

Bachelorarbeit

Maksim Kress

Entwicklung einer Konstruktionsmethode für eine Produktfamilie im Sondermaschinenbau

Maksim Kress

**Entwicklung einer
Konstruktionsmethode für eine
Produktfamilie im Sondermaschinenbau**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau/ Produktionstechnik und -management
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:
AGT Altenwerder Gussasphalt Technology GmbH
Konstruktionsabteilung
Hittfelder Kirchweg 21
D-21220 Seevetal

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schelberg
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Daniel Kohnert

Abgabedatum: 27.02.2017

Zusammenfassung

Maksim Kress

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung einer Konstruktionsmethode für eine Produktfamilie im Sondermaschinenbau

Stichworte

CAD-Automation, SolidWorks, DriveWorks, Konfigurator, Konfigurationen, Variantenvielfalt, Produktfamilien

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung und Implementierung einer Konstruktionsmethode bei der eine signifikante Reduzierung der Konstruktionszeit einer Produktfamilie im Focus steht. Die Betrachtung und Bewertung der Realisierungsoptionen, sowohl in der CAD-Software SolidWorks als auch der auf dem Markt verfügbaren Zusatzlösungen in Form von CAD-Konfiguratoren ist impliziert.

Maksim Kress

Title of the paper

Development of a construction method for a product family in the special mechanical engineering

Keywords

CAD-Automation, SolidWorks, DriveWorks, configurator, configurations, wide variety, product family

Abstract

This report deals with the development and implementing of a construction method. In the Focus stands a significant reduction of the construction time of a product family. The consideration and assessment of the realization options, in the CAD software SolidWorks as well as the additional solutions available at the market in the form of CAD configurators is implied.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen ganz herzlich bedanken, die mich bei dieser Arbeit und während meines Studiums unterstützt haben.

Dabei bedanke ich mich bei der Firma AGT GmbH und meinen Arbeitskollegen. Besonders danke ich Dipl.-Ing. Daniel Kohnert und Dipl.-Ing. Michail Lechler die mich tatkräftig unterstützt haben.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schelberg danke ich für die nette Betreuung meiner Bachelorarbeit an der HAW Hamburg.

Ein großer Dank geht an meine Familie, insbesondere an meine Eltern und meine Geschwister für die seelische- und moralische Unterstützung während meines Studiums.

Auch möchte ich ein großes Lob und Dank an meine Kommilitonen, Leon Seifert und Konstantin Schiller für die gute, erfolgreiche und humorvolle Zusammenarbeit während der gesamten Zeit des Studiums aussprechen.

I Inhaltsverzeichnis

II	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	3
III	Abkürzungsverzeichnis	4
1	Einleitung	5
1.1	Aufgabenstellung	5
1.1	Gliederung der Arbeit	6
2	Analyse der Produktfamilie	6
2.1	Technische Funktionsweise	6
2.2	Gegenwärtiges Konstruktionsprinzip	8
2.2.1	Produktfamilie als Teil des Produktportfolios	9
2.2.2	Partiell realisiertes Baukastensystem	10
2.2.3	Aufbau von Komponenten	11
2.3	Auftragsablauf	12
2.4	Firmeninterne Anforderungen an das Ergebnis	14
3	Methodisches Basiswissen	15
3.1	Konfiguratoren	15
3.1.1	Ziele, Nutzen und Potenzial	16
3.1.2	CAS-Konfiguratoren	17
3.1.3	CPQ-Konfiguratoren	17
3.1.4	ERP-Konfiguratoren	18
3.1.5	CAD-Konfiguratoren	18
3.1.6	Rolle in der Industrie 4.0	19
3.2	Grundprinzipien der Produktkonfiguration in der Konstruktion	19
3.2.1	Bauräume	20
3.2.2	Schnittstellen	23
3.2.3	Abhängigkeiten	25
3.3	Technische Anforderungen	28
4	Realisierungsoptionen in SolidWorks	29
4.1	SolidWorks Lösungen	29
4.1.1	Konfigurationen	29
4.1.2	Makros	30
4.2	Alternative Lösung	31
4.2.1	DriveWorks	31
4.2.2	Vergleich von DriveWorksXpress und Solo	31
4.3	Bewertung und Auswahl der zum Einsatz kommenden Software	34
5	Generische Realisierung	36
5.1	Anwendungsbezogene Vorbereitungen	36

5.1.1	Analyse der Produktfamilie	36
5.1.2	Nomenklatur	37
5.1.3	Benutzeroberfläche.....	39
5.2	Anwendung	40
5.2.1	Wechselwirkung zwischen 3D und 2D.....	40
5.2.2	Vorgehensstrategien.....	41
5.3	Einzelteile, Baugruppen – und Zeichnungen	42
5.3.1	Einzelteile	43
5.3.2	Baugruppen	47
5.3.3	Zeichnungen	49
5.4	Manuell durchzuführende Tätigkeiten	52
6	Nutzen	53
6.1	Qualitativ und Quantitativ	53
6.2	Handlungsempfehlungen und -möglichkeiten.....	54
7	Zusammenfassung/Fazit	56
8	Dokumentation	57
9	Literatur	59
Anhang	61
Erklärung		

II Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

- Bild 01:** Seitliche Schnittansicht, S.7
Bild 02: Draufsicht, S.7
Bild 03: Kraftverlauf, S.8
Bild 04: Produktportfolio der AGT GmbH, S.9
Bild 05: Volldefinierte Skizze, S.11
Bild 06: Auftragsablauf, S.12
Bild 07: Auswahlmöglichkeiten, S.13
Bild 08: Verbesserungen in einzelnen Unternehmensbereichen, S.16
Bild 09: Ausgewählte Bauräume, S.20
Bild 10: Anordnung der Rührarme, S.21
Bild 11: Bauraum der seitlichen Auslässe, S.22
Bild 12: Ausgewählte Schnittstellen, S.23
Bild 13: Anbindungspunkt – Chassis mit Kessel, S.23
Bild 14: Auslassöffnung, S.24
Bild 15: Rührwerk, S.25
Bild 16: Komponentenpositionsänderung in Folge der Höhenänderung, S.26
Bild 17: Nutzwertanalyse, S.34
Bild 18: Nomenklatur, S.38
Bild 19: Benennung auf der obersten Ebene, S.38
Bild 20: Benutzeroberfläche, S.39
Bild 21: Zusätzliche Komponenten, S.40
Bild 22: Verschachtelte If-Funktionen, S.42
Bild 23: Kesselrohr, S.44
Bild 24: Ausschnitt für seitlichen Auslass, S.45
Bild 25: Steuerung der Referenzgeometrie, S.46
Bild 26: Instances, S.47
Bild 27: Notwendige Ergänzungen in Zeichnungen, S.49
Bild 28: Ansichten spezifische Änderungen, S.50
Bild 29: Stücklistenpositionierung, S.51
Bild 30: Diagramm - Durchlaufzeiten der automatischen Konstruktion, S.53
Bild 31: Komponenten mit den dazugehörigen Regelzuweisungsnummern, S.57
Bild 32: Zum Einsatz kommenden Regeln, S.58
- Tabelle 01:** Firmeninterne Anforderungen, S.14
Tabelle 02: Ziele/Nutzen von Konfiguratoren, S.16
Tabelle 03: Technische Anforderungen, S.28
Tabelle 04: Steuerungsmöglichkeiten von Einzelteilen und Baugruppen, S.32
Tabelle 05: Steuerungsmöglichkeiten von Zeichnungen, S.32
Tabelle 06: Zuordnung – Kontrollart, S.58

III Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAS	Computer Aided Selling
CNC	Computerized Numerical Control
CPQ	Configure Price Quote
CRM	Customer Relationship Management
DWG	Drawing
DXF	Drawing Exchange Format
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise-Resource-Planning
GTK	Gussasphalttransportkessel
PDF	Portable Document Format
PDM	Produktdatenmanagement
VBA	Visual Basic for Applications

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die Altenwerder Gussasphalt Technology GmbH hat sich seit ihrem Gründungsjahr 2002 hauptsächlich auf die Entwicklung und Produktion von Maschinen zur Herstellung, zum Transport und zum Einbau des Baustoffes Gussasphalt spezialisiert.

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine neue Konstruktionsmethode für die Produktfamilie senkrechte Gussasphalttransportkessel entwickelt und eingeführt werden.

Diese Familie von Gussasphalttransportmaschinen sind beheizte und mit einem vertikalen hydraulischen Rührwerk ausgestattete Gussasphalttransportkessel (GTK) mit einer Nutzlast von 12t bis 16t. Der Kesseltyp mit der entsprechenden Nutzlast wird vom Kunden gewählt in Abhängigkeit vom Fahrzeug, auf dem der Kessel aufgebaut wird.

Alle Kessel dieser Familie haben den gleichen Durchmesser und die gleichen Ausstattungsmöglichkeiten. Sie unterscheiden sich lediglich durch die Gesamthöhe.

Als Ausstattungsmöglichkeiten können u.a. gewählt werden:

- Art der Beheizung – Gas oder Öl
- Größe, Lage und Anzahl der Auslassöffnungen
- Leichtbau unter Verwendung anderer Materialien

Die individuelle Ausstattung der Maschinen und die kurze Auslieferungszeit an den Kunden von acht bis zehn Wochen erfordern eine schnelle Auftragsabwicklung in der Konstruktion, dem Einkauf und der Arbeitsvorbereitung sowie einen reibungslosen Fertigungsablauf.

In der Konstruktion sollen der Aufwand und die Zeit (derzeit ca. 60 Stunden) für die kundenspezifische Zusammenstellung der Maschine signifikant verringert werden.

Hauptziel dieser Arbeit ist es, den Zeitaufwand in der Konstruktion bei der schnellen und flexiblen Bedienung der Kundenerwartungen und –wünsche inkl. etwaiger Änderungen zu reduzieren. Die neue Konstruktionsmethode soll dabei sowohl in den vorhandenen EDV-Systemen wie bspw. CAD und PDM als auch in der Ablauforganisation abgebildet werden. Dies schließt die Evaluation der vorhandenen Umgebung als auch marktverfügbarer Standardlösungen ein.

Folgende Randbedingungen sind bei der Entwicklung einer Konstruktionsmethode für eine Produktfamilie zu berücksichtigen:

- Kompatibilität zu bestehenden Konstruktionsdaten und -schnittstellen
- Erweiterbarkeit der Produktfamilie
- Berücksichtigung nachträglicher Änderungen für die gesamte Produktfamilie
- Prinzipielle Anwendbarkeit auf andere Produktfamilien

1.1 Gliederung der Arbeit

Nun da die Problemstellung und das Ziel der Arbeit vorgestellt worden sind, wird zunächst die betroffene Produktfamilie im **Kapitel 2** einer Analyse unterzogen. Aus der Analyse folgt unter anderem die Beschreibung der technischen Funktionsweise der Produktfamilie. Außerdem werden die Variantenvielfalt und die Ausstattungsmöglichkeiten abgebildet. Abschließend folgt eine Auflistung der firmeninternen Anforderungen an das Ergebnis. Das **Kapitel 3** beschreibt das Basiswissen rund um die Thematik der Konfiguratoren. Insbesondere wird hier auf die Grundprinzipien der Produktkonfiguration in der Konstruktion eingegangen. Resultierend werden in diesem Kapitel die technischen Anforderungen an die Lösung formuliert. Anschließend werden die Realisierungsoptionen im **Kapitel 4** dargestellt. Eine Evaluation und Auswahl einer Option anhand der Anforderungen aus dem Kapitel 2 und Kapitel 3 ist impliziert. **Kapitel 5** stellt die allgemeingültige Realisierung anhand der Produktfamilie GTK 12-16 S dar. Die erforderlichen vorbereitenden Maßnahmen, als auch die anschließende Anwendung mit Vorgehensstrategien sind im Kapitel 5 enthalten. Außerdem werden notwendige Änderungen der CAD-Konstruktion an ausgewählten Beispielen abgebildet. Eine Beschreibung der manuell durchzuführenden Tätigkeiten schließt das Kapitel ab. Der quantitative und qualitative Nutzen der Lösung wird in **Kapitel 6** dargestellt. Darauf folgt eine Handlungsempfehlung des Autors dieser Arbeit zu den weiteren Vorgehensmöglichkeiten. **Kapitel 7** beinhaltet eine Zusammenfassung der Arbeit. Im **Kapitel 8** wird eine Dokumentation der angewendeten Lösung aufgezeigt. Die Arbeit schließt mit dem **Kapitel 9**, der Literatur die bei der Durchführung zum Einsatz kam, ab.

2 Analyse der Produktfamilie

2.1 Technische Funktionsweise

Die Produktfamilienmitglieder sind senkrecht stehende Gussasphaltkocher die entweder auf LKW-Chassis oder Anhänger-Chassis aufgebaut werden. Sie dienen zum Transport des fertigen Mischgutes von der Mischanlage bis zur Baustelle. Der Kessel besteht aus einem vertikalen Kesselrohr, welches durch einen nach oben gewölbten Kesselboden in einen unten befindlichen Brennraum und den darüber liegenden Laderaum für Gussasphalt aufgeteilt ist. Der Kessel ist oben mit einem Deckel geschlossen in den das Rührwerk eingehängt ist. Dieses ist erforderlich um die Homogenität der Mischgutmasse während des Transportes zu erhalten. Bei gefülltem Kocher ist das Rührwerk permanent anzutreiben, da sonst das feststecken des Rührwerks Folgeschäden an der Maschine verursachen kann. Außerdem kann mit entsprechender Vorsicht Gussasphalt aufgekocht werden. Hierfür befindet sich unter dem Kesselboden ein Feuerraum, der nach unten mit einem Isolierboden abgeschlossen wird. Der Kessel wird mit Gas- oder Ölbrennern beheizt. Der Gussasphalt muss auf 210 bis 240°C aufgeheizt werden. Dies ist der optimale Verarbeitungstemperaturbereich für Gussasphalt. Um das Kesselrohr herum ist ein Rauchgaskanal konstruiert. Durch diesen werden die Abgase aus dem Feuerraum nach oben in die Kaminöffnungen geführt. So kann die Wärme der Abgase ebenfalls genutzt werden um den Gussasphalt zu erwärmen. Der Rauchgaskanal wird von

außen mit Steinwolle isoliert und durch ein Edelstahlblech als Außenverkleidung abgedeckt.

Der prinzipielle Arbeitsprozess ist im **Bild 01** dargestellt. Zunächst wird der Kessel durch den Einlauf mit Mischgut beschickt. Während des Transportes findet ein dauerhafter Mischprozess durch das Rührwerk statt. Zudem kann durch die Beheizung die Mischung erwärmt werden. Durch Öffnen des hydraulischen bzw. mechanischen Auslasses fließt der Gussasphalt für den weiteren Einbau auf die Bearbeitungsfläche.

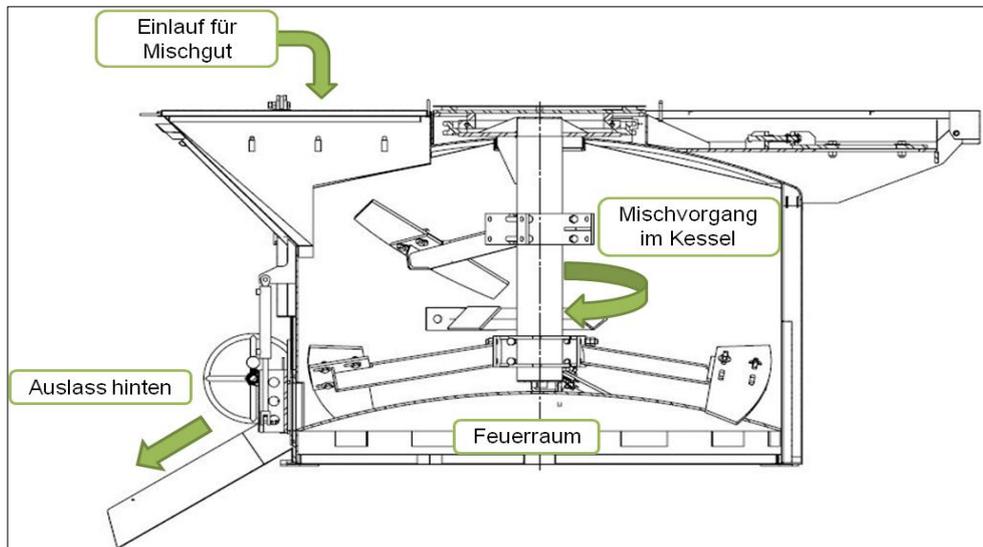


Bild 01: Seitliche Schnittansicht

Jeder Kessel verfügt über mind. einen mechanischen oder hydraulischen Auslass. Zusätzliche Auslässe werden nach Kundenwunsch ergänzt. In **Bild 02** sind die möglichen Auslasspositionen dargestellt.

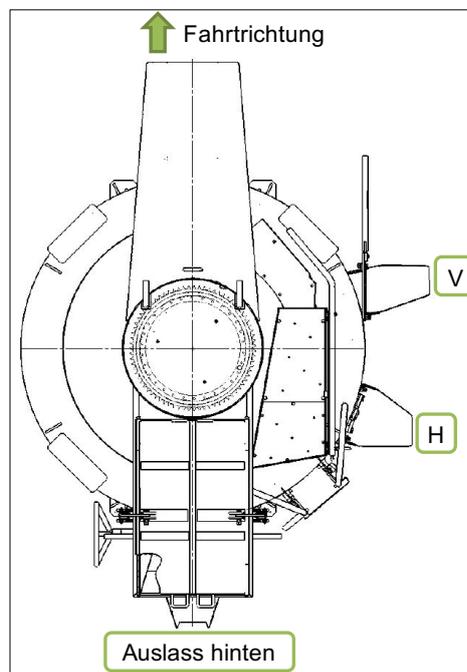


Bild 02: Draufsicht

In **Bild 03** ist der Kraftverlauf von Dieselmotor bis zum Rührwerk dargestellt. Der Antrieb des Rührwerkes erfolgt hydraulisch. Die hydraulische Leistung stellt ein Dieselmotor der Firma HATZ mit angeschlossener Hydraulikpumpe zur Verfügung. Der im offenen Kreislauf angetriebene Hydraulikmotor überträgt das Drehmoment über ein Kettengetriebe auf das Rührwerk.

Druck bis 380bar, Moment bis 45.000Nm, Kettengetriebe 75/11, Kette 24-B2

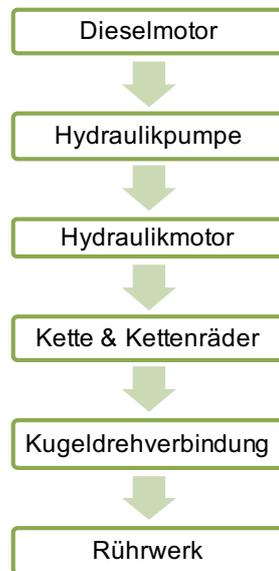


Bild 03: Kraftverlauf

2.2 Gegenwärtiges Konstruktionsprinzip

Das Erstellen der Konstruktion erfolgt mit der CAD-Software SolidWorks. Für die Konstruktion ist bei der AGT GmbH keine niedergeschriebene Konstruktionsrichtlinie vorhanden. Stattdessen sind grundsätzliche Absprachen getroffen worden um die Konstruktion zu vereinheitlichen.

Prinzipiell kommt beim neuerstellen von Konstruktionen die Bottom-Up Arbeitsweise zum Einsatz. Dabei werden zunächst einzelne Bauteile generiert und anschließend zu einer Baugruppe zusammengesetzt. [vgl. STEL09,148]

Bei der zu untersuchenden Produktfamilie handelt es sich um eine sehr umfangreiche Baugruppe mit bereits bekannten Abhängigkeiten zwischen den Komponenten. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Top-Down Arbeitsweise angewendet wird. [ebd.148]

Wird allerdings eine Unterbaugruppe der gesamten Produktfamilie neu konstruiert, z. B. aus kostentechnischen Gründen, wird eine Mischform beider Arbeitsweisen eingesetzt.

Die gesamte Produktfamilie besteht in voller Ausstattung aus mehr als 440 Komponenten. Das Zusammensetzen der Komponenten wird bei beiden Arbeitsweisen durch Verknüpfungen realisiert. Die Baugruppenstruktur der Konstruktion entspricht der Fertigungsreihenfolge.

Zurzeit wird jede Konstruktion der Produktfamilie individuell für einen Auftrag konstruiert. Es wird dabei eine Mischform aus Anpassungs- und Variantenkonstruktionen erstellt.

Anpassungskonstruktionen ändern das Lösungsprinzip nicht, es wird lediglich die Gestaltung der Konstruktion an neue Anforderungen bzw. Randbedingungen angepasst. Bei Variantenkonstruktionen werden dagegen die Größe und/oder Anordnungen von Einzelteilen und Baugruppen innerhalb von vordefinierten Grenzen variiert. [vgl. PAHL07,94]

2.2.1 Produktfamilie als Teil des Produktportfolios

Die betroffene Produktfamilie ist ein Teil eines umfangreichen Produktportfolios. In **Bild 04** ist der größte Teil des gesamten Produktportfolios der AGT GmbH dargestellt.

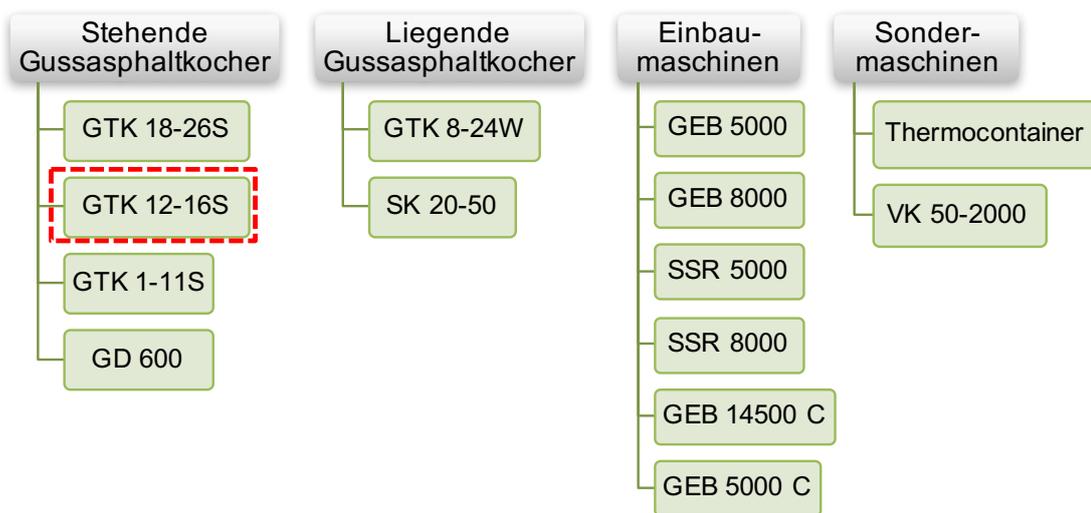


Bild 04: Produktportfolio der AGT GmbH

Die Bildung von Produktfamilien ist ein wichtiger Schritt für das Management der Variantenvielfalt. Dieser Schritt ist bereits in der Vergangenheit der AGT GmbH durchgeführt worden. Durch die in der Zeit entstandenen Veränderungen sowohl auf dem Markt, als auch firmenintern, haben sich die im Bild 04 abgebildeten Produktfamilien geändert. Die Bedienung von individuellen Kundenwünschen hat zusätzliche Konstruktionsvarianten hervorgebracht. Dies trifft insbesondere auf die Produktfamilie GTK 12-16 S zu. Die Unterteilung in Produktfamilien ist nach wie vor ein sinnvolles Vorgehen. Allerdings ist eine Neubeurteilung der zu der Produktfamilie zugehörigen Varianten unumgänglich.

2.2.2 Partiiell realisiertes Baukastensystem

Baukastensysteme bestehen aus einer Menge von Bausteinen. Die Gestalt und Funktion der Bauteile kann gleich oder unterschiedlich sein. Durch das Zusammensetzen dieser Bausteine können verschiedene technische Systeme erzeugt werden. Das Entwickeln von Produkten aus einem Baukastensystem bringt viele Vorteile mit sich. Es reduziert die Teilvielfalt an Komponenten des gesamten Produktportfolios. [vgl. KOLL98,346 f.]

Die AGT GmbH hat im Jahr 2012 angefangen ein Baukastensystem einzuführen. Ziel dieses System war es die Teilevielfalt zu reduzieren und möglichst viele Gleichteile zu schaffen. Als Gleichteile werden in diesem Fall Bauteile angesehen, die die gleichen Abmessungen und die gleiche Funktion in unterschiedlichen Produktfamilien haben. Hierfür wurde eine einheitliche Nomenklatur geschaffen. Komponenten werden mit einer sechs Stelligen Nummer benannt. Zu diesem Zweck besitzt jeder Mitarbeiter der Konstruktionsabteilung einen Nummernpool. Als Beispiel für ein Gleichteil können die Auslassvorrichtungen dienen. Diese werden in diversen Maschinen verbaut.

Durch die umfangreiche Anzahl von Komponenten aus denen die jeweiligen Produktionsfamilien bestehen ist nur eine partielle Umsetzung eines Baukastensystems möglich.

Die gesamten Daten hierfür werden mit der Workgroup PDM Software, die in SolidWorks integriert wird, verwaltet.

Der Einsatz eines Baukastensystems wirkt sich zudem auf das ERP-System Beosys aus. Die Schnittstelle zwischen dem ERP-System und der CAD-Software wird mittels eines in Excel generierten Tools bewerkstelligt. Dabei wird eine detaillierte Stückliste eines Auftrages aus dem CAD-System exportiert. Hierfür sind alle Komponenten der Maschine mit Artikelkennzeichnungen zu versehen. Bei der Artikelkennzeichnung wird unter anderem zwischen Brenn bzw. Laser- und Drehteilen unterschieden. Außerdem werden Informationen über die Gestalt, Material und Anzahl übertragen. Diese Informationen werden in den Eigenschaften der Komponenten eingetragen. Die Baugruppenstruktur und somit auch die Fertigungsreihenfolge sind impliziert. Es folgt ein Import in das ERP-System. Nach dem Import kann die Stückliste im Einkauf und der Produktion zum Einsatz kommen. Die Gleichteilverwendung ist hierfür notwendig. Diese vermeiden das Anlegen von neuen Artikeln für geometrisch- und funktionsgleiche Bauteile in dem ERP-System.

2.2.3 Aufbau von Komponenten

Dieses Kapitel soll einen Einblick in die Konstruktionsweise der Einzelteile und Baugruppen geben.

Einzelteile

Ein Einzelteil ist standardmäßig mit Referenzgeometrien ausgestattet. Zu diesen gehören drei Ebenen und ein Ursprungspunkt. Für die Einzelteilerstellung muss zunächst eine Skizze in 2D auf einer Referenzebene gezeichnet werden. Diese wird anschließend in die dritte Dimension ausgetragen. Die Skizzen sind hierfür an Eckpunkten bzw. Schwerpunkten der Einzelteile ausgerichtet. In **Bild 05** ist die Skizze für ein Einzelteil, welche an einem Eckpunkt ausgerichtet ist dargestellt. Teilweise sind die Skizzen für die Einzelteile der Produktfamilie symmetrisch aufgebaut. Skizzen müssen immer vollständig definiert werden, bevor das Austragen in die dritte Dimension erfolgen kann. Das vollständige Definieren wird mit Hilfe von Verknüpfungen (z. B. Tangential, Senkrecht, Deckungsgleich) und durch das Festlegen der Abmessungen bewerkstelligt (siehe Bild 05).

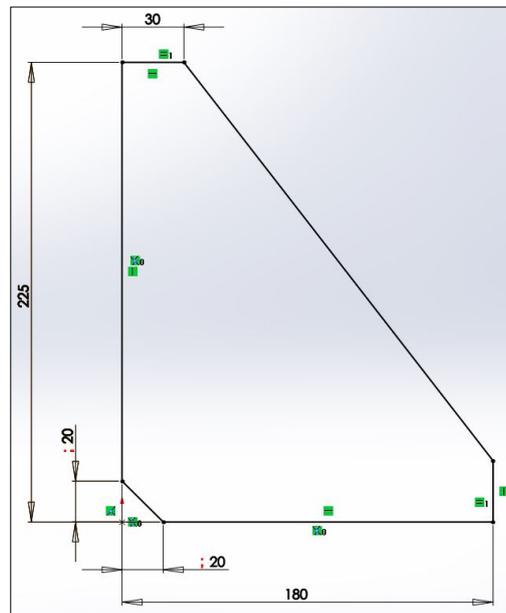


Bild 05: Volldefinierte Skizze

Bleche die gewalzt/gekantet werden, müssen mit dem Blech-Feature generiert werden. Dieses Feature erlaubt eine anschließende Erstellung der Abwicklung in der Zeichnung. Für die Bleche die als Brenn- und Laserteile ausgeführt sind ist ein zweites Zeichnungsblatt zu erstellen. Dieses soll als Grundlage für die Fertigung im Laserbetrieb dienen. Erforderliche Bohrungen bzw. Gewinde sind mit dem Bohrungsfeature zu realisieren.

Baugruppen

Diese bestehen aus Einzelteilen die durch Abhängigkeiten zueinander bzw. zu fest definierten Referenzgeometrien ausgerichtet sind. Zu den festen Referenzgeometrien gehören standardmäßig drei Ebenen und ein Ursprungspunkt. Bei Bedarf werden bzw. können weitere Referenzgeometrien hinzugefügt werden. Teilweise sind die Baugruppen

symmetrisch aufgebaut. Dabei werden die Verknüpfungen über Ebenen generiert. Dies kommt nachträglichen Änderungen zugute und reduziert somit die Konstruktionszeit.

Die Nutzung von Konfigurationen ist bis auf wenige Ausnahmen untersagt. Zu den Ausnahmen gehört unter anderem die Darstellung von ausgefahrenen bzw. eingefahrenen Hydraulikzylindern oder das Darstellen von geöffneten Zuständen der Maschine.

Die Erstellung von Ausschnitten bzw. Bohrungen kann, wenn fertigungsbedingt erforderlich, in der Baugruppe erstellt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die in Baugruppen generierten Bohrungen nicht an die "Kinder" bzw. Einzelteile vererbt werden. Ansonsten kann es zu Fertigungsfehlern kommen.

Verbindungselemente wie Schrauben und Muttern werden eingefügt, wenn die gesamte Maschine bzw. Baugruppen der Maschine fremdgefertigt werden. Bei der Eigenfertigung sind Verbindungselemente ab einer bestimmten Größe (M10 bei Schrauben) eingefügt. Dies wirkt sich positiv auf die Konstruktionszeit aus.

Um den konstruktiven Aufwand gering zu halten werden Schweißnähte in den Zeichnungen symbolisch dargestellt. Hydraulische und elektrische Leitungen werden nicht dargestellt.

Für die Heizungsanlage und die Wärmedämmung werden Dummies verwendet, damit diese in der Bestellstückliste auftauchen. So kann garantiert werden, dass bei der Fertigung alle Komponenten zur Verfügung stehen.

2.3 Auftragsablauf

Damit ein Auftrag zustande kommt, werden zunächst Gespräche mit dem Kunden geführt. Auf diese Art werden die Anforderungen des Kunden an die Funktion der Maschine ermittelt. In dieser Phase ist es von großer Wichtigkeit den Kunden umfassend zu beraten. Dadurch können Missverständnisse a priori ausgeschlossen werden. Anhand der Kundenanforderungen ist dann ein Angebot zu erstellen. Während der Angebotsphase können weitere technische und preisliche Details geklärt werden. Anschließend, nachdem alle Unklarheiten geklärt sind, kommt es zum Auftrag. Ab diesem Zeitpunkt startet die Konstruktionszeit. Durch lange Lieferzeiten von Komponenten müssen einzelne Bestellungen bereits vor dem Beenden der Konstruktion getätigt werden. Aus diesen Grund muss die Zeit T, wie in **Bild 06** dargestellt, reduziert werden. In dem sich diese Zeit reduziert, reduziert sich auch die gesamte Auftragsdurchlaufzeit.

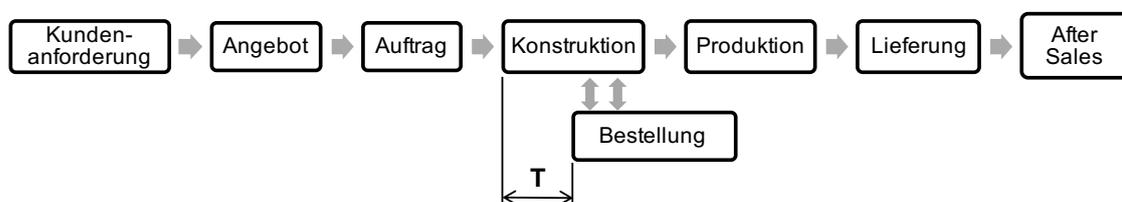


Bild 06: Auftragsablauf

Für die Produktfamilie GTK 12-16 S stehen dem Kunden diverse Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung. Die dementsprechend entstehende theoretische Anzahl an möglichen Konfigurationen k der Produktfamilie lässt sich mit der folgenden Formel berechnen:

$$k = \prod_{i=1 \dots m} n_{Mi}$$

Durch die Multiplikation der Anzahl n der möglichen Ausprägungen der Auswahlmöglichkeiten M ergeben sich für die Produktfamilie 48000 theoretisch mögliche Konfigurationen. Bei der theoretischen Berechnung werden allerdings keine Einschränkungen oder Regeln beachtet und somit auch technisch nicht realisierbare Konfigurationen zugelassen. In der Wirklichkeit reduziert sich die Anzahl der Konfigurationen für die vorliegende Produktfamilie auf 24000. [vgl. BLUM09, 43]

Im **Bild 07** sind die Auswahlmöglichkeiten in zwei Stufen dargestellt. In der ersten so genannten Variantenstufe kann zunächst zwischen Kesseltyp, Bauart und Brennerart gewählt werden. Anschließend, in der zweiten Variantenstufe sind die gewünschten bzw. geforderten Ausstattungsmerkmale zu wählen. Als Ergebnis der Auswahl würde folgende Maschine entstehen:

Kesseltyp GTK 16 S mit der Leichtbauausführung und einem gasbeheiztem Brennerraum.

Die Maschine ist mit einem eckig hydraulischen Auslass hinten, einem runden hydraulischen Auslass seitlich hinten und einem eckig mechanischen Auslass seitlich vorne ausgestattet. Die Schurre für den hinteren Auslass dient dabei der Entleerung des Mischgutes in Eimer. Die Maschine verfügt über einen hydraulischen Einlauf, eine Arbeitsplattform und eine Leiter. Die Leiter wird ohne Schutzblech hergestellt.

Variantenstufe 1					
Kesseltyp		Bauart		Brennerart	
GTK 12-16S		Normal		Gas	
		Leichtbau		Öl	

↓

Variantenstufe 2						
Auslass	hinten	seitlich vorne	seitlich hinten	Schurre hinten		
		rund mechanisch			für Eimerentleerung	
		rund hydraulisch			für Bohlenentleerung	
		eckig mechanisch			Kombischurre	
		eckig hydraulisch				

Einlauf		Arbeitsplattform		Leiter	
mechanisch		ohne		ohne Schutzblech	
hydraulisch		mit		mit Schutzblech	

Bild 07: Auswahlmöglichkeiten

Die Produktion einer kompletten Maschine erfolgt nicht ausschließlich in der eigenen Fertigung. Dies hat zwar keinen Einfluss auf die Auswahlmöglichkeiten des Kunden, allerdings sind einige organisatorische Bedingungen zu beachten. Die externe Produktionsstelle ist im Ausland. Der Transport der fertigen Maschine benötigt deshalb zusätzliche Transportzeit von mindestens einer Woche. Dies hat zur Folge, dass von der gesamten Lieferzeit mind. eine Woche an produktiver Zeit fehlt. Dies ist einer der Gründe warum die Durchlaufzeit in der Konstruktionsabteilung gesenkt werden muss.

2.4 Firmeninterne Anforderungen an das Ergebnis

Durch die, dieser Arbeit vorrangigsten Verbesserungsmaßnahmen (Bildung von Produktfamilien, Einsatz eines Baukastensystems), die durchaus Erfolge vorweisen konnten, sind Anforderungen an das Ergebnis definiert worden. Dies soll verhindern, dass bis dahin erfolgreich umgesetzte Maßnahmen rückgängig gemacht oder verworfen werden. Die folgende **Tabelle 01** soll einen Überblick über die firmeninternen Anforderungen geben. Bei der Wahl der Lösung sind diese zu beachten.

Firmeninterne Anforderungen
Die CAD-Software SolidWorks soll zum Einsatz kommen.
Die Konstruktionszeit für die Produktfamilie ist signifikant zu reduzieren.
Die im Kapitel 2.2.2 beschriebene Schnittstelle zwischen dem CAD- und ERP-System muss weiterhin bestehen. Geringfügige Änderungen an dem Excel-Tool können unter Umständen getätigt werden.
Der Aufbau eines Angebotes aus dem ERP-System muss im CAD-System nachgebildet werden können.
Das Baukastenprinzip aus Kapitel 2.2.2 soll erhalten bleiben.
Der Einsatz von Tabellenzeichnungen ist nicht erwünscht. Aus der Erfahrung mit unterschiedlichsten Lieferanten ist der Einsatz solcher Zeichnungen problematisch.
Die erstellten Zeichnungen dürfen nicht komplizierter werden, d.h. eine Zeichnungsnummer darf nicht mehr als drei Zeichnungsblätter besitzen.
Die Erweiterung der Lösung um ein weiteres Produktfamilienmitglied, eine neue Ausstattung oder durch nachträglich, technisch notwendige Änderungen muss gewährleistet sein.
Geringe Investitionskosten

Tabelle 01: Firmeninterne Anforderungen

3 Methodisches Basiswissen

In diesem Kapitel wird die Thematik der Produktkonfiguration behandelt. Insbesondere wird hier auf die unterschiedlichen Konfiguratoren eingegangen. Dabei wird speziell auf die Produktkonfiguration in der Konstruktion eingegangen. Anhand dessen soll verdeutlicht werden in wie weit und im welchen Umfang sich ein Konfigurator auf eine Konstruktion auswirkt. Konfiguratoren können unterschiedlich realisiert werden. Von alleinstehenden Softwarelösungen bis hin zu in anderen Softwaremodulen eingebetteten Lösungen ist die Auswahl groß. Das Kapitel schließt mit aufgestellten Anforderungen an die Lösung ab.

3.1 Konfiguratoren

Der erste Konfigurator mit der Bezeichnung XCon wurde Anfang 1980 entwickelt und von dem Unternehmen Digital Equipment Corporation (DEC) genutzt. Der Konfigurator ist für die Konfigurierung von Kundenbestellungen eingesetzt worden. [vgl. GÜNT92, 57]

Konfiguratoren sind in unterschiedlichen Bereichen eines Unternehmens vertreten. Die geläufigsten Bezeichnungen für einen Konfigurator sind Produktkonfigurator, Variantenkonfigurator, Vertriebskonfigurator und Angebotskonfigurator. [vgl. WÜPP17]

Ein Produktkonfigurator wird wie folgt definiert:

„Ein Produktkonfigurator ist ein Werkzeug, welches den Anwender bei der Auslegung (Selektion und Kombination) eines nach Eigenschaften (Anwendungsmerkmale und Ausprägungen) zusammensetzbaren Produktes wissensbasiert (Auswahl- und Beziehungswissen) unterstützt. Ein Produkt oder eine Dienstleistung wird schrittweise nach Eigenschaften (Kundensicht, Anwendungssicht) und Regeln (Baubarkeit) automatisiert zusammengestellt und die Prozesse zwischen Kunden, Vertrieb, Technik und ERP effektiv und effizient unterstützt. Die Anwendungsbereiche sind zu unterscheiden nach Angebotskonfiguration (z.B. CPQ Configure Price Quote), Entwicklung/Konstruktion (z.B. Design Automation) und ERP (z.B. Stücklistengenerierung).“ [WÜPP17]

Ein Konfigurator hat also den Zweck, Prozesse in einzelnen bzw. in allen Bereichen eines Unternehmens in Form einer Software zu unterstützen.

3.1.1 Ziele, Nutzen und Potenzial

Das Ziel von Konfiguratoren ist wie das Ziel jeder Verbesserungsmaßnahme. Im Focus steht die Reduzierung der Aufwendungskosten- und Zeit bei gleichbleibender bzw. besseren Qualität. In der **Tabelle 02** werden einzelne Ziele bzw. Nutzen näher beschrieben.

Ziele/Nutzen von Konfiguratoren
Individuelle Kundenwünsche und Anforderungen können schnell, einfach und flexibel umgesetzt werden. [vgl. WÜPP17]
Das Fehlerpotenzial wird reduziert, da die Durchführung aller Prozesse nach bestimmten Regeln automatisch durchgeführt wird. [vgl. WÜPP17] Die Fehlerquelle "Mensch" in der Prozesskette wird dabei soweit wie möglich ausgeschlossen.
Die Durchlaufzeiten von Prozessen in allen Unternehmensbereichen werden reduziert. [vgl. WÜPP17] Daraus resultierend sinken die Lieferzeiten von Produkten. Dies ermöglicht es mehr Produkte in kürzerer Zeit zu produzieren und somit den Umsatz zu steigern.
Der Einsatz als Werkzeug für den Vertrieb ermöglicht die automatische Durchführung von Tätigkeiten. Dadurch kann sich der Vertrieb mehr auf die Kunden und deren Wünsche und Forderungen konzentrieren. Der Kunde steht mehr im Focus.
Langfristig gesehen sinkt der Aufwand für die Konstruktionsabteilung. Konstruktive Änderungen einer Produktfamilie die durch einen Konfigurator gesteuert werden wirken sich für die gesamte Produktfamilie aus und nicht nur für eine Variante der Familie.
Die Verwendung von Konfiguratoren erfordert das reduzieren bzw. standardisieren der Variantenvielfalt. Dadurch kann unter Umständen der "unnötige" konstruktive Aufwand vermieden werden. Das Standardisieren von Produkten erlaubt es alle Prozesse in der Prozesskette auf einander abzustimmen und zu optimieren.

Tabelle 02: Ziele/Nutzen von Konfiguratoren

Im **Bild 08** sind einzelne Unternehmensbereiche dargestellt. Der Einsatz eines Konfigurators hat das Potenzial die Durchlaufzeit um mehr als 50 Prozent zu reduzieren. Dabei steigt außerdem die Qualität des Prozesses bzw. Produktes. Der Einsatz eines Konfigurators mit den damit verbundenen signifikanten Verbesserungen ist daher anzustreben.

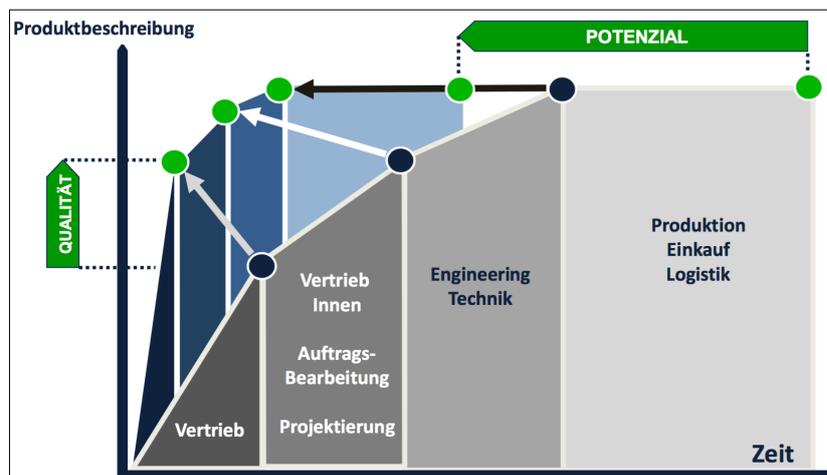


Bild 08: Verbesserungen in einzelnen Unternehmensbereichen[WÜPP17]

3.1.2 CAS-Konfiguratoren

Durch den Einsatz von CAS (Computer Aided Selling) - Konfiguratoren ist es möglich komplexe Produkte mit einer hohen Variantenvielfalt zu konfigurieren. CAS-Konfiguratoren sind zudem unter dem Begriff des Angebotskonfigurators bekannt. Der potenzielle Kunde wird mit Hilfe dieses Configurators durch den Konfigurationsprozess begleitet. Ein gutes Beispiel für die Art von CAS-Konfiguratoren sind die Online-Konfiguratoren der großen Automobilhersteller (VW, Audi, Mercedes). Der Auswahlprozess unterliegt bestimmten Bedingungen. Komponenten die sich bei der Auswahl bspw. gegenseitig ausschließen, sind nicht umsetzbar. [vgl. WIKI17] Der CAS-Konfigurator erkennt nicht umsetzbare Varianten. Geschieht dies wird dem Kunden eine Option vorgeschlagen. Diese zeigt auf, welche Komponenten abgewählt bzw. angewählt werden müssen, damit die gewünschte Variante realisierbar ist. Der Kunde kann so optimal bei der Produktwahl unterstützt werden. Als Ergebnis der Konfigurierung wird ein komplettes Angebot generiert, anhand dessen anschließend die Bestellung ausgelöst werden kann. Hierfür bieten CAS-Konfiguratoren Funktionen eines CRM-Systems an.

CRM (Customer Relationship Management) bedeutet die Pflege von Kundenbeziehungen. Ziele von CRM sind unter anderem die Kundengewinnung, die Vergrößerung des Kundenstamms und das Bemühen stehende Kunden zu halten. [vgl. GRON15, 103]

3.1.3 CPQ-Konfiguratoren

Zu Vertriebszwecken eingesetzte Konfiguratoren sind häufig verbreitet und unter der Abkürzung CPQ zu finden. CPQ (Configure Price Quote) bedeutet Konfigurieren, Preiskalkulation und Angebotserstellung. CPQ-Konfiguratoren können als weiterentwickelte CAS-Konfiguratoren betrachtet werden. Die wesentlichen Unterschiede sind:

CPQ-Konfiguratoren können über eine Schnittstelle zu ERP-Systemen bzw. zu Produktion verfügen und sind mit einem CRM-System gekoppelt bzw. in einem integriert. [vgl. ACBI17] CPQ-Konfiguratoren schließen somit die Lücke zwischen dem Vertrieb und der Produktion. Hauptnutzer von CPQ-Konfiguratoren sind Vertriebsmitarbeiter. [vgl. WIKI17]

Beim Einsatz eines CPQ-Konfigurators wird zunächst das vom Kunden gewünschte Produkt bzw. Dienstleistung konfiguriert/zusammengestellt. Dabei wird direkt eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Als nächstes berechnet der Konfigurator den Preis für den konfigurierten Artikel. Abschließend wird ein Angebot mit allen erforderlichen Informationen generiert. Nach der Auftragserteilung werden Informationen über die kundenspezifische Zusammenstellung des Produktes an das ERP-System übermittelt.

Viele Unternehmen aus der Industrie haben die Vorteile solcher Softwarelösungen bereits vor Jahren für sich entdeckt und erfolgreich umgesetzt. Eines dieser Unternehmen ist die Toyota Material Handling Deutschland (TMHD). Dieses stellt Flurförderzeuge her. Im Jahr 2011 ist in dem Unternehmen die Überlegung entstanden, ein Konfigurations-system einzuführen. Nachdem dies geschah, konnten viele positive Aspekte festgestellt werden. Zu diesen gehörten eine Reduzierung von Fehlerquoten und eine zeitliche Ersparnis in der Vertriebsabteilung um 88%. Mehr als 90 Prozent aller Angebote von 295

unterschiedlichen Modellen werden bei der TMHD mit einem Konfigurationssystem generiert. [vgl. F+HF17]

3.1.4 ERP-Konfiguratoren

ERP-Systeme dienen im allg. zur Ressourcenplanung- und Steuerung in einem Unternehmen. Hauptziel dieser Systeme ist die Gewährleistung der Verfügbarkeit von Materialien für die Herstellung von Gütern.

ERP-Konfiguratoren sind oft unter dem Begriff Variantenkonfigurator zu finden. Sie werden dann eingesetzt, wenn eine kurzfristige Planung- und Steuerung zur Herstellung von Produkten mit einer hohen Variantenvielfalt erforderlich ist. [vgl. SCHÖ15, 323] Dies ist oft in Bereichen der Massenproduktion z. B. der Automobilherstellung der Fall. Dabei ist eine schnelle Reaktion auf individuelle Kundenwünsche erforderlich. Der ERP-Konfigurator hat dabei die Aufgabe, Kundenbestellungen mit definierter Produktbeschreibung für den Vertrieb zu generieren. Zunächst werden nur für den Kunden relevante Eigenschaften beschrieben. [vgl. WIKI17] Es folgt eine Bearbeitung der generierten Konfiguration in Verbindung mit einer konfigurierbaren Stückliste. Eine konfigurierbare Stückliste beinhaltet alle denkbaren Komponenten. Wenn alle möglichen Komponenten vordefiniert werden und nur noch durch eine Konfiguration ausgewählt werden dann wird die konfigurierbare Stückliste, Maximalstückliste genannt. Ein ERP-Konfigurator generiert Aufträge für die Produktion mit den dazugehörigen Stücklisten, Arbeits- und Montageplänen. Arbeits- und Montagepläne werden analog zu Stückliste mit Hilfe eines konfigurierbaren Arbeitsplanes erstellt. [vgl. BLUM09, 38 ff.]

ERP-Konfiguratoren kommen zudem in Verbindung mit CAD und CAM zum Einsatz. Dabei werden erzeugte Stücklisten, Arbeits- und Montagepläne an die CAD bzw. CAM Systeme übergeben. Dort besteht dann die Möglichkeit automatisch auftragsbezogene Zeichnungen bzw. CNC-Programme zu erzeugen. [vgl. SCHÖ15, 339] Die Beschaffung und Bereitstellung von Ressourcen oder auch die Terminierung von Fertigungsprozessen kann somit automatisch erfolgen.

Aus historischen Gründen ist die Art dieser Konfiguratoren für den offline Gebrauch durch den Mitarbeiter des Herstellers gedacht. Die Verwendung als online-Konfigurator erfordert meistens eine Anpassung der Benutzeroberfläche. Diese muss an den Einsatz durch den Kunden angepasst werden. [vgl. LIND06, 32]

3.1.5 CAD-Konfiguratoren

Grundsätzlich ist das Ziel von CAD-Konfiguratoren, die Produktmodellierung. Der Konfigurator verwendet hierzu Parameter aus dem CAD-Modell. In der Regel werden solche Konfiguratoren für die offline Beratung des Kunden durch den Mitarbeiter des Herstellers verwendet. [vgl. LIND06, 32]

CAD-Konfiguratoren können auf unterschiedliche Arten genutzt werden. Die Visualisierung der Produkte wird zu vertrieblichen Zwecken genutzt. Dies ist insbesondere bei der

Klärung von Auftragsdetails hilfreich. So können bspw. Einsatzuntersuchungen eines Produktes anhand des CAD-Modells frühzeitig vom Kunden durchgeführt werden.

Die Nutzung eines CAD-Konfigurators zur Generierung von allen fertigungsnotwendigen Unterlagen ist eine weitere Einsatzmöglichkeit. Der dabei durchgeführte Prozess wird oftmals als CAD-Automation bezeichnet. Zur Anwendung wird zumeist ein Basis CAD-Modell benötigt. Dieses Modell beinhaltet alle notwendigen Informationen zur Konfigurierung jeder Variante. Eine detaillierte Beschreibung der Informationen aus der Konstruktion, die bei der Verarbeitung in einem Produktkonfigurator erforderlich sind, folgt im **Kapitel 3.2**.

3.1.6 Rolle in der Industrie 4.0

Unter Industrie 4.0 wird folgendes verstanden:

“Der Begriff Industrie 4.0 steht für die 4. industrielle Revolution. Diese ist nach der Einführung mechanischer Produktionsanlagen unter Nutzung der Wasser- und Dampfkraft (1. Revolution), der Einführung der arbeitsteiligen Massenproduktion mit Hilfe der elektrischen Energie (2. Revolution), des Einsatzes der Elektronik und IT zur Automation (3. Revolution), nun durch vernetzte und kommunizierende Systeme mittels der neuesten Internettechnologie gekennzeichnet. Es wird durch die Kombination dieser mit der Produktions- und Automatisierungstechnik eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den kompletten Lebenszyklus von Produkten angestrebt. Ziel ist die signifikante Flexibilisierung und Verbesserung der Wertschöpfung sowie eine Individualisierung der Produkte.“ [ROTH16,5]

Konfiguratoren können als Werkzeuge in der Industrie 4.0 dienen. Sie ermöglichen eine schnelle und flexible Reaktion auf individuelle Kundenwünsche und somit die Planung und Steuerung der Produktion für eine Losgröße mit der Stückzahl eins. Durch den Einsatz bspw. eines CPQ-Konfigurators kann eine durchgängige Gestaltung der Prozesse vom Vertrieb bis zur Produktion durchgeführt werden. Der Kunde wird dabei in die Wertschöpfungskette eingebunden.

3.2 Grundprinzipien der Produktkonfiguration in der Konstruktion

In der Konstruktion eingesetzte Konfiguratoren sind regelbasierende Systeme. Die Konfigurierung wird mittels Überprüfung der aufgestellten Regeln durchgeführt. Wenn eine Bedingung erfüllt ist, wird eine Regel aktiv und führt eine Aktion durch. Ein Wenn-Dann-Schema kommt zum Einsatz. Dies ist überaus vorteilhaft bei der Anwendung solcher Systeme. Ein solches Schema ist der menschlichen Denkweise sehr ähnlich und erlaubt somit ein einfaches Beschreiben von Wissen in Form von Regeln. [vgl. GHOF07, 50 f.]

Die zum Einsatz kommenden Regeln beziehen sich hierbei auf Bauräume, Schnittstellen und Abhängigkeiten in der Konstruktion.

3.2.1 Bauräume

Eine Konstruktion besteht in der Regel aus mehreren Bauräumen. Als Bauräume können einzelne Komponenten oder Baugruppen angesehen werden. Der Begriff Bauraum taucht im Zusammenhang mit der Erweiterung der klassischen Funktionsstruktur in die drei Dimensionale Welt der Modellierung auf. [vgl. KOCH02]

Das **Bild 09** zeigt schematisch ausgewählte Bauräume der Produktfamilie GTK 12-16 S. Der äußere Bauraum besteht aus dem gestrichelt dargestellten Bauraum des Gussasphaltkochers und dem Chassis. In dem Bauraum des Gussasphaltkochers sind weitere ausgewählte Bauräume, aus denen dieser besteht, dargestellt.

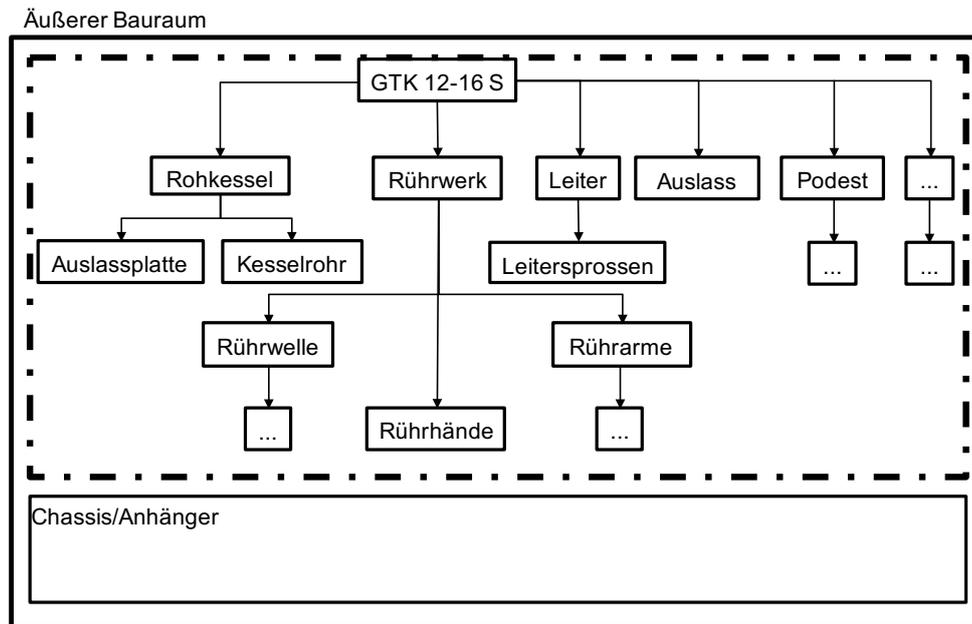


Bild 09: Ausgewählte Bauräume

Der äußere Bauraum für die Produktfamilie wird wesentlich durch zwei Faktoren bestimmt. Die Breite und Höhe der gesamten Maschine. Wie bereits aus dem **Kapitel 2.1** hervorgeht wird der Gussasphaltkocher auf einem Chassis aufgebaut. Somit gilt für die gesamte Maschine (Chassis und Gussasphaltkocher) die Straßenverkehrsordnung. Nach der Straßenverkehrsordnung (§ 22 StVO) ist die max. Fahrzeugbreite von 2550 mm und die max. Fahrzeughöhe von 4000 mm festgelegt. [vgl. STVO17] Die max. Fahrzeugbreite ist somit maßgeblich für die Breite bzw. den Durchmesser der Maschine verantwortlich. Durch den notwendigen Platz für den Rauchgaskanal, Dämmung und die Verkleidung reduziert sich der mögliche innere Durchmesser zusätzlich. Der max. erreichbare innen Durchmesser liegt damit bei 2336 mm.

Bei der Höhe der gesamten Maschine ist eine Besonderheit zu beachten. Die Gussasphaltkocher werden unter Mischanlagen mit Gussasphalt beschickt. Dabei fährt das Zugfahrzeug unter die Öffnung der Mischanlage. Die Durchfahrthöhe der Mischanlagen variiert allerdings zwischen 3650 und 4000 mm. Aus diesem Grund ist die Bauraumhöhe der gesamten Maschine zumeist auf 3650 mm begrenzt. Abzüglich der Höhe des Chassis von 1300 mm ergibt sich eine maximal Kesselhöhe von 2350 mm.

Der im Bild 09 gestrichelt dargestellte Bauraum ist somit auf eine Breite von 2550 mm und eine Höhe von 2350 mm begrenzt.

Als weiteren Bauraum kann z. B. das Rührwerk angesehen werden. Dieser ist erforderlich um die Homogenität des Gussasphaltes während des Transportes zu gewährleisten. Beim Rührwerk ist wichtig, dass sich die Höhe bzw. Länge der Rührwelle zur jeweiligen Kesselvariante anpasst. Des Weiteren ist die Anordnung der an der Rührwelle befestigten Rührarme und der Abstand der Rührhände zur Kesselwand von großer Wichtigkeit. Wie in **Bild 10** abgebildet sind die Rührarme so angeordnet, dass das Mischgut nach oben gefördert wird, vgl. mit einer Förderschnecke. Zusätzlich wird durch die Drehbewegung des gesamten Rührwerks das Mischgut optimal durchgemischt. Der Abstand der Rührhände zur Kesselwand kann eingestellt werden. Wird dieser zu klein eingestellt, verschleifen die Rührhände und die Kesselwand schnell. Außerdem erfährt der Antrieb des Rührwerks eine höhere Belastung. Die Folge kann eine Überlastung der Hydraulikkomponenten des Antriebes sein. Andererseits wird durch einen zu großen Abstand das Mischgut an der Kesselwand nicht in Bewegung gehalten. Folglich verschlechtert sich die Qualität des Gussasphaltes. Der optimale Abstand zwischen den äußeren Abmessungen des Bauraums Rührwerk und Kesselwand sollte 20 bis 25 mm betragen (2,5- bis 3-fache maximale Korngröße der Aggregate im Gussasphalt).

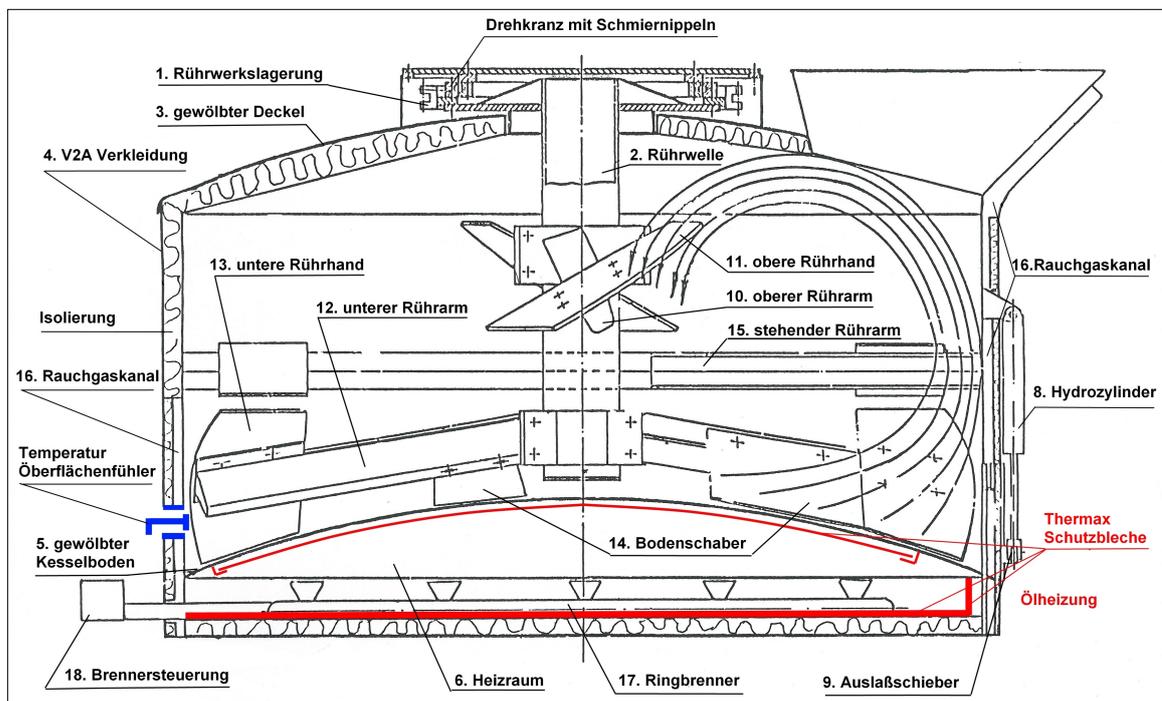


Bild 10: Anordnung der Rührarme

Wie bereits aus dem Kapitel 2.1 hervorgeht kann jeder Kessel mit zusätzlichen seitlichen Auslässen ausgestattet werden. Die Lage der Öffnungen am Kesselrohrumfang wird durch die max. zulässige Bauraumbreite der gesamten Maschine bestimmt, siehe **Bild 11**. Der Bauraum für die seitlichen Auslässe ist somit stark begrenzt. Insbesondere für den seitlichen Auslass in Position H ist der Bauraum begrenzt. Hier wird zusätzlich ein Bauraum für die Leiter benötigt. Die Auslassschuren die wie im Bild 11 dargestellt über die zulässige Breite hinausragen, sind konstruktiv so gestaltet, dass diese für den Transport abgenommen werden können.

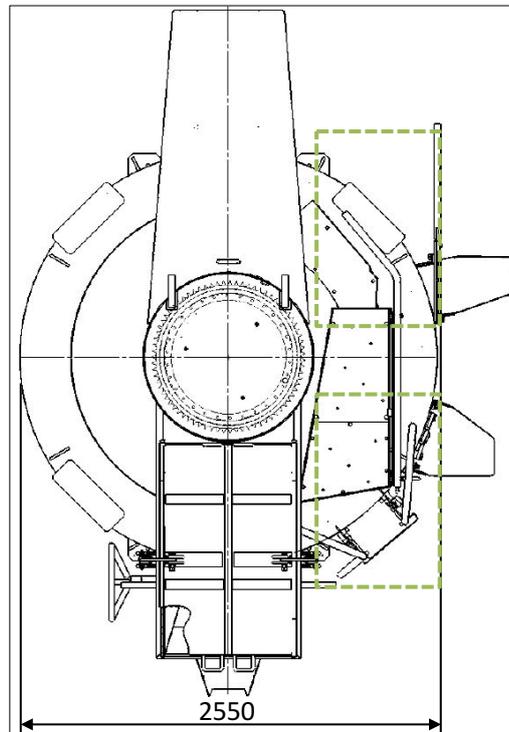


Bild 11: Bauraum der seitlichen Auslässe

Des Weiteren ergibt sich durch die seitliche Lage der Auslässe eine Kollision mit den Abgasöffnungen für das Rauchgas. Diese Abgasöffnungen müssen an den Stellen der seitlichen Auslässe entfernt werden.

Ein weiterer Gedanke sollte zur Betrachtung der Bauräume einfließen. Die Maschinen werden auf Baustellen zur Reparatur oder zur Neuverlegung von Straßenbelag genutzt. Die Sicherheit und Ergonomie bei der Benutzung ist hier von hoher Bedeutung. Um die Betriebssicherheit zu gewährleisten ist der Kesselinnenraum regelmäßig zu inspizieren. Das ist nur über die Einlauföffnung am Kesseldeckel möglich. Aus diesem Grund sind die Kessel mit einer Leiter und einem Podest ausgestattet. Der Bauraum hierfür befindet sich auf der in Fahrtrichtung rechten Seite des Zugfahrzeuges. Die Gefahr, dass Bauarbeiter während der Arbeit in den Gegenverkehr geraten wird somit stark reduziert. Des Weiteren befinden sich alle Bedienelemente der Anlage im selben Bauraum.

Beim Einsatz eines Produktkonfigurator in der Konstruktion sind die Bauräume räumliche Begrenzungen. Diese Grenzen sind von einem Konfigurator einzuhalten. Insbesondere bei der Einführung von neuen Varianten einer Produktfamilie sind die Bauräume der Konstruktion zu beachten. Durch den Produktkonfigurator in der Konstruktion muss es möglich sein auch auf die untersten Bauraumebenen Einflüsse zu nehmen. Als Beispiel für ein Bauteil auf der untersten Bauraumebene kann ein Einzelteil wie die Rührhand angesehen werden.

3.2.2 Schnittstellen

Bauräume besitzen Schnittstellen zu anderen Bauräumen. Die Darstellung aller Schnittstellen in der Konstruktion der Produktfamilie GTK 12-16 S ist sehr umfangreich. Aus diesem Grund sind im **Bild 12** nur ausgewählte Schnittstellen dargestellt.

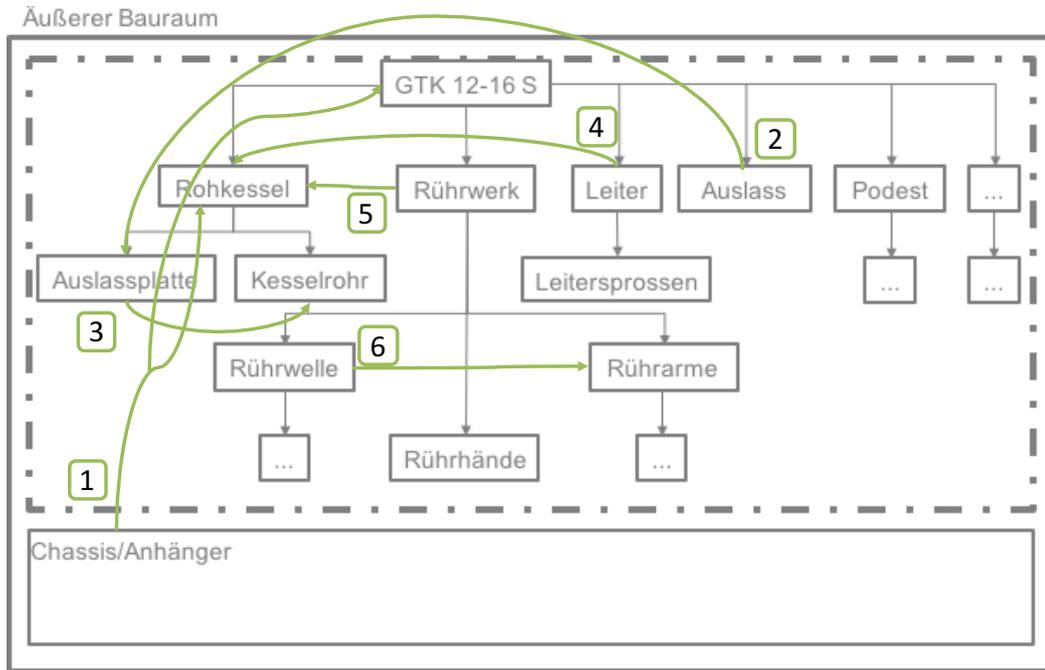


Bild 12: Ausgewählte Schnittstellen

1. Die Gussasphaltkoche werden auf Chassis aufgebaut. Hierfür sind konstruktiv am Rohkessel Anbindungspunkte vorgesehen. Eine kraftschlüssige Verbindung mittels Schrauben verbindet den Gussasphaltkoche mit dem Chassis. **Bild 13** zeigt den erforderlichen Stahlbau am Rohkessel.

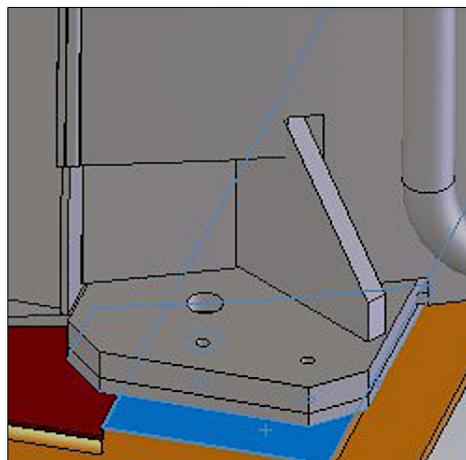


Bild 13: Anbindungspunkt – Chassis mit Kessel

2. Der Auslass ist eine Baugruppe die an der Auslassplatte verschraubt wird. Konstruktiv ist der Auslass an der Symmetrieebene des gesamten Kessels, den Achsen der Bohrungen und deckungsgleich an der Auslassplatte verknüpft. Weitere

Varianten des Auslasses sind auf die gleiche Weise an derselben Schnittstelle zu verknüpfen.

3. Die Auslassplatte ist in der Baugruppe Rohkessel verbaut. Diese muss einen definierten Abstand zum Kesselrohr haben. Die Öffnung in der Auslassplatte muss in die Auslassöffnung des Kesselrohres übergehen (siehe **Bild 14**).

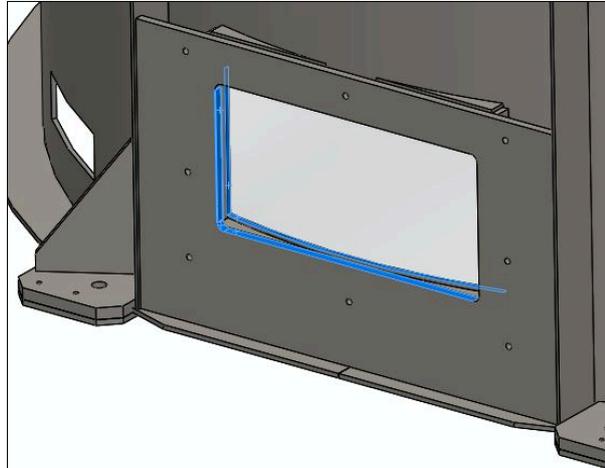


Bild 14: Auslassöffnung

Hier kommen drei Verknüpfungen zum Einsatz. Eine Ausrichtung an der Symmetrieebene des Kesselrohres und ein Abstand zu der Bodenebene des Kesselrohres ist durchgeführt worden.

4. Die Leiter ist an mehreren Stellen an den Kessel mittels Schraubenverbindungen angebunden. Zu diesen Stellen gehört der Kesseldeckel, der Einlauf und der Isolierboden. Dabei ist die Verbindung zum Kesseldeckel als Schnittstelle dominierend. Hierfür ist die Schnittstelle zum Kesselrohr verantwortlich. Das Kesselrohr selbst unterliegt Abhängigkeiten (dazu mehr in **Kapitel 3.2.3**).
5. Das Rührwerk hat eine Schnittstelle zum Antrieb. Dieser wird durch eine formschlüssige Verbindung hergestellt. Dabei wird der in der Antriebskonsole befestigte Hydraulikmotor über eine Kette mit der Kugeldrehverbindung verbunden (detaillierter in Kapitel 2.1). Die Kugeldrehverbindung hat hierbei zwei Funktionen. Sie überträgt das für die Drehbewegung notwendige Drehmoment und lagert gleichzeitig das Rührwerk.
6. Die Rührarme werden anhand der Rührwelle ausgerichtet. Die Lage der Rührarme am Umfang wird durch Winkelverknüpfungen zwischen den Symmetrieebenen der Rührarme und der Welle realisiert (siehe **Bild 15**). Die Höhenlage ist durch eine weitere Schnittstelle zu angrenzenden Komponenten definiert.

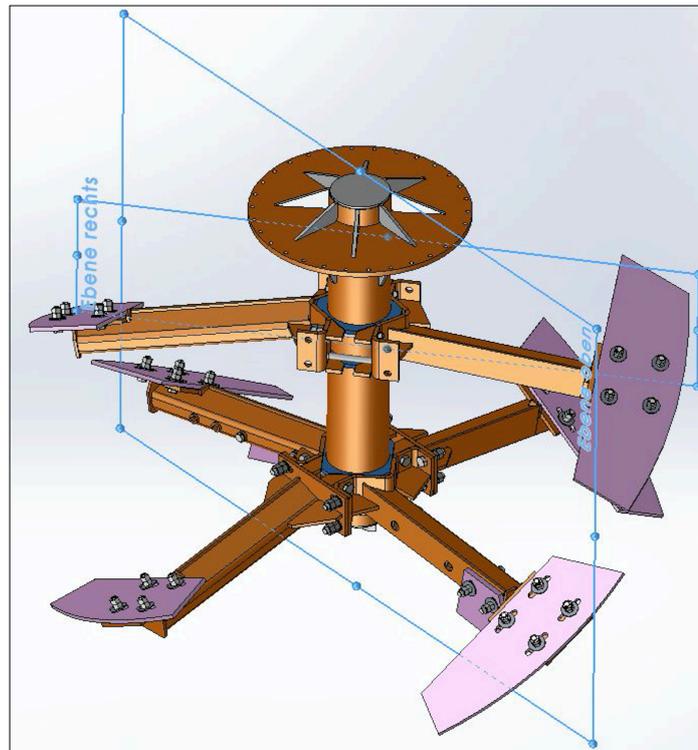


Bild 15: Rührwerk

3.2.3 Abhängigkeiten

Die Abhängigkeiten in der Konstruktion können unterschiedlichster Art sein. Die Schwierigkeit bei der Konfigurierung ist die große Menge an Komponenten. Diese weisen Abhängigkeiten untereinander auf. Somit können Komponenten nicht unabhängig voneinander in einem Konfigurator ausgewählt bzw. geändert werden. Aber auch physikalische Abhängigkeiten sind vorhanden. In diesem Kapitel werden ausgewählte Abhängigkeiten der Konstruktion der Produktfamilie GTK 12-16 S vorgestellt.

- Die Mischmasse ist ein einflussreicher Faktor für die Gestaltung der Konstruktion. Diese lässt sich wie folgt errechnen:

$$m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H \cdot \rho_{\text{Gussasphalt}}$$

Der Durchmesser wird bei der Berechnung als konstanter Wert auf 2336 mm festgelegt. Hierfür ist die Bauraumdefinition aus **Kapitel 3.2.2** verantwortlich.

Die Dichte des Gussasphaltes ist auf 2400 kg/m³ festgelegt und somit auch ein konstanter Wert. Dementsprechend kann die Mischmasse nur durch die Höhe H des Kessels bzw. des Kesselrohres beeinflusst werden. Eine Änderung der Kesselhöhe hat einen Einfluss auf angrenzende Bauteile. Diese müssen sich entweder in ihren Abmessungen verändern oder sich mit in die Höhe verschieben. Im **Bild 16** sind Komponenten die sich mit in die Höhe verschieben blau markiert dargestellt.

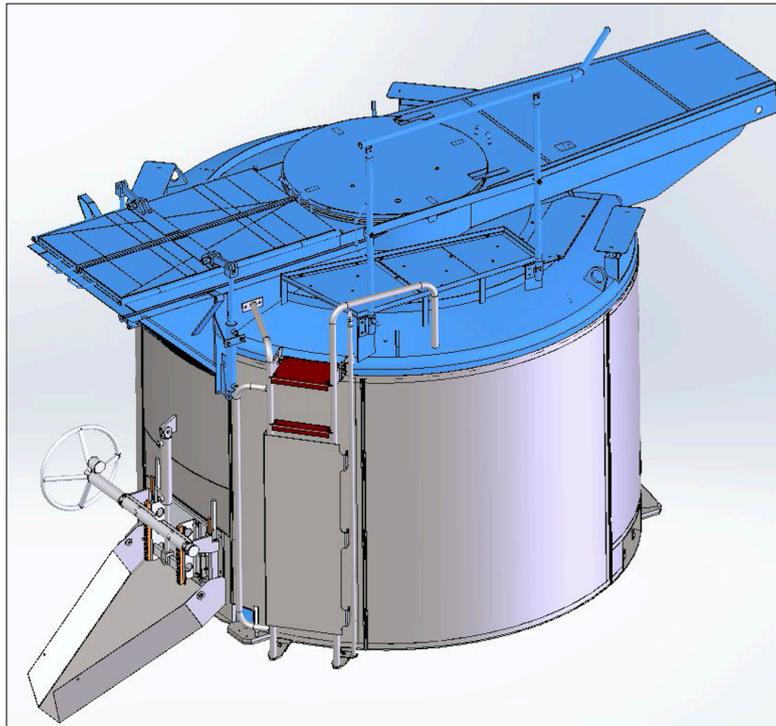


Bild 16: Komponentenpositionsänderung in Folge der Höhenänderung

Hierbei müssen die Verknüpfungen zwischen den Komponenten entsprechend gestaltet werden. Eine Änderung der Abmessungen der Bauteile erfordert eine automatische Anpassung der Abmessungen in den Eigenschaften der Bauteile. Diese sind vor allem für die Generierung der Bestellstücklisten erforderlich.

- Die Wahl der Brennerart ist Kunden- bzw. Einsatzortabhängig. Die Standardvariante der Brennerart für die Produktfamilie ist Gas. Der konstruktive- und fertigungstechnische Aufwand ist dabei gering. Im Gegensatz dazu, ist der Einsatz von Öl-Brennern mit höherem Aufwand verbunden. Der Feuerraum ist dabei konstruktiv anders zu gestalten, da die Flamme des Ölbrenners direkt den Kesselboden beschlagen und sodann verbrennen kann. Auch ist der Isolierboden aus diesem Grund zu wechseln. Zusätzliche Bauteile aus hitzebeständigem Stahl sind unter dem Kesselboden anzubringen. Des Weiteren ist aus Sicherheitsgründen eine Explosionsklappe erforderlich. Um diese einschweißen zu können ist eine zusätzliche Öffnung im Kesselrohr zu setzen. Die Realisierung der o.g. notwendigen Änderungen erfordert den Austausch und das Einfügen von vorhandenen Einzelteilen und Baugruppen und das Unterdrücken bzw. das Aufheben der Unterdrückung von Features.
- Ein weiterer Einflussfaktor auf die Konstruktion der Produktfamilie ist die Generierung der Leichtbauvariante. Das Ziel ist die Reduzierung des Eigengewichts um eine Erhöhung der Nutzlast zu erreichen. Um eine erwähnenswerte Gewichtsreduzierung zu realisieren sind ca. 85% der Komponenten zu kontrollieren. Da die gesamte Konstruktion hauptsächlich aus Blechen besteht kann nur durch die Kontrolle der Blechstärken das Gewicht der gesamten Maschine reduziert werden. Die Reduzierung der Blechstärke hat vielerlei Auswirkungen. Die Festigkeitsminderung der Hauptkomponenten wie z. B. Kessel -rohr, -deckel, -boden ist

dabei erheblich. Die Festigkeitsminderung der Komponenten kann durch den Einsatz von höherfestem Material kompensiert werden. Aus diesem Grund muss eine Möglichkeit vorhanden sein die Materialauswahl von Komponenten zu steuern. Durch die in den Eigenschaften der Komponenten integrierten Informationen für die Artikelkennzeichnungen ist es erforderlich diese Eigenschaften abhängig von der Blechstärke und/oder Materialwahl zu kontrollieren.

- Die Öffnungen für die seitlichen Auslässe sind davon abhängig, welche Art der seitlichen Auslässe erforderlich ist. Diese unterscheiden sich durch Lage, Größe und Art der Öffnungsbetätigung. Die Wahl aus den drei Kriterien bestimmt die konstruktive Gestaltung des Kesselrohres, des Rauchgaskanals und der Verkleidung. Dabei müssen Komponenten und Features ergänzt bzw. entfernt werden können. Die Kontrolle der Lage durch das Winkelabmaß und die Änderung der Abmessungen der Öffnungen muss möglich sein.
- Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Betriebssicherheit der Produktfamilie. Um die Maschinen sicher betreiben zu können muss das Innere des Kessels u.a. wöchentlich auf Schäden untersucht werden. Hierfür wird ein Podest benötigt. Da die Kessel auf einem Anhänger aufgebaut werden ist die Höhe auf dem sich das Podest befindet oftmals über drei Meter. Aus diesem Grund muss bei der Ausstattung des Kessels mit einem Podest ein Geländer verbaut werden. Des Weiteren ist ein Leiterschutz vorgesehen. Dieser soll unerlaubtes Begehen des Podestes verhindern.
- Die Fertigung und Bestellung der Einzelteile und Baugruppen erfolgt anhand von technischen Zeichnungen. Die Zeichnungen sind von dem 3D-Modell abhängig. Somit ändern sich die in der Zeichnung dargestellten Ansichten mit der Änderung des 3D-Modells. Deshalb müssen auch die Zeichnungen automatisch generiert werden können. Dabei ist die Position der Ansichten, die Bemaßung und (falls erforderlich) der Zeichnungsmaßstab zu kontrollieren. Stücklisten auf Baugruppenzeichnungen müssen sich an die jeweilige Konfiguration anpassen. Um die automatisch erzeugten Zeichnungen dem Einkauf und der Produktion zur Verfügung zu stellen, sind auch die PDF-, DWG- und DXF-Dateien automatisch zu erzeugen.

3.3 Technische Anforderungen

Dieses Kapitel fasst die technischen Anforderungen an die Lösung in der **Tabelle 03** zusammen. Diese können aus den Bauräumen, Schnittstellen und Abhängigkeiten der Konstruktion der Produktfamilie hergeleitet werden. Bei der Auswahl und Bewertung der zum Einsatz kommenden Software sollen diese Anforderungen und die firmeninternen Anforderungen als Entscheidungsgrundlage für die Bewertung eingesetzt werden.

Technische Anforderungen
Automatische Anpassung der Abmessungen von Komponenten und Features
Automatische Änderung der Eigenschaften von Komponenten wie z. B. Artikelnummern der Halbzeuge, Werkstoff oder Abmessungen der Einzelteile
Substitution von Komponenten
Einfügen bzw. Entfernen der Komponenten
Entfernen von Features
Kontrolle über Feature Parameter
Steuerung der Lage von Referenzgeometrien wie z. B. Ebenen
Automatische Änderung des Werkstoffes von Einzelteilen
Automatische Generierung von technischen Zeichnungen, impliziert die Steuerung der Lage von Zeichnungsansichten, Bemaßung und die Steuerung des Zeichnungsmaßstabes
Automatischer Export von Zeichnungen in den Formaten PDF, DWG und DXF
Stücklisten auf Baugruppenzeichnungen für die Produktion müssen sich automatisch an die jeweilige Konfiguration anpassen
Geringe Programmierfähigkeiten

Tabelle 03: Technische Anforderungen

4 Realisierungsoptionen in SolidWorks

Die Umsetzung eines möglichen Lösungsprinzips erfordert den Einsatz einer Software. Zunächst werden die Möglichkeiten der bereits eingesetzten CAD-Software untersucht. Sodann werden ergänzende Softwaretools betrachtet. Abschließend wird eine Software für die Umsetzung des Konzeptes ausgewählt. Hierfür erfolgt eine Bewertung der Optionen anhand von zuvor definierten Anforderungen.

4.1 SolidWorks Lösungen

SolidWorks ist eine CAD – Software die bereits über Funktionen verfügt, um viele Varianten einer Konstruktion darzustellen.

4.1.1 Konfigurationen

Konfigurationen ermöglichen die Erstellung von mehreren Varianten eines Baugruppen- oder Teilmodells in einer einzigen Datei. Vorzugsweise wird diese Funktion zur Erstellung von Produktfamilien genutzt, die sich durch Abmessungen und/oder Komponenten unterscheiden. Konfigurationen können manuell oder durch die Verwendung von Konstruktionstabellen erstellt werden. In beiden Fällen können laut [SOLI17] Einzelteile und Baugruppen gesteuert werden.

Einzelteile

Bei Einzelteilen können folgende Elemente gesteuert werden:

- Der Unterdrückungsstatus und die Bemaßung von Features
- Die Größe der durch den Bohrungsassistenten erstellten Bohrungen
- Konfigurationseigenschaften, einschließlich der Benennungen in Stücklisten, abgeleiteter Konfigurationen, Gleichungen, Skizzenbeziehungen, Anmerkungen, Materialien und benutzerdefinierter Eigenschaften

Baugruppen

Bei Baugruppen können folgende Elemente gesteuert werden:

- Unterdrückungsstatus von Komponenten
- Baugruppen-Features wie z. B. Bemaßungen, Unterdrückungsstatus, Größe von Bohrungsassistent-Bohrungen
- Verknüpfungen – Bemaßungen von Abstands- und Winkelverknüpfungen, Unterdrückungsstatus
- Konfigurationseigenschaften wie z. B. Benennung und Anzeige in einer Stückliste (wenn als Unterbaugruppe verwendet), abgeleitete Konfigurationen, Gleichungen, Skizzenbeziehungen, Anmerkungen und benutzerdefinierte Eigenschaften

Der Einsatz von SolidWorks-Konfigurationen bringt allerdings Schwierigkeiten mit sich. Es können nur die 3D-Modelle gesteuert werden. Alle Anpassungen der 2D-

Zeichnungen müssen dementsprechend manuell durchgeführt werden. Außerdem haben alle Konfigurationen einer Komponente die gleiche Benennung. Dies führt zu Missverständnissen mit Lieferanten und in der Produktion.

Ein weiteres Problem kann die Überlastung der Kapazität der ausführenden Hardware sein. Denn eine Komponente beinhaltet mehrere Konfigurationen. Somit wächst der Aufwand das Modell zu verarbeiten. Durch die hohe Anzahl der Komponenten summiert sich dieser Aufwand.

4.1.2 Makros

Eine weitere Möglichkeit der Automatisierung sich wiederholender Aufgaben bieten Makros. Makros sind Programme und können mit Hilfe des SolidWorks API (application programming interface) mit der Visual Basic for Applications (VBA) Programmiersprache erstellt werden. Das API erlaubt es auf alle Funktionen von SolidWorks zuzugreifen. So kann z. B. eine Linie erstellt oder ein existierendes Bauteil in die Konstruktion eingefügt werden. [vgl. APIH17]

Einfache sich wiederholende Aufgaben können direkt in SolidWorks mit dem Makro Recorder aufgezeichnet werden. Dabei wird automatisch ein kleines Programm generiert. Ein solches Programm kann anschließend in der VBA-Entwicklungsumgebung geändert bzw. erweitert werden. Beispielsweise ist während dieser Arbeit ein Makro entstanden, welches erlaubt, automatisch zwischen vordefinierten Zeichnungsfeldern zu wechseln. Die Suche des Zeichnungsfeldes in den Zeichnungseigenschaften entfällt somit.

So bietet SolidWorks eine durchaus leistungsfähige Möglichkeit, Prozesse mit Hilfe eines selbst geschriebenen Programms zu automatisieren. Das Schreiben eines solchen Programms ist sehr umfangreich. Zunächst wäre es notwendig einen für das Unternehmen angepassten Konfigurator zu programmieren. Da sich der Einsatz eines solchen Konfigurators nicht auf eine Produktfamilie begrenzt, ist dieser neutral einsetzbar zu programmieren. Anschließend wäre es nötig, das erstellte Programm mit allen Produktfamilienparametern zu füllen. Der Umfang eines solchen Vorhabens wäre exorbitant. Die ausführende Person müsste ein sehr gutes technisches Verständnis der Konstruktion und gute bis sehr gute Programmierkenntnisse aufweisen.

Ein weiteres Problem selbstgeschriebener Makros bzw. Programme kann die Veränderung der Umgebung - in dem dieses zum Einsatz kommt - sein. Durch das Updaten von SolidWorks oder dem Windows Betriebssystem kann es vorkommen, dass das geschriebene Programm - in dem Fall der Konfigurator - nicht mehr funktioniert. D.h. aber auch, dass das Programm weiter ergänzt bzw. geändert werden muss. Hierbei kann es zu Schwierigkeiten kommen, da jeder Programmierer seinen eigenen Programmierstil hat. Demnach sind gute Programmierkenntnisse nicht ausreichend. Die Person die dieses Programm pflegt muss genau wissen wie dieses aufgebaut ist.

4.2 Alternative Lösung

Der Markt für die CAD – Automatisierungssoftware ist im allgemeinen umfangreich. Sehr viele Hersteller bieten fertige Softwareprodukte an. Diese können in das CAD – System eingebunden werden. Im folgenden werden Softwarelösungen die für den Einsatz mit SolidWorks in Frage kommen vorgestellt.

Die Software Tacton wurde durch den Support bzw. den Vertriebspartner von SolidWorks vorgeschlagen. Allerdings sind die Konditionen zu denen die Software zu haben ist für die AGT GmbH nicht zufriedenstellend. Aus diesem Grund wurde der Einsatz von Tacton ausgeschlossen und nach einer Alternative gesucht. Nach einer umfangreichen Recherche wurde die Alternative zu Tacton, DriveWorks gefunden. Beide Lösungen basieren auf den selben Grundprinzipien. Diese sind im **Kapitel 3** vorgestellt worden.

4.2.1 DriveWorks

Das Unternehmen DriveWorks wurde im Jahr 2001 gegründet. DriveWorks entwickelt und betreut die DriveWorks Design Automatisierungs- und Verkaufskonfiguratorsoftware. Die DriveWorks Software wird in SolidWorks integriert.

Durch die Verwendung der DriveWorks Software können beliebig viele Varianten eines Modells automatisch erstellt werden. Fehler in der Konstruktion können durch den Einsatz von Konstruktionsregeln vermieden bzw. verringert werden. Die automatische Durchführung von sich wiederholenden Aufgaben reduziert die Konstruktionszeit signifikant. Allerdings ist zu nächst einmal ein höherer Aufwand für die Erstellung eines regelbasierenden Projektes zu verrichten. DriveWorks bietet mehrere Softwarepakete mit unterschiedlichem Funktionsumfang an. [vgl. DRIV17]

Um zu verdeutlichen in welchen Punkten sich die Basisversion der Software von der kostenpflichtigen Version unterscheidet, wird im Folgenden ein Vergleich durchgeführt.

4.2.2 Vergleich von DriveWorksXpress und Solo

Xpress ist die Basisversion von DriveWorks und wird mit jeder SolidWorks Software kostenlos zur Verfügung gestellt. Die Funktionen die mit Xpress realisiert werden können sind allerdings begrenzt. Die Umsetzung von deutlich umfangreicheren Aufgaben erfordert eine Investition in die Solo Version von DriveWorks. Projekte die bereits in Xpress erstellt worden sind können ohne weiteren Aufwand in Solo überführt werden.

Steuerung von SolidWorks Einzelteilen und Baugruppen		
Steuern der/des/von:	Xpress	Solo
Dimensionen	✓	✓
Features	✓	✓
Benutzerdefinierten Eigenschaften	✓	✓
Benennung	✓	✓
Farben	-	✓
Materials	-	✓
Toleranzen	-	✓
Bohrungsassistentes	-	✓
Blecheigenschaften	-	✓
Schweißprofile	-	✓
Erweiterten Featureeigenschaften	-	✓
Ersetzens mit bekannten Ersatzmodellen	-	✓
Ersetzens mit gesteuerten Ersatzmodellen	-	✓
Bauteile mit gleicher Benennung in einer Baugruppe durch unterschiedliche Regeln	-	✓
Erstellung von zusätzlichen Dateiformaten	-	✓
Speicherortes	-	✓
mehreren Modellen in einem Projekt	-	✓

Tabelle 04: Steuerungsmöglichkeiten von Einzelteilen und Baugruppen[DRIV17]

Steuerung von SolidWorks Zeichnungen		
	Xpress	Solo
Erstellung einer Zeichnung für jedes Einzelteil und jede Baugruppe	✓	✓
Erstellung von mehreren Zeichnungen für eine Baugruppe	-	✓
Zusätzliche Dateiformate	-	✓
Umbenennung der Zeichnungsblätter	-	✓
Entfernung von Zeichnungsblättern	-	✓
Änderung des Maßstabes der Zeichnungsblätter	-	✓
Export von Zeichnungsblättern in anderen Dateiformaten	-	✓
Entfernung von Ansichten	-	✓
Änderung des Maßstabes der Ansichten	-	✓
Änderung des Position der Ansichten	-	✓
Steuern der Position der Bruchkanten	-	✓
Steuern der Position von Anmerkungen	-	✓
Steuern des Anmerkungstextes	-	✓
Steuern von geometrischen Toleranzen	-	✓
Steuern von Schweißsymbolen	-	✓
Ausführen von zeichnungsspezifischen Makros	-	✓

Tabelle 05: Steuerungsmöglichkeiten von Zeichnungen[DRIV17]

Die Modelldokumente werden direkt nach dem Start eines Projektes generiert. Allerdings kann mit der DriveWorks Solo Version vorerst eine Vorschau erstellt werden, sowohl der Modelle als auch der Zeichnungen. An dieser Vorschau kann das generierte Modell nicht nur kontrolliert, sondern auch geändert werden.

Eine Benutzeroberfläche lässt sich mit beiden Softwarelösungen realisieren. Dabei ist Solo deutlich flexibler und bietet mehr Möglichkeiten an. Bei der Erstellung der Regeln und der Benutzeroberfläche in Solo steht dem Benutzer ein so genannter „Project Designer“ zur Verfügung. Der Project Designer beinhaltet über 240 technische, mathematische und wissenschaftliche Funktionen [vgl. DRIH17]. Des Weiteren können geschriebene Regeln in diesem analysiert, kommentiert und durchsucht werden. Solo erlaubt außerdem das Einfügen von Exceldaten in die internen Datentabellen und die Verwendung von frei definierbaren Variablen.

DriveWorks Solo bietet gegenüber Xpress viele Vorteile. Insbesondere der Einsatz des Project Designer und die umfangreicheren Funktionen sind hier hervorzuheben. Durch den Project Designer können Regeln für einzelne Projekte einfach verwaltet werden. Außerdem wird das Programmieren bzw. das Schreiben dieser Regeln sehr vereinfacht. Hier kommen entweder vordefinierte Regeln zum Einsatz oder die Selbstgeschriebenen werden automatisch ergänzt. Regeln können direkt auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden. Ein Nachteil von DriveWorks Solo gegenüber Xpress sind die Investitionskosten die getätigt werden müssen.

4.3 Bewertung und Auswahl der zum Einsatz kommenden Software

Die Entscheidung welche Lösungsvariante zum Einsatz kommt bedarf einer Bewertung. Als Grundlage für die Bewertung werden die Anforderungen aus dem **Kapitel 2.4** und **Kapitel 3.3** verwendet. Im **Bild 17** ist eine Nutzwertanalyse dargestellt.

	Anforderungen	Gewichtung	Lösungsvarianten							
			Konfigurationen		Makros		DriveWorks Xpress		DriveWorks Solo	
1	Die CAD-Software SolidWorks soll zum Einsatz kommen.	0,6	10	6	10	6	10	6	10	6
2	Die Konstruktionszeit für die Produktfamilie ist signifikant zu reduzieren.	0,9	4	3,6	10	9	6	5,4	10	9
3	Die im Kapitel 2.2.2 beschriebene Schnittstelle zwischen dem CAD- und ERP-System muss weiterhin bestehen. Geringfügige Änderungen an dem Excel-Tool können unter Umständen getätigt werden.	0,5	9	4,5	9	4,5	10	5	9	4,5
4	Der Aufbau eines Angebotes aus dem ERP-System muss im CAD-System nachgebildet werden können.	0,4	9	3,6	10	4	8	3,2	10	4
5	Das Baukastenprinzip aus Kapitel 2.2.2 soll erhalten bleiben.	0,4	10	4	10	4	5	2	10	4
6	Der Einsatz von Tabellenzeichnungen ist nicht erwünscht. Aus der Erfahrung mit unterschiedlichsten Lieferanten ist der Einsatz solcher Zeichnungen problematisch.	0,5	10	5	10	5	10	5	10	5
7	Die erstellten Zeichnungen dürfen nicht komplizierter werden, d.h. eine Zeichnungsnummer darf nicht mehr als drei Zeichnungsblätter besitzen.	0,3	4	1,2	10	3	10	3	10	3
8	Die Erweiterung der Lösung um ein weiteres Produktfamilienmitglied, eine neue Ausstattung oder durch nachträglich, technisch notwendige Änderungen muss gewährleistet sein.	0,7	6	4,2	4	2,8	5	3,5	6	4,2
9	Automatische Anpassung der Abmessungen von Komponenten und Features	0,5	6	3	10	5	10	5	10	5
10	Automatische Änderung der Eigenschaften von Komponenten wie z. B. Artikelnummern der Halbzeuge, Werkstoff oder Abmessungen der Einzelteile	0,5	10	5	10	5	10	5	10	5
11	Substitution von Komponenten	0,4	1	0,4	10	4	1	0,4	10	4
12	Einfügen bzw. Entfernen der Komponenten	0,5	1	0,5	10	5	1	0,5	10	5
13	Entfernen von Features	0,3	1	0,3	10	3	10	3	10	3
14	Kontrolle über Feature Parameter	0,4	3	1,2	10	4	7	2,8	10	4
15	Steuerung der Lage von Referenzgeometrien wie z. B. Ebenen	0,3	8	2,4	10	3	8	2,4	10	3
16	Automatische Änderung des Werkstoffes von Einzelteilen	0,4	6	2,4	10	4	1	0,4	10	4
17	Automatische Generierung von technischen Zeichnungen, impliziert die Steuerung der Lage von Zeichnungsansichten, Bemaßung und die Steuerung des Zeichnungsmaßstabes	0,8	1	0,8	10	8	4	3,2	10	8
18	Automatischer Export von Zeichnungen in den Formaten PDF, DWG und DXF	0,4	1	0,4	10	4	1	0,4	10	4
19	Stücklisten auf Baugruppenzeichnungen für die Produktion müssen sich automatisch an die jeweilige Konfiguration anpassen	0,3	10	3	10	3	10	3	10	3
20	Geringe Programmierfähigkeiten	0,4	7	2,8	1	0,4	5	2	5	2
21	Geringe Investitionskosten	0,5	8	4	1	0,5	5	2,5	5	2,5
	Summe	10		58,3		87,2		63,7		92,2
	Rangfolge			4		2		3		1
	Wertigkeit			0,58		0,87		0,64		0,92

Bild 17: Nutzwertanalyse

Die Anforderungen zwei und siebzehn sind besonders hoch gewichtet worden. Die signifikante Reduktion der Konstruktionszeit ist im Wesentlichen das Hauptziel dieser Arbeit. Diese Reduktion kann nur bestmöglich bewerkstelligt werden, wenn die Zeichnungen automatisch generiert werden. Ein hoher Zeitanteil in der Konstruktion betrifft die Bearbeitung der technischen Zeichnungen.

Der Nutzwertanalyse zur Folge hat der Einsatz der DriveWorks Solo Software den größten Nutzen. Die alternative Lösung ist der Einsatz von Makros. Hierbei wäre es aller-

dings nötig ein umfangreiches Makro/Programm zu schreiben. Dieses würde einem CAD-Konfigurator, wie der DriveWorks Solo Software entsprechen. Dies erklärt somit auch die hohe Wertigkeit der Makro-Lösungsvariante. Allerdings ist das Programmieren eines eigenen Konfigurators mit vielen Schwierigkeiten verbunden, siehe **Kapitel 4.1.2**.

Wie aus **Kapitel 4.2** hervorgeht ist der CAD-Konfigurator DriveWorks Solo eine Software die zusätzlich erworben werden muss. Eine Investition von 3750€ ist erforderlich gewesen. Nach einer ausführlichen Zwischenpräsentation des Konzeptes während dieser Arbeit, ist diese Investition getätigt worden. Die positive Investitionsentscheidung beruht auf mehreren Kriterien. Zunächst war es bereits zu dem Zeitpunkt der Arbeit ersichtlich, dass die Software die optimale Lösung ist. Hierfür wurden mit Hilfe einer Probeversion der Software, ausführliche Tests durchgeführt.

Nachdem die Software erworben wurde, folgte die Verarbeitung der Produktfamilie GTK 12-16 S in diesem Konfigurator.

5 Generische Realisierung

In diesem Kapitel wird die Anwendung des Konzeptes eines Konfigurators dargestellt. Die Umsetzung des Konzeptes auf eine Produktfamilie erfordert vorbereitende Maßnahmen. Da das Baukastensystem und die damit verbundene Gleichteilverwendung weiterhin bestehen soll, ist eine Nomenklatur definiert worden. Darauffolgend sind Strategien der Anwendung aufgeführt. Notwendige Anpassungen der bereits vorhandenen Konstruktion und die erforderliche manuelle Nacharbeit werden abschließend dargelegt.

5.1 Anwendungsbezogene Vorbereitungen

Zunächst sind die Grundlagen der Bedienung von DriveWorks Solo zu erlernen. Hierfür wird empfohlen das von DriveWorks zur Verfügung gestellte Trainingshandbuch, welches in digitaler Ausführung zur Verfügung steht, zu bearbeiten. Eine weitere Quelle für den Umgang mit der Software bieten die HowTo-Videos auf der Homepage von DriveWorks.

5.1.1 Analyse der Produktfamilie

Bei der Analyse ist zunächst zu prüfen welche Varianten einer Produktfamilie zukünftig automatisch per Rechner konstruiert werden sollen. Dazu ist ein Reduzieren, Belassen oder Erweitern der möglichen Varianten notwendig. Das heißt es ist festzulegen welche Parameterwerte die Konstruktion für die jeweilige Variante annehmen darf [vgl. KOLL98, 466]. Die Parameter können unterschiedlichster Art sein (siehe Kapitel 3.2). Dies muss am Anfang der Umsetzung definiert werden. Denn das gesamte weitere Vorgehen ist auf dieser Festlegung aufgebaut. Darauf basierend wird in DriveWorks Solo die Benutzeroberfläche generiert.

Bei der Auswahl der Variationen sollte die Produktionsgeschichte der Produktfamilie betrachtet werden. Selten produzierte Variationen sind gesondert zu evaluieren. Der Aufwand für die Umsetzung sinkt dadurch deutlich.

Wie aus dem **Kapitel 3.1.5** hervorgeht, wird ein Basis CAD-Modell für den Einsatz eines CAD-Konfigurators benötigt. Die Wahl des Basismodells ist von mehreren Kriterien abhängig. Die Aktualität der Konstruktion ist dabei das führende Kriterium. Es ist von Vorteil eine Konstruktion zu verwenden, welche bereits auf den neusten Stand der Technik ist. Eine weitere wichtige Rolle spielt die zeichnerische Darstellung. Durch große Änderung von Abmessungen ist es erforderlich mehr Eigenschaften von Zeichnungen zu steuern. Grundsätzlich ist das mit DriveWorks Solo möglich. Allerdings kann der Aufwand an dieser Stelle deutlich reduziert werden. Dafür ist ein Basismodell zu wählen, welches die größten Abmessungen aufweist.

Eine weitere entscheidende Frage die sich stellt ist: Wie hoch soll der Detaillierungsgrad der Steuerung sein?

Der Detaillierungsgrad der Steuerung entscheidet nicht nur über die Komplexität, sondern auch über die Durchlauf- und Änderungszeiten. Die Flexibilität für nachträgliche

Erweiterungen sinkt durch einen zu hohen Detaillierungsgrad. Deshalb ist es von Vorteil festzulegen welche Tätigkeiten der Konstruktion nach wie vor manuell durchgeführt werden sollen.

5.1.2 Nomenklatur

DriveWorks Solo speichert Bauteile die regelbedingt eine Änderung erfahren automatisch um. Die komplette Umbenennung ist aber nicht möglich. Stattdessen wird die Benennung des Bauteiles aus dem Basismodell um weitere Zeichen ergänzt. Diese sind durch ein Leerzeichen voneinander getrennt.

Um die Anforderung der Gleichteilverwendung zu erfüllen ist ein System für die Nomenklatur der ergänzenden Zeichen generiert worden. Diese werden nur an Bauteile vergeben die eine Änderung aufgrund der Wahl der Ausstattung erfahren. Im Folgenden wird die Nomenklatur detailliert dargestellt. Diese orientiert sich an der DIN ISO TS 81346-3 [DINI13].

Die einzelnen Stellen der Benennung sind Variablen, die durch Regeln gesteuert werden. DriveWorks Solo erlaubt die Verwendung von bis zu max. zehn Variablen für die Benennung einer Komponente. Jede Stelle ist einem Ausstattungsmerkmal zugeordnet. Die Ausstattungsmerkmale wurden in **Kapitel 2.3** ermittelt. **Bild 18** zeigt alle Stellen der Nomenklatur und deren Bedeutung. Beispielsweise kann die Zahl an der Stelle B, für den Maschinentyp der Produktfamilie zwischen eins und sechs variieren. Die eins wird nur vergeben, wenn die Komponente die eine Änderung erfährt in allen Maschinentypen verwendet werden kann. Die Zahlen zwei bis sechs sind dabei den jeweiligen Maschinentypen zugeordnet. Die Wahl der richtigen Zahl wird durch eine Wenn-Dann Regel realisiert. Eine Beschreibung der dazugehörigen Regeln ist in **Anhang – 1** zu finden.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A – Urmodell Bezeichnung											
XXXXXX Nummer des Basismodells mit anschließenden Leerzeichen											
B – Maschinentyp						C – Leichtbau					
1	Alle					0	ohne				
2	GTK 12 S					1	Leichtbauvariante				
3	GTK 13 S										
4	GTK 14 S										
5	GTK 15 S										
6	GTK 16 S										
D – Auslass hinten						E – Brennerart					
1	eckig hydraulisch					0	ohne				
2	eckig mechanisch					1	Gas				
3	rund hydraulisch					2	Öl				
4	rund mechanisch										
F – Einlauf						G – Schurre hinten					
0	ohne					0	ohne				
1	mechanisch					1	für Eimerentleerung				
2	hydraulisch					2	für Bohlenentleerung				
						3	Kombischurre				
H – Arbeitsplattform						I – Leiter					
0	ohne					0	ohne Schutzblech				
1	mit					1	mit Schutzblech				
J – Trennzeichen											
_											
K – Auslass seitlich vorne						L – Auslass seitlich hinten					
0	ohne					0	ohne				
1	eckig hydraulisch					1	eckig hydraulisch				
2	eckig mechanisch					2	eckig mechanisch				
3	rund hydraulisch					3	rund hydraulisch				
4	rund mechanisch					4	rund mechanisch				

Bild 18: Nomenklatur

Die Reihenfolge der einzelnen Stellen ist so gewählt, dass sich in den unteren Ebenen der Baugruppenstruktur die Anzahl der zusätzlichen Zeichen reduziert. Eine beispielhafte Darstellung der Benennung auf der obersten Ebene ist im **Bild 19** dargestellt.

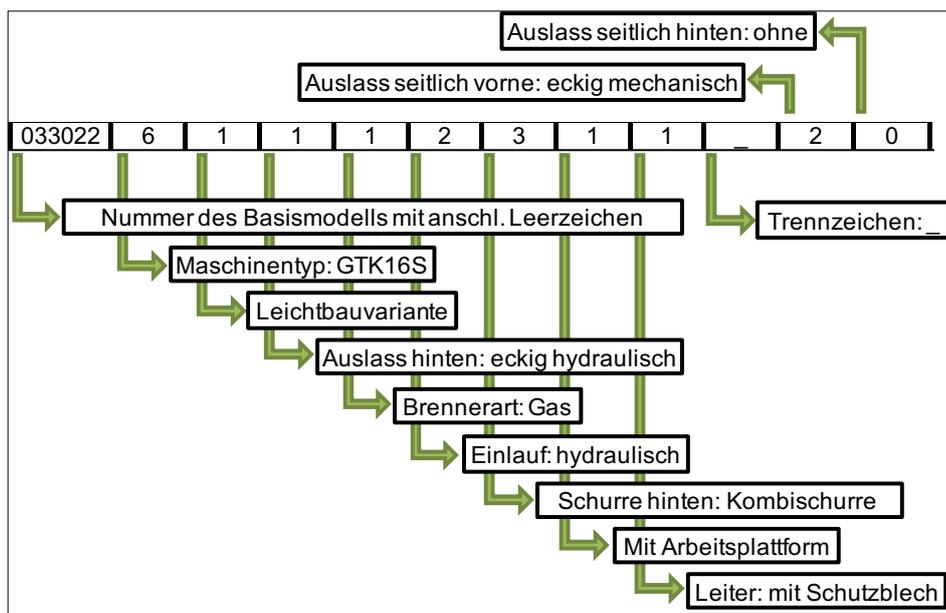


Bild 19: Benennung auf der obersten Ebene

Die oben beschriebene Nomenklatur ist für die Produktfamilie GTK 12-16 S entwickelt worden. Für weitere Projekte kann diese als Orientierung dienen.

5.1.3 Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche ist ein wichtiges Instrument für die Verwendung eines CAD-Konfigurators. Da CAD-Konfiguratoren im Allgemeinen nur von internem Personal benutzt werden sollen kann die Gestaltung sehr einfach gehalten werden. Im **Bild 20** ist die Benutzeroberfläche für die Produktfamilie GTK 12-16 S dargestellt. Diese bietet die Möglichkeit die vom Vertrieb bzw. von Kunden definierte Ausstattung der Produktfamilie auszuwählen. Die Benutzeroberfläche ist maßgebend für das Formulieren des Regelwerkes. Die Benutzeroberfläche selbst kann auch durch Regeln gesteuert werden. Beispielsweise können sich technisch gegenseitig ausschließende Auswahlmöglichkeiten wie Gas und Öl als Brennerart so gesteuert werden, dass beide nie gleichzeitig ausgewählt werden können. Des Weiteren können Informationen zu jeder Ausstattungsvariante hinterlegt werden. Diese sollen dem Anwender bei der Auswahl behilflich sein.

The screenshot shows the 'DriveWorks Solo' configuration window. It features a toolbar at the top with icons for home, save, help, and other functions. The main area is a light blue panel with the following settings:

- Kesseltyp:** 12 S
- Brennerart:** Gas, Öl, Leichtbau
- Einlauf:** hydraulisch
- Auslass Hinten:** eckig Hydraulisch
- Auslass Seitlich Hinten:** eckig Hydraulisch
- Auslass Seitlich Vorne:** eckig Mechanisch
- Schurre:** Kombischurre Eimer/Bohlenentleerung
- Arbeitsplattform:**
- Klappgeländer:**
- Leiter:** mit Schutzblech

At the bottom of the window, there are three buttons: 'Cancel', '< Previous', and 'Finish'.

Bild 20: Benutzeroberfläche

Nach dem die kundenspezifische Ausstattung gewählt ist kann eine Vorschau des Modells und der Zeichnungen generiert werden. Dies ermöglicht eine visuelle Kontrolle ggf. kann hier noch bei auftretenden Fehlern eingegriffen werden, bevor alle Unterlagen generiert werden. Anschließend kann die Konstruktion automatisch generiert werden.

5.2 Anwendung

5.2.1 Wechselwirkung zwischen 3D und 2D

DriveWorks Solo bietet viele Möglichkeiten um an das gewünschte Ergebnis zu gelangen. Allerdings sind nicht alle Lösungsvarianten die das 3D-Modell erfolgreich steuern für die zeichnerische Darstellung geeignet. Dies muss bei der Erstellung der Regeln bzw. der Steuerung beachtet werden.

Die Wechselwirkung tritt auf wenn Komponenten im Basismodell nicht vorhanden sind. Dementsprechend können diese auch nicht in Baugruppenzeichnungen mit Beschriftung wie Positionsnummern, Schweißnähten und Bemaßung versehen werden. Als Beispiel kann hierfür die Leiter der Produktfamilie dienen. Diese kann mit einem Schutzblech ausgestattet werden. Wie die Zeichnungsansicht in **Bild 21** zeigt, müssen zur Befestigung des Schutzbleches zusätzliche Komponenten eingeschweißt werden.

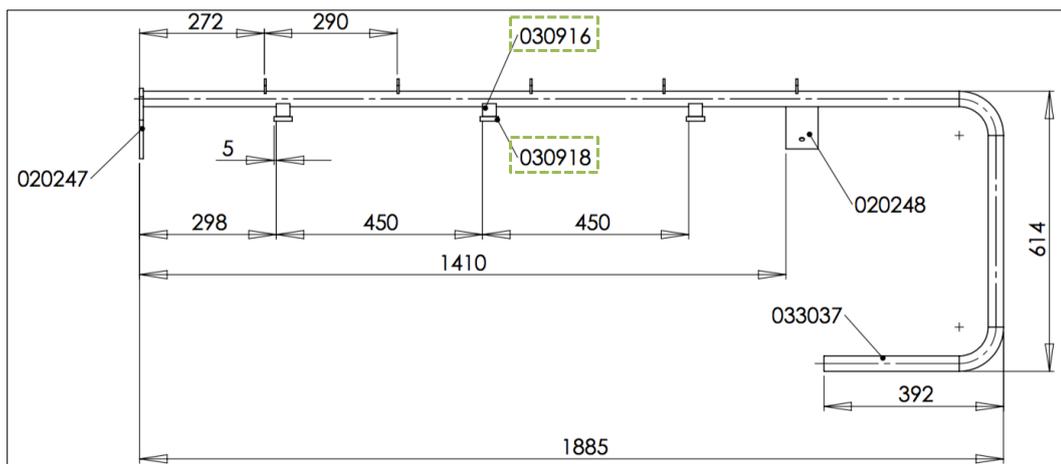


Bild 21: Zusätzliche Komponenten

Um die Wechselwirkung an dieser Stelle zu vermeiden, werden alle erforderlichen Bauteile für alle Ausstattungsmöglichkeiten in das Basismodell eingefügt. Dies erlaubt zunächst die zeichnerische Darstellung. Anschließend werden bei der automatischen Generierung die nicht für die Variante benötigten Komponenten und deren Beschriftung in den Zeichnungen entfernt.

5.2.2 Vorgehensstrategien

Grundsätzlich können in Zeichnungen nur bereits vorhandene Beschriftungen, Bemaßungen und Ansichten durch DriveWorks Solo gesteuert werden. Um die zeichnerische Darstellung zu realisieren ist es daher ratsam die folgenden Strategiepunkte zu beachten.

- Arbeiten mit Ersetzen

Bauteile die bereits vorhanden sind, grundsätzlich die gleiche Funktion erfüllen und sich an derselben Position befinden sollten mit dem Befehl Replace (Ersetzen) gesteuert werden. Zu solchen Bauteilen gehören z. B. Auslassschurren, Auslässe und Rührwerkskomponenten für die Leichtbauvariante. Der Vorteil beim Ersetzen ist die Übernahme der Beschriftung wie z. B. der Positionsnummern und Bemaßungen in den Zeichnungen. Allerdings müssen einige Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz erfüllt sein. Die Bauteile die für das Ersetzen verwendet werden, müssen sich auf dem Laufwerk des jeweiligen Arbeitsplatzes befinden. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit den Datenpfad zu den Komponenten in der Regel zu hinterlegen. Das Verzeichnis in dem sich diese Komponenten befinden muss auf allen Arbeitsplätzen die gleiche Benennung haben. Beim Ersetzen spielen außerdem der konstruktive Aufbau und die Art der Positionierung der Bauteile eine wichtige Rolle. Der Aufbau und die Positionierung über Referenzgeometrien (Ebenen, Achsen) sind dabei erforderlich.

- Arbeiten mit Konfigurationen

Funktioniert das Ersetzen nicht sollte mit SolidWorks-Konfigurationen gearbeitet werden. So können die Zeichnungsansichten für die unterschiedlichen Konfigurationen im Basismodell erstellt werden. Anschließend sind die einzelnen Ansichten zu steuern. Die nicht erforderlichen Ansichten können beim automatischen Erstellen des neuen Modells durch Regeln entfernt werden. Die für die Baugruppen erforderliche Stückliste muss im Basismodell beide Konfigurationen darstellen. Außerdem ist die stationäre Ecke in den Tabellenoptionen so zu setzen, dass die Stückliste sich von einem Eckpunkt aus vergrößert bzw. verkleinert (detaillierter in **Kapitel 5.3.3** dargestellt).

- Schnitt-, Detailansichten und Bildausschnitte

Alle hierfür erforderlichen Skizzen sind zu vermaßen. Dabei ist auf die Referenz der Bemaßung zu achten. Die Referenz sollte je nach Lage der Skizze in der Ansicht gewählt werden (im Kapitel 5.3.3 eine detailliertere Beschreibung). Da diese Bemaßung nicht für die Fertigung relevant ist, muss diese ausgeblendet werden.

- Häufig verwendete Regeltypen [DRIH17]

Nachfolgend sind die am meisten verwendeten Regeln und Hinweise zum Einsatz in DriveWorks Solo aufgeführt.

If-Funktion

If([Bedingung], [WertWennBedingungWahr], [WertWennBedingungFalsch])

If (Wenn)	Das ist die Bedingung, die evaluiert wird.
Then (Dann)	Wenn die Bedingung True (Wahr) ist, dann verwende diesen Wert.
Otherwise (Sonst)	Wenn die Bedingung False (Falsch) ist, dann verwende diesen Wert.

Verschachtelte If-Funktionen

Das **Bild 22** zeigt das Prinzip einer verschachtelten If-Funktion. Das Verschachteln von If-Funktionen ist erforderlich wenn derselben Komponente mehrere Werte unter verschiedenen Bedingungen zugeordnet werden sollen.



Bild 22: Verschachtelte If-Funktionen [DRIH17]

If And-Funktion

If(And ([Bedingung1], [Bedingung2]), [WertWennBedingungWahr], [WertWenn BedingungFalsch])

Die If-Funktion ist wahr wenn **alle** Bedingungen der And-Funktion erfüllt sind.

If Or-Funktion

If(Or ([Bedingung1], [Bedingung2]), [WertWennBedingungWahr], [WertWenn BedingungFalsch])

Die If-Funktion ist wahr wenn **eine** Bedingung der Or-Funktion erfüllt ist.

5.3 Einzelteile, Baugruppen – und Zeichnungen

In diesem Kapitel werden anhand von ausgewählten Komponenten der Produktfamilie GTK 12-16 S die Umsetzungslösungen für verschiedene Kategorien von Baugruppen und Einzelteilen dargestellt. Die Beschreibung der erforderlichen Anpassungen der Konstruktion ist impliziert. Die prinzipiellen Lösungsvarianten können für andere Projekte als Orientierung dienen. Wichtig zu sagen ist hier, dass die Lösungen individuell für die Produktfamilie GTK 12-16 S erstellt worden sind. Die Erstellung einer Pauschallösung ist nicht möglich.

5.3.1 Einzelteile

Zuerst werden Regeln des Regeltyps File Name vorgestellt. Die meisten Regeln in dem Projekt betreffen diesen Regeltyp. Weitere Regeln für diesen und weitere Regeltypen sind in dem **Anhang – 3** zu finden.

File Name:

- Beispiel für eine Namensänderung von Komponenten:

```
If( LeichtbauReturn=TRUE, DWVariableAlleUndL, "" )
```

Sowohl die Komponente als auch die dazugehörige Zeichnung sind mit derselben Regel zu verarbeiten. Die oben dargestellte Regel wird ausgeführt, wenn die Leichtbauvariante auf der Benutzeroberfläche gewählt wird. Dann wird die Variable für die Benennung aktiv. Anderenfalls ändert sich die Benennung der Komponente nicht. Die Variable selbst besteht aus weiteren Variablen, die nach der Nomenklatur aus dem **Kapitel 5.1.2** definiert sind. Für `DWVariableAlleUndL` sehen die Regeln wie folgt aus:

`DWVariableKesseltypAlle&DWVariableLeichtbau:`

```
DWVariableKesseltypAlle = "1"
DWVariableLeichtbau = If(LeichtbauReturn=TRUE, "1", "0")
```

- Beispiel für das Ersetzen von Komponenten:

```
If( LeichtbauReturn=FALSE, "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022844")
```

Beim Ersetzen ist zu beachten, dass Einzelteile nur durch Einzelteile ersetzt werden dürfen. (Bei Baugruppen analog) Diese Regel wird ebenfalls nur aktiv wenn die Leichtbauvariante ausgewählt ist. Dann wird das Bauteil zu dem diese Regel gehört, durch ein Bauteil mit der Bezeichnung 022844 ersetzt. Dieses muss sich auf dem Laufwerk unter `C:\solidtemp\` befinden.

- Beispiel für eine Änderung des Unterdrückungsstatus bzw. das Entfernen einer Komponente:

```
If(GasReturn=TRUE, "DELETE", "U")
```

Diese Regel wird immer aktiv, denn eine Brennerart muss gewählt werden. Wenn die Brennerart Gas ist, wird die Komponente entfernt (DELETE). Bspw. sind die Schutzbleche die für die Brennerart Öl zu Einsatz kommen mit dieser Regel versehen. Wenn Gas nicht als Brennerart gewählt wird heißt es im Umkehrschluss, dass die Unterdrückung der erforderlichen Schutzbleche aufgehoben werden muss (U=Unsuppressed).

Da bei dem Kesselrohr mit der Bezeichnung 033024 viele prinzipiell wichtige Konzepte verwendet worden sind, wird dieses für ein ausführliches Beispiel für die Darstellung der für ein Einzelteil verwendeten Regeln gewählt. Zunächst werden die jeweiligen Positionsnummern im **Bild 23** kurz beschrieben. Auf die Beschreibung folgt/folgen die dafür verwendeten Regeln. Diese werden nach Typen z. B. Dimension oder Feature unterschieden.

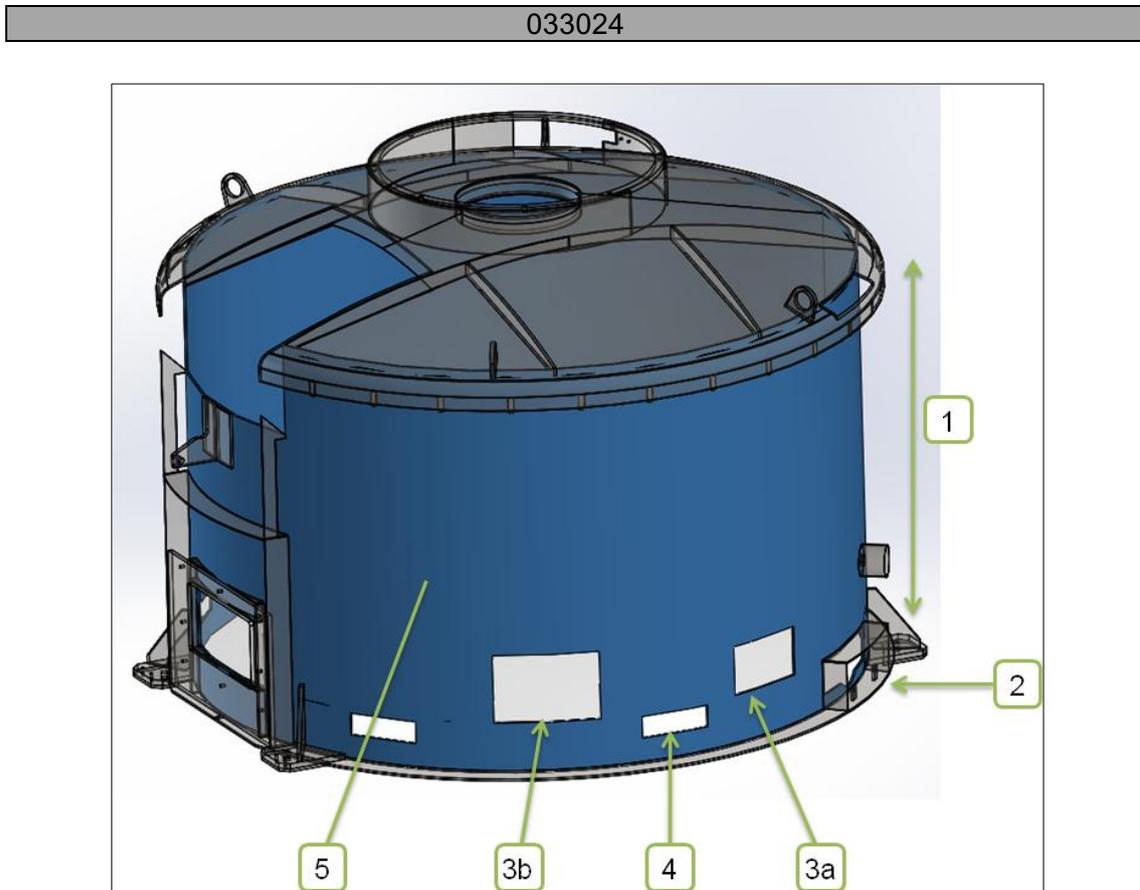


Bild 23: Kesselrohr

1. In diesem Fall wird die Höhe des Kesselrohrs gesteuert. Das ist notwendig um die erforderliche Mischmasse der Maschine zu realisieren. Ausgehend von dem Produktmitglied GTK 12 S mit der Höhe von 1485 mm ist ein Zuwachs von 100 mm je Produktmitglied erforderlich. Beispielhaft ändert sich die Höhe von einem GTK 14 S auf 1685 mm.

➤ Verwendete Regel

Dimension:

- `If(KesseltypReturn="12 S",1485,If(KesseltypReturn="13 S",1585,If(KesseltypReturn="14 S",1685,If(KesseltypReturn="15 S",1785,If(KesseltypReturn="16 S",1885))))))`
2. Die Brennerart verändert das Kesselrohr in diesem Bereich. Aus sicherheitstechnischen Gründen ist bei einem Öl beheizten Kessel eine weitere Öffnung erforderlich.

derlich. Diese dient der visuellen Flammenüberwachung und als Explosionsklappe.

➤ Verwendete Regel

Feature:

- `If(ÖlReturn=TRUE, "U", "S")`
3. Für die Ausstattung seitliche Auslässe in Position V oder H ist die Steuerung von diesen Ausschnitten erforderlich. Zunächst einmal ist eine Auswahlfunktion für die beiden Ausstattungen zu erstellen. Diese muss sowohl die Option für die Lage, als auch für die Bedienart des jeweiligen Auslasses beinhalten. Die Bedienart kann hydraulisch oder mechanisch sein.
- a. Die im **Bild 24** markierten Abmessungen werden gesteuert. Bei einem mechanischen Auslass wird 370 mm zu 290 mm und 250 mm zu 180 mm geändert.

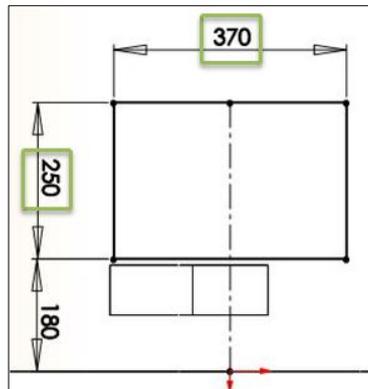


Bild 24: Ausschnitt für seitlichen Auslass

- b. Die gesteuerte Elemente sind wie bei Punkt a., allerdings wird zusätzlich die Lage der Öffnung für einen mechanischen Auslass gesteuert. Im **Bild 25** sind die von der Steuerung betroffene Elemente. Die Lage der Ebene 1 wird von 67.5° auf 71° geändert, falls ein mechanischer Auslass mit der Lage H erforderlich ist. Durch die Lageänderung der Ebene wandert die Öffnung am Umfang des Kesselrohres weiter nach links bzw. weiter zum späteren Einlauf des Gussasphaltkochers.

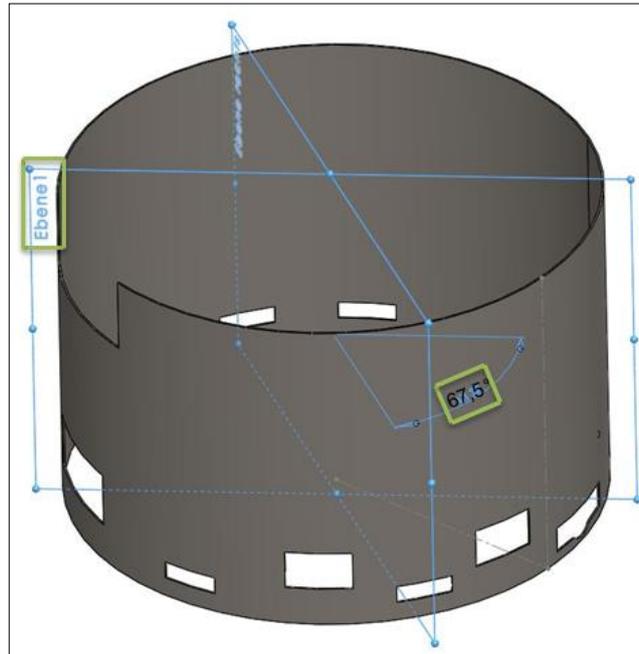


Bild 25: Steuerung der Referenzgeometrie

➤ Verwendete Regeln

Dimension:

- `If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"),290,370)`
- `If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"),180,250)`
- `If(Or(DWVariableASHR="eckig Mechanisch",DWVariableASHR="rund Mechanisch"),71,67.5)`

Feature:

- `If(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne", "S", "U")`
 - `If(DWVariableASHR="ohne", "S", "U")`
4. Diese Ausschnitte sind für die Durchführung des Rauchgases erforderlich. Diese sind gleichmäßig am Kesselrohrumfang verteilt. Einzelne Ausschnitte entfallen an den Positionen der Auslassöffnungen und der Öffnung für die Brennervorrichtung. Hierfür ist es erforderlich das Feature-Muster für diese Ausschnitte zu steuern.

➤ Verwendete Regel

Feature:

- `"12|3|4"&If(DWVariableASHR="ohne",If(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne",", "|13"),If(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne", "|1", "|1|13"))`

- Um eine Leichtbauvariante der Maschine zu realisieren wird unter anderem die Blechdicke des Kesselrohres reduziert. Gleichzeitig müssen die mechanischen Eigenschaften des Bauteils erhalten bleiben. Deshalb ist es erforderlich ein höherfestes Material zu verwenden. Aus diesen Gründen sind die Materialeigenschaften des Kesselrohres zu steuern. Eine Änderung der AGT-Artikelnummer(Rohmaterial) ist damit verbunden.

➤ Verwendete Regeln

Custom Properties:

Materialänderung im Modell:

- `If(LeichtbauReturn=FALSE, "AGT-Material|S355J2G3(1.0577)", "AGT-Material|Creusabro 4800")`

Änderung der im Bauteil niedergeschriebenen Eigenschaften:

- `If(LeichtbauReturn=FALSE, "S355J2G3(1.0577)", "Creusabro 4800")`
- `If(LeichtbauReturn=TRUE, "12.265.0510", "12.265.0466")`

5.3.2 Baugruppen

Anhand der Baugruppe 033022 (ein komplettes Produktfamilienmitglied) wird das Vorgehen für Gleichteile mit unterschiedlichen Funktionen bzw. Positionen in einer Baugruppe dargestellt. Hierfür muss der Typ Instances gesteuert werden. Das **Bild 26** zeigt die Instances (blau markiert) der Baugruppe 033022. Weitere Regeltypen sind analog zu den Einzelteilen zu steuern.

033022

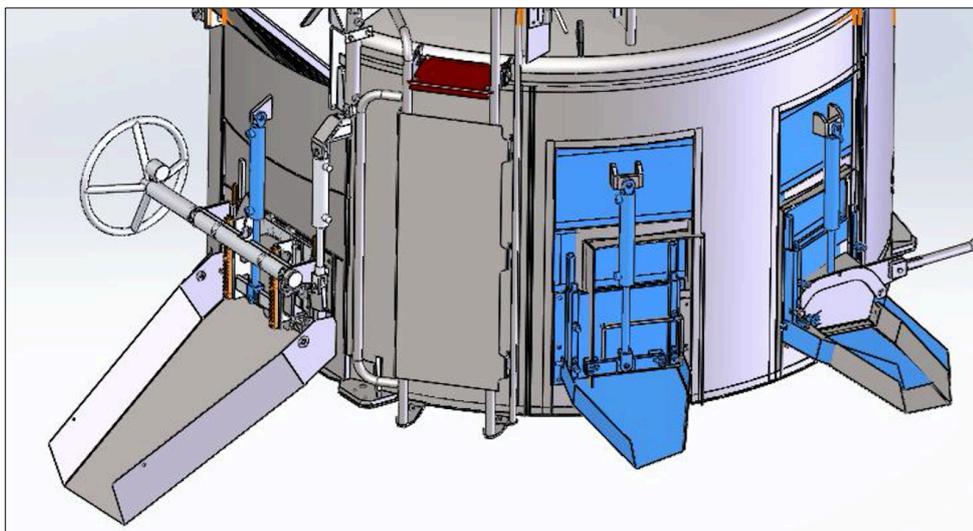


Bild 26: Instances

Instances:

- Das Bauteil **000026_Hydraulikzylinder** wird in der Baugruppe maximal dreimal verbaut. Es ist für die eckig hydraulische Ausführung der Auslässe hinten, in Position H und V notwendig.

Instance 1: Auslass eckige Ausführung hydraulisch hinten

```
If(Or(AuslassHintenReturn="eckig Mechanisch",AuslassHintenReturn="rund Mechanisch", AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch"), "DELETE", "")
```

Instance 2: Seitlicher Auslass eckige Ausführung hydraulisch, Position H

```
If(Or(DWVariableASHR="ohne", DWVariableASHR="eckig Mechanisch", DWVariableASHR="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
```

Instance 3: Seitlicher Auslass eckige Ausführung hydraulisch, Position V

```
If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne", AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
```

- Die Baugruppe **020284_Seitlicher Auslass hydr. 370x250** und die Bauteile **020281** und **020283** werden maximal zweimal verbaut. Die Baugruppe und die Bauteile werden für jeweils einen der seitlichen Auslässe benötigt.

Instance 1: Seitlicher Auslass eckige Ausführung hydraulisch, Position H

```
If(Or(DWVariableASHR="ohne", DWVariableASHR="eckig Mechanisch", DWVariableASHR="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
```

Instance 2: Seitlicher Auslass eckige Ausführung hydraulisch, Position V

```
If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne", AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
```

5.3.3 Zeichnungen

Die Zeichnungen bzw. die Zeichnungsansichten werden nur gesteuert, wenn das 3D-Modell und damit auch die Zeichnungsdatei eine Änderung erfahren. Die Steuerung betrifft dabei die Position der Ansichten und das Entfernen der nicht benötigten Ansichten. Zudem wird der Typ Annotation Text gesteuert. Zu diesem Typen gehören unter anderem die Bemaßungen, Schweißnahtbeschriftung und Positionsnummern in den Zeichnungen. Als Beispiel wird eine Zeichnung der Baugruppe mit der Bezeichnung 033023 verwendet. Analog zudem können Einzelteilzeichnungen gesteuert werden.

033023

Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben kann der Kunde zwischen unterschiedlichen Ausstattungen der Produktfamilie wählen. **Bild 27** und **Bild 28** zeigen das Vorgehen um die zeichnerische Darstellung bei der Wahl der Brennerart (Gas/Öl) zu gewährleisten. Außerdem werden anhand dieses Beispiels die allg. Informationen zur richtigen Positionierung von Zeichnungsansichten erläutert.

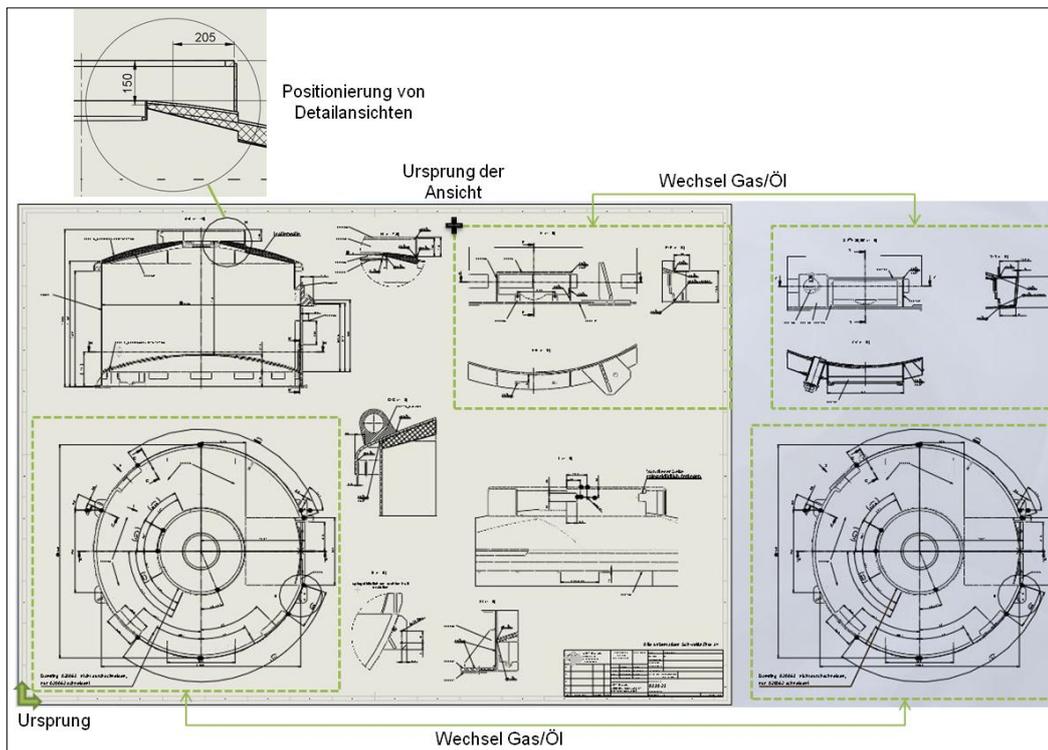


Bild 27: Notwendige Ergänzungen in Zeichnungen

- Positionierung von Detailansichten/Bildausschnitten:

Sowohl für die Detailansichten als auch für Bildausschnitte wird in einer Zeichnungsansicht eine Skizze erstellt. Die Position dieser Skizze ist im Allgemeinen nicht definiert. Für die Verwendung der Zeichnungen in dem CAD-Konfigurator ist es wichtig diese Skizzen vollständig durch Bemaßung zu definieren. In Bild 27 wird die Positionierung von Detailansichten beispielhaft dargestellt. Zu beachten bei der Positionierung sind die Abhängigkeiten. In dem Fall muss der Bezug für

die Bemaßung so gewählt werden, dass die Detailansicht sich mit der Änderung der Höhe der Maschine verschiebt.

- Positionierung von Ansichten:

Ansichten können durch die Angabe von zwei Koordinaten auf dem Zeichnungsblatt positioniert werden. Die Koordinaten können konstant oder variabel sein. Dies kann mit unterschiedlichen Regeln realisiert werden, im Allgemeinen nach dem Wenn-Dann-Schema. Der Ursprung auf den sich die Koordinaten aller Ansichten beziehen liegt in der unteren linken Ecke des Zeichnungsblattes. Der Ursprung einer Zeichnungsansicht befindet sich allerdings an der oberen linken Ecke der jeweiligen Zeichnungsansicht (siehe Bild 27). Bei der Generierung der kundenspezifischen Baugruppe wird zunächst die nicht benötigte, manuell erstellte Konfiguration entfernt. Anschließend folgt die Anpassung der Zeichnung für die Baugruppe. DriveWorks Solo entfernt die nicht benötigten Zeichnungsansichten und verschiebt ggf. die erforderlichen Ansichten auf die durch Regeln vordefinierten Positionen (siehe Bild 28).

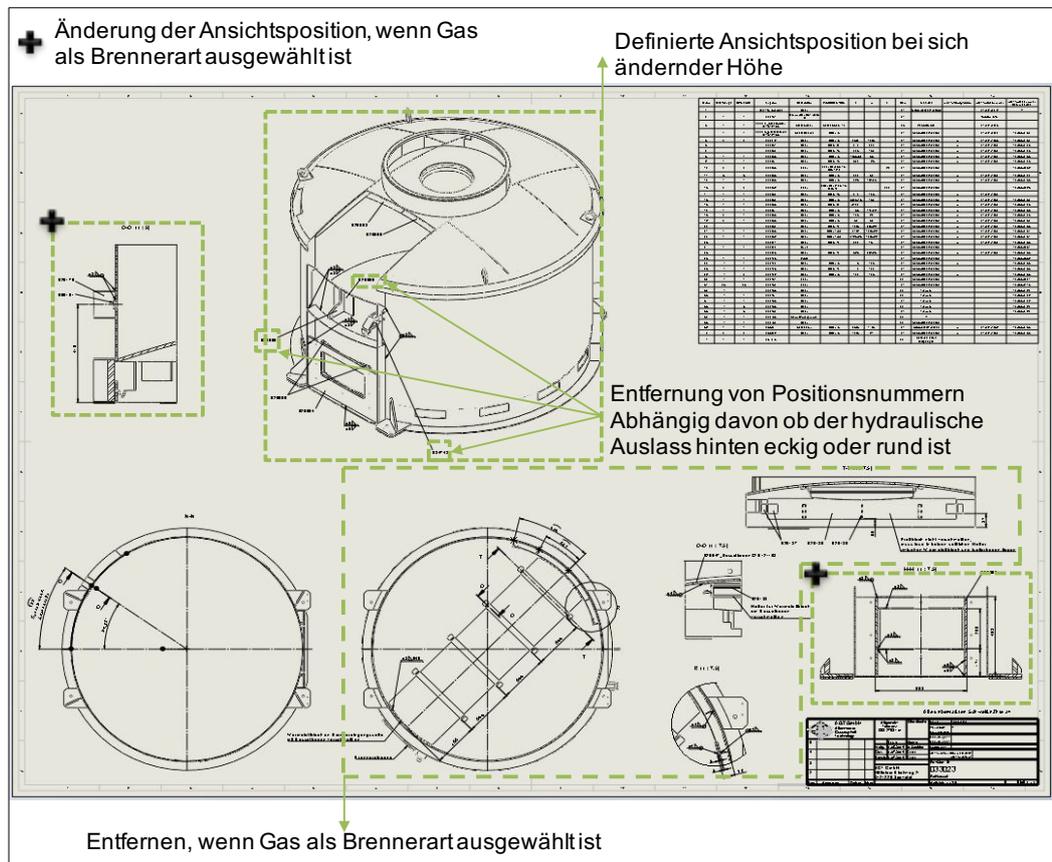


Bild 28: Ansichten spezifische Änderungen

- Wahl der Brennerart:

Für die Brennerarten werden unterschiedliche Komponenten benötigt. Zum Beispiel werden bei der Verwendung von Öl-Brennern zusätzliche Wärmeschutzbleche unter dem Kesselboden angebracht. Außerdem sind die Befestigungseinheiten für die Brenner unterschiedlich. Um dennoch beide Varianten zeichnerisch

darstellen zu können werden zunächst in dem 3D-Modell beide Varianten durch manuell erstellte Konfiguration abgebildet. Dies ermöglicht es in der Zeichnung, Ansichten für beide Varianten darzustellen und zu bemaßen. Siehe dazu in Bild 27 und Bild 28.

Durch die Reduzierung bzw. Erhöhung der Anzahl der Komponenten in einer Baugruppe ändert sich die Stückliste. Dies hat eine Änderung der Position der Tabelle zur Folge. Durch die Auswahl der richtigen Tabellenposition kann die Verschiebung der Stücklistentabellen verhindert werden. **Bild 29** zeigt die möglichen Optionen der Positionierung von Stücklistentabellen. Die Wahl der Tabellenposition ist dabei individuell auf die Zeichnung abzustimmen. Es sollte dabei der mögliche Mehrbedarf an Platz auf der Zeichnung beachtet werden.

Stk.Nr.	Q	M	E	O	E	Prof/Blech/D	a	b	L	Rel.	Material	ACHT-Konfig/Grupp	KOT-Nr./Reihennummer	KOT-Nr./Reihennummer (Ebenen)
1	4	4	000115	1	1	Blech				D1	S 226 J R 02 (1.000)		D1.001.1037	
2	1	1	000151	1	1	Rohrleitung 103-4, Ø 18 x 2				D1			13.226.43.124	
3	1	1	000147	1	1	Kesselboden Ø 112-188				D3	P 280 R II		D1.001.1037	
4	1	1	000148	1	1	Kesselboden Ø 112-188				D1	S 226 J R 02 (1.000)		D1.001.1037	12.266.D467
5	2	2	000149	1	1	Blech	2532	1266		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
6	4	4	000151	1	1	Blech	242	200		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
7	4	4	000152	1	1	Blech	226	180		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
8	1	1	000153	1	1	Blech	1368	66		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
9	1	1	000154	1	1	Blech	800	492		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
10	2	2	000155	1	1	Flech	Frachtwagen 100, Ø 18, 1017			D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
11	6	6	000156	1	1	Blech	220	30		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D472
12	1	1	000157	1	1	Blech	788	159	200	D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
13	2	2	000158	1	1	Flech	Frachtwagen 100, Ø 18, 174			D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
14	1	1	000159	1	1	Blech	240	176		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	
15	1	1	000160	1	1	Blech	326,13	162		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D467
16	1	1	000161	1	1	Blech	41024			D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
17	1	-	000162	1	-	Blech	426	110,29		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D466
18	2	-	000163	1	-	Blech	176	90		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D476
19	2	-	000164	1	-	Blech	50	30		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D467
20	4	4	000165	1	1	Blech	1086	236,99		D1	S 226 J R 02 (1.000)	b	D1.001.1037	12.266.D468

Bild 29: Stücklistenpositionierung

5.4 Manuell durchzuführende Tätigkeiten

Wie aus dem Kapitel 3 hervorgeht bieten Konfiguratoren im allgemeinen viele Vorteile. Allerdings ist der Aufwand für eine 100 prozentige Automatisierung der Konstruktionstätigkeit sehr hoch. Aus diesem Grund ist es sinnvoll einige Tätigkeiten nach wie vor manuell durchzuführen. Davon betroffen sind vor allem die Zeichnungen.

- Zeichnung – Kesselrohr:

Das Kesselrohr ist ein Einzelteil, welches am meisten variiert werden kann. Das Kesselrohr besitzt 500 technisch realisierbare, unterschiedliche Konfigurationen (Berechnet nach Formel aus Kapitel 2.3). Außerdem ist das Kesselrohr die kostenintensivste Stahlkomponente der Produktfamilie. Dies ist vor allem auf den umfangreichen Fertigungsaufwand und die geringe Fertigungstückzahl zurückzuführen. Aus diesen Gründen muss bzw. sollte die Zeichnung für das Kesselrohr manuell nachbearbeitet werden.

- Zeichnungen – Gewalzte Bleche:

Gewalzte Bleche die unter anderem für den Rauchgaskanal und die Verkleidung verwendet werden müssen manuell nachbearbeitet werden. DriveWorks Solo hat in diesem Fall einen Schwachpunkt. Zeichnungen gewalzter Bleche ohne weitere Ausschnitte können problemlos gesteuert werden. Sobald allerdings Ausschnitte eingesetzt werden, verliert die Bemaßung in den Zeichnungen den Bezugsursprung. Deshalb sind diese Zeichnungen manuell nachzuarbeiten.

- Zeichnung auf der obersten Ebene:

Die Zeichnung des gesamten Kessels, die nach Kundenwünschen zusammengestellt wird muss überprüft werden. Diese Zeichnung wird unter Umständen dem Kunden zur Verfügung gestellt und darf deshalb unter keinen Umständen fehlerhaft sein.

6 Nutzen

Die Anwendung des Konstruktionsprinzips ist für die Produktfamilie umgesetzt worden. Dieses Kapitel beinhaltet den quali- und quantitativen Nutzen der Lösung. Des Weiteren ist eine persönliche Empfehlung des Autors zu weiteren Möglichkeiten die das Konstruktionsprinzip bietet impliziert.

6.1 Qualitativ und Quantitativ

Durch den Einsatz des CAD-Konfigurators sind viele positive Aspekte im Zusammenhang mit der gesamten Prozesskette für die Produktfamilie GTK 12-16 S aufgetreten. Die Durchlaufzeit eines Projektes ist in der Konstruktionsabteilung enorm gesunken. Das Unternehmen weist nun eine schnelle Reaktionszeit auf. Die Anfragen und Bestellungen eines Kunden können somit in einer sehr kurzen Zeit bearbeitet werden. Die durch den technischen Einkauf ausgelöste Bestellung für die Fremdfertigungsteile kann innerhalb kürzester Zeit ausgelöst werden. Die Durchlaufzeit vor dem Einsatz des Konfigurators betrug in der Konstruktionsabteilung ca. 60 Arbeitsstunden (siehe **Kapitel 1**). Um die Durchlaufzeit der automatischen Konstruktion zu ermitteln sind Versuche durchgeführt worden. Hierfür sind zufällig ausgewählte Variationen der Produktfamilie, anhand der Benutzeroderfläche ausgewählt worden. Die jeweilig gewählte Variation sind im **Anhang - 4** zu finden. Diese kann durch den Schlüssel der Nomenklatur aus **Kapitel 8** entschlüsselt werden. Anhand der ersten zehn Ergebnissen ist die Tendenz klar zu erkennen. Aus diesem Grund wurden keine weiteren Zeitmessungen in das **Bild 30** aufgenommen. Die Durchschnittsdurchlaufzeit liegt hier bei 19 Minuten. Die Messungen eins und fünf sind nicht in die Durchschnittsberechnung eingegangen. Diese Durchlaufzeiten liegen 50% über dem Durchschnittswert. Der Grund dafür ist in beiden Fällen derselbe. Hier wurden jeweils zwei Leichtbauvarianten der Produktfamilie generiert. Die Generierung der Leichtbauvariante erfordert einen deutlich höheren Aufwand, da hierfür eine große Anzahl der Komponenten gesteuert werden muss.

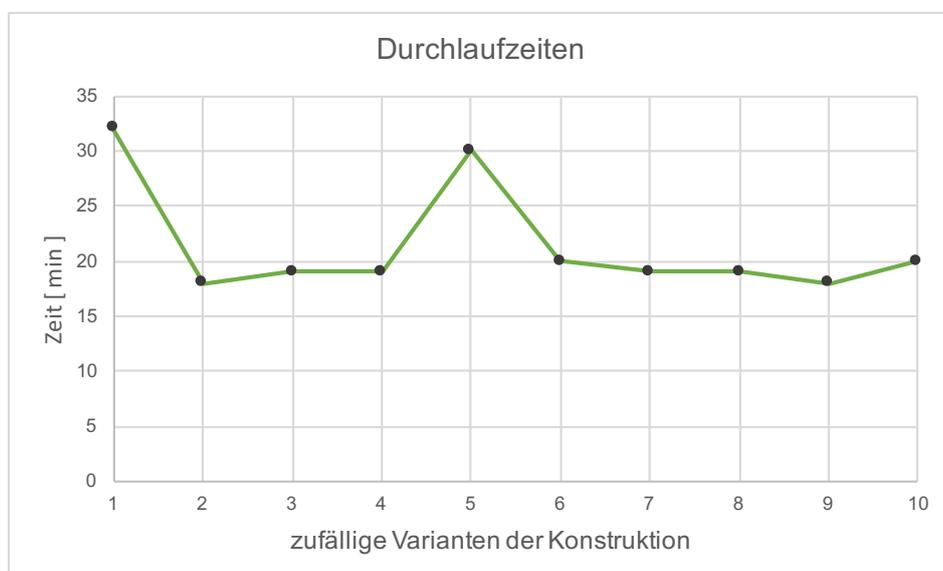


Bild 30: Diagramm - Durchlaufzeiten der automatischen Konstruktion

Nicht alle Tätigkeiten die für eine vollständige Konstruktion erforderlich sind, werden in diesen 19 bzw. bei der Leichtbauausführung etwa 30 Minuten generiert. Wie bereits in **Kapitel 5.4** näher beschrieben sind manuelle Tätigkeiten durchzuführen. Da dies nur wenige Komponenten betrifft wird angenommen das diese Tätigkeiten eine zusätzliche Zeit von ca. 60 Minuten erfordert. Somit ergibt sich für die gesamte Durchlaufzeit einer Variante der Konstruktion ein Zeitwert von 1,5 Stunden. Der zeitliche Aufwand sinkt von max. 60 auf 1,5 Stunden. Die Konstruktionszeit von max. 60 Stunden ist ein Zeitaufwand der bei der Konstruktion von neuen Varianten benötigt wird. Im Laufe der Zeit ist bereits eine große Menge an Varianten konstruktiv umgesetzt worden. Deshalb kann es hierbei zu großen Abweichungen in der bisherigen Konstruktionszeit kommen. Bei der Annahme das die Variante die benötigt wird bereits in dem Konfigurator verarbeitet ist, ist eine 97,5 prozentige Reduktion der zeitlichen Aufwendung möglich. Durch diese Reduzierung sinken die Kosten für die Konstruktion erheblich. Bei einem Ingenieurstundenlohn von 97€/Stunde hat die Erstellung einer Konstruktion max. 5820€ gekostet. Durch den Einsatz des CAD-Konfigurators sinken diese Kosten auf mind. 145,5€.

Ein weiterer großer Nutzen ist, dass alle festgelegten Standardvarianten konstruktiv mit allen notwendigen Unterlagen dargestellt werden können.

Fehler bei der Ausführung sich wiederholender Aufgaben werden vermieden. Beispielsweise wird die Ablage von PDF-, DWG-, DXF-Dateien für jede sich ändernde Zeichnung automatisch fertiggestellt. Zuvor ist diese Tätigkeit manuell durchgeführt worden und somit ein erhöhtes Fehlerrisiko gewesen.

6.2 Handlungsempfehlungen und -möglichkeiten

Wie aus dem vorangegangenen Kapitel hervorgeht, ist ein großes Potential durch den Einsatz eines Konfigurators vorhanden. Die AGT GmbH bietet ein sehr umfangreiches Produktportfolio an, siehe **Kapitel 2.2.1**. Da der Einsatz des CAD-Konfigurators für die Produktfamilie GTK 12-16 S erfolgreich und positiv verlaufen ist, wäre der nächste Schritt die Verwendung des Prinzips für weitere Produktfamilien des Produktportfolios. Der Vorteil hier besteht darin, dass nun erste Erfahrungen vorhanden sind. So können a priori Fehler bei der Umsetzung vermieden werden. Die liegenden Gussasphaltkocher werden regelmäßig in unterschiedlichen Varianten erfolgreich verkauft. Deshalb ist es sinnvoll als nächstes diese Produktfamilie in dem CAD-Konfigurator zu verarbeiten. Dies wurde zu einem fortgeschrittenen Zeitpunkt dieser Arbeit begonnen. Hierfür hat der Autor dieser Arbeit einen Mitarbeiter der Konstruktion Abteilung geschult und bei der Ausführung unterstützt.

Die Überlegung, weitere stehende Gussasphaltkocher und Einbaumaschinen zu verarbeiten, sollte getätigt werden. Der Einsatz für Sondermaschinen ist nicht lohnenswert. Hier werden nur Einzelstücke angefertigt. Um dies mit einem vertretbaren Aufwand zu realisieren sollte allerdings zuerst eine organisatorische Frage geklärt werden: Ist das Ziel des Unternehmens "Unikate" für jeden Kunden zu fertigen oder eine übersichtliche, vordefinierte Standardvariationsmöglichkeit für Produktfamilien anzubieten? Auch wenn durch den Einsatz des CAD-Konfigurators viele Vorteile entstehen, bieten standardisierte Produkte weiteres Potenzial, insbesondere bei der Steigerung der Qualität und der Reduzierung der Durchlaufzeiten der Aufträge. Denn durch eine Standardisierung auf

eine übersichtliche Menge an Varianten kann nicht nur der Konstruktionsvorgang verbessert werden, sondern auch die Produktionsprozesse. Hier sollten weitere Konzepte entwickelt werden. Zusätzlich zur Automatisierung der Konstruktion ist eine Optimierung der Produktionsprozesse anzustreben.

Eine weitere Möglichkeit die sich anbietet ist es einen Schritt rückwärts zu gehen. D.h. nicht komplette Produktfamilien im CAD-Konfigurator zu verarbeiten, sondern stattdessen nur Komponenten (Einzelteile, Baugruppen) aus denen die Produktfamilien bestehen zu steuern. Hierbei würde die Zusammenstellung der gesteuerten Komponenten manuell erfolgen. Dies könnte insbesondere bei den Einbaumaschinen von Vorteil sein. Diese bestehen zu meist aus zusammengesetzten Zwischenstücken. Die konstruktive Gestaltung dieser Maschinen ist unterschiedlich. Allerdings werden zu meist dieselben Breiten von Zwischenstücken zusammengesetzt. Die Idee hier ist die einzelnen Zwischenstücke zu steuern und anschließend ein Basismodell zu erschaffen. Dieses beinhaltet alle notwendigen Schnittstellen in Form von Referenzgeometrien. So können die gesteuerten Zwischenstücke problemlos und schnell zu einer gesamten Baugruppe zusammengesetzt werden. Vorteil hier ist, dass der Aufwand der Verarbeitung von Komponenten in dem CAD-Konfigurator sich reduziert. Außerdem wird das Regelwerk übersichtlicher, was sich positiv bei nachträglichen Änderungen auswirkt.

Die AGT GmbH hat eine umfangreiche Konstruktionsbibliothek. Beispielsweise sind dort alle Halbzeuge die in der Produktion zum Einsatz kommen hinterlegt. Diese beinhalten bereits alle notwendigen Informationen wie z. B. Artikelnummern, Abmessungen. Durch die Erweiterung der notwendigen Informationen zwecks des Imports in das ERP-System sind die Halbzeuge nicht alle auf dem aktuellen Stand. Hier sollte jedes Halbzeug in den CAD-Konfigurator überführt werden. Dies bietet die Möglichkeit nicht nur das Modell mit den aktuellsten Informationen zu generieren, sondern auch die dazugehörige Zeichnung. Hiervon kann die Entwicklung von Sonder- und Neumaschinen profitieren. Dies ist mit einem relativ geringen Aufwand umsetzbar und daher eine klare Empfehlung.

Eine weitere Option die durchaus eine Überlegung wert ist, ist der Einsatz des Online-Vertriebskonfigurators. Dieser erstellt ein Angebot mit allen dazugehörigen Informationen. Informationen über das Produkt, Empfehlungen und eine Vorschau können dem Kunden in kürzester Zeit und zum jeden Zeitpunkt zur Verfügung gestellt werden. Anschließend kann direkt nach dem kundenspezifischen Angebot die CAD-Konstruktion automatisch erstellt werden. In dem Fall wird nicht nur die Konstruktionsabteilung, sondern auch der Vertrieb entlastet. Hierfür ist allerdings eine Pro Version der DriveWorks Software notwendig. Die Pro Version bietet zudem die Möglichkeit die Software programmiertechnisch an die Anforderungen des Unternehmens anzupassen.

7 Zusammenfassung/Fazit

Nach der Vollendung der Arbeit kann gesagt werden, dass diese erfolgreich verlaufen ist. Es ist eine Konstruktionsmethode für die Produktfamilie entwickelt worden, welche den gesamten Konstruktionsablauf erheblich vereinfacht und somit Zeit und Geld einspart.

Mit dem eingeführten CAD-Konfigurator kann in kürzester Zeit ein CAD-Modell anhand von kundenspezifischen Anforderungen generiert werden. Die Änderung der Gesamthöhe und alle Ausstattungsmöglichkeiten der Produktfamilie können mit einem geringen Aufwand konstruktiv abgebildet werden. Zudem werden alle technischen Unterlagen automatisch generiert. Der Aufwand bzw. die Konstruktionszeit für die kundenspezifische Zusammensetzung der Maschine ist hierbei von ca. max. 60 Stunden auf min. 1,5 Stunden signifikant reduziert worden. Weiterhin kann die Konstruktion in vorhandenen EDV-Systemen wie bspw. CAD, PDM und ERP abgebildet werden. Eine konstruktive Erweiterung bzw. Änderung wird nun in der gesamten Produktfamilie berücksichtigt. Das Verarbeiten von weiteren Produktfamilien in dem CAD-Konfigurator ist prinzipiell möglich. Hier sind weitere sinnvolle Handlungsmöglichkeiten vorhanden.

Damit ist die Aufgabenstellung dieser Bachelorarbeit vollständig erfüllt.

Inwieweit und im welchen Umfang die AGT GmbH die neue Methode akzeptiert und verwendet ist von der Geschäftsleitung und der Konstruktionsabteilung abhängig. Nur wenn die Mitarbeiter der Konstruktionsabteilung an die Methode bzw. den CAD-Konfigurator herangeführt werden und dafür gesorgt wird, dass genügend Zeit für das Verarbeiten der Daten vorhanden ist, kann ein erfolgreicher Betrieb stattfinden.

Hierfür muss ein Verantwortlicher bestimmt werden, der für die Pflege und Verarbeitung der Daten verantwortlich ist. Dieser muss sich mit dem CAD-Konfigurator sehr genau auseinandersetzen, um erfolgreich weitere Projekte zum Abschluss zu bringen.

8 Dokumentation

Die Dokumentation dient hier einer schnellen Übersicht bzw. zur Nachvollziehbarkeit der zum Einsatz kommenden Regeln für die jeweiligen Komponenten der Konstruktion der Produktfamilie GTK 12-16 S. Hierfür sind zwei unterschiedliche Tabellen generiert worden, diese sind im **Anhang – 2,3** zu finden. Die erste Tabelle (Anhang - 2, **Bild 31**) listet alle Komponenten der gesamten Produktfamilie die durch Regeln gesteuert werden auf. Zu jeder Komponente wird die jeweilig verwendete Regel als Nummer hinzugefügt. Die jeweilige Nummer ist die Verbindung zur zweiten Tabelle. Die Regeln sind nach Regeltypen gegliedert. Die einzelnen Regeltypen werden wie folgt in der Tabelle abgekürzt:

- FN = File Name
- C = Configuration
- D = Dimension
- F = Feature
- I = Instance
- CP = Custom Properties
- AT = Annotation Text

Baugruppen und Einzelteile	FN	C	D	F	I	CP	AT
000057	37	-	-	-	-	-	-
000026_Hydraulikzylinder, Hub 250mm							
000026_Hydraulikzylinder, Hub 250mm							
020017_Einlauf kpl GTK 12-16S	19	-	-	-	-	-	-
020047_Kesselboden GTK12-16S	14	-	1	-	-	1 2	-
020035_Einlauf hydr Einlaufklappe kpl GTK 12-16S	41	-	-	-	-	1	-
020048_Kesseldeckel GTK12-16S	14	-	1	-	-	1 2	-
020049	14	-	1	-	-	1	-
020051	14	-	1	-	-	1	-
...

Bild 31: Komponenten mit den dazugehörigen Regelzuweisungsnummern

Die im Bild 31 grün markierten Komponenten sind bereits während dieser Arbeit ausführlich dokumentiert worden. Aus diesem Grund werden hier keine weiteren Angaben zu diesen gemacht. Fett markierte Komponenten sind Baugruppen zugeordnet.

Die zweite Tabelle (Anhang - 3) ist nach Regeltypen gegliedert. Zu jedem Regeltyp sind alle zum Einsatz kommenden Regeln festgehalten. Des Weiteren ist bereits an der Nummer der Regel zu erkennen um welche Kontrollart es sich bei der Regel handelt. Die folgende **Tabelle 06** erklärt dies anhand der File Name Regeln detaillierter.

FN (File Name) – X|Y, Y ist die jeweilig geschriebene Regel zugeordnet.

X	Kontrollart
1	Namensänderung (Nomenklatur)
2	Entfernen von Komponenten bzw. keine Änderung
3	Entfernen von Komponenten bzw. die Unterdrückung aufheben
4	Ersetzen von Komponenten

Tabelle 06: Zuordnung - Kontrollart

Zum besseren Verständnis wird anhand der Komponente 020048_Kesseldeckel GTK12-16 S ein Beispiel gezeigt. Zunächst wird die Spalte File Name(FN) betrachtet. Wie aus der Tabelle 06 bereits bekannt wird bei X=1 der Name nach der Nomenklatur geändert. Um nun zu erfahren wie die Regel genau aussieht muss die andere Tabelle (Anhang – 3) zur Hilfe genommen werden. Somit ergibt sich die im **Bild 32** abgebildete Regel. Sind wie in der Spalte Custom Properties(CP) zwei oder mehr Zahlen eingetragen (Bild 31), sind auch mehrere Regeln für diese Komponente in diesem Regeltyp verwendet worden.

File Name:	
1	Namensänderung
1 1	DWVariableObersteBaugruppe
1 2	DWVariable2und3Ebene
1 3	DWVariable4Ebene
1 4	If(LeichtbauReturn=TRUE,DWVariableAlleUndL,"")
1 5	DWVariableKesseltyp1Typ
1 6	If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch","DELETE", If(LeichtbauReturn=TRUE,DWVariableAlleUndL,""))
1 7	If(ÖlReturn=TRUE,"DELETE",If(And(GasReturn=TRUE,LeichtbauReturn=TRUE),D WVariableAlleUndL,""))
1 8	If(GasReturn=TRUE,"DELETE",If(And(ÖlReturn=TRUE,LeichtbauReturn=TRUE),D WVariableAlleUndL,"U"))
1 9	""
1 10	If(Or(KesseltypReturn="12 S",KesseltypReturn="13 S",KesseltypReturn="14 S",KesseltypReturn="15 S",KesseltypReturn="16 S"),DWVariableKesseltyp1Typ,If(And(LeichtbauReturn=TRUE,Or(KesseltypReturn="12 S",KesseltypReturn="13 S",KesseltypReturn="14 S",KesseltypReturn="15 S",KesseltypReturn="16 S"))),DWVariable1TypUndL))

Bild 32: Zum Einsatz kommenden Regeln

9 Literatur

- [ACBI17] **ACBIS Advanced Business Solutions, 2017**
<https://www.acbis.de/produkte/salesmanager/cpq-configure-price-quote/>
Stand: 13.02.2017
- [APIH17] **API Hilfe SolidWorks, 2017**
<http://help.solidworks.com/2016/english/api/sldworksapiproguide/Welcome.htm>
Stand: 13.02.2017
- [BLUM09] **Blumöhr, U., Münch, M., Ukalovic, M.**
Variantenkonfiguration mit SAP; GalileoPress, ISBN 978-3-8362-1202-1,
1. Auflage, 2009
- [DINI13] **DIN ISO TS 81346-3, 2013**
Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte –
Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung –
Teil 3: Anwendungsregeln für ein Referenzkennzeichensystem
- [DRIH17] **Driveworks Solo Help, 2017**
<http://help.driveworkssolo.com/Topic/Welcome>
Stand: 13.02.2017
- [DRIV17] **Driveworks, 2017**
<http://www.driveworks.co.uk>
Stand: 13.02.2017
- [F+HF17] **F+H Fördern und Heben, 2017**
https://www.wiso-net.de/document/FH__FH061503033
Stand: 11.01.2017
- [GHOF07] **Ghoffrani, M., Dissertation, 2007**
Entwicklung und Einführung eines flexiblen Softwaresystems zur Konfiguration virtueller Produkte, <http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/GhoffraniMehdi/diss.pdf>
Stand: 13.02.2017
- [GRON15] **Gronwald, K-D.**
Integrierte Business-Informationssysteme; Springer, ISBN 978-3-662-43720-9, 1. Auflage, 2015
- [GÜNT92] **Günter, A.**
Flexible Kontrolle in Expertensystemen zur Planung und Konfigurierung in technischen Domänen; infix, ISBN 3-929037-03-3, 1. Auflage, 1992

- [KOCH02] **Koch, M., Meerkamm, H., 2002**
Durchgängige Funktionsmodellierung in den frühen Konstruktionsphasen,
https://www.designsociety.org/publication/27587/durchgaengige_funktionsmodellierung_in_den_fruehen_konstruktionsphasen
Stand: 13.02.2017
- [KOLL98] **Koller, R.**
Konstruktionslehre für den Maschinenbau; Springer, ISBN 3-540-63037-6,
4. Auflage, 1998
- [LIND06] **Lindemann, U., Reichwald, R., F. Zäh, M.**
Individualisierte Produkte; Springer, ISBN-13 978-3-540-25506-2,
1. Auflage, 2006
- [PAHL07] **Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.**
Pahl/Beitz Konstruktionslehre; Springer, ISBN-13 978-3-540-34060-7,
7. Auflage, 2007
- [ROTH16] **Roth, A.**
Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0; Springer, ISBN 978-3-662-48505-7, 1. Auflage, 2016
- [SCHÖ15] **Schönsleben, P.**
Integrales Logistikmanagement; Springer, ISBN 978-3-662-48334-3,
7. Auflage, 2015
- [SOLI17] **SolidWorks Hilfe, Konfigurationen, 2017**
http://help.solidworks.com/2016/german/SolidWorks/sldworks/c_Configuration_Overview.htm?id=ef7a0d5d1c8b41c5b0c067fc1878dc49#Pg0&ProductType=&ProductName=
Stand: 13.02.2017
- [STEL09] **Stelzer, R., Steger, W.**
SolidWorks Grundlagen der Modellierung und des Programmierens;
Pearson Studium, ISBN 978-3-8273-7367-0, 1. Auflage, 2009
- [STVO17] **StVO §22 Ladung, 2017**
<http://www.stvo.de/strassenverkehrsordnung/105-22-ladung>
Stand: 13.02.2017
- [WIKI17] **Wikipedia, Produktkonfigurator, 2017**
<https://de.wikipedia.org/wiki/Produktkonfigurator>
Stand: 13.02.2017
- [WÜPP17] **Dr. Wüpping Consulting GmbH, 2017**
http://cpq-select.org/wp-content/uploads/2015/09/Marktführer-CPQ-Produktkonfiguration-2017_VERSION_14.pdf
Stand: 13.02.2017

Anhang

Anhang – 1

Variablen
DWVariableKesseltyp1Typ= If(KesseltypReturn="12 S", "2", If(KesseltypReturn="13 S", "3", If(KesseltypReturn="14 S", "4", If(KesseltypReturn="15 S", "5", If(KesseltypReturn="16 S", "6"))))))
DWVariableLeichtbau= If(LeichtbauReturn=TRUE, "1", "0")
DWVariableAuslassHinten= If(AuslassHintenReturn="eckig Hydraulisch", "1", If(AuslassHintenReturn="eckig Mechanisch", "2", If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch", "3", If(AuslassHintenReturn="rund Mechanisch", "4"))))
DWVariableBrennerart= If(GasReturn=TRUE, "1", If(ÖlReturn=TRUE, "2"))
DWVariableEinlauf= If(EinlaufReturn= "mechanisch", 1, If(EinlaufReturn="hydraulisch", "2"))
DWVariableSchurreHinten= If(SchurreReturn="Schurre für Eimerentleerung", "1", If(SchurreReturn="Schurre für Bohlenentleerung", "2", If(SchurreReturn="Kombischurre Eimer/Bohlenentleerung", "3")))
DWVariableArbeitsplattform= If(ArbeitsplattformReturn=TRUE, "1", "0")
DWVariableLeiter= If(LeiterReturn="mit Schutzblech", "1", If(LeiterReturn="ohne Schutzblech", "0"))
DWVariableAuslassSetilVorne= If(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", "1", If(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", "2", If(AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch", "3", If(AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch", "4", If(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne", "0"))))))
DWVariableAuslassSeitlHinten= If(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch", "1", If(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Mechanisch", "2", If(AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch", "3", If(AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mechanisch", "4", If(AuslassSeitlichHintenReturn="ohne", "0"))))))

Anhang – 2

Baugruppen und Einzelteile	FN	C	D	F	I	CP	AT
000057	3 7	-	-	-	-	-	-
000026_Hydraulikzylinder, Hub 250mm							
000026_Hydraulikzylinder, Hub 250mm							
020017_Einlauf kpl GTK 12-16S	1 9	-	-	-	-	-	-
020047_Kesselboden GTK12-16S	1 4	-	1	-	-	1 2	-
020035_Einlauf hydr Einlaufklappe kpl GTK 12-16S	4 1	-	-	-	-	-	-
020048_Kesseldeckel GTK12-16S	1 4	-	1	-	-	1 2	-
020049	1 4	-	1	-	-	1	-
020051	1 4	-	1	-	-	1	-
020052	1 4	-	1	-	-	1	-
020054	1 4	-	1	-	-	1	-
020055	1 4	-	1	-	-	1	-
020056	1 4	-	1	-	-	1	-
020058	1 4	-	1	-	-	1	-
020059	1 6	-	1	-	-	1	-
020060	2 1	-	-	-	-	-	-
020062	1 4	-	1	-	-	1	-
020063	1 4	-	1	-	-	1	-
020064	1 7	-	1	-	-	1	-
020065	1 7	-	1	-	-	1	-
020066	1 7	-	1	-	-	1	-
020067	1 4	-	1	-	-	1	-
020068	1 4	-	1	-	-	1	-
020069	1 4	-	1	-	-	1	-
020074_Getriebekonsolle GTK 12-16 S	1 4	-	-	-	-	-	-
020071	1 4	-	1	-	-	1	-
020073	1 4	-	1	-	-	1	-
020077	1 4	-	1	-	-	1	-
020078	1 4	-	1	-	-	1	-
020079	1 4	-	1	-	-	1	-
020080	1 4	-	1	-	-	1	-
020081	1 4	-	1	-	-	1	-
020082	1 4	-	1	-	-	1	-
020083	1 4	-	1	-	-	1	-
020084	1 4	-	1	-	-	1	-
020085	1 4	-	1	-	-	1	-
020094_Getriebekonsolle kpl GTK 12-16 S	1 4	-	-	-	-	-	-
020090_Motorplatte	1 4	-	-	-	-	-	-
020091	1 4	-	1	-	-	1	-

020093	1 4	-	1	-	-	1	-
020113_Isolierboden Öl kpl GTK 12-16S	2 3	-	-	-	-	-	-
020136_Kamin GTK 12-16S	1 11	-	-	-	-	-	-
020137	1 11	-	1	-	-	1	-
020138	1 11	-	1	-	-	1	-
020139	1 11	-	1	-	-	1	-
020140	1 11	-	1	-	-	1	-
020142	1 11	-	1	-	-	1	-
020143	1 11	-	1	-	-	1	-
020144	1 11	-	1	-	-	1	-
020145	1 11	-	1	-	-	1	-
020146	1 11	-	1	-	-	1	-
020147	1 11	-	1	-	-	1	-
020148	1 11	-	1	-	-	1	-
020149	1 11	-	1	-	-	1	-
020150	1 11	-	1	-	-	1	-
020151	1 11	-	1	-	-	1	-
020153	1 11	-	1	-	-	1	-
020154	1 11	-	1	-	-	1	-
020155	3 3	-	-	-	-	-	-
020156	1 15	-	3 3,4	-	-	-	-
020159_Distanzstück seitlicher Auslass hinten rechts	1 16	-	-	-	-	-	-
020160_Aufnahme hydr seitliher Auslass hinten rechts	1 16	-	-	-	-	-	-
020161	1 16	-	1	-	-	1	-
020162	1 16	-	1	-	-	1	-
020169	1 16	-	1	-	-	1	-
020170	1 16	-	1	-	-	1	-
020171	1 16	-	1	-	-	1	-
020172	1 16	-	1	-	-	1	-
020173	1 16	-	1	-	-	1	-
020174	1 16	-	1	-	-	1	-
020175	1 16	-	1	-	-	1	-
020177	1 8	-	1	-	-	1	-
020178	1 8	-	-	-	-	-	-
020179	1 8	-	1	-	-	1	-
020181	1 8	-	-	-	-	-	-
020183	3 1	-	-	-	-	-	-
020184	3 1	-	-	-	-	-	-
020185	3 1	-	-	-	-	-	-
020186	3 1	-	-	-	-	-	-
020187	3 1	-	-	-	-	-	-

020188_Ölbrennereinschluß GTK S	2 3	-	-	-	-	-	-
020195_Feststehender Rührarm GTK 12-16S	1 4	-	-	-	-	-	-
020197	1 4	-	1	-	-	1	-
020201_Podest GTK 12-16 S	3 6	-	-	-	-	-	-
020217_Geländer GTK 12-16 S	3 5	-	-	-	-	-	-
020269_Podest klein GTK 12-16 S	3 6	-	-	-	-	-	-
020281							
020283							
020300_Schurre seitlicher hydr Auslass hinten rechts	2 9	-	-	-	-	-	-
020436	3 1	-	-	-	-	-	-
020437	1 8	-	-	-	-	-	-
020284_Seitlicher Auslass hydr 370x250							
020709_Auslass seitl. mech. 19° kpl	2 11	-	-	-	-	-	-
021128	4 3	-	-	-	-	-	-
021667_Schurre seitlicher hydr Auslass vorne rechts	2 10	-	-	-	-	-	-
021708	2 6	-	-	-	-	-	-
022844	2 4	-	-	-	-	-	-
022845	2 4	-	-	-	-	-	-
022846	2 4	-	-	-	-	-	-
022847	2 4	-	-	-	-	-	-
022848	2 4	-	-	-	-	-	-
030916	2 5	-	-	-	-	-	-
030918	2 5	-	-	-	-	-	-
033022	1 1	1	2	1	x	-	1
033023	1 3	1	-	-	-	-	1
033024							
033025	1 2	-	-	-	x	-	2
033026	1 17	2	-	1	-	-	-
033027	1 17	-	1	2	-	-	1
033028	1 10	-	1	2	-	-	1
033029	1 5	-	2	-	-	-	-
033030	1 12	-	1	2	2	3	-
033032	1 14	-	1	4	5	-	1
033033	1 14	-	1	5	-	-	1
033034	1 13	-	3 1,2	-	-	-	-
033035	1 18	-	3 5	6	-	-	1
033036	1 18	-	3 5	7	8	-	-
033037	1 5	-	2	-	-	-	3
033038	1 5	-	2	3 5	7	-	-
033039	1 5	-	2	-	-	-	3
033040	1 5	-	2	-	-	-	3

033041	1 2	1	-	-	-	-	1
033042	1 12	-	2	2	3	-	1
033047	2 2	-	-	-	-	-	-
033052	1 17	-	-	1	-	-	-
033053	1 2	1	-	-	-	-	-
033054	1 5	-	-	-	-	-	-
033055	1 5	-	2	-	-	-	-
033056	1 5	-	2	-	-	-	-
033057	1 20		3 6				-
033059	1 21	-	3 7	-	-	-	-
033063	1 5	-	2	-	-	-	-
033501	2 8	-	-	-	-	-	-
033875	1 5	-	2	-	-	-	-
033876	1 19	-	2	9	10	-	1
033877	1 5	-	2	-	-	-	-
033878	1 5	-	2	-	-	-	-
033879	1 5	-	2	-	-	-	-
034726	1 9	-	-	-	-	-	-
034731	3 4	-	-	-	-	-	-
034732	3 4	-	-	-	-	-	-
034733	3 4	-	-	-	-	-	-
034734	3 4	-	-	-	-	-	-
034746	3 7	-	-	-	-	-	-
034748	3 2	-	-	-	-	-	-
034752	1 5	-	2	-	-	-	-
034753	2 7	-	-	-	-	-	-
034754	4 13	-	-	-	-	-	-
034755	2 5	-	-	-	-	-	-
034757	3 6	-	-	-	-	-	-
034759	1 22		3 8				-
034760	2 12	-	-	-	-	-	-
034762	2 13	-	-	-	-	-	-
040003	4 6	-	-	-	-	-	-
040004	4 5	-	-	-	-	-	-
040005	4 7	-	-	-	-	-	-
040006	4 4	-	-	-	-	-	-
040014_Bodenschaber innen	4 11	-	-	-	-	-	-
040016_Bodenschaber außen	4 12	-	-	-	-	-	-
040018_Rührarm unten	4 8	-	-	-	-	-	-
040040_Auslass_hydr_500x250_GTK12-16S	4 2	-	-	-	-	-	-
040030_Rührarm unten	4 9	-	-	-	-	-	-
040038_Rührarm oben	4 10	-	-	-	-	-	-

Anhang – 3

File Name:

1 Namensänderung

1 1	DWVariableObersteBaugruppe
1 2	DWVariable2und3Ebene
1 3	DWVariable4Ebene
1 4	If(LeichtbauReturn=TRUE,DWVariableAlleUndL,"")
1 5	DWVariableKesseltyp1Typ
1 6	If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch","DELETE", If(LeichtbauReturn=TRUE,DWVariableAlleUndL,""))
1 7	If(ÖIReturn=TRUE,"DELETE",If(And(GasReturn=TRUE,LeichtbauReturn=TRUE),DWVariableAlleUndL,""))
1 8	If(GasReturn=TRUE,"DELETE",If(And(ÖIReturn=TRUE,LeichtbauReturn=TRUE),DWVariableAlleUndL,"U"))
1 9	""
1 10	If(Or(KesseltypReturn="12 S",KesseltypReturn="13 S",KesseltypReturn="14 S",KesseltypReturn="15 S",KesseltypReturn="16 S"),DWVariableKesseltyp1Typ,If(And(LeichtbauReturn=TRUE,Or(KesseltypReturn="12 S",KesseltypReturn="13 S",KesseltypReturn="14 S",KesseltypReturn="15 S",KesseltypReturn="16 S")),DWVariable1TypUndL))
1 11	If(LeichtbauReturn=TRUE, DWVariableAlleUndL,"")
1 12	DWVariable1TypUndL&DWVariableAuslassHinten
1 13	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),DWVariableAlleUndL&"_"&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten,"")
1 14	DWVariableKesseltypAlle&DWVariableLeichtbau&"_"&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten
1 15	If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne",AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch")),""&DWVariableAlleUndL&"_"&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten)
1 16	If(And(LeichtbauReturn=TRUE,Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch")), DWVariableAlleUndL,"")
1 17	If(LeichtbauReturn=TRUE, DWVariable1TypUndL,DWVariableKesseltyp1Typ)
1 18	If(LeiterReturn="ohne Schutzblech", DWVariableKesseltyp1Typ, DWVariableKesseltyp1Typ& DWVariableLeichtbau& DWVariableAuslassHinten& DWVariableBrennerart& DWVariableEinlauf& DWVariableSchurreHinten& DWVariableArbeitsplattform& DWVariableLeiter)
1 19	DWVariableKesseltyp1Typ&"_"&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten
1 20	If(And(AuslassSeitlichHintenRe-

	turn="ohne",AuslassSeitlichVorneReturn="ohne"),"",DWVariableKesseltypAlle&"_&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten)
1 21	DWVariableKesseltypAl- le&"_&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten
1 22	If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Mecha- nisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mechanisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mecha- nisch"))),DWVariableKesseltypAlle&"_&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten,If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"))), "", If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Mecha- nisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mecha- nisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn=AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch")),DWVariableKesseltypAlle&"_&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten,If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mecha- nisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mecha- nisch"))),DWVariableKesseltypAlle&"_&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten,If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Mecha- nisch",AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mecha- nisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch"),AuslassSeitlichVorneReturn="ohne"),DWVariableKesseltypAlle&"_&DWVariableAuslassSetilVorne&DWVariableAuslassSeitlHinten,"DELETE")))))))

2 Entfernen bzw. keine Änderung

2 1	If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch","DELETE", "")
2 2	If(ÖReturn=TRUE, "DELETE", "")
2 3	If(GasReturn=TRUE,"DELETE", "")
2 4	If(LeichtbauReturn=TRUE,"","DELETE")
2 5	If(LeiterReturn="ohne Schutzblech", "DELETE", "")
2 6	If(SchurreReturn="Kombischurre Eimer/Bohlenentleerung", "", "DELETE")
2 7	If(SchurreReturn= "Schurre für Eimerentleerung", "", "DELETE")
2 8	If(AuslassHintenReturn="eckig Mechanisch", "", "DELETE")
2 9	If(Or(DWVariableASHR="ohne", DWVariableASHR="eckig Mechanisch", DWVariableASHR="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
2 10	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne", AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
2 11	If(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", "", "DELETE")
2 12	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"), "", "DELETE")
2 13	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"), "", "DELETE")

3 Entfernen bzw. die Unterdrückung aufheben

3 1	<code>If(GasReturn=TRUE,"DELETE","U")</code>
3 2	<code>If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch", "", "DELETE")</code>
3 3	<code>""&If(Or(DWVariableASHR="eckig Hydraulisch", DWVariableASHR="rund Hydraulisch"),"U","DELETE")</code>
3 4	<code>If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),"U","DELETE")</code>
3 5	<code>If(KlappgeländerReturn=TRUE, "U","DELETE")</code>
3 6	<code>If(ArbeitsplattformReturn=TRUE, "U","DELETE")</code>
3 7	<code>If(AuslassHintenReturn= "rund Hydraulisch", "U", "DELETE")</code>

4 Ersetzen

4 1	<code>If(EinlaufReturn="hydraulisch", "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\020017_Einlauf kpl GTK 12-16S")</code>
4 2	<code>If(AuslassHintenReturn="eckig Mechanisch", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\033501", If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch", "DELETE", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040040_Auslass_hydr_500x250_GTK12-16S"))</code>
4 3	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022844")</code>
4 4	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022847")</code>
4 5	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022845")</code>
4 6	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022846")</code>
4 7	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022848")</code>
4 8	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040018_Rührarm unten", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022856")</code>
4 9	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040030_Rührarm unten", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022859")</code>
4 10	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040038_Rührarm oben", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\022850")</code>
4 11	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040014_Bodenschaber innen", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040015_Bodenschaber innen")</code>
4 12	<code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040016_Bodenschaber außen", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\040017_Bodenschaber außen")</code>
4 13	<code>If(SchurreReturn="Schurre für Bohlenentleerung", "", If(SchurreReturn="Schurre für Eimerentleerung", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\034753", If(SchurreReturn="Kombischurre Eimer/Bohlenentleerung", "<ReplaceFile>C:\solidtemp\021708", "")))</code>

Configuration:

- 1 `If(GasReturn=TRUE, "*Gas", "*Öl")`
- 2 "Normal"

Dimensions:

1 Blechdicken bei Leichtbau

`If(LeichtbauReturn=TRUE, Blechdicke Leichtbau, Blechdicke Normal)` bzw.

`If(LeichtbauReturn=FALSE, Blechdicke Normal, Blechdicke Leichtbau)`

2 Höhen für Kesseltypen

If(KesseltypReturn="12 S",Höhe eintragen ,If(KesseltypReturn="13 S", Höhe eintragen,If(KesseltypReturn="14 S", Höhe eintragen,If(KesseltypReturn="15 S", Höhe eintragen,If(KesseltypReturn="16 S", Höhe eintragen))))))

3 Restlichen Regeln der Dimensionierung

3 1	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),"1010","1365")
3 2	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),"1045","1435")
3 3	If(Or(DWVariableASHR="eckig Hydraulisch", DWVariableASHR="rund Hydraulisch"),If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),"180",""),"600")
3 4	If(Or(DWVariableASHR="eckig Hydraulisch", DWVariableASHR="rund Hydraulisch"),If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),"190",""),"625")
3 5	If(KesseltypReturn="12 S",(1160/4),If(KesseltypReturn="13 S",(1260/5),If(KesseltypReturn="14 S",(1360/5),If(KesseltypReturn="15 S",(1460/5),If(KesseltypReturn="16 S",(1560/5))))))
3 6	If(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mechanisch"),25.2,If(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="ohne",AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"),66,95.5))
3 7	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),24,27.75)
3 8	If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mechanisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch")),19,If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch")),14,If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Mechanisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn=AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch")),16.5,If(And(Or(AuslassSeitlichHintenReturn="eckig Hydraulisch",AuslassSeitlichHintenReturn="rund Hydraulisch"),Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch")),16.5,If(AuslassSeitlichVorneReturn="ohne",37,14))))))

Features:

1	If(LeichtbauReturn=TRUE,"U","DELETE")
2	If(Or(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch", AuslassHintenReturn="rund Mechanisch"), "DELETE", "")
3	If(Or(AuslassHintenReturn="eckig Hydraulisch", AuslassHintenReturn="eckig Mechanisch"), "DELETE", "")
4	If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mecha-

	<code>nisch",AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"),"U","S")</code>
5	<code>If(Or(DWVariableASHR="eckig Mechanisch",DWVariableASHR="rund Mechanisch"),"U","S")</code>
6	<code>If(KesseltypReturn="12 S",4,5)</code>
7	<code>If(KesseltypReturn="12 S",5,6)</code>
8	<code>If(LeiterReturn="ohne Schutzblech", "DELETE", "")</code>
9	<code>If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn= "rund Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Mechanisch"), "Show","DELETE")</code>
10	<code>If(Or(DWVariableASHR="eckig Hydraulisch", DWVariableASHR= "rund Hydraulisch",DWVariableASHR="eckig Mechanisch",DWVariableASHR= "rund Mechanisch"), "Show","DELETE")</code>

Custom Propertys:

1	Änderung von Artikelnummern <code>If(LeichtbauReturn=TRUE,"Artikelnummer Leichtbau"," Artikelnummer Normal")</code>
2	Änderung Material: <ul style="list-style-type: none"> <code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "AGT-Material P265GH HII","AGT-Material Creusabro 4800")</code> <code>If(LeichtbauReturn=FALSE, "P265GH HII","Creusabro 4800")</code>
3	Berechnung Profillänge <code>251+If(KesseltypReturn="12 S",1190,If(KesseltypReturn="13 S",1290,If(KesseltypReturn="14 S",1390,If(KesseltypReturn="15 S",1490,If(KesseltypReturn="16 S",1590))))))</code>

Annotation Text:

1 Anzeigen bzw. Löschen mit einer Bedingung

`If(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Mechanisch", "Show", "DELETE")`
`If(AuslassHintenReturn="rund Hydraulisch","DELETE","Show")`

2 Anzeigen bzw. Löschen mit zwei Bedingung

`If(Or(AuslassSeitlichVorneReturn="eckig Hydraulisch", AuslassSeitlichVorneReturn="rund Hydraulisch"),"Show","DELETE")`

Anhang – 4

1	033022	41122311_21
2		60112110_20
3		60311310_21
4		60321210_21
5		41122311_11
6		60122111_01
7		60122110_21
8		30112111_00
9		60312210_20
10		20112210_21



Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Kress

Vorname: Maksim

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Entwicklung einer Konstruktionsmethode für eine Produktfamilie im Sondermaschinenbau

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

27.02.2017

Ort

Datum

Unterschrift im Original