

Avermann Maschinenfabrik GmbH&Co.KG

**Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz durch  
innovative Leichtbaumethoden bei statisch und  
dynamisch besonders hoch beanspruchten Apparaten**

Abschlussbericht über das geförderte Projekt unter  
dem Aktenzeichen 33880/01 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Bernhard Thünemann

Osnabrück im November 2020

## 1 Projektkennblatt

Kennblatt einfügen

Inhaltlich aus dem vorliegenden Bericht erstellt

Welche Referat Nr.?

## Inhaltsverzeichnis

1	Projektkennblatt .....	2
2	Abbildungsverzeichnis .....	4
3	Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen.....	6
4	Zusammenfassung .....	7
5	Einleitung .....	8
6	Hauptteil .....	11
6.1	Kurze Aufbau- und Funktionsbeschreibung des Mobilen Presscontainers.....	12
6.2	Projekt- und Produktdefinition sowie Ist-Zustand/Lastkollektive.....	14
6.2.1	Workshops mit Kunden und Lieferanten .....	14
6.2.2	Ermittlung Lastkollektive.....	15
6.2.3	Lauffähiges und validiertes Berechnungsmodell .....	19
6.3	Konzeptphase .....	21
6.3.1	Elektrik/Elektronikkonzept.....	23
6.4	Prototypenentwicklung .....	25
6.4.1	Design .....	25
6.4.2	Pressschild .....	26
6.4.3	Presskopfboden.....	29
6.4.4	Behälter .....	31
6.4.5	Haube und Seitenwände Presskopf .....	34
6.4.6	Frontstruktur .....	34
6.4.7	Hecktür .....	37
6.4.8	Prototypenkonstruktion.....	38
6.5	Konzept- und Prototypenerprobung .....	39
6.6	Serienentwicklung .....	41
6.6.1	Fertigungseinrichtungen .....	41
6.6.2	EntsorgerTelematik .....	43
6.7	Serienanlauf.....	45
7	Fazit .....	46
8	Literaturverzeichnis .....	47
9	Anhänge .....	47

## 2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6-1: Projektphasen und Inhalte .....	11
Abbildung 6-2: Absetzer nach DIN 30720-1 bis 2.....	12
Abbildung 6-3: Abroller nach DIN 30722-1 bis 3.....	12
Abbildung 6-4: Aufteilung des Mobilten Presscontainers [1] .....	12
Abbildung 6-5: Baugruppenübersicht MPC Abroller [1] .....	13
Abbildung 6-6: Chart der Workshopergebnisse mit Kunden .....	14
Abbildung 6-7: Von CAD Daten zu Simulationsmodell.....	16
Abbildung 6-8: Erstes Berechnungsmodell mit angenommenen Lasten.....	16
Abbildung 6-9: Positionierung der DMS.....	17
Abbildung 6-10: Positionierung ADAM-System und GPS.....	17
Abbildung 6-11: Messungen mit PPK .....	18
Abbildung 6-12: Befüllung und Aufziehen mit Kompost / Fahrversuche .....	18
Abbildung 6-13: Auswahl der Lastfälle nach der Fraktion .....	19
Abbildung 6-14: Validierung Pressschild .....	20
Abbildung 6-15: Validierung Aufschlagen Behälter .....	20
Abbildung 6-16: Konzeptideen Hydraulik und Behälter .....	21
Abbildung 6-17: Betrachtung unterschiedlicher Behälterkonturen .....	21
Abbildung 6-18: Kompromiss Behälterkonizität .....	22
Abbildung 6-19: Konzeptabmessungen Presskopf 'To Go' [1] .....	22
Abbildung 6-20: Statusaufkleber Bedienung .....	24
Abbildung 6-21: Darstellung Steuerung und externe Kommunikation .....	24
Abbildung 6-22: Erste Designentwürfe .....	25
Abbildung 6-23: Festgelegtes Design zum Start der Konstruktion .....	26
Abbildung 6-24: Vorgang einer Topologie - Optimierung [1] .....	26
Abbildung 6-25: Definition von Design- und Non-Design Raum beim Pressschild [1] .....	27
Abbildung 6-26: Analyse der Lastpfade in der optimierten Struktur [1] .....	27
Abbildung 6-27: Konstruktive Umsetzung in mehreren Schritten [1] .....	28
Abbildung 6-28: Vergleich FEM-Ergebnisse der alten- und neuen Konstruktion [1].....	28
Abbildung 6-29: Gewichts- und Bauteilvergleich der alten- und neuen Konstruktion [1] .....	29
Abbildung 6-30: Sichtbare Verformungen im Bodenblech .....	29
Abbildung 6-31: Lagerung und Lastaufnahme [1].....	30
Abbildung 6-32: Abgleich Verformung Alt zu Neu [1].....	30
Abbildung 6-33: Komponenten- und Gewichtsvergleich Presskopfboden Alt zu Neu [1].....	31
Abbildung 6-34: Darstellung Rollformingprofil im Behälterdach.....	31
Abbildung 6-35: Aufbau des neuen Behälters [1] .....	32
Abbildung 6-36: Vergleich FEM-Ergebnisse der Optimierung zur Ausgangskonstruktion [1] .	32
Abbildung 6-37: Vergleich Verformungen der Optimierung zur Ausgangskonstruktion [1] ...	33
Abbildung 6-38: Gewichtsvergleich Ist zum optimierten Behälter [1] .....	33
Abbildung 6-39: Darstellung Entleerungsassistent .....	34
Abbildung 6-40: Einschub und modularer Tank [1] .....	35
Abbildung 6-41: FEM-Ergebnisse der optimierten Frontstruktur .....	36
Abbildung 6-42: Gewichtsvergleich zwischen Ausgangs- und neuer Konstruktion [1] .....	36

Abbildung 6-43: Vergleich Türvarianten ALT zu NEU [1] .....	37
Abbildung 6-44: Gewichtsvergleich der Türvarianten [1] .....	38
Abbildung 6-45: Gesamtansicht der Prototypenkonstruktion [1] .....	38
Abbildung 6-46: Komponentenversuche - Erste Beschädigungen.....	39
Abbildung 6-47: Missbrauchsversuche Pressschild .....	40
Abbildung 6-48: Prototypenerprobung mit PPK .....	40
Abbildung 6-49: Prototypenerprobung - Kompost (14t) .....	40
Abbildung 6-50: Darstellung 'Schnittekastenprinzip' .....	41
Abbildung 6-51: Darstellung der Vorrichtungsarten.....	42
Abbildung 6-52: EntsorgerTelematik .....	44
Abbildung 6-53: Präsentation Presskopf 2019 auf Hannover Messe .....	45
Abbildung 6-54: Bild Hausmesse .....	45

### 3 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

DBU	Deutschen Bundesstiftung Umwelt
AMO	Avermann Maschinenfabrik GmbH&Co.KG Osnabrück
L/A/B	Kompetenzzentrum für <u>L</u> eichtbau, <u>A</u> ntriebstechnik und <u>B</u> etriebsfestigkeit der SCIENCE TO BUSINESS GmbH Hochschule Osnabrück
Betron	Betron Control Systems GmbH
Cognid	COGNID Telematik GmbH
MPC	Mobiler Presscontainer
FEM	Finite Element Methode
CAD	Computer Aided Design
DMS	Dehnungsmessstreifen
ADMA	Automotive Dynamic Motion Analyzer
GPS	Global Positioning System
PPK	Beschreibung der Fraktion: Pappe, Papier und Kartonage
CAN	Controller Area Network

## 4 Zusammenfassung

Der vorliegende Abschlussbericht zum DBU geförderten Projekt mit dem Titel ‚Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz durch innovative Leichtbaumethoden bei statisch und dynamisch besonders hoch beanspruchten Apparaten‘ befasst sich mit der Optimierung von Mobilien Presscontainern.

Das Projekt wurde durch die Avermann Maschinenfabrik GmbH&Co.KG durchgeführt, wobei Inhalte bei dem Kompetenzzentrum für Leichtbau, Antriebstechnik und Betriebsfestigkeit der SCIENCE TO BUSINESS GmbH Hochschule Osnabrück, der Betron Control Systems GmbH sowie im späteren Verlauf bei der COGNID Telematik GmbH abgearbeitet wurden.

Zum Start wurde parallel zu den Aufnahmen der Ist-Situation inkl. der vorhandenen Lasten während des Betriebs der Maschinen mit Kunden und Partnern deren Anforderungen und Wünsche an einen Mobilien Presscontainer definiert, priorisiert und festgeschrieben.

Für die Ist-Aufnahme wurden bestehende Maschinen mit entsprechender Messtechnik bestückt und im Einsatz vermessen und dokumentiert. Die Ergebnisse flossen als Grundlage in ein FEM-Berechnungsmodell ein, so dass hiermit sichergestellt werden konnte, Theorie = Praxis. Zusätzlich wurden die für den Gebrauch der Maschinen entscheidenden Manöver ermittelt, die einen Einfluss auf die Auslegung der Konstruktion haben. Dieses sind die Verdichtungen mit stark expandierendem Material wie Pappe, Papier und Kartonage sowie das Befüllen mit schweren Materialien wie Brot oder als Ersatzfraktion Kompost.

Mit diesen Erkenntnissen, einer Phase zu der Auswahl der besten Konzepte für einzelnen Baugruppen sowie einem Designentwurf für die Maschine, wurde dann die Mechanik der Maschine mit Hilfe der FEM-Berechnung und einer Topologie - Optimierung überarbeitet, sodass eine Gewichtsreduzierung von rund 500 kg erreicht werden konnte.

Zeitgleich wurde die Elektrik und Elektronik der Maschine hinsichtlich der Bedienfreundlichkeit als auch der Materialeffizienz bearbeitet. So konnte z.B. durch die Reduzierung auf das Wesentliche die Leistung des Netzteils von 100-150 Watt auf 75 Watt reduziert werden. Auch wurde ein CAN-Bus implementiert, um im Bereich der Kabelbäume in Zukunft Material und Gewicht einsparen zu können.

Des Weiteren wurde das Thema ‚Kommunikation nach draußen‘ intensiv beleuchtet, um durch entsprechende Informationen über den Status der Maschine wie Füllstand und auch der Fehlermeldungen Ressourcen hinsichtlich Abholung/Transport der Maschine zu schonen sowie unnötige Serviceeinsätze zu vermeiden.

Hier wurde u.a. ein W-Lan Modul integriert für die Nahfeldkommunikation sowie eine Anbindung an ein Telematikmodul umgesetzt inkl. einem nachgeschalteten Onlineportal in dem alle Informationen zu der Maschine zur Verfügung stehen. Hier sehen wir aber für die Zukunft marktübergreifend noch wesentliche Optimierungsmöglichkeiten, um die Entsorgung mit einem Mobilien Presscontainer noch Ressourcenschonender zu machen.

## 5 Einleitung

Die Betrachtungen der aktuell vorhandenen Mobilten Presscontainer im Markt zeigen, dass bis auf wenige Ausnahmen anscheinend die systematische Entwicklung mit Hilfe von Simulationsmethoden, wie die Finite Elemente Methode (FEM), zum Nachweis der statischen als auch der dynamischen Festigkeit inkl. Lebensdauerabsicherung in diesem Industriezweig nur wenig verbreitet ist.

Auch zeigen Rückmeldungen aus dem Markt, dass hier oft der Satz gilt „mehr ist stabiler und besser“ und die Ansätze aus der Leadindustrie Automobilbau, „das richtige Material an der richtigen Stelle“ noch keinen Einzug in die Entwicklung in diesem Industriezweig gehalten hat. Daher sind die auftretenden Belastungen während des Betriebs eines Mobilten Presscontainers, als auch die Überlasttoleranzen bei Missbrauchslastfällen nicht bekannt und wurden erst in der ersten Phase des Projektes durch intensive Praxisversuche ermittelt.

Die Marktbegleiter bieten bereits Pressen mit einem deutlich geringeren Eigengewicht als die AMO an. Dies aber nach Rückmeldungen von Kunden zu Lasten der Betriebsfestigkeit und damit einer kürzeren Lebensdauer der Maschinen. Eine wesentliche Zielsetzung des Projektes war es daher auch den Materialeinsatz mit Leichtbaumethoden gezielt zu optimieren, ohne die bewährte Langlebigkeit der Produkte zu reduzieren. Gerade im Hinblick auf die Komponenten Pressschild und Presskopfboden scheint dieses im Projekt gelungen zu sein, wie die ersten Komponentenversuche als auch die ersten im Markt befindlichen Maschinen zeigen.

Bzgl. der Steuerung gibt es bereits etliche Meldesysteme, Telematiksysteme oder dynamische Füllstandsmeldungen im Markt. Auch die AMO baute bereits Systeme in ihre Produkte ein. Ferner gibt es Hersteller, die die Einheit Steuerung und Hydraulik als Systemkomponente anbieten und vertreiben.

Wir wollten hier aber einen anderen Weg gehen und nicht die vorhandenen Systeme als ‚Plug-On‘ einfach adaptieren. Durch die gesamtheitliche Systembetrachtung, bestehend aus den Komponenten Mechanik/Stahlbau, Hydraulik und Elektronik, sind die Komponenten exakt aufeinander abgestimmt und dadurch ressourcenschonend ausgelegt worden. So konnte man z.B. durch eine Reduzierung der Steuerungsfunktionen der Basismaschine die Steuerspannung in der Elektronik reduzieren und dann die Elektronikkomponenten optimieren, sodass ein ressourcenschonender Einsatz von seltenen Erden erreicht wurde. Auch wurde die Telematik eines Drittanbieters (Cognid) so in die Steuerung integriert, dass die in Zukunft direkt als ‚Doppeldecker‘ mit der Steuerungsplatine der Maschine verheiratet werden kann.

Des Weiteren ist es durch diese Systemintegration gelungen, alle relevanten Informationen aus der Maschine weiterzuleiten an den Disponenten und/oder Nutzer der Maschine. Damit sind z.B. zusätzliche und nicht effektive Service- und Wartungseinsätze nicht mehr notwendig, wenn die Maschine nur aufgrund eines gedrückten Not-Halt's nicht mehr läuft.

Neben dem reinen Projekt und den erzielten Ergebnissen zur Optimierung der Mobilien Presscontainer hinsichtlich der Material- und Energieeffizienz ist aber ein weiterer wesentlicher Effekt des Projektes zu nennen. Die Förderung durch die DBU hat der Avermann Maschinenfabrik GmbH&Co.KG einen Entwicklungsimpuls von besonderer Wirkungskraft gegeben, wodurch u.a. folgende Prozesse in Gang gesetzt wurden:

- Schon bei der Antragstellung haben wir uns im Bereich der Gesellschafter und Geschäftsführung mit den Sustainable Development Goals (SDG) der UN beschäftigt, bei dem die Menschen das Zentrum einer nachhaltigen Entwicklung sind. Dieses führte dazu das Leitbild der Firma nachhaltig zu verändern, was auch in dem neuen Slogan ‚Technik für gutes Leben‘ zum Ausdruck kommt. Im Laufe der letzten Jahre und den gewonnen Erfahrungen auch aus dem Projekt sind dabei die folgenden Leitsätze erarbeitet worden, die aktuell wesentlicher Bestandteil unserer Arbeit sind:  
TECNIK: Mit exzellenter Technik und dem Blick für die Bedürfnisse dieser und kommender Generationen entwickeln wir Maschinen, die weltweit gebraucht werden.  
FÜR: Innovationen ist für uns kein Selbstzweck. Wir entwickeln stets mit dem richtigen Augenmaß und immer zielgerichtet. Darum ist das Wort ‚für‘ bei uns Programm.  
GUTES LEBEN: Gutes Leben beginnt mit Freude und Vertrauen. Wer einander gut zuhört, findet Lösungen, die das Leben vieler Menschen besser machen. Das ist unser Leitprinzip.
- Es wurde seitens des Vertriebes ein internationales Produktentwicklungsteam mit Schlüsselkunden gebildet, um die Anforderungen des Marktes detailliert zu analysieren und die Ideen unserer Handelspartner aufzunehmen. Die daraus resultierende enge Zusammenarbeit hat nachhaltig dazu geführt, unsere Verbundenheit mit den Partnern weiter zu vertiefen und unser Profil als innovatives, marktorientiertes und verlässliches Unternehmen auszubauen.
- Die Bildung eines Projektteams aus Mitarbeitern des Kompetenzzentrums für Leichtbau, Antriebstechnik und Betriebsfestigkeit (L/A/B) der Hochschule Osnabrück, Mitarbeitern unseres Partners für die Steuerung, der Fa. Betron in Enger, sowie unseren Mitarbeitern aus den Bereichen Konstruktion, Produktion, Service, Vertrieb und Einkauf hat in der gemeinsamen Arbeit zu einem wechselseitigen Wissenstransfer zwischen Forschung und Praxis geführt. Dieses führte zu gewinnbringende Erfahrungen auf beiden Seiten. Für die Mitarbeiter des L/A/B hinsichtlich der praktischen Umsetzungsmöglichkeiten von Ideen aus der Forschung in einen mittelständischen Maschinenbaubetrieb. Für Mitarbeiter in unserem Hause, weil z.B. durch die FEM-Berechnungen jahrzehntelange Problemstellungen auf einmal analysiert, verstanden und gelöst wurden. Auch wurden neue Fertigungsmethoden und Materialien in das Projekt mit eingebracht. So verkleben wir jetzt Aluminiumbleche bei der Haube des MPC's, um die Bedienerfreundlichkeit wesentlich zu erhöhen. Sowohl hinsichtlich des Materials als auch der Fügetechnik das erste Mal in der Firmengeschichte.

Diese Erkenntnisse, Methoden und Erfahrungen fließen jetzt nachhaltig auch in weitere Produkte der Firma mit ein.

- Ein Schwerpunkt der Entwicklung im Projekt wurde gelegt auf die Standardisierung von Baugruppen und Modulen im Hinblick auf eine Serienfertigung, die darauf ausgelegt ist, individualisierte Komponenten erst gegen Ende des Fertigungsprozesses zu integrieren, um zuvor die Effizienzgewinne einer standardisierten Fertigung voll nutzen zu können. Die daraus resultierenden Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine ‚sanfte‘ Automatisierung, die den zunehmenden Einsatz automatisierter und digitaler Techniken in der Fertigung erlauben.  
So wurden im Zuge des Projektes Vorrichtungen und Hilfsmittel entwickelt, die die Produktion nicht nur effizienter machen. Ein wesentliches Augenmerk bei der Konstruktion lag in der Ergonomie für die Mitarbeiter als auch der kraftschonenden Arbeit, um die ‚Ressource‘ Mensch zu schützen.
- Die Förderung durch die DBU gab -weit über den Anstoß des konkreten Material- und Effizienzgewinnungsprojektes durch die Entwicklung einer neuen Maschinengeneration hinaus- den Startschuss für ein großangelegtes Modernisierungsprogramm für unser gesamtes, über 70-jähriges Unternehmen. Dazu wurde u.a. auch mit externer Unterstützung
  - ein Strategieplanungsprozess initiiert,
  - das Optimierungspotenzial hinsichtlich Fertigungs- und Einkaufskosten analysiert,
  - das komplette Layout der Fertigungsstätte überarbeitet und neukonzipiert,
  - ein Lean-Produktion-Prozess in Gang gesetzt
- Die Beschäftigung mit den Nachhaltigkeitszielen führten auch dazu verstärkt und laufend auf das Thema Energie zu achten. Außer entsprechender Maßnahmen zur Energieeinsparung wurde der Stromvertrag umgestellt auf erneuerbare Energien und zusätzlich laufen Planungen für eine eigene Photovoltaikanlage.  
Des Weiteren wurden Flächen im Besitz der Firma umgewandelt in Blühwiesen und auch direkt auf dem Firmengelände zusätzliche Bäume gepflanzt.

Insofern hat die DBU Förderung einen entscheidenden und wichtigen Entwicklungsimpuls gegeben, um unser traditionsreiches Familienunternehmen mit seinen insgesamt rd. 450 Arbeitsplätzen in wichtigen Wandlungsprozessen voranzubringen.

## 6 Hauptteil

Das Projekt wurde zum Start in 6 zeitliche Phasen aufgeteilt mit unterschiedlichen Inhalten und Aufgaben (siehe Abbildung 6-1: Projektphasen und Inhalte)

AP	Bezeichnung	Beschreibung	Ergebnis
1	Projekt- und Produktdefinition Ist-Zustand / Lastkollektive	Ermittlung der Lastkollektive und -pfade unter Berücksichtigung der Aspekte eines normalen Gebrauchs der Maschine als auch eines vorab definierten Missbrauchs, zwecks Überlasttoleranz. Hierzu ist geplant, die Presse sowohl im Hause AVERMANN u.a. mit Pappe und Karton zu befüllen, als auch bei einem Kunden mit Brot. Parallel hierzu wird das L/A/B ein entsprechendes FEM-Modell (Finite Elemente Methode) aufbauen und dann mit den aus den Messfahrten gewonnenen Daten abgleichen und validieren. Des Weiteren wird die Projekt- und Produktdefinition im Projekthandbuch weiter erarbeitet mit den Ergebnissen aus Workshops mit Kunden und Lieferanten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Abgestimmtes Projekthandbuch mit Projektgrunddaten, Leistungs-/ Zielkriterien, Projektrisiken und Meilensteinen.</li> <li>▶ Anforderungen Kunden vorhanden inkl. Lastfälle</li> <li>▶ Aktuelle Lastpfade für MPC20 und 10</li> <li>▶ Aktuelle Lastkollektive für MPC20 und 10</li> <li>▶ Lauffähiges und validiertes Berechnungsmodell für MPC20 und 10</li> </ul>
2	Konzeptphase	Erarbeitung von Konzepten und Lösungsansätze zur Erreichung einer wesentlich verbesserten Energie- und Materialeffizienz des Mobilien Presscontainers sowie weiterführende Konzeptarbeiten zum Mobilien Presscontainermodul "To-GO". Möglichst umfassenden Umsetzung der Anforderungen aus dem Projekthandbuch. Bzgl. der Steuerung Erarbeitung von Konzepten für das Interface (Datensicherheit / Mehrsprachigkeit), der Hardware mit Integration in das Gesamtkonzept inkl. möglichem Kabelbaum, dem Bedienfeld sowie neuer Funktionen aus den Anforderungen des Projekthandbuches. HINWEIS: Erste Ideenfindung zeitlich bereits in der Phase 1 geplant. Detaillierte Konzeptausarbeitung in Phase 3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tragfähiges und von allen relevanten Bereichen bewertetes und bestätigtes Konzept für den Mobilien Presscontainer und dem Mobilien Presscontainermodul "TO-GO" als auch den Fertigungsverfahren.</li> </ul>
3	Prototypentwicklung	Detaillierung des Konzeptes inkl. 3D Konstruktion und Zeichnungserstellung. Konstruktion ist mit Hilfe der FEM Berechnung und ggf. notwendiger Komponententests optimiert hinsichtlich der Projektziele. Aufbau von jeweils 5 Prototypen Erarbeitung von Planungen in den angrenzenden Bereichen inkl. Begleitung der Konstruktion.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 3D CAD CAD Daten, 2D Zeichnungen, Stücklisten und Fertigungsunterlagen zur detaillierten Beschreibung des Mobilien Presscontainers und des Mobilien Presscontainermoduls "TO GO", so dass erste Muster gebaut werden können.</li> <li>▶ Jeweils 5 Prototypen</li> <li>▶ Vorhandene Vertriebs- Qualitäts-, Einkaufs-, Logistik- und Fertigungsplanung</li> <li>▶ ERP System auf neue Anforderungen ausgelegt</li> </ul>
4	Erprobung / Bauteilprüfung	Statische und Dynamische Versuche mit den Prototypen im L/A/B. Praxistest beim Kunden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Detaillierte Versuchsergebnisse</li> <li>▶ Validierte Lösungen für Probleme in der Konstruktion umgesetzt</li> </ul>
5	Serienentwicklung	Erarbeitungen von Lösungen für auftretende Problempunkte aus dem Aufbau der Prototypen und den Erprobungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Finale Serien 3 D Daten, Zeichnungen und Stücklisten</li> <li>▶ Fertigungsunterlagen</li> <li>▶ Konformitätserklärung und Bedienungsanleitungen</li> <li>▶ Ersatzteile und Reparaturanweisungen</li> <li>▶ Marketing- und Vertriebsunterlagen</li> </ul>
6	Serienanlauf	Bau von Vorserien- und Serienprodukten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Vorhandene Serienprodukte</li> <li>▶ Markteinführung</li> <li>▶ Projektabschlussbericht</li> </ul>

Abbildung 6-1: Projektphasen und Inhalte

Aufgrund der Kapazitäten im Projekt und der intensiven Betrachtung einiger Themenschwerpunkte wurde im Laufe des Projektes entschieden sich vorerst nur auf den Abroller zu konzentrieren und dann im späteren Verlauf des Projektes den Absetzer zu bearbeiten und dieses nicht parallel zu machen. Der besseren Lesbarkeit des Berichtes werden dann auch hier die relevanten Schritte nur beim Abroller beschrieben. In gleicher Weise wurde aber im Nachgang auch der Absetzer bearbeitet, reduziert um die bereits gewonnenen Ergebnisse, die vom Abroller übertragen werden konnten.

## 6.1 Kurze Aufbau- und Funktionsbeschreibung des Mobilten Presscontainers

Das Projekt beschäftigte sich mit dem Mobilten Presscontainer nach DIN EN 16486 (Maschinen zum Verdichten von Abfällen oder recyclebaren Materialien / Verdichter) in der Größenordnung von 10-12 m<sup>3</sup> (Absetzer, siehe DIN 30720-1 bis 2) sowie 16-24 m<sup>3</sup> (Abroller, siehe DIN 30722-1 bis 3).

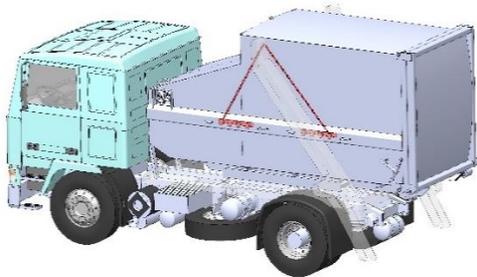


Abbildung 6-2: Absetzer nach DIN 30720-1 bis 2



Abbildung 6-3: Abroller nach DIN 30722-1 bis 3

Der funktionelle Aufbau beider Containervarianten ähnelt sich und unterscheidet sich im Prinzip durch die Größenabmessungen und dem Unterbau, der dann auch noch länderspezifische Varianten haben kann. Beide Containerarten lassen sich in Baugruppen aufteilen, die in Abbildung 6-4: Aufteilung des Mobilten Presscontainers [1] dargestellt sind. Im vorderen Bereich befindet sich ein Presskopf der das Pressschild und das Antriebsaggregat beinhaltet. Im hinteren Bereich bildet die Heckklappe die Möglichkeit den Behälter während der Befüllung zu verschließen und beim Entleeren zu öffnen.

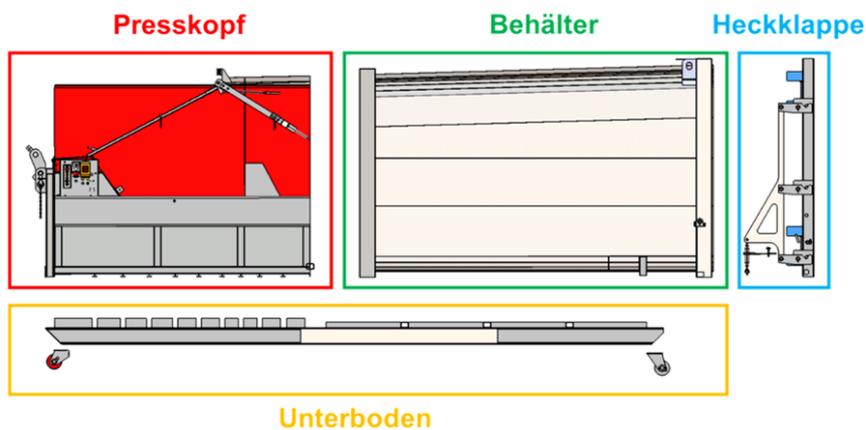


Abbildung 6-4: Aufteilung des Mobilten Presscontainers [1]

Die grundsätzliche Funktion eines mobilen Presscontainers beinhaltet das Verwaren von Wertstoffen oder Restmüll in einem Transportbehälter, wobei dieser, um das Füllvolumen des Behälters bestmöglich auszunutzen, nach dem Einwerfen auf bis zu 1/6 seines vorherigen Volumens verdichtet wird. Das Verdichten wird mithilfe einer Presseinheit [6] vollzogen, welche von zwei dahinter angebrachten Hydraulikzylindern [5] vor- und zurückgefahren werden kann. Der Wertstoff wird dann unter der Brechkante [6] hindurch in den Behälter [7] befördert und verpresst. [1]  
(siehe Abbildung 6-5: Baugruppenübersicht MPC Abroller [1].

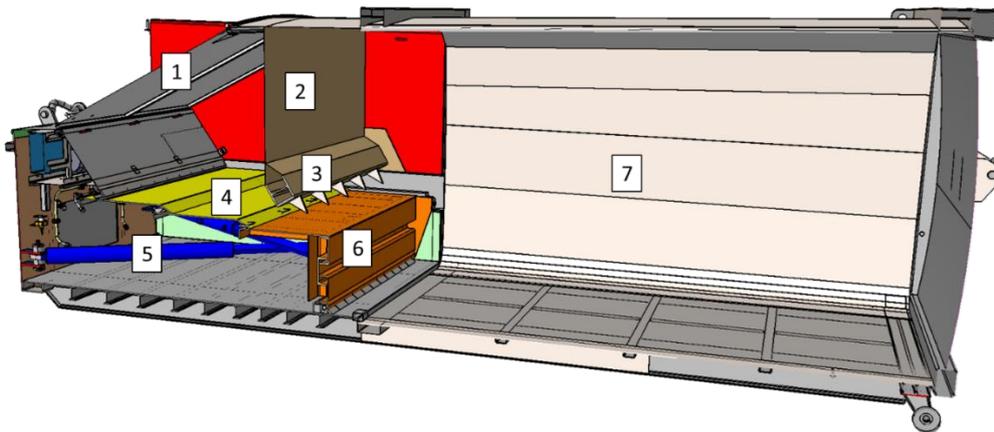


Abbildung 6-5: Baugruppenübersicht MPC Abroller [1]

[1] Abdeckhaube; [2] Stauwand; -[3] Brechkante; -[4] Schleppbleche  
[5] Hydraulikzylinder;- [6] Pressschild;- [7] Behälter

## 6.2 Projekt- und Produktdefinition sowie Ist-Zustand-/Lastkollektive

### 6.2.1 Workshops mit Kunden und Lieferanten

Es wurde durch den Vertrieb der AMO wesentliche Kunden angesprochen und überzeugt in dem Projekt mitzuarbeiten. Ziel war es hier die Erfahrungen der Kunden zu dem Produkt als auch deren Verbesserungsvorschläge herauszuarbeiten.

In Workshops wurde deren Wünsche und Anregungen aufgenommen und in dem Pflichtenheft zum Produkt festgehalten.

(Abbildung 6-6: Chart der Workshopergebnisse mit Kunden)

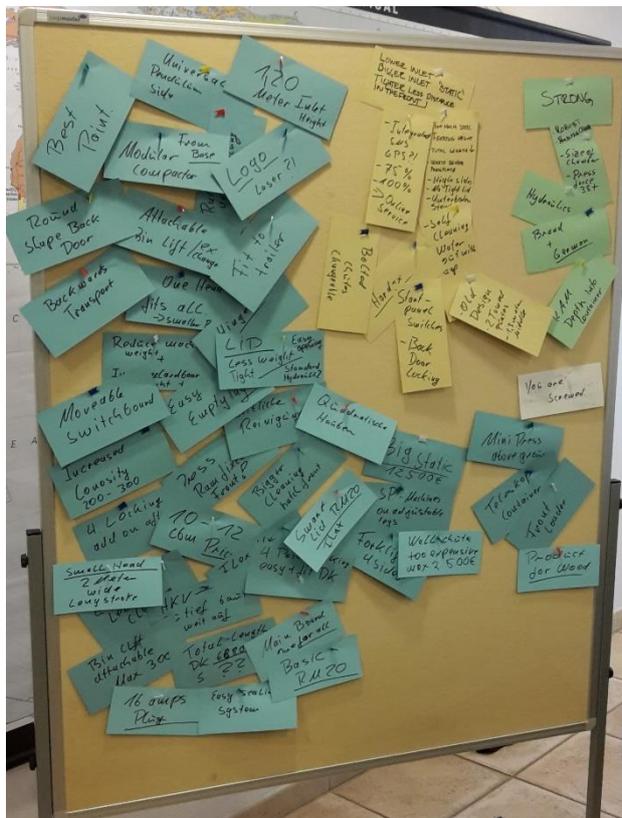


Abbildung 6-6: Chart der Workshopergebnisse mit Kunden

Eine wesentliche Erkenntnis aus dieser Tätigkeit ist, dass wir bei allen notwendigen und sinnvollen Verbesserungen an der Führung des Pressschildes bei der Maschine nichts ändern sollten, man sich aber im Bereich des Behälters Verbesserungen bzgl. der Beulsteifigkeit wünscht.

In derart gleiche Workshops wurden auch mit wesentlichen Lieferanten unternommen, um von dieser Seite deren Erfahrungen und Verbesserungen abzugreifen und im Projekt dann weiter zu verfolgen

## 6.2.2 Ermittlung Lastkollektive

Ein wesentlicher und entscheidender Punkt, um die Materialeffizienz zu verbessern, ist die Analyse des Ist-Zustandes unter realen Bedingungen und der Abgleich dieser Ergebnisse mit einem FEM-Berechnungsmodell. Daher wurde zu Beginn des Projekts hier viel Energie drauf verwandt und entsprechende Messfahrten unternommen. Dafür wurde ein MPC alter Bauart sowohl CAD-technisch als auch in Hardware aufgebaut.

Zusätzlich hatte es aber auch den Effekt die reale Nutzung des MPC's beim Kunden zu erleben und hieraus weitere Rückschlüsse für die Optimierung und Benutzerfreundlichkeit zu ziehen.

Während dieser Messfahrten wurden verschiedene Methoden der Datenaufnahme angewandt. Dies geschah hauptsächlich aus Gründen der besseren Validierbarkeit der Realität mit dem Berechnungsmodell. Folgende Messtechniken und Methoden wurden genutzt:

1x Linearer Dehnungsmessstreifen (DMS) und 19x DMS Rosetten - Hierbei handelt es sich um einen Sensor, dessen Widerstand sich mit der angelegten Kraft ändert. Er wandelt mechanische Größen wie Kraft, Druck, Zug, Gewicht, usw., in eine messbare Änderung des elektrischen Widerstands um. Damit lassen sich u.a. Rückschlüsse über die vorhandenen Spannungen an den Messstellen ermitteln.

Temperaturmessungen - Die in den Dehnungsmessstreifen eingesetzten Materialien und die Bleche des Containers weisen eine gewisse Temperaturabhängigkeit auf. Daher verändert sich das Messverhalten der DMS auch mit der Temperatur und müssen daher ermittelt und bei der späteren Validierung berücksichtigt werden.

Automotive Dynamic Motion Analyzer- System (ADMA- System) – ‚Es handelt sich dabei um ein Kreissystem der Firma GeneSys Elektronik GmbH, welches fahrdynamische Daten wie Beschleunigung, Geschwindigkeit und den globalen Ort über eine GPS-Antenne in den drei Raumachsen sowie Nick-, Wank- und Kurswinkel eines bewegten Fahrzeuges erfasst und über ein CAN-Bus auf ein Notebook überträgt. Vor allem bei großen Datenmengen wie sie bei einer Messfahrt anfallen ist dieses System sehr hilfreich, um die Messdaten der Dehnungsmessstreifen mit den Daten des ADMA-Systems abzugleichen. Dieses Vorgehen erleichtert zudem die richtige Zuordnung der Messdaten zu den einzelnen Fahrmanövern erheblich.‘ [1]

Kamerasystem - Da es bei dem normalen Gebrauch der Maschine nicht möglich ist im Innenraum des Behälters anwesend zu sein, existierten leider keine verlässlichen Informationen über das Verhalten des Materials. Um hier verbesserte Aussagen zu erhalten wurde in der Stauwand (vergleiche Abbildung 6-5: Baugruppenübersicht MPC Abroller [1]) eine Kamera installiert, die über Funk die Daten an ein Auslesegerät übertragen hat.

Verformungsmessungen - Mit der einfachen Nutzung einer Maurerschnur wurde während der Befüllung des MPC's die Verformung im Bereich Seitenwände und Dach ermittelt, um

Rückschlüsse auf den Verdichtungs- und Expansionsdruck der jeweiligen Materialien zu erhalten.

Um die bestmögliche Positionierung der DMS an der Maschine im Vorfeld der Messfahrten zu bestimmen wurde anhand der vorhandenen CAD Daten der Ausgangsmaschine ein erstes FEM Modell aufgebaut. Die CAD Daten wurden hierbei in ein Schalenmodell oder Flächenmodell überführt, welches dann zu einem Simulationsmodell umgewandelt wurde (siehe Abbildung 6-7: Von CAD Daten zu Simulationsmodell). Durch die Flächenüberführung ist es möglich, dünnwandige Bauteile mit 2D-Schalenelementen zu vernetzen. Zusätzlich kann dadurch Rechenkapazität eingespart werden.' [1]

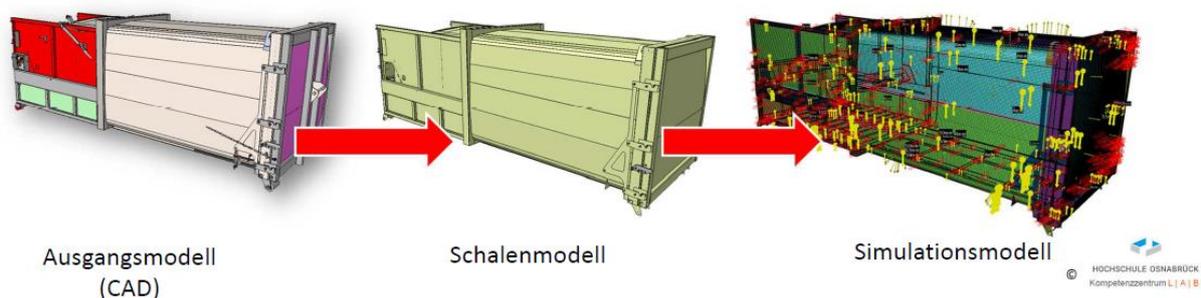


Abbildung 6-7: Von CAD Daten zu Simulationsmodell

Aufgrund der Erfahrungen langjähriger Mitarbeiter als auch der physikalischen Kenngrößen der eingesetzten Hydraulik und der Mechanik sind Kraftgrößen in das Modell eingeflossen und es wurden die ersten Berechnungen durchgeführt (siehe Abbildung 6-8: Erstes Berechnungsmodell mit angenommenen Lasten).

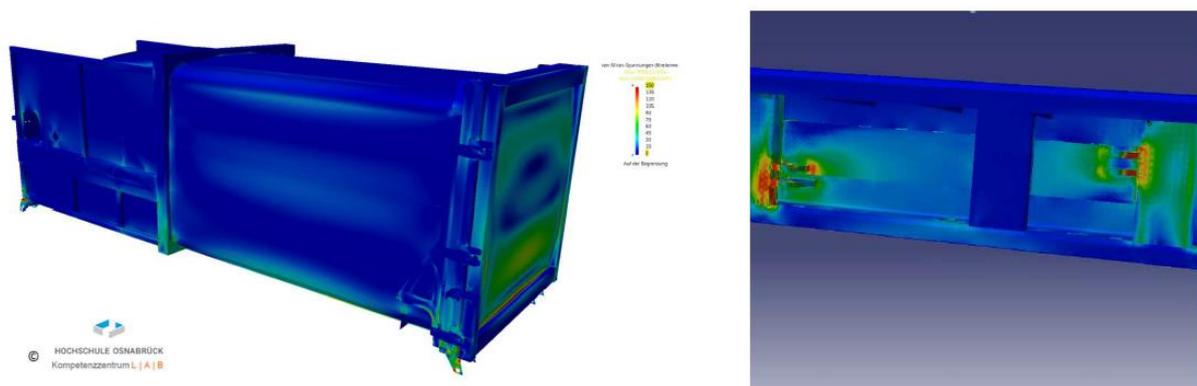


Abbildung 6-8: Erstes Berechnungsmodell mit angenommenen Lasten

Anhand dieser Ergebnisse sind dann an der vorhandenen Maschine die entsprechenden DMS angebracht worden. Wobei bei den DMS-Rosetten die Messungen gleichzeitig in drei Richtungen erfolgen und bei der Linear-DMS nur in einer. Diese wurde hier auch nur bei der

hinteren Verriegelung der Tür eingesetzt, weil hier die Wirkrichtung der Kraft bekannt ist (Nr. 20 in Abbildung 6-9: Positionierung der DMS).



Abbildung 6-9: Positionierung der DMS

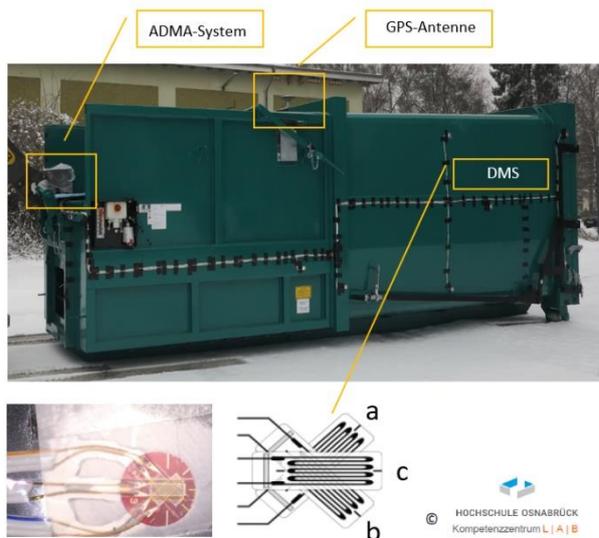


Abbildung 6-10: Positionierung ADAM-System und GPS

Bei der Planung der anstehenden Messfahrt wurden hinsichtlich der zu verpressenden Materialien und der Manöver die bis dato vorhandenen Erfahrungen der langjährigen Mitarbeiter der AMO herangezogen. Hinsichtlich der Entleerung und damit des Druckes auf die Seitenwände wurde immer PPK sowie Folie als schwierig identifiziert. Wenn es um das Gewicht geht ist das Verpressen von Brot immer die schwerste Fraktion. Aufgrund der Verfügbarkeit von PPK wurde dieses Material gewählt für die erste Testreihe anstatt Folie. Da eine Messung mit Brot aufgrund der Verfügbarkeit in der unmittelbaren Nähe nicht gegeben war, wurde hier als Ersatzwerkstoff für die zweite Messreihe Kompost ausgewählt aufgrund einer fast vergleichbaren Dichte zu Brot.



Abbildung 6-11: Messungen mit PPK



Abbildung 6-12: Befüllung und Aufziehen mit Kompost / Fahrversuche und Absetzen mit Kompost

Bei den Testfahrten wurden folgende Manöver durchgeführt, entsprechend gemessen und dokumentiert:

PPK:            Aufladen leer, Beladen/Verdichten, Aufziehen voll, Heckklappe öffnen, Entleeren, Aufschlagen leer.

Kompost:    Beladen/Verdichten, Aufziehen voll, Fahrt auf Schlechtwegteststrecke, Kreisfahrten und Bremsmanöver, Heckklappe öffnen, Entleeren.

Die intensive Auswertung der ermittelten Daten führte dann zu dem Ergebnis, dass sich die Lastfälle in zwei Gruppen aufteilen lassen:

Bei PPK ist als einziges der Lastfall „Verdichten“ kritisch aufgrund des hohen Expansionsdruckes. Der Lastfall ist aber auf viele Baugruppen wie dem Pressschild, Behälterseitenwand, Heckklappe, Zylinderanbindungen usw. anzuwenden.

Kompost/Brot ist kritisch bei den Lastfällen „Aufladen“ und „Entleeren“ und damit für die Auslegung der Front- und Heckpartie des MPC's mit dem entsprechenden Aufnahmehaken entscheidend. (siehe Abbildung 6-13: Auswahl der Lastfälle nach der Fraktion).



Abbildung 6-13: Auswahl der Lastfälle nach der Fraktion

Zusätzlich haben die Messfahrten mit dem LKW und beladenem MPC auf einem Schlechtweggelände sowie Brems- und Kreisfahrmanöver auf einer Asphaltplatte gezeigt, dass durch den Transport der Maschine keine gravierenden und/oder zusätzlich zu berücksichtigenden Lasten auftreten.

### 6.2.3 Lauffähiges und validiertes Berechnungsmodell

„Mit den Ergebnissen der Messfahrten wurde jetzt das Berechnungsmodell validiert. Dabei ist die Validierung ein iteratives Näherungsverfahren, mit welcher, unter Berücksichtigung von gewissen Einflussfaktoren wie Lagerungen und Lasten, das Ergebnis einer FEM – Berechnung schrittweise den realen Messergebnissen abgeglichen wird.“

Für die Auswertung im FEM – Modell werden alle in der Realität applizierten DMS durch lokal sehr fein vernetzte Flächen gleicher Dimensionen nachgebildet und mithilfe virtueller Reaktionssensoren ausgelesen. Die virtuellen Lasten werden im FEM – Modell jetzt so lange iteriert, bis die gemessene Spannung im DMS, im Vergleich zwischen Messung und FEM, nahezu übereinstimmt. Als Richtwert ist eine akzeptable Abweichung von 5% festgelegt.“ [1]

Im Zusammenspiel zwischen der Theorie und der Praxis wurden hier dann auch parallel einige an den Maschinen aufgetretene Beschädigungen analysiert und dann auch verstanden. Zum Beispiel sind an älteren Maschinen immer Dellen aufgetreten im oberen Bereich des Pressschildes, welches sich auch im Berechnungsmodell zeigte (siehe Abbildung 6-14: Validierung Pressschild).

Ein weiteres Thema waren entsprechende Knicke im oberen Bereich der Behälter bei älteren Modellen ohne zusätzliche Versteifungsmaßnahmen. Hier haben die Berechnungen gezeigt, dass die Beschädigungen nicht durch das manchmal in der Praxis praktizierte Aufschlagen des Behälters bei der Entleerung kommen, wie wir bis dato vermutet haben. Vielmehr entstehen diese bei Beladung mit PPK und hohem Druck auf die Seitenwände, wenn es dann noch einen Impuls von den hinteren Rollen beim Ziehen des MPC durch ein Schlagloch kommt.

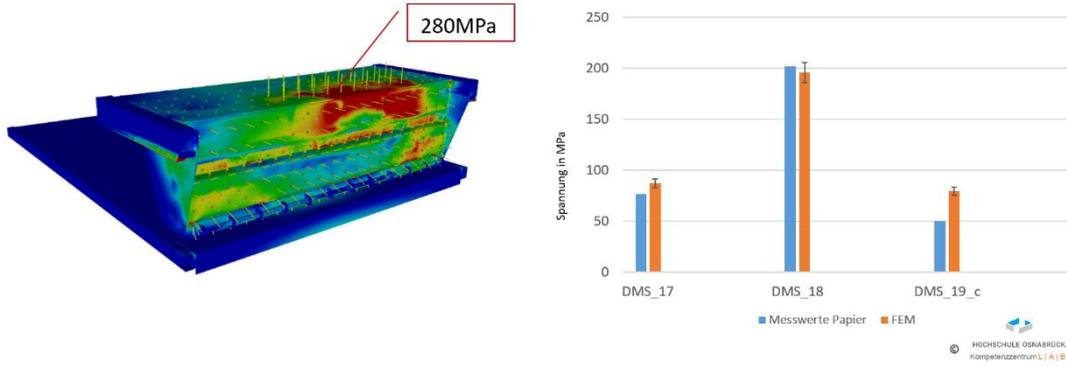


Abbildung 6-14: Validierung Pressschild

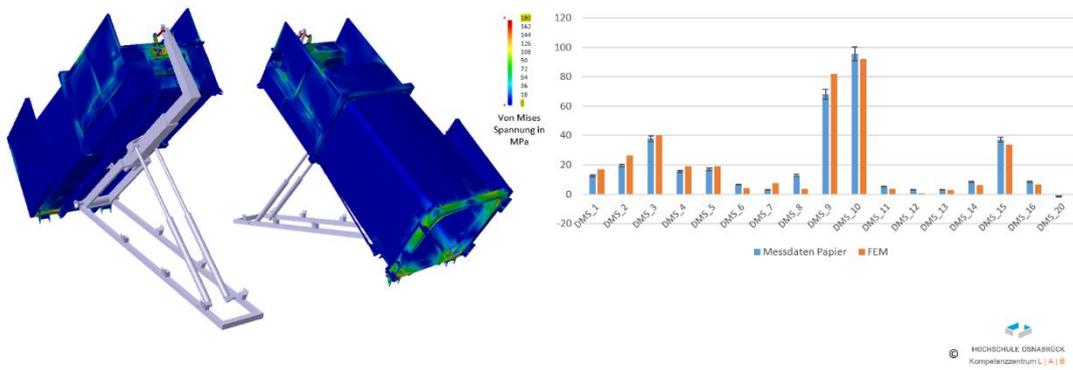


Abbildung 6-15: Validierung Aufschlagen Behälter

### 6.3 Konzeptphase

In der Konzeptphase ging es um die Erarbeitung von Konzepten und Lösungsansätze zur Erreichung einer wesentlich verbesserten Energie- und Materialeffizienz des Mobilens Presscontainers. Zusätzlich sollte der modulare Aufbau der Maschine Berücksichtigung finden als auch eine verbesserte Benutzerfreundlichkeit.

Hierbei ging es im ersten Schritt nicht um die einzelnen Details, welche später in der Prototypenphase bearbeitet werden sollten, sondern vielmehr um ‚das große Ganze‘. Unter Führung der L/A/B wurde in einer Vielzahl an Besprechungen verschiedene Konzepte untersucht und bewertet. Auch komplett andere Ansätze z.B. hinsichtlich der Hydraulikzylinderpositionierung und der Behälterform wurden in Betracht gezogen inkl. der notwendigen Konizität zur besseren Entleerung (siehe Abbildung 6-16: Konzeptideen Hydraulik und Behälter; Abbildung 6-17: Betrachtung unterschiedlicher Behälterkonturen; Abbildung 6-18: Kompromiss Behälterkonizität)



Abbildung 6-16: Konzeptideen Hydraulik und Behälter

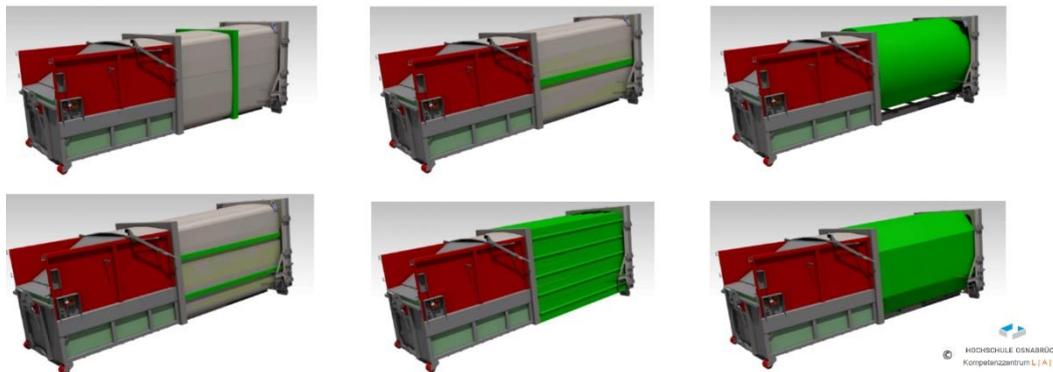


Abbildung 6-17: Betrachtung unterschiedlicher Behälterkonturen

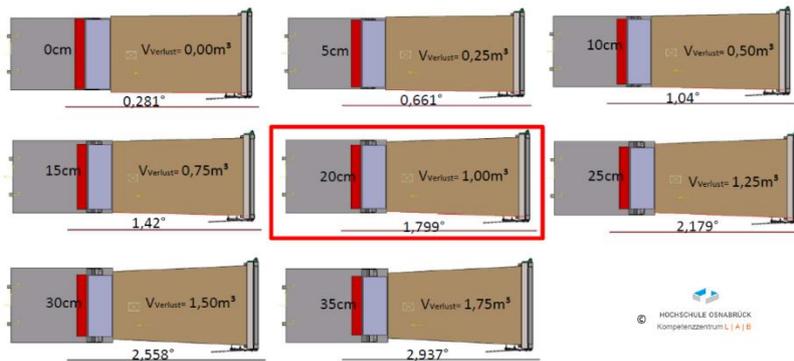


Abbildung 6-18: Kompromiss Behälterkonizität

Diese hier exemplarisch gezeigten Konzeptuntersuchungen wurden für alle relevanten Bereiche durchgeführt und bewertet. Hierzu erfolgte ein gemeinsamer Konzeptabschluss mit der relevanten Funktion der AMO.

Intensiv wurde hier auch die Idee den Presskopf 'To Go' durchleuchtet und weiter verfeinert. Ziel war es den für das Verpressen relevanten Teil der MPC's so auszulegen, dass er als alleinige Einheit in andere Länder verschickt werden kann. So kann dann z.B. in Schwellenländern ein Partner mit dieser Einheit einen Mobilten Presscontainer aufbauen und die in diesen Ländern relevanten Randbedingungen wie z.B. Unterbau betrachten. Gleichzeitig wird eine entsprechende Wertschöpfung in den Ländern generiert und es wird vermieden das Volumen des Behälters vom MPC's über lange Strecken zu transportieren. (siehe Abbildung 6-19: Konzeptabmessungen Presskopf 'To Go' )

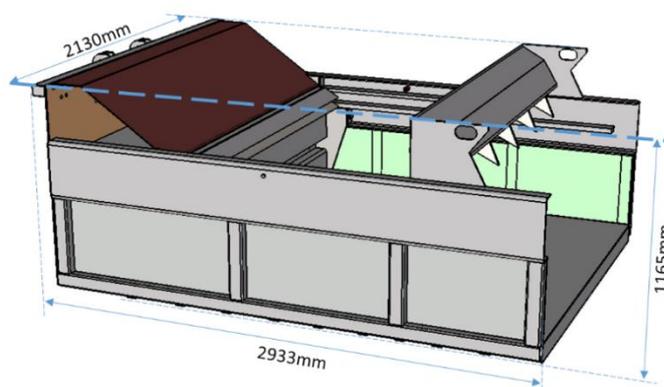


Abbildung 6-19: Konzeptabmessungen Presskopf 'To Go' [1]

### 6.3.1 Elektrik/Elektronikkonzept

Parallel zu der Erarbeitung der mechanischen und hydraulischen Konzepte durch das L/A/B wurde durch den Partner Betron Control Systems GmbH in Zusammenarbeit mit der Elektroabteilung der AMO das Konzept im Bereich der Steuerung erarbeitet und definiert.

Die AMO installiert bereits seit Jahren eine ‚Platinensteuerung‘ in Ihren MPC’s, hier war es aber das Ziel, durch gezielte Maßnahmen die elektronischen Komponenten zu reduzieren und/oder zu verkleinern, gerade auch im Hinblick auf das Thema ‚seltene Erden‘.

U.a. konnte durch den Einsatz einer Modulbauweise erreicht werden, dass das Netzteil von aktuell 100-150W auf 75W reduziert werden konnte für die Basisvariante, die gleichzeitig ca. 80-90% der Maschinen betrifft. Sollten bei weiteren MPC-Varianten zusätzliche Module angebaut werden, die z.B. auch dann zusätzliche elektrisch gesteuerte Ventile benötigen, wird nur hier ein weiteres größeres Netzteil eingebaut.

Ein weiteres Augenmerk lag bei der Konzeptauslegung bei dem Thema ‚Kommunikation nach draußen‘. Die Workshops und Befragungen der Kunden haben gezeigt, dass oft durch Kleinigkeiten die Maschine nicht startet und dann der Disponent oder Kundendienst anreisen muss, mit entsprechenden Stillstandzeiten und Verschwendung von Ressourcen. Um dieses zu vermeiden werden jetzt zwei Wege verfolgt.

a) Es ist eine Statusmeldung in der Bedienung integriert, die über die Ampelfarben rot, gelb und grün den jeweiligen Status anzeigt. Bei einem gelb blinkenden Licht wird dem Kunden auch durch einen zusätzlichen Aufkleber signalisiert, dass er etwas machen kann, um die Maschine zum Laufen zu bringen (siehe Abbildung 6-20: Statusaufkleber Bedienung). Dieses betrifft hauptsächlich Themen wie Not-Halt gedrückt, Reinigungsklappe geöffnet oder Phasenfolge in der Anschlussleitung falsch. Es klingt zwar einfach und bekannt aus anderen Anwendungen, wurde aber nach unserem Wissenstand bei Mobilien Presscontainern so noch nicht umgesetzt.

Zusätzlich wurde in dem Bedienteil für die Nahfeldkommunikation ein W-Lan Modul integriert. Über diesen kann sich der Benutzer der Maschine mit der Steuerung verbinden und erhält den Status inkl. der Fehlermeldungen auf sein mobiles Endgerät.

b) Ein zweiter Weg ist die Weitergabe der Status- und Fehlermeldungen der Maschine über ein Telematikmodul an einen externen Server zur Weiterbearbeitung durch den Disponenten oder gar dem Nutzer der Maschine. Nach dem ursprünglich geplant war, hier ein eigenes Modul zu entwickeln, wurde in der Konzeptphase entschieden sowohl das Modul, als auch die Datenbank der Firma COGNID Telematik GmbH aus Dortmund zu nutzen, die in einigen Bereichen bereits mit der AMO zusammenarbeitet. Dieses Modul wird aber direkt in der Steuerung von Betron als ‚Doppeldecker‘ integriert inkl. der notwendigen Stromversorgung. Die Kommunikation- Schnittstelle wurde so ausgelegt, dass alle Meldungen entsprechend übertragen und verarbeitet werden können. Im Kapitel EntsorgerTelematik wird hier noch weiter darauf eingegangen.

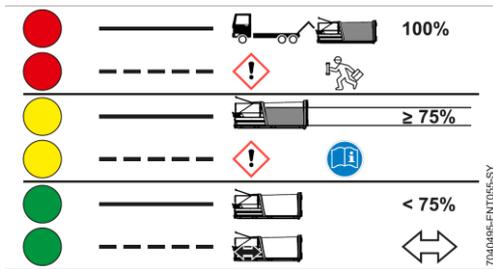


Abbildung 6-20: Statusaufkleber Bedienung



Abbildung 6-21: Darstellung Steuerung und externe Kommunikation

In dieser Phase wurden auch Untersuchungen durchgeführt, wie man möglichst effizient weitere Bedienmodule und Baugruppen integrieren kann, welches bei den aktuellen Maschinen immer mit einer zusätzlichen Kabelverlegung verbunden ist. Hilfreich war hier das Wissen der Firma Betron, die auch einige Kunden im Bereich der Landtechnik hat wo bereits ein Can-Bus eingesetzt wird. So wurde entschieden, hier zwei Systeme einzusetzen. CAN-1 für die Steuerung und die Bedienung der Basisfunktionen der Presse und CAN-2 als Erweiterungsbus für zusätzliche externe Geräte wie z.B. ein Wiegesystem oder eine elektrische Haubenbetätigung. Mit diesem System werden wir im Bereich der Kabelbäume in Zukunft Material und Gewicht einsparen können.

## 6.4 Prototypenentwicklung

Auf Basis des validierten Berechnungsmodells der Ursprungsmaschine sowie den Konzeptuntersuchungen, wurden die einzelnen Bereiche des MPC individuell beleuchtet und hinsichtlich des Materialeinsatzes optimiert. Hierbei war es das Ziel, die aktuelle Dauerfestigkeit der Maschine zu erhalten oder sogar zu verbessern. In Bereichen, wo keine detaillierten Informationen vorhanden waren, wurde dafür immer der aktuelle Zustand als Benchmark herangezogen.

Im Folgenden werden hier einige Bereiche exemplarisch aufgezeigt inklusive der Ergebnisse.

### 6.4.1 Design

Ein Punkt, der sich im Laufe der Konzeptphase zeigte, ist das Thema Design.

Warum muss der Mobile Presscontainer aussehen wie eine Maschine, die man nur hinten im Hof versteckt?

Ist es nicht möglich ein funktionelles Design zu erstellen, was gefällt und die Handhabung der Maschine eher positiv beeinflusst und gleichzeitig einen Beitrag zur Materialeffizienz leistet?

Mit dieser Aufgabenstellung wurde zum Start der Prototypenphase ein Industriedesigner beauftragt, in enger Abstimmung mit dem Projektteam entsprechende Entwürfe zu erstellen.

Zusätzlich kam hier dann das Thema auf, möglichst keine waagerechten Flächen zu erzeugen, wie heute u.a. im Bereich Presskopf und an der Hecktür vorhanden. Durch das sich hier sammelnde Wasser kommt es zu Verunreinigungen, zu Moosbildung als auch im späteren Verlauf zu Rostbildung mit entsprechenden Konsequenzen.

Mit den Vorgaben wurden mehrere Entwürfe erstellt - siehe Abbildung 6-22: Erste Designentwürfe.



Abbildung 6-22: Erste Designentwürfe

Und schließlich ein finales Design zur weiteren Bearbeitung und fertigungstechnischer Optimierung zum Start der Prototypenkonstruktion - siehe Abbildung 6-23: Festgelegtes Design zum Start der Konstruktion.

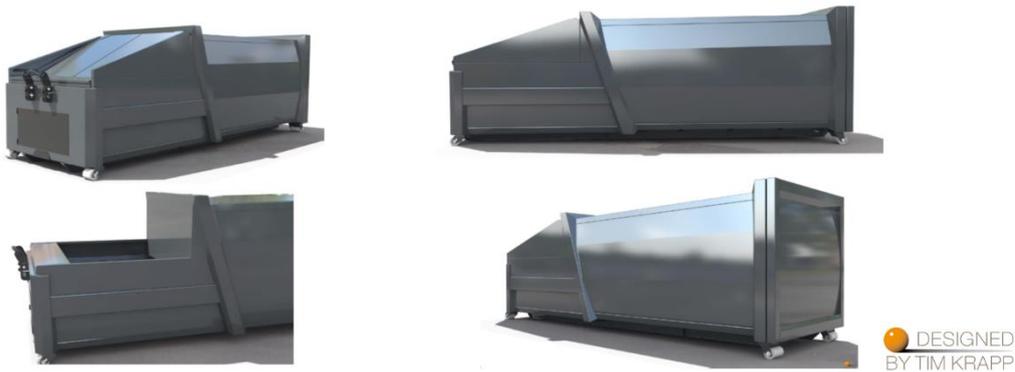


Abbildung 6-23: Festgelegtes Design zum Start der Konstruktion

### 6.4.2 Pressschild

Das Pressschild in seiner Funktion als das pressende Element ist das mit am meisten belastete Bauteil. Zusätzlich eignet es sich vom Aufbau her ideal für den Einsatz der Topologie – Optimierung, welches dann auch hier angewandt wurde. Die Methode, ist ein rechnerunterstütztes Optimierungswerkzeug, mit welchem eine günstige Struktur für Bauteile und Baugruppe unter mechanischer Belastung ermittelt werden kann. Ausgehend von einem simplen geometrischen Körper, an welchem Randbedingungen aus der Umgebung berücksichtigt werden, entsteht eine organische Struktur welche die optimalen Lastpfade darstellt. Der Körper stellt den maximal zur Verfügung stehenden Bauraum für das zu entwickelnde Bauteil dar. Über viele Iterationsschritte wird dieser Bauraum, unter Berücksichtigung der optimalen Massenverteilung, mit virtueller Materie belegt. Der Vorgang ist in Abbildung 6-24: Vorgang einer Topologie - Optimierung [1] dargestellt. [1]

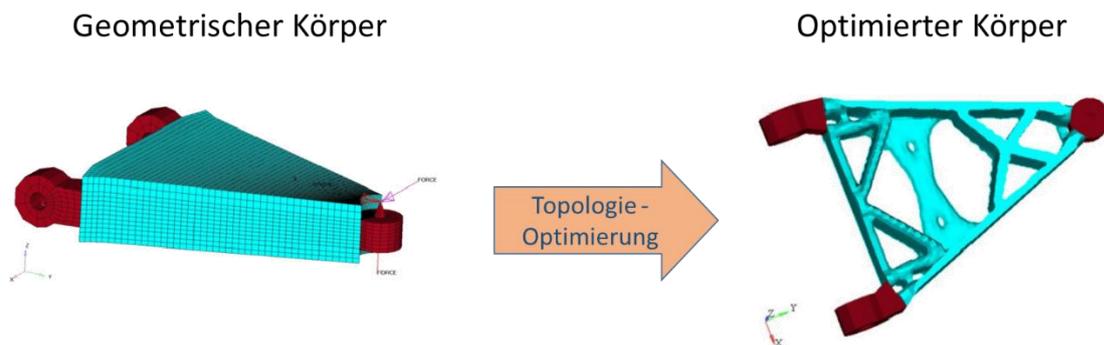


Abbildung 6-24: Vorgang einer Topologie - Optimierung [1]

„Zunächst muss in unserem Fall ein Design- bzw. Non-Design Bereich konstruiert werden. Dieser orientiert sich stark nach dem zur Verfügung stehendem Bauraum. Für das vorliegende Pressschild sieht dieser Bereich demnach wie folgt aus.“ [1]



„Eindeutig zu erkennen sind die Lastpfade, welche sich von den Führungen in die Mitte des Pressschildes ziehen. Die Mitte ist aufgrund der zentralen Lasteinleitung fast vollständig mit Elementen befüllt. Der Designentwurf muss jetzt auf seine optimalen Lastpfade untersucht werden. Weiter müssen jetzt geeignete Fertigungsmöglichkeiten zur Umsetzung der optimierten Konstruktion gefunden werden“ [1], welches in mehreren Schritten erfolgt. Siehe Abbildung 6-27: Konstruktive Umsetzung in mehreren Schritten.

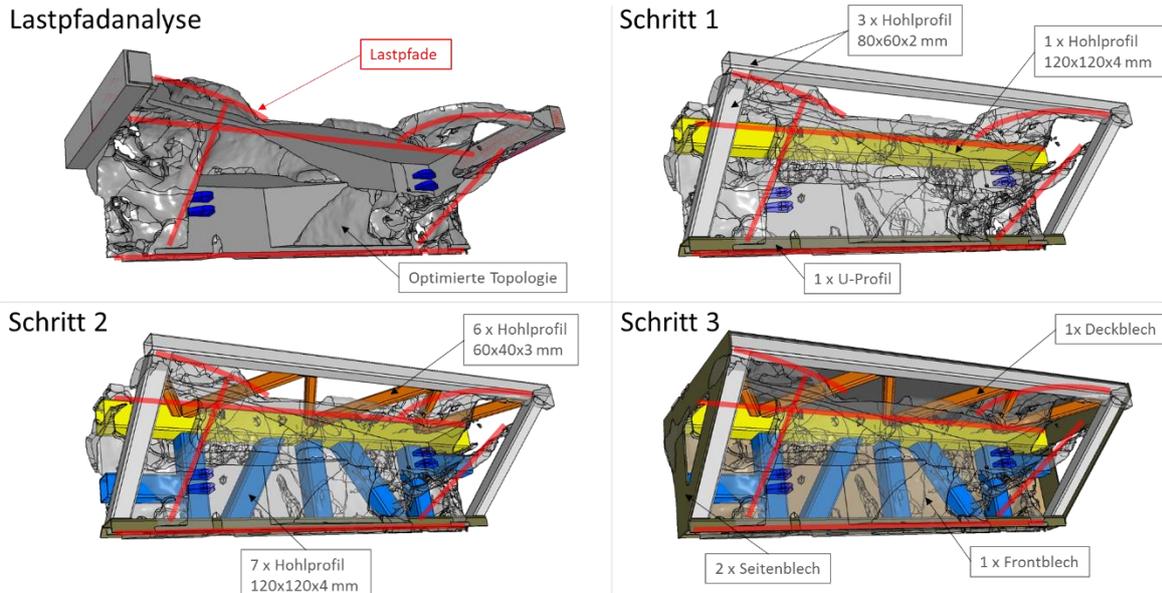


Abbildung 6-27: Konstruktive Umsetzung in mehreren Schritten [1]

Nach Abschluss der konstruktiven Tätigkeiten wurde das neue Pressschild im MPC noch einmal berechnet und mit dem Ausgangszustand verglichen - siehe Abbildung 6-28: Vergleich FEM-Ergebnisse der alten- und neuen Konstruktion [1].

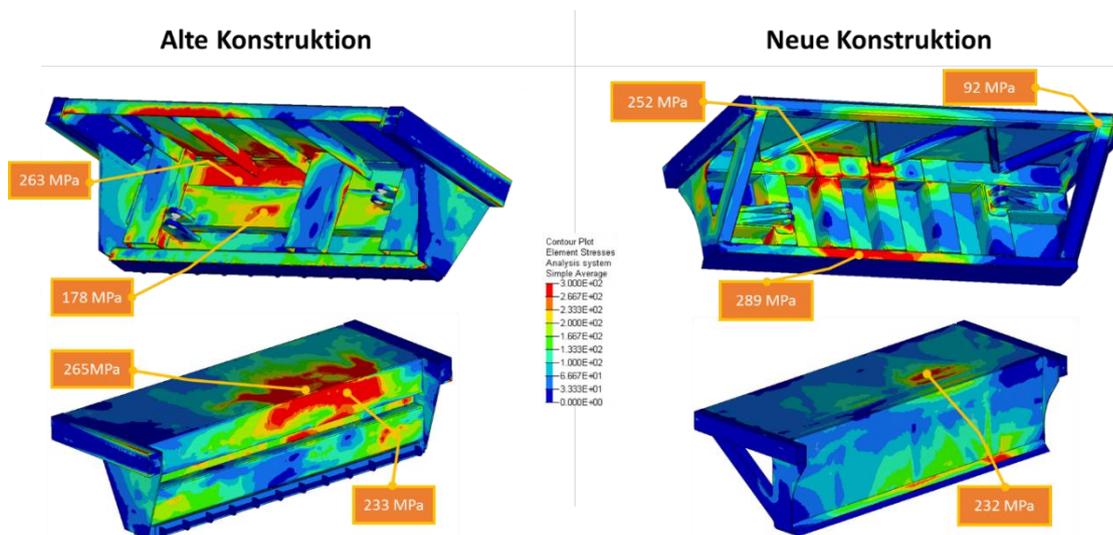


Abbildung 6-28: Vergleich FEM-Ergebnisse der alten- und neuen Konstruktion [1]

Das hinsichtlich der Gewichtsreduzierung sehr positive Ergebnis nach der Prototypenentwicklung für das Pressschild sah dann wie folgt aus:

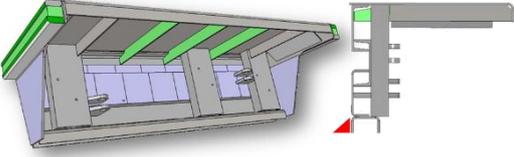
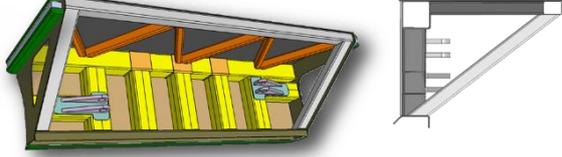
Ausgangskonstruktion	Neue Konstruktion
	
<p><b>Halbzeuge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 U-Stahl 200x75 (8,5mm)</li> </ul> <p><b>Laserteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Seitenteile (10mm)</li> <li>- 2 Knotenbleche (8mm)</li> <li>- 4 Aufnahmebleche (20mm)</li> <li>- 5 Streben (8mm)</li> </ul> <p><b>Kantenteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 U-Profil (8mm)</li> <li>- 1 Deckblech (8mm)</li> </ul>	<p><b>Halbzeuge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Hohlprofil 60x40 (3mm)</li> <li>- 3 Hohlprofil 80x60 (2mm)</li> <li>- 8 Hohlprofil 120x120 (4mm)</li> </ul> <p><b>Laserteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Seitenteile (4mm)</li> <li>- 2 Patchbleche (3mm)</li> <li>- 4 Aufnahmebleche (20mm)</li> <li>- 1 Deckblech (5mm)</li> <li>- 1 Frontblech (8mm)</li> </ul> <p><b>Kantenteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 U-Profil (6mm)</li> <li>- 3 Patchbleche (3mm)</li> </ul>
<b>Gewicht = 460 kg</b>	<b>Gewicht = 269 kg</b>

Abbildung 6-29: Gewichts- und Bauteilvergleich der alten- und neuen Konstruktion [1]

### 6.4.3 Presskopfboden

In der Vergangenheit traten beim Presskopfboden immer wieder Welligkeiten auf, was dazu führte, dass hier die Materialstärke des Bodenbleches mit 8mm sehr hoch ist und auch oft in Ausschreibungen in diesem Bereich entsprechende Materialstärken gefordert sind. Daher lag hier ein besonderes Augenmerk in der Analyse der Beschädigungen und der Findung einer Alternative mit geringeren Materialeinsatz - siehe Abbildung 6-30: Sichtbare Verformungen im Bodenblech.



Abbildung 6-30: Sichtbare Verformungen im Bodenblech

Die Problematik besteht u.a. auch darin, dass die Welligkeit unter dem Pressschild angeordnet ist, und die vorhandene Kunststoffschiene am Preisschild diese Wellen auf Dauer nicht ausgleichen kann. Durch die dann entstehende Lücke zwischen Pressschild und Unterboden gelangt immer mehr der zu verpressenden Fraktion in den Pressraum hinter dem Pressschild, was wiederum u.a. zu Beschädigungen an den Hydraulikleitungen und entsprechenden Ölverunreinigungen führen kann.

Die Analysen hier führten zu dem Ergebnis, dass durch die Lücken zwischen den Querträger das Pressschild in diesen Bereichen nicht ausreichend gestützt wird und die Verformungen entstehen. Durch den Einsatz von einem sogenannten Fischgrätenmuster soll dieser Problematik entgegengewirkt werden. Hierbei ist sichergestellt, dass das Pressschild immer an mindestens drei Stellen eine zusätzliche Unterstützung durch die Querprofile erfährt und nicht nur durch das Bodenblech - siehe Abbildung 6-31: Lagerung und Lastaufnahme [1].

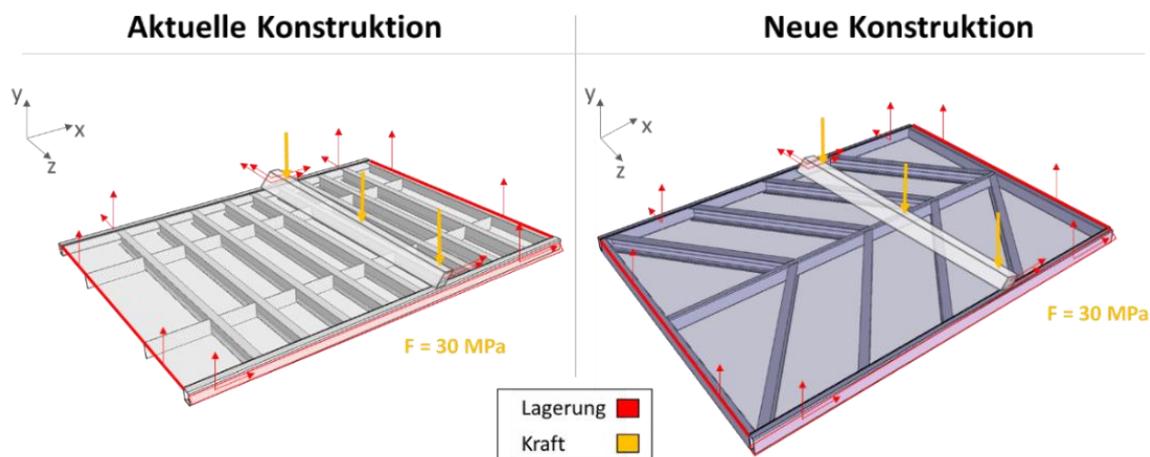


Abbildung 6-31: Lagerung und Lastaufnahme [1]

Weiterhin wurde der Boden so ausgelegt, dass es bei den auftretenden Belastungen zu einer großflächigen Verformung kommt und nicht nur punktuell. Somit kann dann auch das Pressschild in diesem Bereich eher die Verformung mitgehen und es entsteht keine große Lücke mehr. In diesem Fall wurde auch akzeptiert, dass die Verformung absolut gesehen in der Berechnung um 0,38 mm grösser ausfällt.

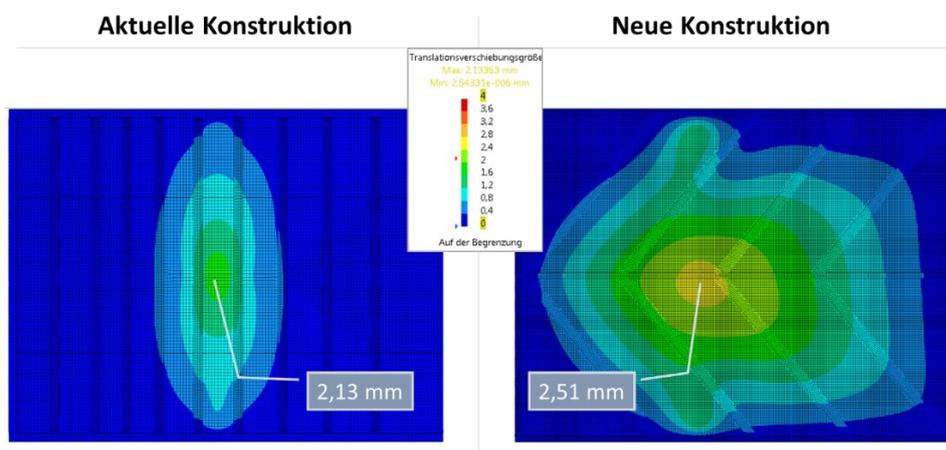


Abbildung 6-32: Abgleich Verformung Alt zu Neu [1]

Mit den beschriebenen Maßnahmen konnten dann gleichzeitig auch das Bodenblech auf 6mm reduziert werden, was in Summe hier zu einer Gewichtseinsparung von 27% geführt hat - siehe Abbildung 6-33: Komponenten- und Gewichtsvergleich Presskopfboden Alt zu Neu [1].

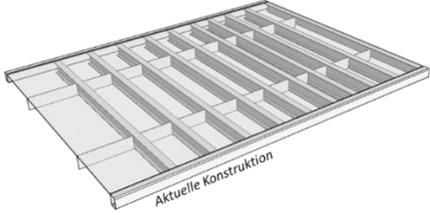
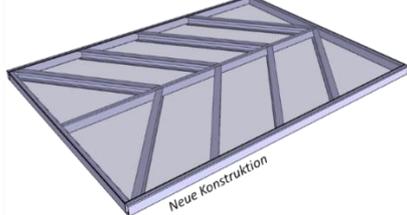
Aktuelle Konstruktion		Neue Konstruktion	
			
Komponentenanzahl	33	Komponentenanzahl	13
Gewicht:	540 kg	Gewicht:	393 kg

Abbildung 6-33: Komponenten- und Gewichtsvergleich Presskopfboden Alt zu Neu [1]

#### 6.4.4 Behälter

Beim Behälter kommen wir zu der Baugruppe, bei der die ersten Berechnungen, wie im Kapitel ‚Lauffähiges und validiertes Berechnungsmodell‘ bereits beschrieben, die bekannten Schwachstellen aufgezeigt haben mit dem Knicken im Bereich Dach ohne eine innere Verstärkung. Zusätzlich ist zur besseren und effizienteren Entleerung gerade mit der Fraktion PPK und Folie eine Erhöhung der seitlichen Konizität von entscheidender Bedeutung, wie in der Konzeptphase dargestellt. Daher wurde hier vom Start weg das Augenmerk darauf gelegt die Steifigkeit und Funktionalität zu erhöhen.

Zusätzlich ist durch das Design und die Integration des ‚Vorbau’s‘ des Presskopfes das Dach und zum Teil die Seitenwand länger geworden. Hierdurch wird aber die Teilevielfalt reduziert und die Fertigung optimiert.

Zum Einsatz kommt beim Behälter jetzt im oberen Bereich ein Rollformingprofil, welches extra für diese Maschine von der Firma Welser Profile Austria GmbH hergestellt wurde. Mit diesem Profil wird der notwendige Kraftfluss und die Steifigkeit im oben Bereich des Behälters erreicht, bei gleichzeitiger Reduzierung der Materialstärke auf 3mm - siehe Abbildung 6-34: Darstellung Rollformingprofil im Behälterdach.

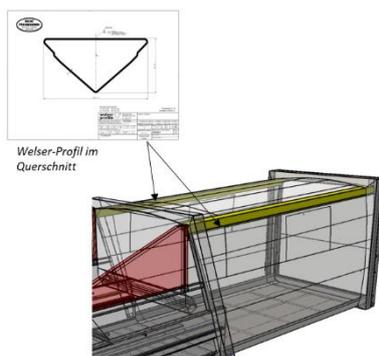


Abbildung 6-34: Darstellung Rollformingprofil im Behälterdach

Das ‚Welser-Profil‘ wird bei der Variante mit 24m<sup>3</sup> auch im unteren Bereich eingesetzt, da durch die zusätzliche Steifigkeit die heute noch vorhanden Rahmenteile entfallen können. Des Weiteren ist es geplant dieses Profil auch in die zukünftige Generation von Transportbehälter einzusetzen.

Somit sieht der Aufbau des Behälters wie folgt aus -siehe Abbildung 6-35: Aufbau des neuen Behälters.

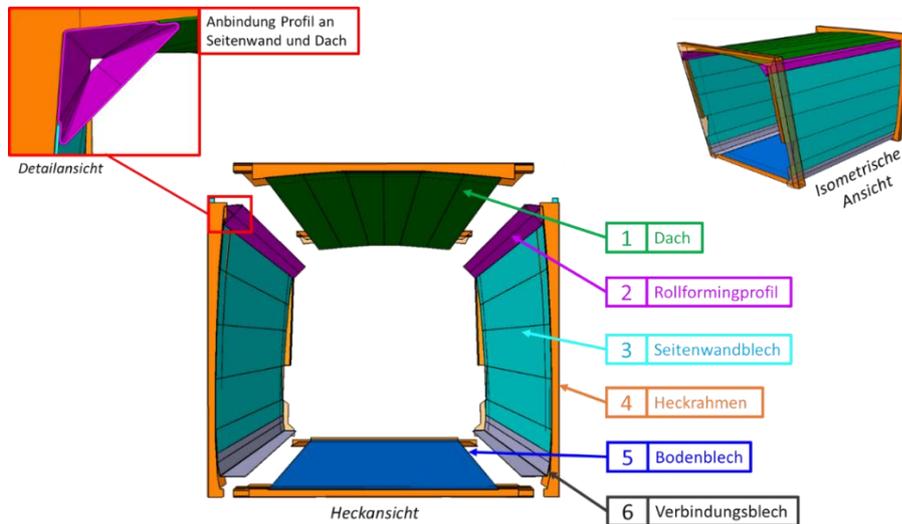


Abbildung 6-35: Aufbau des neuen Behälters [1]

Im Vergleich zu der alten bereits im Dach verstärkten Variante, ohne die beschriebenen Probleme mit der Beul-Steifigkeit, ist der neue Behälter trotz seines größeren Daches auf dem gleichen Niveau hinsichtlich der Spannungen und der Verformungen - siehe Abbildung 6-36: Vergleich FEM-Ergebnisse der Optimierung zur Ausgangskonstruktion [1 und Abbildung 6-37: Vergleich Verformungen der Optimierung zur Ausgangskonstruktion.

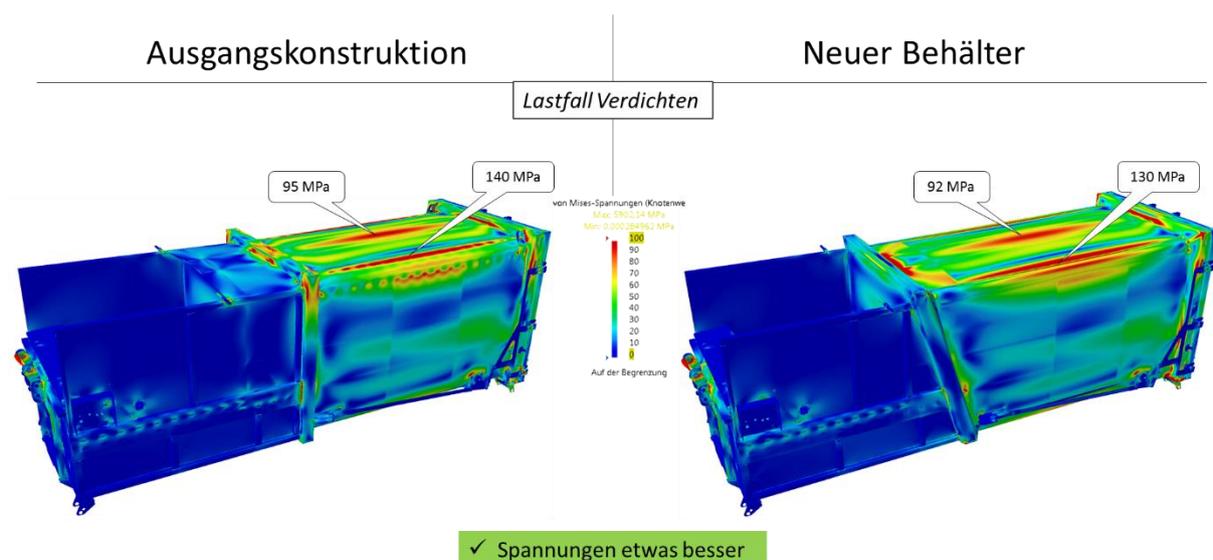


Abbildung 6-36: Vergleich FEM-Ergebnisse der Optimierung zur Ausgangskonstruktion [1]

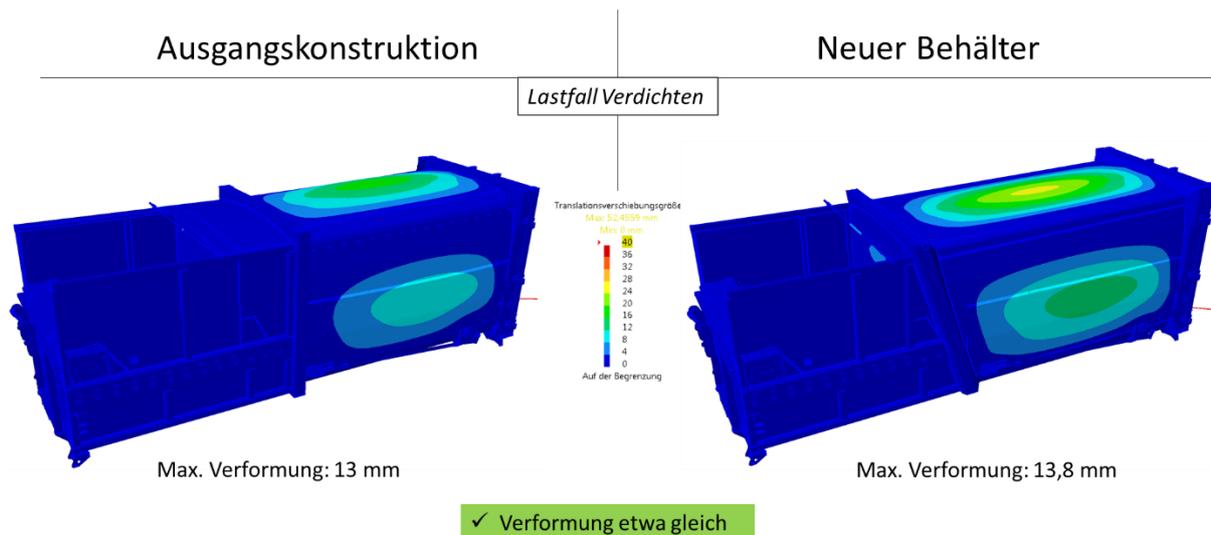


Abbildung 6-37: Vergleich Verformungen der Optimierung zur Ausgangskonstruktion [1]

Durch die bereits beschriebene Vergrößerung des Behälters fällt der Gewichtsvergleich hier aber nicht positiv aus. Es ist aber das Ziel zu einem späteren Zeitpunkt eine Variante mit 3mm Seitenwänden und entsprechenden zusätzlichen Versteifungen zu testen -siehe Abbildung 6-38: Gewichtsvergleich Ist zum optimierten Behälter [1].

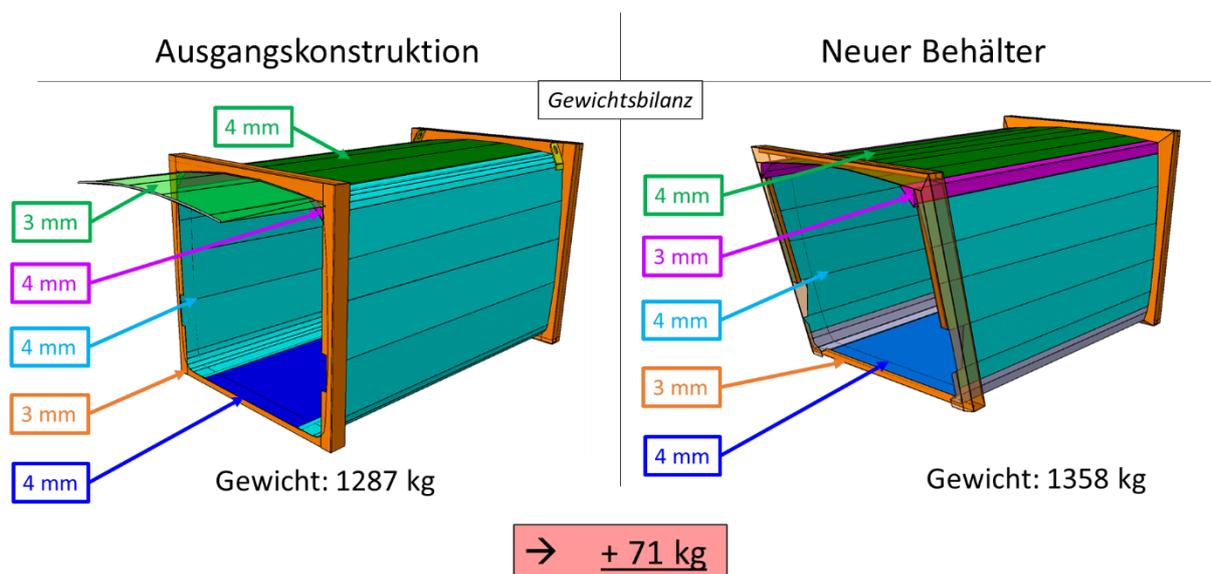


Abbildung 6-38: Gewichtsvergleich Ist zum optimierten Behälter [1]

Als zusätzliche Option im Bereich Behälter wurde im Zuge des Projektes noch ein sogenannter ‚Entleerungsassistent‘ entwickelt und im Behälterdach integriert. Bei den beschriebenen stark expandierenden Fraktionen PPK und Folie soll das nach oben beweglichem Dache dafür sorgen, ‚den Pfropfen‘ zu lösen und das Material leichter entleeren zu können.

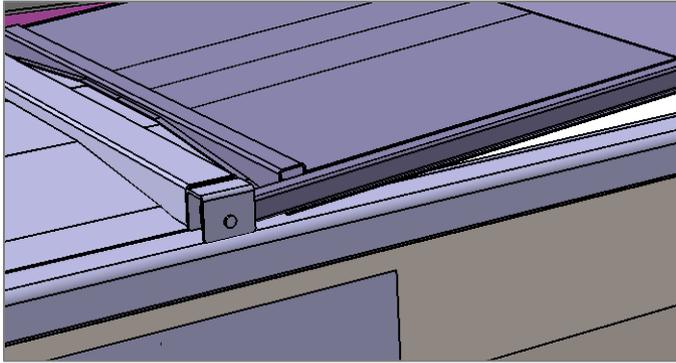


Abbildung 6-39: Darstellung Entleerungsassistent

#### 6.4.5 Haube und Seitenwände Presskopf

Die Haube zum Verschließen der Einfüllöffnung ist dahingehend interessant, weil diese durch den Bediener in der Regel per Hand zu Öffnen ist. Bei der aktuellen Stahlkonstruktion ist dieses aufgrund des Gewichtes nur schwer möglich. Daher lag hier von vornherein das Augenmerk auf eine leichte Variante.

Erreicht wurde dieses bei der einteiligen 85° Grad Haube durch den erstmaligen Einsatz von Aluminiumblech bei der AMO, welches in einen Stahlrahmen verklebt wird. Auch dieses Fügeverfahren ist neu für die Maschinenfabrik, wurde aber im Zuge des Projektes mit der Unterstützung des L/A/B integriert.

Parallel wurden die hohen und schrägen Seitenwände betrachtet für den Einsatz der 85°Grad Haube. Hier kommt in der neuen Maschine jetzt anstatt ein 4 mm Blech ein 3mm Blech zum Einsatz mit entsprechenden Verstärkungen in den relevanten Bereichen.

#### 6.4.6 Frontstruktur

Wie bei der Ermittlung der Lastkollektive und den Versuchsfahrten aufgezeigt, ist die Frontstruktur analog der Hecktür am stärksten belastet beim Aufziehen und Entleeren des MPC's. Zusätzlich bestand die Anforderung, den in der Front befindlichen Tank nicht mehr in die Struktur als tragendes Bauteil zu integrieren, sondern als separaten Tank einzusetzen. Dieses hat u.a. den Vorteil eines Dichtigkeitsstest außerhalb der Maschine. Zusätzlich ist es eine wichtige Voraussetzung für die Modularität und dem Presskopf ,to Go', weil man dann zu einem späteren Zeitpunkt entscheiden kann, ob der Einschub mit Motor, Pumpe und Stromanschluß links oder rechts in der Maschine montiert wird - siehe Abbildung 6-40: Einschub und modularer Tank [1].

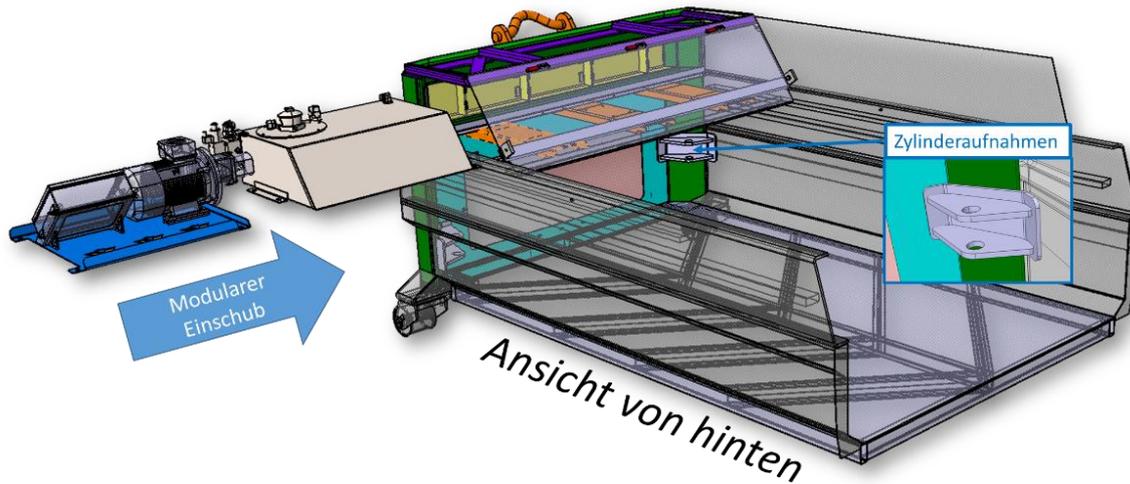


Abbildung 6-40: Einschub und modularer Tank [1]

Außer den Kräften beim Aufziehen des MPC's auf den LKW muss die Front aber auch während des Pressvorganges das Gegenlager für die Hydraulikzylinder aufnehmen (Zylinderaufnahmen). Daher besteht bei der Ausgangsvariante das Frontblech auch aus 8mm starkem Blech.

Um hier eine Optimierung zu erreichen wurden folgende konstruktive Punkte umgesetzt:

- a) Einsatz der ‚Welser-Profile‘ in den Ecken
- b) einem entsprechenden Verstärkungsrahmen in der Front mit der Möglichkeit unterschiedliche Aufnahmehaken zu integrieren
- c) Zug- und Druckstreben zur Weiterleitung der Kräfte in die Seitenwandstruktur oberhalb des Tanks und Einschub.

Hierdurch wurden eine wesentlich bessere Spannungsverteilung erreicht, als auch ein geringere Gewicht im Vergleich zur Ausgangsvariante.

Siehe hierzu Abbildung 6-41: FEM-Ergebnisse der optimierten Frontstruktur im Vergleich zum Ausgang und

Abbildung 6-42: Gewichtsvergleich zwischen Ausgangs- und neuer Konstruktion [1.

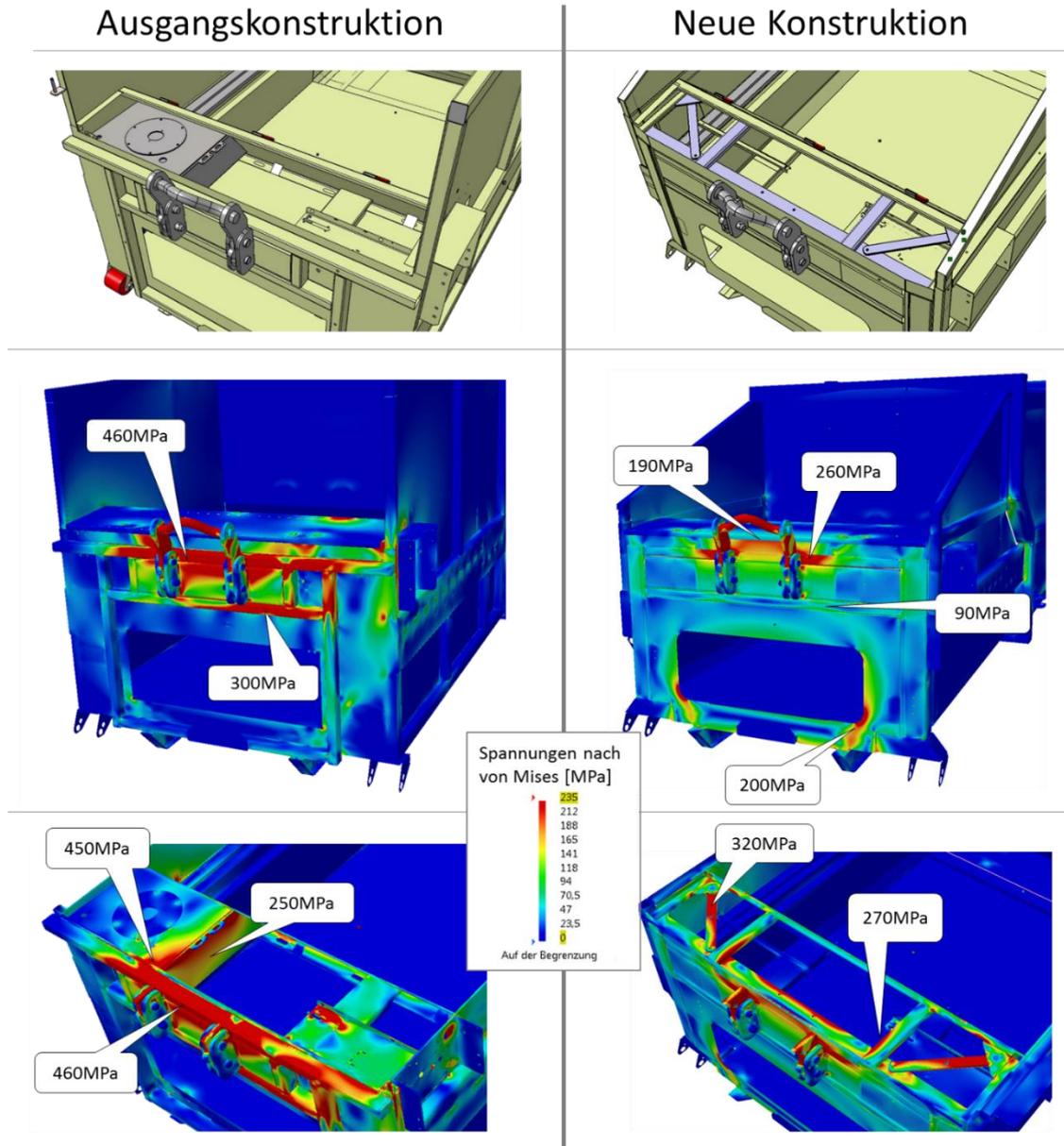


Abbildung 6-41: FEM-Ergebnisse der optimierten Frontstruktur im Vergleich zum Ausgang [1]

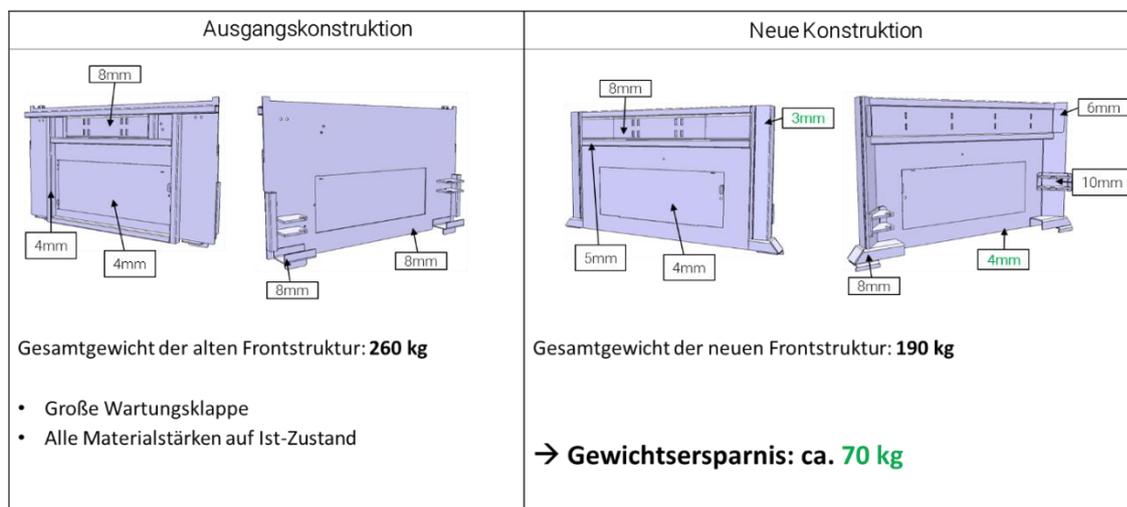


Abbildung 6-42: Gewichtvergleich zwischen Ausgangs- und neuer Konstruktion [1]

#### 6.4.7 Hecktür

Bei der Hecktür lag analog dem Behälter das Augenmerk auf eine funktionale Optimierung der Tür. Zum einen sollte der hintere Haken eingelassen werden sowie demontierbar aus zwei wesentlichen Gründen:

- a) der Haken kann dann im Servicefall, wenn die Verschleißgrenze erreicht ist, leichter und effizienter getauscht werden und
- b) der Haken dann analog dem vorderen Haken während der Anlieferung zum Kunden der AMO im geschlossenen Sattelaufleger demontiert sein. Somit ist der Transport von zwei MPC's mit 20m<sup>3</sup> möglich ohne das die Aufliebertür offen bleiben muss.

Des Weiteren sollte die Kontur des unteren Profils dahingehend optimiert werden, dass es sowohl innen als auch außen eine Schräge gibt. Innen zum besseren Abgleiten der Fraktion, im Behälter während des Pressvorganges. Außen um Wasser und Restmüll nicht wie bei der Ausgangstür auf dem Holm zu haben zur Vermeidung von Verschmutzungen und Rostbildung in diesem Bereich.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt für den Kunden ist hier die ‚Werbefläche‘, die bei der Ausgangsvariante der Tür zusätzlich durch zwei 4-Kantrohre unterbrochen wird.

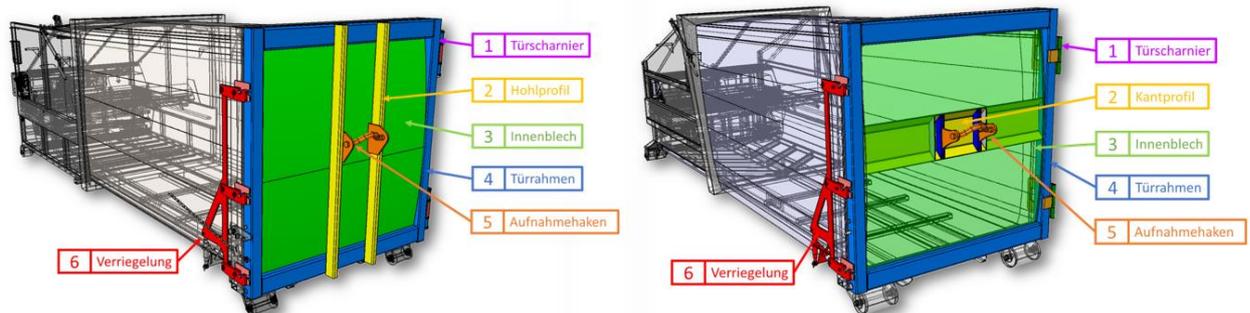


Abbildung 6-43: Vergleich Türvarianten ALT zu NEU [1]

Leider ist es mit den notwendigen funktionalen und optischen Optimierungen nicht gelungen das Gewicht gleich zu halten, was aber im Projekt aufgrund der Vorteile der neuen Tür akzeptiert wurde - siehe Abbildung 6-44: Gewichtsvergleich der Türvarianten .

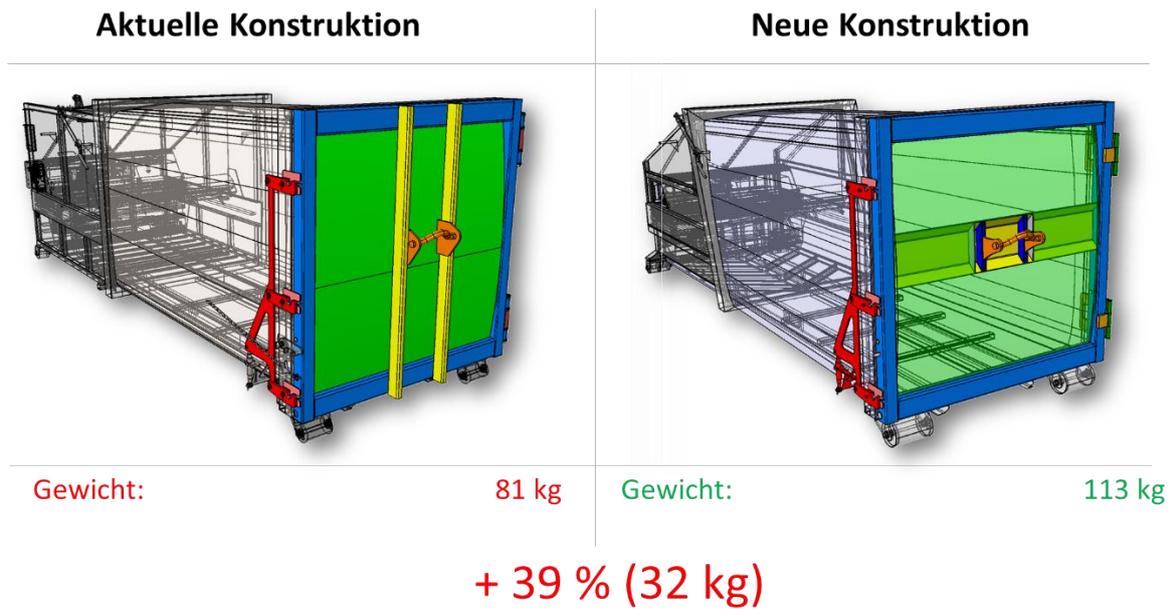


Abbildung 6-44: Gewichtsvergleich der Türvarianten [1]

#### 6.4.8 Prototypenkonstruktion

Die einzelnen Baugruppen wurden nach den jeweils einzelnen Optimierungen zusammengefügt und im Gesamtmodell noch einmal berechnet. Anschließend sind entsprechende Fertigungszeichnungen erstellt worden, so dass erste Prototypen für die Erprobung gebaut werden konnten.

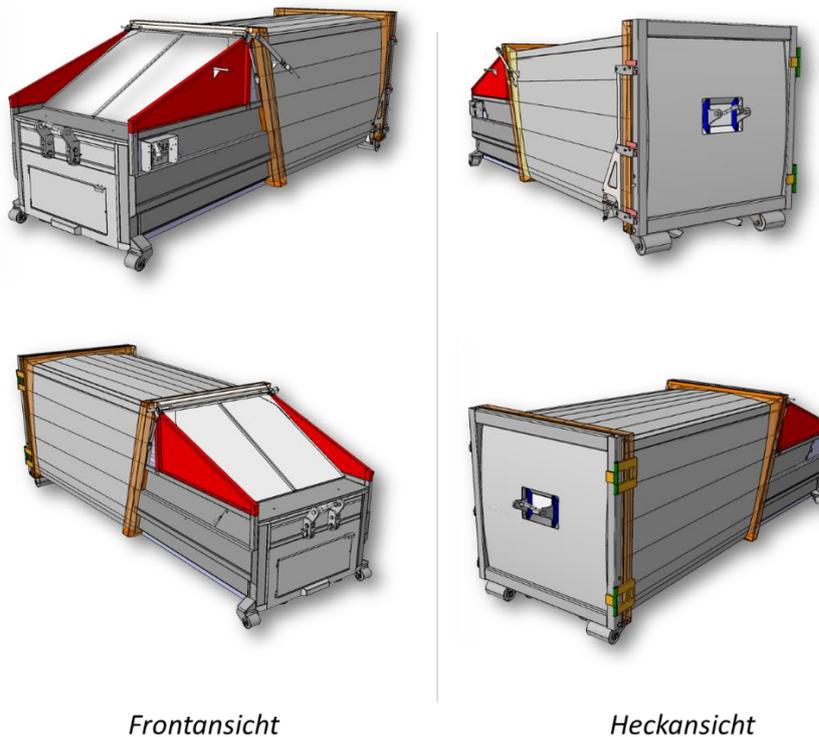


Abbildung 6-45: Gesamtansicht der Prototypenkonstruktion [1]

## 6.5 Konzept- und Prototypenerprobung

Bereits am Ende der Konzeptphase wurde entgegen des ursprünglichen Planes entschieden, für die gravierenden Änderungen im Bereich des Pressschildes als auch des Presskopfbodens Konzeptversuche zu machen. Hierfür wurde die Konstruktion abgeändert auf die bestehende Maschine. Somit konnte ein Pressschild bereits in die Maschine, die für die Messfahrten genutzt wurde, eingebaut werden. Eine weitere Komponente bestehend aus Presskopfboden und Pressschild wurde nach Absprache mit einem Kunden in eine Kundenmaschine zur Praxiserprobung eingebaut.

Bereits beim Einbau des Pressschildes in die Maschine kam es hier zu einem ersten gravierenden Schaden, da sich eine Aufnahmelasche für die Hydraulikzylinder aufgebogen hat - siehe Abbildung 6-46: Komponentenversuche - Erste Beschädigungen. Die Analysen des L/A/B haben dann ergeben, dass es hier durch den Einbau mit entsprechendem Druck auf die Seitenwände beim Zurückfahren des Pressschildes zu einem maximalen Druckaufbau von 200 bar gekommen ist. Bei den Messfahrten mit bereits eingelaufenen Pressschild wurden hier nur 40 bar gemessen.

Interessanter Nebeneffekt hier ist die Tatsache, dass ein ähnlicher Schaden inkl. Lösen des Bolzens auch bei älteren Maschinen bereits vorgekommen ist und durch die Untersuchungen auch hier die Ursache gleichzeitig ermittelt werden konnte.



Abbildung 6-46: Komponentenversuche - Erste Beschädigungen

Nach einer Überarbeitung der Konstruktion sowie der Baugruppe in der Maschine konnten dann aber die entsprechenden Versuche gemacht werden, inkl. Missbrauchsversuche wie in Abbildung 6-47: Missbrauchsversuche Pressschild, dargestellt. Dabei wurde hier aber auf entsprechende Messtechnik verzichtet.

In diesen Versuchen sowie den Versuchen mit der Baugruppe Presskopfboden konnten bis heute keine weiteren Beschädigungen festgestellt werden, so dass die Berechnung hier bestätigt wurden.



Abbildung 6-47: Missbrauchsversuche Pressschild

Zusätzlich wurden nach der Fertigstellung der Prototypenkonstruktion drei komplette Prototypen aufgebaut, die vor Ort bei der AMO, bei einem Kunden in der Region als auch einem Kunden in Skandinavien getestet wurden.

Hierbei wurde der Schwerpunkt auf die Lastfälle gelegt, die in der ersten Phase des Projektes herausgearbeitet wurden.

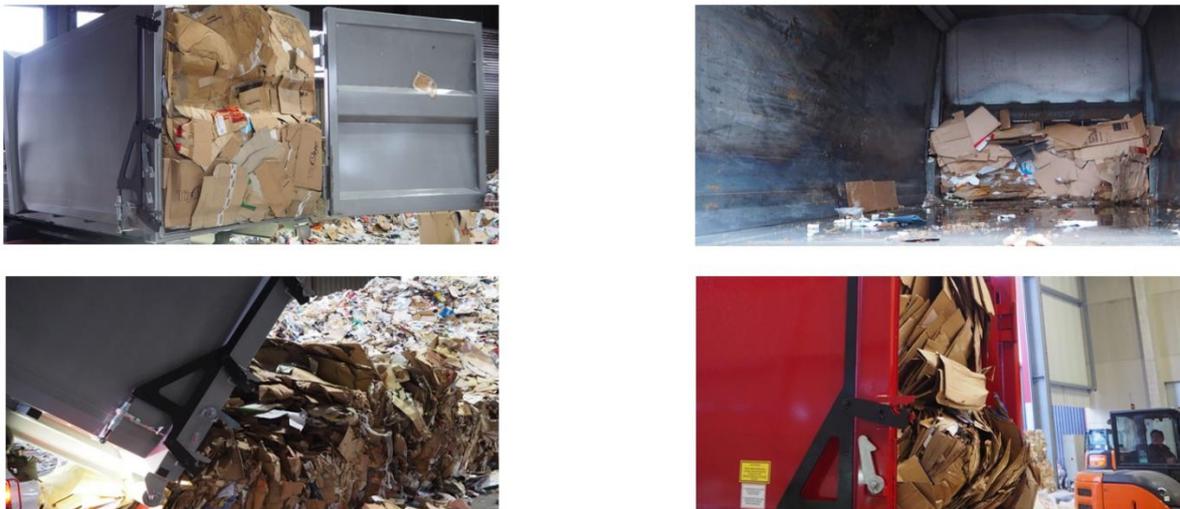


Abbildung 6-48: Prototypenerprobung mit PPK



Abbildung 6-49: Prototypenerprobung - Kompost (14t)

## 6.6 Serienentwicklung

Nach dem Abschluss der Prototypenkonstruktion, den Bau der ersten Prototypen und deren Versuche wurden die Konstruktion mit den Erkenntnissen und Erfahrungen aus diesen Tätigkeiten durch die AMO weiterentwickelt zur Serienreife.

Hierbei handelte es sich hauptsächlich um fertigungstechnische Optimierungen, die bei der Fertigung der Prototypen aufgetreten sind, als auch um Änderungen aufgrund der Erprobungsergebnisse. So mussten z.B. die Kantungen der Seitenwände des Behälter erhöht werden, da diese im realen Bauteil sich als zu schwach herausgestellt haben.

Des Weiteren wurden die relevanten Bauteile mit möglichen Serienlieferanten im Detail durchgesprochen, um mit ihren Erfahrungen weitere Effizienzgewinne z.B. durch die Ausnutzung der Laserplatinen bei den Stahlteilen zu erreichen. Auch hier stellt die Seitenwand des Behälters wieder ein gutes Beispiel da. Durch Beschnittoptimierungen im vorderen Bereich, als auch eine Verlegung der Stoßstelle zum unteren Anschlußblech konnte erreicht werden, dass das Bauteil für die 20m<sup>3</sup> Variante aus einem Grossformatblech mit 2x4m gefertigt werden konnte mit minimalen Verschnitt/Ausschuss.

### 6.6.1 Fertigungseinrichtungen

Ein wichtiges Augenmerk in der Serienentwicklung lag dann aber auch in der Abstimmung mit den parallel, durch einen externen Dienstleister, entwickelten Vorrichtungen für die Serienfertigung der Maschinen.

Die AMO hatte im Zuge des Projektes das Ziel, die Maschine nicht mehr ‚handwerklich‘ zu fertigen, sondern durch den gezielten Einsatz von Vorrichtungen folgende Verbesserungen zu erreichen:

- Reduzierung der nicht wertschöpfenden Arbeitsschritte durch den Entfall von Messarbeiten beim Einrichten der Teile sowie Fixierung der Bauteile durch Handspanner.
- Positionsgenaueres Einlegen der Teile in Vorrichtungen mit dem ‚Schnittkastenkonzept‘
- siehe Abbildung 6-50: Darstellung ‚Schnittkastenprinzip‘. Gerade dieses Thema ist eine wichtige Voraussetzung zur Umsetzung z.B. des Presskopfs ‚to Go‘. Denn nur so kann eine notwendige Wiederholgenauigkeit und Qualität der Baugruppe erreicht werden.
- Verbesserung der Ergonomie an den Schweißarbeitsplätzen um die ‚Ressource Mensch‘ zu schonen, durch ergonomisch günstige Schweißpositionen sowie Drehgestelle. Hierbei wurden vier verschiedene Arten von Vorrichtungen konzipiert, die in Abbildung 6-51: Darstellung der Vorrichtungsarten, dargestellt sind.



Abbildung 6-50: Darstellung ‚Schnittkastenprinzip‘

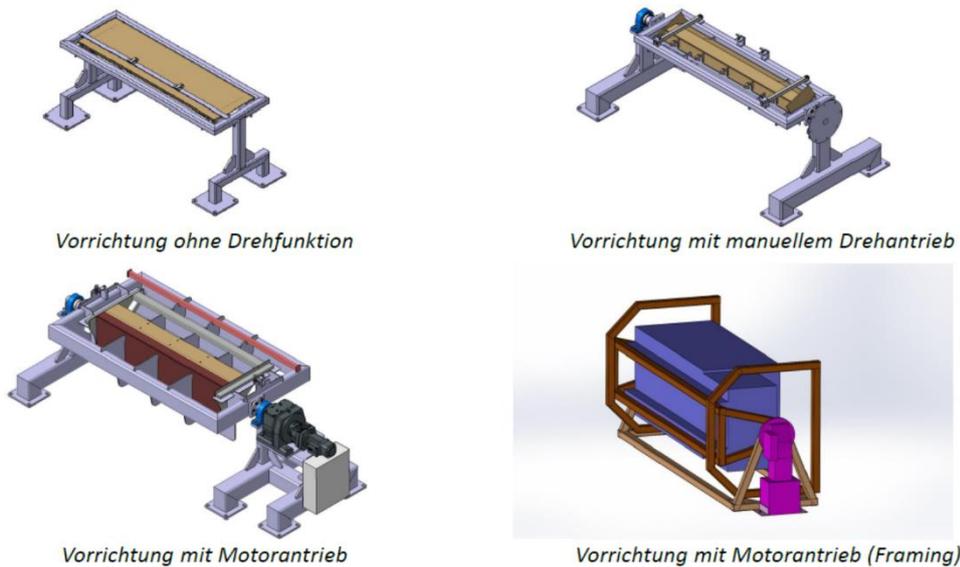


Abbildung 6-51: Darstellung der Vorrichtungsarten

Nach ersten Konzepten durch das Projektteam wurde die finale Auslegung der Vorrichtungen dann direkt von den jeweiligen Mitarbeitern der Produktion mit dem Vorrichtungskonstrukteur besprochen und abgenommen. Somit wurde sichergestellt, dass die Erfahrungen und Anregungen der späteren Fertigungsmitarbeiter gleich am Anfang mit in die Gestaltung der Vorrichtungen einfließen.

Des Weiteren wurde entschieden, im Zuge des Projektes auch das Thema ‚sanfte Automation‘ anzugehen. Die Automatisierung soll dabei helfen, viele einfache (aber auch gefährliche, monotone oder hohe Anforderungen an die Genauigkeit bzw. Schnelligkeit stellende) Tätigkeiten durch Maschinen auszuführen. Sanft dahingehend, dass hier die Mitarbeiter der AMO mitgenommen werden sollen und müssen. Die Produktion war bis dato eher ausgelegt wie ein Handwerksbetrieb und war und ist bei der Fertigung der Maschinen abhängig vom Know-how der Mitarbeiter. Trotzdem gibt es auch hier Tätigkeiten, wo der Mitarbeiter ‚froh ist‘, diese durch eine Maschine erledigen zu lassen. In diesem Projekt z.B. bei den Schweißnähten der Seitenwand. Hier wurde im Zuge der Umsetzung des Projektes dann auch in eine Roboterschweißanlage investiert mit einem kollaborierenden Roboter der Firma Universal Robots.

## 6.6.2 EntsorgerTelematik

Wie im Kapitel Elektrik/Elektronikkonzept bereits beschrieben lag ein Augenmerk im Projekt auf dem Thema Telematik, um die Effizienz bei der Entleerung des MPC's zu erhöhen. Untersuchungen in diesem Bereich haben gezeigt, dass der Einsatz einer dynamischen Füllstandsmeldung eine Reduzierung von Umweltbelastungen durch einen höheren Füllgrad des Containers, und damit einhergehend weniger Fahrten zwischen Kunde und Recyclinghof/Deponie verspricht. Eine Masterarbeit aus dem Jahr 2015 von Herrn Martin Anlauf (Business and Information Technology School, Iserlohn) zeigt hier z.B. eine Erhöhung des durchschnittlichen Containerfüllstandes von ca. 30% auf ca. 70% durch die Übermittlung des Füllgrades des Mobilen Presscontainers an den Entsorger, womit eine zu frühe Abholung vermieden wird.

Leider gibt es aber in der praktischen Umsetzung hier die Problemstellungen, dass trotz Telematik teilweise immer noch ‚auf Anruf‘ abgeholt wird, oder aber vor dem Wochenende, weil man Angst hat die Maschine könnte dann voll werden.

Hier gibt es den Lösungsansatz im Entsorgerportal der Firma Cognid eine sogenannte ‚Tankanzeige‘ mit Reichweiteninformation zu installieren. Vom Prinzip her wie es Besitzer neuerer PKW's von ihrem Fahrzeug her auch kennen, wo neben dem Tankinhalt die voraussichtlich noch zu fahrenden Kilometer unter Berücksichtigung des letzten Durchschnittsverbrauches angezeigt werden. Hilfreich ist hier, dass die Steuerung die Stromaufnahme des Motors misst, und hieraus sich der Befüllungsgrad des Behälters ermitteln lässt. Diese Werte werden über die Telematik auch an das Portal übertragen.

Durch das Thema ‚Ringtauchentsorgung‘, bei dem der Entsorger bei der Abholung des vollen MPC's gleich eine leere Maschine mitbringt und nur austauscht, ist dieses aber nur im Portal maschinenunabhängig machbar und nicht direkt an der Maschine.

Zusätzlich müssen über eine künstliche Intelligenz erst einmal Daten erfasst und bewertet werden, um eine Vorschau der Befüllung des Standortes zu haben. Somit wären dann auch die Peaks durch Wochenende o.ä. erfasst und könnten in der ‚Tankanzeige‘ Berücksichtigung finden. Nur bei ‚Sonderaktionen‘, wie z.B. verkaufsoffene Sonntage bei Möbelhäuser, müsste dann noch der Disponent oder Kunde eingreifen in die Logik.

Einen ersten Einblick hierzu zeigt das Bild unter Abbildung 6-52: EntsorgerTelematik. Eine Umsetzung für den Kunden konnte leider hier in der Projektlaufzeit noch nicht komplett erreicht werden, wird aber durch die AMO weiter vorangetrieben.



*Abbildung 6-52: EntsorgerTelematik*

Ein weiterer Punkt zum Thema Energieeffizienz beim MPC liegt in der Zyklanzahl der Presshübe. Bei den Maschinen der AMO lässt sich dieser einstellen von 1 bis 10. Wenn man bedenkt, dass ein Zyklus beim Abroller 63 Sekunden entspricht ist hier ein gewisses Potential vorhanden bzgl. des Energieverbrauches.

Aber auch hier hat das Thema Ringtausch einen negativen Effekt. Dadurch, dass die Maschine immer an einen anderen Ort steht mit dann unterschiedlichen Fraktionen und Gegebenheiten, kann nicht gezielt die Laufzeit eingestellt werden. Vielmehr wird hier die Standardeinstellung 5 Zyklen voreingestellt und im Laufe der Lebensdauer der Maschine im Regelfall auch nie verstellt.

Im Zuge des Projektes wurden hier aber bereits Lösungsansätze vorgehalten, die beim weiteren Ausbau der Entsorger Telematik dann final umgesetzt werden können.

So soll in Zukunft die Maschine nach der Aufstellung den Standort an das Portal melden. Wenn die Fraktion nicht eindeutig definiert ist, weil z.B. zwei Maschinen an einem Standort vorhanden sind, bestätigt der Disponent noch einmal die Fraktion. Das Portal wird dann über die vorhandenen Telematik der Steuerung die variablen Einstellparameter wie z.B. Zyklanzahl an die Maschine übertragen, die dann dort umgesetzt werden.

## 6.7 Serienanlauf

Mit dem Serienanlauf im 4. Quartal 2020 der Maschine ging es auch um die entsprechende Berichterstattung zu dem Projekt. Hierzu wurden verschiedene Aktivitäten gestartet.

Auf der Hannover Messe im April 2019 wurden die Arbeiten an dem Projekt als auch der Aufbau des Presskopf ‚to Go‘ durch das L/A/B ausgestellt - siehe hierzu Abbildung 6-53: Präsentation Presskopf 2019 auf Hannover Messe, als auch den entsprechenden Flyer in Anhang A.



Abbildung 6-53: Präsentation Presskopf 2019 auf Hannover Messe

Die AMO hat dann Anfang September 2019 Ihre Partner und Freunde aus aller Welt zur Präsentation der Maschine und der neu strukturierten Produktion nach Osnabrück eingeladen. Dieser Einladung sind rund 200 Besucher aus 19 Nationen gefolgt. Bei der Veranstaltung auf dem Firmengelände der AMO beteiligten sich auch alle Projektpartner und ein entsprechender Bericht erfolgte in der EU-Recycling. Siehe Anhang B sowie nachfolgende Abbildungen.

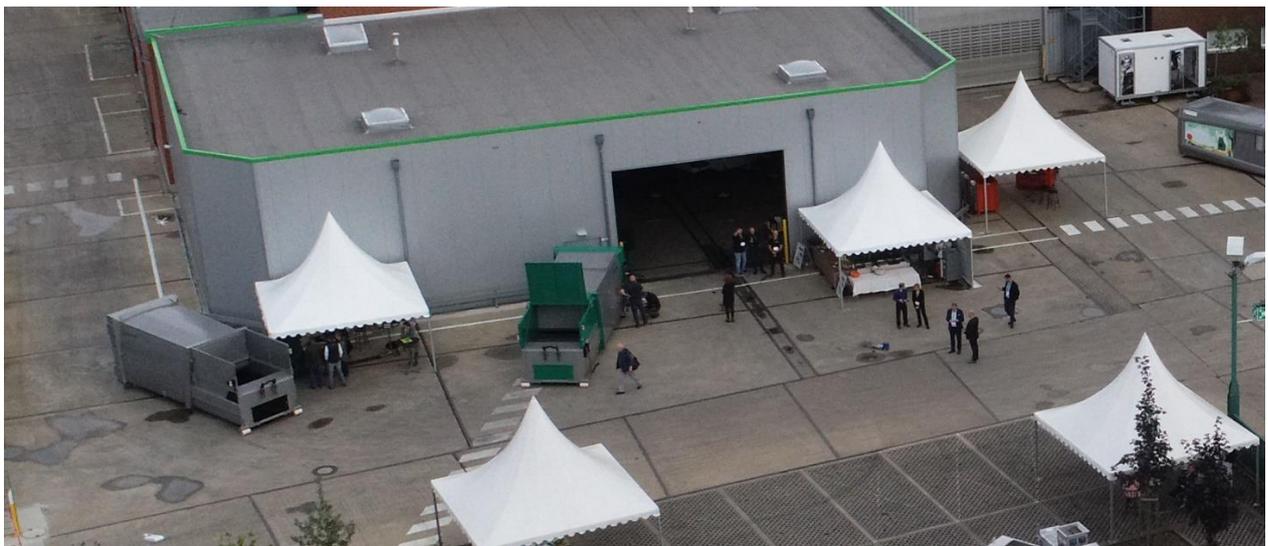


Abbildung 6-54: Bild Hausmesse

Eine weitere Präsentation war auf der Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft für die Branche, der IFAT 2020 in München geplant. Leider wurde diese Messe dann aber aufgrund der aktuellen Lage (Pandemie) abgesagt.

## 7 Fazit

Das Projekt hat einen sehr wichtigen Impuls für die Firma Avermann Maschinenfabrik GmbH&Co.KG gegeben hinsichtlich der weiteren Ausrichtung des Unternehmens in Hinblick auf die zukünftige Produktentwicklung, der Produktion sowie der internen Nachhaltigkeitsziele. Ohne diese geförderte Maßnahme wäre dieses in der Form sicherlich so nicht gelungen – DANKE!

Im Projekt selbst konnten leider einige Ziel nicht erreicht werden. So konnte das Gewicht des Mobilten Presscontainer als Abroller in der 20m<sup>3</sup> Variante zwar um rund 500 kg reduziert werden. Das ursprüngliche gesetzte Ziel von 1.000 kg musste aber bereits nach den ersten Messfahrten mit der aktuellen Maschine verabschiedet werden. Hier hat man bereits gesehen, dass einige Bereiche bereits ausgereizt bzw. überlastet sind. Auch im Hinblick auf die Produktkosten und der Fertigungsmöglichkeiten konnte mit Betrachtung der Marktlage keine weiteren gravierenden Materialoptimierung durch den Einsatz andere kostspieliger Werkstoffe unternehmerisch sinnvoll umgesetzt werden.

Es ist aber aus Sicht der AMO gelungen, viele Wünsche und Anregungen der Kunden und eigenen Mitarbeitern in den neuen Maschinen umzusetzen, was sich auch aus den ersten Rückmeldungen aus dem Markt zeigt.

Abzuwarten gilt, wie sich der Einsatz der neuen Elektronik und gerade des CAN-Bus auf Dauer etabliert. Wir sind davon überzeugt hier mit, in anderen Branchen etablierten Technik, einen wichtigen Schritt in die Zukunft gegangen zu sein, auch wenn sich die Produktkosten der Bedienelemente im Vergleich zur alten Variante erhöht haben. Inwieweit der Entsorgermarkt dieses als Vorteil annimmt muss die Zukunft zeigen.

Ein aus unserer Sicht in der Zukunft entscheidender Punkt bzgl. der Energie- und Ressourceneffizienz bei der Entsorgung mit dem Mobilten Presscontainer konnte leider noch nicht umfänglich gelöst werden, die EntsorgerTelematik. Sicherlich ist es im Projekt gelungen die Schnittstelle der Avermann MPC-Steuerung mit dem Portal der Firma Cognid komplett zu koppeln und erste Schritte zur Optimierung der Anzeigen und Informationen zu erreichen. Auch hat die Firma Cognid ein eigenständiges Portal für die Entsorgerbranche generiert und bietet den Unternehmen an, die Daten direkt in Ihr ERP System einzuspielen. Aber hier spielen jetzt Faktoren mit, die wir als Maschinenhersteller allein nicht ändern können. Wie verarbeite ich die unterschiedlichen Informationen der Maschinen von Marktbegleitern? Wie rüste ich alte Maschine nach? Hier gibt es keinen Standard hinsichtlich was, wann und wie. Es wäre aus unserer Sicht daher wünschenswert und zukunftsweisend einen Standard zu haben analog z.B. dem ISOBUS in der Landtechnik.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Masterarbeit über das Thema  
Anwendung progressiver Verfahrensweisen des konstruktiven Leichtbaus bei  
messdatenbasierter Entwicklung eines innovativen mobilen Presscontainers mit  
topologieoptimiertem Pressschild  
vorgelegt durch Peter Eisner, Hochschule Osnabrück  
August 2018
- [2] Master Thesis  
Einsparpotenzial bei der Abfuhr mobiler Presscontainer durch dynamische  
Füllstandsmeldung.  
Business and Information Technology School, Iserlohn  
vorgelegt durch Martin Anlauf  
August 2015

## 9 Anhänge

- A Flyer L/A/B von der Hannover Messe 2019
- B Bericht EU-Recycling