

Abschlussbericht

NKa3 - 003245



„Oberflächentechnik für Leichtbauwerkstoffe mit Alupass₂₀₂₀“

Holder GmbH Oberflächentechnik

Maria-Merian-Straße 1

73230 Kirchheim unter Teck

www.holder-oft.de

Tel.: 07021 5704-0

Fax: 07021 5704-22



Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt	3
Report Coversheet.....	4
1 Einleitung.....	5
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	5
1.2 Ausgangssituation.....	6
2 Vorhabenumsetzung	11
2.1 Ziel des Vorhabens	11
2.2 Prozessbeschreibung des Alupass-Verfahrens	11
2.3 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung.....	14
2.4 Umsetzung des Vorhabens.....	15
2.5 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	18
2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	18
3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....	20
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung	20
3.2 Stoff- und Energiebilanz	22
3.3 Umweltbilanz	25
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	27
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	29
4 Übertragbarkeit	31
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	31
4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit	32
5 Zusammenfassung / Summary.....	34
6 Literatur.....	35
Anhang.....	36

BMUB-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Zusammenfassung

Abschlussbericht zum Vorhaben

„Oberflächentechnik für Leichtbauwerkstoffe mit Alupass₂₀₂₀“

Zuwendungsempfänger

Holder GmbH Oberflächentechnik

Umweltbereich

Ressourceneffizienz und Energieeinsparung

Laufzeit des Vorhabens

Von 30.09.2016 bis 31.08.2017

Autoren

Gabler, Jürgen

Waibel, Christof

Datum der Erstellung

16.02.2018

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

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen des UBA:	Projekt-Nr.: NKa3 - 003245
Titel des Vorhabens: „Oberflächentechnik für Leichtbaustoffe mit Alupass ₂₀₂₀ “	
Autoren: Gabler, Jürgen Waibel, Christof	Vorhabenbeginn: 30.09.2016
	Vorhabenende: 31.08.2017
Zuwendungsempfänger: Holder GmbH Oberflächentechnik Maria-Merian-Straße 1 73230 Kirchheim unter Teck	Veröffentlichungsdatum: 31.03.2018
	Seitenzahl: 36
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Kurzfassung: Vor dem Hintergrund der zunehmenden Verwendung von Leichtstrukturbaustoffe kommt der Reinigung und Passivierung von Aluminiumbauteilen eine entscheidende Bedeutung zu. Dabei gelang es mit der Umsetzung des Investitionsvorhabens im Vergleich zu konventionellen Anlagentechnologien den benötigten Ressourceneinsatz erheblich zu reduzieren. Des Weiteren wurde eine deutlich verbesserte Prozessstabilität und größere bearbeitbare Warenfenstergröße erreicht. Mit der erstmaligen Realisierung des Alupass ₂₀₂₀ -Verfahrens konnte das Unternehmen nicht nur einen neuen Benchmark für die Oberflächentechnikbranche definieren, sondern auch einen wesentlichen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen leisten.	
Schlagwörter: Oberflächentechnik – Leichtbau – Bauteilreinigung – Passivierung – Vorbehandlung	
Anzahl der gelieferten Berichte: Papierform: Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien:

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environmental Agency:	Project-No.:
Report Title: “surface technology for lightweight constructions with Alupass ₂₀₂₀ ”	
Author: Gabler, Jürgen Waibel, Christof	Start of project: 30.09.2016
	End of project: 31.08.2017
Performing Organisation: Holder GmbH Oberflächentechnik Maria-Merian-Straße 1 73230 Kirchheim unter Teck	Publication Date: 31.03.2018
	No. of Pages: 36
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
Summary:	
Keywords: surface technology – lightweight construction – component cleaning – pre treatment	

1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die 1948 gegründete Holder GmbH ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit Hauptsitz in Kirchheim unter Teck (Baden-Württemberg) und Spezialist im Bereich der Metallveredelung. Bereits in den 60er-Jahren wurden teilautomatisierte Anlagen mit dem Ziel eingesetzt, die Qualität bei wiederkehrenden galvanischen Aufträgen zuverlässig und schnell reproduzieren zu können. Heute zählt das Unternehmen mit 247 Mitarbeitern in allen Bereichen der Oberflächentechnik zu einem der führenden Anbieter Deutschlands und zu einem Weltmarktführer in der Beschichtung bzw. Behandlung von Leichtbauwerkstoffen.

Mit innovativen Verfahren und Anlagen können hochwertige Beschichtungslösungen für metallverarbeitende Unternehmen unterschiedlichster Branchen angeboten werden. Durch das ausgeprägte Qualitätsbewusstsein gepaart mit einer hohen Flexibilität konnte sich das Unternehmen über die Jahre hinweg zu einem geschätzten Partner der Automobil-, Beschlags- und Elektroindustrie sowie des Maschinenbaus entwickeln. Als unabhängiges Familienunternehmen setzt die Holder GmbH mit einer Branchenerfahrung von nun mehr über 60 Jahren und konsequent auf den Produktionsstandort Deutschland. Nachfolgend werden der historische Verlauf sowie die wesentlichen Meilensteine der Unternehmensgeschichte dargestellt:

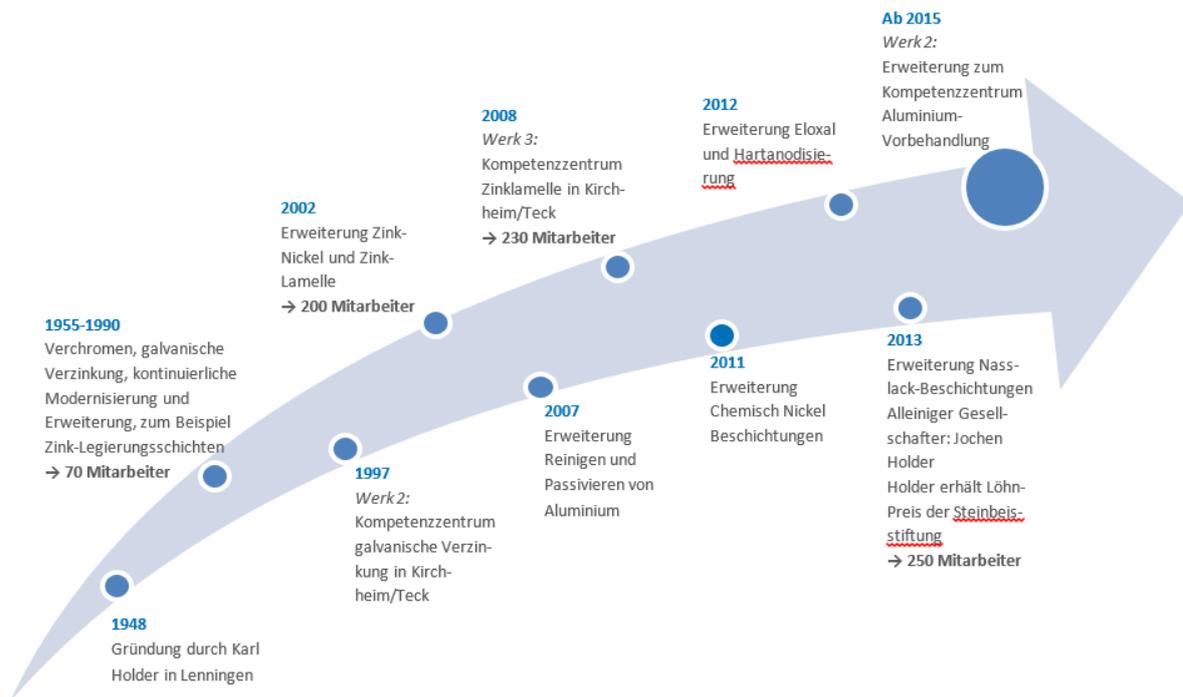


Abbildung 1: Historische Entwicklung der Holder GmbH Oberflächentechnik

Im Bereich der Oberflächenveredelung verfügt das Unternehmen über ein langjährig angesammeltes Know-how, das zusammen mit einem hohen und permanenten Entwicklungsanspruch die Grundlage für die Herstellung von leistungsorientierten und verlässlichen Qualitätsbeschichtungen darstellt. Ergänzende Informationen zum Unternehmen und den Produkten können der folgenden Homepage entnommen werden:

www.holder-oft.de

1.2 Ausgangssituation

Neben innovativen Antriebskonzepten und alternativen Treibstoffen ist die zentrale Herausforderung der Automobilbranche die generelle Umweltfreundlichkeit der Fahrzeuge. Dabei resultiert das über die letzten Jahrzehnte zunehmende Gesamtgewicht der Fahrzeuge, unter anderem aufgrund von vermehrt eingesetzten elektronischen Komponenten, Sicherheitssystemen und Komfortausstattungen, in einem Zielkonflikt zwischen der zunehmenden Funktionalität hinsichtlich Sicherheits- und Komforttechnik sowie der grundsätzlich angestrebten

Gewichtsabnahme der Fahrzeuge. Ein zunehmendes Gesamtgewicht bedingt jedoch maßgebend den Kraftstoffverbrauch respektive die ausgestoßenen Schadstoffe.¹ Infolgedessen stehen die Automobilkonzerne vor dem Hintergrund der zunehmenden Elektromobilität und der Verschärfung der zulässigen CO₂-Grenzwerte vor zahlreichen Entwicklungsherausforderungen in den Bereichen Leichtbau, Luftwiderstand sowie Haupt- und Nebenaggregate. Der Trend zum Leichtbau ist dabei in der Automobilentwicklung ungebrochen und insbesondere hinsichtlich der angestrebten Gewichtsreduzierung von essenzieller Bedeutung. In der neuen Hightech-Strategie der Bundesregierung wird dies nochmals betont: „Die Elektromobilität [...] ist [...] ein Wachstumsmarkt von hoher industriepolitischer Bedeutung. [...] Ein wichtiger Aspekt dabei ist die konsequente Weiterentwicklung und Anwendung des Leichtbaus bei neuen Fahrzeugen.“²

Grundsätzlich versteht man unter Leichtbau eine Konstruktionsphilosophie, die zum Ziel hat, bei gleichbleibender Funktionalität Gewicht einzusparen, Rohstoffe und Kosten bei Herstellung und Nutzung eines Produkts zu reduzieren sowie den CO₂-Ausstoß über den gesamten Lebenszyklus zu verringern. Die Mehrzahl der Innovationen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit basieren auf verbesserten Werkstoffen sowie Herstellungs- und Bearbeitungsverfahren, wobei insbesondere Leichtmetalle wie Aluminium und Magnesium sowie hochleistungsfaserverstärkte Composites eingesetzt werden. Aufgrund der bereits hohen Serienreife von Aluminium werden für diesen Werkstoff die größten Volumenzuwächse in den nächsten Jahren erwartet. Infolgedessen wird für den starken Anstieg von Strukturteilen aus Aluminium in den neuen Karosseriekonzepten erheblich in neuartige Anlagentechnologien investiert, um den steigenden Anforderungen und den neuen Anwendungsfeldern gerecht werden zu können. In der folgenden Abbildung ist eine Multimaterialkarosserie am Beispiel des Audi Q7 dargestellt, um die Bedeutung des Leichtbaus respektive des Aluminiums für die Automobilindustrie hervorzuheben.

¹ Vgl. Zukünftige Technologien Consulting im Auftrag des VDI e. V. (2008), S.15f

² Vgl. Bundesregierung (2014), S.27

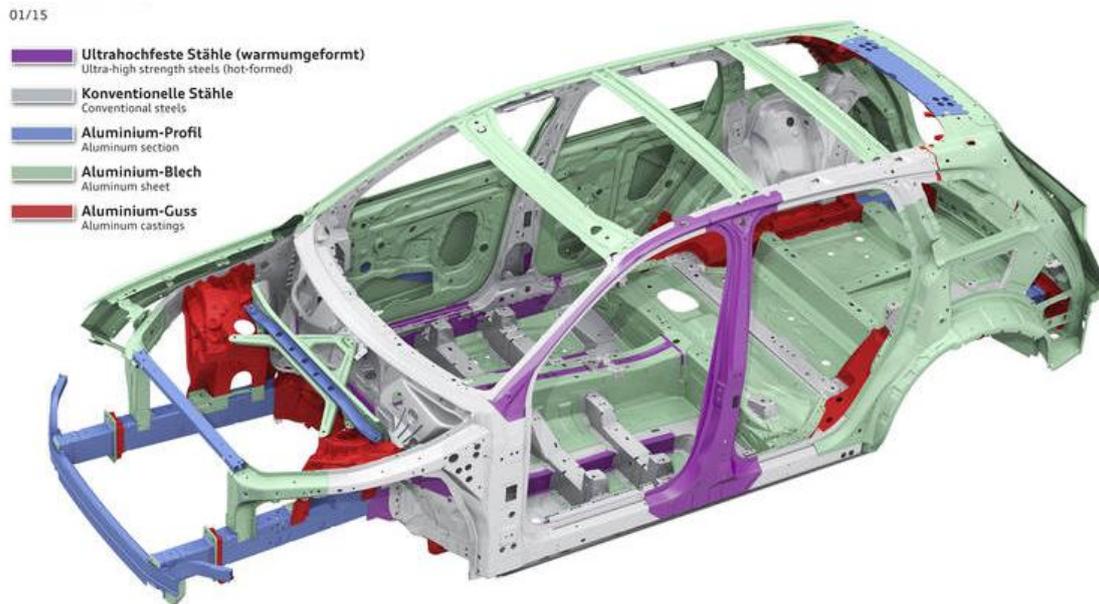


Abbildung 2: Multimaterialkarosserie, Audi Q7 (Stand 2015)³

Die Holder GmbH gilt im Bereich der Oberflächentechnik von Leichtstrukturwerkstoffen für die Automobilindustrie als einer der Weltmarktführer und möchte diese Führungsposition durch das hier vorgestellte Investitionsvorhaben weiter ausbauen. Dabei soll es erstmals ermöglicht werden, das neuartige Alupass₂₀₂₀-Verfahren zur Behandlung von Aluminium in einer großtechnischen Anlage zu implementieren, wodurch erhebliche Umweltentlastungen sowie zusätzliche Funktionalitäten realisiert werden können. Darüber hinaus leistet die Umsetzung des Verfahrens indirekt einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der Schadstoffgrenzwerte für Fahrzeuge und unterstützt den verstärkten bzw. breiteren Einsatz von Leichtstrukturbaustoffen sowohl bei alternativen als auch bei klassischen Antriebskonzepten. Im Folgenden werden zunächst die mit dem Stand der Technik einhergehenden Problemstellungen skizziert, ehe in den darauf aufbauenden Kapiteln das innovative Alupass₂₀₂₀-Verfahren vorgestellt wird.

Grundsätzlich werden bei der Reinigung und dem Passivieren von Aluminium die Oberflächeneigenschaften gezielt optimiert. Dabei werden anhaftende Verunreinigungen wie Öle, Trennmittel und Pigmentschutz gelöst, die natürlich gebildete, ungleichmäßige Oxidhaut entfernt und durch eine definiert dünne und beständige Konversionsschicht ersetzt. Ziel ist

³ Quelle: Autocad & Inventor Magazin, abgerufen am 13.11.2017 unter: <https://www.autocad-magazin.de/konstruktion-wie-der-audi-q7-leichter-wurde>.

es, einen chrom(VI)-freien Konversionsüberzug aufzubringen, um den Korrosionsschutz zu verbessern, einen hinsichtlich Adhäsion guten Haftgrund für Farben und Lacke zu ermöglichen sowie eine optimale Ausgangslage für nachfolgende Prozesse wie Schweißen, Lackieren oder Kleben sicherzustellen. Entscheidend für die Produktqualität ist hierbei nicht nur der Passivierungsprozess an sich, sondern darüber hinaus sind die vor- und nachgelagerten Reinigungs- und Entfettungsprozesse von maßgeblicher Wichtigkeit. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Verwendung von Leichtstrukturbaustoffe und der essenziellen Bedeutung der Vorbehandlung bzw. Passivierung für den Werkstoff und dessen Einsatz, gilt es, die eingesetzten Verfahren unter ökologischen Gesichtspunkten zu optimieren. Die größten Stellhebel sind dabei das anfallende Abwasser bzw. das benötigte Frischwasser, die eingesetzten Chemikalien sowie die Energie zum Aufheizen der Bäder. Ein konventioneller Reinigungs- und Passivierungsprozess des Stands der Technik für Aluminium ist in der folgenden Abbildung dargestellt, um darauf aufbauend die Umweltauswirkungen aufzeigen zu können. Als technologischer Marktführer und A-Lieferant für namenhafte OEM, wie beispielsweise Daimler oder Porsche, wird als Stand der Technik eine beispielhafte Anlage der Holder GmbH herangezogen. Grundsätzlich gilt es aber festzuhalten, dass es hinsichtlich der geplanten Warenfenstergröße sowie der eingesetzten, innovativen Verfahrenstechnologie keine direkt vergleichbaren Anlagen gibt. Prozessseitig durchläuft der Warenträger bei gegenwärtig eingesetzten Verfahren unterschiedliche Teilschritte, die im Wesentlichen aus Entfettungs- und Passivierungsbäder, vor- und nachgelagerten Spülbecken sowie abschließenden Trocknungsvorgängen bestehen. Bis zur Trocknung werden die Werkstücke dabei durch unterschiedliche Tauchbäder mit entsprechenden Zusätzen geführt, wobei auf die Reinigungsprozesse jeweils ein Spülprozess folgt, um die gelösten bzw. emulgierten Verschmutzungen und die aktiven Bestandteile des Reinigungsmittels, wie z. B. Tenside, von der Bauteiloberfläche zu entfernen. Insbesondere die mehrstufigen Kaskaden sind gegenwärtig durch einen sehr hohen Frischwasserbedarf gekennzeichnet. Dabei wird das durch das Werkstück und den Werkzeugträger verdrängte Wasser zwar kaskadenförmig in das nächste Becken überführt, nach erfolgter Spülung innerhalb der 3-fach Kaskade wird das Brauchwasser aber aus dem Prozess

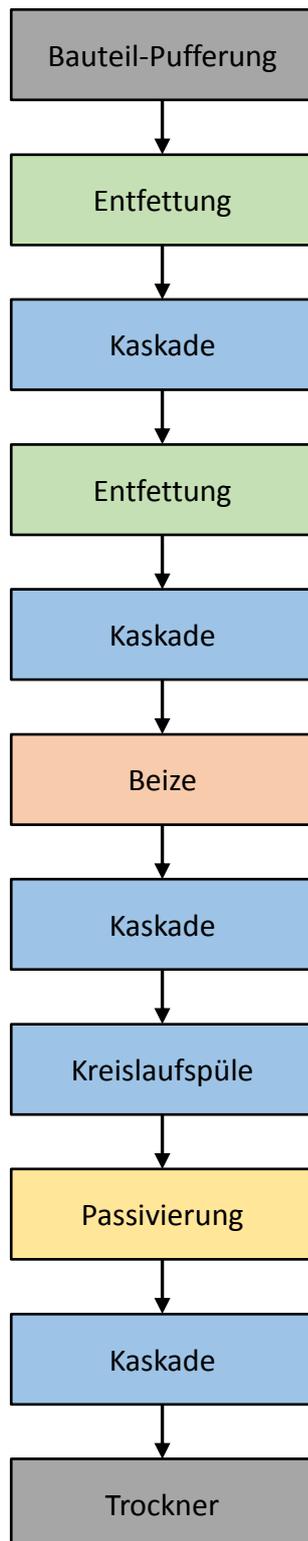


Abbildung 3: Prozess
Stand der Technik

geschleust. Angesichts der Tatsache, dass zukünftig aufgrund der zunehmenden Verwendung von Aluminium in den unterschiedlichen Marktsegmenten auch deutlich größere Bauteilvolumen beschichtet werden müssen, was mit einer maßgeblichen Steigerung der verdrängten Wasservolumina einhergeht, kommt diesen Prozessschritten hinsichtlich der Umweltverträglichkeit eine entscheidende Bedeutung zu. Die anfallenden Mengen an Brauchwasser enthalten je nach eingesetzter Beschichtungstechnologie, z. B. Restsäuren, Schwermetalle etc., und müssen entsprechend aufwendig aufbereitet werden. Da die einzelnen Prozessstufen auf spezifischen Temperaturniveaus durchlaufen werden (Spülvorgänge bei Raumtemperatur, Entfettungen bei ca. 80° Celsius, Passivierung bei 50° Celsius), muss in die ökologische Beurteilung des Stands der Technik zusätzlich zum Frischwasserbedarf und der eingesetzten Chemikalien die eingebrachte Energie berücksichtigt werden. Aufgrund der erheblichen Beckengrößen, der auftretenden Wasserverdunstung sowie der Einbringung kalter Warenträger ist die benötigte Energie ein entscheidender Einflussfaktor bei der Beurteilung des Gesamtsystems.

Eine weitere Schwachstelle der aktuell angewandten Verfahren im Bereich der Oberflächenbeschichtung von Großbauteilen aus Aluminium liegt darin, dass diese aufgrund der Anlagendimensionierung nicht als Einzelteil gereinigt und passiviert werden können. Dies betrifft zum Beispiel die Bearbeitung kompletter Automobilseiten- bzw. Karosserieteile. Als Alternative ist diesbezüglich lediglich das Trennen der Bauteile mit anschließendem Fügeprozess möglich bzw. Stand der Technik. Angesichts der Tatsache, dass sich große Fahrzeuge, wie zum Beispiel SUVs, zunehmender Beliebtheit erfreuen und die Anwendungsbereiche von Aluminium, beispielsweise im Flugzeugbereich, bei weitem noch nicht vollständig erschlossen sind, gilt es daher, proaktiv innovative Verfahren zu entwickeln und

für die marktseitig geforderten Warenfenstergrößen zu dimensionieren.

2 Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Ziel des Investitionsvorhabens war es, das neuartige Alupass₂₀₂₀-Verfahren, welches aus ökologischer und ökonomischer Sicht einen erheblichen Entwicklungsschritt im Bereich des Reinigens und Passivierens von Aluminium darstellt, erstmalig in einer großtechnischen Anlage zu realisieren. Durch die Kombination neuartiger Technologien sowie die Integration innovativer Lösungsansätze in ein ganzheitliches Anlagenkonzept zielte das Vorhaben darauf ab, den Ressourceneinsatz bei gleichzeitig verbesserter Funktionalität zu reduzieren. Dabei war die Anlageninvestition zentraler Bestandteil des Standortaufbaus in Laichingen.

Wie bereits vorangehend dargestellt, ist der Einsatz von Leichtbauwerkstoffen mit Blick auf die voranschreitende Elektrifizierung des Antriebsstranges von wesentlicher Bedeutung. Die Realisierung des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens in einer großtechnischen Anlage war dabei eine entscheidende unternehmerische Maßnahme, um die steigenden Anforderungen der OEMs erfüllen zu können und neue Entwicklungsmöglichkeiten in der Bauteilkonstruktion, beispielsweise hinsichtlich der Bauteilabmessungen, zu eröffnen. Da die Reinigung und Passivierung von Aluminium ein ressourcenintensiver Prozess ist, galt es aus ökologischer Sicht, in den Bereichen Energiebedarf, Wasserverbrauch und Chemikalieneinsatz signifikante Einsparungen zu realisieren.

2.2 Prozessbeschreibung des Alupass-Verfahrens

In der folgenden Abbildung 4 ist der von Holder entwickelte Prozess des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens vereinfacht dargestellt. Auf der linken Seite wird das jeweilige Temperaturniveau in Celsius angegeben (RT steht für Raumtemperatur), auf der rechten Seite ist die Rückführung des Prozesswassers mit blauen Pfeilen symbolisiert. Die einzelnen technischen Funktionsweisen sowie die Verfahrensbesonderheiten werden anhand der Grundprozesse Entfettung bzw. Reinigung, Spülung, Passivierung und Trocknung im Folgenden beschrieben.

Die **Entfettung bzw. Reinigung** des Aluminiums erfolgt im Rahmen des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens in zwei Prozessschritten: Entfettung A mit drei Becken inklusive einer Ultraschallreinigung sowie Entfettung B mit vier Becken. Dabei wird in Entfettung A eine neuartige, spezielle Tensidematrix eingesetzt und mit einer innovativen Ultraschallreinigung kombiniert. Für die

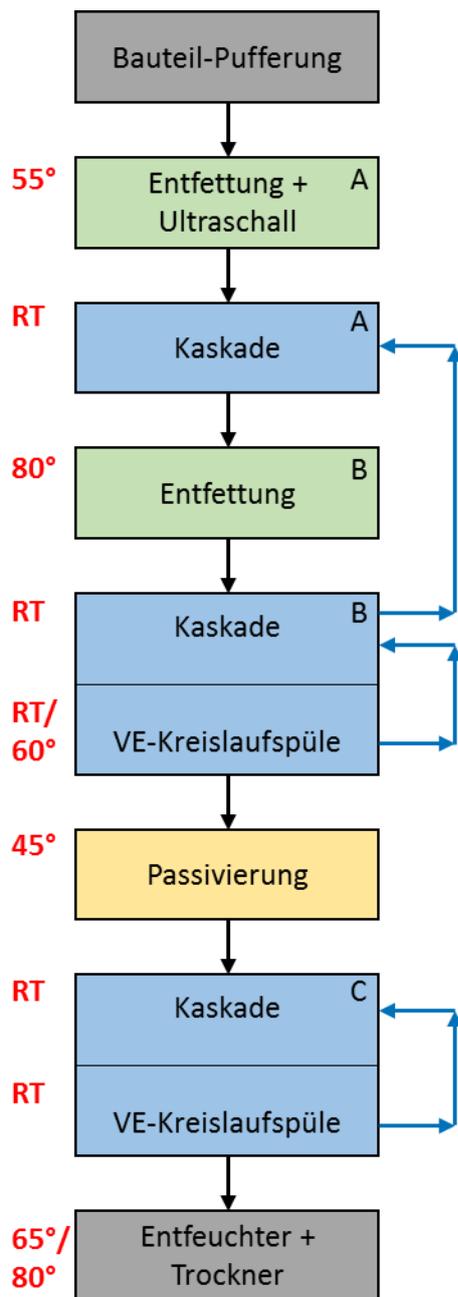


Abbildung 4: Prozess Alupass₂₀₂₀

geplanten Beckengrößen ist diese eine absolute Branchenneuheit, wobei die erzeugte Schallwelle auch bei offenen Oberflächen eine bislang unerreichte Lösequalität, z. B. von Ölen, Pigmentschutz oder Trennmitteln, realisiert. Die Behälterinnenmaße betragen 1600 auf 3900 auf 1950 Millimeter, sodass komplette Karosserieteile wie Seitenwände etc. behandelt werden können. Trotz dieser Bauteilgrößen kann durch die Kombination der Ultraschallreinigung mit dem Einsatz der neuartig verwendeten Tensidematrix das Temperaturniveau maßgeblich reduziert werden. Während bislang Entfettungsbecken mit Prozesstemperaturen zwischen 75° und 85° Celsius eingesetzt werden mussten, kann zukünftig das Temperaturniveau der ersten Entfettung auf 55° Celsius reduziert werden. Ein weiterer entscheidender Innovationsschritt ist, dass in Kombination mit Entfettung B komplett auf ein Beizbecken sowie die damit einhergehenden Umweltbelastungen verzichtet werden kann. Darüber hinaus ermöglicht das Zusammenspiel der einzelnen Prozesse sowie deren Abstimmung aufeinander die Reduzierung der benötigten Verfahrensschritte.

Bei den vor- und nachgelagerten **Spülungen** der Bauteile zeichnet sich das Alupass₂₀₂₀-Verfahren durch zwei zentrale Innovationen aus. Zum einen wird das durch

die Warenträger und -teile in den Kaskaden verdrängte Wasser gesammelt und gezielt in den Prozess zurückgeführt. Infolgedessen wird das Wasser nicht wie beim Stand der Technik nach Durchlaufen der 3-fach-Kaskaden in das Abwasser ausgeschleust, sondern vielmehr definiert in Abhängigkeit von der verdrängten Wassermasse zurück in die Kaskaden geführt. Zum anderen kann durch eine neuartige Kombination von Vollentsalzungs-Kreislaufspülen mit der Kaskadenführung die Prozessqualität erheblich verbessert sowie der Frischwasserbedarf

maßgeblich reduziert werden. Realisiert werden diese Effekte durch eine erstmalige Mehrfachverwendung des Brauchwassers, das in der Kreislaufspüle anfällt. Dieses Brauchwasser ist frei von Mineralen und hinsichtlich der Prozessqualität für die Kaskadenspülung besser als das sonst verwendete Stadtwasser geeignet (Rückführung des Brauchwassers in der vorangehenden Abbildung mit blauen Pfeilen gekennzeichnet). Umgesetzt wurde diesbezüglich nicht nur eine Kombination der Kreislaufspülen mit den jeweiligen Kaskaden B und C, sondern darüber hinaus auch die Rückführung des Brauchwassers von Kaskade B zu Kaskade A. Dabei wird das Prinzip genutzt, dass der Verschmutzungsgrad des Prozesswassers im Laufe des Verfahrens abnimmt und dieses somit für vorgelagerte Spülvorgänge nutzbar ist. Aufgrund dieser erheblichen Verfahrensoptimierungen kann infolgedessen nicht nur der Frischwasserbedarf maßgeblich reduziert werden, sondern des Weiteren bedingt die verbesserte Wasserqualität eine bessere Standzeit der eingesetzten Chemikalien: Da vermehrt auf Stadtwasser verzichtet werden kann und stattdessen mineralienfreies Brauchwasser aus den Kreislaufspülen verwendet wird, kann eine ungewünschte Ausfällung der eingesetzten Chemikalien, z. B. von Zirkonium in der Passivierung, stark reduziert werden.

Aufgrund der intelligenten Kombination der **Passivierung** mit den vor- und nachgelagerten Prozessschritten kann zum einen die Standzeit der Prozessbäder erhöht und zum anderen die Qualität des aufgetragenen Konversionsüberzugs verbessert werden. Die erreichte Ausschuss- bzw. Nacharbeitsquote wird dabei entscheidend reduziert. Hinsichtlich der Prozessqualität ist darüber hinaus von entscheidender Bedeutung, dass die Konzentration und Zusammensetzung der Bäder kontinuierlich analysiert wird, um eine optimale Nachdosierung zu ermöglichen. Grundlage der in diesem Bereich realisierten Umweltentlastungen sind das optimale Zusammenwirken der Parameter Temperatur bzw. Temperaturniveaus, Chemieeinsatz und -konzentration sowie Spülung und Ultraschall.

Nach dem abschließenden Spülvorgang werden die Warenträger getrocknet. Dabei kommt im Alupass₂₀₂₀-Verfahren eine neuartige Kombination aus **Entfeuchter und Konvektionstrockner** zum Einsatz. Da bei Aluminiumguss aufgrund der offenporigen Oberfläche sowie der benötigten Bauteilsteifungen, zum Beispiel in Form von Fachwerkgeometrien, die Wasseraufnahme vergleichsweise sehr groß ist, werden hier spezielle Technologien zur Entfeuchtung und Trocknung angewendet. Die beim Stand der Technik oftmals eingesetzte Variante, mithilfe von Druckluft die Bauteile zu entfeuchten und anschließend konventionell

mit Heißluft zu trocknen, ist jedoch extrem energieintensiv und deshalb nicht zielführend. Im Alupass₂₀₂₀-Verfahren wird hingegen zunächst eine Vorentfeuchtung bei 60° Celsius durchgeführt, um darauf aufbauend in einem Konvektionstrockner die Bauteile bei 80° Celsius abschließend zu trocknen. Die innovative Kombination beider Technologien ist dabei für die angestrebte Bauteilgröße eine absolute Branchenneuheit.

An dieser Stelle gilt es, die aktuell und zukünftig eingesetzten Tenside bei der Holder GmbH voneinander abzugrenzen. Stand heute wird Tensid mit emulgierender Wirkung eingesetzt, was bedeutet, dass von den Bauteilen eingeschlepptes Öl emulgiert und somit nicht von Öl-abscheidern aus dem Prozess geschleust werden kann. Dabei wird das emulgierte Öl über den Spülprozess in die Abwasserbehandlung verschleppt, was einen hohen CSB-Wert verursacht. Das zukünftig eingesetzte Tensid wirkt hingegen demulgierend und enthält keine Fluorverbindungen. Dabei kann das eingeschlepptes Öl nicht emulgieren, sondern schwimmt auf der Oberfläche der Entfettungsbäder auf. Über einen Ölabscheider wird dieses kontinuierlich aus dem Prozess geschleust. Infolgedessen ist die Fracht an organischen Verbindungen im Abwasser deutlich geringer, was mit einem erheblich reduzierten CSB-Wert einhergeht. Da darüber hinaus die Inhaltsstoffe des Tensids auf naturidentischen Stoffverbindungen aufbauen und demnach leichter abbaubar sind, können die ökotoxikologischen Eigenschaften des Tensids im Vergleich zum Stand der Technik deutlich verringert werden.

Des Weiteren gilt es an dieser Stelle, die mit der Realisierung des Investitionsvorhabens einhergehenden Funktionalitäten im Vergleich zum Stand der Technik näher zu betrachten. Dabei können zum einen die benötigten Prozessschritte reduziert und zum anderen die Produktqualität verbessert werden. Des Weiteren erfüllt die Anlage alle gängigen Hersteller-Spezifikationen der namenhaften OEMs, was eine erhebliche Verbesserung der Flexibilität bedeutet. Von entscheidender Bedeutung ist darüber hinaus, dass bislang nicht erreichte Bauteildimensionen gereinigt und beschichtet werden können. Dies bedingt zwar größere Becken, zugleich können aber Arbeitsschritte zusammengefasst (separates Beschichten einzelner Bauteile und anschließendes Zusammenfügen zu einer Baugruppe) und neue Konstruktionsfreiheiten in der Bauteilentwicklung eröffnet werden.

2.3 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung

In der nachfolgenden Tabelle sind die zentralen Eckdaten des Investitionsvorhabens dargestellt.

Eckdaten des Vorhabens	
Investitionsort	89150 Laichingen
Investitionsvolumen	4.100 TEUR Reinigungs- und Passivieranlage 65 TEUR LK Ölabscheider 570 TEUR Abwasseranlage, davon 82 TEUR Kreislaufanlage als zuwendungsfähige Kosten
Mögliche Warenfenstergröße	1600 x 3900 x 1950 Millimeter
Kapazität	max. 12 Warenträger/Stunde

Tabelle 1: Eckdaten des Vorhabens

2.4 Umsetzung des Vorhabens

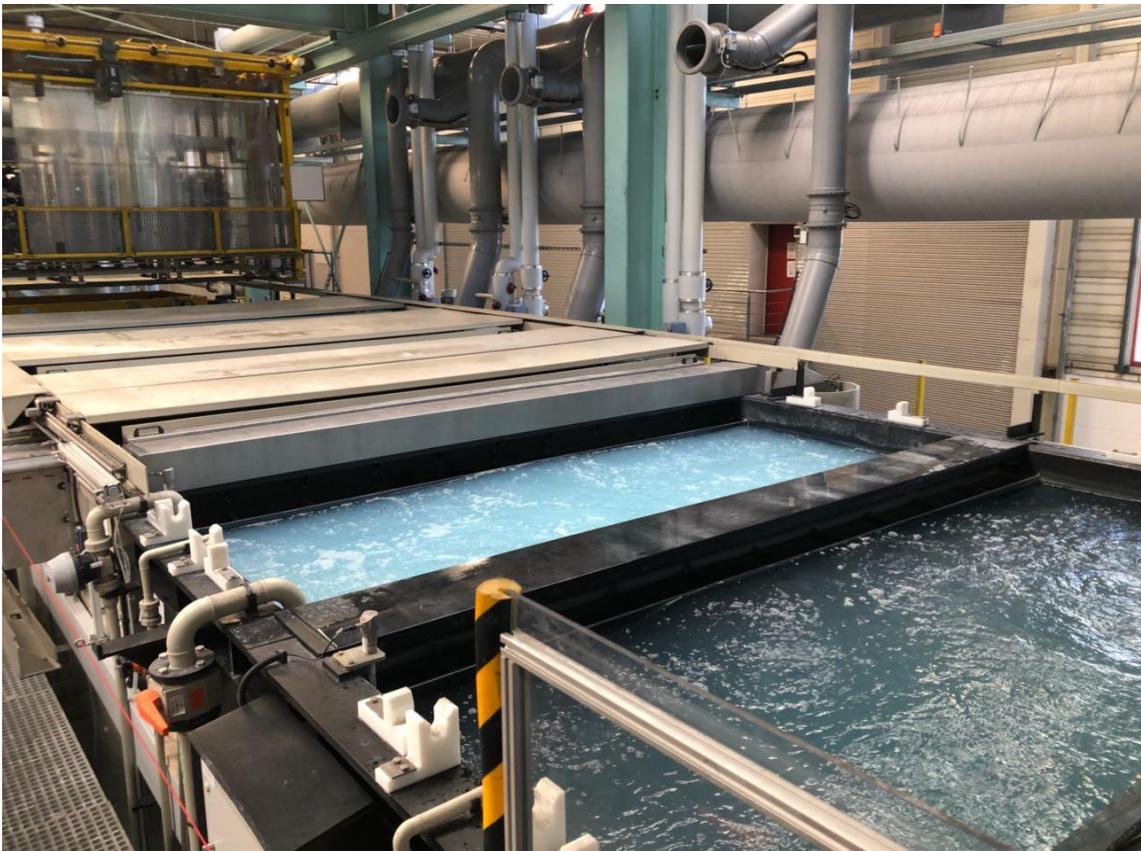
In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die wesentlichen Meilensteine des Investitionsvorhabens sowie deren Umsetzungszeitpunkte aufgezeigt. Anzumerken gilt an dieser Stelle, dass die Anlage bzw. das Verfahren seit der Inbetriebnahme kontinuierlich optimiert wird. Dies betrifft insbesondere die Prozesssteuerung sowie die Parametereinstellungen.

Meilenstein	Umsetzungszeitpunkt
Anlagenbestellung	23.09.2016
Montagebeginn	November 2016
Beginn der Inbetriebnahme	April 2017
BImSchG-Betriebsgenehmigung	27.04.2017
Erster Belastungstest	28.04.2017
Erster Dauerlauf (ohne Warenträger)	10.05.2017
Fahren der Anlage mit Ware	ab Juli 2017
Anlagenabnahme	27.07.2017
Bearbeitung erster Kundenaufträge	ab September 2017

Tabelle 2: Meilensteine des Investitionsvorhabens

Ergänzend zu den vorangehend aufgezeigten Meilensteinen des Investitionsvorhabens sind nachfolgend entsprechende Bilder der Anlagentechnik dargestellt. Im Anhang des Abschlussberichts ist des Weiteren ein schematisches Prozessschaubild der realisierten Wärmerückgewinnung beigefügt.





2.5 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Die immissionsschutzrechtliche Teilgenehmigung nach § 8 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zur Errichtung und zum Betrieb der Passivieranlage inklusive der Abwasseranlage wurde am 27.04.2017 vom Regierungspräsidium Tübingen erteilt. Die Inbetriebnahme konnte somit wie geplant im April 2017 realisiert werden.

2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Erfassung der Anlagenbetriebsdaten erfolgt automatisiert über die Anlagensteuerung und erfolgte im Zeitraum September bis Oktober 2017 (mit Beginn der ersten kundenspezifischen Auftragsbearbeitung). Auf Basis der durchgeführten Durchsatzanalyse betrug die technische Verfügbarkeit der Anlage 94,55 Prozent. Der dabei erreichte Durchsatz betrug im Mittel 7,8 Werkstückträger pro Stunde, was einem absoluten Durchsatz in Höhe von 8.201 Werkstückträger entspricht. In den nachfolgenden Abbildungen sind die entsprechenden Auswertungsdiagramme dargestellt. Mit Blick auf den erreichten Werkstückträger-Durchsatz gilt es an dieser Stelle festzuhalten, dass die manuelle Bestückung der Werkstückträger und nicht der Prozess bzw. die Anlage an sich der einschränkende Faktor ist. Die Anlage ist grundsätzlich auf einen Durchsatz von 12 Werkstückträgern pro Stunde ausgelegt, mittelfristig sollen im Durchschnitt 10 Warenträger pro Stunde erreicht werden. Dies soll insbesondere durch die Bestückung mit größeren Bauteilen realisiert werden, da diese einen geringen manuellen Aufwand benötigen.

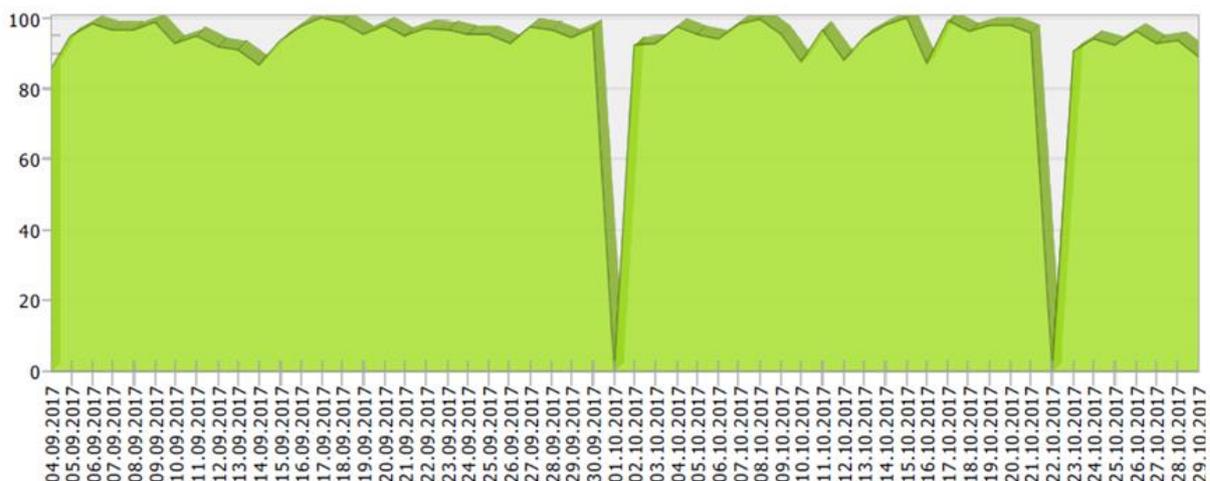


Abbildung 5: Verlauf der Verfügbarkeit

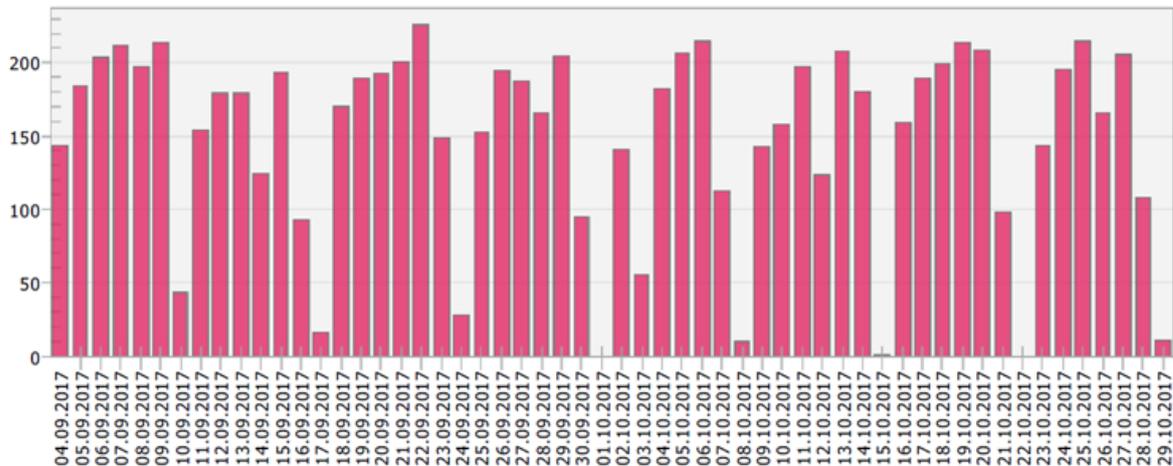


Abbildung 6: Verlauf des Werkstückträger-Durchsatzes

Um die erfassten Betriebsdaten der Anlage einordnen zu können, werden diese mit den Verbrauchswerten einer konventionellen Passivierungsanlage des Stands der Technik verglichen. Auch wenn die Anlagen sich erheblich unterscheiden, beispielsweise mit Blick auf die Beckengrößen, die optimierte Prozessabfolge und die erreichte Beschichtungsqualität, ist ein Vergleich zur Einordnung der erreichten Umweltentlastungen demnach zielführend. Da Holder zu den weltweit führenden Unternehmen im Bereich der Oberflächenbeschichtung von Aluminium gehört, kann diesbezüglich auf die Verbrauchswerte einer bereits im Unternehmen betriebenen Anlage am Standort in Kirchheim Teck zurückgegriffen werden. Die Vergleichsdaten wurden dabei im Zeitraum von Januar bis Februar 2017 erhoben. In der nachfolgenden Tabelle werden die zentralen, der Datenerfassung zugrundeliegenden Parameter aufgezeigt.

	Passivierungsanlage Stand der Technik	Passivierungsanlage Investitionsvorhaben
Messzeitraum	Jan.-Feb. 2017	Sept.-Okt. 2017
Durchsatz Warenträger	7.425 Stück	8.201 Stück
Beschichtete Werkstückoberfläche	ca. 190.000 m ²	ca. 350.000 m ²

Tabelle 3: Datenerfassung der jeweiligen Anlagen

3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Die Vorhabendurchführung verlief zeitlich weitestgehend wie geplant. Nach erfolgter Anlagenbestellung im September 2016 bei der Firma Decker Anlagenbau GmbH erfolgten die Montage der Anlage am neuen Firmenstandort Laichingen sowie die hiermit einhergehenden Optimierungen bis zur abschließenden Abnahme im Juli 2017. Auf Basis der bislang gewonnenen Erkenntnisse bestätigte sich dabei das grundsätzliche Verfahrenskonzept in Form von hervorragenden Beschichtungsqualitäten und geringen Ressourcenverbräuchen. Zu nennen ist an dieser Stelle zum Beispiel der Einsatz des Ultraschallmoduls im Bereich der Entfettung, welches in Kombination mit den eingesetzten Reinigungschemikalien stark verbesserte Reinigungsqualitäten ermöglicht. Insbesondere bei offenporigen Oberflächen und starken Verschmutzungen in Form von Ölen und Fetten zeigte sich die Vorteilhaftigkeit des Verfahrens. Deutlich wurde dies beispielsweise bei der Reinigung von großen Seitenwänden. Während beim Stand der Technik aufgrund der starken Verschmutzungen auf Mehrfachdurchläufe (Nacharbeit), eine manuelle Vorreinigung mit Aceton und lange Verweilzeiten in den Entfettungsbecken zurückgriffen werden musste, ermöglicht das realisierte Anlagenkonzept eine effiziente und umweltschonende Bauteilreinigung. Die Verweildauer der Bauteile konnte dabei in der Entfettung von 24 auf 16 Minuten reduziert werden, ohne eine manuelle Vorreinigung einzusetzen und bei gleichzeitiger Reduzierung der Bädertemperatur um 25 Grad Celsius. Eine Nachbearbeitung in Form eines Mehrfachdurchlaufes war nicht mehr nötig.

Des Weiteren bestätigte sich, dass die verbesserten Reinigungsqualitäten zu höheren Standzeiten der Entfettungen und geringeren Verschleppungen führen. Von entscheidender Bedeutung ist diesbezüglich auch der Einsatz der leistungsstarken Ölabscheider in Verbindung mit den eingesetzten, demulgierend wirkenden Tensiden. Dabei schwimmen im Gegensatz zu den bislang eingesetzten Tensiden die eingeschleppten Öle und Trennmittel an der Oberfläche auf und können über die Ölabscheider kontinuierlich aus dem Prozess geschleust werden. Infolgedessen zeigte sich im Bereich des Abwassers eine geringere Fracht an organischen Verbindungen.

Ein weiterer entscheidender Vorteil des realisierten Anlagenkonzepts sind die ermöglichten Warenfenstergrößen. Seit Beginn der Bearbeitung von Kundenaufträgen auf der Anlage zeigte sich diese Vorteilhaftigkeit bereits mehrfach. Exemplarisch zu nennen sind an dieser

Stelle die Reinigung und Beschichtung von großen Karosserie-Seitenwänden und Verbindungsteil-Schweller. Während die Schweller erstmals senkrecht in die Warenträger gehängt werden konnten (bislang waagrecht) und somit aufgrund des höheren Durchsatzes eine wirtschaftliche Reinigung und Beschichtung möglich war, wurde für die Seitenwände die komplette mögliche Warenfenstergröße ausgeschöpft. Ohne die Investition in die neuartige Anlagentechnik hätten diese manuell gereinigt und beschichtet oder das Bauteil konstruktiv in einzelne Baugruppen getrennt werden müssen.

Mit dem Ziel, die eingebrachten Ressourcen möglichst effizient zu nutzen, wurde darüber hinaus eine Wärmerückgewinnung in Form eines Kreislaufverbundsystems installiert. Bei diesem für den Anwendungsfall optimal ausgelegtem System wird die Wärmeenergie über der Beckenoberfläche abgezogen und über Wärmetauscher auf die Hallenzuluft übertragen. Die beheizte Zuluft wird anschließend betriebsintern im Produktionsbereich der Warenträgerbestückung eingesetzt. Dieses Lösungskonzept erwies sich dabei aus ökologischer und ökonomischer Sicht als äußerst vorteilhaft und unterstreicht die angestrebte maximale Ressourceneffizienz.

Grundsätzlich traten im Rahmen der Vorhabendurchführung keine größeren Schwierigkeiten auf, die eine umfangreichere Anpassung des Prozesses oder der Anlagentechnik erforderten. Im Zuge der Inbetriebnahme zeigten sich diesbezüglich lediglich kleinere mechanische Probleme, die bei Investitionsvorhaben dieser Größenordnung üblich sind. Exemplarisch genannt werden kann an dieser Stelle, dass die Warenträger bei geringer Bestückung (Auslastung) zum Teil an der Beckenoberfläche aufschwammen und sich dabei aus der Befestigung am Fördersystem lösten. Durch einfache mechanische Anpassungen an der Anlage konnten diese Probleme in der Optimierungsphase vollständig gelöst werden.

Rückblickend gilt es mit Blick auf die Vorhabendurchführung festzuhalten, dass sich das angestrebte Anlagenkonzept sowie die hiermit einhergehenden Umweltentlastungen grundlegend bestätigten. Die erreichte Artikelqualität und Ressourceneffizienz sowie die ermöglichten Funktionalitäten bieten dabei einen erheblichen Mehrwert gegenüber dem Stand der Technik und definieren einen neuen Benchmark. In den nachfolgenden Abschnitten werden diesbezüglich die realisierten Umweltentlastungen detaillierter betrachtet.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Hinsichtlich der tatsächlichen Stoff- und Energiebilanz der realisierten Anlagentechnik soll an dieser Stelle zunächst nochmals auf die im Antrag definierten und geplanten Umweltentlastungen eingegangen werden. Zum Zeitpunkt der Antragstellung wurden dabei mögliche Einsparungen hinsichtlich des Energie-, Wasser- und Chemikalieneinsatzes quantifiziert, welche nachfolgend zusammenfassend erläutert werden.

Ressourceneinsparung Wasser

Die entscheidenden Umweltentlastungspotenziale im Bereich des Frischwasserbedarfs basieren bei der neuen Anlage auf einer Reduzierung der Prozesstemperatur um 25 Grad Celsius im Bereich der Entfettungsbäder (reduzierte Verdunstungsmenge) sowie der Mehrfachnutzung des Spülwassers (intelligente Kaskaden- und Spülwasserführung). Des Weiteren geht die Reduzierung der Nacharbeitsquote mit einer zusätzlichen Verringerung des Frischwasserbedarfs einher. Die mögliche Frischwassereinsparung wurde zum Zeitpunkt der Antragstellung mit jährlich 12.700 m³ angegeben.

Ressourceneinsparung Energie

Die wesentlichen, mit der Realisierung der neuen Anlagentechnik einhergehenden, Energieeinsparungen sind insbesondere auf die reduzierten Bädertemperaturen zurückzuführen (reduzierter Wärmeverlust und verringerte benötigte Heizleistung in der Entfettung). Des Weiteren ist auch hinsichtlich des Energieeintrags die angestrebte Verbesserung der Nacharbeitsquote ein entscheidender Faktor. Als mögliches Energieeinsparpotenzial wurden dabei in Summe jährlich ca. 2.300 Megawattstunden berechnet.

Ressourceneinsparung Chemikalien

Hinsichtlich des Chemikalienverbrauchs sind unter anderem die reduzierte Nacharbeitsquote sowie die reduzierte Anzahl benötigter Neuansätze der Prozessbäder (Erhöhung der Prozessmedienstandzeit durch Zusammenwirken der einzelnen Prozessschritte sowie den Einsatz neuartiger Technologien und Tenside) wesentliche Faktoren zur Ressourceneinsparung. Die mögliche jährliche Einsparung im Vergleich zu einer konventionellen Anlagentechnik wurde mit ca. 19 Tonnen beziffert.

Im Rahmen der Antragstellung wurden alle Umweltentlastungen auf Basis von 10 Wareträgern die Stunde berechnet. Die aktuellen Durchsatzanalysen weisen hier einen Schnitt von

bislang 8,3 Warenträger die Stunde auf. Da die Anlage jedoch grundsätzlich auf eine Fertigungskapazität von bis zu 12 Warenträger die Stunde ausgelegt ist, soll mittelfristig der angestrebte Durchsatz in Höhe von 10 Warenträgern die Stunde erreicht werden. Der aktuelle Engpass beruht dabei nicht auf anlagenseitigen Problemen, sondern allein aufgrund der manuellen Bestückung der Warenträger. Das heißt, dass bei Kleinteilen der manuelle Aufwand hoch ist und somit die maximale Auslastung bislang noch nicht erreicht werden konnte.

Aufbauend auf den vorangehend dargestellten möglichen Umweltentlastungen wurden im Rahmen der Ergebniskontrolle Messwerte aufgenommen, die einen grundsätzlichen Vergleich mit dem Stand der Technik ermöglichen. Entscheidend dabei ist jedoch, dass die neue Anlagentechnik aufgrund der realisierten Innovationen sowie der unterschiedlichen Messgrundlagen nur bedingt mit aktuellen Anlagen vergleichbar ist. Die wesentlichen Problemstellungen, die es beim angestellten Vergleich in der nachfolgenden Tabelle 4 zu berücksichtigen gilt, sind unter anderem die folgenden Faktoren:

- Die neuartige Anlagentechnik ist um ca. 30 Prozent größer als die Vergleichsanlage. Dies betrifft unter anderem die Fördereinheiten sowie die Beckenanzahl und -größe und infolgedessen insbesondere den Gas- und Stromverbrauch.
- Die verbesserte Reinigungsqualität und Prozessstabilität sind wesentliche Vorteile der neuen Anlage, können aber in der nachfolgenden Energie- und Stoffbilanz, welche auf gemessenen Werten basiert, nicht berücksichtigt werden. Da die angestrebte Reduzierung der Nacharbeitsquote um 7 Prozent aus heutiger Sicht und der bislang erzielten Beschichtungsergebnisse erreicht wird, ist der tatsächliche Ressourceneinsatz der neuartigen Anlagentechnik nochmals entsprechend um 7 Prozent geringer.
- Der Gasverbrauch der neuen Anlage beinhaltet im Gegensatz zur Vergleichsanlage die Zuluftheizung der Produktionshalle (abzüglich der durch die Wärmerückgewinnung gewonnenen Wärme). Des Weiteren beinhaltet der angegebene Stromverbrauch der neuen Anlage den Verbrauch der Zuluftventilatoren. Das heißt, dass beim Strom- und Gasverbrauch die tatsächlichen Verbrauchswerte im Vergleich zum Stand der Technik zwar nochmals deutlich geringer sind, diese Einsparung aber aufgrund der unterschiedlichen Ausgangssituationen nicht durch die erhobenen Messwerte belegt werden können.

	Passivierungsanlage Stand der Technik	Passivierungsanlage Investitionsvorhaben
Betrachtungszeitraum	Jan. - Feb. 2017	Sept-Okt. 2017
Durchsatz Warenträger	7.425 Stück	8.201 Stück
Beschichtete Werkstückanzahl	ca. 227.000 Stück	ca. 780.000 Stück
Beschichtete Werkstückoberfläche	ca. 190.000 m ²	ca. 350.000 m ²
Gasverbrauch Heizungsanlage	-	58.774 m ³
Gasverbrauch pro besch. m ²	0,19 m ³	0,17 m ³
Einsparung Gas in %	ca. 12 Prozent auf Basis des Gasverbrauchs pro m ²	
Stromverbrauch Gesamtanlage	-	154.740 kWh
Stromverbrauch pro besch. m ²	0,4 kWh	0,4 kWh
Einsparung Strom in %	keine messbare Einsparung	
Wasserverbrauch absolut	2.202 m ³	1.886 m ³
Wasserverbrauch pro besch. m ²	0,0116 m ³	0,0054 m ³
Einsparung Wasser in %	ca. 53 Prozent auf Basis des Wasserverbrauchs pro m ²	
Chemieverbrauch absolut	4.775 KG	5.485 KG
Chemieverbrauch pro besch. m ²	0,0251 KG	0,0157 KG
Einsparung Chemie in %	ca. 37 Prozent auf Basis des Chemieverbrauchs pro m ²	

Tabelle 4: Energie- und Stoffbilanz⁴

Investitionsvorhaben im Vergleich zum Stand der Technik, Betrachtungszeitraum September und Oktober 2017 bzw. Januar und Februar 2017

Der in der vorangehenden Tabelle aufgezeigte Ressourceneinsatz im jeweiligen Betrachtungszeitraum verdeutlicht die erheblichen Umweltentlastungen, die mit der Realisierung der neuartigen Anlage im Vergleich zum Stand der Technik möglich sind. Bei Berücksichtigung der beschichteten Oberfläche zeigten die Auswertungsergebnisse, dass in den Bereichen Frischwasser- und Chemikalienbedarf maßgebliche Einsparungen möglich sind. Der Vergleich des Gas- und Stromverbrauchs ist, wie vorangehend aufgezeigt wurde, deutlich erschwert. Angesichts der unterschiedlichen Messwertgrundlagen, sind aber auch beim Strom- und Gasverbrauch erhebliche Einsparungen möglich. Entscheidend ist des Weiteren, dass

⁴ Die gemessenen Werte für den Gas- und Stromverbrauch basieren auf einem längeren Auswertungszeitraum (Januar bis August 2017). Infolgedessen ist ein Vergleich der absoluten Verbrauchswerte nicht zielführend.

sich die verbesserte Nacharbeitsquote sowie die hiermit einhergehenden Ressourceneinsparungen, nicht in der verwendeten Kennzahlen Ressourceneinsatz pro Quadratmeter widerspiegeln. Bei konventionellen Anlagentechniken kann bei stärkeren Verschmutzungen eine Nacharbeitsquote in Form von Mehrfachdurchläufen der Warenträger in Höhe von ca. 8 Prozent angenommen werden. Die bisherigen Beschichtungs- und Reinigungsergebnisse zeigten, dass die angestrebte Reduzierung der Quote um 7 Prozent möglich ist. Da der Ressourceneinsatz jedoch im Verhältnis zur beschichteten Oberfläche verglichen wurde (unabhängig davon, ob es sich dabei um einen Nacharbeitsdurchlauf handelt oder nicht), zeigt sich die erhebliche Verbesserung der Nacharbeitsquote nicht in der vorangegangenen Energie- und Stoffbilanz. Der tatsächliche Ressourceneinsatz der Anlage ist infolgedessen nochmals um 7 Prozent geringer als die gemessenen Werte in Tabelle 4.

3.3 Umweltbilanz

In der vorangegangenen Gegenüberstellung der Energie- und Stoffbilanz der neuartigen Anlage im Vergleich zum Stand der Technik konnte der Gas-, Wasser- und Chemieverbrauch pro beschichtetem Quadratmeter ermittelt werden. Um die ermittelten Verbrauchswerte den im Antrag berechneten Umweltentlastungspotenzialen gegenüberstellen zu können, fasst nachfolgende Grafik nochmals die berechneten Werte zum Zeitpunkt der Antragstellung zusammen:

- Innovative Kombination neuartiger Technologien
- Wegweisende Wasser-Kreislaufführung
- Reduzierung der Bädertemperatur
- Einsatz neuartiger Tenside
- Maßgebliche Ressourcen- und Energieeffizienz
- Verringerung der nötigen Prozessschritte
- Verbesserte Prozessqualität und verringerte Nacharbeit
- Wärmerückgewinnung und erhöhte Prozesseffizienz

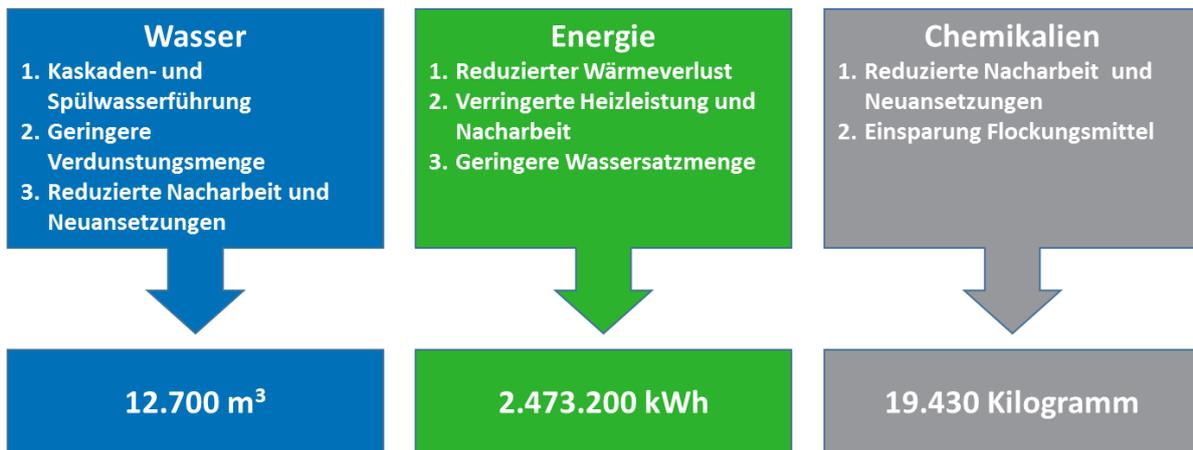


Abbildung 7: Berechnete Umweltentlastungen zum Zeitpunkt der Antragstellung

Aufbauend auf einer geschätzten Gesamtbeschichtungsfläche pro Jahr in Höhe von ca. 2.000.000 Quadratmeter (im Beobachtungszeitraum 350.000 Quadratmeter) zeigt die nachfolgende Tabelle die jährliche Umweltentlastung auf Basis der ermittelten Verbrauchswerte.

	Passivierungsanlage Stand der Technik	Passivierungsanlage Investitionsvorhaben
Annahme: Beschichtete Werkstückoberfläche pro Jahr	2.000.000 m ²	2.000.000 m ²
Gasverbrauch pro besch. m ²	0,19 m ³	0,17 m ³
Jährlicher Gasverbrauch	380.000 m ³	340.000 m ³
Jährliche Gaseinsparung	ca. 40.000 m³	
Wasserverbrauch pro besch. m ²	0,0116 m ³	0,0054 m ³
Jährlicher Wasserverbrauch	23.200 m ³	10.800 m ³
Jährliche Wassereinsparung	ca. 12.400 m³ (Antragstellung: 12.700 m ³)	
Chemieverbrauch pro besch. m ²	0,0251 KG	0,0157 KG
Jährlicher Chemieverbrauch	50.200 KG	31.400 KG
Jährliche Chemieeinsparung	ca. 18.800 KG (Antragstellung: 19.430 KG)	

Tabelle 5 : Umweltbilanz

Investitionsvorhaben im Vergleich zum Stand der Technik bei Jahresbetrachtung

Die vorangehende Gegenüberstellung zeigt, dass hinsichtlich des Wasser- und Chemikalieneinsatzes die zum Zeitpunkt der Antragstellung berechneten Einsparungen nahezu mit den durchgeführten Messwerten übereinstimmen. Die maßgeblichen Umweltentlastungen können infolgedessen vollumfänglich realisiert werden. Eine Bewertung des Gas- und Energieverbrauchs bzw. der realisierten Einsparungen ist mit Blick auf die unterschiedlichen Vergleichsgrundlagen, wie vorangehend bereits skizziert, erschwert. Hierzu zählen unter anderem die unterschiedlichen Anlagengrößen und Bäderanzahlen sowie die unterschiedlichen berücksichtigten Einflussfaktoren auf die Messwerte (Gebäudeheizung, Ventilatoren für die Hallenzuluft etc.). Des Weiteren gilt es an dieser Stelle festzuhalten, dass die Ressourceneinsparungen durch die realisierte Wärmerückgewinnung (betriebsinterne Nutzung der Abwärme im Bestückungsbereich, bislang konnten seit Inbetriebnahme der Wärmerückgewinnung 250 MWh substituiert werden) sowie durch die erheblich verbesserte Nacharbeitsquote nicht berücksichtigt wurden bzw. werden konnten.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Zum Zeitpunkt der Antragstellung wurde ein möglicher anlagenbezogener Umsatz in Höhe von 8.000 TEUR angegeben. Auf Basis der heutigen Auftragslage für das Geschäftsjahr 2018 bestätigt sich diese Annahme. Entsprechend der erhaltenen Zuwendung in Höhe von 30 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben sowie der im Antrag aufgezeigten Berechnung der

anlagenbezogenen Kosten soll sich die Anlageninvestition innerhalb der ersten 5 Jahre nach Inbetriebnahme amortisieren. In der nachfolgenden Tabelle ist die entsprechende Berechnung dargestellt.

Amortisationsrechnung	
Anlagenbezogener Jahresumsatz	8.000 TEUR
- Jährliche Gesamtkosten	6.835 TEUR
- Finanzierungskosten	465 TEUR
= Erzielter jährlicher Deckungsbeitrag	700 TEUR
<hr/>	
Anschaffungskosten	4.735 TEUR
- Zuwendung aus dem UIP	1.274 TEUR
= Tatsächliche Anschaffungskosten	3.461 TEUR
<hr/>	
Amortisationszeit	4,9 Jahre

Tabelle 6: Aktualisierte Amortisationsrechnung

Hinsichtlich eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs mit bestehenden, auf dem Markt befindlichen Verfahren, gilt es zwei Dimensionen zu betrachten: Zum einen der maßgeblich reduzierte Ressourceneinsatz und die hiermit einhergehende Reduzierung der Materialkosten, sowie zum anderen die erheblich verbesserte Anlagenfunktionalität und -flexibilität.

Im Bereich der erreichten Ressourceneinsparungen ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten insbesondere der verringerte Energiebedarf zu nennen. Dieser ist bedingt durch niedrigere Beckentemperaturen, eine geringere Heizleistung, eine effiziente Nutzung der Abwärme sowie verminderte Wärmeverluste in Form eines dezentralen Heizsystems. Diese ökologischen Einsparungsmöglichkeiten spiegeln sich dabei unmittelbar in den Kosten je Warenträger wieder. Darüber hinaus ist von entscheidender Bedeutung, dass der Chemikalieneinsatz verringert werden kann, sodass hier Kosteneinsparungen in der Beschaffung bzw. im Einkauf realisiert werden können.

In Bezug auf die verbesserte Anlagenfunktionalität sind mit Blick auf die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit die verbesserte Produktqualität sowie die Verringerung der Prozessschritte bzw. der Beckenanzahl von entscheidender Bedeutung. Die gesteigerte Produktqualität bzw. die hieraus resultierende Reduzierung der Nacharbeitsquote geht dabei mit einer maßgeblich

verbesserten Wirtschaftlichkeit sowie Wettbewerbsvorteilen des innovativen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik einher. Bei den bislang eingesetzten Verfahren ist eine Nacharbeitsquote von ca. 8 % üblich, was die erhebliche Vorteilhaftigkeit des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens unterstreicht. Des Weiteren ermöglichen die größeren Warenfenster eine effizientere Bestückung der Warenträger (beispielsweise senkrechte Bestückung) sowie die Reinigung und Beschichtung großvolumiger Bauteile, die bislang manuell gereinigt werden mussten.

Aufbauend auf den bisherigen Auswertungsergebnissen kann festgehalten werden, dass das neuartige Anlagenkonzept die erhofften Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erfüllt. Zusätzlich zu den bereits skizzierten ökologischen Vorteilen zeigte sich aus wirtschaftlicher Sicht, dass bereits Kundenaufträge angenommen werden konnten, die bei konventionellen Anlagentechniken unwirtschaftlich oder technologisch nicht möglich gewesen wären. Gründe hierfür sind unter anderem geringere Kosten pro Warenträger, eine optimierte und wirtschaftlichere Bestückung, höhere Reinigungsqualitäten und größere Bauteilfenster.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Mit Blick auf den zunehmend an Bedeutung gewinnenden Leichtbau leistet das Alupass₂₀₂₀-Verfahren einen entscheidenden Beitrag, das eingesetzte und immer wichtiger werdende Aluminium möglichst ressourcensparend und umweltschonend zu bearbeiten. Die bislang beim Stand der Technik unerreichte Warenfenstergröße, die hohe Anlagenflexibilität zur Realisierung aller gängigen Herstellerspezifikationen sowie die herausragende Ressourceneffizienz und Umweltentlastung sind dabei entscheidende Vorteile des Investitionsvorhabens. Ergänzend zu der bereits erfolgten Abgrenzung des Anlagenkonzepts zum Stand der Technik zeichnet sich das Demonstrationsvorhaben durch die nachfolgenden Vorteile aus:

- Kombination neuartiger Technologien,
- intelligente Wasser-Kreislaufführung,
- Reduzierung der Bädertemperatur und Einsatz neuartiger Tenside,
- erhebliche Ressourcen- und Energieeinsparungen,
- Verringerung der benötigten Prozessschritte,
- verbesserte Prozessqualität und Bäderstandzeit,
- Wärmerückgewinnung und erhöhte Prozesseffizienz.

Mit Blick auf die Kombination neuartiger Technologien sollen an dieser Stelle zwei Wirkmechanismen näher erläutert werden: Zum einen kann durch die Kombination von Ultraschall, neuartiger Tensidematrix und Prozesssteuerung das Temperaturniveau in der Entfettung erheblich reduziert werden. Zum anderen kann durch die Verwendung des vollentsalzten Brauchwassers der Wasserbedarf reduziert sowie in Kombination mit den vor- und nachgelagerten Prozessschritten die Standzeit der Bäder maßgeblich verlängert werden (stark verringerte Ausfällung).

4 Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Zum aktuellen Zeitpunkt lässt sich festhalten, dass der Aufbau und die Inbetriebnahme der innovativen Anlagentechnik ohne größere Schwierigkeiten realisiert werden konnten. Die bislang aufgetretenen Herausforderungen konnten bislang vollständig durch kleinere Anpassungen an der Anlagentechnik gelöst werden (siehe hierzu Abschnitt 3.1). Dabei belegen die bisherigen Auswertungsergebnisse die hohe Prozessstabilität, die hieraus resultierende Reinigungs- und Beschichtungsqualität sowie die maßgebliche Ressourceneffizienz. Die im Auswertungszeitraum erreichte Anlagenverfügbarkeit war mit nahezu 95 Prozent bereits sehr hoch und soll in den kommenden Monaten weiter gesteigert werden. Von entscheidender Bedeutung hierbei ist, dass die Bänderstandzeit deutlich verlängert wird, sodass die Anzahl der jährlich benötigten Neuansetzungen entsprechend verringert werden kann. Mit Blick auf die geplante, hohe Auslastung der Anlage in Verbindung mit den bereits vorliegenden Kundenaufträgen ist die Reduzierung dieser technischen Stillstandzeiten von wesentlicher Bedeutung.

Im Zuge der Anlageninbetriebnahme zeigte sich des Weiteren ein mögliches Optimierungspotenzial im Bereich der Entfettungsbäder. Aufgrund der bereits erreichten, hohen Reinigungsqualität in Verbindung mit der Beizpassivierung Bonderite M-NT 2040 kann die Prozessstemperatur in diesem Bereich ggf. weiter reduziert werden. Erste Versuche mit einer Bädertemperatur zwischen 30 und 40 Grad Celsius konnten bereits durchgeführt werden und zeigten vielversprechende Ergebnisse. Aufgrund der dabei möglichen Energieeinsparungen sollen in den kommenden Monaten weitere Versuchsdurchläufe realisiert werden, um das Temperaturniveau im Bereich der Heißentfettung weiter zu reduzieren. Mit Blick auf die bereits erreichte lange Bänderstandzeit sind die leistungsfähigen Ölabscheider in Kombination mit den demulgierend wirkenden Tensiden von entscheidender Bedeutung. Im Gegensatz zum Stand der Technik (eingeschlepptes Öl emulgiert) kann dabei die Öl-Verschleppung prozesssicher durch die Ölabscheider verhindert werden.

Hinsichtlich der marktseitigen Akzeptanz des neuen Verfahrens gilt es an dieser Stelle festzuhalten, dass bereits eine große Anzahl an Aufträgen für die Geschäftsjahre 2018 und 2019 vorliegt. Diese stammen unter anderem aus der Automobilindustrie für zukünftige Baureihen

(neue S-Klasse und neuer Elektro-SUV von Daimler). Bei der Bearbeitung aktueller Kundenaufträge zeigte sich bereits die Vorteilhaftigkeit der Anlage mit Blick auf die ermöglichte Warenfenstergröße. So konnten unter anderem Verbindungsteil-Schweller erstmals senkrecht durch die Anlage gefahren werden, was die wirtschaftliche Reinigung und Passivierung der Bauteile ermöglichte, wohingegen Seitenwände von Bentley erstmals automatisiert gereinigt werden konnten. Aufgrund der Bauteilabmessungen hätte man beim Stand der Technik auf eine manuelle Reinigung zurückgreifen müssen. Diese grundsätzlich gute marktseitige Akzeptanz spiegelt sich, wie bereits vorangehend kurz skizziert, in der aktuell geplanten sehr hohen Anlagenauslastung wider.

4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit

Die Branche Oberflächentechnik ist in Deutschland ein erheblicher wirtschaftlicher Faktor. Sie gilt als Schlüsseltechnik für viele andere Industriebereiche (z.B. Elektro- u. Automobilindustrie), wobei die mehr als 2000 Betriebe, Zulieferer und Dienstleistungsunternehmen jährliche Korrosions- und Verschleißschäden von bis zu 6 Mrd. Euro verhindern.⁵ Mit der Realisierung des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens war es die Zielstellung der Firma Holder, einen neuen Benchmark hinsichtlich der erzielten Umweltentlastungen im Reinigungs- und Beschichtungsprozess zu setzen und beispielhaft aufzuzeigen, dass in der Oberflächen- bzw. Beschichtungstechnik Prozessqualität mit Umweltschutz einhergehen kann. Aufgrund der enormen Ressourcen- und Materialeffizienz des Verfahrens sowie der erheblich verbesserten Anlagenfunktionalität ist es zum aktuellen Zeitpunkt denkbar, dass sowohl das Gesamtverfahren, als auch einzelne Anlagenkomponenten oder Prozessschritte auf weiteren Anlagen der Firma Holder oder andere Marktteilnehmer übertragen werden können (z. B. in Form eines Know-how-Transfers gegen Entlohnung). Diesbezüglich soll das Alupass₂₀₂₀-Verfahren und -Anlagenkonzept für die Marktteilnehmer aber auch für das eigene Unternehmen hinsichtlich der erreichten Umweltentlastungen als Referenzobjekt und Maßstab dienen. Die konsequente Ausrichtung von Holder auf Qualität, Energiemanagement und ganzheitliches Umweltmanagement dokumentiert sich über die Zertifizierungen nach DIN EN ISO 14001, ISO 50001

⁵ Vgl. Umweltbundesamt (2013)

und ISO TS 16949. Die Umsetzung des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens ist dabei ein weiterer Meilenstein, die selbstgesteckten Anforderungen und Ziele hinsichtlich der erreichten Ressourceneffizienz und der erzielten Umweltentlastungen zu realisieren.

Grundsätzlich soll das Verfahren unter anderem für Fahrwerksteile, Türen, aber auch ganze Karossen- oder Seitenteile in der Automobilbranche eingesetzt werden. Darüber hinaus kann das Verfahren auf unterschiedliche Industriebranchen übertragen werden, in denen großvolumige Bauteile gefragt sind. Beispielhaft zu nennen wären diesbezüglich die Flugzeug- und Bauindustrie sowie der Maschinen- und Anlagenbau, wobei der Rohstoff Aluminium in den genannten Branchen durchweg an Bedeutung gewinnt. Insbesondere vor dem Hintergrund der Elektrifizierung des Antriebsstrangs wird diese Entwicklung am Beispiel der Automobilbranche besonders deutlich: Während im Jahr 1990 durchschnittlich 50 Kilogramm Aluminium je PKW verwendet wurde, waren es 2014 bereits durchschnittlich 140 Kilogramm. Bis 2020 soll die eingebaute Aluminiummenge sogar auf 180 Kilogramm ansteigen. Der umweltschonenden Herstellung und Bearbeitung von Leichtstrukturbaustoffen kommt infolgedessen eine essenzielle und zunehmend steigende Bedeutung zu.

5 Zusammenfassung / Summary

Der Einsatz von Leichtbauwerkstoffen ist insbesondere mit Blick auf die voranschreitende Elektrifizierung des Antriebsstranges sowie die grundsätzlich angestrebte Reduzierung des CO₂-Austoßes von wesentlicher Bedeutung für die Automobilindustrie. Aufgrund der bereits hohen Serienreife von Aluminium wird dieser Werkstoff zunehmend in neuen Karosseriekonzepten in Form von großvolumigen (Strukturguss-)Bauteilen eingesetzt. Die Realisierung des Alupass₂₀₂₀-Verfahrens in einer großtechnischen Anlage zur Oberflächenbehandlung von Aluminium war dabei eine entscheidende unternehmerische Maßnahme, um die steigenden Anforderungen der OEMs erfüllen zu können und neue Entwicklungsmöglichkeiten in der Bauteilkonstruktion, beispielsweise hinsichtlich der Bauteilabmessungen, zu eröffnen.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Verwendung von Leichtstrukturbaustoffe und der essenziellen Bedeutung der Reinigung und Passivierung für den Werkstoff und dessen späterer Verwendung, war es die Zielstellung des Vorhabens, nicht nur die Reinigungs- und Beschichtungsqualität erheblich zu verbessern, sondern darüber hinaus im Bereich der Ressourceneffizienz neue Branchenmaßstäbe zu setzen. Aus ökologischer Sicht ist diesbezüglich insbesondere der Energiebedarf, Wasserverbrauch und Chemikalieneinsatz von entscheidender Bedeutung. Um den benötigten Ressourceneinsatz trotz des größeren Warenfensters zu verringern, wurde bei der Anlagenkonzeption unter anderem auf eine Kombination neuartiger Technologien, beispielsweise eine Ultraschallreinigung in Verbindung mit ökologisch vorteilhaften Tensiden, sowie eine intelligente Wasser-Kreislaufführung zurückgegriffen. Die bisherigen Messungen und Erfahrungswerte in Bezug auf die Reinigungsqualität und Nacharbeitsquote bestätigen dabei die mit dem Investitionsvorhaben einhergehenden angestrebten Umweltentlastungen sowie die geplante hohe Prozessstabilität.

Zusammenfassend gilt es an dieser Stelle festzuhalten, dass die erstmalige großtechnische Realisierung des neuartigen Alupass₂₀₂₀-Verfahrens aus ökologischer und ökonomischer Sicht einen erheblichen Entwicklungsschritt im Bereich des Reinigens und Passivierens von Aluminium darstellt. Durch die Kombination neuartiger Technologien sowie die Integration innovativer Lösungsansätze in ein ganzheitliches Anlagenkonzept konnte dabei der benötigte Ressourceneinsatz bei gleichzeitig verbesserter Anlagenfunktionalität erheblich reduziert werden.

6 Literatur

Bundesregierung: Die neue Hightech-Strategie: Innovationen für Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Berlin, August 2014, abrufbar unter: http://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie: Bestandsaufnahme Leichtbau in Deutschland, Berlin, Mai 2015, abrufbar unter:

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/bestandsaufnahme-leichtbau-in-deutschland.html>

Zukünftige Technologien Consulting im Auftrag des VDI e. V.: Zukunft des Autos, Düsseldorf, Januar 2008, abrufbar unter:

https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/dps_bilder/SK/2008/Studie_Zukunft-des-Autos.pdf

VDI- Gesellschaft Materials Engineering: Werkstoffinnovationen für nachhaltige Mobilität und Energieversorgung, Düsseldorf, März 2014, abrufbar unter:

<http://www.vditz.de/publikation/werkstoffinnovationen-fuer-nachhaltige-mobilitaet-und-energieversorgung/>

Umweltbundesamt: Galvanische Oberflächenbeschichtung, Dessau, Januar 2013, abrufbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industrieverarbeitend/herstellung-verarbeitung-von-metallen/galvanische-oberflaechenbeschichtung#>

Anhang

Schematisches Prozessschaubild der Wärmerückgewinnung:

