



Förderkennzeichen: NKa3 - 003401

Abschlussbericht im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms

Erstmalige Umsetzung des patentierten Temper-Box®-Verfahrens in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse

GEDIA Gebrüder Dingerkus GmbH
Röntgenstraße 2 - 4 | 57439 Attendorn

Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt	1
Report Coversheet	3
1. Einleitung	4
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	4
1.2 Ausgangssituation.....	4
2. Vorhabenumsetzung	12
2.1 Ziel des Vorhabens.....	12
2.2 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung.....	12
2.3 Umsetzung des Vorhabens.....	13
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	17
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	18
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	19
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung.....	19
3.2 Stoff- und Energiebilanz.....	20
3.3 Umweltbilanz.....	22
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	26
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	28
4. Übertragbarkeit	36
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	36
4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit.....	36
5. Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit	40
6. Zusammenfassung/Summary	41

BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht zum Vorhaben

Erstmalige Umsetzung des patentierten TemperBox®-Verfahrens in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse

Zuwendungsempfänger

GEDIA Gebrüder Dingerkus GmbH

Umweltbericht

Ressourceneffizienz und Energieeinsparung

Laufzeit des Vorhabens

22.11.2018 bis 30.06.2020

Autor

Stephan Gante

Datum der Erstellung

20.08.2021

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen des UBA:	Projekt-Nr.: NKa3 - 003401
Titel des Vorhabens: Erstmalige Umsetzung des patentierten TemperBox®-Verfahrens in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse	
Autor: Stephan Gante	Vorhabenbeginn: 22.11.2018
	Vorhabende: 30.06.2020
Zuwendungsempfänger: GEDIA Gebrüder Dingerkus GmbH Röntgenstraße 2-4 57439 Attendorn	Veröffentlichungsdatum: 01.11.2021
	Seitenzahl: 37
Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.	
<p>Kurzfassung:</p> <p>Zahlreiche Karosserieteile werden zur Verbesserung der Crashesicherheit mit unterschiedlichen Festigkeiten ausgestattet. Hiermit kann eine gezielte Verformung und damit ein deutlich besserer Schutz der Insassen im Falle eines Unfalls erreicht werden. Die Herstellung von komplexen Karosserieteilen mit unterschiedlicher Festigkeit ist jedoch aufwändig und häufig nur mit mehreren Prozessschritten möglich. So wird bspw. das weichere Mittelteil einer PKW-Stirnwand im Kaltumformprozess und die festeren Seitenteile in einem weiteren Kaltumformprozess hergestellt, bevor Sie durch Kleben und Schweißen aufwändig miteinander verbunden werden. Neben den damit verbundenen hohen Energieverbrauch wird für die härteren Seitenteile eine deutlich höhere Materialstärke gewählt, um die Festigkeit zu erzielen. Die höhere Materialstärke führt jedoch auch zu einem höheren Gesamtgewicht.</p> <p>GEDIA hat das sog. TemperBox®-Verfahren entwickelt und erstmals großtechnisch realisiert. Damit können in nur einem innovativen Warmumformprozess auch hochkomplexe Bauteile, wie die PKW-Stirnwand, mit unterschiedlichen Festigkeiten hergestellt werden. Neben dem deutlich geringeren Energieverbrauch kann dabei die Materialstärke deutlich verringert und damit wertvolle Ressourcen eingespart werden.</p> <p>Mit dem TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse können so insgesamt jährlich 790 t Stahl eingespart werden. Die damit und in Verbindung mit</p>	

der Energieeinsparung vermiedenen jährlichen Emissionen belaufen sich auf insgesamt 1.548,82 t CO₂.

Schlagwörter:

Automobilindustrie – Ressourceneffizienz – Karosserieteile – Presse – Materialeffizienz

Anzahl der gelieferten Berichte:

Papierform: 5

Elektronischer Datenträger: 1

Sonstige Medien: –

Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite:

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environmental Agency:		Project-No.: NKa3 - 003401	
Report Title:			
Author: Stephan Gante		Start of project: 22/11/2018	
		End of project: 30/06/2020	
Performing Organisation: GEDIA Gebrüder Dingerkus GmbH Röntgenstraße 2-4 57439 Attendorn		Publication Date: 01/11/2021	
		No. of Pages: 37	
Funded in the Environmental Innovation Program of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.			
<p>Summary:</p> <p>Numerous body parts are equipped with different strengths to improve crash safety. This makes it possible to achieve targeted deformation and thus significantly better protection of the occupants in the event of an accident. However, the production of complex body parts with different strengths is complex and often only possible in several process steps. For example, the softer center section of a car bulkhead is produced in a cold forming process, while the firmer side sections are produced in a further cold forming process before being joined together in a complex bonding and welding process. In addition to the associated high energy consumption, a significantly higher material thickness is selected for the harder side parts in order to achieve the required strength. However, the higher material thickness also leads to a higher total weight.</p> <p>GEDIA has developed the so called TemperBox®-process and realized it for the first time on a large scale. With this process, even highly complex components, like the car bulkhead, can be produced with different strengths in only one innovative hot forming process. In addition to the significantly lower energy consumption, the material thickness can be significantly reduced, thus saving valuable resources.</p> <p>The TemperBox® process in combination with a servo-hydraulic press can thus save a total of 790 t of steel per year. The annual emissions avoided as a result and in conjunction with the energy savings amount to a total of 1,548.82 t CO₂.</p>			
<p>Keywords:</p> <p>automotive industry - resource efficiency - body parts - press - material efficiency</p>			

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die GEDIA Gebrüder Dingerkus GmbH hat ihren Stammsitz in Attendorn. Das Unternehmen wurde bereits im Jahr 1910 von den Brüdern Anselm und Ferdinand Dingerkus gegründet. Zu Beginn wurden bei GEDIA Bijouteriewaren hergestellt, ab dem Jahr 1925 wurde das Fertigungsprogramm um Blechhohlgriffe für Emaille-Geschirr erweitert. Im Jahr 1955 wurde mit der Produktion von Press-, Stanz- und Ziehteilen, insbesondere für die Automobilindustrie begonnen. Heute, 108 Jahre nach der Firmengründung, zählt GEDIA zu einem der führenden Automobilzulieferer im Bereich von Automobilen Leichtbautechnologien und Chassis-Komponenten. Neben dem Produktionsstandort in Attendorn ist GEDIA weltweit mit sieben weiteren Produktionsstandorten vertreten, darunter China, Mexiko, USA, Spanien, Polen, Ungarn und Indien. Am Standort Attendorn werden unterschiedliche Karosserieteile mit neuesten Herstellungsverfahren für die Automobilindustrie gefertigt; heute arbeiten am Standort rund 850 Mitarbeiter. In der nachfolgenden Abbildung ist ein aktuelles Firmenorganigramm dargestellt, der Antragsteller ist farblich hervorgehoben.

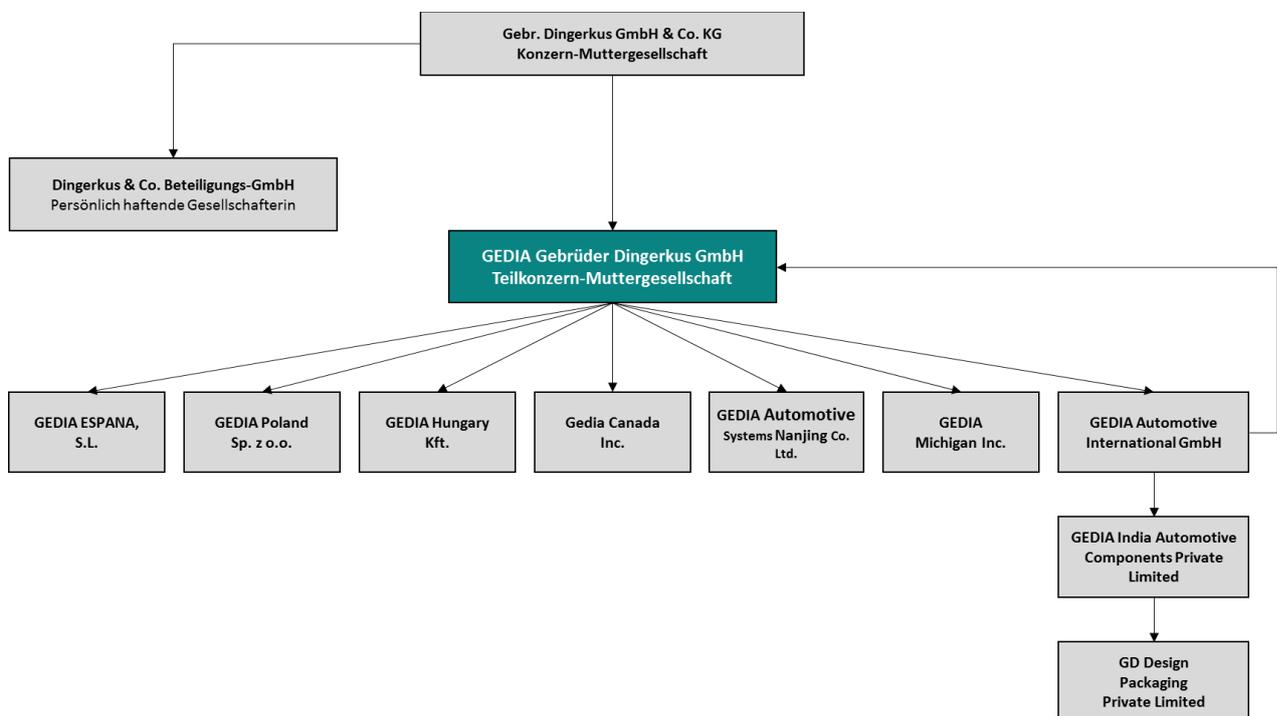


Abbildung 1: Organigramm der Unternehmensgruppe

1.2 Ausgangssituation

Die Herstellung von Karosserieteilen erfolgt durch den Prozess des Kalt- oder Warmumformens. Die Auswahl des verwendeten Prozesses hängt dabei maßgeblich vom jeweiligen Bauteil ab; so können bislang nur bestimmte und in der Regel einfache, wenig komplexe Bauteile

im Warmumformprozess hergestellt werden. Der bei GEDIA zum Einsatz kommende Prozess des Kaltumformens ist in der nachfolgenden Abbildung 2 schematisch dargestellt.

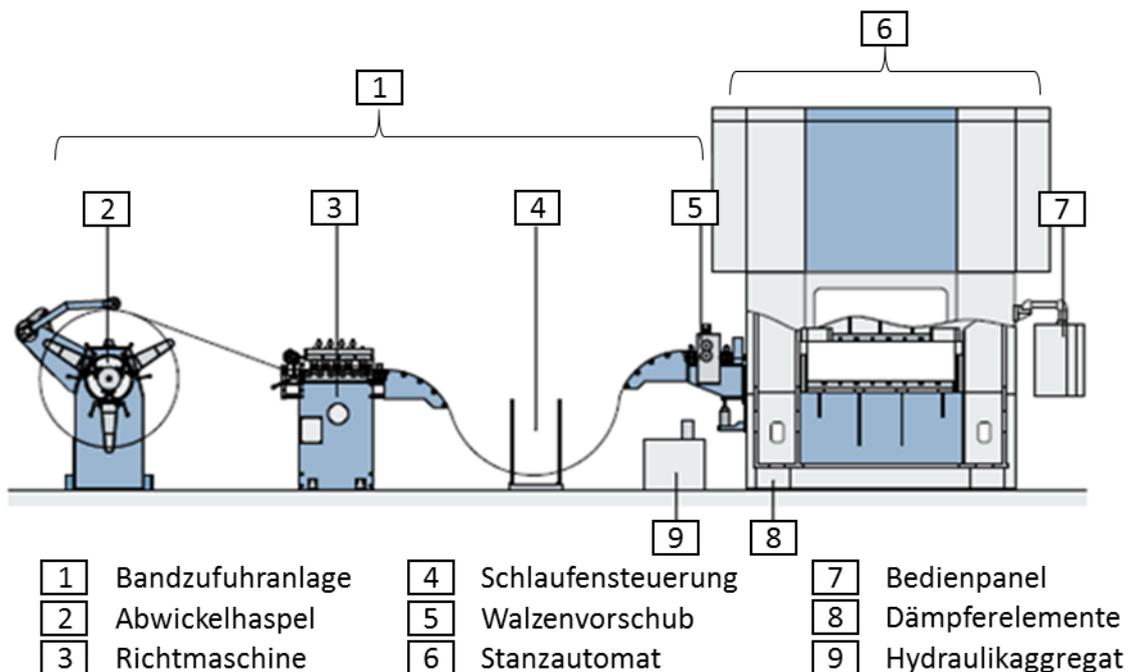


Abbildung 2: Prozessschema Kaltumformen. Quelle: Schuler Group

Beim Kaltumformprozess wird Coilmaterial durch eine Abwickelhaspel [2] aufgespannt und in eine Richtmaschine [3] eingeleitet. Durch das Aufwickeln des Stahlbands zu einem Coil entstehen hohe Spannungen, die durch die Richtmaschine eliminiert werden und zugleich Welligkeiten glättet. Die anschließende Schlaufensteuerung [4] dient dem Vorhalten von Material, da das Richten unterbrechungsfrei kontinuierlich läuft, die Presse aber das Material taktweise benötigt. Der in der Abbildung mit der Nummer [5] gekennzeichnete Walzenvorschub schiebt das Material in die Presse, in der das entsprechende Werkzeug installiert ist. Die Presse [6] presst mit dem Werkzeugoberteil das Material im Werkzeugunterteil zusammen. Das Werkzeugoberteil ist am Pressenstößel befestigt, das Werkzeugunterteil ist auf dem Pressentisch befestigt. Die bei GEDIA in diesem Fall zum Einsatz kommende Presse zum Kaltumformen besitzt eine Presskraft von 12.500 kN bei Pressentisch bzw. -stößeldimensionen von 2.200 x 5.000 mm.

Warmumgeformte Bauteile haben den entscheidenden Vorteil, dass diese speziell gehärtet werden, wodurch hohe Festigkeiten auch bei geringen Materialstärken erreicht werden. Um dieselbe Festigkeit eines Bauteils mittels Kaltumformprozess zu erreichen, müssen weitaus dickere Materialstärken verwendet werden, wodurch sich jedoch entsprechend das Bauteilgewicht erhöht. Die Reduktion des Fahrzeuggewichts ist allerdings neben der motorseitigen

Effizienzsteigerung eine entscheidende Stellschraube, um den Kraftstoffverbrauch und damit die Bildung von Emissionen weiter zu reduzieren. Dem ADAC zur Folge ergeben 100 kg Fahrzeuggewicht einen Mehrverbrauch von bis zu 0,3 Liter auf 100 km¹, womit der positive Effekt der Gewichtseinsparung bei Fahrzeugen verdeutlicht wird. Fahrzeuge werden heutzutage nach sehr hohen Sicherheitsstandards gebaut, was einer Materialeinsparung in einer ersten Betrachtung entgegenwirkt. Als Zulieferer von Karosserie-Strukturkomponenten hat sich GEDIA auf den Prozess des Warmumformens oder auch Presshärten genannt, spezialisiert. Mit dieser Fertigungstechnologie werden hochfeste Bauteile konstruiert, die einerseits eine Gewichtsreduktion ermöglichen und andererseits eine sehr hohe Crashesicherheit gewährleisten. Heutzutage beträgt der Anteil an warmumgeformten Bauteilen einer Fahrzeugkarosserie ca. 20 %. In der nachfolgenden Abbildung ist der Anteil an warmumgeformten Karosserieteilen einer Fahrzeugkarosserie farblich in orange hervorgehoben.

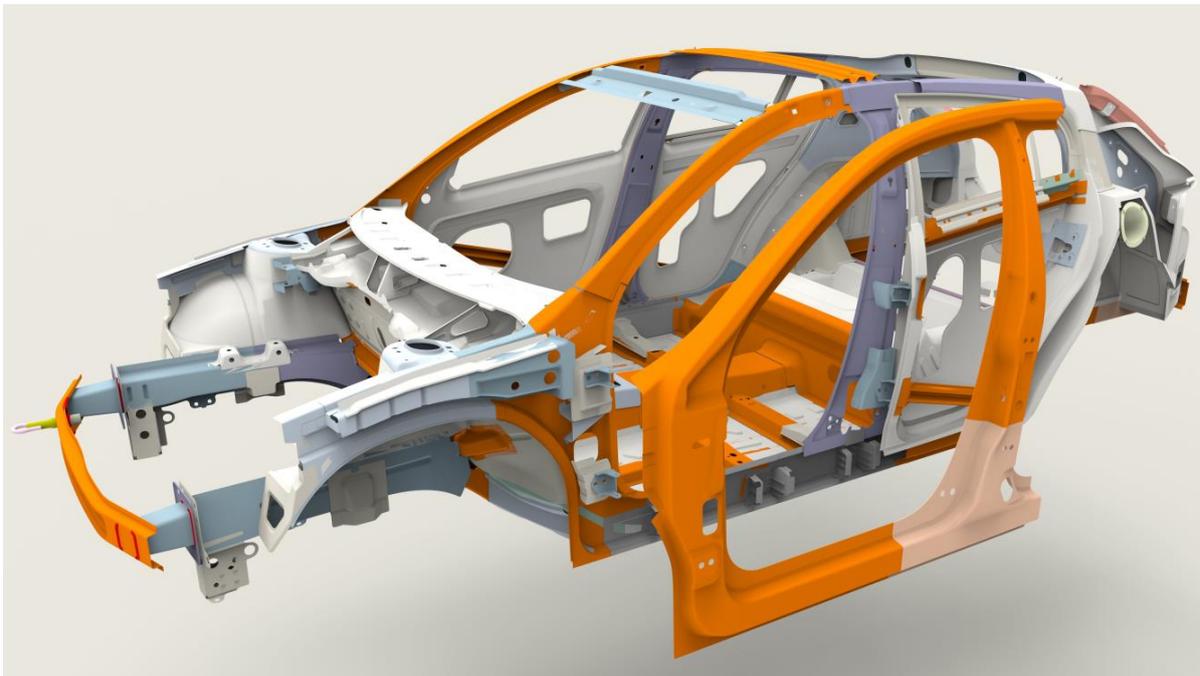


Abbildung 3: Anteil warmumgeformter Karosserieteile. Quelle: Acelor Mittal

Wie in der Abbildung ersichtlich werden bislang Teile der Stoßstange, die A- und B-Säule sowie verschiedene Teile der Bodengruppe mit warmumgeformten Karosserieteilen ausgestattet. Die Fertigungstechnologie des Warmumformens wird bei GEDIA stetig weiterentwickelt und optimiert. Somit kann zukünftig eine weitere Gewichtsreduzierung und damit die

¹ <https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-5.aspx>

Verringerung des Kraftstoffverbrauchs bei gleichzeitig hoher Crashesicherheit realisiert werden. Die Abbildung 4 zeigt eine Prinzipdarstellung eines konventionellen Warmumformprozesses bzw. des Presshärtens. Der Prozess wird im darauffolgenden Abschnitt näher erläutert.

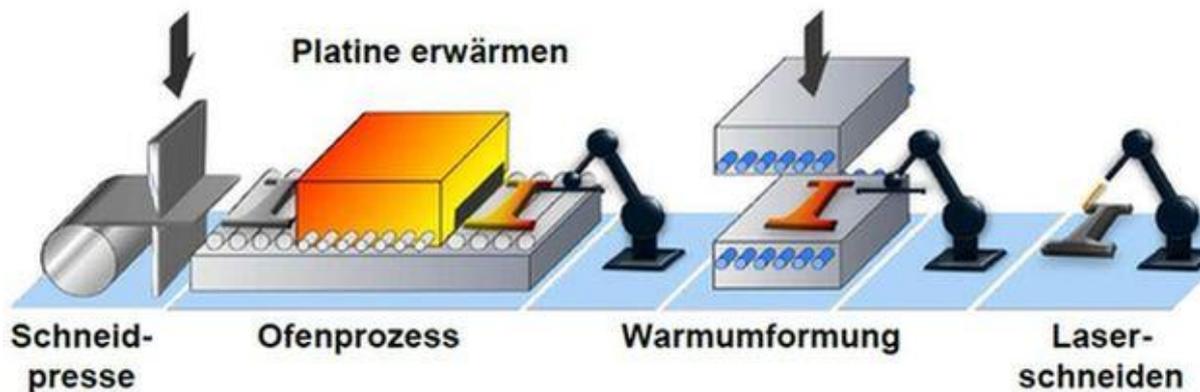


Abbildung 4: Prinzipdarstellung des Presshärtens. Quelle: VDMA

Im ersten Prozessschritt werden die Rohplatinen auf die für das spätere Karosseriebauteil benötigte Größe geschnitten. Anschließend werden die einzelnen Rohplatinen nacheinander in einen Ofen gegeben und entsprechend aufgeheizt. Als Ofenkonstruktion werden hier hauptsächlich Kammer- oder Durchlauföfen eingesetzt. Die Platinen verweilen im Ofen bei einer Temperatur von ca. 930 °C für 300 bis 360 Sekunden. Durch das Aufheizen der Platinen wird der Kohlenstoff im Materialgefüge aufgelöst (Austentisierung). Im Anschluss an die Austentisierung wird die glühende Platine dem Ofen entnommen und der hydraulischen Presse zugeführt. Durch die spätere rasche Abkühlung im Werkzeug kann diese nicht wieder an seinen Ursprungsort zurückdiffundieren, wodurch die Festigkeit des Materials auf den gewünschten Wert erhöht wird.

Das Presswerkzeug ist dabei auf ca. 25 – 30 °C temperiert und besteht aus einem Ober- und einem Unterteil. Durch den Pressvorgang wird die Platine rasch abgekühlt und gleichzeitig in die endgültige Form gebracht. Nach einer kurzen Abkühlphase von wenigen Sekunden kann das Karosseriebauteil entnommen und der weiteren Verarbeitung zugeführt werden.

Der hier beschriebene Prozess gibt den konventionellen Prozess des Warmumformens wieder. Die hiermit hergestellten Bauteile sind u. a. A- und B-Säulen, Längs- und Querträger, Stirnwandversteifungen und Seitenaufprallträger. Diese durch den Warmumformprozess gehärteten Produkte werden in erster Linie in besonders crashrelevanten Bereichen der Karosserie eingebaut, in denen bei einem Unfall eine Deformation vermieden werden soll. Die bei einem Unfall eingeleitete Energie wird über die Bauteile abgebaut, die eine geringere Festigkeit aufweisen.

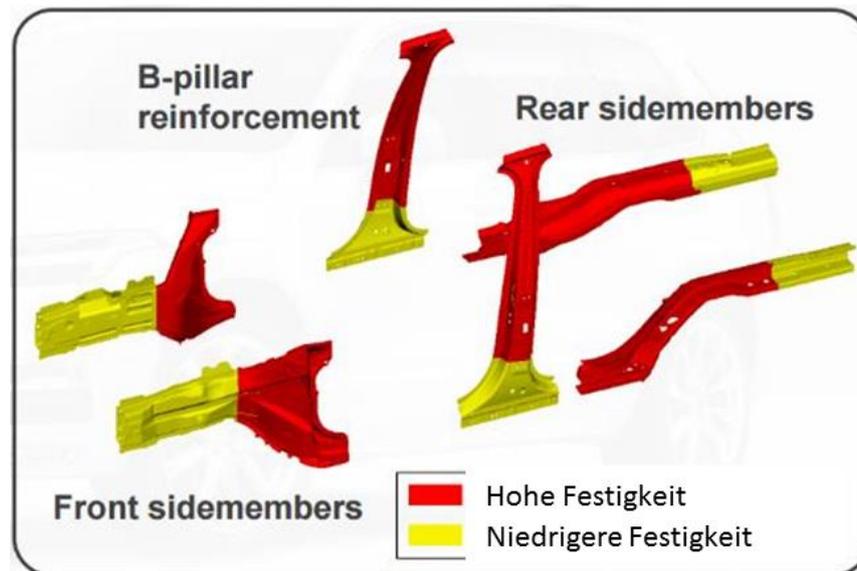


Abbildung 5: Karosserieteile mit hoher und niedriger Festigkeit. Quelle Volvo.

Heutzutage werden bei der modernen Fahrzeugentwicklung sämtliche Unfallszenarien aufwändig simuliert. Durch diese umfangreichen Simulationen wird aufgezeigt, wie Karosseriebereiche bei einem Unfall die Energie aufnehmen bzw. abbauen müssen. Die Deformation der Karosserieteile kann somit gezielt gelenkt werden, um die Insassen bei einem Unfall zu schützen. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die gezielte Deformation bei einem Seitenaufprall am Beispiel einer B-Säule.

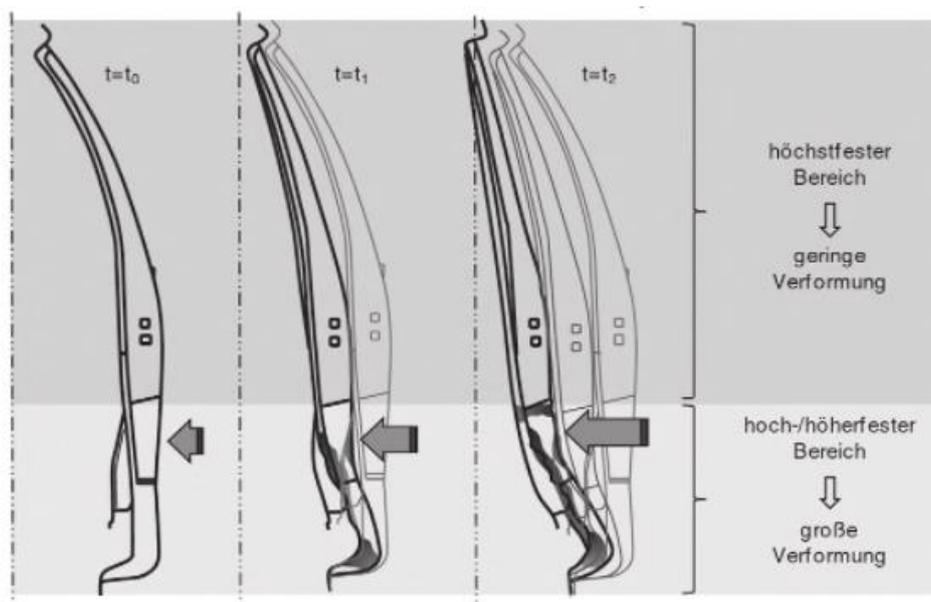


Abbildung 6: Verformung einer B-Säule bei Tailored Components. Quelle: Daimler AG

Die B-Säule dient bei einem Seitenaufprall zum Schutz des Fahrers. Ein Teil der Crashenergie wird durch die Verformung im unteren weniger verfestigten Bereich absorbiert. Im oberen höher verfestigten Bereich findet kaum eine Verformung statt, wodurch der Insasse im

Rumpf- und Kopfbereich bei einem Seitenaufprall geschützt ist. Für eine gezielte Deformation dieser crashrelevanten Bauteile sind jedoch verschiedene Materialien mit unterschiedlichen Festigkeiten notwendig. Alternativ kann durch das Einprägen von Sollbruchstellen oder vorgeprägte Sicken ein gezieltes Falten und damit eine Deformation von Bauteilen ermöglicht werden. Es zeigt sich, dass eine Weiterentwicklung der Crash-Performance und die weiter geforderte Gewichtsreduktion nur durch einzelne Bauteile erzielt werden kann, die unterschiedliche Festigkeiten aufweisen. Für die Fertigung von Karosserieteilen mit unterschiedlichen Festigkeiten werden bislang sog. Tailored Verfahren eingesetzt, die nachfolgend beschrieben werden.

Tailor welded blanks (TWB)

Beim Tailor welded blank – Verfahren werden Platinen aus unterschiedlichen Stahllegierungen oder unterschiedlichen Materialdicken miteinander verschweißt. Diese unterschiedlichen Stahllegierungen und Materialdicken verhalten sich beim Presshärten bzw. Warmumformen anders und werden unterschiedlich hart. Die Platinen werden dabei als flaches Produkt miteinander geschweißt und anschließend gepresst. Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt schematisch ein Karosserieteil, das durch Schweißen aus verschiedenen Legierungen zusammengefügt wurde.

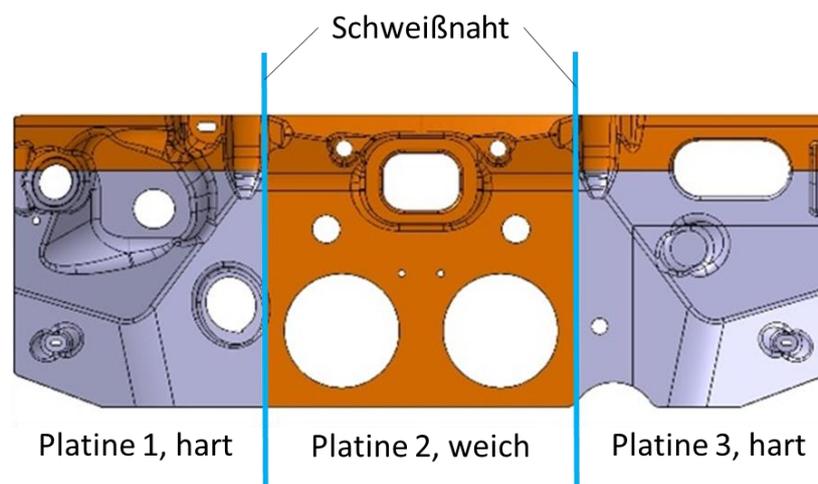


Abbildung 7: Tailor welded blank - Verfahren

Ein entscheidender Nachteil des TWB-Verfahrens liegt darin, dass pro verwendete Platine nur eine Härte eingestellt werden kann - die Herstellung von unterschiedlichen Festigkeiten innerhalb einer Platine ist nicht möglich. Das in der vorstehenden Abbildung 7 angedeutete rot markierte T kann somit nur im Mittelteil im Bereich der Platine 2 eine andere Festigkeit aufweisen, nicht aber im oberen Bereich der Platine 1 und 3. Eine zusätzliche Schweißnaht pro Platine in Längsrichtung würde dazu führen, dass das Bauteil beim Presshärten reißt, wodurch das TWB-Verfahren für solch komplexe Geometrien nicht eingesetzt werden kann.

Tailor rolled blanks (TRB)

Im Gegensatz zu den tailor welded blanks bestehen tailor rolled blanks grundsätzlich aus einer einzelnen werkstofflich homogenen Platine. Diese Platine wird aus einem auf partiell unterschiedliche Dicken gewalztem Band hergestellt. Wird eine Platine, die aufgrund des Walzvorgangs unterschiedliche Dicken aufweist, anschließend zum Presshärten gegeben, erhält man unterschiedliche Festigkeiten/Härten, da die Behandlungszeit im Ofen und im Presswerkzeug abhängig von der Materialdicke ist. Die Abbildung 8 zeigt schematisch den TRB-Prozess.

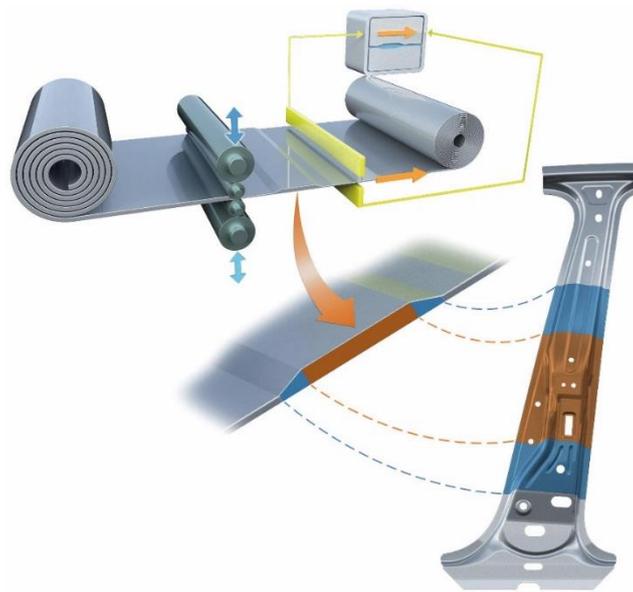


Abbildung 8: Tailor rolled blanks – Verfahren. Quelle: Volkswagen media service

Eine B-Säule bspw. kann mit diesem Verfahren so gestaltet werden, dass sie sich bei einem Seitenaufprall gezielt verformt, um die Insassen vor Verletzungen zu schützen. Gleichzeitig kann das Gewicht des Bauteils aufgrund der unterschiedlichen Dicken verringert werden. Mit dem TRB-Verfahren können jedoch, wie auch mit dem TWB-Verfahren, keine komplexen Bauteile hergestellt werden, die unterschiedliche Festigkeiten in vertikaler und gleichzeitig horizontaler Richtung aufweisen.

Zur Herstellung von komplexeren Karosserieteilen, wie die in der Abbildung 7 schematisch dargestellte PKW-Stirnwand, die unterschiedliche Festigkeiten aufweisen sollen, eignet sich jedoch bislang keines der beschriebenen Verfahren. Dieses Bauteil besteht aus einem Mittelteil, das wie ein T geformt ist, und zwei Seitenteilen. Die Seitenteile müssen über eine höhere Festigkeit als das in der Abbildung rot markierte T-förmige Mittelteil verfügen. Die Seitenteile dieses Bauteils müssen demnach in vertikaler und in horizontaler Richtung über unterschiedliche Festigkeiten verfügen. Diese komplexe Bauteilgestaltung kann jedoch weder durch das Tailor welded blank- noch das Tailor rolled blank-Verfahren hergestellt werden. Um bei der Bauteilkomplexität einer Stirnwand eine Gewichtsreduzierung bei gleichzeitig

hoher Festigkeit zu erreichen, wird bislang ein aufwändiger Fügeprozess eingesetzt. Hier werden die einzelnen Bauteile mit unterschiedlichen Festigkeiten in einem separaten Prozess produziert und im Anschluss an das Pressverfahren mittels aufwändigem Punktschweißen und einer Klebekomponente zusammengefügt. Die Abbildung 9 zeigt schematisch die Einzelteile der Stirnwand.

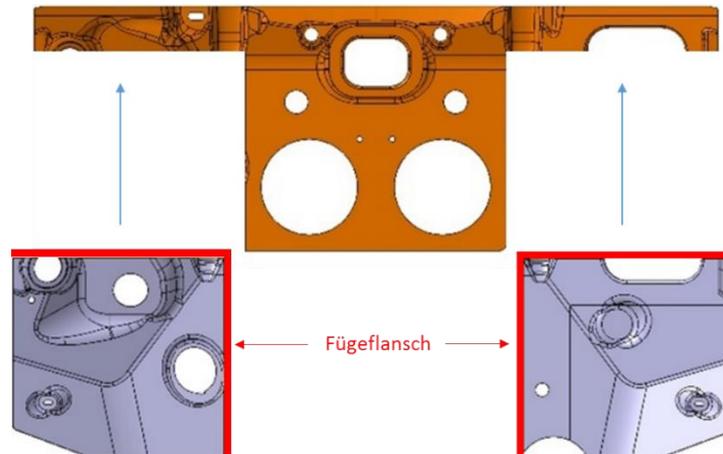


Abbildung 9: Marktübliches Fügeverfahren

Die Herstellung ist bislang extrem aufwändig und mit einem hohen Energie- und Materialbedarf verbunden. So wird das in der vorstehenden Abbildung rot markierte weichere Mittelstück in einem Kaltumformprozess und die äußeren Seitenteile in einem separaten weiteren Kaltumformprozess hergestellt. Beim Fügeverfahren wird einerseits entlang des Fügeflansches Karosserikleber eingesetzt, andererseits werden die Bauteile miteinander verschweißt. Bei der Herstellung einer Stirnwand werden hier insgesamt 44 Schweißpunkte gesetzt. Dieses Verfahren ist im Vergleich zu klassischen Warmumformprozessen aufwändig und zudem mit einem höheren Material- und Energiebedarf verbunden.

Bislang können diese komplexen Karosserieteile nur mit einem erheblichen Aufwand hergestellt werden, GEDIA hat deshalb das innovative TemperBox®-Verfahren entwickelt, das im Vergleich zum Stand der Technik erhebliche Vorteile hinsichtlich des Material- und Energiebedarfs mit sich bringt. Das Verfahren erfüllt sämtliche Anforderungen von Seiten der Hersteller und kann dabei extrem flexibel gestaltet werden, so dass sich im Bereich der Tailored Components völlig neue Möglichkeiten bieten.

2. Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Zielstellung des Investitionsvorhabens war es, erstmalig das patentierte TemperBox®-Verfahrens in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse im großtechnischen Maßstab umzusetzen. Aus der im vorherigen Kapitel beschriebenen Ausgangssituation geht die Problemstellung des Stands der Technik hervor. Aufbauend auf den skizzierten Problemstellungen wurde mit der Umsetzung des Investitionsvorhabens das zentrale Ziel verfolgt, Leichtbaukomponenten sowie Chassisteile für die Automobilindustrie in einem deutlich energie- und materialeffizienteren sowie umweltschonenderen Verfahren umzuformen, als es bislang beim Stand der Technik möglich ist.

Neben den erheblichen positiven Umwelteffekten wurde mit dem TemperBox®-Verfahren weiter das Ziel verfolgt, erstmalig Blechplatten gezielt partiell zu härten. Hiermit kann der Materialbedarf von zahlreichen Fahrzeugteilen erheblich reduziert werden, bei gleicher Bauteilfestigkeit. Neben der erheblichen Materialeinsparung reduziert sich die Menge an bislang anfallendem Schrott um ein Vielfaches.

Neben der erstmaligen Realisierung des TemperBox®-Verfahrens wurde mit der Investition in eine servohydraulische Presse zur Formgebung der Bauteile eine weitere Energieeinsparung angestrebt. Durch die erstmalige Kombination einer Presse mit einem servohydraulischen Antrieb kann die Energieeffizienz der Presse deutlich gesteigert werden. Die Hydraulik gewährleistet dabei eine dauerhaft hohe Presskraft bei einer Vielzahl von Möglichkeiten zur Geschwindigkeitsregelung. Die Kombination ermöglicht ca. 250 % höhere Beschleunigungs- und Bremskräfte als bei herkömmlichen Hydraulikpressen und ermöglicht eine erheblich höhere Produktionsleistung.

Mit Blick auf die Zielstellungen des Investitionsvorhabens gilt es somit festzuhalten, dass mit der Umsetzung des innovativen Verfahrens angedacht war, aufzuzeigen, dass Umweltschutz, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch den Einsatz von innovativen Anlagen- und Lösungskonzepten bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit realisiert werden können. Mit der Realisierung wurde der Ansatz verfolgt, unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten einen neuen Branchenbenchmark zu definieren.

2.2 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung

In der nachfolgenden Tabelle sind die wesentlichen Auslegungsdaten des realisierten patentierten TemperBox®-Verfahrens in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse dargestellt.

Temper-Box®-Verfahren	
<i>Jährliche Fertigungskapazität:</i>	1.248.000 Zyklen → pro Zyklus max. 4 Teile
<i>Jährliche Produktionszeit:</i>	8.000 h
<i>Maximale Bauteilgröße</i>	2100 mm x 1600 mm (dieses Maß wird je nach Artikeldesign aufgeteilt in max. 4 Teile pro Zyklus)

Tabelle 1: Eckdaten der innovativen Anlage

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Das patentierte TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulische Presse wurde Ende November 2018 bei dem Unternehmen AP&T Automation, Pressen & Werkzeuge Vertriebs-GmbH bestellt. Alle zur Realisierung notwendigen Punkte, Abstimmungen und Vorgehensweisen wurden definiert. Parallel hierzu wurde mit den Arbeiten am Gebäude, darunter die Fundamentierung der Bodenplatte sowie der Presse und der Schwerlastabdeckung des Pressengraben begonnen.

Im Mai 2019 wurden erste Testläufe der Automation beim Anlagenlieferanten durchgeführt und die servohydraulische Presse schrittweise aufgebaut. Zudem wurde mit der Erprobung der TemperBox® beim Lieferanten begonnen. Im Oktober wurde die Anlage geliefert und nach und nach montiert.

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist der Zeitplan des Vorhabens nochmals übersichtlich dargestellt.

Projektphase	Termin
Bestellung der Anlage	November 2018
Montage	Oktober 2019
Start Testlauf	November 2019
Endabnahme	Dezember 2019
Start Serienlauf	Januar 2020

Tabelle 2: Zeitplan des Vorhabens

Darauf aufbauend sind in den nachfolgenden Abbildungen der Anlagenaufbau sowie die fertig montierte Presse dokumentiert.



Abbildung 10: Testaufbau der Automation beim Lieferanten



Abbildung 11: TemperBox®-Aufbau und Erprobung beim Lieferanten



Abbildung 12: Aufbau und Erprobung der servohydraulischen Presse beim Lieferanten



Abbildung 13: Aufbau der Presse bei GEDIA



Abbildung 14: Aufbau der Gesamtanlage mit Automation bei GEDIA



Abbildung 15: Vollständig aufgebaute Anlage mit Presse und Werkzeug



Abbildung 16: Rückseite der Öfen 2 und 4 inklusive TemperBox® und Rüstvorgang

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Das im Rahmen des Vorhabens realisierte patentierten Temper-Box®-Verfahren in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse ist nicht genehmigungspflichtig bzw.

unterliegt keiner Abnahmepflicht. Für den Betrieb der Anlage bedurfte es somit keiner behördlichen Genehmigung.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Nach der erfolgten Inbetriebnahme der innovativen Anlage wurden umfangreiche Auswertungen durchgeführt, um die Durchführung der Investitionsmaßnahme aus ökologischer und ökonomischer Sicht bewerten zu können.

Die benötigten Messdaten wurden dabei im Januar 2021 erhoben, während die Anlage die PKW-Stirnwand als Referenzprodukt produzierte. Während dem Betrieb der Anlage wurde dabei der Energieverbrauch durch das Energiemonitoringsystem erfasst. Des Weiteren wurden die nachfolgenden Messungen durchgeführt und Parameter erhoben:

- Energieverbrauch
- Materialeinsatz
- Abfall
- Betriebskosten
- Tatsächliche Kosteneinsparungen und Einnahmen (z.B. durch Energie- und Materialeinsparung)
- Rentabilität, Amortisation, Gewinnerwartung

Als Referenzprodukt wurde die im Projektantrag beschriebene PKW-Stirnwand herangezogen. Anhand dieses Referenzproduktes konnten die angestrebten Einsparungen und Umweltentlastungen evaluiert werden.

Innerhalb des Messprogramms konnten insgesamt 5.706 PKW-Stirnwände produziert werden. Die Anlage wurde dabei nahezu dauerhaft unter Volllast betrieben, sodass die während des Messprogramms ermittelten Daten entsprechend repräsentativ sind.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Durchführung des Vorhabens erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Nach der erfolgten Anlagenauslieferung wurde das patentierte TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse bei GEDIA in Attendorn aufgebaut. Dabei wurde zu Beginn die Bodenplatte und das Fundament für die Presse und die Schwerlastabdeckungen des Pressengrabens erstellt. Die gesamte Automation konnte vor der Auslieferung beim Lieferanten aufgebaut und ersten Tests unterzogen werden. Auch die Pressenelemente und die eigentlichen TemperBox® wurden beim Anlagelieferanten entsprechend vormontiert, wodurch der nachfolgende Aufbau bei GEDIA vereinfacht und beschleunigt werden konnte.

Der Aufbau der gesamten Automation inklusive der Öfen mit Temperbox®-Technologie wurden anschließend im Oktober 2019 im GEDIA Produktionswerk installiert. Im Anschluss daran konnte die Schwermontage der servohydraulischen Presse und die Anbindung der installierten Automation und damit die Verkettung des Systems erfolgen. Nach der Installation konnten die einzelnen Bereiche in Betrieb genommen und die Öfen auf Nenntemperatur aufgeheizt werden. In diesem Zuge wurde auch die Medienversorgungen angeschlossen und die spezifischen Temperbox®-Schablonen konstruiert. Darauf aufbauend konnte die PKW-Stirnwand mit der innovativen Anlage unter Serienbedingungen produziert und der Gesamtprozess damit eingefahren werden. Bei einem erfolgten Belastungstest der Anlage wurde ein Pumpenschaden festgestellt. Die Ursache lag darin, dass sich aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten Luftblasen im Öl bildeten, die in der Pumpe Kavitationsschäden verursachten. Mit dieser Erkenntnis wurde der Hydraulikaufbau (Prallbleche/Entgasungseinheit) verändert und dahingehend optimiert.

Insgesamt verlief die Vorhabendurchführung bis dahin nahezu reibungslos. Im Januar 2020 wurde GEDIA jedoch Opfer einer weitreichenden Cyberattacke. Dieser Umstand hat das Projekt in der Abwicklung deutlich gestört, da sämtliche IT-Systeme in der GEDIA-Organisation heruntergefahren bzw. abgeschaltet werden mussten. In der Zusammenarbeit von allen Beteiligten konnten jedoch provisorische Maßnahmen getroffen werden, die die Störungen des Projektes in Bezug auf Fertigstellung und Inbetriebnahme abdämpfen, jedoch nicht vollständig verhindern konnten. Neben der Cyberattacke wurde der Projektfortschritt zusätzlich durch die Corona-Pandemie spürbar beeinflusst. Einschränkungen wie Einreiserestriktionen, Abstandsregeln etc. sowie die in der Automobilindustrie vorherrschende Situation führten zu Störungen und Verzögerungen der Prozessabläufe. Nachdem der weitreichende Lockdown jedoch zu Ende war, konnte GEDIA die Anlage weiter hochfahren und unter Serienbedingungen betreiben sowie entsprechend optimieren.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Zur Quantifizierung der Umweltentlastungen wird das innovative TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse mit einer konventionellen Technologie zur Herstellung einer PKW-Stirnwand verglichen.

Eine übliche PKW-Stirnwand besitzt unterschiedliche Festigkeiten, um die Sicherheit bei einem Unfall zu erhöhen. Für die Herstellung wird beim konventionellen Verfahren mittels Kaltumformen der Mittelteil und in einem separaten aufwändigen Prozess die Seitenteile mit einer höheren Festigkeit hergestellt. Bei beiden Umformprozessen fallen prozessbedingt nicht verwertbare Schrottanteile an, die entsorgt werden müssen. Nach dem Kaltumformen der entsprechenden Teile werden diese in einem weiteren Prozessschritt mittels Fügeverfahren miteinander zu einer vollständigen PKW-Stirnwand hergestellt. Mit dem innovativen TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse kann die PKW-Stirnwand mit einer unterschiedlichen Festigkeit in nur einem Umformprozess hergestellt werden, was neben einer erheblichen Energieeinsparung auch zu einem stark verringerten Schrottanteil führt.

Unter ökologischen Gesichtspunkten war die zentrale Zielstellung mit Blick auf den gesamten Herstellungsprozess die Reduzierung des Ressourceneinsatzes in den Bereichen Material in Form von Schrott und Abfall sowie der Reduktion des Energieverbrauchs durch die Verringerung der Anzahl an Prozessschritten und die hocheffiziente servohydraulische Presse. Die diesbezüglichen Ergebnisse der Erfolgskontrolle sind nachfolgend detailliert aufgezeigt.

Materialeinsatz:

Der Materialeinsatz beim konventionellen Fügeverfahren ist aufgrund der aufwändigen Kaltumformprozesse des Mittelteils sowie der Seitenteile um ein Vielfaches höher als beim TemperBox®-Verfahren. Das liegt vor allem daran, dass mit dem TemperBox®-Verfahren unterschiedliche Festigkeiten pro Bauteil in nur einem Prozess realisiert werden können. Dies bedeutet, dass eine einheitliche Materialdicke von 1 mm für die gesamte PKW-Stirnwand verwendet werden kann, wodurch sich einerseits erhebliche Materialeinsparungen erzielen lassen und andererseits auch der Abfall in Form von Schrott erheblich verringert.

Neben der Materialeinsparung in Form von Stahl kann bei der Produktion der PKW-Stirnwand zukünftig durch das TemperBox®-Verfahren vollständig auf Karosseriekleber verzichtet werden. In der nachfolgenden Tabelle 3 ist der Materialeinsatz beim konventionellen Herstellungsprozess dem TemperBox®-Verfahren gegenübergestellt

Bauteil PKW-Stirnwand	Konventionelles Verfahren	TemperBox®-Verfahren
Gewicht pro Bauteil [kg]	11,08	5,93
Karosseriekleber pro Bauteil [g]	15,08	0
Materialeinsparung Stahl [kg]		5,15
Materialeinsparung Karosseriekleber [g]		15,08

Tabelle 3: Materialeinsparung pro PKW-Stirnwand

Durch das TemperBox®-Verfahren kann das Gewicht der PKW-Stirnwand von ursprünglich 11,08 Kg auf 5,93 Kg bei gleichbleibender Festigkeit verringert werden. Mit dem Verfahren geht demnach eine Materialeinsparung in Höhe von **5,15 Kg** einher, wodurch die erheblichen Vorteile deutlich werden. Zudem wird pro PKW-Stirnwand **15,08 g** Karosseriekleber eingespart.

Die Reduzierung des Abfalls durch den verringerten Anfall von zu entsorgendem bzw. nicht direkt verwertbarem Schrott wird nachfolgend näher beschrieben.

Abfall:

Beim konventionellen Herstellungsprozess der PKW-Stirnwand besteht das Mittelteil aus Stahl mit einer Materialstärke von 1 mm und besitzt eine Fläche von 38,51 dm². Bei einem spezifischen Stahlgewicht von 7,85 Kg/dm³ beträgt das Gewicht des Mittelteils 3,02 Kg. Insgesamt fallen bei diesem zwingend erforderlichen Prozessschritt pro Mittelteil 1,21 Kg an nicht verwertbarem Schrott, bedingt durch die Streifenführung und die Zwischenräume, an.

Die Seitenteile der PKW-Stirnwand werden beim üblichen Herstellungsverfahren in einem separaten und aufwändigen Kaltumformprozess hergestellt und anschließend durch einen Laser an der Mittelanbindung in das linke sowie rechte Seitenteil unterteilt. Das Gewicht pro Seitenteil beträgt 4,03 Kg. Auch hier fallen produktionsbedingt nicht verwertbare Schrottteile als Abfall an. Vor allem der Zwischenraum der Bauteile, die später mittels Laser durchtrennt werden, aber auch das umlaufende Material zum Klemmen und dem Handling führt zu einem hohen Schrottanteil von 0,82 Kg pro Bauteil.

Der Schrottanteil pro PKW-Stirnwand beträgt damit insgesamt **2,03 Kg**. Durch das innovative TemperBox®-Verfahren kann diese Menge an Schrott vollständig eingespart werden.

Energie:

Beim konventionellen Fügeverfahren wird durch die Prozesse Kaltumformen Mittelteil, Kaltumformen Seitenteile sowie dem Kleben und Schweißen der Bauteile ein Gesamtenergieverbrauch pro PKW-Stirnwand in Höhe von 3,80 kWh benötigt.

Die Herstellung von Karosserieteilen mit unterschiedlichen Festigkeiten durch das TemperBox®-Verfahren führt zu einem deutlich geringeren Energieverbrauch gegenüber dem konventionellen Herstellungsverfahren. Einerseits werden für die Produktion weniger Prozessschritte benötigt und andererseits zeichnet sich die erstmals realisierte servohydraulische Presse mit einem geringeren Energieverbrauch gegenüber rein hydraulischen Pressen aus. Während dem Versuchszeitraum konnten 5.706 PKW-Stirnwände hergestellt und ein Gesamtenergieverbrauch der Anlage in Höhe von 19.937,30 kWh gemessen werden. Demnach wird für die Herstellung von einer PKW-Stirnwand ein Energiebedarf in Höhe von 3,49 kWh benötigt. Bei einem Gewicht der Stirnwand in Höhe von 5,93 Kg wird so pro Kg Produkt ein Energieverbrauch in Höhe von 0,59 kWh notwendig. Demnach reduziert sich der Energieverbrauch durch das innovative TemperBox®-Verfahren um 0,31 kWh pro hergestellter PKW-Stirnwand. In der nachfolgenden Tabelle 4 ist der Energieverbrauch des konventionellen Verfahrens dem innovativen TemperBox®-Verfahren gegenübergestellt.

Bauteil PKW-Stirnwand	Konventionelles Verfahren	TemperBox®-Verfahren
Energieverbrauch pro Bauteil [kWh]	3,80	3,49
Energieeinsparung pro PKW-Stirnwand:		0,31

Tabelle 4: Energieeinsparung pro PKW-Stirnwand

Hydrauliköl:

Eine weitere Einsparung resultiert aus der servohydraulischen Presse. Da diese effizientere Press-Zylinder und Ventile besitzen, benötigt diese Technologie deutlich weniger Hydrauliköl. Eine Gegenüberstellung der Füllmenge mit einer konventionellen hydraulischen Presse ist in der Tabelle 5 dargestellt.

	Hydraulische Presse	Servohydraulische Presse
Füllvolumen Hydrauliköl:	8.000 – 10.000 l	4.000 l

Tabelle 5: Gegenüberstellung der Füllmengen an Hydrauliköl

3.3 Umweltbilanz

Aufbauend auf der vorangehenden Darstellung der realisierten Energie- und Ressourceneinsparungen kann eine entsprechende Umweltbilanz erstellt werden, welche die möglichen CO₂-Einsparungen im Vergleich zum konventionellen Herstellungsverfahren der PKW-Stirnwand aufzeigt.

Material:

Wie im vorstehenden Kapitel beschrieben, geht mit dem TemperBox®-Verfahren eine erhebliche Reduktion der Materialstärke bei gleicher Festigkeit einher. Dies führt unmittelbar zu

einer deutlichen Materialeinsparung und mit einer entsprechenden Umweltentlastung. Es zeigte sich, dass sich das Gewicht von ursprünglich 11,08 Kg auf lediglich 5,93 Kg reduziert, was einer Materialeinsparung in Höhe von **5,15 Kg pro PKW-Stirnwand** entspricht. Bei einer jährlichen Produktionsmenge in Höhe von 100.000 PKW-Stirnwänden kann damit **587.000 Kg bzw. 587 Tonnen** an Material in Form von Stahl eingespart werden.

Wie bereits beschrieben kann zudem der beim konventionellen Fügeverfahren zwingend erforderliche Karosseriekleber eingespart werden. Jede PKW-Stirnwand benötigt beim Fügeverfahren insgesamt 15,08 g Karosseriekleber, bei der Produktion von jährlich 100.000 PKW-Stirnwänden ergeben sich so Einsparpotenziale in Höhe von ca. **1,5 t** an Karosseriekleber.

Abfall:

Neben der erheblichen Verringerung des Materialeinsatzes durch das TemperBox®-Verfahren wird zudem die Abfallmenge deutlich reduziert. Wie in Kapitel 3.2 bereits beschrieben, kann mit den innovativen Verfahren die Abfallmenge um 2,03 Kg pro PKW-Stirnwand verringert werden. Bei einer jährlichen Produktionsmenge von 100.000 PKW-Stirnwänden reduziert sich der Abfall demnach um 203.000 Kg bzw. 203 Tonnen.

Die Materialeinsparung sowie die Reduktion des Abfalls werden in der nachfolgenden Tabelle nochmals übersichtlich dargestellt und mit dem konventionellen Herstellungsverfahren verglichen.

Materialeinsparung TemperBox®-Verfahren	
Gewicht pro Stirnwand TemperBox®-Verfahren	6,04 Kg
Gewicht pro Stirnwand konventionelles Verfahren	11,08 Kg
Materialeinsparung durch TemperBox®-Verfahren	5,15 Kg
Materialeinsparung durch TemperBox®-Verfahren pro Jahr	515 t
Materialeinsparung Schrott durch TemperBox®-Verfahren	2,03 Kg
Materialeinsparung Schrott durch TemperBox®-Verfahren pro Jahr	203 t
Materialeinsparung gesamt	718 t

Tabelle 6 : Materialeinsparung und Reduktion des Ausschusses

Betrachtet man nun die Emissionen, die bei der Stahlherstellung entstehen, so wird das enorme Umweltschutzpotenzial deutlich. Aus der Arbeitshilfe zur Berechnung von Materialeffizienzgewinnen² des Umweltbundesamts können die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Werte zur Stahlherstellung und die damit berechneten positiven Umwelteffekte entnommen werden.

CO₂-Minderung in der Vorkette durch Materialeinsparung	
Stahl (Konverterstahl), Treibhauseffekt	1,594 t CO ₂ -Äq./t
Stahlblech (ohne Stahlherstellung), Treibhauseffekt	0,352 t CO ₂ -Äq./t
Treibhauseffekt gesamt (Stahlherstellung + Stahlblech)	1,945 t CO ₂ -Äq./t
Materialeinsparung Stahlblech durch TemperBox®	718,00 t
CO₂-Einsparung durch TemperBox®	1.396,51 t

Tabelle 7: Umwelteffekte durch CO₂-Einsparung

Die vorstehende Tabelle 7 verdeutlicht die mit der erstmaligen Investition in das TemperBox®-Verfahren verbundenen Umweltentlastungen in der Vorkette in Höhe von **1.396,51 t CO₂**, die allein durch die Materialeinsparung und die Reduktion des Abfalls gegenüber dem konventionellen Verfahren erzielt werden.

Energie:

Eine weitere Reduktion der Emissionen wird durch die höhere Energieeffizienz im Vergleich zum konventionellen Fügeverfahren erreicht. Wie bereits beschrieben reduziert sich der Energieverbrauch pro hergestellter PKW-Stirnwand um 0,31 kWh. Die damit einhergehende jährliche CO₂-Einsparung bei der Produktion von 100.000 PKW-Stirnwänden kann wie nachfolgend berechnet werden.

² Werte zur Berechnung des CO₂-Äquivalent von Stahl und Stahlblech: Arbeitshilfe zur Berechnung von Materialeffizienzgewinnen, abrufbar unter: https://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/784/dokumente/kopie_von_arbeitshilfe_zur_berechnung_und_bilanzierung_2014_0.xlsx

Direkte CO₂-Minderung durch Energieeinsparung	
Energieverbrauch konventionelles Fügeverfahren	380.000,00 kWh/a
Energieverbrauch TemperBox®-Verfahren	349.409,34 kWh/a
Energieeinsparung	30.590,66 kWh/a
CO ₂ -Äquivalent deutscher Strommix ³	0,401 Kg CO ₂ /kWh
CO₂-Einsparung durch TemperBox®	12,27 t CO₂

Tabelle 8: Umwelteffekt durch Energieeinsparung

Der vorstehenden Tabelle kann entnommen werden, dass sich bei einer jährlichen Produktion von 100.000 PKW-Stirnwänden die energiebedingten CO₂-Emissionen im Vergleich zum konventionellen Verfahren um, **12,27 Tonnen** reduzieren.

Mit dem TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse können so insgesamt jährlich 790 t Stahl und 30.590,66 kWh an Energie in Form von Strom eingespart werden. Durch die hohe Materialeinsparung reduzieren sich dadurch die CO₂-Emissionen in der Vorkette um **1.396,51 t CO₂**. Die direkte CO₂-Einsparung beläuft sich auf **12,27 t CO₂** und geht in erster Linie durch den in der Tabelle 8 aufgeführten geringeren Energieverbrauch einher.

Die damit vermiedenen jährlichen direkten und indirekten Emissionen belaufen sich auf insgesamt **1.408,78 t CO₂**. Festzuhalten gilt an dieser Stelle, dass die aufgezeigten Umweltentlastungen auf Grundlage der Fertigungsmenge des Bauteils PKW-Stirnwände in Höhe von 100.000 Stück berechnet wurden. Da neben der PKW-Stirnwand auch noch weitere TemperBox®-Bauteile hergestellt werden können, gehen damit weitere Umweltentlastungen einher.

Neben den hier aufgeführten aktiven Beiträgen zum Umweltschutz ergeben sich durch das Investitionsvorhaben zudem Cross-Media-Effekte, die sich positiv auf die Umwelt auswirken. Durch die Möglichkeit zukünftig auch hoch komplexe Bauteile in einem vergleichsweise einfachen und zudem energiesparenden Prozess herzustellen kann der Anteil an Leichtbauwerkstoffen in PKW's in Zukunft noch weiter zunehmen. Bislang konnten nur bestimmte und eher einfache Karosserieteile mit den innovativen Eigenschaften ausgestattet werden. Das TemperBox®-Verfahren trägt maßgeblich zu einer weiteren Gewichtsreduzierung im PKW-Bereich bei, wodurch die Fahrzeugeffizienz in Form eines geringeren Kraftstoffverbrauchs bei Otto- und Dieselmotoren sowie eines geringen Stromverbrauchs bei Elektrofahrzeugen und damit verringerter CO₂-Emissionen weiter verbessert wird. Die damit möglichen Effekte können der nachfolgenden Tabelle 9 entnommen werden.

³ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermever-sorgung-in-zahlen#Strommix>

Cross-Media-Effekt Benzinverbrauch	
Gewichtersparnis bei 100.000 PKW-Stirnwänden	515.000 Kg
Kraftstoffersparnis (Benzin) pro 100 Kg	0,3 l ⁴ ,
Kraftstoffersparnis (Benzin) bei 100.000 PKW-Stirnwänden	1.545 l
Kraftstoffersparnis bei einer PKW-Laufleistung von 10.000 km	154.500 l
CO ₂ -Äquivalent Benzin	2,37 kg CO ₂ /l ⁵
CO₂-Einsparung durch Kraftstoffeinsparung	366.165 Kg CO₂

Tabelle 9: Cross-Media-Effekt Benzinverbrauch

Als Cross-Media-Effekt kann der verringerte Benzinverbrauch, bedingt durch die Gewichtersparnis, genannt werden. Wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich kann durch den Einsatz der 100.000 PKW-Stirnwände der Benzinverbrauch bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 10.000 km um insgesamt 154.500 l verringert werden. Unter Berücksichtigung des CO₂-Äquivalents von Benzin können damit jährlich ca. **366 t CO₂** vermieden werden.

Vorstehend wurde die Umweltbilanz anhand des Referenzartikels, der PKW-Stirnwand, und der erwarteten Artikelmenge durchgeführt. Angemerkt sei an dieser Stelle jedoch, dass GEDIA mittlerweile 15 TemperBox®-Artikel realisiert hat, wodurch sich die realen Umweltbelastungen durch das Vorhaben nochmals erheblich erhöhen. Eine detaillierte Erhebung kann zum aktuellen Zeitpunkt jedoch noch nicht durchgeführt werden.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Mit Blick auf die Realisierung der Multiplikatoreffekte ist es von entscheidender Bedeutung, dass das Investitionsvorhaben gegenüber dem Stand der Technik nicht nur unter ökologischen, sondern auch unter ökonomischen Gesichtspunkten vorteilhaft ist.

In der folgenden Tabelle ist ergänzend hierzu eine ökonomische Quantifizierung der relevanten jährlichen Einsparungen dargestellt.

Einsparungen	in Euro		Anmerkung
Energiekosten	4.588,60	bei 0,15 €/kWh	Stromkosten
Materialkosten TemperBox®	513.625,00	Bei 875 €/t	Ø Materialpreis
Materialkosten Mittelteil	96.00,00	bei 800 €/t	Stahl HX 380 LAD + Z

⁴ <https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/sparen-beim-fahren-antwort-5.aspx>

⁵ <https://www.helmholtz.de/erde-und-umwelt/wie-viel-co2-steckt-in-einem-liter-benzin/>

Materialkosten Seitenteil 77.900,00 bei 950 €/t Stahl Typ 22MnB5

Jährliches Einsparpotenzial 692.113,60

Tabelle 10: Berechnung der realisierten Einsparungen

Aufbauend auf den vorangehend dargestellten jährlichen Einsparungen kann nachfolgend die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens in Form einer Amortisationsrechnung aufgezeigt werden.

Amortisationsrechnung	
Investitionskosten	9.828.547,16 EUR
- Zuwendung aus dem UIP	1.955.200,00 EUR
Tatsächliche Investitionskosten	9.828.547,16 EUR
÷ Einsparpotenzial auf Basis der Ressourceneinsparungen	692.113,60 EUR
Amortisationszeit ohne Zuschuss	14,2 Jahre
Amortisationszeit mit Zuschuss	11,38 Jahre

Tabelle 11: Amortisationszeit auf Basis der dargestellten Ressourceneinsparungen

Ohne eine entsprechende Zuwendung aus dem UIP würde die Amortisationszeit nahezu 14,2 Jahre betragen, woraus die enorme Bedeutung der erhaltenen Zuwendung in Bezug auf die Amortisationszeit deutlich wird. Durch den Zuschuss in Höhe von 1.955.200 EUR reduziert sich die Amortisationszeit auf 11,38 Jahre. Darüber hinaus gilt es an dieser Stelle anzumerken, dass der gewährte UIP-Zuschuss insbesondere mit Blick auf die technischen Risiken einer erstmaligen großtechnischen Realisierung für das Unternehmen von entscheidender Bedeutung war.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Durch die erstmalige Realisierung des innovativen TemperBox®-Verfahren können auch komplexe crashrelevante Bauteile, wie die bereits beschriebene PKW-Stirnwand mit einer verringerten Materialstärke in einem vollautomatischen und dabei energie- und ressourcenschonenden Prozess hergestellt werden, als es beim Stand der Technik bislang möglich ist. Mit einer verringerten Materialstärke geht unmittelbar eine Gewichtsreduktion der Bauteile einher, was im Hinblick auf eine weitere Umweltentlastung im Verkehrssektor eine immer wichtigere Rolle einnimmt.

Das TemperBox®-Verfahren kann vereinfacht anhand des nachfolgenden Prozessschemas näher erläutert werden.

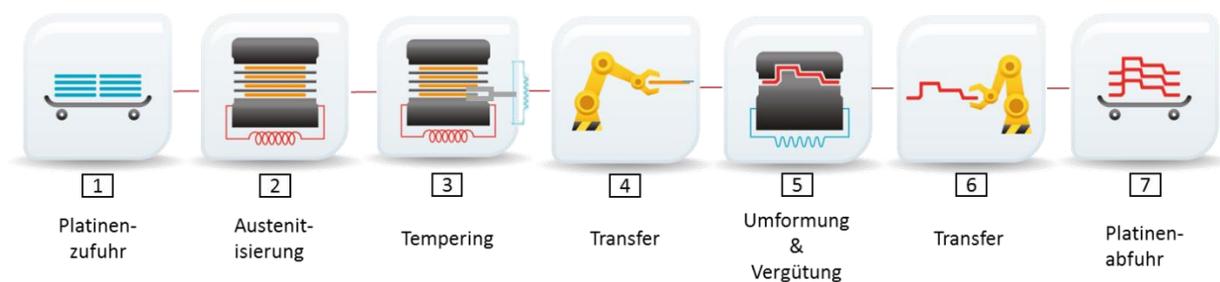


Abbildung 17: Prozessschema TemperBox®-Verfahren

Im ersten Schritt werden die Platinen durch die Platinenzufuhr [1] vollautomatisch einem strombetriebenen Temperingvorwärmofen zugeführt, in dem diese auf ca. 930°C erhitzt werden. Nach einer bauteilabhängigen Verweilzeit wird die erhitzte Platine automatisch entnommen und der TemperBox® [3] zugeführt. In der TemperBox® befindet sich eine auf das jeweilige Bauteil speziell angepasste und mittels Wasser gekühlte Schablone. Diese Schablone deckt die Bereiche des Bauteils ab, die nicht gehärtet werden sollen. Mittels Transferroboter [4] wird die getemperte Platine in die Presse [5] eingebracht, wo letztendlich die Formgebung stattfindet. Die schnelle Abkühlung der vorher nicht durch die Kühlelemente abgedeckten heißen Bereiche führt hier zu der gewünschten Bauteilhärte. Anschließend wird das umgeformte und gehärtete Bauteile mittels Roboter entnommen und der Platinenabfuhr zugeführt, wo das Bauteil für eine weitere Bearbeitung oder den Versand abgelegt wird. Die hier beschriebene Prozesskette des TemperBox®-Verfahrens verdeutlicht die im Vergleich einfache Herstellung gegenüber dem konventionellen Fügeverfahren für komplexe Bauteile.

Das TemperBox®-Verfahren bietet dabei die folgenden Vorteile:

- Realisierung der unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften am Bauteil
- Die Übergangsbereiche (Hart – Weich) zwischen den verschiedenen Bereichen sind einstellbar
- Durch die hohe Designflexibilität können die Bereiche in den unterschiedlichsten Formen in beliebiger Anzahl gestaltet werden. Dies hat direkten Einfluss auf das

Crash-Verhalten der Bauteile und bietet den Karosserieentwicklern enorme Vorteile im Bereich der gezielten Bauteil deformation im Crash-Fall.

- Durch die im vorherigen Punkt beschriebene Designflexibilität können solche Bereiche mit geringerer Festigkeit das Weiterverarbeiten der Bauteile enorm vereinfachen. Somit können die Zykluszeit und der Energieeinsatz vermindert werden.
- Die Bauteilmaßhaltigkeit wird eingehalten
- Der Aufbau des Systems ist Taktzeitneutral
- Der Prozess ist wiederholgenau
- Das aufwändige und energieintensive Herstellen von Rohmaterialien wie tailor welded und tailor rolled blanks kann entfallen
- Einsparung von erheblichen Mengen an Rohmaterial in Form von Stahl
- Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist das Retten von Insassen im Crashfall. Eine A Säule heutigen Standards ohne weichere Bereiche kann von Rettungskräften nur mit größtem Kraft- und Zeitaufwand durchtrennt werden. In der Regel ist eine hydraulische Rettungsschere nach 1-2 Rettungsschnitten defekt. Ein weicherer Bereich zum Ansetzen der Rettungsschere ermöglicht ein unkomplizierteres und schnelleres Befreien von Insassen aus einem verunfallten Fahrzeug.

Grundsätzlich kann der Prozessablauf des TemperBox®-Verfahrens in die folgenden 15 Prozessschritte unterteilt werden.

1. Im ersten Prozessschritt werden die Rohplatten mittels Platingestellen auf Fahrwagen in die Presshärtelinie eingefahren.
2. Entstapel-Feeder entnehmen die Platten vom Stapel und führen diese in eine Markierstation ein. Hier werden artikelrelevante Informationen eingepägt. Diese Prägungen sind am Ende des Prozesses noch lesbar.
3. Im Anschluss an die Prägung wird in derselben Station eine Doppelblechkontrolle durchgeführt. Diese gewährleistet, dass keine Platten aneinanderhaften, was den weiteren Prozess stören würde.
4. Die einzelnen kontrollierten und geprägten Platten werden in einer Vorzentrierstation abgelegt.
5. Ein Ofenbelade-Feeder (Feeder 1) holt die Platten unterhalb der Vorzentrierung ab und bringt diese in eine der Ofenkammern. Welcher Ofen und welche Kammer belegt werden, entscheidet die Linie eigenständig anhand des aktuellen Produktionsablaufes. In jeder Kammer herrschen dieselben Bedingungen.
6. Im Ofen verweilen die Platten für ca. 300 - 360 Sekunden. Durch das Aufheizen der Platten auf ca. 930°C wird der Kohlenstoff im Materialgefüge aufgelöst. Durch die spätere rasche Abkühlung im Werkzeug kann dieser nicht wieder an

seinen Ursprungsort zurückdiffundieren und die Festigkeit des Materials wird auf den gewünschten Wert erhöht.

7. Der Ofenentlade-Feeder (Feeder 2) holt die glühenden Platinen aus der Ofenkammer und führt die Platinen der TemperBox® zu.
8. Die TemperBox® ist ebenfalls auf 930°C erhitzt, jedoch befindet sich in der TemperBox® eine wassergekühlte Aluminium-Schablone, die die Bereiche an der Platine abschirmt, die später eine geringere Festigkeit aufweisen sollen. Durch die Schablone, welche in nahezu jeder Form und Größe erstellt werden kann, werden die abgeschirmten Bereiche der Platine abgekühlt. Das spätere rasche Abkühlen im Werkzeug führt nicht mehr zu der hohen Festigkeit wie bei den Bereichen in der Ursprungstemperatur von ca. 930°C (bis zu 90 Sekunden in der TemperBox®).
9. Die Platine verweilt für einen artikelspezifischen Zeitraum in der TemperBox®
10. Der Ofenentlade-Feeder (Feeder 2) holt die glühenden Platinen mit den kälteren Bereichen aus der TemperBox® und führt die Platinen der servohydraulischen Presse zu. Gegebenenfalls ist eine artikelspezifische Nachzentrierung erforderlich.
11. Pressen-Feeder 1 nimmt die glühenden Platinen auf und legt diese im ca. 25 - 30°C temperierten Werkzeug ab. Dieses Werkzeug besteht aus einem Ober- und einem Unterteil welche mit einer innovativen und erheblich energieeffizienteren servohydraulischen Presse zusammengepresst werden.
12. Durch dieses zusammenpressen werden die Platinen rasch abgekühlt und gleichzeitig in die endgültig benötigte Form gebracht.
13. Nach einer entsprechenden Abkühlzeit (8-12 Sekunden) werden die Bauteile durch Pressen-Feeder 2 aus dem Werkzeug entnommen und auf ein Förderband abgelegt.
14. Dieses Förderband dient einerseits zum Abführen der Bauteile und andererseits als Abkühlstrecke. Die Entnahmetemperatur der Bauteile beträgt ca. 80-100°C.
15. Am Ende des Förderbandes werden die Bauteile in Transportbehälter gepackt und der Weiterverarbeitung zugeführt.

Die gesamte TemperBox® besteht dabei aus speziellen Temperingvorwärmkammern, in dem die Austenitisierung sowie in einer weiteren Ofenkammer auch das Tempering stattfinden kann. Durch diese Kombination wird für das Tempering nur unwesentlich mehr Energie benötigt, da die Temperaturen, während dem Austenitisieren und dem Tempering identisch sind. Die gesamte Einheit, bestehend aus fünf Temperingvorwärmkammern und je einer TemperBox®, wird mittels Stroms betrieben und ist in ihrer Bauart einzigartig. Das Platinenhandling wird über eine spezielle und aufwändige Steuerungssoftware optimal aufeinander

abgestimmt, wodurch die Auslastung der gesamten Einheit optimal ausgeschöpft werden kann. Die nachfolgende Abbildung 18 zeigt eine schematische Darstellung der TemperBox®.

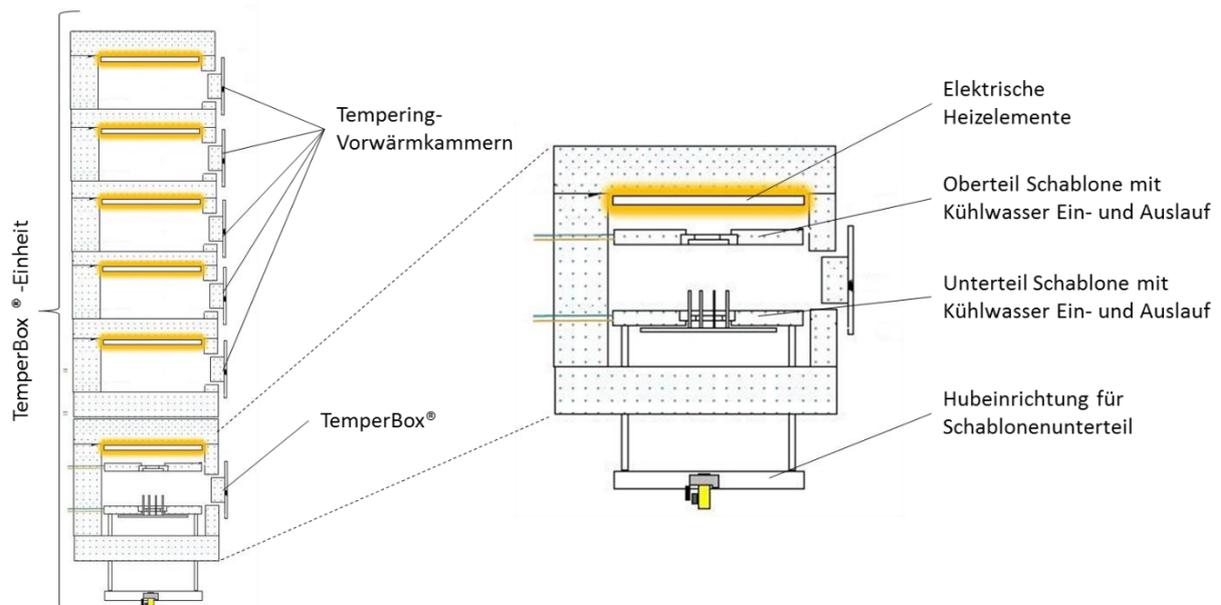


Abbildung 18: Schnitt einer TemperBox®

Die Blechplatte wird einer der Temperingvorwärmkammern vollautomatisch zugeführt und für ca. 5 bis 6 Minuten aufgeheizt. In diesem Prozessschritt findet die Austenitierung statt, dabei wird der Kohlenstoff im Materialgefüge aufgelöst. Später kann dieser durch die rasche Abkühlung nicht mehr an seinen Ursprungsort zurückdiffundieren, wodurch die Festigkeit des Materials erhöht wird. Aufgrund der Taktzeitunterschiede der servohydraulischen Presse und der Temperingzeit werden insgesamt vier TemperBox®-Einheiten mit jeweils fünf Temperingvorwärmkammern und einer TemperBox® für eine Anlagenauslastung benötigt. Konventionelle Rollenherd- oder Kammeröfen, wie sie beim Stand der Technik zur Vorwärmung eingesetzt werden sind für das TemperBox®-Verfahren aufgrund der niedrigen Taktzeit der servohydraulischen Presse ungeeignet. Die wie eine Art Pizzaofen übereinander angeordneten Temperingvorwärmkammern können gleichzeitig mehrere Blechplatten behandeln. Zudem lassen sich diese sehr schnell Öffnen und Schließen, wodurch der Energieverlust beim Be- und Entladen gering ausfällt. Die aufgeheizte Blechplatte wird vollautomatisch der Temperingvorwärmkammer entnommen und in die TemperBox® eingelegt. Um die Kontaktflächen so gering wie möglich zu halten, wird die Blechplatte auf Pins abgelegt und das gekühlte Schablonen-Unterteil wird angehoben, sodass die Platine gleichmäßig von beiden Seiten durch die gekühlten Schablonen abgedeckt wird. Die Verweilzeit in der Schablone liegt bei ca. 30 bis 40 Sekunden, bevor Sie automatisch entnommen und der servohydraulischen Presse zugeführt wird.

Das TemperBox®-Verfahren ist ein vollautomatischer Prozess. Bei einem Produktwechsel muss lediglich die Schablone einmalig manuell angepasst bzw. ausgetauscht werden. Die

nachfolgende Abbildung zeigt den Prozess der Austenitisierung, der in den Temperingvorkammern stattfindet, als animierte Grafik.

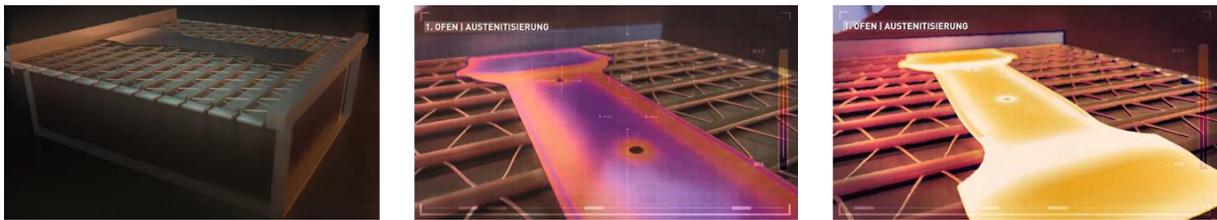


Abbildung 19: TemperBox® -Verfahren, Prozess Austenitisierung

Das anschließende Tempering in der TemperBox® kann schematisch der nachfolgenden Abbildung 20 entnommen werden. Die Abdeckung der Platine mittels Kühlschablone führt später zu einer geringeren Festigkeit in den abgedeckten Bereichen.



Abbildung 20: TemperBox® -Verfahren, Tempering

Durch die Abdeckung bestimmter Bereiche auf der Platine werden diese Bereiche auf ca. 500°C vorgekühlt und somit wird ein Abkühlen im darauffolgenden Pressvorgang dieser Bereiche von einer geringeren Ausgangstemperatur begonnen. Aufgrund dessen findet keine Härtung dieses Bereichs statt. Nur der unbedeckte Bereich der Platine wird gehärtet. Durch das Presshärten mittels einer servohydraulischen Presse erhält man ein Bauteil mit verschiedenen mechanischen Eigenschaften. Diese Eigenschaften können nahezu beliebig angepasst werden, da die für das Tempering notwendigen Schablonen flexibel gestaltet werden können. Ein weiterer Vorteil sind die hiermit erzielbaren Übergangsbereiche. Diese können exakt eingestellt werden, wodurch sich die Crashesicherheit erhöht. Der gesamte Prozess bietet eine hohe Designflexibilität, ist dabei taktzeitneutral und für eine Serienfertigung entwickelt.

GEDIA hat als erstes Unternehmen in eine innovative servohydraulische Presse in diesem Bereich investiert und diese in das TemperBox®-Verfahren integriert. Eine konventionelle und damit rein hydraulische Presse verfügt über ein Gesamthydrauliksystem. Dieses besteht hauptsächlich aus mehreren Hauptpumpen mit sehr großen Füll-Ventilen und einer aufwändigen Ventiltechnik. Die bislang eingesetzte und für die Herstellung einer PKW-Stirnwand notwendige Hydraulikpresse besitzt einen Tank mit ca. 10.000 Litern Hydrauliköl und verfügt über fünf Press-Zylinder. Aufgrund der großen Ölmengen, den Füll-Ventilen und der aufwändigen Ventiltechnik in Verbindung mit dem hohen Kühlbedarf gilt diese Technik allgemein als energieintensiv. Die wesentlichen Innovationen sowie Unterschiede zu einer konventionellen hydraulischen Presse werden im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert.

Eine servohydraulische Presse besitzt im Gegensatz zu einer konventionellen Hydraulikpresse effizientere Press-Zylinder und Ventile. Hiermit wird vergleichsweise wenig Hydrauliköl benötigt, wodurch sich unter anderem der Kühlbedarf deutlich reduziert. Die innovative servohydraulische Presse benötigt lediglich 4.000 Liter an Hydrauliköl. Die Befüllung der Presszylinder mit Hydrauliköl erfolgt im Gegensatz zu einer konventionellen hydraulischen Presse direkt ohne weitere Füllventiltechnik. Dieses Konzept ist sehr direkt, da keine Schaltzeiten anfallen, die die Prozesse verlangsamen. Die servohydraulische Presse wird über lediglich drei Presszylinder verfügen, jeder einzelne Presszylinder wird mit drei Servomotor-Pumpen-Modulen ausgestattet, was das nachfolgende Blockschaltbild verdeutlicht.

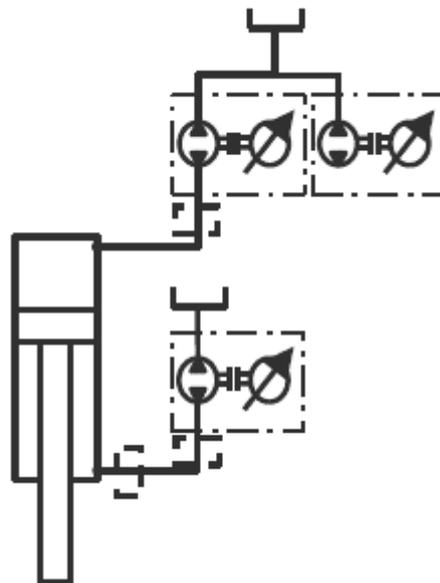


Abbildung 21: Blockschaltbild des Presszylinders und der Servomotoren

Die Anzahl dieser innovativen Servomotor-Pumpen-Module ist abhängig von den benötigten Presskräften mit den entsprechenden Stößelgeschwindigkeiten. Diese Art von Presstechnik ist einzigartig und wurde bisher von keinem Hersteller im großtechnischen Maßstab realisiert. Mit Hilfe dieses Systems können nahezu beliebige Stößelbewegungen realisiert werden. Dies hat zur Folge, dass die Stößelgeschwindigkeiten über den einzelnen Hub variiert werden können. Aufgrund dessen ist die geplante innovative servohydraulische Presse sehr schnell und absolut präzise regelbar, wodurch auf jegliche Eigenart der Werkzeuge oder des Prozesses eingewirkt werden kann. Bei einer konventionellen Presse ist dies nur sehr begrenzt möglich. Jede Achse der servohydraulischen Presse stellt ein eigenes geschlossenes und damit separat regelbares System dar. So kann eine Veränderung im Hydraulikzylinder bspw. ein Verschleiß durch Abrieb der Dichtsätze erkannt und durch die Regelung kompensiert werden. Dadurch werden Schwankungen, wie sie bei konventionellen hydraulischen Pressen auftreten, vermieden.

Ein weiterer entscheidender Vorteil dieser Presse liegt in den deutlich kürzeren Zykluszeiten im Regelkreis und die absolut exakte Positionierung der Stößel durch die Servomotoren. Hiermit ist ein erheblich schnelleres auf- und abfahren der Presse möglich, was sich wiederum in der Produktivität der Presse widerspiegelt. Die Beschleunigungs- und Bremskräfte sind um bis zu 250 % höher als beim Stand der Technik. Die gesamte Automation des TemperBox®-Verfahrens kann somit aufeinander abgestimmt und synchronisiert werden, wodurch die Prozessfenster im TemperBox®-Verfahren optimal und prozesssicher genutzt werden können. Eine konventionelle Presse kann aus den folgenden Gründen nicht wirtschaftlich umgebaut werden:

- Der Stahlbau ist eine komplette Neukonstruktion. Die erforderliche Steifigkeit des Pressenkörpers muss mit den Platzanforderungen des neuen Hydrauliksystems vereinbar sein.
- Die gesamte Hydraulik (Füllmengen, Füllventil- und Ventiltechnik) unterscheidet sich in ihrer Größe und Ausführung deutlich.
- Die Presszylinder werden mittels Servomotoren und nicht mittels Hydraulikpumpen angetrieben.
- Der elektrische Aufbau unterscheidet sich deutlich. Durch die Anzahl der Motoren und Energiespeicher sind deutlich mehr Schaltschränke erforderlich.
- Die Automation der bestehenden Anlage muss kompatibel gemacht werden. Das bedeutet, dass nahezu der gesamte Steuerungsaufbau erneuert werden muss.
- Die Infrastruktur am Aufstellungsort muss dementsprechend ausgelegt werden (Anschlussleistung, Rückspeisung etc.).

Ein weiterer entscheidender Vorteil ist die Möglichkeit der Rekuperation. Beim Abbremsen der Masse wird so Energie in Kondensatoren zwischengespeichert und beim Beschleunigen wiedereingesetzt. Durch die kleineren und effizienteren Press-Zylinder und Ventile, die geringe Menge an Hydrauliköl in Kombination mit der Möglichkeit der Rekuperation wird eine Effizienzsteigerung gegenüber einer konventionellen Presse in Höhe von bis zu ca. 70 % ermöglicht. Ein Teil der Energieeinsparung wird dadurch erzielt, dass während Stillstandzeiten im Vergleich zu einer konventionellen Presse keine Energie verbraucht wird. Aufgrund der kleineren und effizienteren Press-Zylinder, dem geringeren Füllvolumen an Hydrauliköl sowie die damit verbundene geringere Kühlleistung, wird mit der servohydraulischen Presse zudem eine geringere Lärmemission erreicht.

Sämtliche Teile der servohydraulischen Presse stellen eine Neukonstruktion dar, die in keiner konventionellen hydraulischen Presse zum Einsatz kommen. Die wesentlichen Unterschiede sind nochmals in der nachfolgenden Tabelle 12 übersichtlich dargestellt.

	Hydraulische Presse	Servohydraulische Presse
Füllvolumen Hydrauliköl:	8.000 – 10.000 l	4.000 l
Pumpen:	Mehrere große Hauptpumpen	6 – 8 servobetriebene Kleinpumpen
Presszylinder:	5 zentrale Presszylinder	3 Presszylinder
Ventiltechnik:	Große Füll-Ventile	Keine Füllventile
Rekuperation	Nein	Ja

Tabelle 12: Vergleich der konventionellen hydraulischen Presse mit einer servohydraulischen Presse

Mit der hier beschriebenen technischen Funktionsweise des patentierten TemperBox®-Verfahrens in Kombination mit der erstmaligen großtechnischen Realisierung einer servohydraulischen Presse werden die Möglichkeiten für eine weitere Gewichtsreduktion im Karosseriebau gegeben. Die Flexibilität der Bauteilgestaltung wird durch dieses Verfahren deutlich erhöht, so dass zukünftig zwei unterschiedliche Festigkeiten, auch bei hoch komplexen Bauteilgeometrien in einem vergleichsweise einfachen Verfahren hergestellt, erreicht werden können.

Neben der hohen Flexibilität und der verbesserten Crashesicherheit bietet die Herstellung dieser Tailored Components mit dem TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer innovativen servohydraulischen Presse im Gegensatz zum konventionellen Herstellungsprozess erhebliche umweltrelevante Vorteile, die im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert werden. Abschließend ist an dieser Stelle festzuhalten, dass das TemperBox®-Verfahren patentiert und somit bislang von keinem Hersteller realisiert wurde. Des Weiteren stellt die servohydraulische Presse im Bereich der Presstechnologie ein Vorhaben mit Demonstrationscharakter für die gesamte Branche der Umformtechnik dar.

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Grundsätzlich gilt es mit Blick auf die Erfahrungen aus der Praxiseinführung zunächst festzuhalten, dass sich das realisierte Anlagenkonzept unter ökologischen als auch unter ökonomischen Gesichtspunkten bestätigt hat. Angesichts der umgesetzten Innovationen konnte im Rahmen der Erfolgskontrolle gezeigt werden, dass im Vergleich zu konventionellen Anlagen der Materialeinsatz sowie der Energieverbrauch erheblich reduziert werden kann. Mit der Materialeinsparung und der Erhöhung der Energieeffizienz gehen damit sehr positive Umwelteffekte einher.

Bei der Praxiseinführung gab es bis auf einen Pumpenschaden während eines ersten Belastungstests keine größeren Schwierigkeiten. Die Ursache lag darin, dass sich aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten Luftblasen im Öl bildeten, die in der Pumpe Kavitationsschäden verursachten. Mit dieser Erkenntnis wurde der Hydraulikaufbau (Prallbleche/Entgasungseinheit) verändert und dahingehend optimiert.

Der hohe Automatisierungsgrad der Anlage führte grundsätzlich zu einer verhältnismäßig einfachen Inbetriebnahme. Jedoch zeigte ich auch, dass die Überführung der Anlage in den großtechnischen Maßstab mit einigen Schwierigkeiten verbunden war. So waren die ersten produzierten Teile auf der Anlage mit vergleichbaren Einstellungen wie im kleineren Technikumsmaßstab nicht vergleichbar. Dies zeigte sich bspw. anhand der Übergänge oder auch bei den verwendeten Schablonen. Die grundsätzliche Funktion der Anlage ist als sehr gut zu werten, allerdings gibt es bedingt durch den innovativen Herstellungsprozess noch verschiedene Optimierungen die zu einer noch besseren Produktqualität, je nach produzierendem Bauteil, führen können.

Die enormen Vorteile dieses Verfahrens führten dazu, dass GEDIA mittlerweile die dritte TemperBox®-Produktionslinie aufbaut. Das Verfahren konnte zudem bereits auf zahlreiche andere Artikel übertragen werden, sodass sich aktuell 15 verschiedene Temperbox-Artikel in der Realisierung befinden.

4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit

Durch das geplante Innovationsvorhaben wird es erstmalig möglich, Karosserieteile partiell zu härten und dabei sehr komplexe Bauteile in nur einem Prozessschritt herzustellen. Eine Vielzahl von crashrelevanten teilgehärteten Karosserieteilen konnten bislang ausschließlich durch das aufwändige Fügeverfahren hergestellt werden. Dies führt dazu, dass viele Hersteller aufgrund der damit einhergehenden hohen Kosten auf klassische Karosserieteile zurückgreifen. Diese besitzen ein erheblich höheres Gewicht, was einer weiteren Effizienzsteigerung

im Automobilbereich entgegensteht. Mit der erstmaligen Realisierung des TemperBox®-Verfahrens können in Zukunft in einem vergleichsweise einfachen Prozess hoch komplexe Karosserieteile hergestellt werden. Diese besitzen im Vergleich zu den bisher hergestellten Produkten eine mindestens gleichwertige Stabilität und Crashesicherheit bei einem erheblich geringeren Bauteilgewicht. Potenzielle Schwachstellen durch die beim Fügeverfahren eingesetzten Schweißpunkte werden zudem vollständig vermieden. Das TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse bildet dabei die Grundlage für eine völlig neue Generation von Karosseriebauteilen. Einerseits können zukünftig Bauteile in einem Warmumformprozess hergestellt werden, die bislang nur durch mehrere aufwändige Prozessschritte mittels Kaltumformen, Schweißen und Kleben hergestellt werden konnten. Dabei bietet das Verfahren erhebliche Umweltvorteile in Bezug auf die Material- und Energieeinsparung. Weiter ist es denkbar, dass zukünftig durch weitere Entwicklungsarbeiten erstmals sogar drei unterschiedliche Festigkeiten in einem Bauteil vereint werden, was den Automobilherstellern in Bezug auf eine weitere Gewichtsreduktion und eine erhöhte Crashesicherheit völlig neue Möglichkeiten bietet.

Da das TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse eine sehr hohe Bauteilflexibilität aufweist, können hiermit theoretisch sämtliche Karosserieformen als Tailored Components hergestellt werden. Dies stellt im Bereich der Automobilindustrie eine Innovation mit Demonstrationscharakter für die gesamte Branche dar. Hiermit kann eine erhebliche Gewichtsersparnis im Fahrzeugbau erreicht werden. Auch die erstmalige Realisierung einer servohydraulischen Presse kann als Demonstrationsvorhaben für die gesamte Branche der Umformtechnik dienen und aufzeigen, dass sich der Energieverbrauch dieser energieintensiven Branche durch innovative Technologien weiter reduzieren lässt.

Grundsätzlich kann durch die Realisierung des innovativen Verfahrens hinsichtlich der erreichten Qualität und Leistungsfähigkeit ein deutlich verbessertes Produkt erzielt werden. Dabei ergeben sich durch das Investitionsvorhaben wesentliche Vorteile in Bezug auf Ressourceneffizienz und Umweltentlastung, die bislang mit keinem anderen Verfahren erzielt wurden. Der innovative Kern des gesamten Verfahrens liegt dabei insbesondere in der erstmaligen partiellen Behandlung der eingesetzten Rohplatten durch das TemperBox®-Verfahren, wodurch erstmals auch komplexe Karosserieteile mit den besonderen Eigenschaften ausgestattet werden können. Zudem liegt eine weitere Innovation in der erstmaligen großtechnischen Realisierung einer servohydraulischen Presse, die im Gegensatz zu konventionellen und damit rein hydraulischen Pressen erhebliche Vorteile mit sich bringt. So gehen mit dem Investitionsvorhaben gleich zwei Innovationen mit Demonstrationscharakter für die gesamte Branche einher.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit dem geplanten Innovationsvorhaben erhebliche Verbesserungen in den Bereichen Ressourceneffizienz und Umweltentlastung erreicht werden können. Bei erfolgreicher Umsetzung des Projekts kann somit demonstriert werden, dass einerseits auch hoch komplexe Karosserieteile als Tailored Components gefertigt werden können und andererseits hierzu ein erheblich effizienteres Herstellungsverfahren eingesetzt werden kann. Aufgrund der zum Teil erheblichen Material- und damit Gewichtersparnis der Karosserieteile, die mit der erstmaligen Umsetzung des innovativen TemperBox®-Verfahrens einhergehen, können die hohen Anforderungen nach einer weiteren Effizienzsteigerung an die Automobilindustrie erreicht werden.

Die deutsche Automobilindustrie ist seit Jahren von steigenden Umsätzen geprägt. Laut dem Statistik-Portal statista lag der Inlandsumsatz im Jahr 2016 bei insgesamt 148,3 Milliarden Euro. Zusammen mit einem Auslandsumsatz von 256,3 Milliarden Euro lag der gesamte Umsatz der in Deutschland ansässigen Unternehmen in der Branche Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteile im Jahr 2016 bei 404,6 Milliarden Euro⁶. Die Automobilbranche zählt damit, mit deutlichem Abstand vor dem Maschinenbau, zu den umsatzstärksten Branchen. Die Anzahl der in Deutschland produzierten Personenkraftwagen lag dem Verband der Automobilindustrie zur Folge im Jahr 2016 bei insgesamt 5.746.808⁷. Die erstmalige Realisierung des TemperBox®-Verfahrens in Kombination mit einer servohydraulischen Presse kann einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz in der umsatzstärksten Branche Deutschlands leisten. Das Vorhaben zielt dabei genau auf die von der Automobilindustrie gewünschte weitere Gewichtersparnis, bei gleichzeitig hoher bzw. höherwertiger Crashesicherheit, ab. Diese weitere Gewichtersparnis kann nur durch innovative Technologien erzielt werden, wie mit dem von uns entwickelten TemperBox®-Verfahren. In Kombination mit der erstmaligen Realisierung einer servohydraulischen Presse reduzieren sich zudem die Herstellungskosten im Vergleich zum Stand der Technik bei steigender Bauteilqualität deutlich. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass bedingt durch die Elektromobilität das Fahrzeuggewicht auch in Zukunft eine noch größere Rolle spielen wird und demnach die Anzahl an warmumgeformter Karosserieteile noch deutlich ansteigen wird.

Die hier beschriebenen Punkte verdeutlichen einerseits die enorme Branchengröße der Automobilindustrie und andererseits die erheblichen Vorteile die mit dem TemperBox®-Verfahren einhergehen. Das Vorhaben demonstriert dabei deutlich die damit einhergehenden positiven Umwelteffekte und dient somit als Vorbild für die gesamte Branche.

⁶ Zahlen zum Umsatz der Automobilindustrie in Deutschland: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/160479/umfrage/umsatz-der-deutschen-automobilindustrie/>

⁷ Zahlen zur Anzahl in Deutschland produzierter Personenkraftwagen: <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html>

5. Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit

Um nach erfolgreichem Umsetzen des im Umweltinnovationsprogramm geförderten Vorhabens das innovative TemperBox®-Verfahren möglichst publik zu machen, hat sich GEDIA auf die Nutzung mehrerer Informationswege festgelegt. So wurde am 14.03.2019 ein Artikel mit dem Titel „Größte Investition der Firmengeschichte“ auf der Unternehmenseigenen Webseite veröffentlicht, welcher unter folgendem Link zu finden ist.

<https://www.gedia.com/de/news/artikel/Gr%C3%B6%C3%9Fte%20Investition%20der%20Firmengeschichte/>

Dieser Artikel wurde auch als Pressebericht veröffentlicht. Zudem wurden sowohl im Nachhaltigkeitsbericht des Jahres 2019 von der neuen Technologie berichtet. Es ist davon auszugehen, dass dies auch in den Folgejahren der Fall sein wird. Schon während des Baus konnten Besucher der Baustelle einen Blick auf das zu entstehende Produktionswerk, ausgestellt auf einem Bauplakat, werfen und dort alle relevanten Informationen entnehmen.

Ein besonderer Fokus lag selbstverständlich bei der Bekanntmachung des neuen Verfahrens bei Firmen in der Automobilbranche. Durch Präsentationen bei einigen der bekanntesten Automobilherstellern in Europa und Amerika und eigenen Messeständen auf der Internationalen Zuliefererbörse in Wolfsburg sowie der Automotive Engineering Expo in Nürnberg wurde großes Interesse geweckt. Dies spiegelt sich mittlerweile in der Steigerung der Anfragen und Aufträge wider. Im Rahmen der Vertriebstätigkeiten soll dies auch in Zukunft kontinuierlich fortgeführt werden.

Seitens des Anlageherstellers AP&T werden weitere Werbeanzeigen geschaltet und es wurde bereits eine Anlage bei einem Kunden in Süddeutschland platziert, welche bis Ende 2021 fertiggestellt werden soll. Der Bericht, der unter folgendem Link zu finden ist, zeigt die Einführung der TemperBox®.

[AP&T führt TemperBox® ein: eine neue zykluszeitneutrale Produktionslösung, die maßgeschneiderte Eigenschaften in pressgehärteten Bauteilen ermöglicht | AP&T \(aptgroup.com\)](#)

Ein weiterer sehr großer Automobilzulieferer ist bereits mit GEDIA in Kontakt, um die Freigabe zum Erwerb einer solchen Temperboxanlage zu erlangen.

Abschließend kann die Publizierung des innovativen Verfahrens bislang als ein voller Erfolg gewertet werden und soll in Zukunft weitere Aufträge ins Haus GEDIA einbringen.

6. Zusammenfassung/Summary

Mit dem realisierten innovativen TemperBox®-Verfahren konnte die GEDIA Gebrüder Dingerkus GmbH erstmals hochkomplexe Bauteile, wie die beschriebene PKW-Stirnwand, in nur einem Prozess mit unterschiedlichen Festigkeiten herstellen. Bei dem Verfahren kann ein Karosserieteil durch die TemperBox® so behandelt werden, dass es an zuvor festgelegten Stellen eine höhere Festigkeit als an anderen Stellen aufweist. Der große Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass mit dem Warmumformprozess deutlich geringere Materialstärken bei gleicher erzielt werden können. Zudem können die Übergänge von gehärtetem zu nicht gehärteten Bereichen sehr sauber und gezielt eingestellt werden.

Im Vergleich zu einem konventionellen Fügeverfahren, bei dem bspw. durch Kaltumformprozesse verschiedene Karosserieteile in jeweils separaten Prozessschritten hergestellt und anschließend aufwändig miteinander verschweißt und verklebt werden müssen, wird dies beim TemperBox®-Verfahren in nur einem Prozessschritt erzielt. Neben der damit einhergehenden Energieeinsparung reduziert sich der Materialeinsatz erheblich.

Die erfolgreiche Umsetzung des innovativen TemperBox®-Verfahrens zeigte, dass sich der elektrische Energiebedarf pro hergestellter PKW-Stirnwand im Vergleich zu einer konventionellen Anlage um ca. 0,31 kWh reduziert. Bei einer jährlichen Produktionskapazität von 100.000 PKW-Stirnwänden kann der jährliche Energieverbrauch in Form von Strom um **30.590,66 Kilowattstunden** reduziert werden. Dies entspricht einer jährlichen CO₂-Reduktion in Höhe von **12,27 Tonnen CO₂**.

Ein weiterer entscheidender Vorteil liegt darin, dass im Vergleich zum Stand der Technik die Materialstärke der zu festigenden Karosserieteile erheblich verringert werden kann. Des Weiteren fallen bedingt durch die Einsparung der Kaltumformprozesse erheblich geringere Mengen an Schrott bzw. Abfall an. Mit dem TemperBox®-Verfahren in Kombination mit einer servohydraulischen Presse können so insgesamt jährlich 790 t Stahl eingespart werden. Die damit vermiedenen jährlichen Emissionen belaufen sich auf insgesamt **1.536,55 t CO₂**. Zusammen mit der Einsparung der energiebedingten CO₂-Emissionen werden so jährlich **1.548,82 t CO₂** eingespart.

Angemerkt sei, dass GEDIA neben der PKW-Stirnwand mittlerweile 15 TemperBox®-Artikel realisiert hat, wodurch sich die Umweltentlastungen durch das Vorhaben nochmals erheblich erhöhen. Aufgrund des sehr erfolgreichen Vorhabens baut GEDIA weltweit bereits die dritte TemperBox®-Produktionslinie.