

Diplomarbeit

Nr. FIM/03/2014

Erarbeitung einer Kapazitätsplanungs- und –steuerungssystematik zur Verkürzung des Auftragsdurchlaufs

Eingereicht in der Fakultät Automobil und Maschinenbau der
Westfälischen Hochschule Zwickau zur Erlangung des akademischen
Grades eines

Diplomingenieurs (FH)

Vorgelegt von: **cand. ing. Krause, Marcus** **geb. am 12.05.1989**

Studiengang Industrial Management & Engineering
Studienschwerpunkt Fabrikinformationsmanagement

Auftraggeber: Sternberg GmbH

Autorenreferat

In der vorliegenden Diplomarbeit, wird für ein auftragsfertigendes Mittelstandsunternehmen eine softwarebasierende Systematik zur effektiven Planung und Steuerung der Ressourcenauslastung entsprechend der vorliegenden Auftragslage entwickelt.

Mittels statistischer Erhebungen wird der aktuelle Fertigungsauftragsdurchlauf des westsächsischen Herstellers von Verbindungselementen untersucht und Schwerpunktbereiche zur vertiefenden Betrachtung ermittelt.

Es wird eine Möglichkeit entwickelt für den mittel- und langfristigen Planungsbereich, mittels standardisierter Werte einen Kapazitätsbestand zu erheben und mittels einer individuellen Dateneingabe diesen im kurzfristigen Planungsbereich zu verfeinern. Desweiteren werden Berechnungsgrundlagen für den Kapazitätsbedarf spezifischer Arbeitsstationen gegeben. Basierende auf diesen Grunddaten wird eine, aus Kalkulationsschritten und Handlungsanweisungen bestehende Systematik zur Terminierung von Fertigungsaufträgen entwickelt. Abschließend wird eine Empfehlung zur Umsetzung der entwickelten Systematik in das bestehende MS-Access basierende PPS-System gegeben

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung der Arbeit

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommene Textstellen, Bilder, Tabellen u. a. sind unter Angabe der Herkunft kenntlich gemacht.

Weiterhin versichere ich, dass diese Arbeit noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Hohenstein-Ernstthal, am 30.07.2014

.....

Marcus Krause

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	v
Formelverzeichnis.....	v
Verzeichnis verwendeter Abkürzungen.....	vi
Verzeichnis verwendeter Kurzzeichen	vii
1. Einleitung und Zielformulierung.....	1
2. Theoretische Grundlagen.....	2
2.1 Grundlagen und Definitionen der Kapazitätsplanung.....	2
2.2 Durchlaufterminierung	3
2.2.1 Bestandteile der Durchlaufzeit	4
2.2.2 Möglichkeiten zur Durchlaufzeitverkürzung.....	4
2.3 Ermittlung des Kapazitätsbestands	6
2.4 Ermittlung des Kapazitätsbedarfs.....	8
2.5 Kapazitätsterminierung durch den Vergleich von Kapazitätsbedarf und Kapazitätsangebot	9
2.6 Grundlagen und Definitionen der Kapazitätssteuerung.....	11
2.7 Maschinenzuordnung und Reihenfolgebildung von Fertigungsaufträgen.....	12
2.7.1 Regeln zur Reihenfolgebildung	12
2.7.2 Kombination von Reihenfolgeregeln	13
2.8 Auftragsüberwachung	14
3. Analyse des Unternehmens Sternberg	16
3.1 Allgemeine Unternehmensbeschreibung	16
3.2 Analyse der Auftragsabwicklung.....	17
3.2.1 Einschätzung der technologischen Realisierbarkeit durch die Vertriebsabteilung	17
3.2.2 Erstellen der Arbeitsvorgangsfolge in der Kalkulationsabteilung	17
3.2.3 Erstellen eines Angebotes durch die Vertriebsabteilung	20
3.2.4 Anlegen eines Fertigungsauftrages durch die Vertriebsabteilung.....	20
3.2.5 Materialzuteilung durch das Materialbüro	22
3.2.6 Erstellen der Auftragsdokumente in der Arbeitsvorbereitung	22
3.3 Analyse der aktuellen Fertigungssteuerung.....	24
3.3.1 Schicht- und Personalplanung	24
3.3.2 Aktuelle Kapazitätssteuerung im Bereich Pressen	24
3.3.3 Aktuelle Kapazitätssteuerung im Bereich CNC	24

3.3.4	Aktuelle Kapazitätssteuerung in den Bereichen Rollen, Anspitzen, Stempeln und Rissprüfen	25
3.4	Resultate der Ist-Analyse	25
4.	Ermittlung des Kapazitätsbestand	27
4.1	Kapazitätsbestandsberechnung	27
4.1.1	Berechnung des nominellen Kapazitätsbestands je Arbeitsstation.....	27
4.1.2	Ermittlung des verfügbaren Kapazitätsbestands durch planbare Stillstandzeiten	28
4.2	Erstellung eines Verzeichnisses aller Arbeitsstationen	28
4.3	Festlegung der Normkapazität im Grobplanungsbereich	28
4.3.1	Ermittlung von Planschichten.....	28
4.3.2	Einschränkungen – Mehrmaschinenbedienung	30
4.4	Bildung von Kapazitätsgruppen.....	30
4.5	Festlegung der Feinplanungskapazität.....	30
4.6	Arbeitsstationen ohne Erhebung eines Kapazitätsbestands	31
4.7	Zuordnung der Kapazität auf der Zeitachse durch Einführung eines Betriebskalenders	31
5.	Ermittlung des Kapazitätsbedarfs	32
5.1	Angabe der Planzeiten	32
5.1.1	Manuelle Angabe der Zeit pro Arbeitsverrichtung und der Rüstzeit.....	32
5.1.2	Verwendung vordefinierte Werte für die Zeit pro Arbeitsverrichtung und die Rüstzeit	33
5.1.2.1	Ultraschall-Prüfung	33
5.1.2.2	Härte-Brinell-Prüfen (HB-Prüfen)	34
5.1.2.3	Strahlen und Waschen	35
5.1.2.4	Versand	36
5.2	Arbeitsstationen ohne ermittelten Kapazitätsbedarf	36
5.2.1	Kontrolle-Wärmebehandlung (WB)	36
5.2.2	Kontrolle-Qualitätssicherung (QS)	37
5.2.3	Endkontrolle.....	37
5.2.4	Verwechslungsprüfung	37
5.2.5	Prüfungen.....	37
5.2.6	Fremdprüfung	37
5.3	Fremdbearbeitung.....	38
5.4	Bestimmung von Verteilzeiten mittels einer Verteilzeitanalyse	39
5.5	Splittung von Arbeitsgängen.....	40
5.6	Überlappung	41
5.7	Ausschusszuschlag zur Fertigungslosgröße	41
6.	Systematik zur Durchführung der Kapazitätsplanung	42

6.1	Bestimmung einer zeitlichen Planungsebene	42
6.1.1	Festlegung des Planzeitraumes.....	42
6.1.2	Gliederung des Betriebskalenders	43
6.2	Durchlaufterminierung	43
6.2.1	Berücksichtigung der Lieferzeit.....	43
6.2.2	Ermittlung der Dauer eines Arbeitsganges über die Ermittlung des Kapazitätsbedarfs je Planzeitraum.....	43
6.2.3	Terminierung kapazitätsbestandsfreier AG	46
6.2.4	Berücksichtigung arbeitsfreier Planzeiträume	46
6.2.5	Retrograde Durchlaufterminierung durch vorgegebenen Liefertermin	46
6.3	Retrograde Kapazitätsterminierung	48
6.3.1	Vergleich von Kapazitätsbestand und -bedarf.....	48
6.3.2	Behandlung Planzeitraumübergreifender Arbeitsgänge	49
6.3.3	Berücksichtigung der Arbeitsgangreihenfolge und der Planzeitraumtaktung	50
6.3.4	Berücksichtigung der Überlappungszeitregel	50
6.3.5	Terminierung kapazitätsbestandsfreier AG	51
6.4	Verschiebung des aktuellen Fertigungsauftrags	51
6.4.1	Begrenzung der Verschiebung	51
6.4.2	Auslöser einer Verschiebung: zu niedriger Kapazitätsbedarf	52
6.5	Verschiebung anderer Fertigungsaufträge	52
6.5.1	Bedingungen zur Verschiebung anderer Fertigungsaufträge	52
6.5.2	Vorgehensweise zur Verschiebung anderer Fertigungsaufträge	54
6.6	Verschiebung gesamter Fertigungsaufträge, aufgrund von Lieferterminverschiebungen	54
6.7	Vorgehensweise bei nicht terminierbaren Aufträgen.....	54
6.7.1	Ermittlung nicht realisierbarer Fertigungsaufträge in der Durchlaufterminierung	55
6.7.1.1	Ursache des Realisierbarkeitsproblems.....	55
6.7.1.2	Verfügbare Maßnahmen zum Erreichen der Realisierbarkeit.....	55
6.7.1.3	Progressive Kapazitätsterminierung bei Einplanung trotz nicht vorhandener Realisierbarkeit.....	55
6.7.2	Ermittlung nicht realisierbarer Fertigungsaufträge in der Kapazitätsterminierung	56
6.7.2.1	Ursache des Realisierbarkeitsproblems.....	56
6.7.2.2	Verfügbare Maßnahmen zum Erreichen der Realisierbarkeit.....	56
6.7.2.3	Überplanung einzelner Planzeiträume bei Einplanung trotz nicht vorhandener Realisierbarkeit	56
6.8	Bestimmung der auszuführenden Arbeitsstation im CNC-Bereich über Maschinenbewertungsschemata.....	57
6.8.1	Priorisierung der Arbeitsstationen	58

6.8.2	Systemseitiger Berechnungsablauf zur Ermittlung der durchführenden CNC-Arbeitsstation	58
6.8.3	Einschätzung des Aufwands zur Erstellung der Schemata	60
6.9	Verwendung von Puffern zur Sicherung der Liefertreue	60
6.9.1	Auftragsbezogene Puffer	61
6.9.2	Arbeitsgangbezogene Puffer	61
6.9.2.1	Puffer durch Planzeitraumtaktung	61
6.9.2.2	Spezifische Pufferzeit für Arbeitsgänge in den Bereichen CNC; Rollen; Pressen	61
7.	Systematik zur Durchführung der Kapazitätssteuerung	63
7.1	Manuelle Zuordnung der Arbeitsgänge zu den Arbeitsstationen	63
7.2	Veränderung von bereits durch die Kapazitätsplanung zugeordneten Arbeitsgängen	64
7.3	Automatischer Plan-Ist-Vergleich	65
7.3.1	Ist-Datenerfassung durch den h.Server	65
7.3.2	Erkennen von Planzeitabweichungen im Plan-Ist-Vergleich	66
7.3.3	Vorgehensweise bei überdurchschnittlicher Planzeitabweichung	66
8.	Umsatzempfehlung zur Integration der Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik in das vorhandene PPS-System	68
8.1	Beschreibung des aktuellen PPS-Systems	68
8.2	Umlagerung des PPS-Systems auf ein MS-SQL-Server-Back-End	68
8.3	Softwareseitige Umsetzung der Kapazitätsplanungs- und steuerungssystematik	68
8.3.1	Einführung einer Advanced Planning and Scheduling-Software	68
8.3.2	Anbindung des Advanced Planning and Scheduling-Systems an das bestehende PPS-System und den h.Server	69
8.3.3	Anpassungen des vorhandenen PPS-System	71
8.3.3.1	Erstellen eines Programms zur Ressourcenverwaltung	72
8.3.3.2	Anpassung des Kalkulationsprogramms	72
8.3.3.3	Anpassung des Auftragseingabeformulars im GST	73
9.	Zusammenfassung und Fazit	74
	Literaturverzeichnis	76

Anlagen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Planungshorizonte [2].....	2
Abbildung 2: Bestandteile der Auftragszeit nach REFA [7, p. 6 V. 3].....	4
Abbildung 3: Vergleich von Kapazitätsbedarf und -angebot [2, p. 85]	9
Abbildung 4: Kapazitätsanpassungsmaßnahmen nach ihrer Reaktionszeit [2, p. 87].....	11
Abbildung 5: morphologischer Kasten der Sternberg GmbH.....	16
Abbildung 6:Kalkulationsgrundmaske	18
Abbildung 7:Kalkulationsmaske Teil 2.....	19
Abbildung 8: Maske zur Auftragsanlage.....	21
Abbildung 9: Übersicht: Aufträge ohne Sägeschein	23
Abbildung 10: Flow-Chart der Durchlaufterminierung PZR übergreifender AG.....	45
Abbildung 11: Überspringen arbeitsfreier Planzeiträume	46
Abbildung 12: ressourcenbezogene Plantafel CAPPcore SmartPlanner [12]	64
Abbildung 13: Verknüpfung von MS-Access, APS-Software und h.Server	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: nomineller Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation in Minuten	27
Tabelle 2: Planwerte für die Fremdbearbeitungsdauer.....	38

Formelverzeichnis

Formel 1: theoretischer Kapazitätsbestand [1, p. 45].....	6
Formel 2: nomineller Kapazitätsbestand [1, p. 45].....	7
Formel 3: verfügbarer Kapazitätsbestand [1, p. 45].....	7
Formel 4: grundlegender Kapazitätsbedarf [1, p. 35].....	8
Formel 5: nomineller Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation.....	27
Formel 6: Anteil der Schichtendezeit.....	29
Formel 7: Gruppenkapazitätsbestand.....	30
Formel 8: allgemeiner Kapazitätsbedarf.....	32
Formel 9: Kapazitätsbedarf für das Rissprüfen.....	33
Formel 10: Kapazitätsbedarf für das US-Prüfen vor dem ersten zerstörenden AG.....	34
Formel 11: Kapazitätsbedarf für das HB-Prüfen.....	35
Formel 12: Kapazitätsbedarf für das Waschen und das Strahlen.....	35
Formel 13: Verteilzeitfaktor.....	39
Formel 14: Arbeitsgangdauer bei Splittung.....	40
Formel 15: Kapazitätsbestand pro Planzeitraum.....	43
Formel 16: Kapazitätsbestand zum Zeitpunkt T.....	48
Formel 17: Anzahl überlappender Planzeiträume.....	50

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

AB	Auftragsbestätigung
AG	Arbeitsgang
AV	Arbeitsvorbereitung
AVF	Arbeitsvorgangsfolge
AVR	Arbeitsverrichtung
BDE	Betriebsdatenerfassung
FCFS	First Come First Served
FertKW	Fertigstellungswoche
FIFO	First In First Out
FPE	Frühester Planendtermin
FPS	Frühester Plan-Starttermin
HB	Härte Brinell
KFZ	Kürzeste Fertigungszeitregel
KOZ	Kürzeste Operationszeit
KW	Kalenderwochen
LFZ	Längste Fertigungszeitregel
LOZ	Längste Operationszeit
LieferKW	Lieferwoche
LIFO	Last In First Out
Max AAG	Maximale Anzahl noch durchzuführender AG
Max GFRZ	Maximale Gesamtfertigungszeit
MDE	Maschinendatenerfassung
Min AAG	Minimale Anzahl noch durchzuführender AG
Min GFRZ	Minimale Gesamtfertigungszeit

PRIO	Vorgabeprioritätsregel
RANDOM	Zufallsregel
SägeKW	Sägewoche/Beginnwoche der Fertigung
SLACK	Verfügbare Pufferzeitregel
US	Ultraschall
PZR	Planzeitraum
QS	Qualitätssicherung
WB	Wärmebehandlung

Verzeichnis verwendeter Kurzzeichen

f_{SE}	Anteil der Schichtendezeit von der Gesamtzeit in %
f_V	Verteilzeitfaktor
$f_{\bar{U}}$	Überlappungsfaktor
h_b	Bundhöhe
h_k	Kopfhöhe
Kbd	Kapazitätsbedarf
Kbs	nomineller Kapazitätsbestand
Kbs_{AS}	Kapazitätsbestand der Arbeitsstation
Kbs_d	maximaler Kapazitätsbestand pro Tag
Kbs_G	Kapazitätsbestand der Gruppe
$nKbs_p$	Norm-Kapazitätsbestand
Kbs_n	nomineller Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation
Kbs_p^T	verfügbarer Kapazitätsbestand zum Zeitpunkt
Kbs_{PZR}	Kapazitätsbestand des Planzeitraumes

Kbs_S	Kapazitätsbestand je Schicht
Kbs_{th}	theoretischer Kapazitätsbestand
Kbs_v	verfügbare Kapazitätsbestand
I	Anzahl der Kalendertage
I_B	Anzahl der betrieblichen Arbeitstage
l_s	Schaftlänge in
M	Masse des Werkstücks
M_{maxAG}	Maximale Masse pro Arbeitsverrichtung
n	Anzahl der Werkstücke
n_B	Anzahl der Betriebsmittel
n_S	Anzahl Schichten pro Tag
$n_{\text{ÜPZR}}$	Anzahl überlappender PZR
$p_{\text{prüf}}$	Prozentsatz zu Prüfender Werkstücke
p_{tv}	Verteilzeitfaktor (Prozentualer Zuschlag der Verteilzeit auf Produktionszeit)
t_{AG}	Arbeitsgangdauer
t_{AVR}	Zeit pro Arbeitsverrichtung
t_{oS}	geplante organisatorische Stillstandszeiten (z.B. Personalversammlung, Schichtübergabe)
t_{pr}	Produktionszeit
t_r	Rüstzeit
t_{tS}	geplante technische Stillstandszeit (z.B. Wartung, Pflege, vorbeugende Instandhaltung)
t_{SE}	geplante Schichtendezeit in [min]
t_v^i	Verteilzeit des Typ i

1. Einleitung und Zielformulierung

In den letzten Jahren und Jahrzehnten hat der Wettbewerb um lukrative Kundenaufträge immer stärker zugenommen. Die Anforderungen an fertigende Unternehmen bezüglich schneller Lieferzeit und einer hohen Liefertreue werden immer höher. Speziell bei auftragsfertigenden Unternehmen muss sich innerhalb kürzester Zeit auf komplett unterschiedliche Auftragslagen reagieren können. Dafür ist eine möglichst transparente Fertigung, die sowohl im kurz- als auch im langfristigen Bereich die Fertigungsauslastung und Ansatzpunkte zu Steuerungsmaßnahmen aufzeigt, wichtig. Zusätzlich muss es möglich sein, die Aufträge flexibel in der eigenen Fertigung unterzubringen um sowohl den Terminwünschen des Kunden als auch der eigenen Anforderung an eine effizient ausgelastete Fertigung gerecht zu werden.

Lösung für diese Problematik ist die Verwendung von Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystemen. Mit Hilfe dieser haben Unternehmen die Möglichkeit den Auftragsdurchlauf entsprechend der vorherrschenden Auftragsituation zu planen und zu steuern und die Ressourcen flexibel einzusetzen.

Innerhalb dieser Diplomarbeit soll eine Systematik zur Kapazitätsplanungs- und -steuerung für die auftragsfertigende Sternberg GmbH entwickelt werden. Dabei soll besonders auf die individuellen organisatorischen und technischen Gegebenheiten eingegangen werden. Ziel ist es eine klare Systematik zu schaffen mit der die Fertigungsaufträge zum bestmöglichen Zeitpunkt begonnen und fertiggestellt und die Durchlaufzeiten verkürzt werden können.

Kein Bestandteil der Diplomarbeit ist die direkte softwaretechnische Umsetzung der Systematik. Es werden lediglich Empfehlungen für die Integration in das bestehende Softwaresystem gegeben

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Grundlagen und Definitionen der Kapazitätsplanung

Die Kapazitätsplanung ist Bestandteil der Produktionsplanung [1, p. 12]. Diese beschreibt das „systematische[...] Suchen und Festlegen von Zielen für die Produktion, [das] Vorbereiten von Produktionsaufgaben und [das] Festlegen des Ablaufs zum Erreichen dieser Ziele“ [2, p. 26].

Dabei ist es „Aufgabe der Termin- und Kapazitätsplanung, [...] den zeitlichen Ablauf der Aufträge und die Kapazitätsauslastung zu planen“ [2, p. 80], sodass sich als Ergebnis der Kapazitätsplanung terminierte Aufträge und daraus resultierende Übersichten zur kapazitiven Belastung der Arbeitsstationen ergeben.

Entsprechend der in Abbildung 1 dargestellt Planungshorizonte, siedelt sich die Kapazitätsplanung im mittel- sowie langfristigen Bereich an.

Planungshorizont	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Planungsmodul	Produktionsprogrammplanung	Produktionsbedarfsplanung	Eigenfertigungsplanung u. -steuerung
Hauptziele	Lieferbereitschaft, Investitionen, Personal	Liefertermintreue Beständeminimum	Kapazitätsnutzung
Planungsgenauigkeit	grob	mittel	fein
Planungszeitraum	1 - 5 Jahre	3 - 12 Monate	4 - 12 Wochen
Planungszyklus	Quartal und Fortschreibung	Monat und Fortschreibung	permanent
Auflösungsgrad	Monat	Woche	Stunde - Tag
Auflösungseinheit	Betriebsbereich	Kapazitätsgruppen	Kapazitätsstelle
Auflösungsobjekt	Produkt	Einzelteil	Arbeitsgang

Abbildung 1: Planungshorizonte [2]

2.2 Durchlaufterminierung

Ein grundlegender Schritt der Kapazitätsplanung ist die Durchlaufterminierung. Aufgabe der Durchlaufterminierung ist es, die durchzuführenden Arbeitsgänge der Fertigungsaufträge unter Berücksichtigung ihrer technologischen Reihenfolge mit Start- und Endtermin zu versehen. [3, p. 141] Die Durchlaufterminierung findet ohne Berücksichtigung von Kapazitätsrestriktionen statt. [4, p. 82]

Bei der Durchlaufterminierung lassen sich grundlegend zwei Vorgehensweisen unterscheiden: die Vorwärtsterminierung und die Rückwärtsterminierung.

Vorwärtsterminierung

Die Vorwärtsterminierung, auch als progressive Terminierung bezeichnet, beginnt beim Starttermin und verplant die Arbeitsgänge in Richtung Zukunft. [5, p. 4]. Bei der Vorwärtsterminierung wird die früheste Lage jedes einzelnen Bearbeitungsschrittes unter Beachtung der Arbeitsgangreihenfolge ermittelt. [6, p. 101]

Durch die Verwendung des frühestmöglichen Starttermins entstehen häufig Liegezeiten, die als Puffer fungieren und den Ausgleich von Störungen übernehmen können. [5, p. 4]

Wird bei der Vorwärtsterminierung der festgelegte Fertigstellungstermin überschritten, können Maßnahmen zur Verkürzung der Durchlaufzeit angewandt werden, um den Durchlauftermin zu halten. Durchlaufzeitverkürzungsmaßnahmen sind in Abschnitt 2.2.2. S.4 aufgeführt.

Rückwärtsterminierung

Die Rückwärtsterminierung, auch als retrograde Terminierung bezeichnet, beginnt beim Endtermin und verplant die Arbeitsgänge rückwärtsschreitend, d.h. in Richtung Gegenwart. [3, p. 141] Sie ermittelt die späteste Lage aller Bearbeitungsschritte eines Fertigungsauftrags unter Beachtung der Fertigungsreihenfolge. [6, p. 101] Die Rückwärtsterminierung wird zu 90% in der betrieblichen Praxis verwendet. [5, p. 4]

Wird bei der Terminierung ein Starttermin ermittelt, der in der Vergangenheit liegt, besteht entweder die Möglichkeit den Liefertermin nach hinten zu verschieben oder die in Abschnitt 2.2.2 S.4 beschriebenen Mittel zur Durchlaufzeitverkürzung zu verwenden.

Doppelte Terminierung

Bei der doppelten Terminierung werden sowohl eine Vorwärts- als auch eine Rückwärtsterminierung durchgeführt. Dadurch erhält man den Puffer, der für Anpassungen genutzt werden kann, ohne dass Start- oder Endtermin überschritten werden. [3, p. 144]

2.2.1 Bestandteile der Durchlaufzeit

„Die Durchlaufzeit ist die Zeitspanne, die bei der Fertigung eines Teils zwischen dem Beginn des ersten und dem Abschluss des letzten Arbeitsganges in Anspruch genommen wird.“ [2, p. 82] Die Durchlaufzeit setzt sich zusammen aus den Auftragszeiten und den Übergangszeiten. Die Auftragszeit ist die Zeit, die für die Durchführung eines Arbeitsganges für die komplette Auftragsstückzahl benötigt wird. Die Bestandteile der Auftragszeit sind in Abbildung 2 dargestellt. Anlage 1 gibt eine nähere Beschreibung der einzelnen Zeitanteile und deren Bezugsquellen.

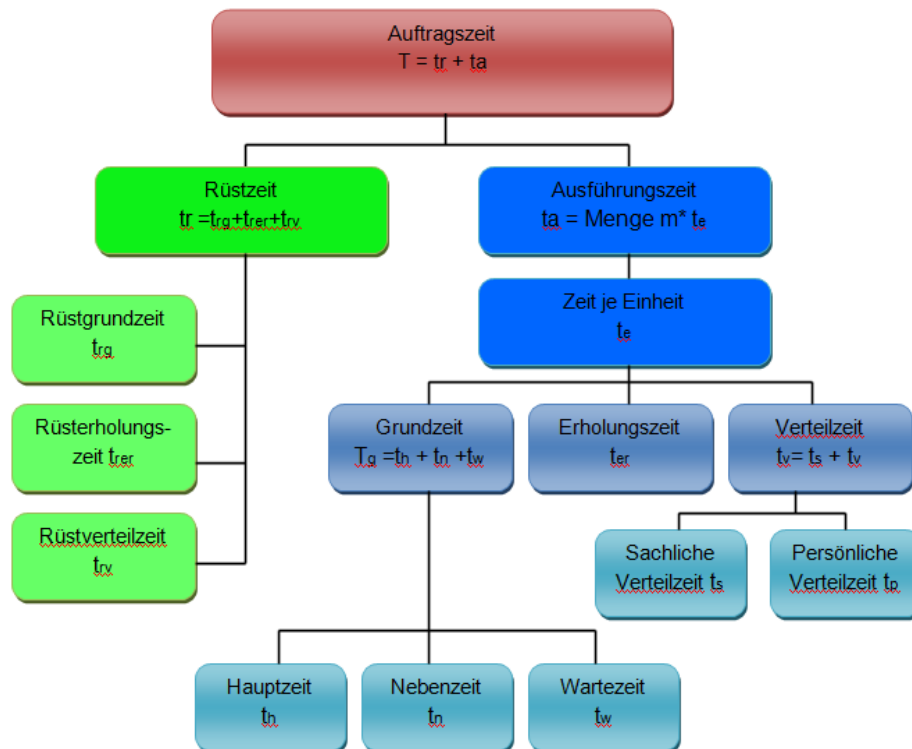


Abbildung 2: Bestandteile der Auftragszeit nach REFA [7, p. 6 V. 3]

Die Übergangszeit ist die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen. [8] Sie setzt sich zusammen aus Liegezeiten, Transportzeiten sowie Wartezeiten vor und nach der Bearbeitung eines Arbeitsganges. Die exakte Bestimmung der Übergangszeiten ist nur schwer im Vorfeld möglich. Sie sind unter anderem von den in der Kapazitätsplanung getroffenen Entscheidungen zur Termin- und Reihenfolgeplanung abhängig [5, p. 3].

2.2.2 Möglichkeiten zur Durchlaufzeitverkürzung

Es existieren verschiedene Möglichkeiten, die Durchlaufzeit eines Auftrags zu verkürzen. Dabei kann nicht pauschal angegeben werden, welches Mittel am geeignetsten ist. Diese Entscheidung muss unter Berücksichtigung der fertigungstechnischen Gegebenheiten sowie des Auftrags an sich getroffen werden.

Splittung

Eine Splittung beschreibt das Aufspalten der Gesamtauftragsmenge in mehrere Teilmengen, sodass diese parallel gefertigt werden können. Voraussetzung für eine Splittung ist das Vorhandensein mehrerer Arbeitsstationen, auf denen der Arbeitsgang (AG) durchgeführt werden kann. Die Splittung kann sowohl für den gesamten Auftrags als auch, wie häufiger genutzt, für einzelne Arbeitsgänge eingesetzt werden.

Zu beachten ist, dass sich aufgrund der Fertigung auf mehreren Maschinen auch die Rüstzeit vervielfacht. Dies bedeutet, dass eine Splittung sich nur dann positiv auf die Durchlaufzeit auswirkt, wenn die Bearbeitungszeit die Rüstzeit in geeignet großem Maß überschreitet.

Sind die Arbeitsstationen nicht identisch, weichen in der Regel auch die Rüstzeiten und Stückbearbeitungszeiten voneinander ab. Ist diese Abweichung rechtzeitig ermittelbar, kann dies in der Bildung der Teillose berücksichtigt werden, sodass der Zeitaufwand gleichmäßig auf die Arbeitsstationen aufgeteilt wird. Diese Variante der Splittung bezeichnet man als Zeitsplit. Dem entgegen steht der Mengensplit, bei dem die Losgrößenbildung sich ausschließlich auf die Menge der Werkstücke des Auftrags bezieht. [3, p. 150]

Überlappung

Überlappung meint das Anfahren eines Arbeitsganges bevor der vorangegangene Arbeitsgang beendet ist. Sinnvoll wird die Überlappung erst bei größeren Stückzahlen, da sich die Transportzeiten aufgrund der Weitergabe in kleineren Loses vervielfacht. Folglich muss die Bearbeitungszeit größer sein als die Lieferzeiten zwischen den AG.

Die ungleichen Dauern der aufeinanderfolgenden Arbeitsgänge können zu Maschinenstillstandszeiten oder Wartezeiten führen. Ist die Zeit pro Arbeitsverrichtung des nachfolgenden AG größer, als die des vorangegangenen entstehen Liegezeiten. Ist die Zeit pro Arbeitsverrichtung des nachfolgenden AG kürzer, als die des vorangegangenen, entstehen Wartezeiten.

Reduzierung der Übergangszeiten

Übergangszeiten machen einen erheblichen Teil der Durchlaufzeit aus. Bei Untersuchungen in der Praxis wurden Anteile bis zu 95% ermittelt. [3, p. 147] Da die genaue Bestimmung der Übergangszeiten schwierig ist, werden oftmals pauschalisierte Werte angenommen. Häufig werden dadurch die in den Fertigungsaufträgen enthaltenen Übergangszeiten als Puffer verwendet. Unter genauer Betrachtung zeigt sich folglich, dass Reduzierungspotential besteht. Die Reduktion ist jedoch zumeist nur

bis auf einen bestimmten Grad möglich. Deshalb ist zu prüfen, wie stark die Übergangszeiten gekürzt werden können. Zum Teil werden in der Praxis festgelegte Reduzierungsfaktoren, meist im Bereich zwischen 30-50%, verwendet. [3, p. 148]

Zusammenführung rüstgleicher Arbeitsgänge aus unterschiedlichen Aufträgen

Speziell in Unternehmen mit einem eingeschränkten Produktportfolio, fallen häufig gleiche Bearbeitungen in verschiedenen Aufträgen an. Durch das gezielte Kombinieren dieser rüstgleichen Arbeitsgänge können die Rüstzeiten reduziert werden.

2.3 Ermittlung des Kapazitätsbestands

Der Begriff Kapazitätsbestand wird in der Literatur zum Teil auch als Kapazitätsangebot oder verfügbare Kapazität bezeichnet und ist mit diesen Formulierungen gleich zu setzen.

Der „Kapazitätsbestand ist die zur Durchführung von Produktionsaufgaben im Betrieb vorhandene Kapazität des Personals und/oder der Betriebsmittel [und] [...] wird in der Regel in Zeiteinheiten angegeben.“ [1, p. 44]

Der Kapazitätsbestand gliedert sich in die im Folgenden erläuterten drei verschiedenen Ebenen:

Theoretischer Kapazitätsbestand

Der theoretische Kapazitätsbestands ist das theoretische Maximum der Verfügbarkeit einer Arbeitsstation. Er berechnet sich nach der Formel 1

$$Kbs_{th} = l * Kbs_d * n_B \quad (1)$$

Kbs_{th} theoretischer Kapazitätsbestand

l Anzahl der Kalendertage

Kbs_d maximaler Kapazitätsbestand pro Tag (= 24h pro Tag und Betriebsmittel)

n_B Anzahl der Betriebsmittel in der Kapazitätsgruppe

nach [1, p. 45]

Der theoretische Kapazitätsbestand stellt jedoch einen Wert dar, der in dieser Form nicht verwendet werden kann, weil eine dauerhafte, ununterbrochene Nutzung der Arbeitsstationen in der betrieblichen Praxis nicht realisierbar ist.

Nomineller Kapazitätsbestand

Der nominelle Kapazitätsbestand berücksichtigt die betriebliche Arbeitszeitregelung und gibt somit die Verfügbarkeit der Arbeitsstation bedingt durch arbeitsfreie Tage und Schichtzeitregelungen an. Er errechnet sich nach der Formel 2:

$$Kbs_n = l_B * Kbs_S * n_S * n_B \quad (2)$$

Kbs_n nomineller Kapazitätsbestand

l_B Anzahl der betrieblichen Arbeitstage

Kbs_S Kapazitätsbestand je Schicht (Zeit je Schicht und Betriebsmittel)

n_S Anzahl Schichten pro Tag

n_B Anzahl der Betriebsmittel in der Kapazitätsgruppe

nach [1, p. 45]

Der nominelle Kapazitätsbestand ist im Vergleich zum theoretischen Kapazitätsbestand ein deutlich aussagekräftigerer Wert.

verfügbarer Kapazitätsbestand

Der verfügbare Kapazitätsbestand (auch als geplanter Kapazitätsbestand bezeichnet) berücksichtigt planbare Stillstandszeiten und reduziert den nominellen Kapazitätsbestand um diese. Er berechnet sich nach der Formel 3:

$$Kbs_v = Kbs_n - t_{tS} - t_{oS} \quad (3)$$

Kbs_v verfügbarer Kapazitätsbestand

Kbs_n nomineller Kapazitätsbestand

t_{tS} geplante technische Stillstandszeit (z.B. Wartung, Pflege, vorbeugende Instandhaltung)

t_{oS} geplante organisatorische Stillstandszeiten (z.B. Personalversammlung, Schichtübergabe)

nach [1, p. 45]

Der geplante Kapazitätsbestand ist der aussagekräftigste Wert, da er der realistisch nutzbaren Verfügbarkeit der Arbeitsstationen am nächsten kommt. In der Praxis wird

die Nutzbarkeit der Arbeitsstationen jedoch noch geringer ausfallen, da ein Teil der Stillstandszeiten zum Beispiel aufgrund von technischen Defekten, spontanen Aufträgen und Personalausfall nicht planbar ist.

2.4 Ermittlung des Kapazitätsbedarfs

Der Begriff Kapazitätsbedarf wird in der Literatur zum Teil auch als benötigte Kapazität bezeichnet und ist mit dieser Formulierung gleich zu setzen. Der „Kapazitätsbedarf ist die zur Durchführung definierter Produktionsaufgaben erforderliche Kapazität des Personal und/oder der Betriebsmittel [und] [...] wird in der Regel in Zeiteinheiten (z.B. Vorgabestunden) [...] angegeben.“ [1, p. 33] Er beschreibt folglich die Dauer, die ein Arbeitsauftrag eine Arbeitsstation in einem bestimmten Zeitraum belegt.

Grundlegend berechnet sich die Arbeitsgangdauer und somit der Kapazitätsbedarf nach Formel 4:

$$t_{AG} = Kbd = (t_r + n * t_{AVR}) \quad (4)$$

t_{AG} Arbeitsgangdauer

Kbd Kapazitätsbedarf

t_r Rüstzeit

n Anzahl der Werkstücke

t_{AVR} Zeit pro Arbeitsverrichtung

nach [1, p. 35]

Zu beachten ist, dass bei der Bestimmung des Kapazitätsbedarfs ebenfalls die in Abschnitt 2.2.1 S.4 dargestellten Neben-, Verteil- und Erholzeiten einbezogen werden müssen, um die vollständige Beanspruchungsdauer von Personal und Anlagen zu erhalten.

Belastungsprofil

Durch die Ermittlung der Kapazitätsbedarfe und die in der Durchlaufterminierung errechneten Start- und Endtermine der einzelnen AG entstehen so genannte Belastungsübersichten, die zeigen, welche Kapazitäten pro Arbeitsstation oder pro Kapazitätsgruppe in welchen Zeiträumen benötigt werden. [9, p. 31] Eine Kapazitätsgruppe beschreibt dabei eine Anzahl von artgleichen Maschinen, die für Kapazitätsplanungszwecke zusammengefasst wurden.

Eine gleichmäßige Verteilung der Belastung ist sehr unwahrscheinlich, da durch die verschiedenen Fertigungsaufträge verschiedene Kapazitätsbedarfe entstehen. Diese Belastungsprofile können Grundlage der im folgenden Abschnitt erläuterten Kapazitätsterminierung sein und aufzeigen, in welchen Bereichen Handlungsbedarf besteht.

2.5 Kapazitätsterminierung durch den Vergleich von Kapazitätsbedarf und Kapazitätsangebot

Die Kapazitätsterminierung vergleicht den Kapazitätsbedarf, der von den Produktionsaufträgen generiert wird, mit dem Kapazitätsangebot, das sich aus der Verfügbarkeit der Arbeitsstationen ergibt. Aus diesem Vergleich der Kapazitäten können drei verschiedene Ergebnisse resultieren, wie Abbildung 3 veranschaulicht.

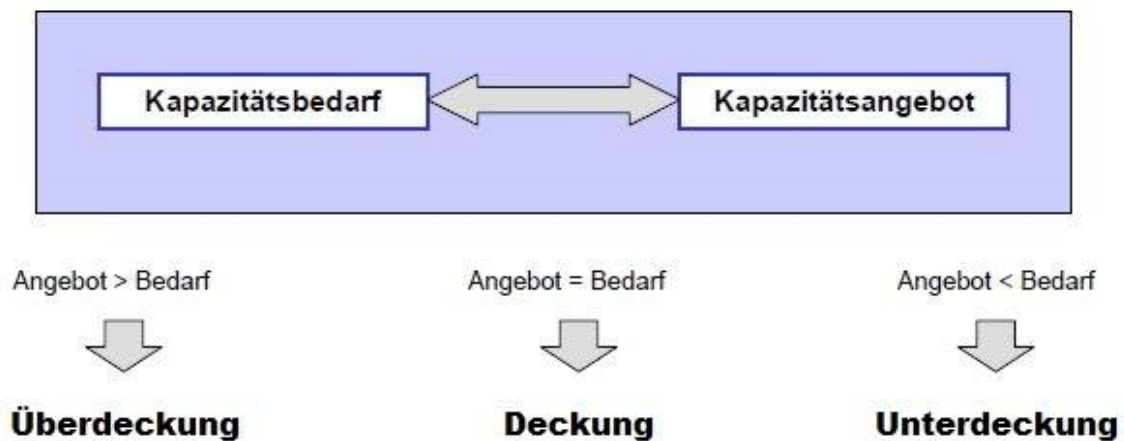


Abbildung 3: Vergleich von Kapazitätsbedarf und -angebot [2, p. 85]

Eine Möglichkeit ist die Überdeckung, bei der das Kapazitätsangebot größer ist als der Kapazitätsbedarf. Die zweite Möglichkeit ist die Deckung, bei der Kapazitätsbedarf und -angebot gleich sind. Die dritte Möglichkeit ist die Unterdeckung, bei der der Kapazitätsbedarf das -angebot übersteigt.

Handlungsbedarf besteht vor allem bei der Überdeckung, da diese bedeutet, dass die Arbeit aufgrund des Mangels an verfügbaren Ressourcen nicht vollständig im geplanten Zeitraum durchgeführt werden kann. Dies kann zu einem Nichteinhalten von Lieferterminen führen.

Aber auch bei einer permanenten Unterdeckung müssen Regelungsmechanismen bedient werden, da aus ökonomischen Gesichtspunkten eine massiv unterlastete Fertigung ebenfalls Kosten verursacht. Es existieren mehrere Möglichkeiten, Kapazitätsbedarf und -angebot aufeinander abzustimmen.

Anpassung der vorhandenen Kapazität

Eine Möglichkeit ist die Anpassung der vorhandenen Kapazität. Dies kann zum einen über die Anpassung des Personals realisiert werden, zum anderen über die Anpassung der Betriebsmittel.

Für die Personalanpassung existieren zum einen Möglichkeiten die bereits vorhandenen Mitarbeiter innerhalb der Arbeitsbereiche zu verschieben oder deren Arbeitszeiten an die Belastung anzupassen, zum anderen besteht für dauerhafte Kapazitätsabweichung die Möglichkeit, den Personalbestand anzupassen. Bei der Verschiebung des Personals zwischen verschiedenen Fertigungsbereichen sind persönliche Kenntnisse und Qualifikationen zu beachten. Eine Mehrfachqualifikation der Mitarbeiter ist für die Flexibilität des Unternehmens immer von Vorteil.

Auch bei der Anpassung der Betriebsmittel existieren zum einen Möglichkeiten, durch Veränderung der Produktionsgeschwindigkeit oder Umstellung der Anlagen ausgleichende Wirkungen zu erzielen sowie durch die Veränderung des Betriebsmittelbestandes eine dauerhafte Anpassung zu erreichen.

Belastungsanpassung

Der Begriff Belastungsanpassung beschreibt das Erhöhen oder Senken der Belastung der eigenen Fertigung durch Produktionsaufträge. Dies kann realisiert werden durch die Vergabe von Aufträgen an Fremdunternehmen bei einer Überlastung der eigenen Fertigung sowie durch die Annahme weiterer Aufträge zum Beispiel als Fremdbearbeiter bei einer nicht ausgelasteten eigenen Fertigung.

Belastungsabgleich

Der Belastungsabgleich umfasst das Verschieben einzelner AG oder des gesamten Auftrags auf der Zeitachse oder zwischen Arbeitsstationen.

Speziell beim Verschieben zwischen Arbeitsstationen ist eine teilreduzante Fertigung von Vorteil, da damit ohne technologische und qualitative Einschränkungen Arbeitsgänge zum Belastungsabgleich verschoben werden können.

Zu beachten ist, dass beim zeitlichen Verschieben einzelner Arbeitsgänge, aufgrund der Überlastung eines speziellen Arbeitsbereiches, in der Regel auch vor- bzw. nachgelagerte Arbeitsgänge verschoben werden müssen, sodass überprüft werden muss, ob sich durch die Verschiebung neue Konflikte ergeben. [9, p. 33]

Welche Mittel zur Kapazitätsabstimmung eingesetzt werden, ist situations- und unternehmensabhängig. Dafür müssen die Gründe der Unstimmigkeiten überprüft und berücksichtigt werden.

Abbildung 4 stellt in einer tabellarischen Übersicht die verschiedenen Kapazitätsabstimmungsmöglichkeiten in Abhängigkeit zur Zeit dar und verdeutlicht, dass die Dauer der Abweichung bedeutend für die Auswahl der Regulationsmaßnahmen ist. Die Aufteilung in kurz, mittel und lang betrifft zum einen die Zeit bis der Ausgleichsmechanismus greift und zum anderen die Dauer des Wirkens der Maßnahme. Beispielhaft dafür ist die Anschaffung von neuen Anlagen. Zum einen kann diese erst nach Beschaffungszeit und Einführungsphase zur aktiven Produktion und somit zum Erhöhen des Kapazitätsangebots genutzt werden, zum anderen ist eine Investition dieser Größenordnung erst dann rentabel, wenn die dauerhafte Auslastung der Anlage langfristig gewährleistet ist.

		Kapazitätsabstimmung				
		Kapazitätsanpassung		Belastungsanpassung	Belastungsabgleich	
		Anpassung der Arbeitskräfte	Anpassung der Betriebsmittel		zeitlicher Ausgleich	technologischer Ausgleich
Reaktionszeit	kurz	<ul style="list-style-type: none"> – innerbetrieblicher Austausch von Arbeitskräften – Überstunden – flexible Arbeitszeitmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> – Veränderung der Produktionsgeschwindigkeit 		<ul style="list-style-type: none"> – Aufteilen der Lose – Vorziehen / Aufschieben von Aufträgen oder Einzelbedarfen 	<ul style="list-style-type: none"> – Ausweichen auf andere Betriebsmittel
	mittel	<ul style="list-style-type: none"> – zusätzliche Schicht / Kurzarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> – Rekonfiguration von Anlagen in Modulbauweise 	<ul style="list-style-type: none"> – Fremdvergabe von Aufträgen – Annahme von Fremdaufträgen 		
	lang	<ul style="list-style-type: none"> – Einstellung / Abbau von Personal 	<ul style="list-style-type: none"> – Beschaffen / Abstoßen von Anlagen 			

Abbildung 4: Kapazitätsanpassungsmaßnahmen nach ihrer Reaktionszeit [2, p. 87]

2.6 Grundlagen und Definitionen der Kapazitätssteuerung

Die Kapazitätssteuerung ist Bestandteil der Produktionssteuerung. Diese beschreibt die „Veranlassung und [das] Sichern der Durchführung von Produktionsaufgaben hinsichtlich von Bedarf (Menge und Termin), Qualität, Kosten und Arbeitsbedingungen.“ [2, p. 26] Die Termin- und Kapazitätssteuerung bezieht sich dabei auf den Bereich der zeitlichen und mengenmäßigen Durchführung.

Bindeglied zwischen der Kapazitätsplanung und -steuerung stellt die Auftragsfreigabe dar. Sie setzt die Fertigungsaufträge von dem verplanten in den auszuführenden

Status. Sobald Fertigungsaufträge freigegeben sind, fallen sie in den Arbeitsbereich der Fertigungssteuerung, die die Realisierung dieser zu regeln und sicherzustellen hat.

2.7 Maschinenzuordnung und Reihenfolgebildung von Fertigungsaufträgen

Die Maschinenzuordnung und Reihenfolgebildung der Fertigungsaufträge werden, neben der Auftragsüberwachung, als Hauptaufgaben der Fertigungssteuerung angesehen. Mit dem verstärkten Einsatz von Softwaretechnik verlagern sich diese jedoch zum Teil bereits in die vorangehende Planungsphase. Dies begründet sich darin, dass aufgrund des Einsatzes von Rechen- und Messtechnik deutlich mehr Informationen, wie die Gesamtheit aller Aufträge sowie eine Anzahl von Ordnungskriterien, zu einem deutlich früheren Zeitpunkt zur Verfügung stehen und vor allem verarbeitet werden können. Häufig werden jedoch auch Kapazitätsgruppen verplant, da eine exakte Planung in zu großem zeitlichen Abstand zur Realisierung sich nicht als sinnvoll darstellt. In diesem Gruppenbereich fällt die Aufgabe der Maschinenzuordnung der Fertigungssteuerung zu. Selbst bei exakter Angabe von Arbeitsstationen müssen die in der Kapazitätsplanungsphase festgelegten Reihenfolgen in der Kapazitätssteuerung überprüft und im Bedarfsfall angepasst werden, da sich in der Praxis zeigt, dass durch ungeplante Ereignisse, wie Maschinen- und Personalausfälle, Eilaufträge oder andere Störungen, die Realität von der Plansituation oftmals abweicht. [3, p. 163]

2.7.1 Regeln zur Reihenfolgebildung

In der Reihenfolgebildung auch beschrieben als Maschinenbelegungsplanung wird festgelegt, welche Aufträge in welcher Reihenfolge über welche Arbeitsstation laufen. Diese Problematik ist eine der komplexesten und kompliziertesten in der Fertigungsplanung und -steuerung. Es wurde in der Vergangenheit eine hohe Anzahl verschiedener verallgemeinernde Methoden zur Lösung dieser Problematik entwickelt. Die sich jedoch in der Praxis oft als unzureichend darstellen.

Für die Reihenfolgebildung existieren verschiedene Regeln, welche verschiedene Kriterien berücksichtigen, um eine Priorität in der Warteschlange der Fertigungsaufträge festzulegen. Ein Teil dieser Prioritätsregeln bezieht den gesamten Fertigungsauftrag ein. Beispiele für diese Regeln sind:

- Kürzeste Fertigungszeitregel (KFZ)
- Längste Fertigungszeitregel (LFZ)
- Frühester Plan-Starttermin (FPS)
- Frühester Plan-Endtermin (FPE)
- Vorgabepriorität (PRIO)

- First In First Out (FIFO)
- Last In First Out (LIFO)

Ein anderer Teil der Prioritätsregeln bezieht sich nur auf den entsprechenden Arbeitsgang. Beispiele für diese Regeln sind:

- Minimale Gesamtfertigungszeit (Min GFRZ)
- Maximale Gesamtfertigungszeit (Max GFRZ)
- Kürzeste Operationszeit (KOZ)
- Längste Operationszeit (LOZ)
- First Come First Served (FCFS)
- Verfügbare Pufferzeit (SLACK)
- Zufallsregel (RANDOM)
- Minimale Anzahl noch durchzuführender AG (min AAG)
- Maximale Anzahl noch durchzuführender AG (max AAG)

[9, pp. 138-140] [10, p. 60]

2.7.2 Kombination von Reihenfolgeregeln

Die in Abschnitt 2.7.1 S. 12 gelisteten Reihenfolgeregeln bieten einen guten Ansatz zur Reihenfolgebestimmung, jedoch verteilen diese Regeln Prioritäten nur nach einem Kriterium. In der betrieblichen Praxis ist es jedoch oft notwendig, mehrere Ziele zu betrachten. Dabei wirken sich jedoch die verschiedenen Regeln unterschiedlich auf verschiedene Zielstellungen aus und es bestehen zum Teil Wechselwirkungen zwischen den Kriterien.

Beispielhaft dafür ist, dass der früheste Plan-Endtermin ohne Berücksichtigung des verfügbaren Puffers dazu führen kann, dass für einen Teil der Aufträge Liegezeiten generiert werden, während andere Aufträge ihren Liefertermin überschreiten.

Auch Unternehmensspezifische Kriterien wie die Bedeutung des Kunden oder der Auftragswert können zum Teil Einfluss auf die Entscheidung haben. Welches Kriterium welche Gewichtung hat, ist dabei unternehmensabhängig.

Deshalb sind die Regeln zur Reihenfolgebildung oft mehrschichtig angelegt. Dieses Verknüpfen der Reihenfolgeregeln kann alternativ, dominant, additiv oder multiplikativ sein. [3, p. 167]

Alternative Verknüpfung von Reihenfolgeregeln

Bei der alternativen Verknüpfung werden situationsabhängig verschiedene Regeln angewandt. Diese Situation kann zum Beispiel ein bestehender Terminverzug oder die Fertigungsauslastung sein.

Dominate Verknüpfung von Reihenfolgeregeln

Bei der dominanten Verknüpfung (auch als lexikographische Ordnung bezeichnet [9, p. 141]) gibt es eine Hauptregel, die stets zuerst angewendet wird. Erst bei der identischen Bewertung mehrerer Aufträge kommt eine weitere Regel zum Einsatz. [3, p. 168]

Additive Verknüpfung von Reihenfolgeregeln

Bei der additiven Verknüpfung wird bei der Anwendung einer Regel eine Bewertung des Auftrags für die angewendete Regel getroffen. Diese geschieht für eine definierte Anzahl von Regeln. Die Summe der Bewertungen ergibt die Gesamtpriorität für den Fertigungsauftrag und damit seine Stellung in der Reihenfolge.

Multiplikative Verknüpfung von Reihenfolgeregeln

Bei der multiplikativen Verknüpfung bekommt jedes Kriterium einen Gewichtungsfaktor. Über den ermittelten Wert für das Kriterium multipliziert mit dem Gewichtungsfaktor ergibt sich der endgültige Wert des Fertigungsauftrags für diese Regel. Durch die Addition dieser endgültigen Werte pro Regel ergibt sich die Reihenfolgepriorität für den Auftrag. Durch diese Gewichtungsfaktoren ist es möglich, verschiedenen Kriterien spezifische Bedeutungen zu zuweisen.

Welche Kriterien welche Bedeutung besitzen, muss unternehmensspezifisch festgelegt werden. Insbesondere bei auftragsfertigenden Unternehmen hat sich gezeigt, dass die Einhaltung des Liefertermins zumeist die höchste Priorität besitzt. [3, p. 190]

2.8 Auftragsüberwachung

Ein weiterer entscheidender Bestandteil der Fertigungssteuerung ist die Auftragsüberwachung. Diese vergleicht die Plan-Werte aus der Kapazitätsplanung mit den Ist-Werten. Zu überprüfende Werte sind unter anderem Termine und Mengen. Durch Störungen und Verzögerungen können Abweichungen entstehen, bei deren Auftreten alle betroffenen Aufträge möglicherweise neu geplant werden müssen.

Durch die immer verbreiteteren Systeme zur Betriebsdatenerfassung (BDE) wird die Fortschrittskontrolle automatisiert durchgeführt. Das System erfasst den Beginn sowie das Ende eines jeden Arbeitsganges und erhält zum Teil ebenfalls Stückzahlimpulse. Dadurch ist eine Kontrolle des Ist-Standes in nahezu Echtzeit möglich, sodass Regelungsmaßnahmen unmittelbar nach dem Auftreten von Störungen oder Abweichungen eingeleitet werden können.

3. Analyse des Unternehmens Sternberg

3.1 Allgemeine Unternehmensbeschreibung

Das betrachtete Unternehmen ist die Sternberg GmbH im westsächsischen Hohenstein-Ernstthal. Die Sternberg GmbH ist Hersteller von Sonderschrauben, -muttern und Drehteilen und beschäftigt im Jahr 2014 ca. 150 Mitarbeiter auf 8000m² Hallenfläche und 600m² Bürofläche. Der in Abbildung 5 gezeigte, für die Sternberg GmbH ausgefüllte morphologische Kasten zeigt klar, dass die Sternberg GmbH mit ihrem häufig wechselnden Produktprogramm, welches in Einzel- bzw. Kleinserien gefertigt wird, ein klassisches Auftragsfertigungsunternehmen ist.

Auftragsabwicklungsmerkmale		Merkmalsausprägung				
1	Auftragsauslösungsart	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	kundenanonyme Vorproduktion/kundenauftragsbezogene Endproduktion	Produktion auf Lager	
2	Erzeugnisspektrum	Erzeugnisse nach Kundenspezifikation	typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standarterzeugnisse mit Varianten	Standarterzeugnisse ohne Varianten	
3	Erzeugnisstruktur	mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur		mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	geringteilige Erzeugnisse	
4	Ermittlung des Erzeugnis-/Komponentenbedarfs	bedarfsorientiert auf Erzeugnisebene	teilw. Erwartungs-/t. bedarfsorientiert auf Komponentenebene	erwartungsorientiert auf Komponentenebene	erwartungsorientiert auf Erzeugnisebene	verbrauchsorientiert auf Erzeugnisebene
5	Auslösung des Sekundärbedarfs	auftragsorientiert		teilw. auftragsorientiert/teilw. periodenorientiert	periodenorientiert	
6	Beschaffungsart	weitgehender Fremdbezug		Fremdbezug in größerem Umfang	Fremdbezug unbedeutend	
7	Bevorratung	keine Bevorratung von Bedarfspositionen	Bevorratung von Bedarfspositionen auf unterer Strukturebene	Bevorratung von Bedarfspositionen auf oberer Strukturebene	Bevorratung von Erzeugnissen	
8	Fertigungsart	Einmalfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung	
9	Ablaufart in der Teilefertigung	Werkstattfertigung	Inselfertigung	Reihenfertigung	Fließfertigung	
10	Ablaufart in der Montage	Baustellenmontage	Gruppenmontage	Reihenmontage	Fließmontage	
11	Fertigungsstruktur	Fertigung mit hohem Strukturierungsgrad		Fertigung mit mittlerem Strukturierungsgrad	Fertigung mit geringem Strukturierungsgrad	
12	Kundenänderungseinflüsse	Änderungseinflüsse in größerem Umfang		Änderungseinflüsse gelegentlich	Änderungseinflüsse unbedeutend	

Abbildung 5: morphologischer Kasten der Sternberg GmbH

Da im Unternehmen keine Montagevorgänge durchgeführt werden, konnte der Punkt 10 des morphologischen Kastens nicht beurteilt werden.

3.2 Analyse der Auftragsabwicklung

In den folgenden Absätzen sind die Stufen der Auftragsabwicklung in ihrer korrekten zeitlichen Reihenfolge erläutert.

3.2.1 Einschätzung der technologischen Realisierbarkeit durch die Vertriebsabteilung

Anfragen des Kunden gelangen im Unternehmen in die Vertriebsabteilung. Beim Anfrageeingang erfolgt die erste Einschätzung über die technologische Realisierbarkeit durch den Vertriebsmitarbeiter. Ist diese gewährleistet, wird die Anfrage mit der dafür notwendigen Zeichnung an die Kalkulation übergeben.

3.2.2 Erstellen der Arbeitsvorgangsfolge in der Kalkulationsabteilung

Die Kalkulation beschreibt im Unternehmen Sternberg die Erstellung einer Arbeitsvorgangsfolge (AVF) für ein bestimmtes Werkstück. Jede Kalkulation bekommt eine eigene Kalkulationsnummer. Damit beschreibt eine Kalkulation genau ein spezifisches Teil mit seiner Geometrie sowie den Werkstoff- und Qualitätsanforderungen. Existieren für ein identisches Werkstück mehrere Arbeitsvorgangsfolgen, bleibt die Kalkulationsnummer des Mutterdatensatzes zur eindeutigen Identifikation des Werkstückes gleich und es wird ein zusätzlicher Tochterdatensatz mit einer weiteren Kalkulationsnummer angelegt, der die alternative Arbeitsvorgangsfolge enthält. Somit kann ein Mutterdatensatz mehrere Tochterdatensätze haben, ein Tochterdatensatz jedoch nur eine Mutter.

Bereich: Recherche bestehender Kalkulationen

Kalkulationsnummer Mutter

Kalkulationsnummer Tochter

The screenshot shows a software interface for calculating costs. At the top, there are buttons for 'Maschinen bearbeiten', 'Kalkulationskopie erstellen', and a search bar containing '9653'. Below this is a grid of letters (A-Z) for searching. The main area is divided into several sections:

- Search Section:** Includes fields for 'Bezeichnung' (12kt.-Dehnschraube), 'Abmessung' (M 24x2x 140), 'Güte' (1.6580), 'Oberfläche' (Phosphatiert Znph 3-5µ +Tempern), 'Din/Zeichnr./Äl' (1000008003481), 'Ident-Nr./Ku-Spezi' (ZUU01168241401), and 'Zugfestigkeit' (1200-1350). A dropdown menu is open, showing various search criteria like 'Bezeichnung/Abmessung/Güte', 'Abmessung/Bezeichnung/Güte', etc.
- Material Section:** Shows 'Material' with 'Preis je Kg: 1,80 €' and 'Einsatzgewicht je 100: 86,56 Kg'. It also includes 'Zukaufkosten' (0,00 €) and 'Fremdbearbeitungs-Kosten' (172,00 €).
- Cost Breakdown Table:**

Kostenart	normale Auslastung	freie Kapazitäten
Materialkosten	166,63 €	166,63 €
Eigene Bearbeitungskosten	380,41 €	274,10 €
Fremdbearbeitungskosten	229,79 €	228,42 €
Zukauf	0,00 €	0,00 €
Summe Fertigungskosten	610,21 €	502,51 €
Herstellkosten	776,83 €	669,14 €
Verwaltungskosten	169,35 €	116,46 €
Vertriebskosten	37,29 €	25,64 €
Selbstkosten	983,47 €	811,24 €
darin Rüstkosten	111,10 €	81,10 €
Werkz.ko./Prüfleist.	0,00 €	0,00 €
PREIS pro 100 Stück	1.130,99 €	932,82 €
Selbstholerpreis	1.088,11 €	903,44 €
€/kg	20,18 €	14,63 €
Auftragswert	904,79 €	746,34 €
Rüstkosten (ohne Gmko)	65,68 €	48,24 €
- Technical Data Section:** 'Einsatzgewicht je 100' with a 'Suche' button. A table lists 'Kopfform' options (1-6) and their corresponding dimensions (Kopf-SW, Kopfhöhe, etc.).
- Warning Box:** A red box at the bottom right contains the text: 'Achtung: neuer Index "D" ab 22.04.2013'.

Abbildung 6: Kalkulationsgrundmaske

Bereich: Werkstückbeschreibung

Bereich: Berechnung Einsatzgewicht

Da das Unternehmen ein Produktportfolio hat, in dem neue Teile häufig geometrische Analogien zu bereits gefertigten Teilen aufweisen, kommt meist das Prinzip der Anpassungsplanung zum Einsatz. Dieses beruht auf der Recherche nach ähnlichen bereits gefertigten Teilen und der nur teilweisen Abänderung und Anpassung der Arbeitspläne für die neuen Fertigungsteile. [11, p. 55] Dazu bietet die Software die Möglichkeit, nach zahlreichen Merkmalen zu filtern. (siehe Abbildung 6) Von der Kalkulation, welche die gewünschte Bearbeitung enthält, wird eine Kopie erstellt, welche vom System automatisch mit einer fortlaufenden Kalkulationsnummer versehen wird. Die Kalkulationskopie kann jetzt entsprechend der neuen Anforderungen angepasst werden. Dazu wird zuerst das Werkstück bezeichnet und mit seinen Anforderungen versehen. Das Einsatzgewicht kann über einen eigenen Bereich

innerhalb der Kalkulationsmaske in Abhängigkeit zur Geometrie näherungsweise berechnet werden. Über ein Auswahlmene wählt der Kalkulator die Arbeitsstation aus, legt diese in der Fertigungsreihenfolge an und versieht sie mit einer Arbeitsgangbeschreibung. Der Begriff Arbeitsstationen umfasst sowohl Maschinen als auch Arbeitsplätze zur Verrichtung manueller Tätigkeiten wie beispielsweise Entgrade-Vorgänge. Die Arbeitsgänge und deren Reihenfolge können nachträglich jederzeit geändert werden.

rückgemeldete Zeiten

Abbildung 7:Kalkulationsmaske Teil 2

Auswahl der Arbeitsstationen

Arbeitsvorgangsfolge

Beim Anlegen der Arbeitsgänge ist zu beachten, dass aktuell nur für einem Teil der Arbeitsstationen Planzeiten angegeben werden. Anhang 2 zeigt tabellarisch, welche Arbeitsstationen mit Planzeiten ausgestattet werden und welche nicht. Dies ist darin begründet, dass die Kalkulation aktuell hauptsächlich zur Preisfindung verwendet wird und Arbeitsgänge die über die Gemeinkosten oder separate Prüfkosten abgerechnet werden, somit keine Dauer benötigen. Auch für Außer-Haus-Bearbeitungen wird keine Dauer angegeben.

Da sich die Dauer durch die Multiplikation der Produktionszeit mit der Stückzahl ergibt, entstehen fehlerhafte Werte bei AG die nicht für die komplette Losgröße durchgeführt werden wie zum Beispiel das Rissprüfen.

Bei Wiederholteilen stehen dem Kalkulator zum Teil vom Einrichter rückgemeldete Zeiten von vorrangegangen Aufträgen zur Verfügung (siehe Abbildung 7).

Nachdem die Arbeitsvorgangsfolge vollständig angelegt ist, kann über die Summierung von Materialkosten, Eigenfertigungskosten, Fremdbearbeitungskosten, Zukaufkosten, Gemeinkosten und Gewinnzuschlag der komplette Auftragswert berechnet werden

3.2.3 Erstellen eines Angebotes durch die Vertriebsabteilung

Bei der Erstellung eines Angebotes stehen dem Vertriebsmitarbeiter die Kalkulationsdaten als Basis zur Verfügung. Die Daten zur Werkstückbeschreibung werden aus der Kalkulation übernommen und können ebenfalls in den Angebotstext übertragen und editiert werden.

Die weiteren Daten: Lieferzeitraum, Preise, Kundenangaben und Angebotsgültigkeit werden vom Vertriebsmitarbeiter eingetragen. Der Lieferzeitraum wird vom Vertriebsmitarbeiter aufgrund von Erfahrungswerten und Schätzungen festgelegt, weil keine rechentechnische Unterstützung besteht. Lediglich für die Arbeitsgänge mit hinterlegten Planzeiten ist ein spezifischer Richtwert vorhanden. Dadurch bestehen viele Unsicherheitsfaktoren bei der Lieferzeitfestlegung.

Die aktuelle Materialverfügbarkeit im eigenen Lager kann über das Materialprogramm geprüft werden, jedoch kann diese abweichen von der Materialverfügbarkeit zum Zeitpunkt des Auftragseingangs. Die Lieferzeit für Material, welches nicht vorhanden ist, kann über das Materialanfrageprogramm geprüft werden. Die Dauern von Fremdbearbeitungen können unter Einbeziehung bisheriger Lieferzeiten ebenfalls nur geschätzt werden. Die Fertigungsauslastung ist nicht abrufbar. Aus einer Übersicht der existierenden Aufträge mit Endtermin der Fertigung jedoch ohne genauen Fertigungszeitraum lassen sich nur grobe Rückschlüsse ziehen. Deshalb sind die, oftmals als Zeitspanne (z.B. 6–8 Wochen) angegebene Lieferzeiträume meist ungenau, da für ihre Festsetzung keine Softwareunterstützung gegeben ist.

Der über die Kalkulation berechnete Preis wird nicht direkt auf das Angebot übernommen und kann vom Vertriebsmitarbeiter angepasst werden.

Der Kunde wird im unteren Bereich der Softwareoberfläche zur Angebotsanlage ausgewählt. Dadurch werden alle kundenspezifischen Felder automatisch beschrieben.

Sind alle notwendigen Felder ausgewählt, wird das Angebot zum Kunden versendet und eine digitale Kopie im Netzlaufwerk gespeichert.

3.2.4 Anlegen eines Fertigungsauftrages durch die Vertriebsabteilung

Wenn der Kunde eine Bestellung entsprechend des Angebotes auslöst, wird ein Auftrag angelegt. Hierzu werden die spezifischen Kunden- und Auftragsdaten mit den

kundenunabhängigen Kalkulationsdaten zusammengefügt. Dazu werden Kundennummer und die Kommissionsnummer, welche den aktuellen Auftrag des Kunden beschreibt zu einer Auftragsnummer zusammengeführt und über die Kalkulationsnummer die dazugehörige Kalkulation beigefügt. (siehe Abbildung 8)

Auftragsnummer

Liefertermin

Abbildung 8: Maske zur Auftragsanlage

Fertigungsdauer Kalkulationsnummer

Beim Anlegen eines Auftrags werden Lieferwoche (LieferKW), Fertigstellungswoche (FertKW) und Fertigungsdauer definiert. Die Fertigungswoche ist die Woche für den letzten geplanten Arbeitsgang innerhalb der eigenen Fertigung. Die Fertigungswoche reduziert um die Fertigungsdauer ergibt den Fertigungsbeginn als Kalenderwoche festgesetzt. Zu diesem Zeitpunkt muss die Fertigungsdauer eine genaue Anzahl von Kalenderwochen sein. Auch in diesem Stadium existiert keine rechentechnische Unterstützung zur Festlegung der Fertigungsdauer.

Mit dem Anlegen des Auftrags werden ebenfalls zwei Auftragsbestätigungen (AB) erzeugt, die einen genauen Liefertermin als Kalenderwoche oder bei Kundenwunsch als Tag enthalten. Eine Auftragsbestätigung wird dem Kunden zugesendet. Eine weitere

Auftragsbestätigung erhält den Vermerk intern und durchläuft ab dem Zeitpunkt ihrer Erstellung verschiedene Abteilungen.

3.2.5 Materialzuteilung durch das Materialbüro

Die zu jedem Auftrag existierende AB intern, gelangt nach ihrer Erstellung im Vertrieb und der möglichen Nachkalkulation in das Materialbüro. Dort wird die Materialzuteilung realisiert. Anhand der Angaben auf der AB intern (Menge, Qualitätsanforderungen) sowie weiterer Angaben aus der Kalkulation (Schaftdurchmesser, Einsatzgewicht, Werkstoffbezeichnung) findet eine eindeutige Zuordnung des Auftrags zu einem Material statt.

Dabei kann ein Auftrag sowohl einem bereits im Lager vorhandenem Material als auch einem noch nicht gelieferten Material zugeordnet werden. Es muss jedoch bereits eine Bestellung ausgelöst sein. Im Materialprogramm ist für Material, welches sich noch außer Haus befindet, der angedachte Liefertermin ersichtlich. Für vorhandenes Material ist der reale Liefertermin eingetragen und es ist erkennbar ob das Material bereits freigegeben wurde oder nicht.

Die Zuordnung von Auftrag und Material erfolgt mit einer exakten Menge. Desweiteren wird durch Eingabe der Auftragsnummer, der Freitag der SägeKW als „Datum der Bewegung“ folglich als Entnahmedatum automatisch eingetragen. Beim Speichern des Datensatzes gleicht die Software den geplanten Entnahmetermin mit dem geplanten Liefertermin ab. Liegt der Entnahme- vor dem Liefertermin, wird dem Mitarbeiter eine Warnmeldung angezeigt.

3.2.6 Erstellen der Auftragsdokumente in der Arbeitsvorbereitung

Anschließend wird die AB intern an die Arbeitsvorbereitung (AV) weitergegeben. Zusätzlich zu dieser Weitergabe in Papierform, existiert für die Arbeitsvorbereitung eine Übersicht „Aufträge ohne Sägeschein“ (Siehe Abbildung 9), die zeigt welche Aufträge von der AV noch zu bearbeiten sind.

Druckvorschau					zurück zum Terminbüro							
s	PJKW	AJKW	Kunnr	KOM	Bezeichnung	Abmessung	pmenge	chb	Durchmesser	TB	FERTG	a
45 / 2013	46 / 2013	408	87		Lohnarbeit Sägen+Strahlen		6300			12.11.2013		X
47 / 2013	48 / 2013	900	227		Lohnarbeit Drehen		300			18.11.2013		X
50 / 2013	23 / 2014	95	407		ISKA-Schraube	M 6x 12	7000	KEIN MATERIAL		18.07.2011		X
03 / 2014	05 / 2014	900	240		Lohnarbeit Drehen+Härten		6			21.01.2014	21.01.2014	X
05 / 2014	12 / 2014	222	238		Bolzen	Ø 19h7/Ø 20h8x 51	16			07.04.2014	08.04.2014	X
07 / 2014	14 / 2014	222	237		Bolzen	M 20/Ø 25x 51	12	233430/1	31,75	07.04.2014	08.04.2014	X
07 / 2014	13 / 2014	408	96		HV-Schraube	M 48x 285	1003			04.02.2014	04.02.2014	X
07 / 2014	21 / 2014	416	668		ISKA-Schraube	M 12x 25	350	829133/2	14	25.02.2014		X
07 / 2014	12 / 2014	465	615		6kt.-Mutter m. Bund	M 16x1,5x 18	200	T26796/Rest	36	04.02.2014	04.02.2014	X
08 / 2014	26 / 2014	95	406		ISKA-Schraube	M 6x 10	5000	KEIN MATERIAL		18.07.2011		X
08 / 2014	13 / 2014	408	95		HV-Schraube	M 48x 255	725			04.02.2014	04.02.2014	X
08 / 2014	14 / 2014	798	911		6kt.-Schraube	M 12x 65	35			20.02.2014	20.02.2014	X
09 / 2014	14 / 2014	465	612		6kt.-Mutter m. Bund	M 18x1,5x 20	300	T26796/Rest	36	24.02.2014	25.02.2014	X
10 / 2014	19 / 2014	1	669		Stiftschraube	M 24/M16x1,5x 115,5	1500	63819/1	22	28.02.2014	03.03.2014	X
10 / 2014	17 / 2014	10	4223		Stiftdehnschraube	M 14x1,5x 78	600	B-Nr. 111337947	16	12.03.2014	04.04.2014	X
10 / 2014	16 / 2014	15	714		Stiftdehnschraube m. 2kt.-Zapfen	M 36x 250	92			25.03.2014	26.03.2014	X
10 / 2014	15 / 2014	55	1657		Tellerfederpaket	M 24x1,5/M20x1,5x 36,5	800			10.03.2014		X
10 / 2014	16 / 2014	172	23		Stiftdehnschraube	M 20x1,5/M 22x1,5-SG/M 22x1,5x 230	100			28.02.2014	28.02.2014	X
10 / 2014	15 / 2014	465	627		6kt.-Mutter m. Bund	M 14x1,25x 14	500	178230/Rest	26	04.03.2014	05.03.2014	X
10 / 2014	17 / 2014	636	462		6kt.-Schraube mit Bund	M 10x 25	250	332006/2	20,3	25.02.2014	26.02.2014	X
11 / 2014	20 / 2014	10	4270		Stiftdehnschraube	M 14x1,5x 78	900	B-Nr. 111337947	16	04.04.2014	04.04.2014	X
11 / 2014	15 / 2014	55	1662		Deckel	M 20x1,5x 4,5	800	344034	25	10.03.2014	20.03.2014	X
11 / 2014	17 / 2014	222	263		Stiftdehnschraube m. ISKA	M 36x3/M 36x4x 400	200	B-Nr. 111337953	36	17.02.2014	08.04.2014	X
11 / 2014	17 / 2014	222	276		Stiftdehnschraube m. ISKA	M 36x3/M 36x4x 400	200	B-Nr. 111337953	36	21.03.2014	08.04.2014	X
11 / 2014	16 / 2014	641	90		Mutter	M 30x2-5Hx 28	100	B-Nr. 111438722	55	10.03.2014	25.03.2014	X
11 / 2014	13 / 2014	900	257		Lohnarbeit Drehen		10	Werkzeugbau-B14692	77	21.03.2014	21.03.2014	X
12 / 2014	18 / 2014	9	1878		Stiftdehnschraube	M 45x2x 650	400	236874/1	45	26.02.2014	27.02.2014	X
12 / 2014	18 / 2014	9	1878		Stiftdehnschraube	M 45x2x 650	400	236874/2	45	26.02.2014	27.02.2014	X
12 / 2014	18 / 2014	124	1832		Stiftdehnschraube m. ISKA	M 36/M 36x3x 284	500	B-Nr. 111337908	36	13.03.2014	07.04.2014	X
12 / 2014	21 / 2014	211	14		ISKA-Schraube	M 36x 120-Za	48	Kunde-NCS-425845	60	20.03.2014	20.03.2014	X
12 / 2014	20 / 2014	222	277		Stiftdehnschraube m. ISKA	M 36x3/M 36x4x 376	620	B-Nr. 111337953	36	21.03.2014	08.04.2014	X
12 / 2014	18 / 2014	459	174		Kronenmutter	M 64x4x 70	155	11313064258	105	27.02.2014	17.03.2014	X
12 / 2014	17 / 2014	465	623		6kt.-Mutter m. Bund	M 24x2x 25	100	334460	47	10.03.2014	17.03.2014	X
12 / 2014	17 / 2014	465	624		Druckstück	Ø 48,5/Ø 24,5x 19	100			11.03.2014	17.04.2014	X
12 / 2014	18 / 2014	465	629		Dehnhülse	Ø 49,5/Ø 22x 105	60	211500/2	58	13.03.2014	14.03.2014	X
12 / 2014	18 / 2014	471	2257		Rundmutter	M 33x2-5Hx 38	300	211500/2	58	13.03.2014	13.03.2014	X
13 / 2014	19 / 2014	10	4283		6kt.-Schraube	M 42x1,5x 180	100	B-Nr. 111438743	45	17.03.2014	04.04.2014	X
13 / 2014	20 / 2014	15	712		Überwurfschraube	M 12x1,5x 23 gz.Lg.	150	333263-01/1	16,5	18.03.2014	19.03.2014	X
13 / 2014	23 / 2014	32	803		12kt.-Dehnschraube	M 33x3x 180	250	132090/1	35	19.03.2014	19.03.2014	X
13 / 2014	22 / 2014	55	1652		6kt.-Schraube	M 42x 90K	1000	B-Nr. 111438459	42	14.03.2014		X

Abbildung 9: Übersicht: Aufträge ohne Sägeschein

In dieser Liste sind die ausstehenden Aufträge geordnet nach dem Sägetermin angezeigt. In der AV werden die dem Auftrag zugehörigen Papiere: Arbeitskarte, Versandkarte, Qualitätskarte, Sägeschein und Zeichnungskarte erzeugt und ausgedruckt. Mit dem Druck-Vorgang werden die Auftragsdaten automatisch an das MDE-Programm h.Server gesendet.

Nachfolgend werden diese Papiere bearbeitet d.h. es werden Angaben über Toleranzen, Prüfbedingungen, Oberflächenbeschichtung, Signierungen etc. auf die als Deckblatt fungierende Zeichnungskarte gestempelt, damit diese in der Fertigung leicht erkennbar sind. Zusätzlich werden auf dem Sägeschein und der Qualitätskarte Abmessungen und Werkstoffdaten eingetragen.

Die Arbeitsvorbereitung übergibt die Fertigungsaufträge mit den entsprechenden Dokumenten an die Fertigung, geordnet nach Aufträgen inkl. und ohne Wärmebehandlung, ca. 1–2 Kalenderwochen vor der festgesetzten Beginnwoche.

3.3 Analyse der aktuellen Fertigungssteuerung

3.3.1 Schicht- und Personalplanung

Die Schicht und Personalplanung wird vom Meister der Fertigung übernommen. Diese wird aufgrund von dessen persönlicher Einschätzung der Auftragslage erstellt, weil keine aussagekräftigen Übersichten zur Verfügung stehen. Es existiert keine präzise Kapazitätsübersicht, in welchem Zeitraum welche Maschinen mit welchem Personal belegt werden müssen. Die aktuell existierende Übersicht zeigt die verplanten Kapazitäten der CNC-Bearbeitung je Fertigstellungswoche an, dies ist aber nicht zwangsläufig Woche, in der die Kapazität wirklich benötigt wird und die Übersicht somit nicht aussagekräftig. Eine weitere Übersicht existiert, welche die Umsätze je Kalenderwoche zeigt. Aus dem Umsatz lassen sich jedoch keine effektiven Rückschlüsse auf die Kapazitäts- und Personalplanung ziehen.

3.3.2 Aktuelle Kapazitätssteuerung im Bereich Pressen

Im Bereiche Pressen existiert eine Liste, die alle Fertigungsaufträge, die einen Pressvorgang geordnet nach ihrem Beginnstermin als KW enthält. Dadurch sind die anstehenden Fertigungsaufträge frühzeitig erkennbar und können nach sich ergebender Rüstzeitverkürzungen in ihrer Reihenfolge geplant werden.

3.3.3 Aktuelle Kapazitätssteuerung im Bereich CNC

Wie bereits in Abschnitt 3.2.2 S. 17 erwähnt wurde, werden die CNC-AG oftmals nicht auf derselben Maschine realisiert, auf der sie in der Kalkulation geplant wurden. Die endgültige Zuordnung der AG zu den Maschinen wird erst kurz vor der Umsetzung von den Vorarbeitern im Meisterbüro getroffen. Dafür wird die „Produktions-Liste mit CNC AG“ (siehe Anlage 3) als Orientierung genutzt. Diese enthält alle Aufträge die mindestens einen noch abzuarbeitenden CNC-AG enthalten, geordnet nach LieferKW. Die Auftragsdokumente enthalten Zeichnungen, Arbeitsgangbeschreibungen und Qualitätsanforderungen. Ausgehend davon schätzt der Vorarbeiter die Anforderungen für den CNC-AG ein und kann ihm eine technologisch geeignete Maschine zuordnen. Diese Zuordnung wird in einer Excel-Tabelle getroffen (siehe Anlage 3). In dieser sind die CNC-Maschinen zeilenweise aufgelistet. Spaltenweise werden die aktuelle Kommission sowie die nächsten 3 Folgekommissionen hinter die entsprechende Maschine über das Eingeben der Kundenkommissionsnummer eingetragen. Ebenfalls ersichtlich ist die jeweilige Personalbelegung pro Maschine, durch drei Spalten je für Früh, Spät- und Nachtschicht, in die der jeweilige Bediener eingetragen wird. Diese Tabelle gibt eine gute Übersicht welche Aufträge auf welcher Maschine geplant sind, jedoch weist sie auch einige Einschränkungen auf. Zum einen benötigt Sie eine

dauerhafte Pflege, weil sich das Excel-Dokument nicht selbstständig aktualisieren kann. Dies bedeutet zum Beispiel, dass ein abgeschlossener Auftrag aus der Liste gelöscht werden muss und die nachrückenden Aufträge von Hand in die richtigen Felder verschoben werden müssen. Zum anderen ist keine Dauer der Aufträge erkennbar. Ein AG, der mehrere Tage dauert wird ebenfalls bloß in einem Tabellenfeld angezeigt, wie ein Auftrag der nur eine Schicht belegt, sodass der Zeitraum des angelegten Arbeitsvorrates nicht ersichtlich ist.

3.3.4 Aktuelle Kapazitätssteuerung in den Bereichen Rollen, Anspitzen, Stempeln und Rissprüfen

In den Bereichen Rollen, Anspitzen, Stempeln und Rissprüfen existierten Listen, die alle Fertigungsaufträge, die einen entsprechenden Arbeitsgang beinhalten anzeigen, sobald der vorhergehende Arbeitsgang angefangen wurde. Beim Anspitzen, Stempeln und Rissprüfen sind die Fertigungsaufträge nach dem Liefertermin, beim Rollen nach dem Gewindedurchmesser geordnet. (siehe Anlage 3) Dadurch sind die anstehenden Fertigungsaufträge erkennbar und können nach sich ergebender Rüstzeitverkürzungen den Arbeitsstationen zugeordnet und in ihrer Reihenfolge geplant werden.

3.4 Resultate der Ist-Analyse

Als Grundlage für die Entwicklung einer effektiven Systematik zur Kapazitätsplanung musste die Arbeitsweise des Unternehmens im Allgemeinen und mit besonderem Schwerpunkt auf die Auftragsterminierung analysiert werden.

Dabei zeigt sich, dass aus Mangel an Informationen, Werte wie die Durchlaufzeit auf Schätzungen basieren, was zu Problemen bei der Liefertreue führen kann. Deshalb muss hierfür eine Systematik entwickelt werden die den Auftragsdurchlauf richtig berechnet und die damit verbundenen Informationen übersichtlich darstellt.

Als weitere Besonderheiten mit direktem Einfluss auf die Kapazitätsplanung zeigt sich, dass bei der Erstellung der Arbeitsvorgangsfolge nur für einzelne Arbeitsstationen eine Arbeitsgangdauer angegeben wird. Deshalb muss eine Methodik geschaffen werden, bei der alle AG mit einer konkreten Dauer versehen werden.

Desweiteren wird die in der AVF angegebene Planarbeitsstation im CNC-Bereich in der Realität oftmals durch eine andere Arbeitsstation ersetzt. Dies begründet sich darin, dass die Kalkulatoren die Arbeitsstation nach der höchsten Wirtschaftlichkeit entsprechend der Faktoren Bearbeitungsdauer und –kosten auswählen. Dadurch werden einzelne Arbeitsstationen sehr häufig anderer hingegen eher selten verplant

werden. Um eine gleichmäßige Auslastung der Fertigung zu gewährleisten, verändert der Vorarbeiter für den CNC-Bereich deshalb die Zuordnung. Weitere Ursache ist zum Teil, dass bei Wiederholteilen bereits NC-Programme auf anderen Arbeitsstationen bestehen und durch die Änderung der Rüstaufwand verkleinert wird.

Diese Abweichung von geplanter zu realer Arbeitsstation hat entscheidende Auswirkung auf die Kapazitätsplanung, weil somit keine Auslastungen der spezifischen Arbeitsstationen anhand der Plandaten erkannt werden können. Deshalb wird hierfür eine auf Bewertungskriterien beruhende Methodik entwickelt, die bereits zum Planungszeitpunkt die durchführende Arbeitsstation ermittelt.

4. Ermittlung des Kapazitätsbestand

4.1 Kapazitätsbestandsberechnung

4.1.1 Berechnung des nominellen Kapazitätsbestands je Arbeitsstation

Da der theoretische Kapazitätsbestand, wie bereits im Abschnitt 2.3 S.6 erläutert, keine aussagekräftigen Werte liefert, wird dieser nicht ermittelt und verwendet. Stattdessen bildet der nominelle Kapazitätsbestand die Grundlage der Kapazitätsbestandsberechnung.

Der nominelle Kapazitätsbestand ergibt sich aus der Summe der Planarbeitszeit im festgelegten Kalenderzeitraum. Im Unternehmen Sternberg beträgt die wöchentliche Arbeitszeit 38 Stunden. Diese sind für den Ein- und Zweischichtbetrieb aufgeteilt in je 7h und 45 min von Montag bis Donnerstag sowie 7h am Freitag. Für den Dreischichtbetrieb teilen sich diese in je 8h von Montag bis Donnerstag sowie 6h am Freitag. Desweiteren ist zu beachten, dass im Dreischichtbetrieb, die Pausen von 30 Minuten von Montag bis Donnerstag und 15 Minuten am Freitag von der effektiven Arbeitszeit abgezogen werden müssen.

Gemäß der Berechnungsformel 5 ergibt sich somit der in Tabelle 1 veranschaulichte Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation

$$Kbs_{nAS} = Kbs_S * n_S \quad (5)$$

Kbs_n nomineller Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation

Kbs_S Kapazitätsbestand pro Schicht

n_S Anzahl Schichten pro Tag

Tabelle 1: nomineller Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation in Minuten

Kapazitätsbestand pro Arbeitsstation in Minuten						
	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Woche
1- Schicht	465 min	465 min	465 min	465 min	420 min	2280 min
2-Schicht	930 min	930 min	930 min	930 min	840 min	4560 min
3-Schicht	1350 min	1350 min	1350 min	1350 min	1035 min	6435 min

4.1.2 Ermittlung des verfügbaren Kapazitätsbestands durch planbare Stillstandzeiten

Ein Teil der Stillstandzeiten ist vorher erkennbar und kann somit rechtzeitig in die Kapazitätsplanung einfließen. Dies umfasst zum einen planbare technische Stillstandzeiten wie Wartungen und vorbeugende Instandhaltungen und zum anderen planbare organisatorische Stillstandzeiten wie Personalversammlungen und Urlaub einzelner Mitarbeiter. Damit eine genaue Planung frühzeitig realisiert werden kann, werden diese planbaren Stillstandzeiten rechtzeitig in das System eingepflegt und somit der nominelle Kapazitätsbestand im betroffenen Zeitraum entsprechend verringert. Daraus ergibt sich der verfügbare Kapazitätsbestand gemäß Formel 3 S. 7.

4.2 Erstellung eines Verzeichnisses aller Arbeitsstationen

Als grundlegender Schritt, um die vorhandene Kapazität beziffern zu können, wird ein Verzeichnis aller im Unternehmen vorhandenen Arbeitsstationen erstellt. Dieses Verzeichnis befindet sich in Anlage 4.

4.3 Festlegung der Normkapazität im Grobplanungsbereich

Als Grobplanungsbereich ist der Zeitbereich definiert, in dem der Kapazitätsbedarf aufgrund von Planwerten und Hochrechnungen ermittelt wird. Anlagen- und Personalverfügbarkeit sind in ihm noch nicht entgeltig definiert. Deshalb spiegelt der Kapazitätsbedarf im Grobplanungsbereich nicht zwangsläufig den wirklichen Kapazitätsbedarf des Zeitraums wieder. Dieser wird erst in dem in Absatz 4.5 S. 30 erläuterten Feinplanungsbereich der Realität entsprechend angegeben.

4.3.1 Ermittlung von Planschichten

Um eine langfristige Kapazitätsplanung zu realisieren, bei der zum Planungszeitpunkt die Auftragslage noch nicht vollständig eingeschätzt werden kann, werden Planschichten für jede Arbeitsstation definiert.

Diese Planschicht beschreibt das übliche Schichtsystem, in welchem die jeweilige Arbeitsstation produktiv ist. Festgelegt werden die Planschichten mit Hilfe der im Unternehmen verwendeten h.Sever-Software zur Maschinendatenerfassung. Die MDE-Software erfasst 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche alle Produktions- und Stillstandzeiten jeder Arbeitsstation. Dadurch kann anhand des als Prozentwert angegebenen Anteiles des Status „Schichtende“ das verwendete Schichtsystem ermittelt gemäß Formel 6 ermittelt werden.

$$f_{SE} = \frac{100\%}{10800min} * t_{SE} \quad (6)$$

f_{SE} Anteil der Schichtendezeit von der Gesamtzeit in %

t_{SE} geplante Schichtendezeit in [min]

Der Wert 10800 min ist die Gesamtzeit in Minuten einer Woche. Der Wert für t_{SE} ergibt sich aus der betrieblichen Arbeitszeitregelung siehe Abschnitt 4.1.1 S. 24.

Abhängig vom Schichtbetrieb ergeben sich dabei die folgenden planmäßigen Prozentsätze der Schichtendezeit pro Woche:

- im Einschichtbetrieb:

$$\frac{100\%}{10800min} * 7550min = \underline{\underline{74,9\%}}$$

- im Zweisichtbetrieb:

$$\frac{100\%}{10800min} * 5020min = \underline{\underline{49,8\%}}$$

- im Dreischichtbetrieb:

$$\frac{100\%}{10800min} * 3240min = \underline{\underline{32,1\%}}$$

Über den Vergleich dieser Vorgabewerte mit dem von der MDE-Software erfassten Anteil an Schichtendezeiten wird die Planschicht ermittelt. Der Betrachtungszeitraum für die vom MDE-System erfassten werden umfasst 11 Kalenderwochen.

Da im MDE-Programm im betrachteten Zeitraum aufgrund von inkonstantem Schichtbetrieb oder fehlerhaften Eingaben der An- und Abmeldungszeiten Abweichungen entstehen können, wurden die ermittelten Planschichtwerte mit den Vorarbeitern der verschiedenen Fertigungsbereiche analysiert. Aufgrund ihrer Erfahrungswerte lässt sich die Qualität der Planschichtwerte besser einschätzen. Im Bedarfsfall wurden die Planschichtwerte angepasst. Die endgültig festgelegten Planschichten der entsprechenden Arbeitsstationen sind in Anlage 4 aufgelistet.

4.3.2 Einschränkungen – Mehrmaschinenbedienung

In der Sternberg GmbH wird zum Teil eine Mehrmaschinenbedienung durchgeführt. Dies bedeutet, dass 2 bis 4 Maschinen von nur einem Mitarbeiter bedient werden. Folglich muss berücksichtigt werden, dass alle Maschinen einer Bediengruppe mit ihrer Auftragslast auf das gleiche Schichtsystem ausgelegt werden sollten. Dies wurde bei der Planschichtermittlung berücksichtigt.

4.4 Bildung von Kapazitätsgruppen

Für einen Teil der Maschinen ist die Angabe der exakten Maschine in der Kapazitätsplanungsphase irrelevant, da die Fertigungsmöglichkeiten der Maschinen nahezu identisch sind und sich gezeigt hat, dass sich daraus resultierende Abweichungen innerhalb des Produktportfolios ausgleichen. Maschinen mit gleichen Fertigungsmöglichkeiten werden zu Planungsgruppen zusammengefasst. Beispielhaft hierfür ist die Arbeitsstation Sägen. Im Unternehmen sind 5 zum Teil unterschiedliche Sägen vorhanden und im Einsatz. Da jedoch sowohl kostenseitig als auch aus fertigungstechnischer Sicht unerheblich ist, welche Säge zum Einsatz kommt, wird in der Kalkulation nur die Gruppe Sägen als Arbeitsstation angegeben.

Diese Planungsgruppen werden auch für die Kapazitätsplanung als Kapazitätsgruppen übernommen. Dies bedeutet, dass die Kapazitäten der einzelnen Arbeitsstationen entsprechend ihrer definierten Planschicht (Siehe Abschnitt 4.3.1 S. 28) als Gruppenkapazität aufsummiert werden und dieser Wert als Kapazitätsbestand verwendet wird. Die Kapazität der Gruppe berechnet sich aus der Summe der Kapazität der Einzelmaschinen gemäß Formel 7.

$$Kbs_G = \sum_{i=1}^n Kbs_{ASi} \quad (7)$$

Kbs_G Kapazitätsbestand der Gruppe

Kbs_{AS} Kapazitätsbestand der Arbeitsstation

Weitere nach diesem Schema gebildet und genutzte Kapazitätsgruppen sind in Anhang 4 mit ihren Bestandteilen aufgelistet.

4.5 Festlegung der Feinplanungskapazität

Der Feinplanungsbereich ist der Zeitraum, in dem die Personal- und Anlagenverfügbarkeit sowie der Auftragslage genau bekannt ist. Daraus ergeben sich die Schichtpläne, in die der verfügbare Kapazitätsbestand, nicht automatisch durch Planwerte und Hochrechnungen vom System erstellt, sondern manuell eingetragen

wird. Deshalb kann der Feinplanungskapazitätsbestand vom Grobplanungskapazitätsbestand abweichen.

Schichtpläne werden für eine komplette Kalenderwoche und in der Regel am Ende einer Woche für die nachfolgende erstellt. Sobald einer Fertigungswoche über den Schichtplan eine Feinplanungskapazität zugewiesen wurde, wird der Kapazitätsbestand anhand der Anzahl der Schichten und der Arbeitszeit pro Schicht unter Berücksichtigung von geplanten Stillstandzeiten (gemäß Formel 4 S. 7) errechnet und pro Tag festgelegt.

4.6 Arbeitsstationen ohne Erhebung eines Kapazitätsbestands

Wie sich in der Praxis gezeigt hat, ist das Verhältnis von Aufwand und unwirtschaftlich, wenn detaillierte Kapazitätsberechnungen in allen Bereichen bis auf die Ebene jeder einzelnen Maschine erhoben werden. Stattdessen zeigt es sich als sinnvoller, die Planung auf ausgewählte Fertigungsschwerpunkte und Engpassbereiche zu konzentrieren. [3, p. 153]

In der Sternberg GmbH existieren ebenfalls Bereiche, deren Kapazitätsbestand schwer zu beziffern ist, weil sie durch Personalverschiebung und periodischer Nutzung einen schwankenden Kapazitätsbestand besitzen. Da in diesen Bereichen keine Engpassgefahr aufgrund einer hohen Flexibilität durch Personalverschiebung besteht, wird für sie kein Kapazitätsbestand erhoben und somit keine Obergrenze für Kapazitätsterminierungen geschaffen.

Arbeitsstationen ohne Kapazitätsobergrenze sind:

- Kontrolle Wärmebehandlung (WB)
- Kontrolle Qualitätssicherung (QS)
- Verwechslungsprüfung
- Endkontrolle
- Prüfungen

4.7 Zuordnung der Kapazität auf der Zeitachse durch Einführung eines Betriebskalenders

Damit erkennbar ist, wann welcher Kapazitätsbedarf verfügbar ist, wird dieser auf einer Zeitachse festgehalten. Dazu wird ein Betriebskalender angelegt und für jede Arbeitsstation bzw. Kapazitätsgruppe der verfügbare Kapazitätsbestand pro Tag eingetragen.

Generell arbeitsfreie Tage wie Feiertage und Betriebsruhen sind ebenfalls im Betriebskalender eingetragen. Dabei sind arbeitsfreie Tage von Tagen mit einem Null-Wert als Kapazitätsbestand zu unterscheiden. Im Rahmen der Terminplanung werden arbeitsfreie Tage übersprungen, d. h. eine Aktivität kann vor einem arbeitsfreien Tag begonnen und nach diesem weitergeführt werden. Dagegen müssen bei einem Null-Wert als Kapazitätsbestand alle davor begonnen Arbeitsgänge abgeschlossen sein.

5. Ermittlung des Kapazitätsbedarfs

Über die Berechnung des Kapazitätsbedarfs wird die Auslastung der Arbeitsstationen - abhängig vom Typ der ausführenden Arbeitsstation - ermittelt. Dieser Ermittlungsprozess wird nachfolgend beschrieben.

5.1 Angabe der Planzeiten

Die Festlegung des Kapazitätsbedarfs unterscheidet sich anhand der Art der Arbeitsstation. Wie in Abschnitt 3.2.2 S. 17 bereits erläutert, wurden bisher für einzelne Arbeitsgänge Planzeiten angegeben. Da für die Kapazitätsplanung jedoch die Dauer jedes einzelnen AG bekannt sein muss, werden mit der Einführung der Kapazitätsplanungssystematik grundlegende Veränderungen in der Festlegung der Planzeiten getroffen.

5.1.1 Manuelle Angabe der Zeit pro Arbeitsverrichtung und der Rüstzeit

Die meisten Arbeitsstationen bekommen in der Kalkulation eine Grundzeit pro Arbeitsverrichtung je Teil sowie eine Rüstzeit manuell vom Kalkulator zugewiesen. Auch Handlingzeiten, die für die Arbeitsverrichtung notwendig sind und je Teil zugeordnet werden können, sind in der angegebenen Grundzeit berücksichtigt. Automatisch einbezogen wird die Verteilzeit über den Verteilzeitfaktor, dessen Ermittlung in Abschnitt 5.4 S. 39 beschrieben ist. Folglich berechnet sich der Kapazitätsbedarf nach der Formel 8.:

$$Kbd = t_r + ((n * t_{AVR}) * f_V) \quad (8)$$

Kbd Kapazitätsbedarf

t_r Rüstzeit

n Anzahl der Werkstücke

t_{AVR} Zeit pro Arbeitsverrichtung

f_V Verteilzeitfaktor

Ausnahme bildet der Arbeitsgang Rissprüfungen. Für das Rissprüfungen wird vom Kalkulator eine Planzeit pro Arbeitsverrichtung eingetragen, jedoch wird es zum Teil nur an einem bestimmten Prozentsatz von Werkstücken durchgeführt. Deshalb wird hier vom Kalkulator zusätzlich der zu prüfende Prozentwert eingetragen. Der Kapazitätsbedarf errechnet sich damit nach folgender Formel 9.

$$Kbd = t_r + \left(n * t_{AVR} * \frac{p_{pr\u00fcf}}{100\%} \right) * f_v \quad (9)$$

- Kbd Kapazitätsbedarf in [min]
- t_r Rüstzeit in [min]
- n Anzahl der Werkstücke
- t_{AVR} Zeit pro Arbeitsverrichtung in [min]
- $p_{pr\u00fcf}$ Prozentsatz zu Prüfender Werkstücke
- f_v Verteilzeitfaktor

5.1.2 Verwendung vordefinierte Werte für die Zeit pro Arbeitsverrichtung und die Rüstzeit

Für einen Teil der Arbeitsstationen sind die Zeiten, für die auf Ihnen durchgeführten Arbeitsverrichtungen, immer gleichbleibend, sodass ein vordefinierter Wert automatisch übernommen werden kann. Davon betroffene Arbeitsstationen werden nachfolgend vorgestellt und ihre jeweilige Kapazitätsbedarfsberechnung beschrieben.

5.1.2.1 Ultraschall-Prüfung

Bei der Ultraschall-Prüfung (US-Prüfung) werden, abhängig vom Zeitpunkt der Durchführung, unterschiedliche Planzeiten in der AVF verwendet. Es wird unterschieden in:

US-Prüfung vor dem ersten zerstörenden Arbeitsgang

Findet die Ultraschallprüfung vor dem ersten zerstörenden AG, also am Rohmaterial statt, wird in Abhängigkeit der Länge des Werkstücks die Durchlaufzeit nach Formel 8 S. 32 berechnet.

$$Kbd = t_r + \left(\left((l_s + 5 + h_B + (h_K * 2,5)) * n \right) * t_{AVR} * f_v \right)$$

Kbd	Kapazitätsbedarf in [min]
t _r	Rüstzeit in [min]
l _s	Schaftlänge in [mm]
h _b	Bundhöhe in [mm]
h _k	Kopfhöhe in [mm]
n	Anzahl Werkstücke
t _{AVR}	Zeit pro Arbeitsverrichtung in [min]
f _v	Verteilzeitfaktor

Die Zeit pro Arbeitsverrichtung t_{AVR} ist abhängig vom Rohteildurchmesser und dem sich daraus ergebenden Durchmesser des Rohmaterials. Zur Ermittlung des ungefähren Rohteildurchmessers wird der Schaftdurchmesser der Schraube zzgl. eines Bearbeitungszuschlag von 2 mm verwendet. Ist der Rohteildurchmesser größer 60mm verdoppelt sich die veranschlagte Bearbeitungsdauer.

Festgelegte Zeiten für eine Arbeitsverrichtung beim US-Prüfen sind

t_{AVR} = 4 min bei einem Schaftdurchmesser <58mm

t_{AVR} = 8 min bei einem Schaftdurchmesser >58mm

Die Rüstzeit beträgt immer t_r = 10 min

US-Prüfung nach zerstörendem Arbeitsgang

Wurden am Werkstück bereits zerstörende Arbeitsgänge durchgeführt, berechnet sich der Kapazitätsbedarf nach der allgemeinen Kapazitätsbedarfs-Formel 8 S. 32 mit einer vordefinierten Zeit pro Stück von t_{AVR}= 1 [min] und einer festen Rüstzeit von t_r = 10 min.

5.1.2.2 Härte-Brinell-Prüfen (HB-Prüfen)

Beim HB-Prüfen variiert der Prozentsatz der zu prüfenden Teile, genau wie beim bereits beschriebenen Rissprüfen aufgrund von Kundenanforderungen. Deshalb wird hier ebenfalls der Prozentsatz zu prüfender Teile vom Kalkulator eingegeben. Im Gegensatz

zum Rissprüfen ist die Zeit pro Arbeitsverrichtung (t_{AVR}) beim HB-Prüfen jedoch gleichbleibend. Sie beträgt $t_{AVR} = 1 \text{ min}$

Dadurch modifiziert sich die Formel 9 S.33 zu folgender Formel 11:

$$Kbd = t_r + \left(n * \frac{p_{\text{prüf}}}{100\%} \right) * f_v \quad (11)$$

Kbd Kapazitätsbedarf in [min]

t_r Rüstzeit in [min]

n Anzahl der Werkstücke

$p_{\text{prüf}}$ Prozentsatz zu prüfender Werkstücke

f_v Verteilzeitfaktor

Die Rüstzeit ist festgelegt mit $t_r = 5 \text{ min}$.

5.1.2.3 Strahlen und Waschen

Die Arbeitsstationen „Strahlen“ und „Waschmaschine“ besitzen beide die Besonderheit, dass eine Arbeitsverrichtung mehrere Teile betrifft, die genaue Anzahl jedoch vom Gewicht der Werkstücke abhängig ist und somit variiert.

Für beiden gilt die Formel 12:

$$Kbd = t_r + \left(\left[\frac{n * M}{M_{\text{maxAVR}}} \right] * t_{AVR} * f_v \right) \quad (12)$$

Kbd Kapazitätsbedarf in [min]

t_r Rüstzeit in [min]

n Anzahl der Werkstücke

M Masse des Werkstücks [in kg]

M_{maxAVR} Maximale Masse pro Arbeitsverrichtung in [kg]

t_{AVR} Zeit pro Arbeitsverrichtung in [min]

f_v Verteilzeitfaktor

Für die Arbeitsstation Strahlen gilt:

$$M_{\max AG} = 150 \text{ kg}$$

$$t_{AVR} = 20 \text{ min}$$

$$t_r = 5 \text{ min}$$

Für die Arbeitsstation „Waschmaschine“ gilt:

$$M_{\max AG} = 250 \text{ kg}$$

$$t_{AVR} = 10 \text{ min}$$

$$t_r = 5 \text{ min}$$

5.1.2.4 Versand

Die Arbeitsstation berechnet sich nach der allgemeinen Formel 8 S. 32 zur Kapazitätsbestandsberechnung. Die Dauer pro Arbeitsverrichtung ist abhängig von der Verwendung von Polynetzen.

Werden keine Polynetze verwendet, beträgt $t_{AVR} = 1 \text{ min } 30 \text{ sek.}$

Werden Polynetze verwendet, beträgt $t_{AVR} = 2 \text{ min.}$

5.2 Arbeitsstationen ohne ermittelten Kapazitätsbedarf

Für Arbeitsgänge, die auf einer Arbeitsstation stattfinden, die gemäß Abschnitt 4.6 S.3 keinen Kapazitätsbestand enthält wird keine Ermittlung des Kapazitätsbedarfs durchgeführt. Weil zur Ermittlung der Durchlaufzeit jedoch die Arbeitsgangdauer notwendig ist, wird hierfür ein pauschalisierter Wert angenommen. Dieser gibt nicht an, dass die Arbeitsstationen die komplette Dauer mit den entsprechenden AG belegt sind, sondern dass innerhalb dieser Zeitspanne der AG ausgeführt wird. Die Arbeitsgangdauer gibt die Möglichkeit, die vor- und nachgelagerten AG exakt zu terminieren.

Die betroffenen Arbeitsstationen und ihre festgelegten Zeitspannen sind nachfolgend aufgeführt:

5.2.1 Kontrolle-Wärmebehandlung (WB)

Um die Dauer der Kontrolle-WB zu bestimmen wurden 700 Kontrollen-WB im Zeitraum von November 2013 bis Anfang 2014 betrachtet und die durchschnittliche Dauer

ermittelt. Es ergab sich ein Mittelwert von 2,89 Tagen welcher auf einen Planzeitwert von 3 Tagen aufgerundet wird.

Ausnahmen bilden Aufträge, bei denen kein Prüfzeugnis erforderlich ist. Für diese Aufträge müssen keine Versuche durchgeführt werden, sodass die Kontrolle-WB innerhalb eines Tages abgeschlossen ist. Die Information, ob ein Prüfzeugnis erforderlich ist, wird in der Auftragsanlage eingegeben und über die Software ausgewertet Verfügung.

5.2.2 Kontrolle-Qualitätssicherung (QS)

Die Kontrolle-QS ist eine Arbeitsstation, die zu verschiedenen Zeitpunkten der Arbeitsvorgangfolge verwendet wird. Sie wird sowohl vor als auch nach einer Fremdbearbeitung und zur Kontrolle von Zukaufteilen eingesetzt. Der benötigte Arbeitsaufwand und folglich die Dauer ist gleichwertig. Aus der in Anlage 5 befindlichen Analyse 1 und den Erfahrungen der QS-Mitarbeiter geht eine Planzeit von einem Tag hervor.

Zeitlich Abweichungen die bereits zum Zeitpunkt der Auftragsanlage bekannt sind, werden individuell eingegeben.

5.2.3 Endkontrolle

Der Arbeitsgang Endkontrolle erfasst die letzte Kontrolle, bevor die Werkstücke versendet werden. Für ihn wird eine Arbeitsgangdauer von einem Tag festgesetzt.

5.2.4 Verwechslungsprüfung

Die Verwechslungsprüfung wird nur am Rohmaterial durchgeführt. Der zeitliche Aufwand ist sehr begrenzt und kann somit nahezu vernachlässigt werden. Der jedoch Personal zur Durchführung der Prüfung vorhanden sein muss, wird ein Arbeitstag als Arbeitsgangdauer festgelegt.

5.2.5 Prüfungen

Der Arbeitsgang Prüfungen beschreibt verschiedene zusätzliche Prüfungen wie beispielsweise visuelle Kontrollen. Seine Arbeitsgangdauer wird vom Kalkulator manuell eingegeben.

5.2.6 Fremdprüfung

Zum Teil werden kundenabhängig verschiedene Prüfungen von externen Prüfgesellschaften durchgeführt. Bisher wurden diese Fremdprüfungen nicht in der AVF

berücksichtigt. Da sie jedoch für die zeitliche Planung der Aufträge von erheblicher Bedeutung sind, wird der Arbeitsgang „Fremdprüfung“ neu hinzugefügt. Fremdprüfungen belegen keine interne Ressource und erfordern daher keinen Kapazitätsabgleich. Die Arbeitsgangdauer wird vom Kalkulator individuell zugewiesen.

5.3 Fremdbearbeitung

Da Fremdbearbeitungen nicht in der eigenen Fertigung stattfinden, stellen sie einen Sonderfall dar. Als Zeitbedarf ist nicht die effektive Produktionsdauer, sondern die Zeit außer Haus von Bedeutung.

Um die bisherige Dauer von Fremdbearbeitungen zu bestimmen, wurden in der in Anlage 5 befindlichen Analyse 1 die Wareneingänge und Warenausgänge zugeordnet zum jeweiligen Fremdbearbeiter betrachtet und somit unter Berücksichtigung von Wochenenden, Feiertagen und Betriebsruhen eine durchschnittliche Außer-Haus-Dauer berechnet. Die ermittelten Durchschnittswerte werden aufgerundet und als Planzeitwerte festgelegt. Tabelle 2 enthält die Planzeitwerte der Arbeitsgangdauer für jedes fremdbearbeitende Unternehmen.

Tabelle 2: Planwerte für die Fremdbearbeitungsdauer

Fremdunternehmen	Tage Außer Haus
AMS Technology GmbH	5
Benseler Oberflächentechnik GmbH	9
Benseler Sachsen GmbH	7
Brüfa Brünierbetrieb	2
FWM Metalltechnik GmbH	20
Galvanotechnik Baum Zwönitz	7
GESI - Gewindegewinnung Thüringen GmbH	7
Großenhainer Gesenk- u. Freiformschmiede	5
Gruppe HEAT Sachsen GmbH	8
Haase Gummi und Kunststoff	5
Härtetechnik Chemnitz GmbH	8
INDUCTOHEAT Europe GmbH	9
Jäger Gummi und Kunststoff GmbH	32
Kerb-Konus-Vertriebs-GmbH	5
Kneissler Brünieretechnik GmbH	9
Maschinenbau und Handelsvertretung	5
Metallveredlung Plattling GmbH	12
Mieruch & Hofmann GmbH	8
Peiner Umformtechnik GmbH	47
REC Fastening GmbH	9
Rimmler GmbH	15
Rudolf Clauss GmbH & Co.	15
W+O Niettechnik GmbH	4

Bei der Auswertung hat sich gezeigt, dass die Dauer stark abhängig ist vom Fremdbearbeiter.

Die genaue Art der Bearbeitung ist nur beim Unternehmen Galvanotechnik Baum GmbH von Bedeutung, da eine weiterführende Analyse der Auswertung 1 gezeigt hat, dass der zusätzliche Arbeitsgang Tempern die Außer-Haus-Bearbeitung um 2 Tagen verlängert. Die Planzeit wird somit definiert durch die Auswahl der Arbeitsstation Fremdbearbeitung und beim Unternehmen Galvanotechnik Baum zusätzlich über die Angabe der Art der Bearbeitung.

Die Vorgabezeiten für Fremdbearbeitungen sollten regelmäßig überprüft werden, um eine präzise Planung zu gewährleisten.

5.4 Bestimmung von Verteilzeiten mittels einer Verteilzeitanalyse

Da Verteilzeiten einen nicht zu vernachlässigenden Anteil der Auftragszeit beanspruchen, müssen diese zwingend berücksichtigt werden. Bisher wurden Verteilzeiten beim Anlegen der AVF vernachlässigt. Deshalb wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit Analyse 2 durchgeführt, in der die Verteilzeiten der Arbeitsstationen untersucht wurden. Auf Basis der im MDE-Programm h.Server gespeicherten Maschinenlebensläufe konnten die erforderlichen Informationen entnommen werden und für den Betrachtungszeitraum von 11 Wochen, beginnend am Montag, den 03.01.2014 (00.00 Uhr MEZ), und endend am Sonntag, den 23.03.2014 (23.59 Uhr MEZ), eine Verteilzeitanalyse durchgeführt werden.

Der h.Server erfasst permanent den Maschinenstatus. Es existieren 18 verschiedene Maschinenstatus von denen 12 der Verteilzeit zuzurechnen sind (Siehe Anlage 6) Zur Berechnung des Verteilzeitanteils wurden für jede Arbeitsstation alle Anteile der Verteilzeit zuzurechnenden Status aufsummiert und als prozentualer Anteil der Produktionszeit gemäß Formel 13 ausgegeben.

$$p_{t_v} = \frac{100\%}{t_{pr}} * \sum_i^n t_v^i \quad (13)$$

p_{t_v} Verteilzeitfaktor (Prozentualer Zuschlag der Verteilzeit auf Produktionszeit)

t_{pr} Produktionszeit

t_v^i Verteilzeit des Typ i

Die daraus resultierenden Ergebnisse sowie weitere Ausführungen zur Verteilzeitanalyse befinden sich in Anlage 6.

5.5 Splittung von Arbeitsgängen

Ein gebräuchliches Werkzeug zur Steuerung der Maschinenparkauslastung und der Auftragsdurchlaufzeiten ist die in Abschnitt 2.2.2 S. 4 erläuterte Auftragsplittung, bei der ein oder mehrere AG simultan auf mehreren Arbeitsstationen durchgeführt werden. In Analyse 3 wurden rund 18000 CNC-Arbeitsgänge hinsichtlich Splittung untersucht (siehe Anlage 7). Das Ergebnis ist, dass nur 4,41% der CNC-Arbeitsgänge gesplittet wurden und somit auf mehr als einer Maschine liefen. Dabei ist zu beachten, dass 4% der AGs einmal gesplittet wurden und nur die übrigen 0,41% auf mehr als 2 Maschinen bearbeitet wurden. Dabei beinhaltet Analyse 3 zwei zu beachtende Besonderheiten: Zum einen wurden nur CNC-Arbeitsgänge untersucht, das heißt Splittungen in anderen Fertigungsbereichen sind kein Bestandteil der Betrachtung. Da jedoch die meisten Splittungen in diesem Bereich getätigt werden, sind die Ergebnisse der Analyse ausreichend genau. Zum anderen ist aus der Anzahl der Splittung keine zeitliche Zuordnung zu erkennen ist. Dies bedeutet, dass eine in der Analyse aufgeführte Splittung auch Arbeitsgänge aufzeigt, bei denen ein Teil des Arbeitsganges auf einer Maschine und ein weiterer Teil zu einem späteren Zeitpunkt auf einer anderen Maschine gefertigt wurden. Damit ist dies keine Splittung im eigentlichen Sinne, da keine erhöhte Kapazität im gleichen Zeitraum benötigt wird, sondern lediglich die zusätzliche Rüstzeit von Bedeutung ist. Somit kann der Prozentsatz von 4,41% Splittungen sogar noch verringert werden.

Trotz des relativ geringen Prozentsatzes von Splittungen ist die Berücksichtigung dieser in der Kapazitätsplanung von Nöten, da sie abhängig von der Größe des Auftrags eine erhebliche Auswirkung auf den Kapazitätsbedarf haben. Deshalb wird innerhalb der Kalkulation die Möglichkeit gegeben, eine Splittung bereits im Arbeitsplan anzulegen. Der Kalkulator kann dadurch die Anzahl der Arbeitsstationen, die durchführenden Arbeitsstationen sowie den Prozentsatz der Werkstücke je Arbeitsstation angeben. Als Standardwerte werden bei der Auswahl der Splittung eine Maschinenanzahl von 2 und ein gleichmäßige Aufteilung der Stückzahl von je 50% hinterlegt. Die Arbeitsgangdauer berechnet sich bei einer Splittung nach der Formel 14:

$$t_{AG} = (n_B * t_r) + (t_{pr} * p_{tv}) \quad (14)$$

t_{AG} Arbeitsgangdauer

n_B Anzahl der Betriebsmittel

t_r Rüstzeit

t_{pr} Produktionszeit

p_{tv} Verteilzeitfaktor

5.6 Überlappung

Die Überlappung beschreibt, wie in Abschnitt 2.2.2 S.4 erläutert, den Beginn eines Arbeitsgangs während des laufenden vorangehenden Arbeitsganges. Speziell bei großen Stückzahlen lohnt sich die Überlappung und wird in dieser Form auch bereits in der Sternberg GmbH eingesetzt. Deshalb wird dem Kalkulator beim Anlegen der AVF die Möglichkeit gegeben, mittels einer Schaltfläche alle oder nur einzelne AG als überlappend zu verplanen. Der Prozentsatz an Werkstücken, die im vorausgehenden AG fertig bearbeitet sein müssen, bevor der nachfolgende AG beginnen kann, ist mit einem voreingestellten Wert von 20% festgelegt. Dieser Prozentsatz kann vom Kalkulator individuell angepasst werden.

Die Überlappung hat jedoch keine Auswirkung auf die Höhe des Kapazitätsbedarfs sondern nur auf seine zeitliche Verteilung, welche bei der Kapazitätsterminierung, die in Abschnitt 6.3 S. 48 beschrieben ist, betrachtet wird.

5.7 Ausschusszuschlag zur Fertigungslosgröße

In einem fertigenden Unternehmen ist in der Regel immer mit einem Anteil von Ausschussteilen zu rechnen. Da die Sternberg GmbH ein Auftragsfertigungsunternehmen ist, ist es sinnvoll, diesen möglichen Ausschuss durch Erhöhung der Produktionsstückzahl auszugleichen, weil eine Nachproduktion einzelner Teile erhebliche Kosten mit sich bringen würde.

Diese Stückzahlerhöhung wird nicht in der AV, sondern erst in der Produktion definiert. Desweiteren ist sie nicht pauschal gleichbleibend, sondern abhängig von Werkstück, Kundenrestriktionen und Materialverfügbarkeit.

Um den Ausschusszuschlag innerhalb der Kapazitätsplanung trotzdem zu berücksichtigen, findet eine stückzahlabhängige Standardisierung Anwendung:

Für eine Stückzahl ≤ 100 Teile werden 15% der Stückzahl aufgerechnet.

Für eine Stückzahl ≤ 500 Teile werden 10% der Stückzahl aufgerechnet.

Für eine Stückzahl > 500 Teile werden 5% der Stückzahl aufgerechnet.

6. Systematik zur Durchführung der Kapazitätsplanung

6.1 Bestimmung einer zeitlichen Planungsebene

6.1.1 Festlegung des Planzeitraumes

Um Planungsaktivitäten vornehmen zu können, muss die Länge des Planzeitraums definiert werden. Der Planzeitraum (PZR) ist der kleinste Zeitabschnitt, in dessen Grenzen die Kapazitätsterminierung stattfindet. Deshalb muss herausgefunden werden, wie groß diese Planeinheit gewählt werden muss, um eine akkurate Planung zu gewährleisten.

Bisher wurde im Unternehmen hauptsächlich mit Kalenderwochen (KW) gerechnet zum Beispiel in der Angabe der Beginnwoche, der Durchlaufzeit und der FertigstellungskW. Diese zeitliche Angabe ist jedoch für eine effektive Produktionsplanung zu ungenau, sodass ein kürzerer Zeitraum festgelegt wird um eine genauere Planung in allen Fertigungsbereichen zu erhalten

Um zu untersuchen welche Planzeitraumlänge sich als effektiv darstellt, untersucht Analyse 4 die Durchlaufzeit der CNC-Arbeitsgänge (siehe Anlage 8). Da der CNC-Bereich der Schwerpunkt und häufig der zeitintensivste Fertigungsschritt ist, ist die Konzentration auf die Durchlaufzeiten dieses Bereiches sinnvoll. In Analyse 4 wurde für ≈ 19.000 CNC-AG die kalkulatorisch geplante Durchlaufzeit untersucht. Dabei zeigt sich, dass, ausgehend von einem statistisch schematisierten 2-Schichtbetrieb über 95% aller CNC-AG eine Plandurchlaufzeit von unter einer Woche besitzen. Diese zeitliche Eingrenzung weiterführend stellt sich sogar dar, dass $\approx 72\%$ der CNC-AG unter einem Tag Durchlauf kalkuliert sind. Daraus ergibt sich, dass die Verwendung von KW deutlich zu ungenau für eine effektive Planung ist und sich die Verwendung eines Tages als Planzeitraum als geeigneter erweist. Aufgrund dieser Auswertung wird der Planzeitraum auf einen Tag festgelegt, um eine hohe Planungssicherheit zu erhalten.

Bei der Festlegung des Planzeitraumes auf einen Tag ist zu beachten, dass aufgrund der betrieblichen Arbeitszeitregelung Freitage immer einen geringeren Kapazitätsbestand enthalten und somit der Planzeitraum keine gleichbleibende Größe hat. Da jedoch die Kapazitätsterminierung für jeden PZR separat ausgeführt wird, bringt dies keine Einschränkungen mit sich.

Die graphische Auswertung zur Analyse 4 befindet sich in Anlage 8.

6.1.2 Gliederung des Betriebskalenders

Damit die Fertigungsaufträge auf der Zeitachse des Betriebskalenders definiert werden können, wird dieser in die in Abschnitt 6.1.1 S. 42 beschriebenen Planzeiträume gegliedert.

6.2 Durchlaufterminierung

Schritt 1 der Kapazitätsplanungssystematik ist die Durchlaufterminierung. Diese findet, wie in Abschnitt 2.2. S. 3 X.X bereits erläutert, ohne Beachtung von Kapazitätsrestriktionen statt.

Die Durchlaufterminierung ermittelt mithilfe der Dauer der Arbeitsgänge sowie der Übergangs-, Puffer- und Lieferzeiten den Start- bzw. Endtermin des jeweiligen Fertigungsauftrags.

6.2.1 Berücksichtigung der Lieferzeit

Da das Unternehmen, Kunden in verschiedenen Ländern hat, muss die Lieferzeit individuell berücksichtigt werden. Die Lieferzeit wird dem Kunden bei dessen Anlage fest hinterlegt. Aus dem Liefertermin reduziert um die Lieferzeit ergibt sich der Auslieferungszeitpunkt.

6.2.2 Ermittlung der Dauer eines Arbeitsganges über die Ermittlung des Kapazitätsbedarfs je Planzeitraum

In Abschnitt 5 S. 32 wurde die Ermittlung des Kapazitätsbedarfs beschrieben. Dabei wurde jedoch nur der gesamtbenötigte Kapazitätsbedarf pro AG ermittelt. Dieser gesamte Kapazitätsbedarf muss zur Terminierung in Planzeiträume gegliedert werden. Ausschlaggebend dafür ist der gemäß Absatz 4.3.1 S.28 ermittelte Planschichtbetrieb der ausführenden Arbeitsstation. Aus dem Kapazitätsbestand pro Schicht im PZR multipliziert mit der Planschichtanzahl ergibt sich der Kapazitätsbestand pro PZR gemäß Formel 15:

$$Kbs_{PZR} = Kbs_S * n_S \quad (15)$$

Kbs_{PZR} Kapazitätsbestand des Planzeitraumes

Kbs_S Kapazitätsbestand je Schicht

n_S Anzahl Schichten pro PZR

Dieser Kapazitätsbestand pro PZR ist ebenfalls der maximal zu verplanende Kapazitätsbedarf pro PZR. Ist der Kapazitätsbedarf eines AG kleiner als der Kapazitätsbestand der Arbeitsstation im PZR, so ist dieser PZR der zu verplanende.

Überschreitet der Kapazitätsbedarf den Kapazitätsbestand eines PZR, so muss aufgrund der retrograden Terminierung, ebenfalls der vorhergehende PZR belegt werden. Überschreitet der Kapazitätsbedarf ebenfalls die Summe des letzten PZR und des vorhergehenden PZR, so muss ein weiterer PZR belegt werden. Dieser Vergleich des aufsummierten Kapazitätsbestands der PZR und des gesamt benötigten Kapazitätsbedarfs, wird solange durchgeführt bis die Summe der Kapazitätsbestände den Kapazitätsbedarf übersteigt. Der PZR bei dem dies eintritt stellt den Start-PZR für den betrachteten AG dar. Das Flow-Chart in Abbildung 10 S. 45 veranschaulicht diesen Vergleichsprozess.

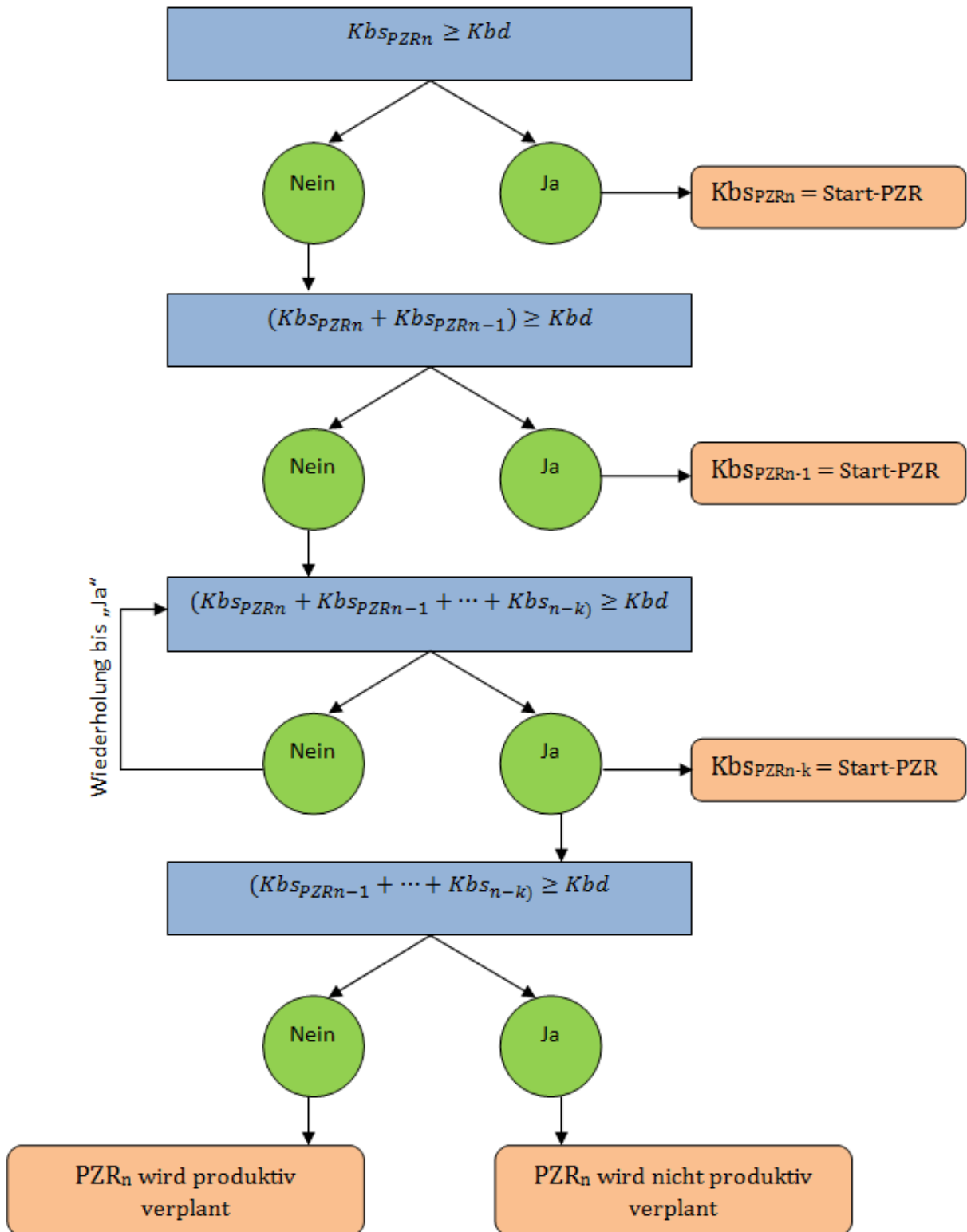


Abbildung 10: Flow-Chart der Durchlaufterminierung PZR übergreifender AG

Im unteren Bereich der Abbildung 10 ist desweiteren dargestellt, dass es bei der Festlegung des Starttermins ebenfalls auftreten kann, dass ein PZR nach dem AG nicht als produktiv verplant wird. Die Ursache dafür liegt in der Abweichung des

Kapazitätsbestandes aufgrund der betrieblichen Arbeitszeitregelung, bei dem die Arbeitszeit an Freitagen geringer ausfällt. Die Prüfung ob dieser PZR kapazitätsbedarfsfrei bleibt, wird über dem im Flow-Chart gezeigten Vergleich des Kapazitätsbedarfs mit der Summe der Kapazitätsbestände ohne den Kapazitätsbestand des letzten PZR, ermittelt.

Für den CNC-Bereich findet die exakte Zuordnung der Ist-Arbeitsstation erst zu einem späterem Zeitpunkt (siehe Abschnitt 6.8 S. 57) stattfindet. Deshalb wird für die Durchlaufterminierung die hinterlegte Planschicht (siehe Anlage 4) der vom Kalkulator angegebenen Plan-Arbeitsstation verwendet.

6.2.3 Terminierung kapazitätsbestandsfreier AG

Arbeitsgänge die auf einer Arbeitsstation ohne Kapazitätsbestand durchgeführt werden, werden in der Durchlaufterminierung ebenso behandelt wie AG mit einem Kapazitätsbestand. Da ihre Dauer festgelegt ist, werden sie mit dieser auf der Zeitachse definiert.

6.2.4 Berücksichtigung arbeitsfreier Planzeiträume

In der Regel arbeitsfreie PZR wie Wochenenden und Feiertage werden übersprungen. Dabei können arbeitsfreie Tage sowohl zwischen zwei verschiedenen als auch innerhalb eines AG sein, was Abbildung 11 veranschaulicht.

	KW 11							KW 12							
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo
Arbeitsstation 1															
Arbeitsstation 2															
Arbeitsstation 3															

Abbildung 11: Überspringen arbeitsfreier Planzeiträume

In Abbildung 11 ist ein AG abgebildet (rot markiert), dessen Dauer sich über 4 PZR erstreckt. Die zwischen dem Beginn und dem Ende des AG liegenden arbeitsfreien Wochenendtage werden bei der Terminierung übersprungen.

6.2.5 Retrograde Durchlaufterminierung durch vorgegebenen Liefertermin

Da der Liefertermin eines Fertigungsauftrags durch den Kunden vorgegeben ist, wird die Durchlaufterminierung retrograd durchgeführt. Der Liefertermin wird vom Kalkulator bei der Auftragsanlage in das System eingetragen. Ausgehend von diesem Liefertermin reduziert um die Lieferzeit, wird mit der optimalen Durchlaufzeit inklusive der in

Abschnitt 6.9 S. 61 erläuterten Pufferzeiten zeitlich zurückgerechnet, um den notwendigen Startpunkt der Produktion zu ermitteln.

Der Startpunkt darf nicht vor dem übernächsten Tag des aktuellen Datums liegen. Dieser Zeitraum von einem Tag wird benötigt um die Arbeitspapiere in die Fertigung zu übergeben. Liegt der Startpunkt vor diesem Zeitpunkt hat der Kalkulator die Möglichkeit Maßnahmen zur Durchlaufzeitverkürzung anzuwenden und zu prüfen, ob der Auftrag anschließend realisierbar ist. In dieser Phase der Kapazitätsplanung stehen dem Kalkulator nur die Möglichkeiten Splittung und Überlappung zur Verfügung. Zum Verkürzen der Übergangszeiten und dem Zusammenlegen rüstgleicher AG sind Ihnen keine Mittel gegeben, da diese Maßnahmen dem Kapazitätssteuerungsbereich zugeschrieben werden.

Beachtung der Materialverfügbarkeit und -lieferzeit

Ebenfalls beachtet werden muss die Materialverfügbarkeit bzw. die Materialliefer- und Materialkontrollzeit. Ist kein Material im eigenen Materiallager vorhanden, ist der Materialfreigabetermin ausschlaggebend. In diesem Fall darf der Starttermin nicht vor dem Materialfreigabetermin liegen.

Der Materialfreigabetermin ergibt sich aus dem Materiallieferzeitpunkt zuzüglich der Dauer der Materialeingangskontrolle. Diese ist Abhängig von der Art des Materials. Bei vergütetem Material, welches in der Produktion keine Wärmebehandlung erhält, beträgt die Materialeingangskontrolle 3 Tage – folglich 3 PZR. Bei geglühtem Material, welches innerhalb der Produktion einer Wärmebehandlung unterzogen wird, beträgt die Materialeingangskontrolle 1 Tag – folglich 1 PZR.

Dies begründet sich darin, dass bei geglühtem Material die Materialprüfungen wie Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch nach der Wärmebehandlung innerhalb des Produktionsprozesses durchgeführt werden, sodass die Materialeingangsprüfung nur eine Sichtkontrolle und die Prüfung der mitgelieferten Papiere umfasst.

Bei vergütetem Material finden diese zerstörenden Materialprüfungen vor Beginn der eigentlichen Fertigung statt, sodass der Zeitaufwand deutlich höher ist.

An welcher Position diese Prüfungen stattfinden erkennt die Software über die Prüfungen, ob der Arbeitsgang Kontrolle-WB in der AVF enthalten ist oder nicht. Der voraussichtliche Materialliefertermin wird zukünftig bei der Auftragsanlage angegeben, sodass dem System die Information zur Verfügung steht.

6.3 Retrograde Kapazitätsterminierung

In der Phase der Kapazitätsterminierung findet die eigentliche Kapazitätsplanung statt, weil bei dieser die Position der AG auf der Zeitachse unter Berücksichtigung der Kapazitätsauslastung bestimmt wird.

Dies wird über den Vergleich von Kapazitätsbestand und -bedarf sowie möglicherweise erforderlichen Verschiebungen der AG realisiert.

Die Kapazitätsterminierung findet wie die Durchlaufterminierung retrograd hat. Dies bedeutet, dass die Terminierung durch den Kapazitätsvergleich vom letzten zum ersten AG durchgeführt wird.

6.3.1 Vergleich von Kapazitätsbestand und -bedarf

Über den Vergleich von Kapazitätsbedarf und -bestand wird geprüft ob ein AG in einem bestimmten Zeitraum realisiert werden kann.

Dieser Kapazitätsvergleich wird für jeden PZR separat und ausschließlich für die betreffende Arbeitsstation bzw. Kapazitätsgruppe durchgeführt.

Der Kapazitätsbedarf der jeweiligen AG wurde entsprechend der in Abschnitt 5.1 S. 32 beschriebenen Systematik berechnet.

Der Kapazitätsbestand ermittelt sich aus dem generell verfügbaren Kapazitätsbestand der Arbeitsstation oder der Kapazitätsgruppe im PZR, der im Grobplanungsbereich über Planschichten und im Feinplanungsbereich über den Schichtplan ermittelt wird, vermindert um den bereits verplanten Kapazitätsbestand.

Durchgeführt wird der Vergleich der Kapazitäten über die Subtraktion des Kapazitätsbedarfs vom verfügbaren Kapazitätsbestand nach Formel 16:

$$Kbs_p^{T2} = Kbs_p^{T1} - K_{bd} \quad (16)$$

Kbs_p^{T1} verfügbarer Kapazitätsbestand zum Zeitpunkt T1

Kbs_p^{T2} Kapazitätsbestand zum Zeitpunkt T2

K_{bd} Kapazitätsbedarf

Der in der Formel verwendete Zeitpunkt T1 beschreibt dabei den Zeitpunkt, an dem der verfügbare Kapazitätsbestand, bereits von zuvor terminierten Fertigungsaufträgen verringert wurden sein kann, der aktuelle Auftrag jedoch noch nicht inbegriffen ist.

Der in der Formel verwendete Zeitpunkt T2 beschreibt dabei dem Zeitpunkt nachdem der aktuelle Fertigungsauftrag dem Kapazitätsvergleich unterzogen wurde und der Kapazitätsbestand um dessen kapazitätsbedarf verringert wurde.

Bei der Berechnung von Kbs_p^{T2} ergibt sich ein positiver, ein negativer oder ein Null-Wert.

Positiver und Null-Wert geben an, dass der in diesem Zeitraum verfügbare Kapazitätsbestand groß genug ist, um den Kapazitätsbedarf zu decken und somit der AG des aktuellen Auftrags bzw. der Anteil des AG in diesem PZR gefertigt werden kann, sodass der AG im geprüften PZR verplant wird und der nachfolgende AG dem Kapazitätsvergleich unterzogen wird. Es ist jedoch, wie in Abschnitt 6.3.2 erläutert, zu berücksichtigen, dass die Planzeiträume nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können.

Ein negativer Wert gibt an, dass nicht ausreichend Kapazität verfügbar ist, um den AG in diesem PZR zu absolvieren. Dies zieht in der Regel eine Verschiebung entsprechend der Ausführungen in Abschnitt 6.5 S. 51 nach sich.

6.3.2 Behandlung Planzeitraumübergreifender Arbeitsgänge

Für einen Teil der AG übersteigt der Kapazitätsbedarf den maximalen Kapazitätsbestand der Arbeitsstation im PZR. Folglich muss der AG über mehrere PZR ausgeführt werden. Weil ein AG aus zeitwirtschaftlichen und somit ökonomischen Prozessen zusammenhängend durchgeführt wird, müssen die PZR ebenfalls zusammenhängend betrachtet werden. Dies bedeutet, dass sich für alle aufeinanderfolgenden, für den selben AG benötigten PZR bei der Berechnung nach Formel 16 S. 48 ein positiver Wert ergeben muss.

Wie viele PZR der AG belegt wird gemäß Abschnitt 6.2.2 S. 43 ermittelt. Dabei wird zuerst davon ausgegangen, dass bis auf den letzten PZR alle vorrangegangenen PZR die komplette Kapazität der Arbeitsstation belegen. Zeigt sich, dass beim ersten von dem AG belegten PZR nicht genügend Kapazität vorhanden ist, wird anschließend geprüft, ob Kapazitätsbedarf vom ersten benötigten PZR in den letzten benötigten PZR verlagert werden kann, sodass sich in beiden beim Kapazitätsvergleich ein positiver oder ein Null-Wert ergibt und die Bearbeitung somit realisierbar ist.

Für alle PZR die sich weder an erster noch an letzter Stelle der kompletten AG-Dauer befinden, muss die komplette Kapazität der Arbeitsstation (bzw. einer Arbeitsstation bei einer verwendeten Kapazitätsgruppe) zu Verfügung stehen.

6.3.3 Berücksichtigung der Arbeitsgangreihenfolge und der Planzeitraumtaktung

Bei der retrograden Terminierung ist die umgekehrte Arbeitsgangreihenfolge einzuhalten. Dabei wird ein PZR, der für einen AG verplant ist, nicht für einen weiteren AG verwendet. Dies begründet sich darin, dass, insbesondere bei AG, die weniger als einen PZR benötigen, nicht vorhergesagt werden kann, in welchem Zeitraum des PZR diese ausgeführt werden, weil der PZR als kleinste Planungseinheit definiert ist.

6.3.4 Berücksichtigung der Überlappungszeitregel

Sind die aufeinanderfolgenden AG in der Kalkulation als überlappend angegeben, werden diese auch bei der Kapazitätsterminierung als überlappend verplant. Die Anzahl der überlappenden PZR ist dabei abhängig von dem in der Kalkulation angegebenen Überlappungsprozentsatz und errechnet sich nach Formel 17

$$n_{\text{ÜPZR}} = \left\lceil \frac{Kbd}{nKbs_p} * \left(1 - \frac{f_{\text{Ü}}}{100\%}\right) \right\rceil \quad (17)$$

$n_{\text{ÜPZR}}$ Anzahl überlappender PZR

Kbd gesamter Kapazitätsbedarf des AG

$nKbs_p$ Norm-Kapazitätsbestand der AS pro PZR

$f_{\text{Ü}}$ Überlappungsfaktor in %

Der in Formel 17 verwendete Kapazitätsbedarf bezieht sich auf den zeitlich zuerst stattfindenden AG der beiden überlappenden AG.

Der in Formel 17 benötigte Norm-Kapazitätsbestand $nKbs_p$ beschreibt den Kapazitätsbestand an den Tagen Montag bis Donnerstag, da der Kapazitätsbestand an Freitagen aufgrund der betrieblichen Arbeitszeitregelung geringer ausfällt. Die dadurch verursachte Abweichung der Überlappungszeit kann vernachlässigt werden.

Der Starttermin des nachfolgenden AG plus die errechnete Anzahl der überlappenden PZR verringert um 1 ergibt den optimalen End-PZR des aktuell zu verplanenden AG. Dieser wird als Startpunkt für die weitere retrograde Kapazitätsterminierung verwendet.

6.3.5 Terminierung kapazitätsbestandsfreier AG

Arbeitsgänge, die auf einer Arbeitsstation ohne Kapazitätsbestand durchgeführt werden, benötigen folglich keinen Vergleich von Kapazitätsbedarf und Kapazitätsbestand. Diese AG werden ihrer vordefinierten Dauer auf der Zeitachse definiert. Durch die Dauer der kapazitätsbestandsfreien AG wird der Start- bzw. End-PZR der vorrausgehenden und nachfolgenden AG bestimmt. Es gilt für Sie aber ebenfalls die Bedingungen, dass sie sich, ausgenommen von Überlappungen, nicht mit anderen AG des selben Fertigungsauftrags überschneiden dürfen. Folglich müssen sie bei Verschiebungen nachgelagerter AG ebenfalls verschoben werden.

6.4 Verschiebung des aktuellen Fertigungsauftrags

Häufig wird innerhalb der Kapazitätsterminierung entweder der gesamte oder nur ein Teil des Fertigungsauftrags verschoben. Ursache dafür sind Kapazitätsengpässe, die die Realisierung eines AG im optimalen Zeitraum verhindern und somit eine Verschiebung erzwingen.

Die Länge der Verschiebung umfasst dabei immer einen PZR. Verschoben wird immer in Richtung Vergangenheit, da eine Verschiebung nach hinten automatisch eine Verschiebung des Liefertermins mit sich bringt.

In der in dieser Diplomarbeit entwickelten Kapazitätsplanungssystematik finden Verschiebung nur für den von der Kapazitätsüberlastung betroffenen AG und den vorgelagerten AG statt. Nachfolgenden AG werden nicht verschoben. Vorgelagerte AG müssen verschoben werden, weil sich AG außer im Überlappungsfall nicht überschneiden dürfen und Puffer-PZR innerhalb der Kapazitätsplanungsphase erhalten bleiben müssen. Bei überlappenden AG führt die Regelung, dass der Überlappungsprozentsatz eingehalten werden soll, dazu, dass vorgelagerte AG verschoben werden müssen.

6.4.1 Begrenzung der Verschiebung

Der Gesamtumfang der möglichen Verschiebungen ergibt sich aus dem Abstand in PZR, des in der Durchlaufterminierung ermittelten frühestmöglichen Starttermins und dem Zeitpunkt 2 Tage nach dem aktuellen Datum bzw. dem Termin der

Materialfreigabe. Daraus resultiert eine Anzahl an PZR, die zur Verschiebung genutzt werden können.

Wurde bei der Terminierung der AG diese Anzahl durch Verschiebungen aufgebraucht, kann bei der Terminierung der noch ausstehend zu verplanenden AG keine Verschiebung mehr durchgeführt werden. Zeigt sich bei der weiteren Terminierung, dass eine erneute Verschiebung notwendig wäre, kann der Fertigungsauftrag ohne Auswirkung auf andere Fertigungsaufträge oder Erhöhung des Kapazitätsbestand nicht bis zum angegebenen Liefertermin gefertigt werden.

6.4.2 Auslöser einer Verschiebung: zu niedriger Kapazitätsbedarf

Auslöser einer Verschiebung ist immer ein zu niedriger Kapazitätsbestand. Eines der Hauptziele der Kapazitätsplanungssystematik ist die Vermeidung von kapazitiver Fertigungsüberlastung. Deshalb dient der Kapazitätsbestand als Grenze, die beim Kapazitätsvergleich folglich nicht überschritten werden darf.

Ergibt der Vergleich von Kapazitätsbedarf und Kapazitätsbestand gemäß Absatz 6.3.1 S. 48, dass der Kapazitätsbestand eines PZR geringer ist als der in diesem PZR benötigte Kapazitätsbedarf, wird der aktuell zu terminierende AG automatisch von der Software verschoben.

6.5 Verschiebung anderer Fertigungsaufträge

Bisher wurde bei der Kapazitätsterminierung nur die Möglichkeit betrachtet, dass die AG des aktuellen Auftrags zeitlich verschoben werden können. Da jedoch die vorhergehend in das System eingegebenen Aufträge unter anderen Bedingungen terminiert wurden, da Engpassbildung und Optimierungsmöglichkeiten aufgrund zukünftiger Aufträge noch nicht bekannt waren, besteht die Möglichkeit, dass die Verschiebung bereits im System existierender Aufträge sich als sinnvoll für eine bessere Fertigungsauslastung erweist.

6.5.1 Bedingungen zur Verschiebung anderer Fertigungsaufträge

Wird bei der Kapazitätsterminierung eines Auftrages ermittelt, dass dieser trotz aller möglichen Verschiebung nicht bis zum geplanten Auslieferungszeitpunkt abgeschlossen werden kann, wird geprüft, ob durch Verschiebungen andere Aufträge ausreichend Kapazität geschaffen werden kann, um die Realisierung zu ermöglichen.

Für diese Verschiebung prüft das System, ob in den PZR, in dem der Vergleich von Kapazitätsbestand und -bedarf ein negatives Ergebnis ergeben hat, andere Aufträge

auf der selben AS zum Verschieben vorhanden sind. Dabei wird aufgrund der retrograden Terminierung zuerst der letzte PZR mit negativem Ergebnis untersucht.

Damit diese Verschiebungen keine negativen Auswirkungen auf die Realisierbarkeit der anderen Aufträge haben, werden die zu verschiebenden Aufträge nach definierten Bedingungen ausgewählt.

Bedingung 1: Verfügbarer Verschiebepuffer

In Abschnitt 6.4.1 S. 51 wurde erläutert, dass Aufträge nur solange verschoben werden können, bis ihr Starttermin den PZR 2 Tage nach dem aktuellen Datum oder einen PZR dem Materialfreigabetermin erreicht. Deshalb werden nur Aufträge als verschiebbar betrachtet, bei denen dieser zeitliche Abstand gegeben ist.

Bedingung 2: keine Verschiebung angefangener oder bereits manuell zugeordneter Aufträge

Aufträge von denen bereits Fertigungsschritte begonnen wurden, sowie Aufträge die bereits eine manuelle Zuordnung gemäß Absatz 7.1 S. 63 erhalten haben, dürfen nicht mehr vom System verschoben werden.

Bedingung 3: Ausreichend großer Kapazitätsbedarf

Damit die Verschiebung des bestehenden Fertigungsauftrags die Realisierbarkeit des aktuellen Auftrags ermöglicht, muss dessen Kapazitätsbedarf größer oder gleich groß sein wie der der des aktuellen Auftrags.

Ist dies nicht der Fall, wird geprüft, ob ein anderer Auftrag die Bedingung 1 bis 3 erfüllt. Besitzt kein einzelner Auftrag einen ausreichend großen Kapazitätsbedarf, wird überprüft ob mehrere Aufträge, die alle die Bedingung 1 und 2 erfüllen, gemeinsam einen Kapazitätsbedarf besitzen, der den des aktuell zu terminierenden Auftrags überschreitet.

Bedingung 4: Frühester Liefertermin

Existieren mehrere Aufträge, die die Bedingung 1 bis 3 erfüllen, wird der Auftrag bzw. die Aufträge mit dem/den frühesten Liefertermin/en zur Verschiebung ausgewählt.

Bedingung 5: Keine Kapazitätsüberlastung nach Verschiebung

Bei der Verschiebung der Aufträge muss der Kapazitätsbedarf, der durch die Verschiebung in anderen PZR anfällt zu jeder Zeit vollständig gedeckt sein.

Ist kein Fertigungsauftrag ermittelbar, der alle Bedingung 1 bis 5 erfüllt, so kann der aktuelle Auftrag nicht bis zum gewünschten Liefertermin gefertigt werden und muss entsprechen Abschnitt 6.7 S. 54 behandelt werden.

6.5.2 Vorgehensweise zur Verschiebung anderer Fertigungsaufträge

Wurde ein Fertigungsauftrag nach den vorangegangenen Bedingungen ausgewählt, wird dieser nach dem gleichen Prinzip verschoben, wie ein aktuell zu terminierender Auftrag.

Diese Verschiebung anderer Aufträge zur Kapazitätsterminierung des aktuellen Auftrags kann über mehrere Ebenen weitergeführt werden. Dies bedeutet, dass die gewünschte Terminierung von Auftrag „a“ die Verschiebung von Auftrag „b“ erfordert, dessen Verschiebung jedoch die Verschiebung von Auftrag „c“ usw.. In wie weit diese Betrachtung über mehrere Ebenen als effektiv einzuschätzen ist, muss mit dem jeweiligen Softwarehersteller abgestimmt werden, der die Erhöhung der Rechenlast beziffern kann.

6.6 Verschiebung gesamter Fertigungsaufträge, aufgrund von Lieferterminverschiebungen

In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die Lieferterminverschiebungen durch den Kunden an der Tagesordnung sind. Eine Änderung des Liefertermins wird vom Vertriebsmitarbeiter eingetragen und kann nur an Aufträgen durchgeführt werden, bei denen noch kein Arbeitsgang begonnen wurde.

Wird eine Lieferterminverschiebung durchgeführt, wird der Auftrag bei der Kapazitätsterminierung wie ein neu angelegter Auftrag behandelt. Dabei kann der Fall eintreten, dass trotz der Lieferterminverschiebung der Fertigungsauftrag in den gleichen PZR ausgeführt wird wie zuvor, weil aufgrund der Fertigungsauslastung keine andere Terminierung möglich ist.

6.7 Vorgehensweise bei nicht terminierbaren Aufträgen

Wird in der Durchlauf- oder Kapazitätsterminierung ermittelt, dass ein Fertigungsauftrag nicht im Planzeitraum realisierbar ist, bestehen abhängig von der Ursache verschiedene Möglichkeiten die Realisierung durch manuell durchzuführende Maßnahmen im Planzeitraum zu ermöglichen. Ebenfalls können Aufträge trotz theoretisch nicht bestehender Realisierbarkeit im System angelegt werden.

6.7.1 Ermittlung nicht realisierbarer Fertigungsaufträge in der Durchlaufterminierung

6.7.1.1 Ursache des Realisierbarkeitsproblems

Wird bei der Durchlaufterminierung ermittelt, dass der Starttermin vor dem übernächsten Tag des aktuellen Datums oder dem Materialfreigabedatum liegt, wird er als nicht realisierbar vom System erkannt.

6.7.1.2 Verfügbare Maßnahmen zum Erreichen der Realisierbarkeit

Dem Benutzer wird die Information angezeigt, dass der Auftrag im geplanten Zeitraum nicht realisierbar ist und mit wie vielen PZR vordere zeitliche Grenze überschritten wird. Dieser hat die Möglichkeit, durch Splittung, Überlappung oder Reduzierung von Pufferzeiten die Durchlaufzeit zu verkürzen. Ist auch nach diesen Maßnahmen der Fertigungsauftrag nicht bis zum Liefertermin realisierbar, muss dieser verschoben werden oder trotz Überschreitung in das System integriert werden.

6.7.1.3 Progressive Kapazitätsterminierung bei Einplanung trotz nicht vorhandener Realisierbarkeit

Ein Fertigungsauftrag, der laut der Durchlaufterminierung nicht realisierbar ist, kann trotzdem vom Benutzer bewusst in das System eingebucht werden. Dieser wird dann über eine progressive Kapazitätsterminierung verplant. Diese beginnt beim frühestmöglichen Starttermin und verplant die AG in aufsteigender Reihenfolge.

Wird bei der progressiven Kapazitätsterminierung ein nicht ausreichender Kapazitätsbestand für einen AG des Auftrags ermittelt, verschiebt er zuerst andere Aufträge entsprechend Absatz 6.4 S. 52. Sind keine anderen Aufträge zur Verschiebung vorhanden, wird der Auftrag selbst verschoben. Verschiebungen von AG des Auftrags werden aufgrund der progressiven Terminierung immer in die Zukunft durchgeführt. Der Fertigungsauftrag kann nicht durch andere Aufträge verschoben werden.

Da der Fertigungsauftrag den geplanten Liefertermin überschreitet, bekommt er in den Plantafeln eine Kennzeichnung, die diesen Sachverhalt erkennen lässt.

6.7.2 Ermittlung nicht realisierbarer Fertigungsaufträge in der Kapazitätsterminierung

6.7.2.1 Ursache des Realisierbarkeitsproblems

Ist für einen Auftrag innerhalb des möglichen Verschiebezeitraums kein ausreichender Kapazitätsbestand auf der betreffenden Arbeitsstation verfügbar, wird dieser vom System als nicht realisierbar erkannt.

6.7.2.2 Verfügbare Maßnahmen zum Erreichen der Realisierbarkeit

Dem Benutzer wird die Information angezeigt, dass der Auftrag im geplanten Zeitraum nicht realisierbar ist und zusätzlich, auf welcher Arbeitsstation in welchem Zeitraum kein ausreichender Kapazitätsbestand vorhanden ist.

Durchlaufzeitverkürzung

Der Benutzer hat simultan zur Durchlaufterminierung, die selben Möglichkeiten die Durchlaufzeit zu verkürzen um somit den anfallenden Kapazitätsbedarf zeitlich zu verschieben.

Erhöhung des Kapazitätsbestands

Desweiteren besteht die Möglichkeit, den Kapazitätsbestand der betroffenen Arbeitsstation im entsprechenden Zeitraum zu erhöhen.

Verschiebung des Liefertermins

Ebenfalls besteht die Möglichkeit, den Liefertermin zu verschieben, sodass die Kapazitätsbedarfe in anderen Planzeiträumen anfallen.

Nach dem eine oder mehrere Aktionen durchgeführt wurden, muss eine erneute Kapazitätsterminierung durchgeführt werden um zu ermitteln ob der Auftrag nach der Durchführung der Maßnahmen realisierbar ist.

6.7.2.3 Überplanung einzelner Planzeiträume bei Einplanung trotz nicht vorhandener Realisierbarkeit

Ein Fertigungsauftrag, der laut der Kapazitätsterminierung nicht realisierbar ist, kann trotzdem vom Benutzer bewusst in das System eingebucht werden. Es wird für diesen eine retrograde Kapazitätsterminierung durchgeführt. Der Arbeitsgang, für den ein unzureichender Kapazitätsbestand ermittelt wird, wird auf den durch die Kapazitätsterminierung errechneten spätesten Zeitraum festgelegt und einzelne PZR folglich überplant. Für die vorangehenden AG wird die Kapazitätsterminierung in den

sich daraus ergebenden PZR durchgeführt und die AG im Bedarfsfall verschoben. Sollte bei dieser weiteren retrograden Kapazitätsterminierung ein weiterer AG ermittelt werden, für den kein ausreichender Kapazitätsbestand verfügbar ist, wird mit diesem ebenso verfahren wie eben beschrieben.

Die überplanten Arbeitsgänge werden in den betroffenen Plantafeln als solche gekennzeichnet.

Sollte sich trotz des Verplanens des spätmöglichsten Zeitraumes der AG mit nicht ausreichendem Kapazitätsbestand ein zu früher Starttermin entsprechend der Beschreibung in Abschnitt 6.2.5 S. ergeben, wird der Fertigungsauftrag durch eine progressive Kapazitätsterminierung entsprechend Absatz 6.7.1.3 S.55 verplant.

6.8 Bestimmung der auszuführenden Arbeitsstation im CNC-Bereich über Maschinenbewertungsschemata

Zwar gibt der Kalkulator eine Arbeitsstation beim Anlegen der AVF an, jedoch dient diese nur zur ersten Ermittlung der Bearbeitungskosten in der Angebotsphase. Die Bestimmung der real durchführenden Arbeitsstation im CNC-Bereich erfolgt über Maschinenbewertungsschemata.

Dafür wird für jeden CNC-AG einer Kalkulation eine Maschinenbewertung durchgeführt. Dies bedeutet, dass für jede Arbeitsstation eine Bewertung in Form eines numerischen Wertes eingetragen wird. Dieser Wert gibt eine Aussage, wie effizient die Durchführung des AG hinsichtlich technologischer und ökonomischer Gesichtspunkte auf dieser Maschine ist. Dieser Wert kann entweder „0“, „1“ oder „2“ betragen.

Der Wert „0“ beschreibt, dass es nicht möglich ist, den AG auf dieser Arbeitsstation durchzuführen.

Der Wert „1“ sagt aus, dass es effizient ist, den AG auf der Arbeitsstation zu absolvieren und stellt damit die optimale Bewertung da.

Der Wert „2“ gibt an, dass die Durchführung des AG auf dieser Arbeitsstation möglich ist, jedoch nicht effizient, was sich zumeist auf ökonomisch ungünstige Faktoren wie eine längere Bearbeitungszeit zurückführen lässt.

Die Maschinenbewertung je CNC-AG wird unter Einbeziehung einer Vielzahl von Faktoren durchgeführt. Diese beziehen sich sowohl auf Anforderungen aufgrund der Werkstückgeometrie als auch der Oberflächenqualität.

Die dafür notwendigen Informationen zu den Werkstückanforderungen und ihren Beziehungen sind äußerst komplex und nicht im System vorhanden. Der Aufwand, diese einzupflegen sowie dauerhaft zu aktualisieren, ist sehr umfangreich. Deshalb wird das Anlegen der Maschinenbewertungsschemata manuell durchgeführt. Die Software stellt jedoch eine Oberfläche zur Eingabe des Schemas zur Verfügung.

Dieses so entstandene Schema wird dem entsprechenden AG der Kalkulation hinterlegt. Finden mehrere CNC-AG innerhalb der AVF einer Kalkulation statt, so wird für jeden AG eine eigene Maschinenbewertung vorgenommen und diese fest an den speziellen AG gebunden. Dadurch stehen die Schemata auch bei der erneuten Verwendung und Umarbeitung der Kalkulation zu Verfügung.

Ein Beispiel für ein Maschinenbewertungsschema befindet sich in Anlage 9.

6.8.1 Priorisierung der Arbeitsstationen

Da nur drei verschiedene Bewertungsziffern existieren, erhalten verschiedene Arbeitsstation dieselbe Bewertung. Dadurch existiert ein Pool von Arbeitsstationen, die im Maschinebewertungsschema auf derselben Ebene liegen. Aus wirtschaftlicher Sicht, sind die Arbeitsstationen Maschinen jedoch differenziert zu betrachten, weil sie verschiedene Kostensätze aufweisen. Deshalb werden alle CNC-Maschinen noch einmal entsprechend ihres Kostensatzes geordnet sodass die Maschine mit den günstigsten Kostensatz die höchste Priorität hat. Da diese Priorisierung AG-unabhängig ist, findet sie keine Beachtung beim Anlegen der CNC-Schemata, sondern wird erst bei der späteren Zuordnung der genauen Planmaschine einbezogen.

6.8.2 Systemseitiger Berechnungsablauf zur Ermittlung der durchführenden CNC-Arbeitsstation

Anhand des Schemas hinter jedem AG kann die Software eine kapazitätsoptimierte Maschinenzuordnung treffen. Diese findet in mehreren Schritten statt.

Schritt 1:

Zuerst wird geprüft, ob die vom Kalkulator angegebene Arbeitsstation für diesen AG mit einer 1 im Schema bewertet ist. Ob dies der Fall ist oder nicht, wird in der Kalkulationsoberfläche symbolisiert. Zusätzlich wird die optimale Arbeitsstation als dauerhafte Anzeige hinterlegt. Dadurch stehen dem Kalkulator diese Informationen für nachfolgende Aufträge, die auf derselben Kalkulation basieren, zur Verfügung. Wird das Schema zum Beispiel aufgrund des Wegfallens oder Hinzukommens von Maschinen verändert, aktualisiert sich im Bedarfsfall die optimale Arbeitsstation. Die vom Kalkulator

eingeegebene Maschine wird nicht automatisch aktualisiert, weil diese möglicherweise zur Preisbildung bewusst von der optimalen Arbeitsstation abweicht.

Schritt 2:

Im Schritt 2 wird die eigentliche Kapazitätsterminierung durchgeführt. Diese beginnt bei der mit der höchsten Priorität bis und somit dem geringsten Kostensatz. Dabei werden zuerst nur Maschinen betrachtet, die mit einer 1 im Schemata bewertet sind. Maschinen mit einer 0 oder einer 2 werden übersprungen und noch nicht berücksichtigt. Hat eine Arbeitsstation innerhalb dieses Schrittes 2 ausreichend Kapazität im gewünschten Zeitraum zur Verfügung, wird der Arbeitsgang auf diese Maschine verplant. Hat eine Maschine nicht ausreichend Kapazität, wird die nächste Maschine entsprechend der Reihenfolge geprüft. Ist auf keiner Arbeitsstation mit einer 1 im Schema ausreichend Kapazität vorhanden, wird Schritt 3 durchgeführt.

Schritt 3:

Über Schritt 3 wird versucht ,Kapazität auf einer mit 1 bewerteten Arbeitsstation zu schaffen. Dafür werden erneut alle mit 1 bewerteten Arbeitsstationen der Reihenfolge nach abgearbeitet. In diesem Schritt wird jedoch nicht der aktuelle Auftrag, sondern der bzw. die Aufträge, welche die Arbeitsstation aktuell belegen, geprüft. Für diesen wird untersucht, ob gemäß deren Schemata, in den für ihn festgelegten Zeitraum eine weitere mit 1 bewertete Arbeitsstation zur Verfügung steht. Wird eine Arbeitsstation entdeckt, wird der bereits bestehende Auftrag auf diese verschoben und die frei werdende Kapazität mit dem neuen Auftrag verplant. Ist auf einer Maschine auch für den bestehenden Auftrag keine Verschiebung möglich, wird die nächste Maschine der Reihenfolge abgeglichen.

Ist es nicht möglich, einen bestehenden Auftrag zu verschieben um freie Kapazität zu schaffen wird mit Schritt 4 fortgefahren.

Schritt 4

Konnte innerhalb der Schritte 2 und 3 keine geeignete Arbeitsstation ermittelt werden, wird der AG um einen PZR nach vorn verschoben und die Schritte 2 bis 3 erneut ausgeführt. Diese Verschiebung und Durchführung der Schritte 2 und 3 wird so oft durchgeführt, bis die Verschiebebegrenzung gemäß Absatz 6.4.1 S. 51 erreicht ist. Wird innerhalb dieses Prozesses eine geeignete Arbeitsstation mit ausreichend Kapazitätsbestand ermittelt, wird der aktuelle AG auf diese verplant. Konnte innerhalb dieser Prozeduren keine geeignete Arbeitsstation mit ausreichend Kapazitätsbestand ermittelt werden, wird mit Schritt 5 fortgefahren.

Schritt 5

Ist es nicht möglich, über die voran gegangenen Schritte eine Maschine mit einer 1 im Schema mit dem aktuellen AG zu belegen, werden die Schritte 2 und 3 erneut durchgeführt, jedoch mit den mit 2 bewerteten Arbeitsstationen.

Ist es auch nach Abschluss des Schrittes 5 keine geeignete Arbeitsstation mit ausreichend Kapazitätsbestand verfügbar, wird der Auftrag als nicht verplanbar erkannt und gemäß Abschnitt 6.7 S. 54 verfahren.

6.8.3 Einschätzung des Aufwands zur Erstellung der Schemata

Bei der ersten Betrachtung der Maschinenbewertungs-Systematik erscheint der Aufwand für das Anlegen der Schemata sehr hoch. Dieser relativiert sich aber aufgrund zweier Gegebenheiten.

Zum einen existieren, trotz der zahlreichen, verschiedenen Aufträge, Parallelen zwischen den zu fertigenden Teilen. Dies bedeutet, dass nahezu übereinstimmende Bearbeitungen bei verschiedenen Fertigungsaufträgen stattfinden, für die das gleiche Maschinenbewertungsschema zutrifft. Dadurch entstehen Standardschemata, die für dieselbe Art von Bearbeitung (z.B. Längsdrehen, Plandrehen) unter den gleichen Bedingungen (z.B. Außendurchmesser, Länge des Werkstücks, Oberflächenqualität) immer wieder zum Einsatz kommen. Um diesen Vorteil effektiv nutzen zu können, muss softwareseitig die Möglichkeit geschaffen werden, bereits existierende Schemata übernehmen zu können.

Zum anderen führt der hohe Anteil von ca. 70% an Wiederholteilen dazu, dass Maschinenbewertungsschemata wiederverwendet werden, da sie nach dem ersten Anlegen, den betreffenden AG fest hinterlegt werden sodass sie für nachfolgende Aufträge des selben Teils dauerhaft zur Verfügung stehen. Somit ist zu erwarten, dass der Aufwand des Anlegens mit der Zeit immer weiter sinkt, bis er ein Minimum erreicht hat, das für den Anteil an Neuteile nahezu gleich bleibend bestehen wird.

6.9 Verwendung von Puffern zur Sicherung der Liefertreue

Die Kapazitätsplanungssystematik ermittelt durch die Einbeziehung aller planbaren Zeitanteile und die Berücksichtigung verschiedener Faktoren zur bestmöglichen Integration in die Fertigung einen sehr genauen Durchlauf. Da jedoch eine Anzahl von Variablen bestehen bleibt und der Fertigung bewusst Möglichkeiten zur Steuerung erhalten bleiben sollen, muss mit Puffern gearbeitet werden. Da sich in der Vergangenheit gezeigt hat, dass die Liefertreue in der Sternberg GmbH mit einer höheren Priorität einzuschätzen ist, als die Vermeidung von Kapitalbindung durch die

Lagerung versandfertiger Produkte, sind entstehende Liegezeiten durch nicht benötigte Pufferzeiten akzeptabel. Die Puffer sind mehrschichtig angelegt und decken somit verschiedene Aspekte der möglichen Verschiebung ab.

6.9.1 Auftragsbezogene Puffer

Als genereller, jedem Fertigungsauftrag zugerechneter Puffer werden 5 Planzeiträume am Ende des Fertigungsdurchlaufs eingerechnet. Dies bedeutet, dass zwischen dem Ende des letzten AG und dem Auslieferungszeitpunkt immer 5 PZR als Puffer eingerechnet werden

Dieser Puffer dient dazu, mögliche Verzögerungen im Fertigungsprozess auszugleichen.

6.9.2 Arbeitsgangbezogene Puffer

Ein Teil der Puffer wird direkt den AG zugeordnet und fällt daher unter die Bezeichnung Arbeitsgangbezogener Puffer. Die Länge der aufsummierten Pufferzeiten ist somit abhängig von Art und Anzahl der AG.

6.9.2.1 Puffer durch Planzeitraumtaktung

Da der PZR als kleinste planerische Einheit definiert ist, bedeutet dies, dass innerhalb dieses Zeitraumes Vorgänge verschoben werden können. Deshalb werden keine zwei AG innerhalb eines PZR verplant. Dadurch entsteht ein Puffer, da die Praxis zeigt, dass insbesondere Nebenarbeitsgänge wie Waschen, Entgraten etc. bereits im selben PZR begonnen werden, indem der vorausgehende AG endet.

Dieser als Puffer verwendete Restbestand eines PZR wird ebenfalls verwendet, um die Transportzeit sowie die Wartezeiten vor dem Transport aufgrund nicht vorhandener Transportmittel abzufangen. Diese Zeit wird nicht explizit betrachtet, weil ihr Anteil aufgrund der relativ geringen Wege zwischen den Arbeitsstationen vernachlässigbar ist.

6.9.2.2 Spezifische Pufferzeit für Arbeitsgänge in den Bereichen CNC; Rollen; Pressen

Da die softwaregestützte Kapazitätsplanungssystematik als Grobplanungsphase verstanden wird und speziell in den Bereichen CNC, Rollen und Pressen den Vorarbeitern die Möglichkeiten erhalten bleiben soll, aufgrund ihrer Erfahrung Aufträge in Maßen verschieben zu können, wird hier ein Puffer eingerechnet, mit dem auch bei zeitlicher Veränderung der spezifischen AG die vor- und nachgelagerten AG nicht direkt beeinflusst werden.

Dieser Puffer wird auf einen PZR vor sowie nach jedem AG eines betreffenden Bereiches festgesetzt. Dies bedeutet, dass in diese Puffer-PZR keine produktiven Arbeitsgänge verplant werden. Somit kann in der manuellen Feinplanung innerhalb der Kapazitätssteuerung die jeweiligen AG jeweils einen PZR nach vorn oder nach hinten verschoben werden, ohne dass sich die geplanten Zeiträume der anderen AG in der AVF verändern.

7. Systematik zur Durchführung der Kapazitätssteuerung

7.1 Manuelle Zuordnung der Arbeitsgänge zu den Arbeitsstationen

Während für einige Bereiche bereits in der Kapazitätsplanung exakte Arbeitsstationen verplant werden, wird in anderen Bereichen nur eine Kapazitätsgruppe angegeben. In diesen Bereichen fällt die Zuordnung der AG zu den Arbeitsstationen in den Verantwortungsbereich der Kapazitätssteuerung. Diese Zuordnung wird manuell von den jeweiligen Vorarbeitern der verschiedenen Fertigungsbereiche durchgeführt. Auf Basis einer Übersicht, welche die in der jeweiligen Kapazitätsgruppe verplanten AG inklusive der geplanten Beginn- und Endtermine anzeigt, werden diese einer exakten Arbeitsstation zugeordnet.

Durch diese Zuordnung entsteht eine Auftragsreihenfolge für jede Arbeitsstation. Jeder AG wird softwareseitig so verplant, dass er automatisch begonnen wird, wenn der vorhergehende AG auf derselben Arbeitsstation abgeschlossen ist. Diese Regelung kann außerkraftgesetzt werden, wenn der Benutzer eine bewusste Stillstandzeit der Arbeitsstation angibt. Dies kann von Nöten sein, wenn aufgrund einer niedrigen Fertigungsauslastung die Arbeitsstation für eine definierte Zeitspanne nicht in Betrieb genommen werden sollen, jedoch bereits Aufträge nach dieser Stillstandzeit der Arbeitsstation zugeordnet werden möchten.

Ebenfalls können Stillstandzeiten entstehen, weil aufgrund von Verzögerung in den vorangehenden AG eines Auftrags der aktuell verplante AG nicht pünktlich begonnen werden kann. Diese mögliche Verschiebung und daraus resultierende Stillstandzeit wird jedoch nicht automatisch von der Software durchgeführt. Es wird lediglich angezeigt, dass der Auftrag in Verzug ist und der plangerechte Beginn des AG dadurch gefährdet. Dies gibt dem Vorarbeiter die Möglichkeit, die Reihenfolge der AG auf der Arbeitsstation zu ändern und zum Beispiel Aufträge zu tauschen um Stillstandzeiten zu vermeiden.

Desweiteren wird dem Vorarbeiter angezeigt, wenn durch die manuelle Zuordnung der sich ergebende Endtermin nach dem Beginnstermin des nachfolgenden AG liegt. Eine derartige Überschneidung der AG hätte zur Folge, dass nachfolgende AG verschoben werden müssen und somit möglicherweise das Einhalten des Liefertermins gefährdet ist. Ebenfalls wird dies in den Planungsübersichten der betroffenen nachgelagerten Arbeitsbereiche angezeigt, sodass eine Absprache zwischen den Abteilungen stattfinden und Steuerungsmaßnahmen durchgeführt werden können.

Wird ein AG zeitlich nach vorn verschoben und damit in einem PZR verplant, der sich laut Vorgabe aus der Kapazitätsplanung oder bei begonnen Aufträgen laut aktuellem Fertigungsverlauf mit dem PZR des vorangehenden AG überschneidet, wird dies dem

Vorarbeiter angezeigt. Dadurch hat dieser die Möglichkeit, den AG zu verschieben, sodass keine Unstimmigkeiten mit anderen AG auftreten.

Als praktikables Tool zur Auftragszuordnung erscheint eine modifizierte Art der Plantafel, die die Belegung der Arbeitsstationen in der Kapazitätsgruppe über die Zeit zeigt. Ergänzt werden muss diese um einen Bereich zur Anzeige, der von der Kapazitätsplanung verplanten aber einer Arbeitsstation noch nicht zugewiesenen AG.

Abbildung 12 zeigt die ressourcenbezogene Plantafel der Software CAPPcore SmartPlanner.

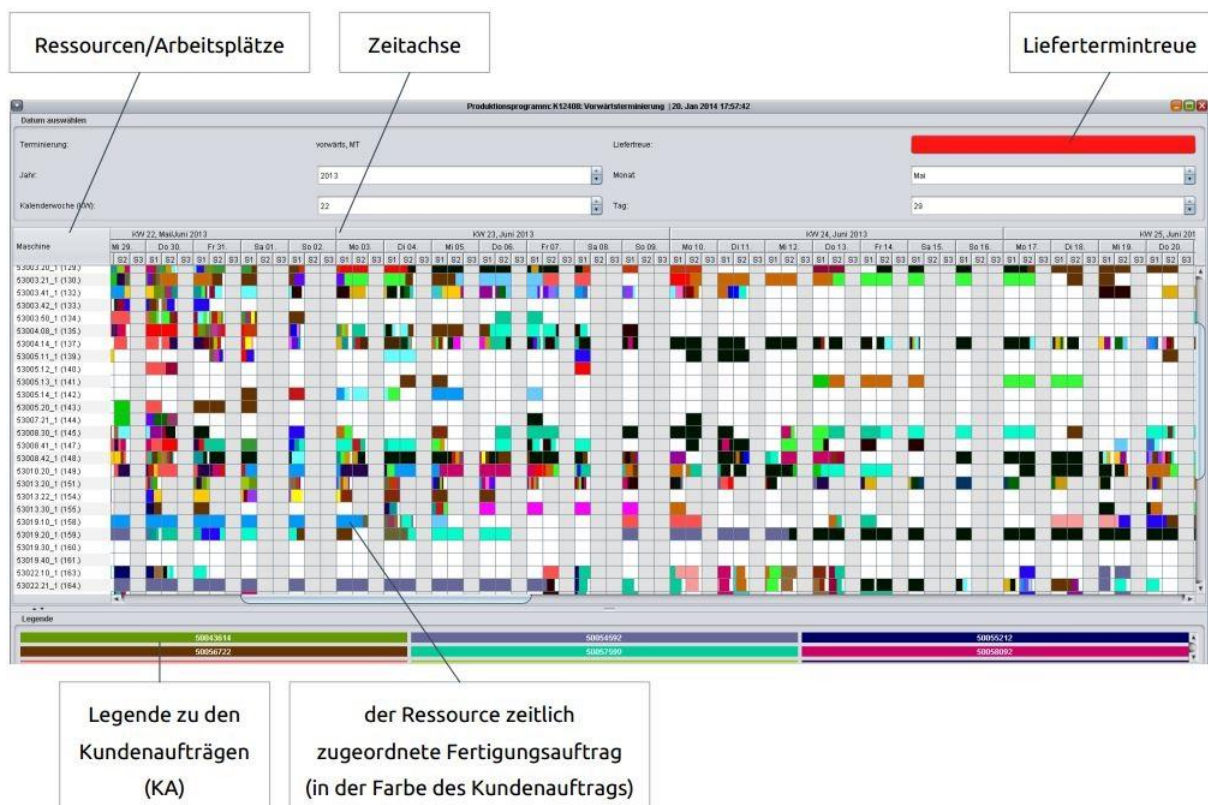


Abbildung 12: ressourcenbezogene Plantafel CAPPcore SmartPlanner [12]

7.2 Veränderung von bereits durch die Kapazitätsplanung zugeordneten Arbeitsgängen

Auch in den Bereichen, in denen bereits in der Kapazitätsplanung eine genaue Arbeitsstation zugeordnet und verplant wurde, kann es mitunter sinnvoll oder auch notwendig sein, diese Vorgaben zu verändern. Das heißt, AG können sowohl zeitlich als auch auf eine andere Arbeitsstation verschoben werden.

Verschiebungen können notwendig sein, wenn die Verfügbarkeit der Arbeitsstation z.B. aufgrund eines technischen Defekts, eines Mangels an benötigten Werkzeugen oder eines Bedieners eingeschränkt ist.

Verschiebungen können sinnvoll sein, wenn dadurch technologische Vorteile z.B. durch Rüstzeitoptimierung erlangt werden. Rüstzeitoptimierungen durch Verschiebung auf eine andere Arbeitsstation können z.B. erreicht werden, wenn für diese ein geeignetes CNC- Programm existiert, auf der zuerst verplanten jedoch nicht. Rüstzeitoptimierungen durch zeitliche Verschiebung können erreicht werden durch die direkt aufeinanderfolgende Fertigung rüstgleicher AG.

Speziell in den rüstaufwendigen Bereichen CNC, Rollen und Pressen kann durch die direkt aufeinanderfolgende Fertigung rüstgleicher AG eine erhebliche Zeitersparnis erreicht werden.

7.3 Automatischer Plan-Ist-Vergleich

Da die Fertigung von verschiedenen Faktoren abhängig ist, sind die Aufträge häufig in Bewegung. Maschinenausfälle, veränderte Fremdbearbeitungszeiten sowie Abweichung von Vorgabezeiten sind nur ein Teil der Einflüsse, die zu einer zeitlichen Verschiebung der Produktionsaufträge führen können.

Damit die Kapazitätsplanung und der Informationsgehalt der erzeugten Dokumente richtig ist, müssen diese Planabweichungen berücksichtigt werden. Dies geschieht über einen stetigen Vergleich des Plan-Durchlaufs mit dem Ist-Durchlauf. Der Plandurchlauf wurde entsprechend der bisherigen Ausführungen festgesetzt. Der Ist-Stand der Aufträge ist über die h.Server-Software, die zur Maschinen- und Betriebsdatenerfassung dient, bekannt.

7.3.1 Ist-Datenerfassung durch den h.Server

Im h.Server wird der Auftragsstatus in Echtzeit erfasst. Es werden in allen Bereichen Arbeitsgänge zum Beginn angemeldet und mit der Fertigstellung abgemeldet. Überschreitet ein Arbeitsgang einen Schichtwechsel, wird zu diesem die aktuell bereits fertig bearbeitete Stückzahl eingetragen. In den Schwerpunktbereichen CNC und Rollen sowie im Bereich Sägen wird über in den Arbeitsstationen verbaute Zähler, ein Stückzahlimpulse mit jeder Arbeitsverrichtung aufgenommen. Dadurch ist in diesen Bereichen der Prozentsatz des abgearbeiteten Kapazitätsbedarfs exakt verfügbar. Dieser Echtzeitstatus wird für die Kapazitätssteuerungssystematik jedoch nicht verwertet.

7.3.2 Erkennen von Planzeitabweichungen im Plan-Ist-Vergleich

Erkennbar sind Planzeitabweichungen, wenn die Beginn- bzw. Fertigmeldung des AG nicht im selben PZR stattfindet, wie geplant. Treten zeitliche Verschiebung innerhalb PZR-übergreifender AG innerhalb auf, wird dies über die Stückzahlmeldung am Ende des PZR ermittelt.

Dem System ist die Gesamtstückzahl sowie die Dauer pro Arbeitsverrichtung inklusive Verteilzeiten bekannt, sodass es ausgehend vom geplanten Starttermin errechnen kann, wie viele Werkstücke zum Ende jedes PZR fertig bearbeitet sein müssten. Ist die Ist-Stückzahl am Ende eines PZR kleiner oder gleich der vom System ermittelten Plan-Stückzahl zum Ende des vorangegangenen AG, entspricht dies einer zeitlichen Abweichung von einem PZR.

7.3.3 Vorgehensweise bei überdurchschnittlicher Planzeitabweichung

Geringe Abweichungen von den Planvorgaben sind in einer Fertigung nach dem Werkstattfertigungsprinzip, insbesondere durch die nicht exakt bestimmbar Verteilzeiten, an der Tagesordnung. Diese Abweichungen im geringen Maße werden dadurch ausgeglichen, dass der PZR einen Tag beträgt sodass innerhalb eines Tages zeitliche Verschiebungen entstehen können, ohne direkte Auswirkung auf die nachfolgenden AG zu verursachen.

Abweichungen, die größer sind als ein PZR, werden nicht mehr als gering eingeschätzt und müssen deshalb softwareseitige Beachtung finden.

In diesem Fall wird in der Plantafel der jeweilige AG gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung kann zum einen eine Planabweichung nach vorn bedeuten, das heißt, dass der Fertigungsauftrag im Ist-Stand zeitlich vor dem Plantermin liegt. Zum anderen kann diese auch eine Abweichung nach hinten bedeuten, das heißt, dass der Ist-Stand zeitlich nach dem Plantermin liegt. Die Kennzeichnungen von Verschiebungen nach vorn und Verschiebungen nach hinten sind unterschiedlich und klar von einander unterscheidbar.

Planabweichungen nach vorn haben keine Auswirkung auf das Einhalten des Liefertermins, da für die nachfolgenden AG das Werkstück pünktlich zur Bearbeitung bereit steht.

Abweichungen nach hinten bedeuten, dass die nachfolgenden AG nicht zum geplanten Termin begonnen werden können, außer es bestehen Puffer zwischen den AG, die die Verschiebung ausgleichen können. Deshalb überprüft das System bei Abweichungen nach hinten, ob dem betroffenen Fertigungsauftrag die ursprünglich zur

Rüstzeitoptimierung vorgesehenen Puffer-PZR vor den AG im Bereich CNC, Pressen und Rollen zur Verfügung stehen. Wurden diese noch nicht durch vorherige Verspätung oder manuellen Verschiebung mit produktiven AG verplant, werden sie zum Ausgleichen der aktuellen Planzeitabweichung benutzt. Dies bedeutet, dass nur die Arbeitsgänge bis zum ausgleichenden Puffer-PZR die Kennzeichnung als verspätet erhalten und die nachfolgenden von der Kennzeichnung frei bleiben. Voraussetzung für das Ausgleichen der Planabweichung ist, dass die Summe der verfügbaren Puffer-PZR gleichgroß oder größer ist als die aktuelle Verspätung.

Eine automatische Verschiebung der AG findet nicht statt, da dies Auswirkungen auf andere Fertigungsaufträge haben kann. Die Priorität der Aufträge ist dem System nicht bekannt, sodass das Verschieben und Tauschen von den AG der verschiedenen Produktionsaufträge in der Entscheidungsgewalt des Benutzers, in der Regel des Vorarbeiters, liegt.

Würden durch die zeitliche Abweichung Stillstandzeiten entstehen, hat der Benutzer die Möglichkeit, diese entweder zu akzeptieren oder sie durch das Tauschen von Aufträgen in der Auftragsreihenfolge der betroffenen Arbeitsstation zu vermeiden.

8. Umsatzempfehlung zur Integration der Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik in das vorhandene PPS-System

8.1 Beschreibung des aktuellen PPS-Systems

Das im Unternehmen verwendete PPS-System ist eine eigene Entwicklung und basiert auf der Software Microsoft-Access. Grundlage des Systems bildet die übergreifende Tabellenstruktur, in der die Unternehmensdaten gespeichert werden.

Über Oberflächen werden mittels Eingabefelder die Tabellen mit Daten befüllt und mittels Abfragen werden Daten ausgelesen. Eine Anzahl von mit einander verknüpften Oberflächen, sind zu Programmen zusammengefasst. Diese Programme sind entsprechend ihrer Funktionalitäten z.B. zur Materialwirtschaft, zur Auftragsanlage oder zur Erstellung der AVF zusammengefasst. Die für die Kapazitätsplanung- und –steuerung notwendigen Programme wurden innerhalb der Ist-Analyse bereits erwähnt.

8.2 Umlagerung des PPS-Systems auf ein MS-SQL-Server-Back-End

Das vorhandene PPS-System wird aktuell auf einen MS-SQL-Server verlagert um die Rechengeschwindigkeit zu erhöhen. Dabei werden ebenfalls die Oberflächen zur Datenein- und -ausgabe angepasst. Diese bleiben jedoch trotzdem auf der Basis von Formularen der MS-Access Software. Innerhalb dieses Um- und Neubaus der Softwaresysteme, soll die Kapazitätsplanungs- und –steuerungssystematik softwareseitig umgesetzt werden.

8.3 Softwareseitige Umsetzung der Kapazitätsplanungs- und steuerungssystematik

8.3.1 Einführung einer Advanced Planning and Scheduling-Software

Aufgrund der hohen Anzahl von Fertigungsaufträgen im Unternehmen bestehen hohe Anforderungen an die Rechenleistung des Softwaresystems, das die Terminierungsprozesse umsetzt. Da die Verarbeitung einer hohen Anzahl von Algorithmen in einer relativ kurzen Zeit notwendig ist, wird geplant dies nicht durch ein zusätzliches Modul innerhalb des bestehenden PPS-Systems sondern durch die Angliederung eines zusätzlichen Advanced Planning and Scheduling (APS)-System zu realisieren. „APS-Systeme planen und terminieren [...] Produktionsprozess[e] [...] basierend auf Materialien, Arbeitskräften und Kapazitäten“ [13]. APS-Systeme dienen zur optimierten Reihenfolge- und Kapazitätsplanung unter Berücksichtigung der Ressourcenverfügbarkeit. [13]

8.3.2 Anbindung des Advanced Planning and Scheduling-Systems an das bestehende PPS-System und den h.Server

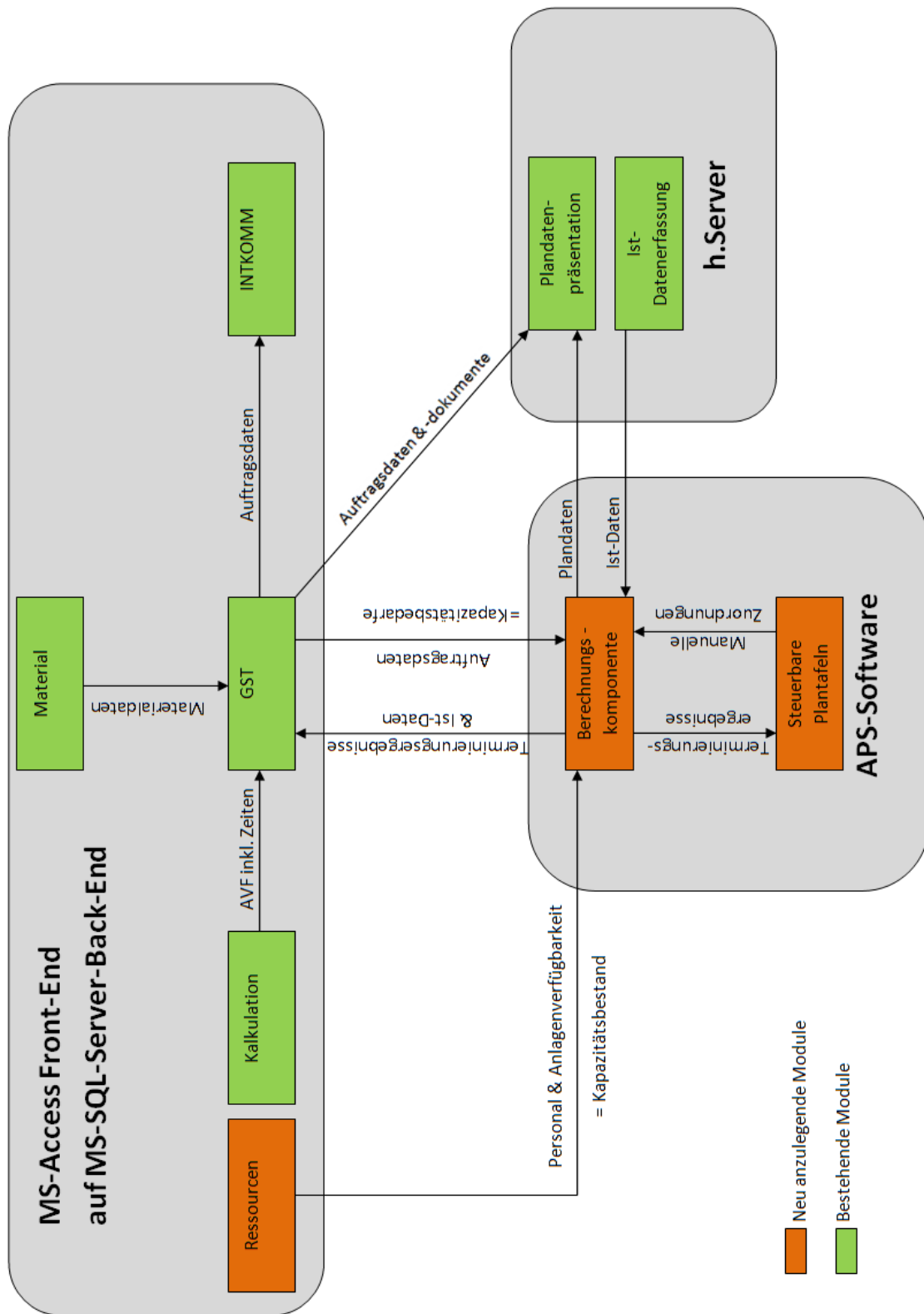


Abbildung 13: Verknüpfung von MS-Access, APS-Software und h.Server

In Abbildung 13 S.69 ist der schematisierte Aufbau der für die Kapazitätsplanung relevanten Softwarebestandteile und deren Verknüpfung dargestellt. Die in Abbildung 13 grün gekennzeichneten Module, sind bereits vorhanden. Die orange gekennzeichneten Module sind noch nicht vorhanden und müssen mit der Einführung der Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik geschaffen werden.

Die Graphik zeigt, dass innerhalb der MS-Access Software bereits Prozesse zwischen den verschiedenen Modulen stattfinden, die für die Kapazitätsplanung relevant sind. Die zentrale Komponente bildet das Programm GST in dem die Fertigungsaufträge angelegt werden. Dafür wird die Arbeitsvorgangsfolge inklusive der arbeitsgangspezifischen Zeiten von der Kalkulation an das GST übergeben. Weiteren Input erhält es aus dem Materialprogramm, in dem für jeden Fertigungsauftrag eine spezifische Materialzuteilung stattfindet.

Im GST werden zu den importierten Daten weitere auftragsspezifische Daten, wie Kundenname und -nummer, Liefertermin sowie die Auftragsstückzahl hinzugefügt. Die dadurch entstandenen vollständigen Auftragsdaten werden an die Berechnungskomponente der neuen APS-Software übergeben. Desweiteren erhält diese Daten aus dem neu zu erstellenden Ressourcenverwaltungsmodul, in dem aufgrund von Schichtplänen und Instand- bzw. Wartungsmaßnahmenplanung die Ressourcenverfügbarkeit und somit der Kapazitätsbestand erhoben wird.

Innerhalb der Berechnungskomponente der APS-Software finden die beschriebenen Terminierungsvorgänge statt. In diesen Bereich fällt somit die meiste Rechenlast.

Ergebnisse der Berechnungen sind terminierte Fertigungsaufträge, die für jeden AG einen spezifischen Beginn- und Endtermin beinhalten. Wird während der Terminierungsvorgänge eine Terminüberschreitung ermittelt, wird diese Information direkt an das GST und somit an den Benutzer ausgegeben, sodass dieser Gegensteuernde Maßnahmen ergreifen und eine erneute Terminierung durch die Berechnungskomponente starten kann. Die Terminierungsergebnisse werden zum einen an die Plantafelkomponente, zum anderen an die Plandatenpräsentationskomponente des h.Server sowie zum GST übergeben.

Die Plantafeln der APS-Software sind steuerbar, das heißt es können und müssen durch manuellen Eingriff, die in Abschnitt 7.1 S. 63 beschriebenen Auftrag-Arbeitsstation-Zuordnungen getroffen und im Bedarfsfall zeitliche Verschiebungen getätigt werden. Jeder manuell durchgeführte Prozess, wird von den steuerbaren Plantafeln an die Berechnungskomponente übergeben, damit diese die Daten verarbeiten und zum Beispiel Ressourcenauslastungsübersichten, und

Auftragsdurchläufe anpassen sowie Wechselwirkungen zwischen den Fertigungsaufträgen prüfen und regeln kann.

Der h.Server ist sowohl an das MS-Access als auch an die APS-Software angebunden. Vom GST erhält es von der Terminierung nicht betroffene Auftragsdaten wie Kundenname und –nummer sowie die Auftragsdokumente. Von der APS-Software erhält es, die aus der Terminierung resultierenden Plan-Daten, mit denen unter anderem die Arbeitsvorräte der Arbeitsstationen automatisch gefüllt werden kann. Als Ausgangsdaten übergibt es die, über die MDE ermittelten Ist-Daten an die Berechnungskomponente.

Auf Basis der Ist-Daten kann die Berechnungskomponente prüfen ob Abweichungen von den Plandaten bestehen und im Bedarfsfall zeitliche Verschiebungen und Wechselwirkung erkennen und anzeigen. Die Ist-Daten werden unverändert, mit den bedarfsweide veränderten Terminierungsdaten an das GST weitergegeben. Das GST gibt jeden Auftragsstatus an das INTKOMM weiter, sowohl im Planungsbereich als auch im Ist-Bereich. Das INTKOMM ist ein reines Anzeigeprogramm. Es enthält verschiedene Auftragsübersichten entsprechend verschiedener Filterkriterien. Im INTKOMM werden keine Daten erstellt oder geändert. Mit der Einführung des APS-Systems ist zu Prüfen ob das INTKOMM aufgrund der existierenden Plantafeln im APS-System weiterhin benötigt wird oder vollständig ersetzt werden kann.

Im MS-Access sind noch weitere Programme enthalten, diese finden jedoch keine direkt Anwendung bei der Kapazitätsplanung und -steuerung.

Datentransfer

Der Datentransfer zwischen MS-Access, APS-Software und h.Server wird über Transfertabellen realisiert. Diese werden von beiden Seiten beschrieben. Dabei existieren Datenfelder, die vom MS-Access beschrieben werden und von der APS-Software ausgelesen werden und umgekehrt. Es existieren jedoch keine Felder die von einer Software sowohl beschrieben als auch ausgelesen werden.

8.3.3 Anpassungen des vorhandenen PPS-System

Damit die Kapazitätsplanung und -steuerung realisiert werden kann müssen verschiedene Anpassungen am bestehen System durchgeführt werden.

Zum einen müssen Schnittstellen geschaffen werden, das heißt die beschriebenen Transfertabellen müssen erstellt und Pfade zum Beschreiben und Auslesen der Zellen müssen angelegt werden.

Zum anderen müssen zusätzliche Daten gesammelt werden sodass in der Oberflächen weitere Eingabefelder erschaffen werden müssen. Dies betrifft das Kalkulationsprogramm sowie das Programm zur Auftragsanlage GST.

8.3.3.1 Erstellen eines Programms zur Ressourcenverwaltung

Basis des Ressourcenverwaltungsprogramms ist ein Betriebskalender, der Arbeitstage und arbeitsfreie Tage enthält. Über die ebenfalls neu anzulegenden Tabellen der Planschicht je Arbeitsstation wird im Betriebskalender der Normkapazitätsbestand eingetragen.

Im Ressourcenverwaltungsprogramm wird die Personalverfügbarkeit je spezifischen Tag und je spezifischer Schicht angegeben. Desweiteren wird die Verfügbarkeit der Maschinen im Bezug auf geplante Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten eingetragen.

8.3.3.2 Anpassung des Kalkulationsprogramms

Im Kalkulationsprogramm müssen die meisten Änderungen durchgeführt werden

Dies beinhalten das Erzeugen einer neuen Oberfläche zum Eintragen, recherchieren und Auswählen der Maschinenbewertungsschemata.

Desweiteren müssen für die Aufnahme neuer Daten neue Tabellen geschaffen werden. Neu aufzunehmende Daten sind die Verteilzeiten für die jeweiligen Arbeitsstationen sowie die festgelegten Dauern für Bearbeitungen auf den Arbeitsstationen Kontrolle-WB, Kontrolle-QS, Endkontrolle und Verwechslungsprüfung. Diese Dauern müssen ebenfalls funktionell verknüpft werden mit dem Auswahlfeld zum Wählen der Arbeitsstation.

Es müssen ebenfalls neue Berechnungsalgorithmen für die Arbeitsgangdauer von auf den Arbeitsstationen Rissprüfen, HB-Prüfen, US-Prüfen, Strahlen oder Waschen durchgeführten Arbeitsgängen im bestehenden System angepasst werden. Sowie neue Bezugspfade

Den größten Teil der Anpassungen macht das Erzeugen und Verknüpfen neuer Felder in der Kalkulationsoberfläche aus. Es müssen Auswahlfelder für Überlappung sowie für die Splittung eines gesamten Fertigungsauftrags sowie eines einzelnen AG geschaffen werden. Für die Überlappung muss ebenfalls ein Feld für den überlappenden Prozentsatz erstellt werden. Das Auswahlfeld für die Arbeitsstation muss um die Arbeitsstation Fremdprüfung ergänzt werden und bei der Auswahl von Riss- oder HB-Prüfen ist das Erscheinen eines Eingabefelds für den zu prüfenden Prozentsatz notwendig. Ein weiteres Feld zur Angabe der Verwendung vom Polynetzen wird bei der

Arbeitsstation Versand benötigt. Die Auswahl des Fremdbearbeitungsunternehmens sollte zukünftig direkt in der Oberfläche zum Anlegen der AVF erfolgen, sodass auch hierfür ein geeignetes Feld erschaffen werden muss, sowie die zusätzliche Eingabemöglichkeit des Preises der Fremdbearbeitung. Werden diese beim Unternehmen Galvanotechnik Baum durchgeführt muss für die Kapazitätsterminierung ebenfalls in einem Datenfeld angegeben werden, ob die Bearbeitung inklusive tempnern stattfindet. Bei Arbeitsgängen die für den CNC-Bereich kalkuliert werden ist es von Vorteil die optimale Maschine entsprechend der Maschinenbewertungsschemata anzuzeigen.

Die Kapazitätsplanungssystematik bringt deutlich erkennbar eine Anzahl an notwendigen Veränderungen für das Kalkulationsprogramm mit sich, die sorgfältig und benutzerfreundlich in das System eingearbeitet werden müssen.

8.3.3.3 Anpassung des Auftragseingabeformulars im GST

Im Auftragsanlageformular das sich Programm GST befindet muss die Möglichkeit geschaffen werden, anzugeben ob Material bereits im Haus ist oder noch geliefert wird. Bei noch nicht geliefertem Material muss ebenfalls die Möglichkeit zur Angabe des Liefertermins geschaffen werden. Sobald eine Materialzuteilung im Materialprogramm getroffen wurde, müssen sich diese Felder automatisch mit den dort ausgefüllten synchronisieren.

9. Zusammenfassung und Fazit

Innerhalb der Diplomarbeit zeigt sich, dass für eine effektive Kapazitätsplanungs- und -steuerung eine individuelle Betrachtung der Ressourcen notwendig ist. Dabei ist die Konzentration auf bestimmte Bereiche unter Abwägung von Aufwand und Nutzen sinnvoll. Speziell in schwer planbaren Nebenbereich, kann eine verstärkte Regulierung negative Auswirkung haben, da durch erhobene Grenzen Engpässe geschaffen werden, wo in der Realität keine sind. Deshalb existieren auch in derin dieser Diplomarbeit entwickelten Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik Teilbereich für die kein Kapazitätsbestand erhoben wird. Den Schwerpunktbereich hingegen stellt der CNC-Bereich dar. Bei diesem wird die Zuordnung der Fertigungsaufträge zu den Arbeitsstationen, nach einführender manueller Dateneingabe, unter Berücksichtigung technologischer, ökonomischer und kapazitiver Faktoren vollständig automatisch durchgeführt. Dadurch ist auch bei stetiger Veränderung der Auftragslage der CNC-Bereich dauerhaft nahezu optimal verplant. Lediglich die Rüstzeitoptimierung liegt noch im Bereich der manuellen Fertigungssteuerung. Aber auch der Großteil der anderen Fertigungsbereiche wird mittels Kapazitätsbetrachtung möglichst gleichmäßig ausgelastet. Die Zuordnung der Aufträge zu den Arbeitsstationen wird hierbei jedoch manuell ausgeführt.

Schwierig bei der Entwicklung der Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik zeigt sich zum einen die reduzierte Schichtarbeitszeit an Freitagen sowie die nicht eindeutige Maschinenzuordnung im CNC-Bereich in der Kalkulationsphase. Beide Probleme konnten jedoch zum einen mittels einer flexiblen Verarbeitung von Kapazitätsbestandsdaten zum anderen mittels der Erstellung von Maschinenbewertungsschemata gelöst werden.

Entgegen des ursprünglichen Themas ist festzustellen, dass der Einsatz der Kapazitätsplanungssystematik nicht zwangsläufig zum verkürzen Auftragsdurchlaufs führt. Die ist darauf zurück zu führen, dass das Kriterium kurze Durchlaufzeiten zu realisieren, den Kriterien der effizienten Fertigungsauslastung und der Liefertermintreue untergeordnet ist. Dies führt dazu, dass zu Gunsten anderer Fertigungsaufträge einzelne Aufträge entgegen ihres optimalen Durchlaufs verschoben werden. Da diese Verschiebung oft auch nur einen Teil der Arbeitsgänge eines Fertigungsauftrags betrifft, kann dies sogar zu einer Verlängerung der Durchlaufzeit als bisher führen. Weil die Sternberg GmbH jedoch ein Auftragsfertigungsunternehmen ist, bei dem die Liefertreue sich als eines der wichtigsten Kriterien für erfolgreiche Kundenbeziehungen gezeigt hat, spielen die daraus resultierenden Liegezeiten und die damit verbundene Kapitalbindung eine untergeordnete Rolle. Durch den permanenten Plan-Ist-Vergleich und

Neuterminierung der Aufträge ist die entwickelte Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik sehr flexibel, welches ebenfalls eine wichtige Eigenschaft für das auftragsfertigende Unternehmen ist, bei dem die Auftragslage dauerhaft im Wandel ist.

Es zeigt sich bei der Erarbeitung der Systematik jedoch, dass trotz immer leistungsstärkerer Hard- und Softwaresysteme, eine menschliche Überprüfung und manuelle Eingriffe unabdingbar sind. Die Erfahrung und das Wissen der Mitarbeiter beginnend bei der Kunden und Auftragsbedeutung, sich fortsetzend bei der Einschätzung der persönlichen Eignung der Arbeiter bis hin zu Rüstzeitoptimierungsmaßnahmen im CNC-Bereich, kann nahezu unmöglich in ein Softwaresystem übertragen werden. Die menschliche Komponente wird damit, auch in Zukunft notwendig sein.

Damit das bestehende System seine Planungsgenauigkeit auch in Zukunft behält ist es notwendig, die Daten und deren Verarbeitung stetig zu prüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. So können zum Beispiel Verteilzeitfaktoren und Planpufferzeiten aufgrund einer Modernisierung der Fertigung ihre Gültigkeit verlieren.

Alles in Allem ist jedoch festzustellen, dass mit der entwickelten Kapazitätsplanungs- und -steuerungssystematik sowohl die Vertriebsabteilung als auch die Fertigung zum einen klar strukturierte Übersichten zur Anzeige des Planstandes und zum anderen ein effektives Mittel zur Fertigungsauftragsplanung und Steuerung erhalten haben.

Literaturverzeichnis

- [1] W. Klein, Durchlauf- und Kapazitätsplanung, Berlin: Fachhochschul Fernstudienverbund der Länder Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen , 1998.
- [2] T. Gäse, „Fabrikbetrieb Produktionsplanung,“ Westsächsische Hochschule Zwickau, Institut für Produktionstechnik, 2009.
- [3] K. Kurbel, Produktionsplanung und -steuerung, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2003.
- [4] M. Schwarz, „Produktionswirtschaft,“ Westsächsische Hochschule Zwickau, 2005.
- [5] E. Peßl, „FH Joanneum University of Applied Sciences,“ 07 06 2004. [Online]. Available: http://erp.fh-joanneum.at/edubite/m7/m7../4_3/medien/4_3.pdf. [Zugriff am 12 07 2014].
- [6] J. A. Buzacott, H. Corsten, R. Gössinger und H. M. Schneider, Produktionsplanung und -steuerung, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2010.
- [7] M. Kaiser, „Vorlesung Arbeitsplanung,“ Westsächsische Hochschule Zwickau, Zwickau, 2011.
- [8] D.-K. D. G. Stiller, „wirtschaftlexikon24,“ August 2013. [Online]. Available: www.wirtschaftslexikon24.com. [Zugriff am 07 April 2014].
- [9] K. Kleeberg, Kapazitätsorientierte Produktionssteuerung, Wiesbaden: Gabler, 1993.
- [10] T. Gäse, „Produktionssteuerung,“ Westsächsische Hochschule Zwickau, Institut für Produktionstechnik, 2009.
- [11] T. W. Hellmuth, Datenmodellierung zur marktgerechten Führung der Produktionsbereiche, Stuttgart: B.G. Teubner, 1994.
- [12] CAPPcore GmbH, „CAPPcore,“ [Online]. Available: <http://www.cappcore.com/>. [Zugriff am 20 07 2014].
- [13] FLS Fertigungsleitsystem GmbH & Co. KG, „FLS FertigungsLeitSysteme,“ 2014. [Online]. Available: www.fls.de. [Zugriff am 25 07 2014].

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Tabelle der Zeitanteile nach Refa	II
Anlage 2: Planzeitangaben in der Kalkulation zum aktuellen Zeitpunkt	IV
Anlage 3: aktuelle Übersichten zur Kapazitätssteuerung	VI
Anlage 4: Liste aller im Unternehmen vorhandener Arbeitsstationen inklusive Planschichten und Kapazitätsgruppen	XI
Anlage 5: Analyse 1 - Durchschnittliche Dauer der Fremdbearbeitungen und zugehörigen Kontroll-Arbeitsgänge	XVI
Anlage 6: Analyse 2 –Untersuchung der Verteilzeiten.....	XVIII
Anlage 7: Analyse 3 - Untersuchung der Auftragsplittung.....	XXVIII
Anlage 8: Analyse 4 – Untersuchung der Arbeitsgangdauer im CNC-Bereich.....	XXIX
Anlage 9: Beispiel eines Maschinenbewertungsschemas	XXX

Anlage 1: Tabelle der Zeitanteile nach Refa

Tabelle A: Zeitanteile nach Refa

Zeit	Beschreibung	Beispiel	Bezugsquelle
<u>Rüstzeit</u>			
Rüstgrundzeit	Vorbereitung der Betriebsmittel	Werkzeugbeschaffung, Auf- und Abrüsten	Maschinenspezifische Tabelle
Rüstverteizeit	Unregelmäßig auftretende Zeiten	Anlaufzeit der Maschine	Zuschlag zur Rüstgrundzeit (ca. 5-15%) (Verteilzeitstudien)
Rüsterholzeit	Zeit für das Erholen des Menschen		Zuschlag abhängig von Höhe und Dauer der Beanspruchung
<u>Ausführungszeit</u>			
Hauptzeit/Tätigkeitszeit	Zeit mit unmittelbarem Fortschritt im Sinne des Fertigungsauftrags	Schnittvorgang beim Drehen/Fräsen	Berechnen, Messen; Vergleichen
Nebenzeit	Regelmäßige nur mittelbar zum Arbeitsfortschritt beitragende	Bewegen des Werkzeugs zum Startpunkt der	Maschinenspezifische Tabelle

	Zeiten	Schnittbewegung	
Verteilzeit/Wartezeit	Unregelmäßig auftretende Zeiten	Vorbereiten Schichtbeginn	Zuschlag zur Grundzeit (ca. 5-15%) (Verteilzeitstudien)
Erholungszeit	Zeit für das Erholen des Menschen		Zuschlag abhängig von Höhe und Dauer der Beanspruchung

(Richter, 2010, S. 50)

Anlage 2: Planzeitangaben in der Kalkulation zum aktuellen Zeitpunkt

Tabelle B: Planzeitangaben in der Kalkulation zum aktuellen Zeitpunkt

Arbeitsstation	Planzeit	Rüstzeit	Bemerkung
Kontrolle - WB	Nein	Nein	
Abgraten	Ja	Nein	keine Rüstzeit notwendig
Kontrolle - QS	Nein	Nein	
CMZ TC15Y	Ja	Ja	
CMZ TB-46	Ja	Ja	
CMZ TL15 M	Ja	Ja	
Bohren	Ja	Ja	
Fräsen	Ja	Ja	
Schleifen	Ja	Ja	
Verwechslungsprüfung	Nein	Nein	
US-Prüfung	Nein	Nein	
Sägen	Ja	Nein	keine Rüstzeit notwendig
Strahlen	Ja	Nein	
Fremdbearbeitung	Nein	Nein	
Anbohren	Ja	Nein	keine Rüstzeit notwendig
Richten	Ja	Nein	keine Rüstzeit notwendig
Spiegeln	Ja	Ja	
Anspitzen	Ja	Ja	
Stempeln	Ja	Ja	
HB-Prüfen	Nein	Nein	
Gewinderollen "Klein"	Ja	Ja	
Gewinderollen "Mittel"	Ja	Ja	
Gewinderollen "Groß"	Ja	Ja	
Rißprüfmaschine "Klein"	Ja	Ja	
Rißprüfmaschine "Groß"	Ja	Ja	
ZUKAUF			kein Produktiver Arbeitsgang
Versand	Nein	Nein	
Presse 1 SSP 125H	Ja	Ja	
Presse 2 SES 160A	Ja	Ja	
Presse 3 HL 160	Ja	Ja	
Presse 6 HYS-K125	Ja	Ja	
Presse SPR 400 SO	Ja	Ja	
Biglia 1200 M	Ja	Ja	
Biglia 301	Ja	Ja	
Biglia 301 M	Ja	Ja	
Biglia 465Y	Ja	Ja	
Biglia 545	Ja	Ja	
Biglia 550	Ja	Ja	
Biglia 650	Ja	Ja	
Biglia 650 YS	Ja	Ja	
Biglia B658YB	Ja	Ja	
Biglia B658YS	Ja	Ja	
Böhringer	Ja	Ja	
Hardinge Talent 8/52	Ja	Ja	
Hardinge Talent 6/45	Ja	Ja	

Monforts	Ja	Ja	
SL 00	Ja	Ja	
SL 35	Ja	Ja	
Mori Seiki CL 1500	Ja	Ja	
Mori Seiki NL 1500	Ja	Ja	
Mori Seiki NL2500MC / 700	Ja	Ja	
Mori Seiki NZL 2000	Ja	Ja	
Okuma ES-L 8	Ja	Ja	
Okuma ES-L10	Ja	Ja	
Okuma LB 300M-C500	Ja	Ja	
Okuma LB 3000	Ja	Ja	
ZL 200	Ja	Ja	
KS-Segment	Ja	Ja	
Mahle-Segment	Ja	Ja	
Waschmaschine DÜRR	Nein	Nein	
Erodieren	Ja	Nein	
Schmirgeln / Entgraten	Ja	Nein	
Prüfungen	Nein	Nein	

Anlage 3: aktuelle Übersichten zur Kapazitätssteuerung

Produktions-Liste mit CNC AG										29.07.2014 14:43:02	GST-Dat
Jahr	KW	KNR	KOM	R	FA	Meng	Offene Stk.	Offene Min.			
2014	27	150	880	0	<input type="checkbox"/>	Zyl.-Schraube M16x320	500	500	1500	18.07.2014	
		330	2446	0	<input type="checkbox"/>	12kt.-Paßschraube M12x1,25x60	200	400	340		
								900	1840		
2014	28	48	116	0	<input type="checkbox"/>	Stiftdehnschraube M16x156	200	68	186,5		
		124	1852	0	<input type="checkbox"/>	6kt.-Dehnschraube M27x2x261	800	48	144,85		
								116	331,35		
2014	29	9	1933	0	<input type="checkbox"/>	Stiftschr. M24x2/M24x1,5x315	940	179	313,25		
		459	193	0	<input type="checkbox"/>	Abscherschraube D 21x71	400	400	800	29.08.2014	
		502	597	0	<input type="checkbox"/>	Stiftdehnschraube M20x115	32	13	27,5		
								592	1140,75		
2014	30	9	1934	0	<input type="checkbox"/>	Stiftschr. M24x2/M24x1,5x315	1020	1020	1785		
		1951	0	<input type="checkbox"/>	Stiftschr. M24x2/M24x1,5x315	900	900	1575			
		10	4392	0	<input type="checkbox"/>	Kolbenschraube M9x1x54,5	1000	741	1111,5	04.09.2014	
		222	368	0	<input type="checkbox"/>	6kt.-Passschraube mit Bund	100	96	192		
		368	0	<input type="checkbox"/>	6kt.-Passschraube mit Bund	100	96	192			
		402	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschr. m. ISKA M64x690	200	600	5000			
		444	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschr. m. ISKA	200	400	3000			
		447	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschraube m. ISKA	500	642	2727			
		416	623	0	<input type="checkbox"/>	Zyl.-Schraube M30x70 (Tragz.)	420	840	1050	29.08.2014	
		625	0	<input type="checkbox"/>	Zyl.-Schraube M30x120 (Tragz.)	280	560	770	29.08.2014		
645	0	<input type="checkbox"/>	Zyl.-Dehnschraube M36x130	42	7	13,75	29.08.2014				
								5902	17416,3		
2014	31	5	2947	0	<input type="checkbox"/>	6kt.-Schraube M42x420	676	676	1859	26.08.2014	
		9	1949	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschraube	100	100	1100		
		1950	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschraube M36x2x703	1000	1000	6750			
		1952	0	<input type="checkbox"/>	Stiftschr. M24x2/M24x1,5x315	900	900	1575			
		222	399	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschr. m. ISKA	1000	1023	7175,5		
		445	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschr. m. ISKA	200	400	4700			
		459	186	0	<input type="checkbox"/>	Abscherschraube M16/D22x73	2600	1801	4052,25	06.08.2014	
		465	647	0	<input type="checkbox"/>	Dehnstiftschraube	500	38	76		
		530	1547	0	<input type="checkbox"/>	6kt.-Paßschraube M8/Ø9k6x50	994 - 1000	3	3,9	07.08.2014	
										5941	27291,7
2014	32	9	1908	0	<input type="checkbox"/>	6kt.-Mutter M16 - ISO 4032	400	400	1200		
		1938	0	<input type="checkbox"/>	Stiftschraube M16x40	150	150	375			
		1953	0	<input type="checkbox"/>	Stiftschr. M24x2/M24x1,5x315	750	750	1312,5			

Abbildung A: Produktionsliste mit CNC-AG

29.7.14 14:47										
	Maschine			Aktuell eingebaute Kommission	Folgekommission 1	Folgekommission 2	Folgekommission 3	Früh	Spät	Nacht
T 7	Hardinge 6/45		114	760/623		760/624 (Ofen)		Heinrich	Zeitsok	0
	B301		35	760/623		760/624 (Ofen)				
	Monforts		40	760/623		760/624 (Ofen)				
T 23	CMZ-TB15		273	124/1839	9/1963			Berger	Gabler	0
	CMZ-TB46		271	9/1933	9/1934+1951+1952+1953					
	SL00		30	9/1967 ansp	9/1966 ansp			Hartig	0	0
	SL15		164	Andreher	127/16+17 2x					
T 24	NL2500 MC		24	9/1964	330/2437			0	0	Seidel
	CL1500		161	9/1965 ansp						
	CMZ-TL15		264	10/4399 spie				Franke	Puchner	Schulmann
	ZL200		31	10/4374						
	Webo Turn		29					0	0	0
T 25	NZL2000 MC		162	5/2947				Dietrich	Alt	Vettermann
	Quattro B465		163	10/4271	10/4348					
T 13	Okuma LB300		119	124/1859 2x	10/4397			Bertram	Puchner	Hauk
	ESL8 Zange		120	530/1553	10/4397					
	ESL8 Backe		127							
T 14	B1200 B		114	10/4353	ABN 465/643			Naustadt	Hofmann	0
	B545		112	9/1941						
T 15	Hardinge 8/52		103	10/4340	10/4396			Heim	Deutsch	0
	B650 MC		39	10/4340	10/4396					
T 16	NL1500 MC		34	10/4392 auf Rändelnuss			10/4366	Klitsch	Bontz	Davidi
	B550		38	222/447schaft & kalotte	636/489 2x	124/1874	ABN 222/447 (keine Bohrer)			
T 8	SL35		26	ABN 465/644 2x	368/47	530/1549	7/7116 3x	0	Pap	0
	VDF - C		32	375/1696						
	CMZ - TB46/2		28	leer lassen				Stauß	0	0
	VDF - D		33	leer lassen						
T12	SL 00		28					0	0	0
	B550 MB		111	387/17				0	Ueberschar	West
	B301 M		36	465/648 2x	363/38		124/1848			
T 11	Okuma LB3000		128	7/6980	7/6980 Sp.+Ansp.			0	0	0
	ESEL10		126	124/1853 gut						
T 3	B650 YS		130	ABN 222/362	222/443	124/1860 Mat		Leschner	0	0
	B658 YB		132	368/38						
T 9	B650 YS		110	222/460	636/477+9/1908	222/503 Mat		Gering	Schulz	Schnabel
	B658 YS		122	416/632	416/633					
T 10	B1200 A		37	471/2317				Schulze	Haberkorn	Steinbach
	B1200 C		118	222/399	9/1969					
T 24	SL35		27					Krusche	0	0

Abbildung B: Auftrag-Maschinen-Zuordnung im CNC-Bereich

Jahr:	KW:	KNR:	KOM:		Produktionsmenge	letzter angefangener Arbeitsgang	mit Menge	
2014	29	502	594	Stiftdehnschraube	3/4"-10UNCx 105	16	HB-Prüfen	20
2014	27	478	9	6kt.-Dehnschraube	M 10x1,25x 45	120	Stempeln	132
2014	28	10	4369	6kt.-Dehnschraube	M 14x1,5x 35	100	Stempeln	120
2014	29	502	596	Stiftdehnschraube	M 16x 90	24	HB-Prüfen	20
2014	29	502	593	Stiftdehnschraube	M 16x 100	8	HB-Prüfen	10
2014	28	48	117	Stiftdehnschraube	M 16x 106	200	Stempeln	206
2014	28	48	116	Stiftdehnschraube	M 16x 156	200	Stempeln	167
2014	29	502	595	Stiftdehnschraube	M 16x 221	2	HB-Prüfen	5
2014	29	502	592	Stiftdehnschraube	M 16x 290	2	HB-Prüfen	4
2014	29	502	597	Stiftdehnschraube	M 20x 115	32	HB-Prüfen	20
2014	26	330	2435	6kt.-Paßschraube	M 22/Ø 24k6x 110	16	Stempeln	18
2014	26	330	2456	6kt.-Paßschraube	M 22/Ø 24k6x 110	16	Stempeln	18
2014	28	530	1546	6kt.-Schraube	M 22x 100	250	HB-Prüfen	20
2014	31	222	404	Stiftdehnschraube m. I	M 22x1,5x 177	500	Okuma ES-L 8	381
2014	29	113	717	6kt.-Schraube	M 24x 307	200	CMZ TC15 Y	122
2014	30	10	4340	Stiftschraube	M 24x2x 348	7500	Strahlen	1443
2014	30	709	97	6kt.-Dehnschraube mi	M 27x 173	50	Mori Seiki NL250	53
2014	30	709	98	6kt.-Dehnschraube mi	M 27x 176,5	50	Mori Seiki NL250	54
2014	28	530	1545	6kt.-Schraube	M 30x 205	180	HB-Prüfen	20
2014	30	222	368	6kt.-Paßschraube mit	M 33/Ø 35,1k6x 238	100	Stempeln	52
2014	30	222	368	6kt.-Paßschraube mit	M 33/Ø 35,1k6x 238	100	Stempeln	52
2014	26	377	26	6kt.-Schraube	M 33x 105	300	Stempeln	312
2014	28	124	1855	Stiftdehnschraube m. I	M 36/M 36x3x 284	550	HB-Prüfen	20
2014	29	17	6	Stiftschraube	M 36/Ø 48x1220	2	Stempeln	3
2014	28	7	7158	Stiftschraube	M 36x 190	17	HB-Prüfen	2
2014	28	798	952	Stiftschraube	M 36x 300	576	HB-Prüfen	60
2014	27	7	7105	Stiftschraube	M 36x 330	42	HB-Prüfen	5
2014	27	407	650	Stiftschraube	M 36x 335	400	Stempeln	411
2014	27	407	651	Stiftschraube	M 36x 600	300	Stempeln	310
2014	28	222	369	Stiftdehnschraube m. I	M 36x3/M 36x4x 376	800	Okuma ES-L10	1
2014	27	798	946	Stiftschraube	M 42x 390	316	HB-Prüfen	32
2014	31	222	360	Stiftdehnschraube m. I	M 45/M 39x 850	500	Biglia 1200 M	154
2014	28	222	367	Stiftdehnschraube m. I	M 45/M 45x3/M 39x 820	200	Biglia 1200 M	163
2014	29	17	5	Stiftschraube	M 48x1080	2	Stempeln	2
2014	29	17	4	Stiftschraube	M 48x1750	2	Stempeln	2
2014	28	798	951	Stiftschraube	M 52x 560	62	HB-Prüfen	8
2014	30	530	1548	Stiftschraube	M 76x6x 809	45	Stempeln	45

Abbildung C: Produktionsliste Rollen

Druckzeit: 29.07.2014 14:44:17 Stempeln

Stand: 30.06.2014 17:54:15

Jahr:	KW:	KNR:	KOM:		Produktionsmenge	letzter angefangener Arbeitsgang	mit Menge	
2014	27	222	338	Stiftdehnschraube m. I	M 45/M 45x3/M 39x 820	300	Gewinderollen "K	162
2014	27	222	370	Stiftdehnschraube m. I	M 36x3/M 36x4x 379	250	Sonstiges	256
2014	27	330	2442	Zylinderstift	Ø 40p5x 110	710	Biglia 545	400
2014	27	330	2449	6kt.-Paßschraube	M 12/Ø 14k6x 64	400	Anspitzen	432
2014	28	15	731	Paßbolzen	M 24/Ø 26m6x 134	95	Biglia 550	9
2014	28	222	371	6kt.-Dehnschraube	M 22x 160	500	Biglia 301 M	520
2014	28	222	398	Rundmutter	M 52x3x 52	300	Biglia B658YB	53
2014	28	255	115	6kt.-Schraube	M 20x 140	1000	Anspitzen	994
2014	28	330	2463	6kt.-Paßschraube	M 12/Ø 14k6x 50	880	Anspitzen	501
2014	28	530	1533	Stiftschraube	M 68x6x 789	24	Biglia 1200 M	25
2014	29	54	53	Kronenmutter	M 33x3x 56	4	Biglia B658YB	5
2014	29	124	1807	Verschlussschraube	M 22x1,5x 128	60	Biglia 650 YS	70
2014	29	222	430	Stiftdehnschraube	M 16x 127	300	CMZ TL15 M	310
2014	29	288	404	ISKA-Schraube	M 36x 290	160	Anspitzen	170
2014	29	471	2302	Stiftschraube	M 24x 240	16		
2014	29	709	94	Zylinderkopfdehnschr	M 45x3x 535,5	30	Biglia 1200 M	39
2014	29	746	21	Stiftdehnschraube	M 36x 420	100	Böhringer	104
2014	29	798	936	Stiftschraube	M 36x 320	500	SL 35	514
2014	29	798	949	Stiftschraube	M 52x 500	339	SL 35	0
2014	30	139	90	6kt.-Schraube	M 42x 285/85	48	SL 35	3
2014	30	416	623	ISKA-Schraube	M 30x 70	420	US-Prüfung	68
2014	30	416	625	ISKA-Schraube	M 30x 120	280	US-Prüfung	68
2014	31	124	1861	ISKA-Verschlussschra	M 22x1,5-kegx 20	95	Erodieren	34
2014	31	459	196	Kronenmutter	M 72x4x 53	126	Biglia B658YS	0
2014	32	124	1854	Rundmutter	M 45x 64	580	Biglia B658YS	11
2014	33	330	2464	6kt.-Paßschraube	M 20x 100	14	Anspitzen	33
2014	39	416	624	ISKA-Schraube	M 30x 70	420	US-Prüfung	68
2014	39	416	626	ISKA-Schraube	M 30x 120	280	US-Prüfung	68
2014	46	416	627	ISKA-Schraube	M 30x 120	280	US-Prüfung	68
2015	12	416	648	ISKA-Schraube	M 30x 70	304	US-Prüfung	68

Abbildung D: Produktionsliste Stempeln

Druckzeit: 29.07.2014 14:44:42 Anspitzen

Stand: 30.06.2014 17:54:15

Jahr:	KW:	KNR:	KOM:		Produktionsmenge	letzter angefangener Arbeitsgang	mit Menge	
2014	27	288	403	ISKA-Schraube	M 36x 290	160	Biglia 550	169
2014	27	384	158	6kt.-Schraube	M 24/Ø 32x 106	300	SL 35	321
2014	28	110	698	ISKA-Schraube	M 18x27/Ø 22x120	100	Spiegeln	116
2014	28	377	27	6kt.-Schraube	M 24x 100	240	Okuma LB 3000	258
2014	28	530	1555	6kt.-Schraube	M 18x 60	90	Biglia 550	109
2014	31	10	4372	6kt.-Dehnschraube	M 18x 135	100	Biglia 301	112
2014	37	10	4345	6kt.-Schraube	M 20x 58	1500	Okuma ES-L 8	1569

Abbildung E: Produktionsliste Anspitzen

Druckzeit: 29.07.2014 14:44:28 Rißprüfen

Stand: 30.06.2014 17:54:15

Jahr	KW	KNR	KOM		Produktionsmenge	letzter angefangener Arbeitsgang	mit Menge	
2014	26	222	361	Stiftdehnschraube	M 20/M 16x 348	500	Waschmaschine	511
2014	26	504	44	Haltebolzen	Ø 19,5/Ø 17,5x 242	75	Stempeln	85
2014	27	222	364	Stiftdehnschraube m. I	M 64x 690	100	Sonstiges	99
2014	27	471	2282	6kt.-Dehnschraube mi	M 24x 140	16	Waschmaschine	52
2014	27	736	4	6kt.-Schraube	M 24x 150	84	Waschmaschine	95
2014	28	676	619	6kt.-Schraube	M 24x 120	400	Waschmaschine	414

Abbildung F: Produktionsliste Rissprüfen

Anlage 4: Liste aller im Unternehmen vorhandener Arbeitsstationen inklusive Planschichten und Kapazitätsgruppen

Arbeitsstationen die keine Angaben in der Spalte Kapazitätsgruppe haben, werden als einzelne Arbeitsstationen angegeben und sind keiner Kapazitätsgruppe zugeordnet.

Sägen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Sägen	Amada HA-250W - Ma 3	2	
	Amada CM-150 AN - Ma 117	2	
	Jaespa Compact 4 - Ma 105	2	
	Ohler Kaltkreissäge - Ma 6	2	
	Amada CM-75 CNC - Ma 4	2	

Pressen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Presse 1 SSP 125H - Ma 60	1	
	Presse 2 SES 160A - Ma 61	2	
	Presse 3 HL 160 - Ma 62	2	
	Presse 6 HYS-K125 - Ma 107	2	
	Presse SPR 400 SO	3	

Strahlen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Strahlen	Strahlanlage Gutmann MB3-4.4-2/7,5 - Ma 1	2	
	Strahlmaschine MWJ - Ma 2	2	

Drehen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	CMZ TB-46	3	kleines Durchmesser-Längen-Verhältnis
	CMZ TB-46/2	3	
	Okuma ES-L 8 - Ma 120	2	
	Okuma ES-L 8/2 - Ma 127	2	
	Monforts RNC200 - Ma 40	3	
	Hardinge Talent 6/45 - Ma 104	3	
	Biglia 301 - Ma 35	3	
	Biglia 301 M - Ma 36	2	
	Hardinge Talent 8/52 - Ma 103	2	
	Biglia 545 - Ma 112	2	
	Mori Seiki NL 1500 - Ma 34	3	
	Mori Seiki CL 1500	3	
	CMZ TL15 M	3	
	Mori Seiki SL 00 - Ma 30	1	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Mori Seiki SL35 - Ma 26	3	mittleres Durchmesser- Längen- Verhältnis
	Biglia 550 - Ma 111	3	
	Biglia 550/2 - Ma 38	2	
	Okuma LB 300M-C500 - Ma 119	2	
	ZL 200 - Ma 31	3	
	Okuma ES-L10 - Ma 126	2	
	Biglia B658YB - Ma 132	2	
	Okuma LB 3000 - Ma 128	2	
	Mori Seiki NL2500MC / 700 - Ma 24	3	
	Mori Seiki NZL 2000	3	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Biglia 1200 M - Ma 37	3	großes Durchmesser- Längen- Verhältnis
	Biglia 1200 M/2 - Ma 118	3	
	Biglia 1200 M/3 - Ma 114	2	
	Boehringler VDF 16M-4 - Ma 32	3	
	Boehringler VDF 16M-2 - Ma 33	3	
	Biglia 650 - Ma 39	2	
	CMZ TC15 Y	3	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Biglia 650 YS - Ma 110	2	Stangenlader
	Biglia 650 YS/2 - Ma 130	2	
	Biglia 465 Y2	3	
	Biglia B658YS - Ma 122	2	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Mori Seiki SL00 - Ma 28	/	Für Werkzeug und Probenfertigung
	Mori Seiki SL 35 - Ma 27	/	
	CNC - Maschine Traub 3 - Ma 109	/	
	Mori Seiki SL 15-M - Ma 29	/	
	WEBOTURN 315 - Ma 34	/	

Fräsen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Fräsmaschine FW 315/E - Ma 79	1	Probenfertigung
	Fräsmaschine FN 32 - Ma 81	/	

Bohren

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Bohren	Ständerbohrmaschine BS 4 A I - Ma 46	1	
	Tischbohrmaschine TBZ 14(Flott 3) - Ma 52	1	

Schleifen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Schleifen	Centerleßschleifmaschine SR 100-2 - Ma 56	1	
	Außenrundsleifmaschine - Ma 78	1	
	Centerless-Wiki - Ma 108	1	
	Flächenschleifmaschine MF 6/A - Ma 71	/	Probenfertigung

Stempeln

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Stempeln	Stempelmaschine 69 MV 74 - Ma 53	2	
	CNC-Signiermaschine 2 MV5 - Ma 77	2	
	CNC-Signiermaschine 3 MV5 - Ma 123	2	
	Signiermaschine - Ma 76	2	
	Signiermaschine - Ma 124	2	
	Signiermaschine - Ma 136	2	
	Signiermaschine - Ma 133	2	

Gewinderollen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Gewinderollen "Klein"	UPWS16 - Ma 11	1	
	UPWS16 - Ma 12	1	
	PR30E	1	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Gewinderollen "Mittel"	PW30E - Ma 10	2	
	PW50 - Ma 14	2	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Gewinderollen "Groß"	PWZ80 - Ma 15	2	
	PWZ80/100 - Ma 159	2	

Waschen

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Waschmaschine DÜRR - Ma 160	3	

Vorbereitende/Hilfs AGs

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Anbohren	Anbohrbank UMA 15 - Ma 48	1	
	Anbohrbank UMA 16 - Ma 49	1	
	Zentriermaschine groß - Ma 101	1	
	Zentriermaschine klein - Ma 102	1	
	Endenbearbeitungsmaschine	1	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Spiegeln	Hydraulische Spiegelbank - Ma 23	1	
	Spiegelbank - Ma 21	1	
	Spiegelbank - Ma 22	1	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Anspitzen	Anspitzmaschine 1 - Ma 16	1	
	Anspitzmaschine 2 - Ma 17	1	
	Anspitzmaschine - Ma 19	1	

Sonstiges

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Schmirgeln	Spitzendrehbank TUM 50 D - Ma 84	1	
	Spitzendrehbank TUM 35 D1 - Ma 121	1	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Entgraten	1	

Richten

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Richten	Richtpresse Eigenbau - Ma 7	1	
	Richtmaschine CR 16.1.20 - Ma 55	1	
	Richtpresse 25to - Ma 58	1	
	Richtpresse 100to - Ma 59	1	

Erodieren

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Senkerodiermaschine - Ma 85	/	Werkzeugfertigung

Prüfungen/QS

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Rißprüfmaschine "Klein"	Rißprüfmaschine UH 750 - Ma 41	2	
	Rißprüfmaschine UH 500 - Ma 42	2	
	Rißprüfmaschine Tiede 900WS/1 - Ma 47	2	
	Rißprüfmaschine Tiede 900WS/2 - Ma 106	2	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Rißprüfmaschine, Karl Deutsch - Ma 43	1	Rißprüfmaschine "Groß"

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Verwechslungsprüfung 1 - Ma 95	Kein Kapazitätsbestand	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	US-Prüfung 1	1	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	End-Kontrolle	Kein Kapazitätsbestand	
	Kontrolle - QS		
	QS 1		
	QS 2		

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
HB-Prüfen	HB-Prüfen	2	
	HB - Prüfung 2	2	

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Farbeindring-Verfahren	1	
	mechanisch - visuelle - Prüfung1	1	manuelle Prüfung

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
	Kontrolle WB	Kein Kapazitäts-Bestand	kein AS auf Terminal

Versand

Kapazitätsgruppe	Maschinenname	Planschicht	Bemerkung
Versand	Versand 1	1	
	Versand 2	1	
	Versand 3	1	
	Versand 4	1	
	Versand 5	1	
	Versand 6	1	
	Versand 7	1	

Anlage 5: Analyse 1 - Durchschnittliche Dauer der Fremdbearbeitungen und zugehörigen Kontroll-Arbeitsgänge

Tabelle C: Durchschnittliche Dauer der Fremdarbeitungen und Kontrollarbeitsgänge

Fremdunternehmen	AnzahlWerte Außer Haus	Anzahl Werte inkl. Prüfung	Durchs. Tage Außer Haus	Durchs. Tage Kontrolle
AMS Technology GmbH	7	7	4,71	0,29
Benseler Oberflächentechnik GmbH	58	55	8,72	0,58
Benseler Sachsen GmbH	3	3	6,67	1,67
Brüfa Brünierbetrieb	99	99	1,11	0,16
FWM Metalltechnik GmbH	2	2	19,50	0,00
Galvanotechnik Baum Zwönitz	265	263	6,70	0,55
GESI - Gewindegewinnung Thüringen GmbH	2	2	6,50	4,00
Großenhainer Gesenk- u. Freiformschmiede	0	0	#WERT!	#DIV/0!
Gruppe HEAT Sachsen GmbH	0	0	#WERT!	#DIV/0!
Haase Gummi und Kunststoff	1	1	5,00	0,00
Härtetechnik Chemnitz GmbH	740	700	7,43	2,89
INDUCTOHEAT Europe GmbH	1	1	9,00	0,00
Jäger Gummi und Kunststoff GmbH	3	3	32,00	1,67
Kerb-Konus-Vertriebs-GmbH	0	0	#WERT!	#DIV/0!
Kneissler Brünieretechnik GmbH	4	4	9,00	0,50
Maschinenbau und Handelsvertretung	4	4	4,75	20,73
Metallveredlung Plattling GmbH	5	4	11,60	0,25
Mieruch & Hofmann GmbH	5	5	7,40	0,20
Peiner Umformtechnik GmbH	5	5	9,40	3,80
REC Fastening GmbH	3	3	8,33	8,00
Rimmler GmbH	19	16	17,37	3,38
Rudolf Clauss GmbH & Co.	10	10	14,50	2,00
W+O Niettechnik GmbH	1	1	4,00	1,00

In Analyse 1 wurde die Dauer der Fremdbearbeitungen und der zugehörigen Kontrollarbeitsgänge untersucht. Dafür wurden die Fremdbearbeitungen betreffenden alle Warenein- und -ausgänge sowie das Freigabedatum nach einer Fremdbearbeitung analysiert. Der Betrachtungszeitraum erstreckt sich von November 2013 bis April 2014.

Die Durchschnittliche Dauer wurde separat für jeden Fremdbearbeiter nach Formel X.X ermittelt

$$\bar{t}_{AH} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{AHi}}{n_{FB}}$$

\bar{t}_{AH} Durchschnittliche Dauer außer Hause in [Tagen]

t_{AH} Dauer außer Haus

n_{FB} Anzahl der Fremdbearbeitungen

Dabei wurden im Vorfeld, arbeitsfreie Tage aus der Berechnung der Dauer ausgeschlossen.

Die Anzahl der betrachteten Werte je Fremdbearbeiter gibt eine Aussage über die Güte der Berechneten Durchschnittsdauer, da sich einzelne Abweichungen bei einer geringeren Anzahl betrachteter Werte stärker auswirken.

Deshalb wurden die ermittelten Werte mit den Vertriebsmitarbeitern und den Mitarbeitern der Qualitätssicherung geprüft. Diese führte zu dem Ergebnis, dass die Dauer der Kontrolle nach einer Fremdbearbeitung, die nicht der Wärmebehandlung zuzuschreiben ist, auf einen Tag festgesetzt wird. Die in der Analyse angezeigten längeren Dauern, ergeben sind darauf zurück zu führen, dass entweder Reklamationen erfolgt sind oder die Aufträge aufgrund niedriger Dringlichkeit nicht direkt weiterverarbeitet wurden. Dies sind jedoch beides Faktoren, die bei der Kapazitätsplanung nicht berücksichtigt werden.

Für die Firmen Großenhainer Gesenk- und Freiformschmiede, HEAT Sachsen GmbH und Kerb-Konus-Vertriebs-GmbH sind keine Werte ermittelt wurden, weil im Betrachtungszeitraum keine Fremdbearbeitungen bei diesen Unternehmen durchgeführt wurden. Deshalb wurden für diese Unternehmen Dauern anhand von Erfahrungswerten festgelegt.

Es ergeben sich individuelle Planzeiten für jedes Fremdbearbeitungsunternehmen, die in Tabelle D dargestellt sind:

Tabelle D: Planzeitwerte für die Fremdbearbeitungen

Fremdunternehmen	Tage Außer Haus
AMS Technology GmbH	5
Benseler Oberflächentechnik GmbH	9
Benseler Sachsen GmbH	7
Brüfa Brünierbetrieb	2
FWM Metalltechnik GmbH	20
Galvanotechnik Baum Zwönitz	7
GESI - Gewindegewinde Thuringen GmbH	7
Großenhainer Gesenk- u. Freiformschmiede	5
Gruppe HEAT Sachsen GmbH	8
Haase Gummi und Kunststoff	5
Härtetechnik Chemnitz GmbH	8
INDUCTOHEAT Europe GmbH	9
Jäger Gummi und Kunststoff GmbH	32
Kerb-Konus-Vertriebs-GmbH	5
Kneissler Brünieretechnik GmbH	9
Maschinenbau und Handelsvertretung	5
Metallveredlung Plattling GmbH	12
Mieruch & Hofmann GmbH	8
Peiner Umformtechnik GmbH	47
REC Fastening GmbH	9
Rimmler GmbH	15
Rudolf Clauss GmbH & Co.	15
W+O Niettechnik GmbH	4

Anlage 6: Analyse 2 –Untersuchung der Verteilzeiten

Es existieren die folgenden Maschinenstatus:

- Produktion
 - Rüsten

 - Allgemeine Störung
 - Keine Hilfsmittel
 - Keine Bediener
 - Kein Einrichter
 - Massage
 - Prüfung
 - Putzen
 - Transport
 - Versammlung
 - Warmlaufzeit
 - Wartezeit
 - WZ-Wechsel

 -
 - Wartung
 - Reparatur

 -
 - Pause
 - Schichtende
-
- The diagram shows three groups of machine status items, each enclosed in a box. The first group, labeled 'Verteilzeit', includes: Allgemeine Störung, Keine Hilfsmittel, Keine Bediener, Kein Einrichter, Massage, Prüfung, Putzen, Transport, Versammlung, Warmlaufzeit, Wartezeit, and WZ-Wechsel. The second group, labeled 'Stillstand', includes: Wartung and Reparatur. The third group, labeled 'Planstillstand', includes: Pause and Schichtende.

Der Status „allgemein Störung“ wird automatisch in das System geschrieben, wenn innerhalb eines festgelegten Zeitraumes kein erneuter Stückzahl Impuls ausgelöst wird. Dieser Stückzahlimpuls wird durch den Start des NC-Programmes an den Counter übergeben. Der festgelegte Zeitraum um im Status Produktion zu bleiben, ergibt sich aus der zweifachen in der Kalkulation für diesen Arbeitsgang festgelegten Produktionszeit. Zweifach deswegen, weil 100% Puffer einberechnet werden.

Die Verteilzeit wird als Prozentwert im Vergleich zur Produktionszeit ausgegeben. Damit ermittelt dich der Verteilzeitfaktor nach Formel X.X

$$f_V = \left(\frac{100\%}{t_p} \right) * \sum_{i=1}^n t_{Vi}$$

f_V Verteilzeitfaktor in [%]

t_p Produktionszeit in [min]

t_{Vi} Verteilzeit des Typs i in [min]

Verteilzeiten im CNC-Bereich

Maschine	Produktion	Rüsten	Allg. St.	keine HM	kein Bed.	kein Einr.	Massage	Prüfung	Putzen	Transp.	Versam.	Warml.	Wartez.	WZ-Wechsel	Verteilzeit mit Störung
CMZ TB-46	40,6	2,6	7,7				0,2		3,7	0,5		0,1	0,2		30,54
CMZ TB-46/2	25,1	1,4	8,2		0,1				0,8	0,3		0,7	0,2		41,04
Biglia 301 M	30,2	2,8	6,3						0,7	1,0		0,1	0,1	0,1	27,48
Biglia 545	32,1	4,1	7,5						0,3	0,6			0,2	0,5	28,35
Mori Seiki NL 1500	64,1	2,5	6,9	0,1			0,1		2,1	1,9	0,1	0,4		0,6	19,03
Mori Seiki CL 1500	36,6	1,4	12,2		2,0				0,9	0,3		0,1	0,2		42,90
CMZ TL 15 M	39,0	2,7	10,7		0,2	0,1		0,1	0,9	0,9		0,1		0,2	33,85
Mori Seiki SL 00_Ma30	21,2	0,7					0,2		0,1	0,3			0,1	0,1	3,77
Durchschnittswert:															28,37
Mori Seiki SL35_Ma26	34,4	3,7	5,5		1,7				0,3	0,8		0,6	0,3		26,74
Biglia 550	32,1	4,5	3,9					0,1	0,8	1,1		0,4	0,2	0,1	20,56
Biglia 550_2	63,8	3,3	6,2				0,1	0,2	2,3	1,6	0,1	0,4			17,08
ZL 200	43,3	1,0	10,5		0,1			0,2	1,1	1,1		0,1	0,1	0,3	31,18
Okuma ES-L10	29,4	1,0	1,8		0,1				1,1	1,0		0,2			14,29
Biglia B658YB	31,4	3,0	8,0				0,1	0,2	0,5	0,6		0,1			30,25
Okuma LB 3000	28,1	1,0	4,7		0,1				1,1	1,1		0,2		0,1	25,98
NL2500MC_700	40,2	2,1	8,3		1,1	0,1		0,1	0,8	0,5		0,1	0,1		27,61
Mori Seiki NZL 2000	47,5	0,8	18,8				0,2		1,4	0,7		0,1	0,1	0,4	45,68
Durchschnittswert:															26,60
Biglia 1200 M	54,2	1,5	3,5						0,3	0,1			0,4		7,93
Biglia 1200 M_2	45,5	2,3	3,5						0,3			0,3	0,7	0,1	10,77
Biglia 1200 M_3	31,6	3,2	7,3						0,3	1,0		0,1		0,4	28,80
Boehring VDF 16M_4	35,3	4,0	4,3		0,7	0,1			0,5	0,5		0,4	0,3	0,1	19,55

Boehringer VDF												
16M_2	23,4	1,1	6,4			0,7	0,1		0,7			33,76
CMZ TC15 Y	42,9	1,9	5,2		0,2	3,7	0,4		0,1	0,3		23,08
Durchschnittswert:												20,65
Biglia 650 YS	55,6	22,5	3,7		0,1	0,7	0,3		0,3			9,17
Biglia 650 YS_2	29,3	2,0	5,8		0,1	0,1	0,4	0,6	0,1			24,23
Biglia 465 Y2	50,2	1,4	12,6		0,1	1,0	0,6		0,1	1,0		30,68
Biglia B658YS	51,9	1,1	3,5			0,4	0,2		0,2			8,29
Durchschnittswert:												18,09
KS_Segment	46,7	1,4	13,6			0,1	0,9	0,2	0,2	0,2		32,55
Monforts RNC200	0,7	0,1				Maschine als Reserve keine produktive Maschine					0,00	
Harding Talent 6_46						Keine Maschinendatenerfassung					#DIV/0!	
Biglia 301	5,1	2,2							0,2			3,92
Mahle_Segment	8,2	0,6				0,1	0,2					3,66
Okuma ES_L 8	25,8	1,3	7,3		0,1	1,2	0,7		0,3	0,2		37,98
Okuma ES_L 8_2	4,9	0,4	1,7			0,2	0,2		0,3			48,98
Okuma LB 200M_C500	16,0	0,7	5,1		0,1	0,5	0,5		0,5	0,2		43,13
MTU_Segment						Keine Maschinendatenerfassung						
Harding Talent 8_52	7,1	0,2	1,9			0,3	0,1					32,39
Biglia 650	32,0	0,4	4,2			1,1	0,6		0,1	0,1		19,06
						Maschinen für Proben- und Werkzeugfertigung und als Reserve						
Mori Seiki SL00_Ma28	7,9	0,3			0,1		0,1		0,1			3,80
Mori Seiki SL15_M	30,2	0,9				0,5	0,1					1,99
WEBPTURN 315	4,1						0,1					2,44
CNC_Maschine Traub												#DIV/0!
3												#DIV/0!
Mori Seiki SL 35_Ma27	4,4	1,4										0,00

Die Verteilzeiten im Bereich CNC sind stark abhängig von dem auf der Arbeitsstation gefertigten Auftrag sowie von dem Auftragsauftrag auf der/den anderen Arbeitsstation/en in der Bediengruppe, sodass ein genereller Wert von 23% für alle Arbeitsstationen im CNC-Bereich festgelegt wird.

Verteilzeiten im Bereich Sägen

Maschine	Produktion	Rüsten	Allg. St.	Putzen	Transport	Verteilzeit mit Störung	Verteilzeit ohne Störung
Amada HA_250W	11,30	5,40	27,50		0,40	246,90	3,54
Amada CM_150 AN	28,00	1,70	17,20	0,10	0,50	63,57	1,79
Jaespa Compact 4	5,00	1,00	16,10		0,10	324,00	2,00
Ohler Kaltkreissaege	28,70	0,90			0,10	0,35	0,35
Amada CM_75 CNC	28,60	1,30	17,80		0,30	63,29	1,05
Durchschnittswert:						139,62	1,74

Beim Sägen zeigt sich, dass aufgrund der Mehrmaschinenbedienung, extrem hohe Verteilzeiten entstehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Maschinen zum Teil auf dem Status Produktion stehen aber nicht produktiv sind, weshalb der Status allgemeine Störung auftaucht. Aufgrund der unzuverlässigen Daten wird ein allgemeiner Verteilzeitzuschlag von 20% festgesetzt.

Verteilzeiten im Bereich Pressen

Maschine	Produktion	Rüsten	Prüfung	Massage	Putzen	Schulung	Transport	Warml. Vers.	Wartez.	WZ.-W.	Verteilzeit
Presse 1 SSP 125H	12,60	0,70			0,10		0,10	0,50			5,56
Presse 2 SES 160A	0,50	5,30									0,00
Presse 3 HL 160	29,30	5,90			0,10	0,20	0,10	0,10	0,90	0,10	5,12
Presse SPR 400 SO	32,90	7,40	0,10		0,20	0,30	0,20	0,70		0,10	4,86
Presse 6 HYS-K125	21,80	2,50		0,10		0,20	0,70	0,60	1,00		11,93
Durchschnittswert:											5,49

Verteilzeiten im Bereich Strahlen

Maschine	Produktion	Rüsten	Kein. Bed.	Massage	Putzen	Transp.	Wartez.	Verteilzeit	Bemerkung
Gutmann MB-4.4-2/7,5	26,10	14,00		0,10	1,60			6,51	
MWJ	8,40	16,20	0,40		4,50	0,80	12,80	220,24	Fehler bei Anmeldung

Auch beim Strahlen führen fehlerhafte An- und Abmeldungen zu falschen Daten. Es wird ein Verteilzeitfaktor von 10% beim Strahlen festgelegt.

Verteilzeiten im Bereich Fräsen

Maschine	Produktion	Rüsten	Putzen	Transport	Verteilzeit
Fräsmaschine FW 315/E	3,4	0,2	2,3	0,1	70,58
Fräsmaschine FN 32	Werkzeugfertigung				/

Verteilzeiten im Bereich Schleifen

Maschine	Produktion	Rüsten	Kein Bed.	kein Einr.	Massage	Putzen	Transp.	Wartez.	Verteilzeit	Bemerkung
Centerleßschleifmaschine SR 100-2	12,20	0,50	0,10			1,30	0,20	0,80	19,67	
Außenrundsleifmaschine	4,90	0,80					0,10	1,40	30,61	
Centerless_Wiki	18,80	4,30			0,10	3,20	0,20	0,90	23,40	
Durchschnittswert:									24,56	
Flaechenschleifmaschine MF 6_A	6,20	0,60		0,1					1,61	Probenfertigung

Verteilzeiten im Bereich Stempeln

Maschine	Produktion	Rüsten	kein Einr.	kein Bed.	Massage	Putzen	Transport	Verteilzeit
Stempelmaschine 69 MV 74	8,80	1,30	0,10			0,30	0,70	12,50
CNC-Signiermaschine 2 MV5	28,50	3,70				0,20	5,10	18,60
CNC-Signiermaschine 3 MV5	30,90	2,50		0,10	0,10	0,20	2,10	8,09
Signiermaschine_MA76	14,70	11,10					0,10	0,68
Signiermaschine_MA124	38,40	0,10		0,10				0,26
Signiermaschine_MA133	24,00	0,20		0,20			0,10	1,25
Durchschnittswert:								6,90

Verteilzeiten im Bereich Rollen

Maschine	Produktion	Rüsten	Allg. St.	Rollkraft zu			WZ-		Verteilzeit mit Störung	Verteilzeit ohne Störung	Bemerkung	
				Massage	Prüfung	Putzen	niedrig	Transp.				Warml.
UPWS16_Ma11	9,60	5,00		0,10	0,10			3,20		35,42	35,42	Festgelegter Wert 25%
UPWS16_Ma12	8,50	3,50		0,10	0,10			2,30		29,41	29,41	
PR30E	12,30	4,00		0,10		0,10		3,00		26,02	26,02	
Durchschnittswert:										30,28	30,28	
PW30E	16,50	4,20	5,80	0,10		0,10	0,10	2,30		50,91	15,76	Festgelegter Wert 25%
PW50	16,20	9,40	5,80			0,10		4,80	0,30	67,90	32,10	
Durchschnittswert:										59,41	23,93	
PWZ80	21,70	15,70	11,50	0,20		0,10	0,10	4,60		76,04	23,04	Festgelegter Wert 25%
PWZ80_100	24,70	9,50	7,50			0,10	0,20	1,40	0,10	37,65	7,29	
Durchschnittswert:										56,84	15,16	

Im Bereich Rollen wurde festgestellt, dass aufgrund des Rollens von zwei Gewinden innerhalb einer Arbeitsverrichtung, jedoch der Planzeitangabe für nur ein zu Rollendes Gewinde eine sehr hoher Anteil von allgemeinen Störungen existiert, deswegen wird aus Erfahrungswerten der ermittelte Verteilzeitfaktor verringert und auf 25% festgelegt.

Verteilzeiten im Bereich Waschen

Maschine	Produktion	Rüsten	Transport	Verteilzeit
Waschmaschine DUERR	7,7	5,3	0,2	2,60

Verteilzeit im Bereich Anbohren

Maschine	Produktion	Rüsten	kein Bed.	kein Einr.	Putzen	Transp.	Warml.	Verteilzeit
Anbohrbank UMA 15	8,30	7,00	0,10		0,10	1,20	0,50	22,89
Anbohrbank UMA 16	12,40	8,00	0,10		0,20	1,20	0,10	12,90
Zentriermaschine groß	17,30	1,30	0,10	0,80	0,30	0,60		10,40
Zentriermaschine klein	12,50	1,60	0,20		0,20	0,30		5,60
Endenbearbeitungsmaschine	10,30	0,60			0,20	0,10		2,91
Durchschnittswert:								10,94

Verteilzeit im Bereich Spiegeln

Maschine	Produktion	Rüsten	kein Bed.	Putzen	Transp.	Verteilzeit
Hydraulische Spiegelbank	9,80	8,50	0,30	0,40	0,10	8,16
Spiegelbank_Ma21	0,10	0,20				0,00
Spiegelbank_Ma22	0,50	0,10				0,00

Verteilzeit im Bereich Schmirgeln

Maschine	Produktion	Rüsten	kein Einr.	Prüfung	Putzen	Transp.	Verteilzeit
Spitzendrehbank TUM 35 D_MA83	7,30	12,40	1,00			0,50	20,55
Spitzendrehbank TUM 35 D1_MA121	9,40	0,20		0,50		0,60	11,70
Schmirgeln_Entgraten	1,90				0,10		5,26
Durchschnittswert:							12,50

Verteilzeit im Bereich Richten

Maschine	Produktion	Rüsten	Transp.	Verteilzeit
Richtpresse Eigenbau MA7	8,00	0,10	0,30	3,75
Richtmaschine CR 16.1.20	3,10	17,70		0,00
Richtpresse 25to	9,40	0,10	0,30	3,19
Richtpresse 100to	0,60		0,10	16,67
Durchschnittswert:				5,90

Verteilzeit im Bereich Erodieren

Maschine	Produktion	Rüsten	Transp.	Verteilzeit
Senkerodiermaschine	7,4	Werkzeugfertigung - keine Vertielzeit		

Verteilzeit im Bereich Rissprüfen

Maschine	Produktion	Rüsten	Massage	Prüfung	Putzen	Transp.	Versam.	Verteilzeit
Risspruefmaschine UH 750_MA41	36,50	1,20	0,10			1,80		5,21
Risspruefmaschine UH 500_MA41	33,80	1,90	0,20			2,90		9,17
Risspruefmaschine Tiede 900WS_1	29,50	2,40	0,10		0,10	4,70		16,61
Risspruefmaschine Tiede 900WS_2	22,00	1,40	0,10			3,30	0,10	15,91
Durchschnittswert:								11,72
Risspruefmaschine Karl Deutsch	5,20	0,50				1,20		23,08

Verteilzeit im Bereich Versand

Maschine	Produktion	Rüsten	Massage	Verteilzeit
Versand 1	23,5	0,5	0,1	0,42553191
Versand 2	21,3	0,1	0,1	0,46948357
Versand 3	18,6	0,3		0
Versand 4	23,3	0,9		0
Versand 5	12,9	6,3		0
Versand 6	21,4	0,5		0
Versand 7	21,8	0	0,1	0,4587156
Durchschnittswert:				0,19339015

Anlage 7: Analyse 3 - Untersuchung der Auftragsplittung

Für die Auftragsplittung wurden ausschließlich AG im CNC-Bereich untersucht, dies begründet sich darin, dass dieser den Schwerpunktbereich darstellt.

Da im CNC-Bereich die meisten Splittung stattfinden, sind die ermittelten Werte trotzdem aussagekräftig.

Anzahl Maschinen pro AG	Anzahl Aufträge	Prozentualer Auftragsanteil an Gesamtauftragsanzahl
7	1	0,01
6	0	0,00
5	1	0,01
4	11	0,06
3	60	0,33
2	721	4,00
1	17229	95,59

Gesamtauftragsanzahl:

Splittungen gesamt: 4,41 %

Anlage 8: Analyse 4 – Untersuchung der Arbeitsgangdauer im CNC-Bereich

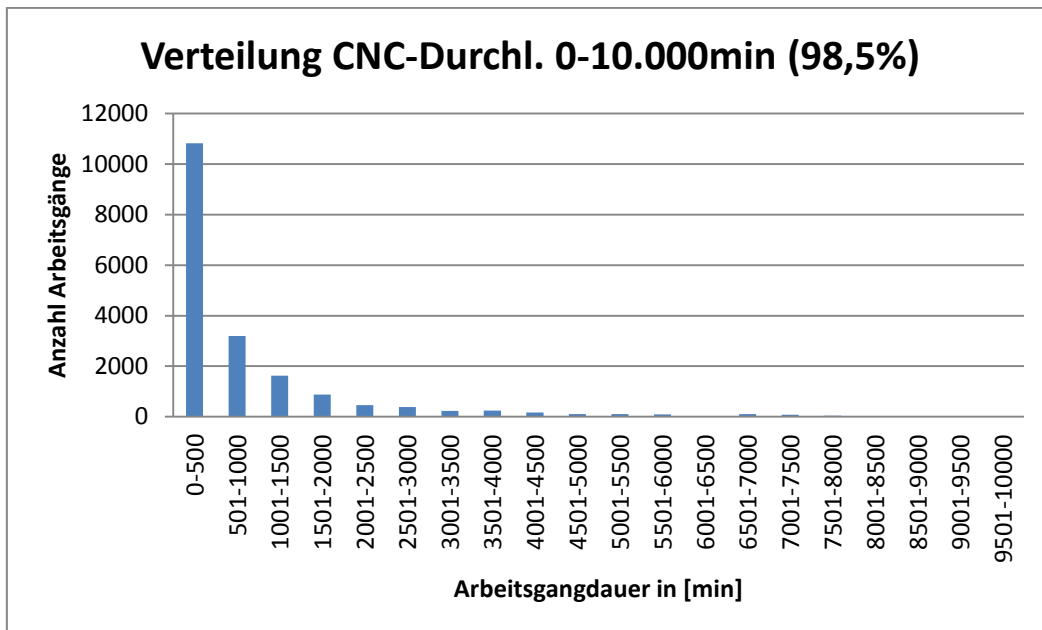


Abbildung G: Verteilung der CNC-AG bis 10.000 Minuten

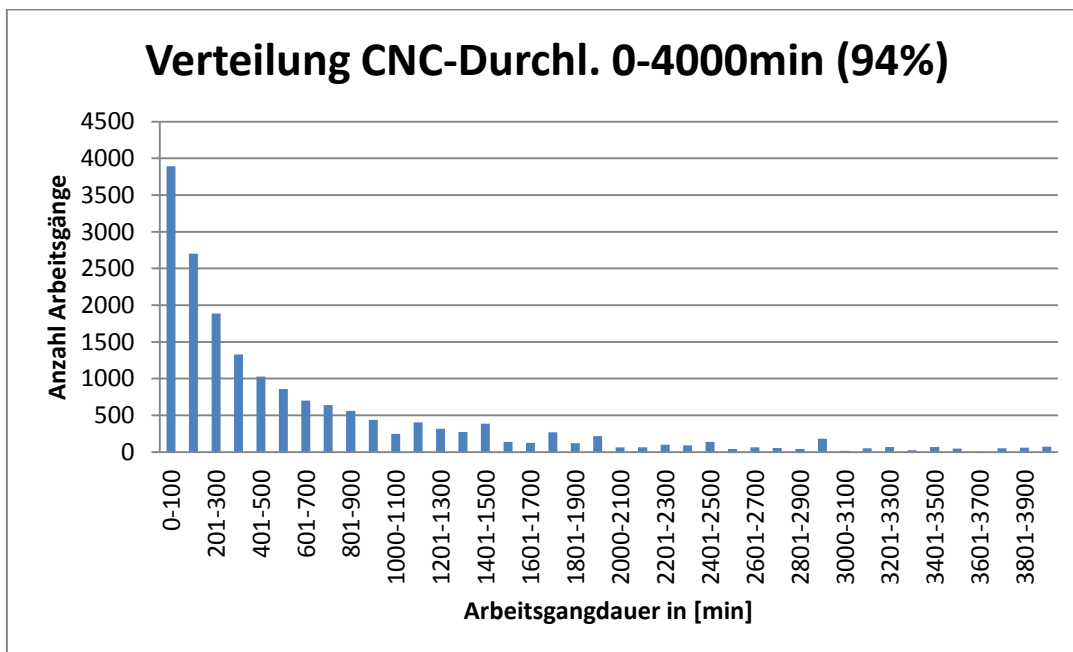


Abbildung H: Verteilung der CNC-AG bis 4000 Minuten

Anlage 9: Beispiel eines Maschinenbewertungsschemas

		11037				
Kalkulationsnummer:						
Arbeitsgangnummer:		20	25	55	60	65
Arbeitsstationen sortiert nach Kostenfaktor	Harding 6/45	0	0	0	0	0
	B 301	0	0	2	0	0
	Monforts	0	0	2	0	0
	CMC-TC 15	2	2	0	0	2
	CMZ-TB 46	0	0	2	0	0
	CMZ-TB 46/2	0	0	2	0	0
	NL 2500 MC	1	1	1	1	1
	CL 1500	0	0	2	0	0
	CMZ-TL 15	0	0	2	0	1
	ZL 200	2	2	0	2	0
	SL 15	0	0	2	0	0
	NZL 2000 MC	0	0	0	0	0
	Quattro B 465	0	0	0	0	0
	Okuma LB 300	1	1	1	1	0
	ESL 8 Z	0	0	2	0	0
	Esl 8 B	0	0	2	0	0
	B 1200 B	2	2	0	2	0
	B 545	0	0	0	0	1
	Hardinge 8/52	0	0	0	0	0
	B650 MC	2	2	0	2	2
	NL 1500 MC	0	0	2	0	1
	B 550	0	0	1	0	0
	SL 35	1	1	1	1	0
	VDF - C	0	0	0	0	0
	VDF - D	0	0	2	2	0
	SL 00	0	0	0	2	0
	B 550 MB	0	0	1	2	1
	B 301 M	0	0	2	2	1
	Okuma LB 3000	1	1	1	2	0
	ESL 10	0	0	1	2	0
	B 650 YS	0	0	0	2	0
	B 650 YS	0	0	0	2	0
	B 658 YB	1	1	0	2	0
	B 658 YS	2	2	0	2	0
B1200 A	2	2	0	2	0	
B 1200 C	2	2	0	2	0	

Abbildung I: Beispielschema für die Maschinenbewertung