war eine Produktionsmenge von ca. 100.000 Bauteilen pro Jahr respektive 1.000.000

<sup>1</sup> Die Rohteile werden auf 950 °C vorgewärmt; die Abkühlung erfolgt mit Wasser auf ca. 150 bis 250 °C.

Bauteilen über die zehnjährige Nutzungsdauer, sodass pro Jahr 56,3 Tonnen CO<sub>2</sub> bzw. über die Laufzeit 563 Tonnen CO<sub>2</sub> hätten eingespart werden können. Pro 100.000 gefertigter Bauteile ergäben sich somit Einsparungen von 128.200 kWh Strom sowie 36.700 kWh Gas (Spalte „Variotempo®“). Durch die nach Abschluss des Projektes deutlich verbesserten Nachfragesituation kann zum aktuellen Zeitpunkt mit einer Produktionsmenge von insgesamt ca. 700.000 Stück jährlich gerechnet werden. Pro Jahr ergibt dies eine Einsparung von 394,1 Tonnen CO<sub>2</sub>. Bei einer Laufzeit von 10 Jahren erzielt das Variotempo®-Verfahren eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von insgesamt 3.941,0 Tonnen (Spalte „Variotempo® realisiert“).

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Aufgrund der dargestellten technischen Probleme und der sich auf den September 2018 verzögerten Testläufe kann die Wirtschaftlichkeit der Anlage bislang lediglich abgeschätzt werden. Eine belastbare Darstellung von erwarteten oder einmaligen Kosteneinsparungen ist somit zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Aus diesem Grunde wird nachfolgend die im Rahmen der Antragstellung geplante Amortisationszeit dargestellt. Generell kann jedoch festgehalten werden, dass die Investition nicht primär zu direkten Kosteneinsparungen führen wird, sondern neue Fertigungsmöglichkeiten und Märkte erschließt und eine deutliche Effektivitätsverbesserung nach sich zieht.

Um im Wettbewerb bestehen zu können, müssen ungeachtet des aus energetischer und umweltpolitischer Sicht herausragenden Investitionsvorhabens auch betriebswirtschaftliche Aspekte in der Investitionsplanung und in der Ausführung Berücksichtigung finden. Daher ist es notwendig, einen optimalen Ausgleich zwischen den Themen Umweltschutz, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit zu erzielen. In den ausgewiesenen, reinen maschinentechnischen Anschaffungskosten bzw. den umweltrelevanten Investitionen für die Umsetzung des Variotempo®-Verfahrens von 9.035 TEUR ist keine Förderung berücksichtigt. Abzüglich des gewährten Zuschusses i. H. v. 1.355 TEUR ergeben sich tatsächliche Anschaffungskosten von 7.680 TEUR. Dadurch kann die Amortisationszeit von ursprünglich 11,6 Jahren (ohne Zuschuss) – durch die verbesserte Auftragslage – auf 4,5 Jahre gesenkt werden. Nachfolgend ist die Amortisationsrechnung auf Basis der zu erwartenden Kosteneinsparungen für die großtechnische Umsetzung des Variotempo®-Verfahrens dargestellt.

Amortisationsrechnung Variotempo®	Einheit	Plankosten pro Jahr
Anschaffungskosten	[TEUR]	9.035
Zuschuss	[TEUR]	1.355
Kalkulatorische Nutzungsdauer	[a]	10
Kalkulatorischer Zins	[%]	5
Kalkulatorische Abschreibung	[TEUR]	904
Einsparung Energie	[TEUR]	784
Einsparung Hilfs- und Betriebsstoffe	[TEUR]	131
Produktivitätssteigerung	[TEUR]	523
Kapitalkosten	[TEUR]	1.770
Jährliche Einsparung vor Afa	[TEUR]	2.027
Amortisationszeit	[a]	4,5

Tabelle 3: Amortisationsbetrachtung

Die Anschaffungskosten beinhalten dabei sämtliche direkt dem Variotempo®-Vorhaben zu-rechenbaren Ausgaben (ohne Gebäude und Peripherie) bzw. die umweltrelevanten Investiti-onen inklusive der Anbindung der bestehenden Schuler Presse (GP-245) für die Herstellung von größeren Variotempo®-Teilen bzw. deren Beschnitt. Zusätzlich wurden die Annahme getroffen, dass eine Vollauslastung mit Variotempo®-Teilen vorliegt. Wie bereits dargestellt, handelt es sich bei diesen Zahlen leider um vorläufige Werte, da eine Bestätigung im Echt-betrieb bislang nicht erfolgen konnte.

Jedoch konnte im Rahmen des Probetriebs relevante Daten gesammelt werden, die für eine vorläufige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung herangezogen werden können. Nachfolgende Tabelle 4 stellt die wesentlichen Parameter und Eigenschaften dieser beiden Prozesse über-sichtlich gegenüber. Dabei wird deutlich, dass sich diese insbesondere kostenseitig unter-scheiden. Im Variotempo®-Verfahren betragen die Werkzeugkosten im konkreten Fall 682.000 EUR, bei Prozesskosten von 2,55 EUR pro Bauteil; im konventionellen Warmum-formverfahren kostet das Werkzeug 300.000 EUR bei Prozesskosten von 5,50 EUR pro Bau-teil.

	Kaltumformung (Variotempo®)	Warmumformung
Bauteileigenschaften	CR700Y980T-DP (Kaltgewalzt, höherfester Stahl, Streckgrenze $R_{p0,2} = 700\text{--}850$ MPa, Zugfestigkeit $R_m = 980$ MPa)	WU
Einsatzgewicht Platine	1,34 kg	1,34 kg
Gewicht Bauteil	0,90 kg	0,90 kg
Werkzeugkosten	682.000 EUR	300.000 EUR
Prozesskosten (Material, Platinenzuschnitt, Abpressung, Logistik etc.)	2,55 EUR/Stk.	5,50 EUR/Stk.

Tabelle 4: Gegenüberstellung von Kalt- und Warmumformung

Basierend auf einer angenommenen Laufzeit der Anlage von zehn Jahren und einer Gesamtstückzahl von 7.000.000 Bauteilen, ergibt sich eine Einsparung von 20.2687.000 EUR über die Laufzeit respektive 2.026.870 EUR pro Jahr. Dies berechnet sich wie folgt:

$$\text{Ersparnis} = \text{Einsparung Prozesskosten} - \text{Mehrkosten Werkzeuge} = \\ 7.000.000 \text{ Stk.} \times 2,95 \text{ EUR/Stk.} - 382.000 \text{ EUR} = 20.268.000 \text{ EUR}$$

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Aktuell stellt das Variotempo®-Verfahren das einzige dem Unternehmen bekannte Verfahren dar, welches die in Abschnitt 2.1 genannten Aufgabenstellungen im Kaltumformverfahren bewerkstelligt. Konventionell kommt dabei das Warmumformverfahren als bisheriger Stand der Technik zum Einsatz.

Die Gestaltungsfreiheit der Pressteile beim Kaltumformen ist im Vergleich zum Warmumformen durch die begrenzte Formänderungsfähigkeit des Bauteilwerkstoffs sowie durch die hohe Fließspannung des Bauteils, welche zu hohen Werkzeugbelastungen führt, eingeschränkt. Zudem bestehen verfahrenstechnische Grenzen hinsichtlich der Streckgrenze sowie der maximalen Dehnungswerte, sodass die konventionelle Kaltumformung hier weitere Einschränkungen erfährt. Bauteile mit komplexen Geometrien werden daher in mehrere Werkstücke aufgeteilt und gefertigt. Anschließend werden diese durch einen weiteren Produktionsschritt zum eigentlichen Bauteil weiterverarbeitet. Diese technologische Grenze konnte ALLGAIER mit dem neuen Variotempo®-Verfahren deutlich verschieben.

## **4 Übertragbarkeit**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Die Praxiseinführung wurde in Abschnitt 2.3 ausführlich beschrieben, weshalb an dieser Stelle hierauf nicht weiterführend eingegangen wird.

### **4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit**

Die erfolgreiche Umsetzung des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens hängt entscheidend von der Akzeptanz der Automobilhersteller ab. Nur durch die konstruktive Aufnahme der neuen technischen Möglichkeiten (Material, komplexe Geometrien) des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens in der Fahrzeugentwicklung können die wirtschaftlichen und technischen Vorteile mit den dargelegten Umweltentlastungen verwirklicht werden.

Neben den wirtschaftlichen und technischen Aspekten sind für die Automobilhersteller die Produktionssicherheit bzw. Verfügbarkeit der Teile von entscheidender Bedeutung. Die schnelle Akzeptanz des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens wird daher neben der Darstellung einer Back-up-Lösung auch von der weltweiten Verbreitung des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens abhängen. Die Konzentration auf einen einzigen Lieferanten wird aus Risikogesichtspunkten in der Automobilbranche nur in Ausnahmefällen akzeptiert. Daher wird die Vergabe von Variotempo<sup>®</sup>-Lizenzen an Mitbewerber geprüft. Das Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren bietet neben der Automobilbranche auch vielerlei Ansatzpunkte für die Etablierung in weiteren Branchen. So wäre beispielsweise zusätzlich zur Automotive-Branche eine Anwendung in den Bereichen Gehäuse- und Behälterbau, im Maschinen- und Anlagenbau, aber auch bei der Herstellung von Spülbecken sowie im Bereich der Haushaltsgeräteindustrie (Geräte mit tiefgezogenen Komponenten bei beispielsweise Waschmaschinen, Trockner etc.) denkbar. Aufgrund der Verzögerungen in der Projektumsetzung sind seitens ALLGAIER in dieser Hinsicht jedoch bislang keine konkreten Aktivitäten geplant. Schwerpunkt der aktuellen Vermarktungsaktivitäten des Unternehmens ist die Generierung von Aufträgen, die im Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren umgesetzt werden können, um eine bessere Auslastung der Anlage zu erreichen und somit letztlich die angestrebten Umweltentlastungen vollumfänglich realisieren zu können.

### 4.3 Veröffentlichungen und Presseaktivitäten

Im Rahmen der Vorhabensumsetzung wurden folgende Veröffentlichungen gemacht und Presseaktivitäten getätigt:

- NWZ Zeitung Göppingen (Februar 2014)
- Automobilwoche (März 2014)
- BBR Zeitung (Mai 2014)
- Blechnet (Mai 2014)
- Industriportal (Mai 2014)
- Automobil der Zukunft, Sonderbeilage FAZ (Dezember 2015)
- www.konstruktion-online.de (August 2015)
- Blechnet (März 2016)
- Youtube (Januar 2019)
- VDI Zentrum Ressourceneffizient GmbH (Januar 2019)
- VDI Nachrichten (April 2019, s. Anhang)
- Industrieanzeiger Hochfeste Karosseriebauteile (April 2019, s. Anhang)

## 5 Zusammenfassung/Summary

### 5.1 Zusammenfassung

#### Einleitung

Die ALLGAIER-Group mit Hauptsitz in Uhingen ist sowohl Innovationsführer in der Blechumformung und unverzichtbarer Partner der Automobilbranche als auch entwickelt sie standardisierte und individuelle Lösungen für die verfahrenstechnische Industrie. Das operative Geschäft der ALLGAIER-Group mit weltweit ca. 1.700 Mitarbeitern teilt sich in die zwei Geschäftsbereiche „ALLGAIER Automotive“ und „ALLGAIER Process Technology“.

Ziel des Investitionsvorhabens der ALLGAIER Automotive war die erstmalige Umsetzung des patentierten Variotempo®-Verfahrens auf einer speziell konzipierten Maschinen- und Anlagentechnologie, um damit signifikante Verbesserungen hinsichtlich der Ressourceneffizienz zu erreichen. Durch die damit einhergehende Vermeidung des sonst üblichen Warmumformverfahrens beim Einsatz von hochfesten Stählen und komplexen Geometrien sollten verfahrenstechnisch deutliche Vorteile hinsichtlich der Umwelt- und Ressourceneffizienz erzielt werden. So kann durch das Variotempo®-Verfahren nun auf die energieintensive Erhitzung der Bauteile über den Rekristallisationspunkt vollständig verzichtet werden.

#### Vorhabenumsetzung

Das Vorhaben konnte erfolgreich umgesetzt werden. Die Anlage wurde am 13.09.2018 in Probebetrieb genommen. Dabei wurde das Bauteil „Dachspiegel“ erstmals im Variotempo®-Verfahren gefertigt. Insgesamt wurden 2.180 Bauteile hergestellt, bei einem Bauteil pro Hub und 16 Hub pro Minute. Ziel dieses Probebetriebs war es, den Nachweis zu führen, dass es im großtechnischen Serienmaßstab möglich ist, komplexe Bauteile mittels Variotempo® im Kaltumformverfahren herzustellen und dabei die Warmumformung als damaligen Stand der Technik zu ersetzen.

#### Ergebnisse

Die Variotempo®-Auftragslage zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Abschlussberichts lies keine Großserienproduktion zu, wodurch die angestrebten Umwelteffekte im Berichtszeitraum nicht vollständig realisiert werden konnten. Daher basieren die in diesem Abschlussbericht dargestellten Werte auf den Daten, die während des Probebetriebs der Anlage am 13.09.2018 aufgezeichnet wurden. Die durchschnittliche Leistung betrug 178 kW über eine Stunde, was somit insgesamt 178 kWh entspricht. Zudem wurden die in nachfolgender Tabelle dargestellten Daten aufgezeichnet, die als Berechnungsgrundlage der Umweltentlastungen dienen. Im Variotempo®-Verfahren ermöglicht die Presse einen Output von einem Bauteil pro Hub und 16 Hüben pro Minute. Dies ermöglicht eine Taktzeit von 960 Stk./Std. Der angegebene Stromverbrauch bezieht sich lediglich auf die Presse und Automation.

	Einheit	Variotempo®	Warmumformung
<b>Abpressen</b>			
Taktzeit	[Stk./h]	960	600
Stromverbrauch	[kWh]	178	310
Gasverbrauch	[kWh]	-	220
<b>Laser (Fügen)</b>			
Taktzeit	[Stk./h]	-	60
Stromverbrauch	[kWh]	-	35

Tabelle 5: Stoff- und Energiebilanz des Variotempo®-Verfahrens

Das konventionelle Warmformverfahren hingegen leistet einen Output von zwei Stück pro Hub und fünf Hüben pro Minute respektive einer Taktzeit von 600 Stk./Std. Der Stromverbrauch ist im Vergleich zum Variotempo®-Prozess deutlich höher, da neben der Presse (125 kWh) und der Automation (15 kWh) auch das Platinenschneiden (50 kWh) und die Kühlung (120 kWh) Strom verbrauchen. Dazu kommt ein Gasbedarf von 220 kWh für den notwendigen Heizofen. Weiterhin ist ein nachgelagerter Produktionsschritt notwendig, der einen zusätzlichen Strombedarf von 35 kWh verursacht. Auf dieser Basis ergibt sich folgende Energiebilanz:

	Einheit	Variotempo® geplant	Variotempo® realisiert	Warm- umformung
Strom/Bauteil	[kWh/Stk./h]	0,185	0,185	1,467
Gas/Bauteil	[kWh/Stk./h]	-	-	0,367
CO <sub>2</sub> /Bauteil (Strom und Gas)	[kg/Stk. ]	0,099	0,099	0,662
CO <sub>2</sub> /Jahr	[t/Jahr]	9,920	69,44	66,183
Einsparung CO <sub>2</sub>	[t/Jahr]	56,3	394,1	-
Einsparung CO <sub>2</sub>	[t/10 Jahre]	563,0	3.941,0	-

Tabelle 6: Umweltbilanz des Variotempo®-Verfahrens

Jedes Bauteil, das im Probebetrieb mittels Variotempo® gefertigt wurde, verursachte 0,099 kg CO<sub>2</sub>. Im Vergleich zur Warmumformung, die pro Bauteil 0,662 kg CO<sub>2</sub> verursacht, kann durch das Variotempo®-Verfahren pro Stück 0,563 kg CO<sub>2</sub> vermieden werden. Die Produktionsmenge beträgt aufgrund einer verbesserten Auftragslage ca. 700.000 Bauteile pro Jahr respektive 7.000.000 Bauteile über die zehnjährige Nutzungsdauer, sodass pro Jahr 394,1 Tonnen CO<sub>2</sub> bzw. über die Laufzeit 3.941,0 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Pro 700.000 gefertigter Bauteile werden 897.400 kWh Strom sowie 256.900 kWh Gas eingespart.

Aufgrund der dargestellten technischen Probleme und der sich auf den September 2018 verzögerten Testläufe kann die Wirtschaftlichkeit der Anlage bislang lediglich abgeschätzt

werden. Eine belastbare Darstellung von erwarteten oder einmaligen Kosteneinsparungen ist somit zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Generell kann jedoch festgehalten werden, dass die Investition nicht primär zu direkten Kosteneinsparungen führen wird, sondern neue Fertigungsmöglichkeiten und Märkte erschließt und eine deutliche Effektivitätsverbesserung nach sich zieht. Jedoch konnte im Rahmen des Probetriebs relevante Daten gesammelt werden, die für eine vorläufige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung herangezogen werden können. Dabei wird deutlich, dass sich diese insbesondere kostenseitig unterscheiden. Im Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren betragen die Werkzeugkosten im konkreten Fall 682.000 EUR, bei Prozesskosten von 2,55 EUR pro Bauteil; im konventionellen Warmumformverfahren kostet das Werkzeug 300.000 EUR bei Prozesskosten von 5,50 EUR pro Bauteil. Basierend auf einer angenommenen Laufzeit der Anlage von zehn Jahren und einer Gesamtstückzahl von 7.000.000 Bauteilen, ergibt sich eine Einsparung von 20.268.700 EUR über die Laufzeit respektive 2.026.870 EUR pro Jahr.

#### Ausblick

Die erfolgreiche Umsetzung des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens hängt entscheidend von der Akzeptanz der Automobilhersteller ab. Nur durch die konstruktive Aufnahme der neuen technischen Möglichkeiten (Material, komplexe Geometrien) des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens in der Fahrzeugentwicklung können die wirtschaftlichen und technischen Vorteile mit den dargelegten Umweltentlastungen verwirklicht werden.

Neben den wirtschaftlichen und technischen Aspekten sind für die Automobilhersteller die Produktionssicherheit bzw. Verfügbarkeit der Teile von entscheidender Bedeutung. Die schnelle Akzeptanz des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens wird daher neben der Darstellung einer Back-up-Lösung auch von der weltweiten Verbreitung des Variotempo<sup>®</sup>-Verfahrens abhängen. Die Konzentration auf einen einzigen Lieferanten wird aus Risikogesichtspunkten in der Automobilbranche nur in Ausnahmefällen akzeptiert. Daher wird die Vergabe von Variotempo<sup>®</sup>-Lizenzen an Mitbewerber geprüft. Das Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren bietet neben der Automobilbranche auch vielerlei Ansatzpunkte für die Etablierung in weiteren Branchen. So wäre beispielsweise zusätzlich zur Automotive-Branche eine Anwendung in den Bereichen Gehäuse- und Behälterbau, im Maschinen- und Anlagenbau, aber auch bei der Herstellung von Spülbecken sowie im Bereich der Haushaltsgeräteindustrie (Geräte mit tiefgezogenen Komponenten bei beispielsweise Waschmaschinen, Trockner etc.) denkbar. Aufgrund der Verzögerungen in der Projektumsetzung sind seitens ALLGAIER in dieser Hinsicht jedoch bislang keine konkreten Aktivitäten geplant. Schwerpunkt der aktuellen Vermarktungsaktivitäten des Unternehmens ist die Generierung von Aufträgen, die im Variotempo<sup>®</sup>-Verfahren umgesetzt werden können, um eine bessere Auslastung der Anlage zu erreichen und somit letztlich die angestrebten Umweltentlastungen vollumfänglich realisieren zu können.

## 5.2 Summary

### Introduction

The ALLGAIER-Group with its headquarters in Uhingen is a leading innovator in sheet metal forming and an essential partner for the automotive industry as well as a developer of standard- and customized solutions for the processing industry. The operative business of the ALLGAIER-Group with a total of 1.700 employees worldwide is divided into two branches, "ALLGAIER Automotive" and "ALLGAIER Process Technology".

### Project Implementation

The project realization was successful. The new machine was set up for a trial run on 13th September 2018, producing the "Dachspiegel", which is connecting the B-Pillars of the car, for the first time using Variotempo®. In total, 2.180 parts were produced with one part per stroke and 16 strokes per minute. The aim of this trial run was to provide evidence, that it is possible to produce complex parts in cold forming using Variotempo® in mass production scale and to substitute the up to now state of the art hot forming process.

### Project results

At the time of creation of this final report, the order situation of Variotempo® parts did not allow for a full series production and thus the intended environmental effects could not be completely realized. Hence the values, indicated within this final report, are based on the trial run on 13th September 2018. The average power consumption at that time was 178 kW during one hour (178 kWh). Further, the values shown in the table below were recorded as a calculation basis for the environmental relief. Running in Variotempo® mode, the output of the press is one part per stroke and 16 strokes per minute. This results in an hourly output of 960 pcs/h. The stated energy consumption includes both, press and automation.

	Einheit	Variotempo®	Warmumformung
<b>Pressing</b>			
Output	[pcs/h]	960	600
Energy consumption	[kWh]	178	310
Gas consumption	[kWh]	-	220
<b>Laser (trimming)</b>			
Output	[pcs/h]	-	60
Energy consumption	[kWh]	-	35

Tabella 7: Resource and energy balance of the Variotempo® process

The conventional hot forming, in comparison, provides an output of two parts per stroke and five strokes per minute, resulting in an hourly output of 600 pcs/h. The energy consumption is, compared to the Variotempo® process significantly higher, since apart from the press (125 kWh) and the automation (15 kWh) also the blanking (50 kWh) and the cooling (120 kWh) consume energy. In addition to the electricity, the required furnace consumes another 220 kWh worth of gas. Further, an additional laser process is required to trim the parts, leading to another 35 kWh of energy consumption. All this results in the following energy balance:

	Unit	Variotempo®	Hot forming
Electricity/part	[kWh/pc/h]	0.185	1.467
Gas/part	[kWh/pc/h]	-	0.367
CO <sub>2</sub> /part	[kg/pc]	0.099	0.662
CO <sub>2</sub> /year	[t/year]	69.44	66.183
Saving of CO <sub>2</sub>	[t/year]	394.1	
Saving of CO <sub>2</sub>	[t/10 years]	3,941.0	

Tabella 8: Environmental balance of the Variotempo® process

Each component manufactured in trial operation with Variotempo® caused 0.099 kg CO<sub>2</sub>. In comparison to hot forming, which produces 0.662 kg CO<sub>2</sub> per component, the Variotempo® process saves 0.563 kg CO<sub>2</sub> per unit. The production volume is currently 700,000 components per year or 7,000,000 components over the ten-year lifetime, so that 394.1 tons of CO<sub>2</sub> can be saved per year or 3,941.0 tons of CO<sub>2</sub> over lifetime. For every 700,000 finished components, 897,400 kWh of electricity and 256,900 kWh of gas are saved.

Regarding the economic effect it can be stated that the investment will not lead to direct cost reductions, but new production potential as well as the development of new markets and increased efficiency. The collected data during the trial run can be used for a first economic review. The specific tooling cost for the Variotempo® process is 682.000 EUR and production cost of 2,55 EUR per part, compared to tooling cost of traditional hot forming of 300.000

EUR and production cost of 5,50 EUR per part. Based on the expected lifetime of the machine of ten years and a total production volume of 7,000,000 parts, the cost saving over lifetime is 20,268,700 EUR or respectively 2,268,700 EUR per year.

#### Outlook

The successful realization of the Variotempo® process highly depends on the acceptance from the OEMs. Only by adapting the new possibilities (material grades, complex geometries) provided by the Variotemp® process and their implementation in the concept engineering of the cars, the commercial and environmental benefits as presented can be realized. Apart from the commercial and technical matters, production safety and availability of parts are crucial for the OEMs. The quick acceptance of the Variotempo® process depends on the availability of a backup solution as well as on the global availability of the Variotempo® process. The reliance on a single supplier will rarely be accepted by the OEMs, due to reasons of risk management. This is why the commissioning of Variotempo® licenses to competitors is evaluated. The Variotempo® process offers, apart from the automotive industry, a variety of possibilities for other industries as well. There would, for example, be additional potential for the production of housings and covers, tank and container, machine and system construction as well as for sinks or household products (devices using deep drawn components like washing machines, dryers etc.). The company's main sales activities currently focus on the acquisition of assignments suitable for Variotempo® to achieve a better utilization of the equipment and therefore to completely fulfill the desired environmental relief.

## 6 Literatur

Der vorliegenden Abschlussbericht wurde auf Basis eigener Daten und Aufzeichnungen der Firma ALLGAIER erstellt. Externe Quellen wurden nicht herangezogen.