

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
DOCTORAL THESIS  
17/2018

**Entwicklung eines Expertensystemmodells  
zur Verbesserung des  
Wertschöpfungsprozesses des  
Unternehmens für KMU in der  
Fertigungsindustrie**

JAAK LAVIN



TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

School of Engineering

Department of Mechanical and Industrial Engineering

This dissertation was accepted for the defence of the degree of Doctor of Philosophy in Engineering on 03/05/2018.

Supervisor: Prof. Jüri Riives  
Department of Mechanical and Industrial Engineering  
School of Engineering  
Tallinn University of Technology

Opponents: Eduard Brindfeldt, PhD  
Department of Mechanical engineering, electronics and IT  
Tallinn Industrial Education Centre

Artis Kromanis, PhD  
Department of Material Processing Technologies  
Institute of Mechanical Engineering  
Faculty of Mechanical Engineering, Transport and Aeronautics  
Riga Technical University

Defence of the thesis: 07/06/2018, Tallinn

Declaration:

Hereby I declare that this doctoral thesis, my original investigation and achievement, submitted for the doctoral degree at Tallinn University of Technology has not been submitted for doctoral or equivalent academic degree.

/Jaak Lavin/

.....  
Signature

Copyright: Jaak Lavin 2018  
ISSN 2585-6898 (publication)  
ISBN 978-9949-83-247-7 (publication)  
ISSN 2585-6901 (PDF)  
ISBN 978-9949-83-248-4 (PDF)

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
DOKTORITÖÖ  
17/2018

**Ettevõtte väärtuse loomise protsessi  
tõhustamise ekspertsüsteemi  
mudeli väljatöötamine  
töötleva tööstuse VKE-dele**

JAAK LAVIN



# INHALTVERZEICHNISCH

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	7
EINFÜHRUNG .....	8
1 ÜBERBLICK ÜBER DIE GRUNDSÄTZE ZUR VERBESSERUNG DER EFFIZIENZ DES WERTSCHÖPFUNGSPROZESS .....	13
1.1. Industrieunternehmen als System .....	13
1.2. Bewertung der Effizienz der Produktionsprozesse des Unternehmens .....	21
1.3. Analyse von Modellen und Systemen zur Bewertung der Leistung eines Unternehmens .....	24
1.4. Zusammenfassung des ersten Kapitels.....	28
2 ANALYSE DER ENGPÄSSE UND DES VERBESSERUNGS-POTENZIALS DER WERTSCHÖPFUNGSPROZESSE VON PRODUKTIONSUNTERNEHMEN .....	30
2.1. Wichtige Kriterien für das Waren- und Dienstleistungsangebot an die Kunden..	30
2.2. Grundsätze der Datensammlung und Übersicht über die Datensammlung von heutigen Problemen und Engpässen in Unternehmen. ....	31
2.3. Ausgangspunkt für ein umfassendes Modell-Framework zur Bewertung der heutigen Engpassanalyse und Prozessperformance von Wertschöpfungsprozessen in produzierenden Unternehmen. ....	36
2.3.1. Produktionsplanung und -steuerung .....	44
2.3.2. Produktentwicklung und Produktportfolio-Management .....	45
2.3.3. Materialwirtschaft und Einkaufsaktivitäten .....	46
2.3.4. Organisation der Produktionstätigkeiten .....	47
2.3.5. Wartung und Reparatur von Anlagen .....	47
2.3.6. Qualitätssicherung und Kontrolle .....	48
2.3.7. Organisation der Arbeit am Arbeitsplatz .....	49
2.3.8. Informationsfluss und Informationssystem .....	50
2.3.9. Vertrieb und Marketing .....	51
2.4. Zusammenfassung des zweiten Kapitels .....	51
3 MODELLE UND VERFAHREN ZUR EFFIZIENZSTEIGERUNG VON PRODUKTIONSPROZESSEN .....	52
3.1. Prinzipien zur Steigerung der Prozesseffizienz .....	52
3.2. Werkzeuge und Methoden, um den Wertschöpfungsprozessen effektiver zu gestalten.....	58
3.3. Unterschiedliche Konzepte zur Reduzierung von Zeichnungen .....	60
3.4. Zusammenfassung des dritten Kapitels .....	63
4 ENTWICKLUNG EINES EXPERTENSYSTEMMODELLS ZUR MESSUNG DER EFFIZIENZ UND ERHÖHUNG DER EFFEKTIVITÄT DER WERTSCHÖPFUNGSPROZESSE DES UNTERNEHMENS ....	65
4.1. Zweck und Aufgaben der Expertensystemlösung zur Verbesserung der Wertschöpfungsprozesse .....	65
4.2. Allgemeine Prinzipien des Expertensystemmodellrahmens .....	66
4.3. Fünf Schritte bei der Entwicklung einer Expertensystemlösung zur Verbesserung der Prozesse von Unternehmensprozessen .....	68
4.3.1. Fragebogen zur Selbsteinschätzung.....	68
4.3.2. Struktur der Multiple-Choice-Fragen und Bewertungsgrundlagen.....	72
4.3.3. Modell für die Selbstbewertungsfragebogenanalyse und ihre Interpretation .....	74
4.3.4. die Ermittlung der Ursachen der kritischen Zeitverluste .....	77
4.3.5. Auswahl von Lösungen (Modell und Methode) zur Beseitigung von Engpässen..	79

4.4. Zusammenfassung von Kapitel 4 .....	80
5 IT-LÖSUNG DES EXPERTENSYSTEMS UND IHRE VERWENDUNG IN UNTERNEHMEN ...	82
ZUSAMMENFASSUNG .....	85
EXTENDED SUMMARY .....	90
LAIENDATUD KOKKUVÖTE .....	102
REFERENZLISTE.....	114
LISTE DER VERÖFFENTLICHUNGEN .....	120
ANHANG 1 URSACHEN FÜR ZEITVERLUSTE.....	121
ELULOOKIRJELDUS .....	123
CURRICULUM VITAE .....	125

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

20 Key	20-Schlüssel-Programm ( <i>20-key program</i> )
5S	Gewährleistung der Organisation des Arbeitsplatzes ( <i>workplace organization method</i> )
7W	7 Waste - Sieben Arten von Verschwendungen
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
CAF	<i>Common Assessment Framework</i>
CSF	<i>Critical Success Factors</i>
EFQM	<i>European Foundation for Quality Management Excellence Model</i>
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
FuE	Forschung und Entwicklung ( <i>Research and Development</i> )
IKT	Information und Kommunikation Technologie
IT	Information Technologie
JIT	<i>Just in time</i>
KEF	kritische Erfolgsfaktoren ( <i>Critical Success Factors</i> )
KMU	Kleiner und Mittlerer Unternehmen ( <i>Small and Medium Enterprises</i> )
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MBNQA	<i>Malcolm Baldrige National Quality Award</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OLE	<i>Overall Labour Effectiveness</i>
OPDCA	<i>Observe -Plan-Do- Check-Act - Cycle</i>
OPEX	<i>Operational Excellence</i>
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung ( <i>Association for Work Design, Business Organization and Development</i> )
RFID	<i>Radio-frequency identification</i>
SME	<i>Small and Medium Enterprises</i>
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
TOC	<i>Theory of Constrain</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
UIC	<i>Ultimate Improvement Cycle</i>
VDMA	Verband Deutsche Maschinen- und Anlagebau e.V ( <i>German Engineering Federation</i> )
VKE	Väikesed ja Keskmised Ettevõtted ( <i>Small and Medium Enterprises</i> )
WIP	<i>Work in Process</i>
XPS	<i>Expert System</i>

## EINFÜHRUNG

Die konkurrenzfähige, nachhaltige Entwicklung des Unternehmens ist in kontinuierlichem Wandel, bei dem die Optimierung der Ressourcennutzung, die Ermittlung der Investition, die Definition der technologischen Entwicklung und die Planung der institutionellen Veränderungen von den unmittelbaren Bedürfnissen ausgehen, gleichzeitig aber auch den Bedürfnissen der konsolidierten, künftigen Entwicklung dienen. Nachhaltige Produktion basiert auf einer geplanten Unternehmensproduktspolitik, einem flexiblen Produktionssystem und einer Agilität im Prozessmanagement auf Basis der wirtschaftlichen, sozialen und technologischen Entwicklung des Geschäftsumfelds und der Marktbedürfnisse (Riives, 2011).

Das Ziel der Geschäftstätigkeit ist es Werte zu schaffen. Diese Aktivität wird zunehmend von der Weltwirtschaft und Integration beeinflusst. Kundendominanz steigt mit Marktsättigung. Mit Hilfe des Internets können sich Kunden schnell einen Überblick über Lieferanten und Preise schaffen. Diese Art von Markttransparenz hilft dem Kunden den besten Lieferanten zu wählen. Der Zusammenschluss zu größeren Unternehmen erzeugt auch größere Kunden, deren Preisdruck an Lieferanten weitergegeben wird, was Bedingungen für aufstrebende Märkte, für Kundenmärkte, schafft. Wachsender Wettbewerb, wachsende Kundennachfrage und technologische Entwicklung richten sich auf den immer kürzeren Produktlebenszyklus (Arndt, 2010).

Unter diesen Bedingungen wird die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch eine Steigerung der Effizienz der Wertschöpfungskette als Ganzes immer wichtiger und bewahrt die wesentliche Flexibilität der Prozesse in der Produktion. All dies kann durch Verbesserungen der Kernprozesse des Unternehmens erreicht werden um die Qualität zu sichern, Kosten zu senken, Gewinne zu optimieren und Mitarbeiter einzubeziehen. Um die Wettbewerbsfähigkeit eines Industrieunternehmens zu erhöhen reicht es nicht aus, die Produktivität der Maschinen zu steigern oder die Qualitätssicherungsphilosophie aufzuschreiben. Probleme liegen oft an der fehlenden Bereitschaft die Prozesse kontinuierlich zu verbessern (Kletti und Schumacher, 2011).

Im Mittelpunkt dieser Forschungsarbeit steht ein Industrieunternehmen, eine gut organisierte, juristisch, produktionstechnisch, organisatorisch und sozial unabhängige Einheit, in der Produkte und Dienstleistungen durch eine Kombination von Produktionsfaktoren produziert und vermarktet werden. Der Kernprozess eines solchen Industrieunternehmens ist der Prozess der Wertschöpfung bzw. der Produktionsprozess, unter dem wir die Schaffung von marktfähigen Produkten aus materiellen und immateriellen Produktionsfaktoren, nach bestimmten technischen und technologischen Methoden, verstehen (Wöhe und Döring 2008).

Der Erfolg eines Industrieunternehmens basiert auf einer zielgerichteten, geplanten Tätigkeit, der Flexibilität und Effizienz der für die Umsetzung der Pläne erforderlichen Prozesse, der kontinuierlichen Überwachung der Prozesse und der Bewertung der tatsächlich erzielten Ergebnisse. Um die Wettbewerbsfähigkeit und den Erfolg des Unternehmens zu steigern und die Effizienz seiner Operationen zu erhöhen, ist es notwendig, mit Hilfe verschiedener Methoden und Modelle, die Effizienz der Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens zu bewerten, die Engpässe zu identifizieren und gezielte Maßnahmen zur Beseitigung der Engpässe des Systems durchzuführen, um so Prozesse effizienter zu gestalten.

Grundlage für dieses Forschung sind die Selbsteinschätzungs- und Diagnosemodelle zur Steigerung der Effizienz von Unternehmensprozessen nach den Prinzipien der verschiedenen *Excellence Modelle: Total Quality Management (TQM)* (Okland, 2006), *Balanced Scorecard*,



BSC (Okland, 2006; Bauer, 2016; Wiese, 2000), 20 Schlüssel (20 Key) (Wöhe und Döring 2008; Dickmann, 2007; Miina, 2012), CAF (Enesehindamise käsiraamat, 2004), Malcolm Baldrige Nationaler Qualitätspreis, (*Malcolm Baldrige National Quality Award, MBNQA*) (Okland, 2006), 360° Feedback zu Menschliches Verhalten (Lepsinger und Lucia, 2004), *Osterwalder Business Model Canvas*, ein Modell für die Erstellung und Bewertung von strategischen Zielen des Unternehmens (Osterwalder und Pigneur, 2011; Skok, 2017; *Business Excellence Matrix*, 2013), die sich auf die Zweckmäßigkeit von Geschäftsprozessen konzentriert, *Theory of Constraint (TOC)*, die sich auf Produktionsbeschränkungen und deren Beseitigung konzentriert, und die *Manufacturing Excellence* (The EFQM Excellence Model, 2016), die sich vor allem auf die Wertschöpfungsprozesse und deren Management-Effizienz konzentriert.

### **Forschungsziele und Aufgaben**

Ziel dieser Forschung ist es, ein Expertensystem zur Bewertung und Verbesserung der Effizienz kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) zu entwickeln, das dem estnischen KMU durch kritische Erfolgsfaktoren (KEF) und *Key Performance Indicators (KPIs)* hilft, die Effektivität der wichtigsten Geschäftsprozesse in ihren Unternehmen zu bewerten und die Ursachen von Zeitverlusten im Wertschöpfungsprozess zu entdecken und Lösungen vorzuschlagen um notwendige einzuleiten (Kletti et al 2011).

Expertensystem (*Expert System XPS*) ist eine, auf Basis menschlicher Erfahrung entwickelte, IT-Lösung, die dem Anwender hilft Probleme in einem bestimmten Feld oder Anwendungsgebiet zu lösen. XPS gibt dem Benutzer Handlungsanweisungen auf der Grundlage der hierfür erstellten Wissensbasis und beinhaltet und beinhaltet eine Funktionalität, die es dem Benutzer ermöglicht Datenerfassung und -verarbeitung zu verstehen. Daher enthält die XPS-Datenbank eine erklärende Wissenserfassung und Problemlösungskomponente.

Ein wichtiger Teil der Entwicklung eines Expertensystems ist die Definition der Prinzipien für die Auswahl und Gestaltung eines Expertensystemmodells. Die Modellierung beruht auf der allgemeinen Klassifikation von Modellen, wonach das Modell ein abstrakter Ausdruck der tatsächlichen Situation oder des Systems ist, dessen Zweck es ist, die wesentlichen Aspekte der betrachteten Situation durch mathematische Berechnungen, experimentelle Studien oder qualitatives und quantitatives Gutachten zu identifizieren und zu vereinfachen (Isemann und Münchhof, 2011; Carrie, 1988).

Wir können Modelle auf der Grundlage ihrer Beziehung zur realen Welt klassifizieren: Reale oder physische, stehen im Gegensatz zu vereinfachten bzw. reduzierten Modellen von realen Objekten, die auf tatsächlich existierenden Objekten und abstrakten Modellen basieren und zu mathematischen Modellen, wie zum Beispiel mathematische Formeln, die Denkmodelle sind. Modelle können zufällige Elemente (stochastische Modelle) oder fest fixierte Situationen (determinierte Modelle) (Nollau, 2009; Bungartz et al, 2009) enthalten. Mathematische Modelle werden wiederum in Optimierungsmodelle, Simulationsmodelle, Modellierungsmodelle, Tabellenentscheidungsmodelle usw. unterteilt. (Evans, 1993). Im Rahmen dieser Forschung wurde ein mathematisches Modell für die Entscheidungsfindung verwendet.

Der Zweck des XPS, der im Laufe der Forschung entwickelt wurde, ist es, dem Unternehmen zu helfen das Funktionieren der Wertschöpfungsprozesse, die Rollen und Verantwortlichkeiten der Akteure in den Prozessen, die Beziehungen zwischen ihren Teilprozessen und Aktivitäten besser zu verstehen und damit die richtigen Entscheidungen zu treffen. Der Zweck von XPS ist es dem Unternehmen sowohl Kenntnisse über die Stärken des Unternehmens und wichtige Verbesserungsmöglichkeiten zu geben als auch einen

Ratschlag zu erteilen, welche Verbesserungen eingeleitet werden sollten, damit das Unternehmen die Leistung der verbesserten Aktivitäten über einen bestimmten Zeitraum, durch Selbsteinschätzung, bewerten kann.

Das Expertensystem konzentriert sich auf den Wertschöpfungsprozess des Unternehmens, die Abwicklung von Kundenaufträgen und die Beurteilung der vorhandenen Leistung von Anlagen und Arbeitsplätzen durch die tägliche Geschäftstätigkeit des Unternehmens. Es wird die Engpässe und die Kritikalität, die in der Selbsteinschätzung identifiziert wurden, beurteilen und maßgeschneiderte Lösungen anbieten, um die bei der Analyse identifizierten Engpässe zu lösen.

Im Hinblick auf die unternehmensweite Analyse ermöglicht die XPS-Lösung den Vergleich der Ergebnisse des Unternehmens mit anderen Unternehmen in diesem Bereich (*Benchmarking*) (Bauer, 2016) und die Analyse der Effizienz der verschiedenen Themenbereiche im Zusammenhang mit der Schaffung der Wertschöpfungskette durch die Analyse der Unternehmensleistung auf der Grundlage der Geschäftstätigkeit des Unternehmens, des Umsatzes, der Anzahl der Mitarbeiter usw. Gleichzeitig können Unternehmen anonym bleiben.

Die XPS-Entwicklung stützt sich auf einem Fragebogen, der auf einer quantitativen Selbsteinschätzung von zweistufigen Sequenzindikatoren und Intervallindikatoren aus geht, die auf den Forschungsergebnissen der kleinen und mittelständischen Industrieunternehmen Estland basieren und ausgehend der Analyse von Engpässen, basierend auf der Ermittlung der prozessbasierten Zeitverluste von Unternehmen und der Ermittlung der Ursachen von Zeitverlusten, ausgearbeitet wurden.

Die Grundlage für die Strukturierung und Abgrenzung der zeitlichen Verluste, die in den Selbsteinschätzungsprozessen des Unternehmens auftreten, sind die Struktur der Kundenauftragsabwicklung und mit Anlagen und Arbeitsplätzen verbundene Zeitverluste, das heißt die Verfügbarkeit von Anlagen und Arbeitskraft, die Leistung von Anlagen, die Effizienz der Arbeitskraft und mit der Qualitätssicherung verbundene Zeitverluste, wobei die Ursachen für diese verschiedenen Zeitverlustbestandteile hervorgehoben werden, was wiederum ermöglicht diese Ursachen mit Modellen und Methoden verbinden, um bestimmte Zeitverluste zu reduzieren (eliminieren). Die Gesamtanlagen-Effektivität (*OEE - Overall Equipment Effectiveness*) (Lepsinger, 2004; Gustovich und Visnic, 2012) ist eine Maß für die Prozesssicherheit und den Wirkungsgrad von Maschine und der OLE - Gesamtarbeits-Effektivität (*OLE – Overall Labour Effectiveness*) (Evans, 1993; OLE, 2012) für die Prozesssicherheit und den Wirkungsgrad von Arbeitskraft.

Die Wahl von Lösungen, die Zeitverluste reduzieren, basiert auf der Auswahl von verschiedenen Modellen und Methoden der *LEAN Manufacturing* (siehe Kapitel 3), die mit einfachen Prinzipien der Arbeitsorganisation und Produktionsplanung ergänzt werden.

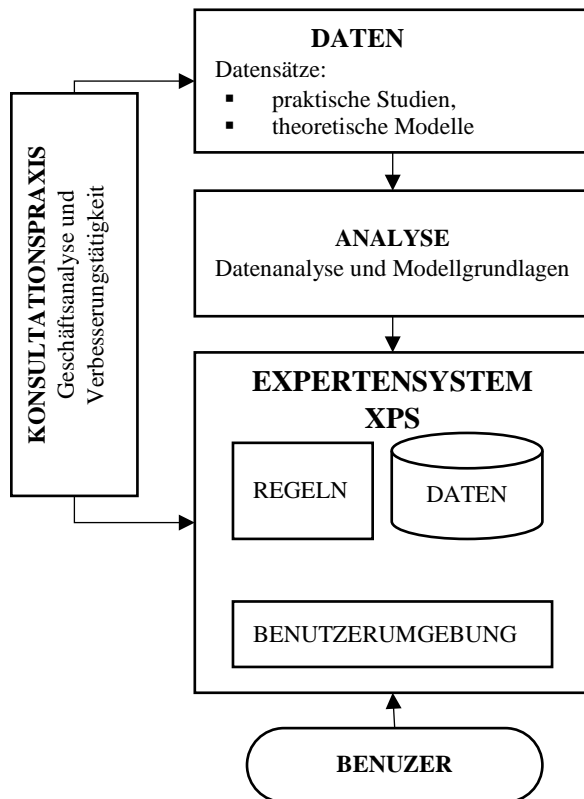


Bild 1. Expertensystem Entwicklungsprozess

Die Ziele der Forschung (Bild 1):

- Analyse der heutigen Engpässe und Verbesserungspotenziale der Schlüsselprozesse von Produktionsunternehmen
- Analyse von Modellen zur Bewertung und Erhöhung der Effektivität der Produktion als Wertschöpfungsprozess
- Datenanalyse und Design der Modellgrundlagen
- Entwicklung eines Experten-Systemmodells zur Messung der Effizienz und Leistungsfähigkeit von Unternehmensprozessen
- Implementierung von Expertensystem im Unternehmen.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wird ein Selbsteinschätzungsfragebogen zur Erkennung von Zeitverlusten des Fertigungsprozesses des Unternehmens ausgearbeitet. Die Grundsätze der Engpasserkennung und deren Verknüpfung mit Engpassbeseitigung werden mit Methoden und Modellen auf der Grundlagen der Ergebnisse der Analyse entwickelt. Das inhaltliche Lösungskonzept dient auch als Aufgabenstellung für die Entwicklung einer IT-Lösung.

Die Lösung basiert auf den oben beschriebenen Modellen und Methoden.

- Um die aktuelle Situation der Unternehmensprozesse zu beurteilen, wird ein quantitativer Fragebogen mit *Multiple-Choice*-Beurteilung zur Ermittlung von

Engpässen im Wertschöpfungsprozess verwendet, deren Detaillierungsgrad Einzelheiten zur Identifizierung spezifischer Engpässe hervorheben kann.

- Bei der Strukturierung und dem Benchmarking des Fragebogens wird eine BSC-ähnliche, vereinfachte KEF/KPI-Technik (Bell, 2006) verwendet, deren Grundlage der KMU-Wertschöpfungsprozess in den relevanten KEF formuliert und mit KPI verknüpft wird.
- Die erstellte Lösung ist auf kleine und mittlere Produktionsunternehmen ausgerichtet und wird die Zeitverluste, insbesondere den Produktionsprozess, als der Wertschöpfungsprozess, untersuchen und auch andere Prozesse, soweit sie mit Wertschöpfung im Unternehmen verknüpft sind.
- Die konzeptionelle Gestaltung der Lösung folgt den drei Hauptschritten des OPEX (*Operational Excellence*) (Kletti und Schumacher, 2011) Modells:
  - Analyse der aktuellen Situation des Unternehmens;
  - Identifizierung von Engpässen und
  - Bereitstellung von Lösungen für Bewältigung von Engpässen

### **Neuheit der Forschung**

Das im Rahmen der Forschung zu entwickelnde Expertensystem ist vor allem an KMU gerichtet und seine Neuheit ist, dass es sich um eine Expertensystem Lösung handelt, die sich nicht nur auf die Bewertung wichtiger Aspekte des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens konzentriert und Engpässe identifiziert, sondern auch Unternehmen mit Modellen und Methoden zur Bewältigung dieser Engpässe versorgt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Tatsache, dass sich das Expertensystem im Gegensatz zu anderen Selbsteinschätzungssystemen auf die Gestaltung von OPEX Modell basierten, betrieblichen Wertschöpfungsprozessen des Unternehmens konzentriert.

Auf der Grundlage der erhobenen Daten und der quantitativen Analyse der Ergebnisse verschiedener Unternehmen, ermöglicht das Modell die Bereitstellung von Sektor basierten Schätzungen (Verallgemeinerungen) auf der Grundlage von akkumulierten Erfahrungen und Branchenexperten.

Genau so ist die einfache Nutzung des Modells durch den Einsatz einer internetbasierten IT-Lösung, die insbesondere für KMU geeignet ist, wichtig. Die IT-Lösung ist vom Unternehmen selbstständig zu nutzen und gibt dem Unternehmen eine schnelle und verständliche Antwort über die Faktoren, die die Leistungssteigerung von Unternehmensprozessen verhindern, zeigen Unternehmensspezifische Engpässe auf und starten Aktivitäten, um diese Engpässe zu beseitigen. Darüber hinaus können Benutzer der IT-Lösung auch die Wirksamkeit der zur Beseitigung von Engpässen verwendeten Modelle und Methoden, durch die Durchführung von Vergleichsbewertungen über einen Zeitraum, vergleichen. Sie können die Ergebnisse Ihres Unternehmens mit den Ergebnissen anderer Unternehmen vergleichen.

# 1 ÜBERBLICK ÜBER DIE GRUNDSÄTZE ZUR VERBESSERUNG DER EFFIZIENZ DES WERTSCHÖPFUNGSPROZESS

## 1.1. Industrieunternehmen als System

Ein System ist durch eine Anzahl an Elementen definiert, die feste Verbindungen und Beziehungen haben, eine Einheit bilden und bestimmten Managementprinzipien unterliegen.

Die Hauptkategorien eines Systems sind:

- Elemente des Systems, dh die Substanz des Systems;
- Systemstruktur, dh eine organisierte Form des Systems;
- Systemprozesse, dh Transformationsprozesse, die auf der Basis von Systemelementen und -strukturen durchgeführt werden (Riives, 2011).

Um das System zu verstehen, müssen wir seine Ziele, interne Interaktion und Abhängigkeitsmechanismen verstehen. Bei der Beurteilung des Standes des Gesamtsystems ist es wichtig zusammen mit der Effektivität der Geschäftsprozesse des Unternehmens, die Effizienz der Wertschöpfungsprozesse zu bewerten (Groover, 2010).

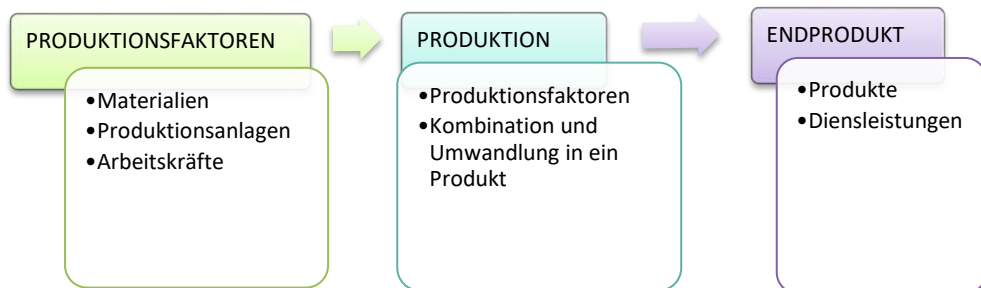
Wenn wir uns ein Unternehmen als System anschauen, können wir definitiv zwei Dimensionen unterscheiden. Einerseits ist das Unternehmen als System für seinen geschäftlichen Aspekt wichtig und andererseits ist es besonders für Industrieunternehmen wichtig, die wesentlichen Aspekte des Prozessmanagements zu berücksichtigen, die für die Wertschöpfung im System von zentraler Bedeutung sind. Die Geschäftsprozesse des Unternehmens enden bei den Kunden, so dass alle Aktivitäten und Prozessergebnisse des Unternehmens auf den Markt gerichtet und den spezifischen Kundenbedürfnissen gerecht werden müssen. Im heutigen Wettbewerbsumfeld sind für das Unternehmen eine deutliche Reduzierung der Produktionskosten, eine Verkürzung der Produktionszeit, eine Reduzierung der Losgrößen, Flexibilität und eine schnelle Reaktion auf Marktveränderungen von großer Bedeutung (Kletti, 2007; Lavin, 2012).

Der Erfolg eines Unternehmens hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. All diese Faktoren sind für die Geschäftsentwicklung wichtig. Abhängig von den strategischen Zielen muss sich das Unternehmen auf diese wichtigen Aspekte und Faktoren konzentrieren, die für das Erreichen der strategischen Ziele des Unternehmens entscheidend sind. Aus Sicht der Produktionsunternehmen sind folgende vier Aspekte wichtig:

- Die Geschäftstätigkeit des Unternehmens basiert auf der Marktnachfrage oder der Nachfrage nach Produkten oder Dienstleistungen des Unternehmens. Auf lange Sicht ist das Ziel des Unternehmens die Profitabilität, was die Differenz zwischen Umsatz und Betriebskosten ist, zu maximieren (Känel, 2004). Hierzu zählen wichtige Vertriebs- und Marketingstrategieziele, wie Kundenwahrnehmung, Produktpreisgestaltung, Werbung und Marketing, sowie Wettbewerbsbedingungen.
- Der zweite wichtige Aspekt sind die Ressourcen, die das Unternehmen braucht, um die Kundenbedürfnisse zu erfüllen. In der Produktion sind solche wichtigen Ressourcen Produktionsfaktoren, die in der Produktion verbraucht werden (Bild 1.1). Die Produktionsfaktoren, werden in Elementarfaktoren, Dispositivfaktoren und Zusatzfaktoren aufgeteilt (Bild 1.2) (Kummer et al, 2009; Zäpfer, 2000). Elementare Faktoren sind Faktoren, die direkt zum Wertschöpfungsprozess beitragen. Sie sind von zentraler Bedeutung für die Produktions-theorie, die Formulierung von funktionalen Inputs zwischen den Produktionseingängen (Materialien, Ressourcen, Arbeit) und die

quantitativen Ergebnisse, der bei diesem Produktionsprozess erzeugten Produkte durch Technologien oder Produktionsfunktionen (Fandel, 1996). Elementarfaktoren werden wiederum in potenzielle Faktoren und Kostenfaktoren unterteilt. Dazu gehören Maschinen, Anlagen und Arbeitskraft, die direkt mit der Herstellung des Produkts zusammenhängen. Die Verwendung von potentiellen Faktoren wird durch die Menge der Faktoren und die Nutzungszeit gemessen. Die in den Kostenfaktoren enthaltenen Ausgangsmaterialien und Hilfsstoffe sind die materiellen Werte, die direkt für die Herstellung des Produkts verwendet werden und die in das Produkt gelangen. Darüber hinaus werden auch Kostenfaktoren, die nicht in das Produkt gelangen, aber für das Produkt notwendig sind (Energie, Schmierstoffe, schnell verschleißende Werkzeuge etc.), unterschieden.

- potenzielle Faktoren, oder Ressourcen, sind solche Produktionsmittel, die in der Produktion verwendet werden, aber nicht direkt in das Produkt eingehen, sondern während des Wertschöpfungsprozesses verbraucht werden. Dazu gehören Maschinen, Geräte und Arbeiten, die direkt mit der Herstellung des Produkts zusammenhängen.



*Bild 1.1. Produktion als Prozess der Kombination von Produktionsfaktoren (Kistner et al 2001)*

- Die in den Kostenfaktoren enthaltenen Ausgangsmaterialien und Hilfsstoffe sind die materiellen Werte, die direkt für das Produkt verwendet werden und die in das Produkt eingehen. Darüber hinaus werden auch Kostenfaktoren, die nicht in das Produkt gelangen, aber für die Herstellung des Produktes notwendig sind, unterschieden hierzu zählen: elektrische Energie, Schmierstoffe, Werkzeuge, die schnell verschleißen, etc.
- Dispositive Faktoren beschreiben den Teil der Arbeit, der mit dem Management verbunden ist (Zäpfel, 2000). Managementbezogene Aktivitäten umfassen die gesamte Geschäftstätigkeit, einschließlich Einkaufs-, Produktions- und Marketingaktivitäten und dementsprechend können diese Kosten nicht durch einzelne Faktoren abgerechnet werden.

- Zusatzfaktoren sind alle Kostenfaktoren, die nicht direkt mit dem Produktionsprozess zusammenhängen, die aber bei der Wertschöpfung entstehen und deshalb zusätzliche Faktoren genannt werden (z.B. Steuern, Rückstellungen, Darlehenszinsen - wenn sie sich auf die Produktion als Haupttätigkeit eines Industrieunternehmens beziehen).

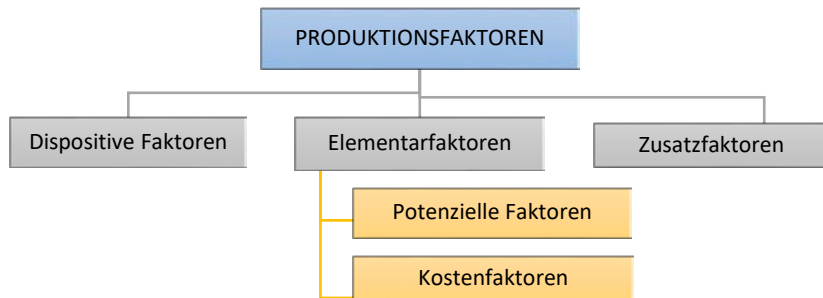


Bild 1.2. Arten von Produktionsfaktoren (Fandel, 1996)

- Der dritte wichtige Aspekt ist die Produktion als zentraler Wertschöpfungsprozess des Produktionsunternehmens, bei dem Inputs in höherwertige Outputs umgewandelt werden, dh die Herstellung von Produkten mit Marktwert, aus materiellen und nicht-materiellen Produktionsfaktoren, mit Hilfe einer spezifischen, technischen Methode. Der Wertschöpfungsprozess besteht aus drei Phasen: Einkauf, Produktion und Vertrieb (Bild 1.3). Die Produktion, als der grundlegende Wertschöpfungsprozess des Unternehmens, unterteilt sich in folgende Etappen: in die Vorbereitungsphase, in welcher die, für die Herstellung notwendigen Materialien und Ressourcen beschafft werden, in den Transport, womit in erster Linie der interne Transport im Unternehmen gemeint ist, in die Lagerung produktionsbezogener Materialien und in die Herstellungsetappe, in welcher die Schaffung des Wertes erfolgt, durch Transformation von Elementarfaktoren und unter Einbeziehung der technologischen Fähigkeiten des Unternehmens.

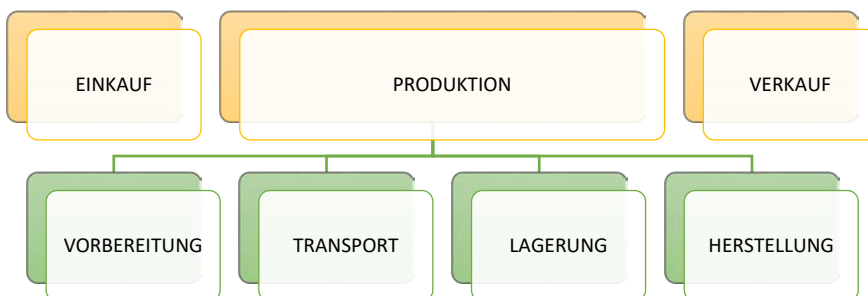
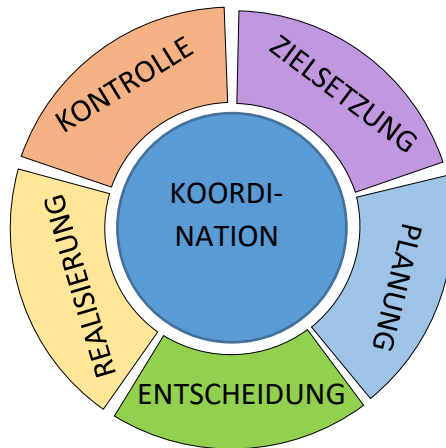


Bild 1.3. Verschiedene Produktionsfelder (Wöche et al, 2008)

- Der vierte wichtige Aspekt ist das Management des Unternehmens, der sich mit der Gestaltung des Wertschöpfungs- und Vertriebsprozesses des Unternehmens beschäftigt, um die Ziele des Unternehmens zu erreichen (Känel, 2004).



*Bild 1.4. Teilaufgaben der Unternehmensleitung (Wöche et al, 2008)*

Der Managementprozess des Unternehmens ist oft in fünf Phasen unterteilt: Zielsetzung, Planung, Entscheidungsfindung, Ausführung und Kontrolle (Bild 1.4).

**Zielsetzung** - In einer Marktwirtschaft ist das Hauptziel des Unternehmens langfristige Gewinne zu erzielen. Ausgangspunkt für dieses Ziel sind zwei wesentliche operative Strategien: einerseits die Umsatzwachstumsstrategie, bei der ein allmählicher Anstieg der Absatzmengen durch die Erweiterung von Tätigkeitsfeldern und der Produktnomenklatur realisiert wird; und andererseits die Produktivitätswachstumsstrategie, deren Schlüsselwörter die Automatisierung von Prozessen, die Verbesserung ihrer Leistungsfähigkeit und die Organisation der Kooperationsnetze sind (Appelbaum et al, 1999; Afuah, 2007). Auf der Grundlage der Zukunftsvisionen und der strategischen Absichten muss das Unternehmen seine Ziele formulieren und spezifizieren.

**Planung und Entscheidungsfindung** - Verschiedene Alternativlösungen können vom Management genutzt werden, um das gesetzte Ziel zu erreichen. Alle Alternativen können nicht realisiert werden. Aufgabe der Planung ist es verschiedene Alternativen nach Zielsetzung zu bewerten (Chopra et al, 2007). Die Planung ist die Festlegung von Maßnahmen und Ressourcen, die zur Erfüllung der zukünftigen Ziele des Unternehmens (Fabrik, Abteilung, Einheit) erforderlich sind. Nach dem Zeithorizont werden langfristige (strategische) Planungen, mittelfristige Planungen und kurzfristige (operative) Planungen unterschieden. (Lavin et al, 2012). Planung, also die gedankliche Vorbereitung von Entscheidungen und die Planung der notwendigen Tätigkeiten, ist die primäre Aufgabe des Managements. Die Planung ist eng mit der Zielsetzung und Entscheidungsfindung verbunden. Der Plan ist ein konzeptionelles Projekt für die zukünftige Tätigkeit. Die Pläne müssen realisiert werden, um echte Ziele zu erreichen. Die Durchführung des Plans erfordert daher menschliche Aktivitäten.

Die Realisierung von Plänen muss auf rationalen, zielorientierten Aktivitäten basieren. Zwischen den perfekt ausgearbeiteten Plänen und deren tatsächlichen



Realisierung gibt es einen Spielraum, der durch unzureichende Informationen (Unbewusstsein-Unwissenheit) oder unzureichende Motivation verursacht wird. Mit Größe des Unternehmens steigt der Unterschied zwischen Planung und Realisierung, der durch Koordination und Motivation verringert werden kann (Chopra und Meindl, 2007, Lavin et al, 2015).

Ziel der Kontrolle ist es, eine Abweichung vom Plan festzustellen, um, bei negativen Abweichungen, so früh wie möglich Maßnahmen zu ergreifen und die gewonnenen Erfahrungen bei der Erstellung neuer Pläne zu nutzen.

Basierend auf den allgemeinen Zielen des Unternehmens können wir diese vier Aspekte als Teile des Gesamtsystems betrachten, die zwei wichtige Dimensionen des Managements des Unternehmens darstellen, nämlich die Geschäftsprozesse des Unternehmens (*Business Management*), sowie deren Zweckmäßigkeit und die Effektivität von Wertschöpfungsprozessen (*Operation Management*).

Ziel der Geschäftsdimension ist die strategische Zielsetzung des Unternehmens, die sich vor allem auf die Leistungsfähigkeit konzentriert und durch die Kundenzufriedenheit bewertet wird, und deren Umsetzung durch das Management des Unternehmens (Afuah, 2007). Ein wichtiger Punkt im geschäftlichen Aspekt ist die Antwort auf die Frage: „Tun wir das Richtige?“ Um die Geschäftsprozesse, als Teil des Systems, erfolgreich zu bewerten, müssen die Anforderungen an das Prozessergebnis bekannt sein. (Bild 1.5)

Aus Sicht der Wertschöpfungsdimension ist es von wesentlicher Bedeutung sich insbesondere auf die Effektivität der Wertschöpfungsprozesse konzentrieren. Für das Funktionieren der Prozesse lautet die Frage: „Tun wir das Richtige?“ Um dies zu erreichen, ist es wichtig, mit möglichst wenigen Ressourcen ein Ergebnis zu erzielen. (Bild 1.5)

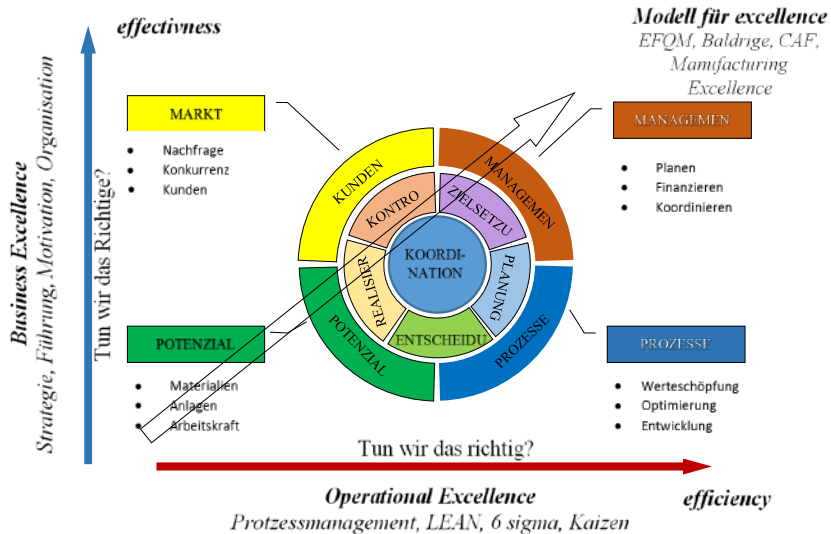


Bild 1.5. Wichtige Aspekte der Unternehmensführung

Aus unternehmerischer Sicht ist es wichtig, in den Geschäfts- und Wertschöpfungsprozessen Perfektion anzustreben, weil diese Aspekte eng miteinander verbunden sind. Zum Beispiel müssen wir aus geschäftlicher Sicht ein Produktportfolio

definieren, das den Kundenbedürfnissen gerecht wird, was wiederum ein Input für den Produktionsprozess ist. Die Vielseitigkeit der angebotenen Produkte stellt eine Herausforderung an die Flexibilität der Produktionsprozesse dar. Durch die Verwaltung von Wertschöpfungsprozessen ist der effiziente Einsatz von Anlagen und Arbeitskraft wichtig. (Löun et al, 2012; Becker et al, 2011)

Vier wichtige Aspekte von Geschäftsprozessen lassen sich sowohl hinsichtlich der Kundenzufriedenheit, als auch hinsichtlich der Effektivität von Prozessen hervorheben:

1. Ein wichtiges Merkmal der Ware, die dem Kunden angeboten wird, ist der Preis. Für geschäftliche Zwecke ist es wichtig, dass der Preis des Produkts konkurrenzfähig ist. Wenn für den Kunden der Preis ein wichtiges Merkmal ist, dann ist, aus Sicht des Unternehmens, der Preis eng mit den Kosten des Produkts und seinen Komponenten verbunden. Auf lange Sicht strebt das Unternehmen eine Maximierung der Gewinne an. Wenn davon ausgegangen wird, dass alle umsatzbezogenen Entscheidungen getroffen sind, bedeutet das, dass die Ertragsseite des Unternehmens konstant ist und um ihre Rentabilität zu maximieren genügt es in diesem Fall, die Kontrolle über die Produktion zu halten, dh die Kosten des Wertschöpfungsprozesses zu kontrollieren (Wöhe und Döring, 2008). Das Problem ist hier insbesondere, dass ein KMU nicht in der Lage ist, seine Kosten mit hinreichender Genauigkeit zu kalkulieren und keine Möglichkeit besteht, operativ hinreichend detaillierte Rückmeldung zu den tatsächlichen Kosten zu erhalten. Als Unternehmen ist das Produktionsunternehmen an einer bestimmten Gewinnspanne, dh einer Risikoprämie, interessiert. Eine solche, geschätzte Selbstkostenkalkulation und das Fehlen einer angemessenen Rückkopplung der tatsächlichen Kosten erlauben es aber nicht, die Rentabilität des angebotenen Produkts oder des Projekts zu schätzen. Die größeren Probleme bestehen hier darin, dass das Unternehmen häufig nicht die Möglichkeit hat, die Kostenberechnung schnell und mit hinreichender Genauigkeit zu machen. Eine zu grobe Preiskalkulation gibt kein Vertrauen in die Richtigkeit der Kalkulation und ermöglicht auch keine spätere Überprüfung der tatsächlichen Kosten (Riives, 2012). Die Konsequenzen der Fehlerberechnung in Preiskalkulationen können folgende sein:
  - Der Verkaufspreis des Produkts mit dem gewünschten Gewinn (Risikoprämie) ist zu hoch und am Markt nicht wettbewerbsfähig.
  - Der Unterschied, welcher sich im schlimmsten Fall als Verlust erweist, zwischen den berechneten und den tatsächlichen Kosten ändert die gewünschte Gewinnspanne.
2. Die Produktqualität ist einer der wichtigsten Einkaufsgründe für den Kunden. Der Kunde erwartet eine bestimmte Qualität für das angegebene Preisniveau und dies gilt für die gesamte Dauer der Auftragsabwicklung. Für ein Unternehmen bedeutet Qualitätssicherung Kosten- und auch Zeitverlust. Gleichzeitig ist es aber auch ein sicherer Wettbewerbsvorteil und daher muss die Qualität des Produktes sowie der Prozess kontinuierlich überwacht werden, wobei keine Zugeständnisse gemacht werden können.
3. Die vom Kunden akzeptierte Lieferzeit ist ein wichtiger Faktor für den Erfolg des Unternehmens. Je nach Wettbewerbsbedingungen und der spezifischen Verwendung des Produkts ist der Kunde bereit einen bestimmten Zeitraum auf eine Bestellung zu warten. Wenn die Auftragsabschlusszeit (*Lead time*) länger ist, als die vom Kunden akzeptierte Lieferzeit, ist es für das Unternehmen wichtig Wege zu finden, um diese Zeitlücke zu schließen. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die kundenspezifische

Fertigung ist es, sicherzustellen, dass die Bestellung mit einem bestimmten Qualitäts- und Preisniveau und innerhalb eines für den Kunden akzeptablen Zeitrahmens durchgeführt wird. Andernfalls wird das Unternehmen gezwungen sein in die Lager zu produzieren, was aber mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

4. Zusätzlich zu den oben genannten Kriterien, ist die Liefersicherheit eine wesentliche Grundlage für eine langfristige Zusammenarbeit. Kunden halten dies für sehr wichtig, weil es direkt mit dem Tätigkeitsrhythmus der Kundenaktivität zusammenhängt. Für die Produktion bedeutet dies, dass die Liefertermine eingehalten werden sollen, dh die Auftragsabschlusszeit eines Fertigungsauftrags muss unter Kontrolle sein. Gerade bei KMU ist dies ein wichtiger Wettbewerbsvorteil für langfristige Partnerschaften, der von allen Kunden genau beobachtet wird und für die projektbezogene (kundenorientierte) Fertigung und Zulieferung von besonderer Bedeutung ist.

Um alle oben genannten Bedingungen zu erfüllen, stehen die Produktionsunternehmen vor einer schwierigen Aufgabe. Zum einen wollen die Kunden hochwertige, kundenorientierte Produkte, die auf Kundenwünsche zugeschnitten sind, zum anderen sind sie aber nicht bereit zu warten. Im Hinblick auf das Produktionsunternehmen ist es wichtig, die Produktionskosten zu reduzieren, die Produktionszeit des Produkts zu verkürzen, die Losgröße zu reduzieren, dabei flexibel zu bleiben und schnell auf Marktveränderungen zu reagieren, was bedeutende Änderungen in der Abwicklung von Produktionsaufträgen bedeutet. Die Lösung besteht darin kundenspezifische (auftragsbasierte) Produktionsprinzipien einzuführen, die sicherstellen, dass die Bestellung innerhalb eines für den Kunden akzeptablen Zeitrahmens, mit einem bestimmten Qualitäts- und Preisniveau ausgeführt wird. Andernfalls ist das Unternehmen gezwungen ins Lager zu produzieren, was aber mit zusätzlichen Kosten verbunden ist (Riives, 2012, Kabral, 2007). Die Zeit ist ebenfalls eine Wettbewerbsdimension geworden, genauso wie Kosten oder Qualität (Stalk 1998). Um diese Wettbewerbsdimension zu charakterisieren, wurde das Konzept des "zeitbasierten Wettbewerbs" (*time based competition*) eingeführt. Es ist wichtig zu verstehen, dass normalerweise Zeit und Kosten sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen, dh bei einer Ablaufzeitverkürzung müssen die Unternehmen mit einer Kostenerhöhung rechnen. Heute streben die Unternehmen mit ihren Aktivitäten eine Ablaufzeitverkürzung an, die jedoch keine Kostenerhöhung mit sich bringt (Kisler, 2011). Unter Ablaufzeit versteht man die Zeit die für die Ausführung eines Kundenauftrags benötigt wird, dh die Zeit vom Eingang der Bestellung bis zur Lieferung des fertigen Produkts an den Kunden. Neben der Gesamtablaufzeit  $T$  (*total lead time*), während der die Bestellung die verschiedenen Stufen der Logistik des Unternehmens durchläuft (Beschaffung, Produktion, Lieferung), ist auch die vom Kunden akzeptierte Ausführungszeit, oder auch Nachfragezeit  $N$  (*demand time*), wichtig. In der Regel überschreitet die  $T$ -Zeit die  $N$ -Zeit und es gibt eine Lücke in der Ausführungszeit, dh der Kunde ist nicht bereit so lange zu warten, bis die tatsächliche Ausführung der Bestellung durchgeführt wird. Dies ist insbesondere im kundenorientierten bzw. auftragsbezogenen Fertigungsansatz wichtig, bei dem die Herausforderung darin besteht diese Zeitdifferenz, die zwischen der Ausführung der Bestellung, also dem ganzen Wertschöpfungsprozess von der Bestellung des Materials bis zum fertigen Produkt, und der vom Kunden erwarteten, kürzeren Nachfragezeit auftritt, soweit wie möglich zu verringern. (Bild 1.6).

Das Schließen dieser Lücke macht Produktvariationen und eine kundenorientierte Komplexität schwierig. Eine Möglichkeit ist jedoch die planmäßige Schaffung von Beständen. Dies ist aber immer mit Kosten verbunden, was wiederum die Kosten des Produkts und damit die Rentabilität des Unternehmens beeinflusst. Bei der Lückenschließung unter Zuhilfenahme von Bestanderstellung gibt es grundsätzlich zwei wichtige Fragen: Sollten Materialien, Halbfabrikate oder Fertigprodukte gelagert werden und falls ja, wie viel davon. Die Antwort ergibt sich aus den Besonderheiten der Aktivitäten des Unternehmens und der Größe des „Zeitunterschieds“. Eine weitere wichtige Frage ist, wie viel wir einlagern sollen? Die Antwort auf diese Frage ist nur durch genaue Bedarfsprognosen zu machen. Die Genauigkeit der Prognosen hängt wiederum vom Zeithorizont der Prognose ab. Lange Bestellzeiten erfordern lange Zeithorizonte, die Prognosen ungenauer machen. Darüber hinaus beeinflusst die kundenspezifische Variantenvielfalt die Genauigkeit der Prognose und zusätzlich machen kurze Lieferzeiten die Vorhersage kompliziert.

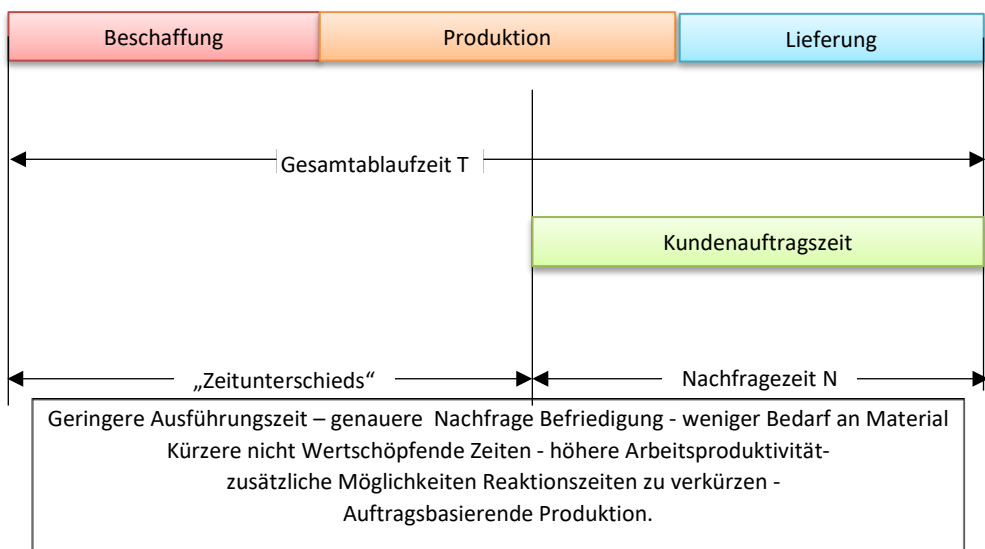


Bild 1.6. Zeitunterschieds [Harrison und Van Hoek, 2002]

Für die Unternehmen ist es wichtig sich dem Problem der Schließung der „Zeitdifferenz“-Lücke aus der Sicht der Produktionsplanung und des Produktionsmanagements zu nähern. In der Phase der Abwicklung des Produktionsauftrags, während der eine Produktion ins Lager stattfindet, steht im Mittelpunkt der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung das „Push“-Prinzip, welches festlegt wo und wann welche Materialien für die Produktion benötigt werden und welche Produkte produziert werden müssen. Das Prinzip der betrieblichen, operativen Planung und Steuerung der Produktion ist wichtig bei der Herstellung nach dem „Push“-Prinzip.

Eine auf Kundenbedürfnissen basierende Produktion wird durch die Nachfrage nach der vorherigen nachfolgenden Produktionsstufe gesteuert, in diesem Fall handelt es um das „Pull“-Prinzip des Produktionsmanagements. Die Produktion basiert auf eingegangenen Kundenaufträgen und daher sind die Lagerkosten minimal (Günter und Tempelmeier, 2002).

Die Stelle im Produktionsprozess, an der der Übergang von Push zu Pull stattfindet, wird als Push-Pull-Punkt bezeichnet. Die Definition dieses Punktes ist aus zwei Gründen für ein Unternehmen wichtig:

- Die Größe der Bestände und das damit verbundene Kapital sind deutlich mit Push-Pull-Punkten verbunden. Je näher am Fertigprodukt der Push-Pull-Punkt liegt, desto größer sind die Lagerkosten.
- Je weiter weg der Push-Pull-Punkt vom Fertigprodukt ist, desto länger sind die Lieferzeiten und desto weiter weg der Zeitpunkt, zu dem der Auftrag ausgeführt wird (Zäpfel, 2001).

Die Einschränkung der Pull-Produktion ist die vom Kunden akzeptierte Ausführungszeit. Neben der Bestandsbildung besteht die zweite wichtige Möglichkeit darin die Push-Produktion durch Push-Pull-Fertigung zu ersetzen, dh den Pull-Push-Punkt näher an den Beginn des Produktionsprozesses zu lagern. Um den Umfang der Arbeitsschritte zu maximieren, die in der vom Kunden akzeptierten Ausführungszeit durchgeführt werden können, ist es wichtig, dass die Struktur des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens so kurz wie möglich ist. Dies führt wiederum zur Notwendigkeit Produktionsprozesse zu optimieren und dadurch ihre Dauer zu verkürzen.

## **1.2. Bewertung der Effizienz der Produktionsprozesse des Unternehmens**

Angesichts der Herausforderungen, mit denen Unternehmen heute konfrontiert sind, zeigt sich, dass ihr Unternehmen zunehmend von der globalen Wirtschaft und deren Globalisierung beeinflusst wird. Der, infolge der Globalisierung, zunehmende Wettbewerb gibt dem Kunden eine große Auswahl an Lieferanten. Die Kundenmacht steigt mit der Marktsättigung. Mithilfe des Internets können sich Kunden schnell einen Überblick über Lieferanten und Preise schaffen. Diese Art der Markttransparenz wird dem Kunden helfen den besten Lieferanten auszuwählen. Wachsende Konkurrenz, wachsende Kundenanforderungen und technologischer Fortschritt sind die Richtung zum immer kürzeren Produktlebenszyklus (Arndt, 2010). Unter diesen Bedingungen wird es immer schwieriger, aufgrund steigender Umsatzerhöhung, die Profitabilität zu sichern.

Der einzige Weg, um mit dem Wettbewerb Schritt zu halten, besteht oft darin, die Zeitverzögerung während aller Phasen des Wertschöpfungsprozesses zu reduzieren. Dazu müssen Sie zunächst die Kernprozesse des Unternehmens analysieren. Um im Rahmen der Analyse von Wertschöpfungsprozessen identifizierte, unwirksame Aktivitäten und Zeitverluste zu eliminieren und Prozesse effektiver zu gestalten, muss zunächst ein Überblick über die verschiedenen Formen und Ursachen ihres Auftretens gewonnen werden und davon ausgehend Methoden, Techniken oder Instrumente zur Beseitigung von Ineffizienzen und Zeitverlusten entwickelt werden. Es gibt viele verschiedene Methoden und Modelle, deren Verwendung insbesondere von den identifizierten Ineffizienzen oder der Art der Zeitverluste abhängt. Die Lean Produktion bietet eine Vielzahl von Methoden und Modellen, die darauf ausgerichtet sind, Prozesse effizienter zu gestalten.

Auf lange Sicht ist das Ziel eines Unternehmens, Gewinn zu machen. Um dies zu erreichen, gibt es zwei wichtige Bedingungen: den Umsatz oder die Umsatzsteigerung, die wir als Leistung des Businessmanagements und der Kostensenkung des Unternehmens klassifizieren können, was in erster Linie mit dem Wertschöpfungsprozess und der Effizienz seiner Etappen zusammenhängt. Wenn wir, basierend auf diesem Thema, davon ausgehen, dass das Unternehmen alle notwendigen Schritte für eine Umsatzsteigerung getan hat, kann eine weitere Rentabilität nur durch Kostensenkung, dh Effizienzsteigerung von

Wertschöpfungsprozessen erfolgen. Voraussetzung hierfür ist, den aktuellen Stand der Dinge zu erkennen und potenzielle Engpässe zu identifizieren, um dann Aktivitäten zur Behebung dieser Engpässe zu starten. (Löun et al, 2012).

Der Erfolg eines Unternehmens als System hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. All diese Faktoren sind wichtig für die Geschäftsentwicklung. In Abhängigkeit von den strategischen Zielen müssen sich die Unternehmen auf die Tätigkeitsbereiche und Faktoren konzentrieren, die für die Erreichung der strategischen Ziele der Geschäftsbereiche des Unternehmens von entscheidender Bedeutung sind. Kritische Erfolgsfaktoren (KEF) verknüpfen die verschiedenen Aspekte der Geschäftstätigkeit des Unternehmens zu einem Ganzen (Durkacova et al, 2014). Es ist wichtig, den Zusammenhang zwischen Unternehmenszielen und kritischen Erfolgsfaktoren mit Hilfe verschiedener Aspekte der Unternehmensaktivitäten und der Managementebene zu verfolgen. Ihre Kritikalität, Relevanz und ihr Einfluss auf Leistung und Gesamterfolg sind wichtig für die Bestimmung kritischer Erfolgsfaktoren. Die Erfüllung kritischer Erfolgsfaktoren wird anhand von aktivitätsspezifischen Schlüsselindikatoren gemessen. Die Aufgabe von KEF besteht nicht nur darin, sich auf die wesentlichen Aspekte zu konzentrieren und diese zu bewerten, sondern auch das kontinuierliche Verbesserungspotenzial des Unternehmens hervorzuheben (Bild 1.7) (Löun et al, 2012; Durkacova et al, 2014; Lavin et al, 2014, Susterova et al, 2012).

Die KEF kann auf Branchenebene gesehen werden, wobei sowohl multidisziplinäre, als auch branchenspezifische Faktoren berücksichtigt werden, die auf dem Wettbewerbsumfeld des in der Branche tätigen Unternehmens, in Bezug auf Markt, geografische Besonderheiten und die Position der am Markt befindlichen Unternehmen, beruhen. Solche KEFs können sein: die Entwicklung neuer Produkte, effizientes Marketing, *Reseller*-Netzwerk, usw. Die Entwicklung von unternehmensbasierten KEFs wird den Fokus weiter detaillieren und so die Möglichkeit bieten, sich auf verschiedene Aspekte und unternehmensspezifische Faktoren zu konzentrieren. KEF auf Unternehmensebene basiert auf vereinbarten, strategischen Zielen und zielt auf die Sicherung von Effektivität und Effizienz der gesamten Geschäftstätigkeit des Unternehmens ab.

Aus dieser Sicht ist es für Produktionsunternehmen wichtig, sich auf effizienzsteigernde KEFs im Produktionspotenzial und Prozessmanagement (Bild 1.5) zu konzentrieren, die Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz des Wertschöpfungsprozesses zu unterstützen und Wichtiges von Unwichtigem zu trennen. Aktivitäten im Rahmen des logischen Prozessablaufs lassen sich in wertschöpfende und nicht wertschöpfende Aktivitäten unterteilen, die nicht mit der Kundenzufriedenheit zusammenhängen (Dickmann, 2007; Löun et al, 2012, Becker, 2005). Alle Aktivitäten, die keinen Wert addieren, werden als Verlust betrachtet.

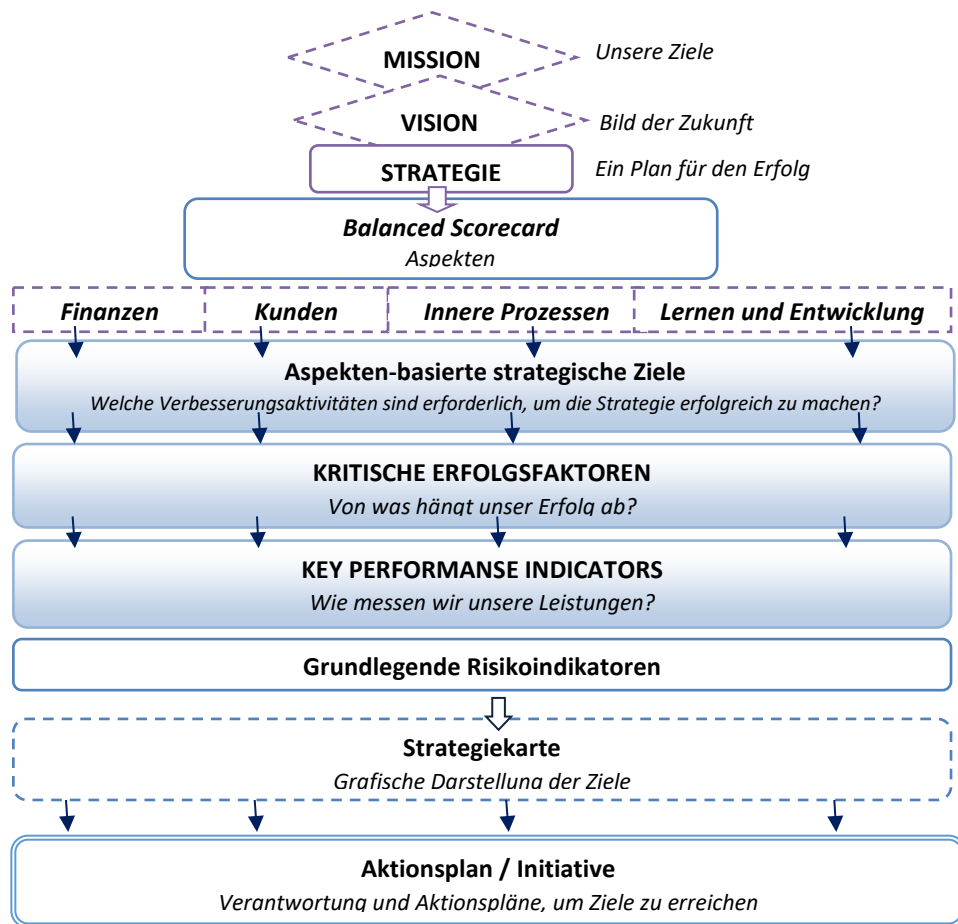


Bild 1.7. Balanced Scorecard (Durkacova, 2014)

Der Anteil an wertschöpfenden Aktivitäten im Wertschöpfungsprozess des Unternehmens hängt vom Tätigkeitsbereich, der Größe des Unternehmens und der Effizienz der Produktionsprozesse ab und liegt bei 10 bis 20% der Wertschöpfungsaktivitäten. Daher stellen nicht wertschöpfende Aktivitäten einen wesentlichen Teil des Wertschöpfungsprozesses dar. Die Identifizierung und Beseitigung von Verlusten ist eine der effektivsten Methoden, um die Effizienz der Produktion zu erhöhen und die Ursachen ihres Auftretens zu verstehen. Deshalb muss sich das Unternehmen auf die Identifizierung nicht wertschöpfender Aktivitäten konzentrieren, deren Ursachen herausfinden und die richtigen Methoden und Modelle auswählen, um jegliche Verschwendung zu beseitigen.

Für ein Identifizieren der Verschwendung in den unterschiedlichen Phasen der Herstellung müssen wir uns einen Überblick über unterschiedliche Formen von Verschwendung schaffen (Bauer, 2016). Um die Effizienz der Prozesse zu verbessern und um die Durchlaufzeiten zu reduzieren, müssen wir Verschwendung und Zeitverluste beseitigen. Die Produktionsunternehmen müssen sich vor allem auf die kritischen Produktionsprozesse konzentrieren, die die größte Auswirkung auf den Erfolg des Unternehmens haben und deren Verlust (Störung) mit hohen Risiken verbunden ist. Bei der Ausarbeitung von KEF muss das

Unternehmen von der Durchlaufzeit des Fertigungsauftrages, als ein wichtiger Indikator der Prozesseffizienz, ausgehen. Eine Grenze zwischen wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten ist oft schwer zu ziehen.

Nicht wertschöpfende Aktivitäten erhöhen die Durchlaufzeit (*Throughput time*) erheblich und führen zu deutlich höheren Prozesskosten. Wenn wir den zeitlichen Verlauf des Bestellvorgangs betrachten, können die wichtigsten Zeitmerkmale der Produktionstätigkeit unter dem Gesichtspunkt der Bewertung der Zeitverluste hervorgehoben werden:

- Zeitliche Indikatoren der Auftragserfüllung, die alle Phasen und Aspekte der Kundenauftragsabwicklung umfassen: Von der Auftragserteilung bis zu dessen Ausführung, wenn das fertige Produkt schlussendlich den Kunden erreicht;
- Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage (OEE) wird als zeitlicher Indikator für die Auslastung der Anlage verwendet, der es ermöglicht die Effektivität des Einsatzes von Geräten, Arbeitsplätzen und Produktionslinien über einen bestimmten Zeitraum zu beurteilen. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage OEE bewertet die aktuelle Situation des geplanten Produktionsprozesses, unter Verwendung von Kennzahlen wie Anlagenverfügbarkeit, Produktivität und Qualität, wobei angenommen wird, dass die bestmögliche Verfahrensvariante diejenige ist, bei welcher die Ressourcen auf die bestmögliche Art und Weise verwendet werden (Küttner, 2016; Baldiger et al, 2008).
- Die Effizienz der Arbeitskraft wird als Indikator (OLE) reflektiert, der wie die OEE Zeitverluste zwischen den geplanten Stunden und den tatsächlichen Wertschöpfungsstunden aufzeigt (Gustovich et al, 2012, Erlach, 2010).

Eine Beschreibung der Gesamtwirksamkeit der Anlage und der Arbeitskraft in Bezug auf die Modellentwicklung wird in Kapitel 3 ausführlicher behandelt.

Um Flexibilität und Reaktionsfähigkeit in den sich ständig ändernden Geschäftsumfeldern von heute zu bieten, brauchen wir schnelle und einfache Antworten auf diese Fragen, wozu die Unternehmen Kenntnisse, Zeit und Geld brauchen. Wenn größere Unternehmen über ausreichend Fachwissen und Ressourcen verfügen, um die Prozesse zu Analyse und Effizienz von Prozessen zu erhöhen, so verfügen KMU nicht über solche Kapazitäten.

Alle oben genannten Aspekte sind wichtig, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens sicherzustellen. Verschiedene Theorien und praktische Lösungen wurden entwickelt, um die Geschäftsprozessoptimierung zu unterstützen.

### **1.3. Analyse von Modellen und Systemen zur Bewertung der Leistung eines Unternehmens**

Um die Bewertungsarbeit von Unternehmen zu erleichtern wurden im Laufe der Jahre verschiedene qualitative und quantitative Modelle und Methoden entwickelt, welche helfen, die Effektivität von Unternehmensprozessen zu bewerten, Engpässe zu beseitigen und die Leistung zu verbessern. Aus Sicht des Unternehmens können sie als Modelle und Methoden klassifiziert werden, die im Allgemeinen auf die Bewertung von Geschäftsprozessen und auch auf die Effektivität des Wertschöpfungsprozesses fokussiert sind, oder auch Lösungen, die sich auf OPEX-Modelle konzentrieren, bewerten (Kletti et al, 2011) (Bild 1.5).

Diese Methoden und Modelle können ausgehend der Erfassung von Engpässen und der Effizienzerhöhung in unterschiedliche Etappen eingeteilt werden. Als erste Etappe können wir die Effizienzbewertung von Prozessen nennen, die wiederum in die qualitative und



quantitative Bewertung von Engpässen unterteilt werden kann (Becker, 2005; Liker, 2008). Die zweite Etappe ist die Entdeckung von Engpässen mit dem Ziel diese Engpässe nach unterschiedlichen Gründen zu klassifizieren (Kletti et al, 2011; Okland, 2006, Liker, 2008). Der dritte Schritt besteht darin, auf die Beseitigung von Engpässen gerichtete Methoden und Modelle zu verwenden. (Riives, 2011; Bauer, 2016; Küttner, 2016). Ausgehend von der Komplexität verwendeter Modelle und Methoden (Lean Produktion Instrumenten) können wir diese in solche unterscheiden, die einzeln oben beschriebenen Schritte behandeln oder in prozessbezogene Gesamtkonzeptionen (20 Key, BSC, TQM, Benchmarking, Manufacturing Excellence, ISO 9001, *Baldrige* Preis, CAF usw.)

Im Folgenden sind häufig für die Prozesseffizienzerhöhung verwendete Unternehmenskonzepte aufgelistet, die zunehmend zur Optimierung der Unternehmensleistung genutzt werden und mit denen Prozesse effektiver gestaltet werden können:

- Total Quality Management (TQM) ist eine Methode zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, Effizienz und Flexibilität einer Organisation. Es ist an sich ein Instrument, um alle Aktivitäten zu planen, zu organisieren und zu verstehen, wobei es auf jeder Ebene von jedem einzelnen Individuum abhängt. Der Einfluss von TQM auf die Unternehmensorganisation zeigt sich vor allem darin, dass das Management dadurch einen strategischen Überblick über Qualitätsfragen erhält (Oakland, 2006).
- Die *Balanced Scorecard* (BSC) ist eine strategische Management *Controlling* Methode. Der Leitgedanke von BSC ist die finanziellen Ziele mit den operativen Aspekten des Unternehmens, wie Kunden, interne Prozesse, Lernen und Entwicklung, zu verbinden und so dem Unternehmen die Möglichkeit zu geben, verschiedene Aspekte, basierend auf der Vision des Unternehmens und dessen Strategie, zu messen, so dass die Ziele und Maßnahmen mit den vier Perspektiven verknüpft werden (Kaplan und Norton 1996). BSC muss nicht nur die einzelnen Aspekte der strategischen Ziele reflektieren, sondern auch die Verbindungen zwischen diesen Aspekten. Die Strategie des Unternehmens ist eine Sammlung von Hypothesen über die Ursachen und Folgen (Weber, 2011; Niven, 2002; Lavin, 2001). BSC macht Beziehungen zwischen den verschiedenen Perspektiven der Ziele verständlich, um sie zu verwalten und zu bewerten. Um die Verbindungen besser zu verstehen und zu bewerten haben Autoren eine Strategiekarte vorgeschlagen. Die Strategiekarte wird verwendet, um eine Strategie mit besserer Struktur zu formulieren und zu strukturieren, um die Ursache-Wirkungs-Beziehung heraus zu bringen und über ihre Gültigkeit zu beurteilen (Durkacova et al, 2014; Lavin et al 2014; Kaufmann, 1997).
- Die *20 Key* Methode wurde vom japanischen Professor Iwao Kobayashi entwickelt. Sie ist in erster Linie darauf ausgerichtet, die strategischen Ziele zu erreichen, die Lern- und Innovationsgeschwindigkeit des Unternehmens zu steigern, alle Arten von Verschwendungen zu identifizieren und zu eliminieren, alle Mitarbeiter zu ermutigen und zu motivieren, ihre Ziele zu erreichen und damit die Produktivität, Rentabilität und langfristige Nachhaltigkeit des Unternehmens zu steigern. Da die Methode nur eine qualitative Schätzung enthält, kann sie nicht zur Quantifizierung von messbaren Ergebnissen verwendet werden. 20 Schlüssel bieten Verbesserungsmöglichkeiten basierend auf den allgemeinen Richtlinien. (Okland, 2006; Becker, 2005; Makigami, 2016) Das 20-Schlüssel-Programm ist eine Methode, die sich mit einigen der kostengünstigen Produktionsmethoden überschneidet und auf 20 praktischen Aktivitäten basiert, die ein synergistisches Ganzes bilden. Die Implementierung dieser

Methode ermöglicht es die aktuelle Situation im Unternehmen zu bewerten und Entwicklungsziele festzulegen. (Okland, 2006)

- Die Prinzipien von *Manufacturing Excellence* und deren Umsetzung erfordern einen neuen, ganzheitlichen Ansatz des Unternehmens. Nicht nur die Prozessreaktionsgeschwindigkeit und -profitabilität ist für einzelne Prozessprozesse produktiv. Sie erfordert einerseits die richtige Führungskette in der Produktion und in verwandten Bereichen, während der Prozess kosteneffektiv sein muss und mit der erforderlichen Geschwindigkeit bewältigt werden kann. (Kletti et al, 2011; Muhammad Asif et al, 2015)
- Der Baldrige-Preis soll dazu beitragen, die organisatorische Leistung zu verbessern, die Kommunikation und den Austausch von Informationen über bewährte Verfahren zu ermöglichen und so als ein Werkzeug zum Verstehen und Verwalten von Leistung, zum Zielen und Planen für das Lernen und zum Finden von Möglichkeiten dafür, dienen. (Okland, 2006)
- CAF (*Common Assessment Framework, CAF*) ist ein kohärentes Qualitätsbewertungssystem im öffentlichen Sektor, welches ein Instrument zur Selbstbewertung darstellt und zur Einführung von TQM-Prinzipien im öffentlichen Sektor eingerichtet wurde. Die Selbstbewertung basiert auf neun Themenbereichen, die eine eingehende Bewertung der Organisation ermöglichen.
- Die Normenreihe ISO 9000 der ISO-Normenreihe (ISO) ist die Grundlage für den Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems. Norm ISO 9001: 2008 (EVS-EN ISO 9001: 2008) legt die Anforderungen fest, die die Organisation bei der Erstellung und Implementierung eines Qualitätsmanagementsystems erfüllen muss. Diese Norm sagt an, wenn ein Unternehmen seine Fähigkeit unter Beweis stellen muss, dass es Produkte konsequent herstellen kann, die den gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen des Kunden entsprechen und so die Zufriedenheit des Kundenzufriedenstellungssystems, einschließlich der kontinuierlichen Verbesserungsprozesse des Systems, sowie die geltenden, gesetzlichen und behördlichen Anforderungen, garantieren kann. Es ist auch die Grundlage für die Zertifizierung des Qualitätsmanagementsystems (Riives, 2011).
- Das 360-Grad-Feedback-Modell umfasst Tools zur Steigerung der Effektivität der Organisation und zur Erreichung bestimmter Geschäftsziele, damit die Mitarbeiter ihre Stärken hervorheben und man Bereiche identifizieren kann, in denen Verbesserungspotenzial besteht (Lepsinger et al, 2004).
- *Business Model Canvas* konzentriert sich auf eine einfache, unternehmensorientierte und intuitive Beschreibung des Geschäftsmodells des Unternehmens, wobei die Komplexität der Unternehmenstätigkeit nicht zu sehr vereinfacht wird (Osterwalder et al, 2011; Simmert et al, 2014).
- Die Grundidee der *Theory of Constraints* besteht darin, dass jedes System wächst, solange dieses Wachstum den Engpass begrenzt. Der Engpass sollte aus Sicht des Gesamtsystems gesehen werden. Wenn jedoch ein Teil des Systems optimal arbeiten kann, kann dies immer noch eine Einschränkung des Systems als Ganzes sein. Die Theorie basiert auf der Annahme, dass jedes System mindestens einen Engpass hat. Der TOC verwendet eine einfache Pufferverwaltung (*Drum, Buffer, Rope*) zur Identifizierung von Engpässen (*Drum*), zum Schutz vor Puffer (*BOP*) und zum Anhängen von Material an einen Engpass (*Rope*) (Miina, 2012).

- Six Sigma ist ein umfassendes und flexibles System zur Erreichung, Aufrechterhaltung und Maximierung des Geschäftserfolges. Die einzigartige, treibende Kraft von Six Sigma ist das genaue Verständnis der Kundenbedürfnisse, der disziplinierte Einsatz von Fakten, Daten und statistischen Analysen, sowie die verstärkte Konzentration auf das Management, die Verbesserung und die Reorganisation von Geschäftsprozessen (Badiger, 2008).

Neben integrierten Unternehmenskonzepten, werden zunehmend auch verschiedene Einzelmethoden und Modelle eingeführt. Die Gründe dafür sind insbesondere in Produktionsbesonderheiten der KMU von estnische Unternehmen zu sehen, die klein und projektbezogen und stark von Einzelfertigung geprägt sind. Wie in der von der Wirtschaftswissenschaftlichen Forschungsgruppe der Technischen Universität Tallinn durchgeführten Studie "Produktionsmanagement-Operational-Level-Forschung" im Jahr 2011 festgestellt wurde, ist das Wissen von KMU über die verschiedenen Methoden und Modelle einer Lean Produktion eher gering, da Lean Produktion oft als ein zu großes Konzept angesehen wird und die Meinung vorherrscht, es wäre für ihr Unternehmen nicht geeignet oder nicht anwendbar.

Die prozessorientierten Konzepte zur Steigerung der Effizienz von Unternehmensprozessen sind weltweit im Konzept der Lean Produktion (Lean Manufacturing) verbreitet (Bauer 2016; Becker, 2005; Womack, 2003). Das Ziel des Konzepts ist es, die Effizienz des Unternehmens zu steigern, indem Mehrwert schaffende und nicht Mehrwert schaffende Arbeits- und Managementprozesse getrennt werden. Der Wert wird nach Ansicht des Kunden bestimmt - ob der Kunde bereit ist, für diesen Service zu bezahlen. Neben dem Lean Konzept, kann auch Agile Manufacturing (Agile Manufacturing) erwähnt werden. Während eine kosteneffiziente Produktion in erster Linie darauf abzielt, Verluste zu reduzieren, ist die agile Produktion auf Flexibilität ausgerichtet (Liker, 2008).

Das Hauptziel einer Lean Produktion besteht darin, bei weniger Ressourcenverbrauch mehr Arbeit auf allen Produktionsstufen zu leisten, die Produktionszeit von Rohstoffen bis zu Endprodukten zu verkürzen und Verschwendungen zu beseitigen. Die Prinzipien der kostengünstigen Produktion sind in 14 verschiedene Techniken unterteilt. Unternehmen konzentrieren sich oft nur auf einige der unten aufgeführten spezifischen Techniken. Wenn dies zu dem gewünschten Ergebnis, dh der besseren Leistung und Effizienz der Prozesse führt, ist dieser Ansatz durchaus sinnvoll. Das kosteneffiziente Konzept beinhaltet viele Aktivitäten, um den Fluss von Materialien und Informationen effizienter, nachhaltiger und schneller zu machen, mit dem Ziel, das Unternehmen effizienter zu gestalten (Küttner, 2016; Klevers, 2011). Das Hauptinstrument des Lean Konzepts ist in Kapitel 3 beschrieben.

Das Lean Konzept nutzt neben den in Kapitel 3 vorgestellten Instrumenten eine Reihe unterschiedlicher Methoden und so genannte „Werkzeuge“. All diese Methoden helfen die Organisation der Produktion, die Arbeitskultur und die Geschäftsprinzipien zu verbessern.

Basierend auf der Analyse von unterschiedlichen Modellen und Methoden zur Bewertung der Prozess des Unternehmens und der Identifikation von Engpässen und Leistungsverbesserungen, konzentrieren sich eine große Anzahl von Modellen und Methoden auf die Bewertung der Leistung eines Unternehmens als Ganzes, wobei sowohl das Geschäfts- als auch das Prozessmanagement des Unternehmens im Vordergrund stehen (Okland, 2006; Kaplan et al, 1996, Susterova et al, 2012). Ein anderes, gemeinsames Merkmal ist, dass sich die angebotenen Modelle nur darauf beschränken, die Effizienz von Prozessen einzuschätzen und Engpässe zu identifizieren. Die Aktivitäten zur Beseitigung von Engpässen bleiben jedoch oft im Verantwortungsfeld des Unternehmens. Ein dritter Aspekt ist der

Detaillierungsgrad der Ergebnisse, der es KMU ermöglicht, Engpässe zu erkennen und die notwendigen Maßnahmen einzuleiten, um diesen Engpässen entgegenzuwirken.

Bei der Analyse der oben beschriebenen Modelle und Methoden aus KMU-Sicht sind sie häufig kompliziert, umfangreich und umfassend in Bezug auf detaillierte Bereiche und Aspekte, deren Relevanz oft vom Umfang der Tätigkeit abhängt und mit der Größe des Unternehmens zunimmt. Es ist auch wichtig, sich auf den Wertschöpfungsprozess zu konzentrieren, Engpässe im Wertschöpfungsprozess einfach zu erkennen und dem Unternehmen zu helfen, geeignete Methoden und Modelle zu wählen, um die Engpässe zu beseitigen. Ein geeignetes KMU-Modell sollte in erster Linie darauf fokussiert sein Wege zu finden, Kosten zu senken und somit Wettbewerbsvorteile zu schaffen. Es ist wichtig, sich auf die Verbesserung des Wertschöpfungsprozesses zu konzentrieren. Das Modell sollte es ermöglichen spezifische Engpässe zu identifizieren und die Effektivität des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens erhöhen mit dem spezifische KMU-Modelle und -Methoden, um diese Engpässe zu beheben.

#### **1.4. Zusammenfassung des ersten Kapitels**

Der Erfolg der Geschäftstätigkeit eines Unternehmens hängt in erster Linie von den strategischen Zielen ab, die sich auf wichtige Aspekte von Geschäfts- und Wertschöpfungsprozessen, die für die strategischen Ziele des Unternehmens von entscheidender Bedeutung sind, konzentrieren. Unternehmen streben danach die Kundenbedürfnisse besser zu erfüllen. Gleichzeitig ist für das produzierende Unternehmen eine signifikante Reduzierung der Produktionskosten, eine Verkürzung der Produktionszeit des Produkts, eine Reduzierung der Losgrößen, die Aufrechterhaltung der Flexibilität und eine schnelle Reaktion auf Marktveränderungen wichtig.

Aus Sicht der Gesamtheit ist es für das Unternehmen wichtig, sowohl im Hinblick auf Geschäfts- als auch auf Wertschöpfungsprozesse, Perfektion zu erreichen, zumal diese Aspekte eng mit der zeitlichen Entwicklung der Nachfrage zusammenhängen. Um die Wertschöpfungsprozesse zu steuern, ist es wichtig, effizient zu arbeiten und die zeitliche Lücke zwischen Nachfragezeit und der Erfüllungszeit des Produktionsauftrages zu schließen. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, das Ergebnis mit dem geringstmöglichen Ressourcenverbrauch zu erreichen, dh Dinge richtig zu machen, wenn es um die Bewertung der Effizienz des Wertschöpfungsprozesses geht, um so Zeitverluste aus dem Prozess zu identifizieren und zu eliminieren.

Die Aktivitäten im Rahmen des Wertschöpfungsprozesses können in Bezug auf die Wertschöpfung in wertschöpfende und nichtwertschöpfende Aktivitäten unterteilt werden, die sich wiederum in notwendige und unnötige Aktivitäten, nämlich Verschwendungen, unterteilen. Um die Effizienz der Wertschöpfungsprozesse zu verbessern und die Durchlaufzeit zu reduzieren, müssen wir alle unnötigen Aktivitäten dh Zeitverschwendungen lokalisieren und beseitigen. Die Beseitigung von Zeitverschwendungen beginnt mit einer Performance Evaluation von heutigen Prozessen, um die Engpässe zu erkennen. Dafür gibt es viele verschiedene Modelle und Methoden. Die meisten Gesamtkonzeptionen sind auf das Unternehmen als Ganzes gerichtet und konzentrieren sich auf die Bewertung der Wirksamkeit der Geschäftsprozesse. Gleichzeitig fehlen für den KMU Wertschöpfungsprozess ergebnisorientierte, umfassenden Lösungen, die auf die KMU gerichtet und auch einfach zu bedienen sind und bei der Identifizierung von Engpässen helfen, sowie eine Auswahl an geeigneten Verfahren oder Modellen, die bei deren Beseitigung helfen.

Ziel des im Rahmen dieser Forschung auszuarbeitenden Expertensystems ist es, die Effizienz des Wertschöpfungsprozesses zu erhöhen. Das Expertensystem sollte in der Lage sein spezifischen Engpässe zu identifizieren und die Effizienz des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens steigern, spezifische KMU-Modelle und Methoden anzubieten, um diese Engpässe zu beheben. Dazu müssen wir die heutigen Engpässe und Verbesserungspotenziale der Schlüsselprozesse von KMU analysieren, verschiedene Methoden zur Bewertung der Prozessleistung analysieren, Engpässe identifizieren und eliminieren.

## 2 ANALYSE DER ENGPÄSSE UND DES VERBESSERUNGSPOTENZIALS DER WERTSCHÖPFUNGSPROZESSE VON PRODUKTIONSUNTERNEHMEN

Der Wunsch der Produktionsunternehmen nach Wertschöpfung ist nichts anderes als eine pragmatische Interpretation der langfristigen Ziele des Unternehmens. Aus Sicht der Effizienz- und Produktivitätswachstumsstrategie der Produktionsunternehmen ist es von entscheidender Bedeutung, die Rentabilität, die Prozesseffizienz und die Wertschöpfung des Unternehmens zu steigern (Kletti et al, 2011). Die Fähigkeit der Wertschöpfung von Produktionsunternehmen wird durch drei Kriterien bestimmt: Zeit, Qualität und Kosten, (Bild 2.1) dh niedrige Kosten, kurze Lieferzeiten und höchstmögliche Qualität (Kummer et al, 2009)

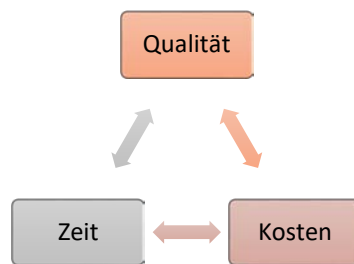


Bild 2.1. Anforderungen an das klassische Produktionssystem (Kletti et al, 2011)

### 2.1. Wichtige Kriterien für das Waren- und Dienstleistungsangebot an die Kunden

Für das Waren- und Dienstleistungsangebot an die Kunden sind alle drei genannten Kriterien wichtig. Diese sind gleichzeitig auch wichtige Erfolgsfaktoren für die Leistung des Unternehmens (siehe Abschnitt 1.1).

Bei der Bewertung der Situation von Unternehmen in den globalisierten Märkten von heute werden die klassischen Merkmale des Produkts wie Qualität, Kosten und Zeit des Produktionszyklus eine neue Bedeutung erhalten. Hohe Qualität, niedrige Kosten und eine kurze Lieferzeit sind noch enger miteinander verbunden und es können keine Zugeständnisse gemacht werden. Es ist noch weniger möglich, ein Element zugunsten eines anderen zu variieren. Zunehmend von Bedeutung sind Begriffe wie Betriebsergebnis (Profitabilität), kundenorientierte Lieferzuverlässigkeit und hohe und gleichbleibende Qualität. Ohne diese Anforderungen wird der kontinuierliche Produktionsprozess nicht funktionieren (Kletti et al, 2011; Lavin et al, 2012).

Ausgehend von den strategischen Zielen ist für Unternehmen auf lange Sicht Rentabilität wichtig, aus Sicht der Kunden haben Liefergenauigkeit und Liefertreue große Bedeutung. Die Lieferzeit können Unternehmen planen, aber selten läuft die tatsächliche Produktion 100% wie geplant. Unvorhergesehene Umstände verhindern den Produktionsprozess und die rechtzeitige Fertigstellung der Produkte. Bei der JIT sind die Lieferfristen von kritischer Bedeutung. Unternehmen bemühen sich, die verlorene Zeit aufzuholen und Lieferverzögerungen in jedem Fall zu vermeiden (Muhammad Asif et al, 2010; Varblane et al,

2011). In diesen Situationen ist es oft notwendig die Produktionspläne zu sichten und nach neuen, alternativen Lösungen zu suchen. Um effiziente Lösungen zu finden, muss das Unternehmen flexibel sein. Das Unternehmen muss in der Lage sein, den Produktionsprozess ohne große, zusätzliche Kosten zu unterbrechen, um die Bearbeitungsreihenfolge der Fertigungsaufträge zu ändern. So können wir sagen, dass die klassischen Eigenschaften des Produkts: Zeit, Kosten und Qualität, durch solche Eigenschaften wie Wirtschaftlichkeit, Liefertreue und Flexibilität ersetzt werden, die untereinander konkurrieren, sodass bei der Verknüpfung dieser Ziele folgende Prozesse wichtig sind. Man muss:

- transparent sein. Um eine zeitnahe Bewertung der Prozesse zu gewährleisten, müssen alle Aktivitäten, Auswirkungen und Details, die zur Bewertung des Prozesses erforderlich sind, aufgezeichnet werden.
- schnell auf Änderungen reagieren. Aufgrund der Merkmale der registrierten Prozesse muss es möglich sein, schnelle Entscheidungen zu treffen. Der Prozess muss so strukturiert sein, dass, basierend auf diesen Entscheidungen, der Prozess in der Zukunft zeitnah beeinflusst werden kann (Wöhe et al, 2008).

## **2.2. Grundsätze der Datensammlung und Übersicht über die Datensammlung von heutigen Problemen und Engpässen in Unternehmen.**

Ziel der Datenerfassung ist es, Informationen über die aktuellen Probleme und Engpässe von Unternehmen zu sammeln, um diese Engpässe zu analysieren und deren Gründe darzulegen. Die Daten helfen, das Problem zu formulieren und die Forschungsfragen zu konkretisieren. Der erste Schritt bei der Analyse der aktuellen Probleme von Unternehmen ist das Sammeln von Informationen. Eine Analyse der gesammelten Informationen ermöglicht es uns, die heutigen, wichtigsten Engpässe der Unternehmen aufzuzeigen. Die Engpass-KEF-Struktur ist die Basis für die Erstellung eines Rahmens für einen Selbstbewertungsfragebogen für das Expertensystem.

Für die Datenerfassung kann eine Vielzahl von Prinzipien verwendet werden: primäre Datenquellen sind in dieser Arbeit gesammelte, ursprüngliche Daten und Mitarbeitergespräche, Umfragen oder andere direkte Methoden, die eine Erfassung von Informationen voraussetzen (Cadle et al, 2002). Primärdaten umfassen Experimente, Beobachtungen und Gespräche, die wiederum in Interviews und Befragungen unterteilt sind. Die sekundäre oder indirekte Datenerfassung basiert auf veröffentlichten, kommerziellen Forschungen und innerbetrieblich gesammelten, internen Daten, wobei die Ziele unterschiedlich sein können: sekundäre und primäre Forschungen, frühere Beratungsprojekte oder Brainstormings. Ausgehend von den benutzten Datensammlungsmethoden können Daten als qualitative Daten klassifiziert werden, gesammelt durch Interviews und Beobachtungen, und als quantitative Daten, die mittels Umfragen gesammelt werden (Cadle et al, 2002; Ghauri et al, 2011). Qualitative und quantitative Daten können kombiniert werden, da keine Methode vollständig qualitativ oder quantitativ ist (Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1 Unterschiedliche Zielsetzungen von qualitativen und quantitativen Methoden

Qualitative Methoden	Quantitative Methoden
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielsetzung auf Verständnis</li> <li>• Um die Ansichten der Zielgruppe zu verstehen</li> <li>• Interpretation und rationaler Ansatz</li> <li>• Beobachtung und Messung in natürlichen Einheiten</li> <li>• Subjektive „interne Sicht“ und Datennähe</li> <li>• ein explorativer Ansatz</li> <li>• Prozessorientierung</li> <li>• Vollbild (Ansicht)</li> <li>• Verallgemeinerung zum Vergleich einzelner Eigenschaften und des Kontextes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielsetzung auf Tests und Kontrolle</li> <li>• Zielt auf Ursachen von Fakten und / oder gesellschaftlichen Ereignissen</li> <li>• Ein logischer und kritischer Ansatz</li> <li>• Verifizierte Messung</li> <li>• Objektive „externe Sicht“ und Distanzierung von Daten.</li> <li>• Hypothetischer, deduktiver Fokus auf Hypothesenprüfung</li> <li>• Ergebnisorientierung</li> <li>• Detailliert und analytisch</li> <li>• Generalisierung basierend auf Teilnehmern</li> </ul>

In dieser Arbeit basiert die Analyse von Geschäftsengpässen auf Sekundärdaten, die einerseits auf externen Daten beruhen, dh auf verschiedenen, in der estnischen Industrie durchgeführten, Studien, in denen auch die KMU-Engpässe untersucht und mögliche Entwicklungen hervorgehoben wurden. Die Ergebnisse wurden analysiert, verallgemeinert und systematisiert, basierend auf KMU-Beratungsprojekten und den Beratungspraktiken im Bereich der Fertigung des letzten Jahres.

### Studien von Industrieunternehmen

Die „Aktuelle Situation und Trends in der estnischen Maschinenindustrie“ wurde von der Enterprise Estonia und vom Zentrum für Sozialwissenschaften an der Universität Tartu, unter der Leitung von Professor Urmas Varblane, durchgeführt und soll die wichtigsten Prozessindikatoren des estnischen Maschinensektors, dessen Kernkompetenzen und Fähigkeiten, abbilden und Lösungen zur Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit des Sektors liefern (Varblane et al, 2011).

Im Rahmen der Studie wurden 100 Interviews mit insgesamt 68 Unternehmen aus verschiedenen Teilbranchen des Maschinenbaus durchgeführt, deren Haupttätigkeitsfeld die Maschinenindustrie ist. Im Gesamtverlauf der Studie wurden Fragebogen von 143 Unternehmen beantwortet und außerdem 68 Unternehmen interviewt. Neben den Interviews mit Führungskräften gab es vier Fokusgruppensitzungen, die sich mit den in den Interviews aufgetauchten Fragen und möglichen Lösungen für den Sektor befassten (Varblane et al, 2011).

Als Ergebnis der Umfrage wurden wichtige Fragen der estnischen Maschinenindustrie hervorgehoben:

- Nur wenige Unternehmen der Branche haben sich mit der strategischen Planung beschäftigt, *Ad-hoc*-Aktivitäten, die auf Kundenwünschen und bestehenden Aufträgen basieren, sind vorherrschend. Auch werden nur wenige formale Managementmethoden eingesetzt. Dies gilt sowohl für das strategische als auch das Produktionsmanagement und für die Umweltfreundlichkeit.



- Bevorzugt wird der Einkauf von Produktionsmitteln und Ressourcen von estnischen Lieferanten. Deren Vorteil liegt in einer einfachen Kommunikation und in der Möglichkeit, weniger zu kaufen. Einer der wichtigsten Gründe ist hier, die geringen Produktionskapazitäten der estnischen Maschinenindustrie - vielen Unternehmen fehlt die Fähigkeit, mit großen, ausländischen Lieferanten zusammenzuarbeiten.
- Die estnische Maschinenindustrie ist stark auf das Outsourcing ausgerichtet. Etwa ein Drittel der an der Untersuchung beteiligten Unternehmen machen mehr als 50% der Umsatzerlöse aus Outsourcing-Aufträgen. Für die estnischen Unternehmen ist bei den Outsourcing-Aufträgen vor allem die Kosteneffizienz ausschlaggebend. Eine der größten Herausforderungen beim Outsourcing ist daher der schrittweise Weg zu mehr forschungsintensivem Outsourcing und den möglichen Entwicklungsperspektiven für dieses Gebiet.
- Die estnische Maschinenindustrie ist stark auf den Export ausgerichtet, welcher fast drei Viertel ihres Gesamtumsatzes ausmacht.
- Im internationalen Vergleich ist in Estland ein hoher Anteil an innovativen Unternehmen vertreten. Die Innovationen haben dazu beigetragen, die Stückkosten zu senken, den Kundenstamm zu erweitern und die Wettbewerbsposition zu stärken.
- Unternehmen kooperieren kaum, mit Ausnahme der konzerninternen Zusammenarbeit. Ausländische Unternehmen mit einer sehr starken Beziehung zur Muttergesellschaft spielen eine wichtige Rolle in der Maschinenindustrie. Daher sind die beschriebenen Unternehmen häufig nicht an einer Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen interessiert und werden auf Gruppenebene nicht unterstützt.
- Es existiert eine Zusammenarbeit mit FuE-Einrichtungen, die jedoch derzeit in Estland relativ gering ist (im Zeitraum von 2008 bis 2010 arbeitete ein Drittel der Forschungsunternehmen mit Forschungseinrichtungen zusammen). Diese Unternehmen, die mit FuE-Einrichtungen zusammengearbeitet haben, sind weitgehend damit zufrieden. Das Problem ist der Mangel an Kapazitäten und Personal und in einigen Fällen die Dringlichkeit der Entwicklung von Lösungen. Besonders in kleinen Unternehmen ist es wichtig schnell eine Lösung zu erarbeiten, während FuE-Institutionen dafür oft keine freien Ressourcen haben.
- Die Knappheit von Finanzierungsmöglichkeiten ist wahrscheinlich ein vorübergehendes Phänomen, da die Banken derzeit eine konservative Kreditpolitik als Ergebnis der jüngsten Krise verfolgen. Im Falle einer positiven Entwicklung der Wirtschaft jedoch, werden sich finanzielle Ressourcen für die Umsetzung von Ideen finden, unter anderem durch verschiedene Unterstützungsmaßnahmen.
- Die mangelnde Übereinstimmung mit den Fähigkeiten einer Arbeitskraft, die aus der Lehre kommt und den Bedürfnissen des Unternehmens, ist gravierend und ein unbestrittene Engpass für die Entwicklung des Maschinenbausektor. Globale Trends zeigen, dass die Fähigkeit, das höhere Niveau in der Wertschöpfungskette zu erobern, für Estland aufgrund der zunehmenden globalen Integration der Welt immer wichtiger wird. Es ist wahrscheinlich, dass der Kostenvorteil in Zukunft abnehmen wird. Ein höheres Niveau in der Werteschöpfungskette stellt jedoch höhere Anforderungen an die Arbeitskraft. Diese muss in der Lage sein, innovative Lösungen anzubieten und umzusetzen.
- Die Schulung von Facharbeitern für die Maschinenbauindustrie ist nur unzureichend. Nach Angaben der Unternehmen gibt es Probleme mit dem Qualifikations- und Wissensstand der Berufsschulabsolventen. Bei den Ingenieuren sind die Probleme

etwas anders, dort wird bemängelt, dass das theoretische Wissen dominiert und das Niveau der praktischen Fähigkeiten niedriger ist.

Im Auftrag von Enterprise Estonia hat die Technische Universität Tallinn eine „Untersuchung im Feld des Produktionsmanagements auf operativer Ebene“ veranlasst. Die Umfrage wurde von Mai bis August 2011 bei 184 produzierenden Unternehmen durchgeführt, wobei auch Experten involviert waren (Gans et al, 2011).

Ziel der Studie war es, Informationen über die Praktiken des Produktionsmanagements der estnischen Industrieunternehmen und deren Aktivitäten zur Produktivitätssteigerung zu sammeln. Dies wurde unternommen, um einen Überblick zu geben und das Niveau des Wissens und der Fähigkeiten des heutigen Produktionsmanagements in Estland zu bewerten.

Vorschläge und Empfehlungen, die auf der Grundlage der Studie entwickelt wurden:

- Beitrag zur Entwicklung von Literatur auf dem Gebiet des Produktionsmanagements und umfassende Schulungsprogramme.
- Den Inhalt verschiedener Theorien des Produktionsmanagements und ihre Eignung für bestimmte Unternehmen zu verbreiten.
- Die Auswirkungen von Produktionsmanagementmethoden auf die Selbstkosten und andere Produktionsziele zu verbreiten.
- Ausarbeitung einer „Standard“-Wissensmanagementdatenbank für das Produktionsmanagement. Das Resultat wäre eine Menge an notwendiger Literatur und Lehrmethoden.
- Ein Basis- und Weiterbildungssystem für Produktionssysteme sollte eingerichtet werden. Ein qualitativer Wissenszuwachs auf diesem Gebiet ist erforderlich. Der Plan sollte langfristige (strategische) und kurzfristige (taktische) Pläne enthalten.

In der, im Rahmen des INNOREG-Projekts „Kapazitätsaufbau und Wettbewerbsfähigkeit in der Region Nordestland und Südfinnland“, von Heiväli Consulting durchgeführten, Umfrage, wurden 15 Mechatronik-Unternehmen aus Nordestland und Südfinnland befragt und analysiert. Die Ziele der Studie bestehen darin, die Schlüsselkompetenzen, Märkte und Produkte von Unternehmen, die Marktgeografie, technologischen Fähigkeiten, Forschungs- und Entwicklungskapazitäten, Kompetenzen der Mitarbeiter und Erfahrungen in der Cluster-Zusammenarbeit zu erfassen und zu analysieren. Die Ergebnisse sind in sieben Bereiche unterteilt: allgemeine Geschäftsinformationen, Geschäftsumfeld und -management, technologische Leistungsfähigkeit, Produkt- und Technologieentwicklung, Personalausstattung, IKT-Lösungen, Qualitätssicherung und -kontrolle sowie Zusammenarbeit (Heiväl Consulting, 2011).

Bei einigen der untersuchten Cluster zeigte sich, dass ein erheblicher Teil der Engpässe mit der Größe ihrer Mitglieder zusammenhängt, was unter anderem zu einer Einschränkung der Fähigkeit führt, größere Aufträge auszuführen. Dies wird zum Beispiel durch die Einführung kleiner Geschäftsentwicklungsprogramme gelöst. Als Methoden umfassen diese Programme beispielsweise Organisationsdiagnostiken für kleine Unternehmen sowie Beratung und Ausbildung. Darüber hinaus kann ein Cluster, um kleine Unternehmen zu unterstützen, eine gemeinsame Outsourcing- und Provider-Datenbank zusammenstellen und zu vermarkten und/oder die Vorbereitung von gemeinsamen Angeboten zusammenstellen.

Bei der Einführung von Managementtechniken werden die erforschten Cluster vor allem durch die Einführung von Lean-Prinzipien unterstützt. Die Methoden hierfür sind Vor-Ort-Beratung, Organisation von Seminaren und Schulungen, die Möglichkeit von Praktikanten, die Organisation von Fabrikbesuchen und die Erstellung einer Produktionslinienanalyse.

In den beobachteten Clustern werden zwischen die Auftragnehmer und den Lieferanten die Verbesserungsprojekte für die Entwicklung der Lieferkette eingebaut. Beispielsweise werden Projekte organisiert, um Prozesse und Informationsaustausch zu vereinheitlichen, die Bestandsverwaltung zu verbessern, Verpackungen zu standardisieren und gemeinsame Entwicklungs- und Produktionsmöglichkeiten zu finden.

Die Entwicklungsziele der Cluster für den Bereich der Humanressourcen, richten sich in erster Linie darauf, Mitarbeiter zu finden und entsprechend den Bedürfnissen der Unternehmen, zu entwickeln. Die Methodik dafür ist die Identifizierung von Gebieten mit hohem Mehrwert, die Überwachung der Arbeitsplatzentwicklung, die Verbesserung der Reputation der erforderlichen Spezialitäten, die Bereitstellung von Schulungen, die Verwaltung eines Jobportals und das Marketing auf Messen.

Die im Auftrag von Enterprise Estonia und vom Europäischen Sozialfonds mitfinanzierte Studie „Entwicklung kleiner und mittlerer Unternehmen“ untersuchte die Entwicklung von KMU, um das Profil der in Estland tätigen KMU zu ermitteln und diese anhand der Größe, dem Tätigkeitsfeld, dem Standort und der wichtigsten Wirtschaftsindikatoren zu vergleichen und bietet einen statistischen Überblick über diesen Sektor.

Basierend auf den Daten dieser Umfrage wurden die aktuelle Situation und Entwicklungstrends von KMU anhand folgender Unterthemen analysiert: Unternehmertum und unternehmerische Faktoren, Humanressourcen, Schulungs- und Beratungsbedarf der Mitarbeiter, Unternehmensberatung, Finanzinstrumente und deren Verfügbarkeit, Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen und ausländischen Partnern, Internationalisierung von Unternehmen, Informationsquellen, Unterstützungsmaßnahmen für unternehmerische Initiative, unternehmerisches Rechtsumfeld und die Nutzung von elektronischen Diensten. (PRAXIS 2012)

Während der Umfrage wurden 1481 KMU befragt und die Art und die Eigenschaften ihrer Aktivitäten analysiert.

- Faktoren, die die unternehmerische Tätigkeit behinderten oder stimulierten, waren Probleme der allgemeinen Wirtschaftslage, wie hohe Steuerlast, Markterkundung, Nichtbezahlung von Rechnungen durch Kunden, Verfügbarkeit finanzieller Mittel und in geringerem Maße auch die Situation auf dem Arbeitsmarkt.
- Zu ihren Stärken haben KMU gute Beziehungen zu Kunden und Kundentreue gezählt. Dies bietet auch eine bessere Flexibilität bei der Reaktion auf Kundenbedürfnisse. Eher selten wurde die Qualität einer Dienstleistung oder eines Produkts, die Fokussierung auf eine Tätigkeitsnische oder ein niedrigerer Preis als Stärke erwähnt.
- Die Entwicklung des Arbeitsmarktes ist gekennzeichnet durch einen Nachfragerückgang der ungelerten Arbeitskräfte und eine Zunahme der Zahl der Top-Spezialisten. Die Umfrage hat gezeigt, dass die Mitarbeitersuche für niedrigere Stellen mit den Jahren einfacher wurde, wobei die Suche nach Fachkräften, Technikern und Top-Spezialisten auf mittlerer Ebene für KMU immer schwieriger wurde.
- Kleine und mittlere Unternehmen arbeiten eng mit den verschiedenen Parteien in ihrer Produktionskette zusammen, um ihre wirtschaftlichen Ziele zu erreichen. Häufige Kooperationspartner sind Kunden, Konsumenten und Lieferanten, die dabei

helfen, die Geschäftsziele zu erreichen, die Produktpalette zu entwickeln oder neue Märkte zu erobern.

- Die Zusammenarbeit wird oft durch den Wunsch der Unternehmen behindert, unabhängig zu bleiben. Fast die Hälfte der Unternehmen (47%) priorisiert die Unabhängigkeit in ihrer Entwicklungsplanung und nicht die Möglichkeit, solche Ziele zu erreichen, die das Unternehmen allein mit seinen eigenen Ressourcen nicht immer erreichen kann.

### **2.3. Ausgangspunkt für ein umfassendes Modell-Framework zur Bewertung der heutigen Engpassanalyse und Prozessperformance von Wertschöpfungsprozessen in produzierenden Unternehmen.**

Vier Aspekte sind bei der Analyse von Wertschöpfungsprozessen, dem Auffinden bestehender Engpässe und bei der Verbesserung der Leistung wichtig:

- Die Identifizierung der taktischen Möglichkeiten, basierend auf der aktuellen Situation und den strategischen Zielen des Unternehmens.
- Die Festlegung von Taktiken, die es dem Unternehmen ermöglichen, strategische Ziele zu erreichen.
- Das Implementieren und Unterstützen dieser Taktiken.
- Taktiken, die helfen, sich in der verändernden Umgebung neu zu definieren, um so die Einhaltung der strategischen Ziele sicherzustellen.

Verschiedene Techniken werden verwendet, um die Leistung der Organisation zu überwachen. Das bekannteste Verfahren zur Bewertung von Geschäftsprozessen ist BSC, das die strategischen Ziele des Unternehmens in verschiedene Perspektiven unterteilt und deren Leistung durch KEF und KPIs bewertet. Die einfachere Technik, die in dieser Doktorarbeit verwendet wird, ist die KEF/KPI-Technik für die Prozessanalyse, die den KEF und den resultierenden KPI systematisiert (Durkacova et al, 2014). Der wesentliche Inhalt der Technik ist die Messung der Ergebnisse der Unternehmensprozesse durch die KEF und KPI. Zuerst werden KEF als Aspekte definiert, die für das Erreichen des Ergebnisses wesentlich sind. Sie unterteilen sich in allgemeine Aspekte, die für alle Unternehmen charakteristisch sind, unabhängig von ihrer Größe oder ihrem Tätigkeitsbereich, und in unternehmensspezifische KEFs, die die Wettbewerbsvorteile des Unternehmens ausmachen. KPIs beziehen sich auf das KEF und definieren die spezifischen Faktoren, die überwacht werden müssen, um das KEF zu vervollständigen (Bernard, 2014).

Ausgehend von vorherigen, theoretischen Standpunkten und basierend auf den in der Forschung gesammelten Daten und deren durchgeführter Analyse, wurde die KEF / KPI-Technik verwendet, um ein auf KMU-spezifischen Engpässen basierendes Modell-Framework zu bilden, welches auf KMU-spezifischen KEF basiert und daraus folgend wurden KPI beschrieben, als die wichtigen Faktoren, um die KEF zu erreichen.

#### **Kritische Erfolgsfaktoren für das produzierende Unternehmen - KET**

Der Erfolg eines Unternehmens hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. All diese Faktoren sind wichtig für die Geschäftsentwicklung. Abhängig von den strategischen Zielen müssen sich Unternehmen auf die Tätigkeitsfelder und -faktoren konzentrieren, die für die Erreichung der strategischen Ziele sowohl der Geschäftsbereiche des Unternehmens als auch des

gesamten Unternehmens entscheidend sind. Kritische Erfolgsfaktoren verbinden die verschiedenen Aspekte der Aktivitäten des Unternehmens zu einem einheitlichen Ganzen (Löun et al, 2012; Durkacova et al, 2014). Mit Hilfe kritischer Erfolgsfaktoren definieren Unternehmen diejenigen Faktoren, die den Erfolg des Unternehmens und seine Strategie bestimmen dh was das Unternehmen gut machen muss. Es ist wichtig, die Verbindung zwischen kritischen Erfolgsfaktoren, verschiedenen Aspekten der Unternehmenstätigkeit und der Managementebene zu betrachten. Ihre Kritikalität, Relevanz, Auswirkung auf die Leistung und der Gesamterfolg sind bei der Bestimmung kritischer Erfolgsfaktoren wichtig. Die Erfüllung kritischer Erfolgsfaktoren wird durch tätigkeitsspezifische Schlüsselindikatoren gemessen (Lavin et al 2012; Al-Ashaaba et al, 2014; Lavin et al 2014).

Die Aufgabe von KEF besteht nicht nur darin, sich auf die wichtigen Aspekte zu konzentrieren und diese zu bewerten, sondern auch dazu beizutragen, das Potenzial der kontinuierlichen Verbesserung des Unternehmens aufzuzeigen. Sie geben dem Management des Unternehmens Wissen über die Gründe des Erfolgs oder Misserfolgs, was die Grundlage für zukünftige Entscheidungen bildet, und schaffen gleichzeitig einen bedeutenden Rückblick auf die bisherigen Aktivitäten des Unternehmens (Appelbaum et al, 1999; Löun et al, 2012).

Die KEF kann auf Branchenebene gesehen werden, wo sowohl branchenquerschnittende als auch branchenspezifische Faktoren berücksichtigt werden, basierend auf dem Wettbewerbsumfeld, geografischen Merkmalen und der Marktposition des in der Branche tätigen Unternehmens. Die Entwicklung unternehmensspezifischer KEFs wird den Fokus weiter verfeinern und so die Möglichkeit schaffen, sich auf unternehmensspezifische Faktoren zu konzentrieren (Löun et al, 2012). Auf Unternehmensebene sind die KEFs, abhängig von den ausgewählten, strategischen Zielen und Maßnahmen im Unternehmen, auf die Unternehmensentwicklung und die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ausgerichtet. Diese Ziele können Folgendes umfassen: Entwicklung neuer Produkte, effizientes Marketing, Aufbau eines Händlernetzes, Gewährleistung der Versorgungssicherheit und Qualitätssicherung usw. KEFs unterstützen die Aktivitäten und Bemühungen von Abteilungen ein besseres Ergebnis zu erzielen, Wichtiges von Unwichtigem zu trennen, die unternehmerischen Ziele des gesamten Unternehmens zu erreichen und legen besonderen Fokus auf branchenspezifische Erfolgsfaktoren, die kritisch dafür sind, diese Ziele zu erreichen. Unternehmensspezifische KEF sind beispielsweise im Bereich des Vertriebes, die Gewährleistung der Kundenzufriedenheit und das Steigern der Kundenrentabilität; während als Beispiele für die mit Wertschöpfung verbundenen KEF der Produktion eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen, ein Erhöhen der Produktivität oder eine Verkürzung des Herstellungszyklus genannt werden können.

Um die kritischen Erfolgsfaktoren zu definieren ist es zweckmäßig, alle Faktoren, die die unternehmerische Tätigkeit beeinflussen, aufzulisten, um anschließend diese Faktoren auszuwählen, die den größten Einfluss auf den Erfolg des Unternehmens, der Branche oder der Abteilung haben. Die Fokussierung auf diese Faktoren ist ein Eckpfeiler des Unternehmenserfolgs. KEF Identifikation ist ein unabhängiger, empirischer Prozess, der in der Regel, durch eine qualitative Bewertung, ausgehend von Erfolgsfaktoren und ihrer Beziehung zur Effizienz und zum Gesamterfolg des Unternehmens, durchgeführt wird (Steven et al, 2004).

Um erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen KEF definieren, da so die KEF messbar und vergleichbar gemacht werden. KEFs können im Grad des Einflusses variieren. Je nachdem wie sehr sie beeinflussbar sind, werden die KEF in bedingte oder designbare (zeitliche und räumliche Veränderbarkeit), quantitative oder qualitative und in finanzielle oder nichtfinanzielle Faktoren eingeteilt. Weiterhin können KEF in interne oder externe,

allgemeine oder geschäftsspezifische, positive oder negative Aspekte unterteilt werden (Löun et al; 2012, Lavin et al 2014). In jedem Fall müssen das Management und die Mitarbeiter des Unternehmens besondere Aufmerksamkeit auf die KEF legen, um unangenehme Überraschungen oder verpasste Gelegenheiten zu vermeiden (Parmenter, 2015).

Typische KEF-Kategorien:

- Mögliche (unvorhergesehene) Ereignisse mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit;
- Aktivitäten in bestimmten Bereichen oder mit bestimmten Zielen, die einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens haben;
- Eine Situation, die das Erreichen der Unternehmensziele wesentlich behindert, falls diese nicht korrigiert wird;
- Eine Situation oder Leistung, die die gesetzten Ziele erreicht, aber eine besondere Überwachung oder Kontrolle erfordert;
- Ein kritischer Prozess, eine Produktionsaktivität oder ein Gerät, welche einen großen Einfluss auf den Erfolg haben und deren Ausfall (Fehlfunktion, Mangel an) mit einem hohen Risiko verbunden ist.

Die Definition eines KEF ist ein wichtiger Schritt bei der Festlegung von Indikatoren, die für die Messung erforderlich sind, dh welche Indikatoren gemessen werden müssen, um die tatsächliche Entwicklung der KEF zu verstehen. Darüber hinaus muss beschrieben werden, welche Entscheidungen (Aktivitäten) getroffen werden müssen, falls sich eine Situation anbahnt, auf die man durch die Entwicklung der KEF aufmerksam geworden ist.

Um die Effektivität der Wertschöpfungsprozesse und die damit verbundenen Aktivitäten zu bewerten, ist es notwendig, die Prozesse durch prozessbasierte Indikatoren effizient zu messen. Unternehmen benötigen Indikatoren, um wichtige Informationsflüsse herauszufiltern, die objektive Situation des Unternehmens widerzuspiegeln und um den Bedarf an Effizienzsteigerung in den aktuellen Prozessen des Unternehmens zu ermitteln (Durkacova et al, 2014).

Zur Beurteilung der Prozesse werden sowohl qualitative als auch quantitative Indikatoren herangezogen (Känel, 2004). Bei der qualitativen Bewertung ist das Vorhandensein der Eigenschaften der Prozessfähigkeit entscheidend: Ein Vergleich des Prozesses mit der Beschreibung, eine Bewertung der Prozessbeschreibung oder eine Bewertung des Optimierungsmodells. In der quantitativen Bewertung wird die Prozessfähigkeit ermittelt, indem Prozessergebnisse, Diffusion und Stabilität gemessen und die Ergebnisse mit Wettbewerbern, Kundenanforderungen und Unternehmenszielen verglichen werden (Becker, 2005). Verschiedene Funktionen der qualitativen Indikatoren der Prozessbewertung sind in der folgenden Tabelle aufgeführt (Tabelle 2.2).

### **Key-Performance-Indikatoren (KPI)**

Wenn KEF ein Faktor ist, der die Erreichung der Unternehmensziele wesentlich beeinflusst, dann ist KPI ein qualitativer (messbarer), geschäftsbezogener Faktor, mit Hilfe dessen die Unternehmensziele oder kritischen Erfolgsfaktoren gemessen werden. KPI ist die Grundlage für die Entscheidungsfindung, Koordination und Kontrolle der Aktivitäten des Unternehmens und hilft, die Unternehmensstrategie umzusetzen, Abweichungen von Zielen zu erkennen und ungenutztes Potenzial zu finden (Becker, 2005; Maverick, 2013).

Tabelle 2.2 Funktionen quantitativer Indikatoren (Becker, 2005)

Referenzfunktion	Zweckfunktion
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich mit anderen Unternehmen oder Standorten</li> <li>• Vorteile des Standorts</li> <li>• Vergleich von Abteilungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realistische Ziele setzen</li> <li>• Zielverfolgung</li> <li>• Bewertung der Unternehmensaktivitäten</li> </ul>
Steuerfunktion	Kontrollfunktion
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennung von Abweichungen</li> <li>• Erkennung von Stärken und Schwächen</li> <li>• Identifizierung von betrieblichen Anforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswirkungen der Visualisierung auf die Aktivitäten des Unternehmens</li> <li>• Erfolg und Misserfolg erklären</li> </ul>

Das Indikatorensystem des Unternehmens hilft bei der Beschreibung von Problemen, der Sammlung von Informationen, dem Vergleich der aktuellen Situation mit den Zielen (*as is – to be*) und der Koordinierung und Organisation wichtiger Aktivitäten (VDMA\_66412-1, VDMA66412-2). Die Unterstützung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (*Deming Circle, OPDCA Cycle*) ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt von KPI, um das Level zu sichern, Abweichungen schnell zu erkennen und die Unternehmensstrategie umzusetzen. Die Schlüsselindikatoren der Aktivität haben zwei Aufgaben: in der Planungsphase helfen sie die aktuelle Situation zu analysieren und in der Kontrollphase die Wirksamkeit der ergriffenen Maßnahmen zu bewerten.

Auf Grund der oben genannten, unternehmerischen Ziele der Herstellerfirma und von KEF, können Unternehmen verschiedene Indikatoren entwickeln, die wir auf folgende Art und Weise einteilen können:

- auftragsbezogene Indikatoren,
- Indikatoren bezogen auf die Anlage oder den Arbeitsplatz,
- qualitätsbezogene Indikatoren,
- personalbezogene Indikatoren,
- allgemeine Indikatoren (Kletti, et al, 2011).

Um die Leistungsindikatoren inhaltlich zu gliedern, wird häufig die funktionale Gliederung genutzt, die aus dem Prozess der Wertschöpfung eines Unternehmens hervorgeht und in der die Kernprozesse des Unternehmens zentral sind: Einkauf, Verkauf, Produktion und die Beziehung zwischen diesen Prozessen. Für ein größeres Unternehmen wird die Planungsebene auch für die Produktionseinheit verwendet: Fabrik oder Produktionslinie (Estvesa de Sousa 2015; Mc Neeny, 2014). Die funktionale Zuordnung der Indikatoren orientiert sich an der Struktur des Unternehmens und der Führungsebenen. Ausgehend von den Planungsgrundlagen und dem prozessorientierten Ansatz können wir die Produktionsparameter in Input, Output und prozessbasierte Aspekte teilen (Lavin et al, 2012). Indikatoren wie Kosten, Zeit und Qualität, auf deren Basis auch die Leistungsindikatoren der Produktionsanlage ermittelt werden, sind für die Beurteilung der Effizienz der Produktionsanlage relevant.

Kostenindikatoren konzentrieren sich in erster Linie auf die Komponenten von Selbstkosten:

- Anlagekosten
- Personalkosten
- Kapitalkosten - Lagerkosten (im Lager und Produktion)

- Zeitunabhängige Kosten:
  - Materialkosten
  - Kosten der Räumlichkeiten
  - Wartungskosten
  - andere Unternehmenskosten

Die Zeit ist definitiv einer der wichtigsten Produktionsindikatoren. Neben wertschöpfenden Tätigkeiten gibt es im Produktionsprozess eine Vielzahl von Aktivitäten, die keinen Mehrwert schöpfen (Unterbrechungen, Wartezeiten, organisatorische Zeitverluste), aber deutlich die Durchlaufzeit des Produkts durch die Produktion verlängern, was letztlich zu deutlich höheren Prozesskosten führt.

Die qualitätsbezogenen Kennzahlen beziehen sich in erster Linie auf die nichtwertschöpfenden Aktivitäten wie Nachbearbeitung oder auch Wiederherstellung. Es kann viele Merkmale der Prozesse des Unternehmens und dessen Leistung geben. Es ist wichtig, sich hier auf Indikatoren zu konzentrieren, die die strategischen Ziele des Unternehmens widerspiegeln. Um sicherzustellen, dass Profitabilität, Liefertreue und Flexibilität des Prozesses gewährleistet sind, müssen sich Unternehmen auf die kritischen Erfolgsfaktoren des gesamten Prozesses konzentrieren.

Das Ziel der Indikatoren des Produktionsunternehmens ist es, den Wertschöpfungsprozess zu analysieren und Potenzial zu entdecken. Auf der anderen Seite können Sie die Effektivität der durchgeführten Maßnahmen überprüfen. Für die Produktionsunternehmen sind besonders prozessbasierte Indikatoren wie OEE, OLE und die Ausführungszeit eines Fertigungsauftrags wichtig. In vielen Unternehmen sind diese Zahlen nicht bekannt oder ihre Bestimmung (Messung) ist schwierig, weil es an entsprechenden „Messgeräten“ mangelt (Koch, 2011).

Die Key-Performance-Indikatoren der Produktionstätigkeit sind ein Teil der verbundenen Indikatoren des Unternehmens im Gebiet des Produktionsmanagements und der Produktionskontrolle (VDMA\_66412-1, 2009), die eng mit dem Produktionsüberwachungssystem (*Manufacturing Execution System, MES*) des Unternehmens verbunden sind. Das MES System schafft die Grundlage für den Aufbau eines strukturierten Indikatorensystems, das eine Voraussetzung für Benchmarking und Prozessschätzung ist. Der KPI der Produktionseinheit enthält prozessbasierte Daten, Maschinendaten, Qualitätsdaten und mit der Arbeitszeit verbundene Daten. Der VDMA (Verband Deutsche Maschinen- und Anlagebau e.V.) hat eine Liste von Key Performance Indikatoren (KPIs) zur Bewertung und Kontrolle von Produktionsprozesszielen im Bereich Produktionsmanagement und -überwachung harmonisiert und standardisiert (VDMA\_66412-1, 2009; VDMA\_66412-2, 2009).

Indikatoren allein reichen nicht aus, um die Leistung zu verbessern, es müssen auch die KPI-Grenzwerte ermittelt werden, die sie zu eigentlichen Steuerungsinstrumenten machen. Ausgehend von den Besonderheiten der Unternehmensaktivitäten muss der Zielwert von Indikatoren unternehmensspezifisch ermittelt werden. Zusätzlich zu den Grenzwerten müssen die Aktionspläne festgelegt werden, die eingesetzt werden sobald die Indikatorgrenze überschritten wird. In diesem Fall wäre es sinnvoll sowohl den Warnwert als auch den Aktionswert zu definieren.

### **Produktionsüberwachungssystem - Manufacturing Execution System MES**

Die Tätigkeit eines klassischen Unternehmens wird von der Einstellung dominiert, dass umso besser die Arbeit geplant ist, desto besser ist das Ergebnis. In der heutigen Umgebung, in der die Unternehmen teure Bearbeitungszentren mit hohen Arbeitskosten verwenden und der



Druck auf Lagerreduzierungen und kürzere Produktions- und Lieferzeiten hoch ist, ist es notwendig, die Produktionsprozesse ständig zu überwachen und auf kurze Sicht den Produktionsprozess bei Bedarf effizienter zu gestalten (Bild 2.2) (Lavin et al, 2014).

Die ERP-Systeme dienen zur Planung und Verwaltung von Produktionsaktivitäten. Die Zielgrößen sind hier die erzeugten Mengen und erreichten Termine, aus denen in der Produktion die Planmenge erzeugt wird. Ist-Mengen und Produktionszeit werden aufgezeichnet. Erst dann vergleicht das ERP-System den Plan und das Ist-Ergebnis und entscheidet, ob ein zusätzlicher Fertigungsauftrag gestartet werden muss oder ob der Auftrag abgeschlossen ist. Dieses klassische Produktionsmanagementprinzip kann verwendet werden, obwohl es eine lange Reaktionszeit hat. Während der Planung gibt es keine Kenntnisse von der tatsächlichen Situation. Häufig ist die Planungsgrundlage (Rüstzeiten, Bearbeitungszeiten etc.) größer als die tatsächlichen Zeiten (Kletti, 2011; Riives et al, 2012).

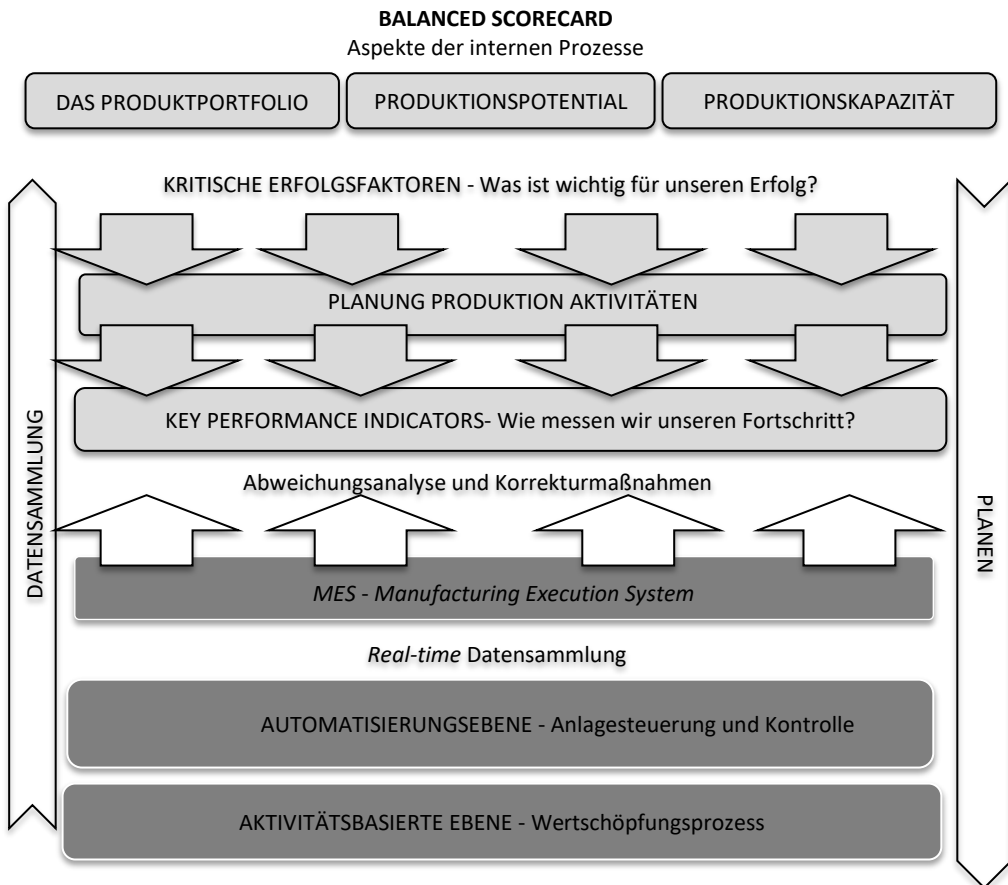
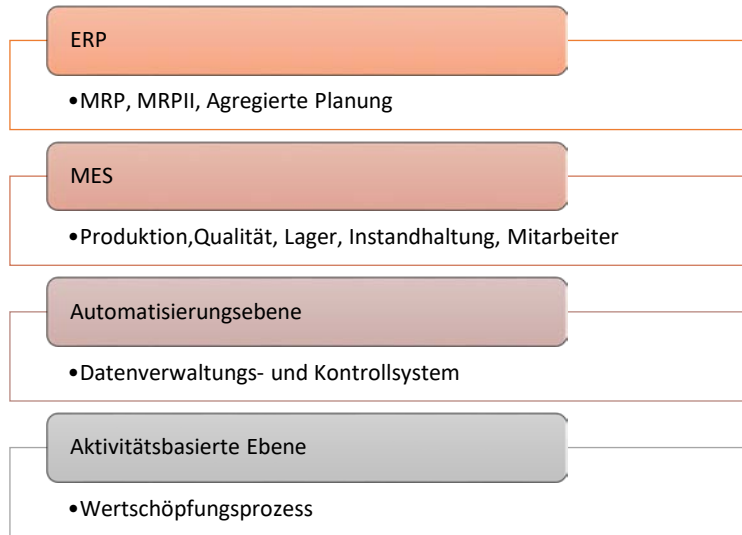


Bild 2.2. Leistungsüberwachungssysteme des Unternehmens (Lavin et al, 2014)

Um sicherzustellen, dass die Prozesse flexibel sind und auf veränderte Kundenbedürfnisse reagieren, sind eine kontinuierliche Überwachung und Kontrolle der Produktion sowie die Möglichkeit erforderlich, den Produktionsprozess in Echtzeit oder in wenigen Minuten

anzupassen. Eine solche Überwachung und Korrektur des Produktionsprozesses kann nur mit Hilfe von MES-Systemen durchgeführt werden. Bild 2.3 zeigt die Struktur des Produktionsplanungs- und Managementsystems, bei dem die Prozessüberwachung durch das MES-System erfolgt, wodurch der Prozess sofort bewertet, Abweichungen identifiziert und auf der Basis realer Daten korrigiert werden kann. MES ermöglicht es dem Unternehmen, die Produktionsaktivität in Echtzeit zu überwachen, den Plan und das tatsächliche Ergebnis zu vergleichen, um so die Leistung zu bewerten und Zeitverluste im Prozess zu reduzieren. Ursachen können organisatorische Gründe, Materialmangel, technische Gründe oder auch andere sein.

Das Ziel des Produktionsüberwachungssystems ist die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen durch die Optimierung der Abwicklung des Produktionsauftrags. Es ist ein verbindendes Glied zwischen der Planungsebene und der Ebene der Implementierung, die einen Vergleich zwischen dem Tatsächlichen, dem Geplanten und den Ursachen der Abweichungen herstellt. Wie in Bild 2.3 dargestellt, steht das Produktionsüberwachungssystem in direktem Zusammenhang mit der Automatisierungsebene, die die Überwachung des Produktionsprozesses (Steuerung) und dessen Kontrolle in Echtzeit ermöglicht. Das Produktionsüberwachungssystem MES ist ein prozessorientiertes Produktionsmanagementsystem (die Überwachung wird während eines einzelnen Prozesses, einer Arbeitsstation oder auf einer Ressourcenbasis durchgeführt) zum Überwachen und Verwalten von Produktionsaktivitäten. Das MES-System gibt uns die Möglichkeit, Abweichungen vom Plan schnell zu erkennen und sofort Korrekturmaßnahmen einzuleiten. Eine solche Echtzeitüberwachung der Produktion ist eine Voraussetzung für die Flexibilität des Prozesses. Der Datenerfassungsprozess wird automatisch und möglichst in Echtzeit über Anlagen oder Arbeitszentren, Messsysteme oder Sensoren, Waagen, Barcode-Leser, RFID, etc. mit Hilfe einer entsprechenden Schnittstelle durchgeführt. Die halbautomatische Datenerfassung geschieht durch einen Mitarbeiter am MES-Terminal. MES liefert Informationen über das Unternehmen, dessen Planungsebene und wie Fertigungsaufträge durchgeführt werden. Es sammelt und überträgt prozessbezogene, anlagebezogene, Qualitäts-, Personal- und Zeitdaten sowie Daten aus anderen Prozessen, wie zum Beispiel aus der Überwachung logistischer Prozesse, um so den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu unterstützen, der direkt mit dem Produktionsprozess zusammenhängt. Die vom Produktionsüberwachungssystem gesammelten Daten sind wichtige Grundlagen für die Bildung von KPIs. Die Verbindung zwischen MES und der Automatisierungsebene ermöglicht sowohl anlagebezogene als auch prozessbezogene Daten zu sammeln.



*Bild 2.3. Produktionsplanungs- und Managementsystem*

An die Produktion gebundene, wichtige Daten sind die Daten über die Abwicklung des Fertigungsauftrags. Dies sind Daten, die uns einen Überblick über die Produktion, aktuelle Situation und zeitliche Verzögerungen schaffen, so dass das Unternehmen sofort darauf reagieren und Korrekturmaßnahmen ergreifen kann. Die Maschinendaten geben uns einen Überblick über den technischen Zustand der Maschinen und über deren Ausfallzeiten, die für die Planung und Durchführung der Wartungs- und Reparaturarbeiten wichtig sind und liefern auch Informationen über die wirksame Nutzung von Werkzeugen: Verschleiß, Defekte, Wartung und Reparatur. Daten über die Verfügbarkeit von Arbeitskräften geben Überblick über die tatsächliche Verwendung des Unternehmenspersonals und ihre Qualifikationen, die wiederum die Grundlage für die kontinuierliche Arbeit in der Organisation ist. Eine Überwachung von Materialwirtschaft und Losgröße ermöglicht es dem Unternehmen, die Bewegung von Materialien im Prozess zu verfolgen und das Material sofort zu bestellen, wenn es am Arbeitsplatz benötigt wird. Dies basiert wiederum auf der elektronischen Kanban-Management-Kette (Hitomi, 1996). Qualitäts- und Prozessdaten überwachen ständig die Qualität der statistischen Daten auf der Grundlage des Prozesses, um so Messwerte zu ermitteln und auch, mit Hilfe der vorgegebenen Werte als Vergleich, instabile Prozesse erkennen zu helfen, um sie dann zu korrigieren.

Das MES-System bietet uns die Möglichkeit einer schnellen Reaktion auf der Grundlage von Echtzeitdaten und deren Details. Die fünf wichtigen Aufgaben des MES-Systems sind:

- Echtzeitüberwachung der Produktion,
- Schnelle Reaktion auf Ereignisse,
- Berechnung und Visualisierung von KPIs,
- Unterstützung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses,
- Datenübertragung zum ERP-System (Addressing the' six big losses, 2016).

Basierend auf den oben genannten Prinzipien und Techniken und auf der Beratungspraxis wurde die Analyse des Verbesserungspotentials durchgeführt, das in der Umfrage angewandt wurde. Als Ergebnis der Analyse wurden wichtige, allgemein kritische Erfolgsfaktoren für KMU hervorgehoben. Bei der Erstellung des Modellrahmens wurden verschiedene Engpässe

analysiert und man fokussierte sich auf neun verschiedene Aspekte der KETs, die die Eckpfeiler des Analysemodells bilden. Diese basieren in ihrer Art und Auswirkung auf verschiedenen Stadien des Wertschöpfungsprozesses im Unternehmen. Im Rahmen jedes Aspekts der KET wurden wichtige, kritische Erfolgsfaktoren, die KPI dieses Aspektes, skizziert. Diese charakterisieren (messen) die Bewegung im Unternehmen zur Implementierung der KET:

1. Produktionsplanung und -steuerung
2. Produktentwicklung und Produktportfoliomanagement
3. Materialbestandssteuerung und Einkaufsaktivitäten
4. Organisation der Produktionstätigkeiten
5. Wartung und Reparatur von Anlagen
6. Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle
7. Organisation der Arbeit am Arbeitsplatz
8. Informationsbewegungs- und Informationssystem
9. Vertrieb und Marketing

Die oben genannten KET können in interne und externe Aspekte unterteilt werden:

- Externe Aspekte, die für die Kundenzufriedenheit relevant sind, wie Materialwirtschaft, Einkauf, Produktentwicklung, Vertrieb und Marketing beziehen sich auf Kunden und Lieferanten und sind die Grundlage für eine effektive (zielorientierte) Geschäftstätigkeit des Unternehmens. Sie charakterisieren insbesondere die Beziehung zwischen den Geschäftsprozessen und Wertschöpfungsprozessen des Unternehmens.
- Aus Sicht der internen Aspekte ist es wichtig, die Antwort auf die Frage zu finden, wie die Rentabilität des Unternehmens, durch elementare Faktoren wie Ausrüstung, Arbeit oder Materialien, als direkt den Wertschöpfungsprozess beeinflussende Faktoren, dispositive Faktoren, wie Produktionsplanung und -organisation, sowie durch einen gezielten und schnellen Informationsfluss, sichergestellt werden kann.

### **2.3.1. Produktionsplanung und -steuerung**

Die Aufgabe des Produktionsplanungs- und Steuerungssystems besteht darin, erwartete oder bestehende Kundenaufträge mengenmäßig und zeitmäßig zu planen und steuern, basierend auf der verfügbaren Kapazität und den Fristen für die Ausführung der Aufträge (Duyckhoff, 2003). Aus Sicht der Produktionssteuerung und Produktionsplanung ist es wichtig, arbeitsorganisatorisch bedingte Ausfallzeiten zu vermeiden, da diese die Länge der Produktionszeit stark beeinflussen. Auf dieser Basis werden KPIs in Bezug auf die Produktionsplanung und die Zeitpläne des Managements skizziert:

#### **1. Lieferfrist für den Fertigungsauftrag**

Einer der wichtigsten Aspekte bei der Erfüllung von Kundenaufträgen ist, neben der Qualität des Produktes und dessen Preis, die Lieferzeit und die Liefertreue, als wichtige Indikatoren für den Kunden (Cadle, 2002; Löun et al, 2012). Unter dem Gesichtspunkt der Steuerung der Produktionstätigkeiten wurde es als wichtig erachtet, Arbeitsunterbrechungen zu vermeiden, die einen signifikanten Einfluss auf die Länge der Produktionszeit haben (Varblane et al, 2011).

#### **2. Technologische Bereitschaft**

Im wertschöpfenden, produzierenden Unternehmen hängt alles von der technologischen Bereitschaft ab. Es ist wichtig, die Fähigkeit des Unternehmens die

Kundenbestellung zu erfüllen, zu sichern. Im Rahmen von Forschungs- und Beratungsprojekten wurden hier wichtige Aspekte wie die Formulierung von Produktionsarten, basierend auf den Eigenschaften der Produktion, wie auch die Planung von Anlage oder Arbeitsplatzstandort, den eingesetzten Technologien und den Organisationsformen der Produktion, vorgestellt (Löun et al, 2008).

### **3. Zeitpunkt der Produktion**

Aus Sicht der Produktionsplanung und -steuerung sind die KPI, die für die KMU von entscheidender Bedeutung sind, verbunden mit der operativen Planung und Steuerung der erwarteten oder bestehenden Kundenaufträge. Die Basis bilden die verfügbaren Kapazitäten und Auftragsabwicklungszeiten (Simmer et al, 2014).

### **4. Bearbeitung von Arbeitsaufträgen (Aufgaben) in der Produktion**

Die rechtzeitige Bearbeitung von Arbeitsaufträgen an den Arbeitsplatz ist eine wesentliche Voraussetzung für den Arbeitsbeginn. Wenn Stellenbeschreibungen (Aufträge) unklar sind und ihre Bewegung in der Produktion nicht überlegt ist, führt dies zu einer verzögerten Produktion oder vorübergehenden Arbeitseinstellung auf dem Arbeitsplatz (Gans et al, 2011; Löun et al, 2008).

## **2.3.2. Produktentwicklung und Produktportfolio-Management**

Für die Rentabilität des Unternehmens ist es wichtig, wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln und zu vermarkten (Siimon et al, 2000). Oftmals ist das KMU-Sortiment sehr breit und die Aufträge unterscheiden sich erheblich voneinander, was die Standardisierung des Produktportfolios erschwert und kundenspezifische Lösungen erforderlich macht. Mit Zeitverlust verbundene, wichtige KPIs, im Zusammenhang mit Produktentwicklungs- und Produktportfolioaspekten, sind:

### **1 Eine breite Produktpalette (Produktportfolio) und kleine Produktionsmengen**

Für die Profitabilität des Unternehmens ist es wichtig, wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln und zu vermarkten. Einer der wichtigsten Wettbewerbsvorteile eines KMU ist seine Flexibilität, was oft zu einer breiten Produktpalette und geringen Produktionsmengen führt (Varblane et al, 2011).

### **2 Geringe Standardisierung und hoher Anteil an nicht standardisierten (Sonderlösungen) Produkten in der Produktion.**

Bei der Analyse problematischer Situationen für eine effizientere, unternehmensbezogene Produktion wurde die Rolle der Produktstandardisierung hervorgehoben. Eine breite Produktpalette und kleine Produktionsposten machen es oft schwierig bestimmte Produktlinien (Gruppen) zu bilden. Die Produktion von Nicht-Standardprodukten erlaubt keine Standardisierung der Produktionstätigkeiten und ist daher wesentlich zeitaufwendiger.

### **3 Die Unbestimmtheit der Kundenwünsche**

Ein wichtiger Input für eine auftragsbasierte Produktion ist das Verständnis der Kundenwünsche, um, auf Grund derer, die technischen Produktinformationen auszuarbeiten. Unklar beschriebene Kundenwünsche verursachen zusätzliche Arbeit in der Produktion (Nachfertigung).

### **4 Ungenaue oder fehlende technische Dokumentation**

Schnelle Reaktion auf Kundenwünsche, flexible und geringe Produktionsmengen sowie fehlende Fähigkeiten und Zeit sind die Hauptgründe, warum Unternehmen die erforderlichen technischen Unterlagen für den Produktionsbeginn fehlen, ungenau bzw. unvollständig sind (Gans et al, 2011).

## **5 Nicht durchgedachte und nichttechnologische Produktlösungen**

Die Ungenauigkeit oder der Mangel an technischer Dokumentation kompliziert das Design des Produkts, was wiederum dessen Herstellung komplizierter und zeitaufwendiger macht.

### **2.3.3. Materialwirtschaft und Einkaufsaktivitäten**

Ein wesentliches Ziel der Bedarfsplanung ist die Sicherstellung des erforderlichen Umfangs an Produktionsressourcen und die Senkung der Lagerkosten (Kisler, 2011). Die effektive Planung und Steuerung der Produktionsressourcen ist eine der Voraussetzungen für die effektive Organisation der Produktionsaktivitäten und Gründe für die damit verbundenen Zeitverluste sind:

#### **1. Verspätung von Einkaufsbestellungen**

Ein wesentliches Ziel der Planung des Bedarfs ist die effiziente Nutzung der Produktionsressourcen und die Reduzierung der Ressourcenkosten (Duyckhoff, 2003). Materialbestellungsaktivitäten hängen direkt mit der Effizienz der Produktion zusammen. Im Rahmen von KMU-Beratungsprojekten wurde der Einfluss verspäteter Bestellungen auf die rechtzeitige Ausführung von Fertigungsaufträgen hervorgehoben.

#### **2. Verspätungen von Materiallieferungen**

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die rechtzeitige Auftragsabwicklung ist neben der Qualität von Materialien und Kaufartikeln, die Liefertreue. Dies hängt direkt mit dem reibungslosen Ablauf des Produktionsprozesses des Unternehmens als Kernprozess der Wertschöpfung zusammen. Etwaige Verzögerungen in Lieferungen setzen die Unternehmen vor eine komplizierte Wahl und können zu erheblichen Zeitverzögerungen in der Produktion führen (Gans et al, 2011).

#### **3. Qualität von Grundstoffen und Einkaufsprodukten**

Voraussetzung für ein qualitätsgerechtes Produkt sind hochwertige Ausgangsmaterialien. Die Qualität der Materialien und Einkaufsprodukte, die für die Produktion benötigt werden, steht in direktem Zusammenhang mit der Qualität des Endprodukts. So ist die Qualität der gekauften Materialien und Einkaufsprodukte sehr wichtig und die kontinuierliche Überwachung ihrer Qualität und Feedback an die Lieferanten ist für das Unternehmen entscheidend. Eine unangemessene Qualität des Ausgangsmaterials lässt keine Produktion zu und die damit verbundenen Zeitverzögerungen können für das Unternehmen eine wichtige Bedeutung haben (Duyckhoff, 2003).

#### **4. Zuverlässigkeit von Lieferanten**

Ein fehlendes Lieferantenauswahl- und Bewertungssystem verursacht Probleme mit der Qualität eingekaufter Produkte und mit der Liefertreue von Gelegenheitslieferanten. Die Bewertung von Lieferanten und deren Zuverlässigkeit garantiert auch die Qualität und rechtzeitige Lieferung von Materialien.

#### **5. Lagerungsprinzipien von Materialien**

Der Mangel an Lagerkapazitäten erlaubt es nicht, die richtigen Materialien rechtzeitig zu finden, oder die Nichtmarkierung und unsachgemäße Lagerung von Materialien führt zu Schwierigkeiten bei der Lieferung oder sogar zur Verwendung falscher Materialien (Kisler, 2011).

#### **2.3.4. Organisation der Produktionstätigkeiten**

Die Organisation der Produktionsabläufe besteht darin, die Menge und den Zeitpunkt der erwarteten oder bestehenden Kundenaufträge, auf der Grundlage der verfügbaren Kapazität und der Fristen für die Ausführung von Aufträgen, zu planen und zu organisieren (Kistner, 2001). Wesentliche Aspekte von Zeitverlusten sind:

**1. Verschiebung des Arbeitsanfangs aufgrund fehlender Arbeitsaufträge am Arbeitsplatz**

Eine wichtige Voraussetzung für das Produktionsmanagement und die Organisation ist die rechtzeitige Gewährleistung von mit den Arbeitsaufgaben verbundenen Informationen. Der Mangel an Informationen, die benötigt werden, um mit der Ausführung der Arbeitsaufgabe zu beginnen, ist ein wichtiges Thema für die KMU Produktionsunternehmen (Gans et al, 2011).

**2. Verschiebung des Arbeitsbeginns am Arbeitsplatz wegen fehlender Rohmaterialien**

Eine wesentliche Voraussetzung für den Beginn der Arbeit ist die Verfügbarkeit von Anfangsmaterialien und Einkaufsprodukten. Fehlende Materialien erlauben es nicht, mit der Ausführung des Fertigungsauftrags zu beginnen und das beeinflusst wesentlich die Ausführungstermine von Bestellungen (Löun et al, 2008).

**3. Verschiebung des Arbeitsbeginns aufgrund der Suche nach Werkzeugen oder Vorrichtungen am Arbeitsplatz**

Die rechtzeitige Verfügbarkeit von Materialien und Werkzeugen am Arbeitsplatz ist eine Voraussetzung für eine effektive Arbeit. An Arbeitsplätzen an denen Anfangsmaterialien und Einkaufsprodukte, Werkzeuge, Vorrichtungen, Messgeräte usw. irgendwo gesucht werden müssen, nicht für jeden Auftrag ausreichend vorhanden sind oder eine schlechte Qualität haben, ist es nicht möglich, die für die Arbeit vorgesehenen Zeitnormen einzuhalten (Varblane et al, 2011).

**4. Wegen fehlendem, für die Ausführung der Arbeit notwendigem, Werkzeug ist unangemessen viel Zeit für das Einrichten und Markieren erforderlich.**

Ziel der Verkürzung von Rüstzeiten ist die Kosten (Zeit) für die Umstellung der Produktion und den Austausch von Werkzeugen und Teilen zu reduzieren. Der Mangel an notwendigen Vorrichtungen erhöht den Zeitaufwand für die Einrichtung erheblich.

**5. Mit Umrüsten und Abstimmen verbundene Zeitverluste**

Der Zweck der Verkürzung der Umrüstzeit von Werkzeugen besteht darin, die Kosten (Zeit) für die Umstellung der Produktion und das Wechseln von Werkzeugen zu reduzieren. Wenn die Umrüstungen und Abstimmungen unangemessen viel Zeit in Anspruch nehmen, liegen die Gründe an der Nutzung von unzweckmäßiger Ausrüstung für die Herstellung dieser Produkte (Löun et al, 2008).

**6. Die Bearbeitungszeit ist unangemessen hoch**

Die technologische Vorbereitung für die Produktion muss die Verwendung geeigneter Verarbeitungsverfahren, Werkzeuge oder Arbeitsmethoden gewährleisten. Die Verwendung von falschen Arbeitspraktiken und Werkzeugen wirkt sich stark auf die Länge der Bearbeitungszeit aus (Löun et al, 2008).

**7. Fertigstellung, Übertragung und Berichterstattung**

Wie beim Anfangen eines Arbeitsgangs, so ist es auch beim Abschließen ein großes Problem, die mit dem Arbeitsgang verbundenen Informationen weiterzuleiten.

#### **2.3.5. Wartung und Reparatur von Anlagen**

Zusätzlich zu den finanziellen Aspekten ist, im Hinblick auf den reibungslosen Ablauf des Produktionsprozesses, die für die Wartung und Reparatur der Anlage verbrauchte Zeit ein wichtiger Faktor, dh die Zeit, die die Maschine stillsteht und nicht zur Wertschöpfung

verwendet werden kann (May et al, 2011). Hinzu kommen verschiedene Arbeitshindernisse (kurze Stopps), bei denen das Gerät nicht mit voller Kapazität arbeiten kann. Folgende Faktoren beeinflussen dies erheblich:

**1. Die Organisation von Wartungsarbeiten ist nicht ausreichend durchdacht.**

Das Ziel des vorbeugenden Instandhaltungskonzepts besteht darin, die Produktivität der Ausrüstung zu erhöhen, indem alle Zeitverluste reduziert werden, wodurch die Prozesssicherheit und eine bessere Planung gewährleistet werden. Die Unterschätzung der Bedeutung der vorbeugenden Instandhaltung der Ausrüstung kann zu unerwartetem Ausschuss oder dem Stillstand der Anlage und so ganz zum Stoppen des Produktionsprozesses führen.

**2. Unterbrechungen im Zusammenhang mit dem Anlagenausfall und ihrer Reparatur**

Trotz des Konzepts der vorbeugenden Wartung sind der Verlust von Ausrüstung und ihre Reparaturaktivitäten unvermeidbar, da die Gewährleistung einer hundertprozentigen Zuverlässigkeit der Ausrüstung nicht sinnvoll und auch nicht machbar ist. Um Unterbrechungen im Produktionsprozess zu minimieren, ist es notwendig, den Zustand der Ausrüstung und die Reparaturbereitschaft kontinuierlich zu beurteilen.

**3. Fehlende Ersatzteile und für die Wartung und Reparatur notwendige Kompetenz des Personals**

Die schnelle und planmäßige Instandhaltung und Reparatur von Anlagen muss durch die Verfügbarkeit der erforderlichen Ersatzteile und Personalkompetenzen sichergestellt werden. Andernfalls kann es zu erheblichen Zeitverzögerungen kommen.

### **2.3.6. Qualitätssicherung und Kontrolle**

Qualitätssicherung (*quality assurance*) ist die Vorbeugung von Qualitätsproblemen durch geplante und systematische Aktivitäten (einschließlich der Dokumentation). Dazu gehören die Erstellung eines Qualitätsmanagementsystems und dessen Konformitätsbewertung, die Systembetriebsprüfung und Systeminspektion (Oakland, 2006). Darüber hinaus ist einer der wichtigsten Faktoren die Qualität des Ergebnisses. Wenn die Qualität des Produkts nicht zufriedenstellend ist oder das Produkt nicht der technischen Spezifikation entspricht, muss das Produkt überarbeitet oder neu hergestellt werden. Wichtige Aspekte von Qualitätsproblemen sind:

**1. Ausschusserkennungsaktivitäten**

Die sofortige Entdeckung von Ausschuss hat für die Produktion wesentliche Bedeutung. Je später der Ausschuss im Prozess entdeckt wird desto größer sind die mit der Überarbeitung oder neu Bearbeitung verbundenen Zeitverluste (PRAXIS, 2012).

**2. Qualitätssicherung erfordert oft zusätzliche Bearbeitung**

Die Qualitätssicherung umfasst Methoden und Werkzeuge mit dem Ziel, Aktivitäten zu starten, um die Produktion von qualitativ hochwertigen Produkten oder Dienstleistungen zu gewährleisten. Qualitätssicherungsmethoden und -tools hängen von der Unternehmensstrategie, dem Produktportfolio sowie der Struktur der Implementierung und den verwendeten Anlagen ab (Gans et al, 2011). Die Verwendung von ungeeigneten Technologien und Anlagen kann nicht die erforderliche Qualität gewährleisten, was wiederum eine zusätzliche Verarbeitung erforderlich macht.

**3. Mit der Qualitätskontrolle verbundene Zeitverluste am Arbeitsplatz**

Die Aufgabe der Qualitätskontrolle in einem Unternehmen ist es, Abweichungen von Materialien, Produkten und Prozessen auf absehbare Zeit zu erkennen, um zukünftige



Aktivitäten zu verbessern und Produkte, die nicht den Qualitätsanforderungen entsprechen, nicht aus dem Unternehmen freizugeben. Eine schwache Qualitätskontrolle, fehlende oder falsche Messinstrumente oder eine mangelnde Arbeitsorganisation hängen mit dem Zeitverlust am Arbeitsplatz zusammen [Simon et al, 2000).

**4. Ausschussbearbeitung (Überarbeitung und Wiederherstellen) erfordert viel zusätzliche Zeit**

Es ist wichtig, jegliche Abweichungen sofort zu entdecken, da, je später wir die Abweichungen entdecken, umso mehr Zeit für die Überarbeitung gebraucht wird.

**5. Die Bearbeitung von Reklamationen erfordert viel zusätzliche Zeit**

Ebenso wichtig in Bezug auf Qualitätskontrolle und Ausschusserkennung ist die schnelle Lösung von Reklamationen. Die Ursachen der Ausschüsse müssen analysiert und Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet werden, um deren Ursachen zu beseitigen und eine problemlose Arbeit zu ermöglichen (Varblane et al, 2011).

### **2.3.7. Organisation der Arbeit am Arbeitsplatz**

Für das Produktionsmanagement und die Organisation des Arbeitsplatzes sind eine effektive Organisation der Arbeit und eine Minimierung des damit verbundenen Zeitverlustes von wesentlicher Bedeutung. Wichtig sind hier die Probleme, die mit einer Anlage oder Werkzeugmaschine verbunden sind. Probleme, wie technisch bedingte Stillstände oder die Wartung und Reparaturen von Werkzeugmaschinen übertragen sich auch auf die Arbeitseffizienz. Im Hinblick auf den effizienten Einsatz von Arbeitskräften sind die Qualifikation und die Motivation der Arbeiter entscheidend. Hiervon hängen auch oft die Verwendung der Anlagen, die Bearbeitungsgeschwindigkeit oder die Prinzipien der effektiven Nutzung der Arbeitsorganisation (interner Transport, Automatisierung, Reduzierung des Anteiles von Handarbeit) ab (Löun et al, 2008). Darüber hinaus sind die Aspekte der effektiven Nutzung der Arbeitszeit mit der Personalplanung und der tatsächlichen Nutzung der Arbeitskraft verbunden, wie z.B. die Organisation der Arbeit (das Warten auf Arbeitsaufträge und Materialien). Das Folgende ist eine Auflistung der für die Arbeitsorganisation wichtigen KEFs:

**1. Anfang und Ende eines Arbeitstags (Schicht)**

Aus Sicht der Arbeitsorganisation ist es wichtig, die Vereinbarungen bezüglich Beginn und Ende des Arbeitstages zu beachten. Unternehmen, die ihre Arbeit nicht rechtzeitig anfangen und schon vor dem eigentlichen Arbeitsschluss beenden, verlieren wertvolle Zeit.

**2. Mittagspausen und Arbeitspausen**

Aus Sicht der Arbeitsorganisation ist es wichtig, die Länge der Mittags- und Arbeitspausen zu beachten. Genau wie der Beginn und das Ende eines Arbeitstages ist es wichtig, die Arrangements für die Mittags- und Arbeitspausen einzuhalten.

**3. Beginn der Auftragerfüllung am Arbeitsplatz**

Neben der Verfügbarkeit von Anfangsmaterialien, Einkaufsprodukten und Anlagen sowie der Verfügbarkeit der notwendigen Werkzeuge und Vorrichtungen ist für den Beginn der Arbeiten die für die Arbeit erforderliche Kompetenz unverzichtbar.

**4. Falsche Arbeitsmethoden ermöglichen keine guten Leistungen.**

Es ist wichtig, die entsprechende Kompetenz (Wissen, Fähigkeiten, Qualifikationen) am Arbeitsplatz, für die effektive Durchführung der Arbeit, zu haben. Die Verwendung falscher Arbeitsmethoden erlaubt es nicht, gute Ergebnisse zu erreichen. Wenn die

Arbeiter nicht über die für die Ausführung der Aufgabe erforderliche Kompetenz verfügen, dauert die Arbeit länger als geplant oder das Ergebnis ist von schlechter Qualität.

**5. Die Arbeiter sind nicht in der Lage die technologischen Fähigkeiten des Geräts zu nutzen (Arbeiten langsamer als möglich)**

Der Mangel an Qualifikationen und Fähigkeiten, die für die Arbeit erforderlich sind, ist häufig auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Arbeiter nicht wissen, wie sie alle technologischen Fähigkeiten und Möglichkeiten ausnutzen können.

### **2.3.8. Informationsfluss und Informationssystem**

Einer der wichtigsten Aspekte des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens sind Informationen, also Bewegungs- und Infotechnologische Lösungen, die den Informationsfluss zwischen den verschiedenen Stufen der Wertschöpfung unterstützen. (Norris, 2002) Wichtige Faktoren sind:

**1. Mangel an Informationen**

Aus Sicht der Produktionstätigkeit des Unternehmens ist es wichtig, über die technischen und technologischen Informationen zu verfügen, die für die Durchführung der Arbeiten erforderlich sind. Fehlende oder ungenügend detaillierte Informationen können zu Missverständnissen über die Arbeitsausführung oder zum Warten auf zusätzliche Informationen am Arbeitsplatz führen.

**2. Informationsfluss**

Die rechtzeitige Lieferung von Informationen (Aufgaben) an den Arbeitsplatz ist eine wesentliche Voraussetzung für den Beginn der Arbeit. Wenn Stellenbeschreibungen (Aufgaben) an Arbeitsplätzen unklar sind und ihre Bewegung in der Produktion nicht durchdacht ist, führt dies zu einem verzögerten Produktionsbeginn oder zu Arbeitsstillständen am Arbeitsplatz.

**3. Mangel an technischen IT-Lösungen**

Das Tempo der Produktentwicklung erfordert eine viel schnellere und effizientere Verteilung der technischen Lösungen als zuvor. Für viele Unternehmen bedeutet dies, traditionelle, konstruktionsbasierte Designprinzipien aufzugeben und in eine designbasierte Umgebung zu wechseln. Technische und technologische IT-Lösungen helfen, Zeit in der Vorbereitungsphase der Produktion zu sparen.

**4. Fehlende IT-Lösungen für die Unternehmensressourcenplanung ERP**

*Enterprise Resources Planning* (ERP) Lösungen sind in erster Linie für die Sammlung und Übermittlung von Finanzinformationen im Zusammenhang mit den Aktivitäten des Unternehmens auf Managementebene verantwortlich. Die Einführung von ERP-Lösungen wird dem Unternehmen helfen, die Geschwindigkeit und Qualität von Unternehmensmanagemententscheidungen signifikant zu erhöhen.

**5. Prozessüberwachungs-IT-Lösungen MES**

Die MES-prozessorientierten (Überwachung erfolgt auf einem einzigen Prozess, Arbeitsplatz- oder auf Ressourcenbasis) Systeme sind zur Überwachung und Kontrolle der Produktionsaktivitäten gedacht. Das Ziel des Produktionsüberwachungssystems ist die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen durch die Optimierung der Abwicklung des Produktionsauftrags.

### **2.3.9. Vertrieb und Marketing**

Vertriebs- und Marketingaktivitäten sind ebenfalls ein wichtiger Input für den Wertschöpfungsprozess als unverzichtbares Geschäftsfeld (Becker et al, 2011). Wichtige Faktoren für Verkauf und Marketing sind:

#### **1. Kundenbedürfnisse definieren**

Der Wertschöpfungsprozess des Unternehmens wird durch Kundenbedürfnisse ausgelöst. Aus diesem Grund ist das Verständnis und die genaue Definition (Fixierung) von Kundenbedürfnissen im Verkaufsprozess entscheidend.

#### **2. Kundenangebote erstellen und Kosten berechnen**

Neben der Identifikation von Kundenbedürfnissen ist der wichtigste Teil des Verkaufsprozesses die Bereitstellung von Angeboten, bei denen Liefertermine und Verkaufspreise besonders wichtig sind. Wenn der Liefertermin direkt mit der Länge des Produktionsprozesses zusammenhängt, ist dieser ein wesentlicher Bestandteil des Verkaufspreises und der Selbstkosten des Produkts. Der Verkaufspreis muss alle mit der Produktion des Produkts verbundenen Kosten und die Risikoprämie, dh die Gewinnspanne, die die langfristige Rentabilität des Unternehmens sicherstellen sollte, umfassen.

#### **3. Bearbeitung von Kundenaufträgen**

Auf der Basis des vom Kunden akzeptierten Angebots wird ein Kundenauftrag erstellt, der wiederum die Grundlage für den Fertigungsauftrag bildet. Wichtig ist hierbei, dass bei der Auftragserstellung alle wichtigen Informationen aus der Bestellung an die Produktion weitergeleitet werden.

## **2.4. Zusammenfassung des zweiten Kapitels**

Das Ziel der Sammlung von Informationen über die heutigen Herausforderungen und Engpässe ist es, die gesammelten Informationen zu analysieren und die Engpassidentifizierung zu ermöglichen. Das Expertensystem basiert auf der Engpass-KEF-Struktur, die ein Rahmen für die Erstellung von Selbstbewertungsfragebogen ist. Die Engpass-Analyse basiert auf verschiedenen Studien, die in estnischen Industrieunternehmen durchgeführt wurden und im Rahmen derer die Engpässe der heutigen KMU und mögliche Entwicklungen untersucht wurden.

Die erhaltenen Analyseergebnisse wurden verallgemeinert und systematisiert und auf Grund der Ergebnisse wurden, unter Zuhilfenahme der KEF/KPI Business Intelligente Technik, die allgemeinen KMU Engpässe bewertet. Hieraus wurde der Rahmen für die Unternehmensengpassanalyse geschaffen. Die Strukturierung basiert auf neun separaten Aspekt-KEFs und den damit verbundenen, spezifischen KPI:

1. Produktionsplanung und –Verwaltung,
2. Produktentwicklung und Produktportfoliomanagement,
3. Materialbestandsverwaltung und Einkaufsaktivitäten,
4. Organisation der Produktionstätigkeiten,
5. Wartung und Reparatur von Geräten,
6. Qualitätssicherung und Kontrolle,
7. Organisation der Arbeit am Arbeitsplatz,
8. Informationsbewegungs- und Informationssystem,
9. Vertrieb und Marketing.

Aufgelistete KEF bilden die Eckpunkte des Analysemodells und für jeden Aspekt wurden die kritischen Erfolgsfaktoren KPI herausgebracht. Das sind die Faktoren, die charakterisieren, ob sich das Unternehmen in Richtung der Einhaltung der KEF bewegt.

## 3 MODELLE UND VERFAHREN ZUR EFFIZIENZSTEIGERUNG VON PRODUKTIONSPROZESSEN

### 3.1. Prinzipien zur Steigerung der Prozesseffizienz

#### Wertschöpfende und nicht wertschöpfende Aktivitäten

Das Ziel von Wertschöpfungsprozessen ist es, Wert zu schaffen. Aktivitäten, die während der logisch verlaufenden Prozesse durchgeführt werden, können in wertschöpfende und nicht wertschöpfende Aktivitäten unterteilt werden. (siehe 1.2) Das Unternehmen sollte nur Aktivitäten durchführen, die darauf abzielen, die aktuellen Bedürfnisse des Kunden zu erfüllen, indem es einen Mehrwert für das Produkt schafft, für den der Kunde auch bereit ist zu zahlen. Viele Aktivitäten in der Produktion schaffen keinen Mehrwert, ihre Aktivitäten erhöhen den Wert des Produktes in keiner Weise. Die nichtwertschöpfende Aktivität kann wiederum in die notwendigen dh Wertschöpfungsaktivitäten unterstützende und unnötige Aktivitäten unterteilt werden. Wenn das Ziel von nicht wertschöpfenden aber notwendigen Aktivitäten darin besteht, die Vollständigkeit des Wertschöpfungsprozesses direkt oder indirekt zu unterstützen, sind nicht wertschöpfende und unnötige Aktivitäten Verschwendungen. Um die Prozesse der Wertschöpfungskette zu analysieren, müssen wir drei Fragen stellen:

- Ist es wertschöpfende Aktivität und erfüllt das Ergebnis die Anforderungen an Qualität, Kosten und Zeit?
- Unterstützen die Aktivitäten Wertschöpfung?
- Ist es ein unwiderstehlicher physischer oder chemischer Prozess oder eine unabwendbare Aktivität aufgrund der Gesetzgebung (Dickmann et al, 2007)?

Wenn die Antwort auf alle Fragen "Nein" lautet, haben wir es mit Verschwendung zu tun. Alle Aktivitäten, die keinen Mehrwert schaffen, werden als Verlust betrachtet. Der Anteil der wertschöpfenden Aktivitäten im Wertschöpfungsprozess des Unternehmens hängt von den Besonderheiten der Aktivitäten des Unternehmens ab. Basierend auf verschiedenen Quellen ist bezüglich auf Größe und Prozesseffizienz der Anteil von Wertschöpfungsaktivitäten 10-20%, das heißt, dass die nicht wertorientierten Aktivitäten einen wesentlichen Teil des Wertschöpfungsprozesses bilden. Die Identifizierung und Beseitigung von Zeitverlusten ist eine der effektivsten Möglichkeiten, um die Rentabilität der Produktion zu erhöhen. Störungen verlängern die Durchlaufzeit und beeinträchtigen Qualität, Kosten und belasten unnötig die Ressourcen (Bild 3.1).

Die Effizienzsteigerung von Prozessen basiert auf den Antworten auf die Fragen: Wo verschwenden wir Ressourcen und wie können wir die Ursachen für diese Verschwendung beseitigen? Dazu müssen wir zunächst die Ursachen dieser ineffektiven Aktivitäten und Zeitverluste untersuchen (Agile Prozesse mit Wertstrom-Management, 2015).

Um die Ursachen von Verlusten in verschiedenen Produktionsstufen zu identifizieren, ist es notwendig, einen Überblick über die verschiedenen Formen ihres Auftretens zu erhalten (Agile Prozesse mit Wertstrom-Management, 2015). Um die Effizienz von Prozessen zu erhöhen und die Durchlaufzeit zu verkürzen, ist es notwendig, nicht wertschöpfende Aktivitäten zu finden und zu eliminieren.

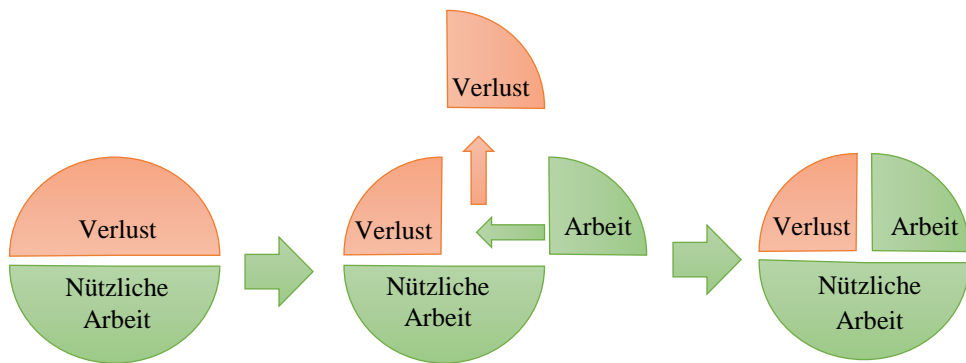


Bild 3.1. die Minderung von Verschwendungen

### Unterschiedliche Ansätze zur Erkennung und Kategorisierung von Verschwendungen

Heute investieren Unternehmen viel in ein genaueres Produktionsmanagement. Die eingehenden Bestellungen werden nach der Lieferzeit, dem Material und der Verfügbarkeit der für den Auftrag benötigten Ausrüstung geordnet. Zur genauen Planung einzelner Verarbeitungsschritte und Kompilierungsschritte werden komplexe Computerprogramme verwendet.

In Wirklichkeit sieht das ein wenig anders aus.

- Vordefinierte Arbeitszeiten sind nicht ausreichend genau, Bearbeitungszeiten und Rüstzeiten entsprechen nicht der Realität.
- Es fehlen für die Montage notwendige Teile, andere stehen herum und nehmen einen Großteil der für die Produktion benötigten Fläche ein.
- Materialien sind nicht zur richtigen Zeit verfügbar und die Verarbeitung kann nicht gestartet werden;
- Sie können die Anlage nicht verwenden, da diese defekt ist
- Ein gut ausgearbeiteter Plan kann nicht umgesetzt werden und Arbeiter und Manager der ersten Führungsebene müssen improvisieren.
- Die Nachfrage ändert sich, Sonderbestellungen werden vorrangig behandelt und wieder muss improvisiert werden.

Das Ergebnis ist in der Produktion sichtbar. Geräte warten auf halbfertige Produkte. Während des gesamten Produktionsprozesses gibt es Zeitverluste und Aufträge, die trotz bester Planung nicht fristgerecht geliefert werden können.

Trotz der Unterschiede in der Produktion gibt es ähnliche Verluste in der Produktionsumgebung und die Beseitigung dieser Verluste ist eine der effektivsten Methoden, um die Rentabilität der Produktion zu erhöhen, die jedoch ein Verständnis der Ursachen ihres Auftretens erfordert. Um die Ursachen von Verlusten erfolgreich analysieren zu können, werden unterschiedliche Klassifizierungsansätze verwendet.

Das Kaizen-Konzept definiert drei Haupttypen von Verschwendungen, die auf Japanisch genannt werden: *muda*, *muri*, *mura*; wo *muri* mit geplanten, unnötigen Arbeiten verbunden ist (einschließlich Anlage, Arbeitsplatz) und die Ergebnisse einer ungeplanten Arbeitsplanung, die zu einer Überlastung führt; die *mura* bezieht sich hauptsächlich auf die schlechte Realisation der geplanten Produktion; *muda* ist hauptsächlich mit dem Verlust des Realisationsprozesses verbunden, der wiederum nach seinen Ursachen klassifiziert und in das Sieben-Verschwendung-Modell (7 Waste 7W) (Riives, 2011; Womack et al, 2010; Imai, 1986)

aggregiert wird. Neben den langfristigen Arbeitsplatzverlusten brachte Toyota die folgenden sieben Ursachen für Verluste mit sich:

- Überproduktion ist die Produktion von mehr als notwendig ist oder eine verfrühte Produktion, was finanzielle Mittel verbindet. Die Ursachen sind schlechte Planung, schlechte Produktion und ein schlechter Kundenkontakt.
- Ausschuss und Überarbeitung ist eine nicht wertschöpfende Aktivität, die mit der Nachbearbeitung und Neuproduktion beginnt. Die Nachbearbeitung erhöht nicht den Wert. Unternehmen müssen sich auf die Fehlererkennung konzentrieren, statt nach Fehlern zu suchen und sie zu korrigieren.
- Transport wird keinen Wert zu dem Produkt hinzufügen. Mit dem Transport verbundene Kosten entstehen häufig auf Grund ungünstiger Lage der Produktionseinheiten und Lager.
- Bestände und WIP (*Work in Process*) sind aus Überproduktion oder langen Produktionszyklen resultierende Bestände. Dies führt zu zusätzlicher Arbeit und divergierenden Interessen zwischen den Menschen und unnötiger Papierarbeit.
- Zusätzliche Arbeit und Überbearbeitung, Ausführung von unnötigen Aufgaben, übermäßige Leistung und Präzision, die Verwendung von ungeeigneten Vorgängen.
- Warten auf Bearbeitungsmaschinen, Werkzeug während des Arbeitsprozess führt zu Zeitverlust. Die Gründe für die Probleme liegen vor allem in der schlechten Planung der Arbeitszeit und an einer ineffizienten Organisation von Arbeit und Produktion.
- Mit unnötigen Arbeitsbewegungen verbundene Zeitverluste, wie die Suche nach Materialien oder die Auswahl von Werkzeugen. Unnötige Bewegungen verursachen schnelle Ermüdung und erhöhen die Verletzungsgefahr.

Es ist nicht immer einfach, eine Grenze zwischen Verschwendungen und Wertschöpfung zu ziehen. Aktivitäten wie Verarbeitung oder Montage sind einfach zu bewerten - es sind wertschöpfende Aktivitäten. Das gleiche gilt für das Warten und die Sortierung, Nachbearbeitung – dies sind Zeitverluste. Was sind jedoch Aktivitäten wie Vorbereitung von Teilen für die Montage, Bauteilplatzierung, Messung, Inspektion. Diese Aktivitäten bringen keinen Mehrwert, sind sie aber Verschwendungen (Riives, 2011; Bauer, 2016)? Unabhängig von dem Tätigkeitsfeld und den Besonderheiten der Herstellungsoperationen sind die zeitlichen Merkmale und damit verbundene Zeitverluste ähnlich. Zusätzlich zu dem oben beschriebenen Ansatz zum Erfassen der Gründe für Zeitverluste, werden die mit dem Produktionsprozess verbundenen Zeitverluste basierend auf den zeitlichen Eigenschaften der Produktionsaktivität geschätzt und beziehen sich auf die Kundenauftragszeit dh die Zeit der Auftragsausführung. Auf der anderen Seite kennzeichnen die zeitlichen Indikatoren die Leistungsfähigkeit der Leistungseinheiten.

Hinsichtlich der Zeit-Indikatoren der Auftragsabwicklung ist wichtig:

- die Zeit, die für die Bearbeitung eines Kundenauftrags aufgewendet wird, dh die Zeit vom Eingang der Kaufanforderung des Kunden und der anschließenden Bearbeitung der Bestellung des Kunden, bis zum Beginn der Produktion;
- Produktionszeit (Bearbeitungszeit und Wartezeiten).
- Die Ausführungszeit der Bestellung (von der Anfrage des Kunden, bis das fertige Produkt den Kunden erreicht).

Die Gründe für die Nichteinhaltung der Ausführungszeit der Bestellung können wir klassifizieren:

- Zeitverluste, die sich auf die Zeitdauer der Kundenaufträge auswirken,
- produktpolitische Entscheidungen und Produktentwicklungsfragen,
- Unzureichende Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette (Kauf, Verkauf, Produktion, Produktentwicklung);
- schlechter Informationsfluss und fehlende IT-Lösungen.

Die Leistungsfähigkeit der Leistungseinheit wird vom Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung (REFA) als eine Leistungsfähigkeit in einer gegebenen Leistungseinheit in einer bestimmten Zeiteinheit zur Durchführung von Produktionsaufgaben, bestehend aus Leistungsfähigkeit von Anlage und Arbeitskraft beschrieben. Die Fähigkeit eines Produktionssystems zielt auf die Ausführung bestimmter Aufgaben ab und wird in einem qualitativen und quantitativen Aspekt beschrieben.

- Die qualitative Fähigkeit der Arbeitskraft wird durch ihre Fähigkeiten beschrieben und die qualitative Fähigkeit der Anlage wird durch ihre technologischen Eigenschaften beschrieben.
- Quantitative Fähigkeiten werden durch die Anzahl der Mitarbeiter oder Anlagen und durch ihre zeitliche Verwendbarkeit beschrieben (REFA, 1985).

Daher sind beide Aspekte wichtig, um die Leistungsfähigkeit der Leistungseinheit zu bestimmen, sowohl die Gesamtanlageneffektivität OEE als auch die Gesamtarbeitskratteffektivität OLE.

Die zeitbezogenen Merkmale der Anlage werden im Gesamtanlageneffektivitätsmodell des OEE zusammengefasst (Bild 3.2), wodurch wir die Effizienz der Verwendung des Geräts für einen bestimmten Zeitraum beurteilen können.

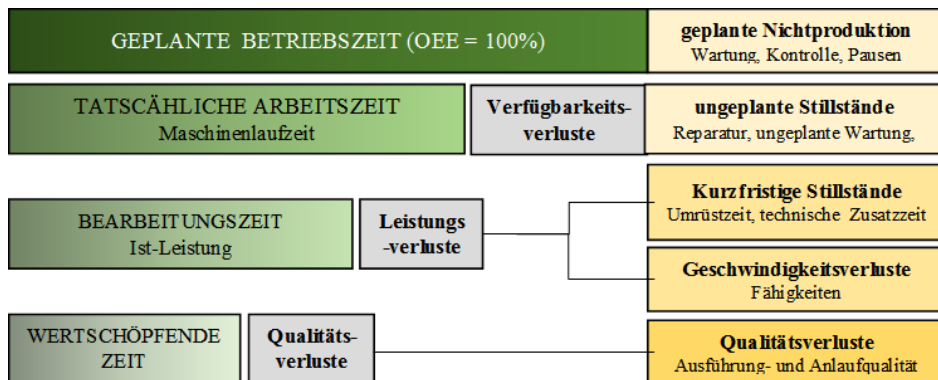


Bild 3.2. Das Zeitmodell der Verwendung von Anlagen

Die Gesamtanlageneffektivität OEE bewertet die tatsächliche Situation mit dem geplanten Produktionsprozess anhand von Messgrößen wie Verfügbarkeit der Anlage, Leistung und Qualität und es wird vorausgesetzt, dass die bestmögliche Prozessvariante bestmöglich genutzt wird (Küttner, 2016; Koch, 2011).

OEE ist der aussagekräftigste und wichtigste Indikator für die effiziente Verwendung von Ausrüstung. Der Indikator wird auf einer gemeinsamen Skala, dh in %, dargestellt. Eine ideale

Situation wäre, wenn OEE = 100%, dies in der Produktion zu erreichen, ist jedoch unrealistisch. In der Regel wird ein Ziel festgelegt, also ein niedrigerer Wert bzw. OEE = 85%.

OEE besteht aus drei Komponenten:

- Der Grad der Verfügbarkeit von Anlagen, zeigt das Ausmaß an, in welchem die Anlage verwendet wird, dh der Anteil von Ausfällen und Rüstverlusten der Anlage.
- Der Leistungsgrad der Anlage zeigt an, ob die Anlage mit der geplanten Produktionsrate mithält, dh der Anteil an Geschwindigkeitsverlusten der Anlage.
- Das Qualitätsniveau der Anlage gibt an, ein wie großer Anteil der produzierten Menge weiterverarbeitet werden kann.

Im Rahmen dieser Untersuchung ist die OEE insbesondere deshalb wichtig, weil sie alle Elemente von Zeitverlusten enthält, die für den Betrieb der Anlage wichtig sind. Sie sind der Unterschied zwischen dem theoretischen (geplanten) und dem tatsächlichen Wert der Nutzungsdauer der Anlage [Kletti, 2011; Addressing the 'six big losses, 2016).

Die wichtigsten Elemente solcher Verluste sind:

- Die Arbeitszeitverluste, dh der Anteil der geplanten Stillstände an der gesamten Arbeitszeit, wie in Formel (3.1) beschrieben, wobei die Arbeitszeitverluste den Teil der geplanten Arbeitszeit widerspiegeln, die die Arbeitszeit des Geräts verkürzt. Die geplanten Produktionszeitverluste werden von der Gesamtarbeitszeit abgezogen.

Dies beinhaltet:

- Zeit der geplanten, vorbeugenden Wartung,
- geplante Stillstände und Pausen,
- Qualitätskontrolle und Transportzeit.

$$\text{Arbeitszeitverluste} = \frac{\text{geplante Stillstände}}{\text{Arbeitszeit}} \quad (3.1)$$

- Die Verfügbarkeitsverluste, dh der Anteil ungeplanter Stillstände während der geplanten Produktionszeit, sind in Formel (3.2) angegeben. Die Gründe für ungeplante Ausfallzeiten von Anlagen sind:

- Unsachgemäße Wartung und Reparatur von Anlagen
- Arbeitsorganisatorische Probleme
  - Organisation der Arbeit (Arbeitsaufträge)
  - Materialprobleme (Komponentenprobleme)
  - Ressourcenprobleme (Mangel an Arbeitskräften)
  - andere Zeitverluste

$$\text{Verfügbarkeits Verluste} = \frac{\text{Ungeplante Stillstände}}{\text{geplante Betriebszeit}} \quad (3.2)$$

Leistungsverluste und kurzfristige Stillstände aufgrund von Unterbrechungen und technischen Problemen während der Produktion (Verstopfung, technische Probleme) oder Arbeiten mit einer geringeren Geschwindigkeit als vorgeschrieben. Gründe könne hier der technische Zustand der Anlage oder ein Mangel an



Fähigkeiten oder Qualifikation des Bedieners sein (Kletti, 2011). Die Leistungsverluste können ausgedrückt werden durch die Formel (3.3)

$$\text{Leistungsverluste} = \frac{\left( \frac{\text{Qualitätsgerechte Produkte}}{\text{echte Geschwindigkeit}} - \frac{\text{qualitätsgerechte Produkte}}{\text{geplante Geschwindigkeit}} \right)}{\text{Echte Betriebszeit}} \quad (3.3)$$

- Die Bewertung von Qualitätsverlusten basiert auf den zurückgegebenen Produkten, dh auf den Produkten, die die Spezifikationen nicht erfüllen oder fehlerhaft sind und auf der Zeit, die für die Überarbeitung oder Neuherstellung aufgewendet wurde. Wir können die Qualitätsverluste durch die Formel 3.4) berechnen. Bei den zurückgegebenen Produkten werden Qualitätsverluste in Prozess- und *Start up* Qualitätsverluste eingeteilt.

$$\text{Qualitätsverluste} = \frac{\text{zurückgegebene Produkte}}{\text{Gesamtproduktion}} \quad (3.4)$$

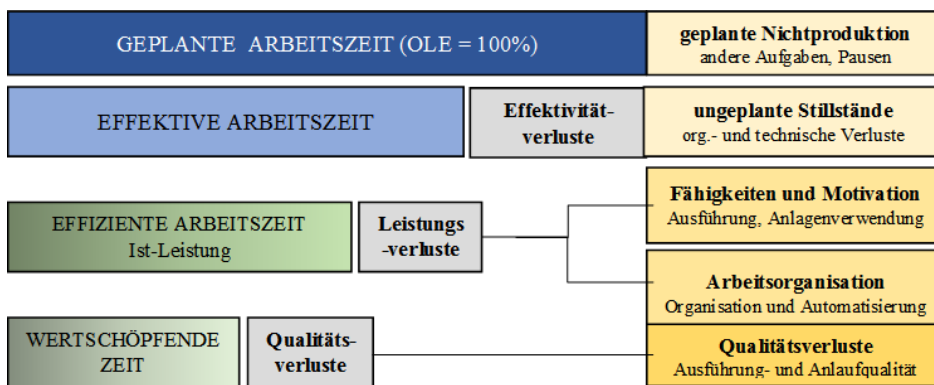


Bild 3.3. Das Zeitmodell des Arbeitsplatzes

Die Indikatoren für den effizienten Einsatz von Arbeitskräften sind im Modell in Bild 3.3 dargestellt. Genauso wie wir einen OEE-Indikator verwenden, um die Effizienz der Verwendung von Geräten zu bewerten, ist die Verwendung des komplexen OLE-Indikators, der aus drei Komponenten besteht, der effizienteste Weg, um die Effizienz der Arbeitskraftauslastung zu bewerten:

- Die Höhe der Arbeitsauslastung gibt an, wie effektiv die Belegschaft im Vergleich zum Plan ist und wie sie von ungeplanten Ausfallzeiten betroffen ist.
- Das Produktivitätsniveau gibt die Effizienz der Arbeit an, dh ob die Arbeitskraft mit der geplanten Produktivität oder mit der geplanten Geschwindigkeit arbeitet.
- Das Qualitätsniveau des Geräts gibt an, ein wie großer Teil der produzierten Menge weiterverarbeitet werden kann.

Genau wie die OEE, zeigt die OLE auch alle Zeitverluste, die zwischen den geplanten Betriebsstunden und dem Wert der kreativen Arbeitsstunden liegen. Die wichtigsten Arten solcher Verluste sind:

- Als Arbeitszeitverlust wird die Zeit behandelt, in der der Arbeitnehmer nicht für die Arbeit (Urlaub, Krankheit, Sonderurlaub) zur Verfügung steht oder in der er mit anderen Aufgaben belastet ist. Neben der Produktionstätigkeit hat ein KMU oft

andere Aufgaben, wie die Organisation des Einkaufes oder die Beratung von Kunden usw. (Formel 3.1)

- Verfügbarkeitsverlust (Formel 3.2) ist die Zeit, in der der Arbeiter am Arbeitsplatz ist, aber nicht arbeiten kann. Solche Zeitverluste umfassen:
  - organisatorische Verluste, dh Warten auf Anweisungen oder Materialien und Komponenten,
  - Andere Zeitverluste, wie Qualitätskontrolle und Messung, technischer Stillstand und Reparatur der Ausrüstung, Leerlaufzeit.
- Geschwindigkeitsverlust (Formel 3.3), dh Faktoren, die wertschöpfende Arbeiten behindern, dh die Arbeiter langsamer als geplant arbeiten lassen. Hier sind vor allem die Gründe
  - Qualifikationen und Fähigkeiten der Mitarbeiter bei der Verwendung korrekter Arbeitspraktiken und motivationsbedingte Probleme, die sich auf Ausfallzeiten und Nutzungsgeschwindigkeit auswirken.
  - Unzureichende Anwendung der Grundsätze der Arbeitsorganisation: Probleme beim internen Transport und eine fehlende Automatisierung der Arbeit, wodurch ein großer Teil des Arbeitsaufwandes entsteht.
- Die Bewertungsgrundlagen der Qualitätsverluste entsprechen denen für die Bewertung der Qualitätsverluste der Anlage. (Formel 3.4)

Um die Effizienz von Wertschöpfungsprozessen zu erhöhen, sind alle oben genannten mit der Anlage und Arbeitskraft verbundenen Zeitverlustarten wichtig, die es ermöglichen, Informationen über Zeitverluste zu sammeln und diese aufgrund ihrer Ursachen zu systematisieren.

### **3.2. Werkzeuge und Methoden, um den Wertschöpfungsprozessen effektiver zu gestalten**

Voraussetzung für die Beseitigung von Verschwendungen ist es, sie zu identifizieren und die Ursachen zu erkennen. Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Steigerung der Effizienz von Prozessen, was bedeutet Ereignisse oder den Status ausgehend von Qualität, Kosten, Zeit, Zweckmäßigkeit, Effizienz, Flexibilität zu verbessern oder mit Verlustbeseitigung verbundene Aktivitäten zu starten. Verschiedene Ansätze können zur Steigerung der Effizienz von Prozessen genutzt werden und dies auf vier verschiedenen Ebenen: (Becker, 2005).

- Auf der Prozessdesignebene als das höchste Verbesserungsniveau ist die Steigerung der Effizienz mit der Verbesserung bestehender Prozesse oder der Schaffung neuer Prozesse oder Systeme verbunden. Da die wichtigsten Änderungen auf der Ebene des Designs möglich sind, ist es auch am schwierigsten, sie zu implementieren.
- In der Planungsebene der Prozesse werden die notwendigen Kapazitäten definiert, die für die spätere Ausführung von Aufträgen notwendig sind. Es sind potenzialbezogene Aktivitäten, während derer die Leistung und der zukünftige Leistungsbedarf ausgleichen werden.
- In der Prozessmanagementebene zu lösende Probleme sind mit der Menge der Aufträge, unklaren Prioritäten und der Beseitigung von Schwachstellen verbunden. Auf dieser Ebene sind die Prioritäten und die Reihenfolge der Aktivitäten definiert.
- In der Prozessablaufebene zu lösende Probleme sind mit der Harmonisierung der Arbeitsmethoden von Mitarbeitern, Prozessen und Dokumentation, Koordination und Qualitätssicherung verbunden.

Eine wichtige Frage zur Verbesserung der Effizienz von Prozessen ist: Welche Prozesse sollen verbessert werden und wie viele Änderungen sollen gleichzeitig umgesetzt werden? Je nach Größe und Umfang der gewünschten Veränderungen wird das Konzept der radikalen Änderungen (*Kaikaku*) des Prozesses oder der kontinuierlichen Verbesserung von Prozessen (*Kaizen*) unterschieden. (Bild 3.4)

*Kaikaku* ist ein japanisches "radical change" Konzept, das radikale Veränderungen auf organisatorischer Ebene durch Innovation oder Neuaufbau von Prozessen beschreibt. Das Ziel dieses Konzeptes ist anders als beim *Kaizen* radikale Änderungen am Herstellungssystem unter Verwendung von Methoden wie *Lean Six Sigma* und *Ultimate Improvement Cycle UIC* zu erzielen, die zeigen, wie *Lean* - und *Six - Sigma* - Methoden am besten in die Prinzipien der *Theorie des Constraints* integriert werden können. Im Gegensatz zu *Kaizen* ist *Kaikaku* durch schnelle und grundlegende Veränderungen gekennzeichnet. Wenn *Kaizen* Aktivitäten auf der Ebene der Mitarbeiter stattfinden, werden die Aktivitäten von *Kaikaku* vom Management des Unternehmens initialisiert. Ziel ist es oft, neue Methoden über einen bestimmten Zeitraum einzuführen. (Bild 3.4)

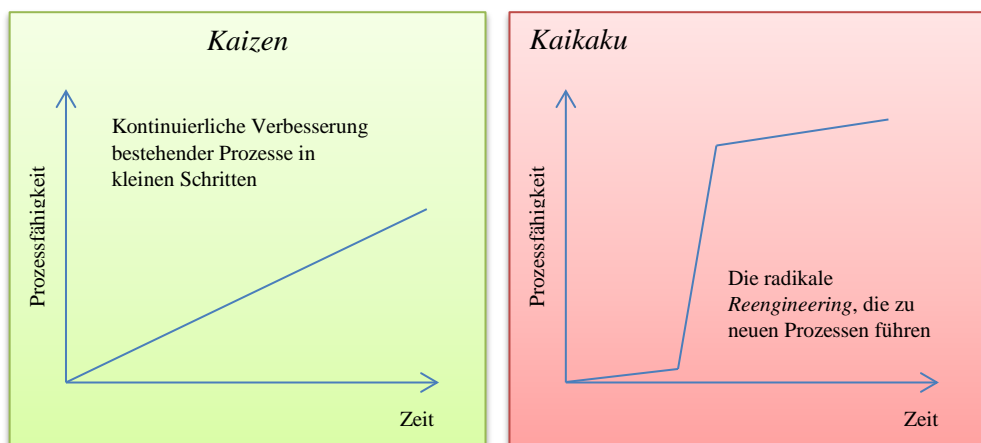


Bild 3.4. Unterschiedliche Ansätze zur Prozessoptimierung (Becker, 2005)

Während des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses werden viele Veränderungen vorgenommen. Das gewünschte Resultat wird durch eine Reihe kleiner Veränderungen erreicht, die von den Mitarbeitern des Unternehmens ausgelöst werden. Kleine Änderungen, die bei den Mitarbeitern beginnen, können zu erheblichen Änderungen führen. Änderungen werden in kleinen Schritten vorgenommen, die nicht mit hohen Risiken verbunden sind (Hitomi, 196).

Eines der bekanntesten Konzepte der kontinuierlichen Verbesserung ist das japanische Managementkonzept *Kaizen* ("Verbesserung" auf Japanisch), das auf die Sicherung von Qualität, Kostensenkung, Gewinnoptimierung und Mitarbeiterbindung abzielt. Das Konzept wurde nach dem Zweiten Weltkrieg in Japan eingeführt (Womack, 2003). Von seinem Inhalt her ist *Kaizen* ein Gesamtkonzept zur Verbesserung der täglichen Tätigkeit des Unternehmens (Wettbewerbsfähigkeit, Produktivität usw.), durch kontinuierliche Verbesserung (einschließlich geringfügiger Änderungen), Bewertung und Korrigieren von Prozessen. Die Prinzipien der *Kaizen*-Philosophie sind:

- Die kontinuierliche Verbesserung gewährleisten
- Das Einschließen aller Mitarbeiter des Unternehmens in die *Kaizen*-Aktivität.

- Prozesse in kleinen Schritten optimieren
- Erhöhung der Unternehmenskultur

*Kaizen* ist ein sich wiederholender Prozess, der flexible und schnelle, kontinuierliche, kleine Verbesserungen zusammen mit Prozessstandardisierung ermöglicht. Der Prozess besteht aus den folgenden Schritten: Standardisierung von Operationen, Auswertung von standardisierten Operationen (Messung), Vergleich von Evaluierungsergebnissen mit einer Empfehlung, Planung von Innovationen, um Anforderungen zu erfüllen und die Produktivität zu erhöhen und neue verbesserte Operationen zu standardisieren [Busuk, 2009).

Ein wichtiges Instrument zur Umsetzung der Kaizen-Philosophie ist der Deming Circle (Deming, 1994) oder der OPDCA-Zyklus (Bild 3.5), der den auf Kontinuität basierenden Prozess der kontinuierlichen Verbesserung von Prozessen darstellt. Er stellt einen wichtigen Teil der Umsetzung der Kaizen-Philosophie dar. Der OPDCA-Zyklus basiert auf 5 Schritten:

Schritt 1 - Beurteilung der aktuellen Situation, Ermittlung des Verbesserungsbedarfs und Identifizierung von Engpässen.

Schritt 2 – Planen von Änderungen, unabhängig davon, welche Änderungen geplant sind.

Schritt 3 - Änderungen in kleinem Umfang testen.

Schritt 4 - Überprüfung und Vergleich der Ergebnisse der Implementierung mit dem Plan,

Schritt 5 - Änderungen umsetzen und Schlussfolgerungen ziehen (Deming, 1994)

Dies ist ein kontinuierlicher Prozess, der den gesamten vorherigen Zyklus kontinuierlich wiederholt.

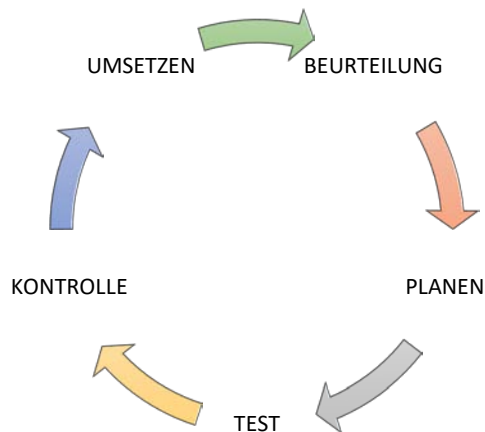


Bild 3.5. Kontinuierliche Verbesserungszyklen

### 3.3. Unterschiedliche Konzepte zur Reduzierung von Zeichnungen

Es gibt unterschiedliche Methoden, Modelle und Gesamtkonzepte, um Verschwendungen zu eliminieren oder reduziert. Ein solches einfaches Konzept ist das Konzept der *Lean Manufacturing*, welches die Betriebskosten senkt, die Qualität erhöht und die Grundwerte der Organisation stärkt. Das Konzept der kosteneffizienten Produktion zielt darauf ab, Verluste in jedem Glied der Lieferkette durch kleinere Lagerbestände zu eliminieren, die

Produktentwicklungszeit zu reduzieren, die Produktionsfläche zu optimieren, auf Kundenanforderungen zu reagieren, sowie eine höhere Produktionsqualität und eine effizientere und kosteneffektivere Produktion zu erreichen.

Für eine kostengünstige Produktion werden mehrere Methoden und Werkzeuge verwendet. Jede Produktion ist anders und in zwei Unternehmen ist es nicht möglich, die gleichen Methoden und Werkzeuge auf die gleiche Weise zu verwenden, um Verschwendung zu reduzieren und die Prozesse zu verbessern. Kosteneffiziente Prinzipien beschränken sich nicht auf die Organisation der Produktion, sondern decken alle Geschäftsprozesse eines Unternehmens ab und sind sowohl in den Haupt- als auch in den Nebenprozess integriert. [Riives, 2011; Kletti, 2011]

Die wichtigsten Werkzeuge für das kosteneffiziente Produktionskonzept sind:

- Eine auf modularisierte Produktgruppen (Produktfamilien) orientierte Herstellung und Produktgruppenbestimmung und -verfolgung im Produktionssystem des Unternehmens (*Cellular Manufacturing*).
- Das Kanban-System zur Steuerung des Informations- und Materialflusses verwenden.
- Umfassendes Qualitätsmanagement und *6 Sigma* (*TQM* und *Six Sigma*).
- Reduzieren von Rüstzeiten (*Rapid Setup*).
- Realisierung von Teamwork mit Teammitgliedern. (*Team Development*).
- *Single-Minute Exchange of Die - SMED* - Verkürzung der Rüstzeiten von Werkzeugen.
- *Metrics & Measurements* - Einführung von Kontrollkarten zur Leistungsmessung für jeden Auftrag, um (neben der Prozesskontrolle des Prozesses) unter anderem die Notwendigkeit der Reparatur oder Einstellung des Geräts zu beurteilen.
- *Mixed Model Production* - Einführung von produktionsorientierten Produktionssystemmodellen für verschiedene Produkte.
- Wertstromanalyse *Value Stream Mapping* - Bild der Wertschöpfungskette der Produktionskette.
- Work Balancing - Harmonisierung der Zyklen an verschiedenen Arbeitsplätzen im Produktionssystem.
- 5S-Anforderungen - Gewährleistung der Organisation und Wartung des Arbeitsplatzes.
- *Poka-Yoke* - um Fehler in Geräten, Produkten und Arbeitsprozessen zu vermeiden.
- *Total Productive Maintenance (TPM)* - Wartung von Geräten, Reparaturen und vorbeugende Wartung, sowie eine kontinuierliche Überwachung des Gerätestatus eingeschlossen.

Zusätzlich zu den oben genannten Instrumenten werden mehrere verschiedene Methoden verwendet, um Verluste zu eliminieren und reduzieren. Alle diese Methoden erleichtern die Organisation der Produktion, erhöhen die Arbeitskultur und die Bildung von Geschäftsprinzipien. Einige Beispiele:

- (7W) Sieben Arten von Verschwendungen
- *Just in time JIT* Produktion
- Gesamtanlageneffizienz (OEE)
- Kenntnisse der Produktionsmethode
- Produktfamilienmatrix
- 5 Warums?
- 8 Disziplinen
- visuelle Kontrolle (*Visual Control*)

- 20 Schlüsselprogramm (20Keys)
- Kontinuierliche Verbesserung (Kaizen)

Längst nicht alle Methoden wurden erwähnt, aber sie werden mehr und mehr verwendet und können dazu dienen, LEAN Konzepte im Unternehmen zu implementieren. (Becker, 2005; Busuk, 2012).

Die Liste der Modelle und Methoden umfasst sowohl Werkzeuge, die sowohl auf einzelne Verschwendungsarten abzielen, (*SMED, Rapid Setup, Mixed Model Production 5S Anforderungen, TPM, etc.*) aber auch ganzheitliche Konzepte (*BSC, 20Keys, Kaizen, OEE, OLE, visuelle Kontrolle, Total Quality Management - TQM und Six Sigma* usw.). Neben den Modellen und Methoden zur Steigerung der Effizienz des Geschäftsmanagements (*Business Management*) führen immer mehr produzierende Unternehmen unternehmensbasierte, integrierte Systeme zur Steigerung der Effizienz des Prozessmanagements (*Operational Management*), auf der Grundlage der folgenden Prinzipien, ein:

- Es ist nur dann möglich, den Prozess zu optimieren, wenn er nicht mit nichtwertschöpfenden Aktivitäten belastet wird. Die Umsetzung der Prinzipien der perfekten Produktion ist Voraussetzung für die hohe Leistungsfähigkeit des Prozesses und die Vermeidung von nichtwertschöpfenden Aktivitäten.
- Die Komplexität moderner Produktion lässt sich nicht mit herkömmlichen Planungsmethoden steuern. Die Planung muss ständig darüber informiert werden, was in der Produktion vor sich geht und Werkzeuge verwenden, die eine schnelle Reaktion auf Veränderungen ermöglichen.
- Aussagekräftige und aktuelle, prozessbasierte Indikatoren sind Voraussetzung für den Aufbau einer Führungsstruktur. Die Aufgabe der Indikatoren ist einerseits die Analyse des Prozesses und die Aufdeckung ungenutzter Potenziale und andererseits die Kontrolle darüber, ob die durchgeführten Maßnahmen zum gewünschten Ergebnis führen.
- MES *Manufacturing Execution Systems* sind ideal für die Verwaltung von Fertigungsprozessen. Sie steuern den Produktionsprozess praktisch in Echtzeit. Die horizontale Integration liefert Echtzeitinformationen und -indikatoren für Produktions-, Personal- und Qualitätsmanagement. Die vertikale Integration sorgt für den Austausch von Daten zwischen dem ERP-System, dem MES-System und dem aktivitätsbasierten System.

### **Operational Excellence (OPEX) Eckpfeiler**

Auf dem Weg zur perfekten Produktion haben sich bestimmte Schritte entwickelt, die uns Schritt für Schritt zum Ziel führen.

- Analyse der aktuellen Situation (Audit) und Engpässe, um die aktuellen Prozesse des Unternehmens zu bewerten und Engpässe zu identifizieren, die den Übergang zu OPEX verhindern.
- Prozessbasierte Indikatoren - Definieren und implementieren von Prozess- und Leistungsbewertungskennzahlen (KPIs), um ungenutzte Potenziale zu identifizieren und zukünftige Prozessoptimierungen messbar zu machen.
- Kostengünstige Produktion - Erhöhung der Geschwindigkeit und Effektivität von Prozessen, Eliminierung von Verschwendungen und Erhöhung der Zuverlässigkeit von Prozessen, gleichzeitige Reduzierung der Lagerbestände während des Produktionszyklus durch kosteneffektiven Betrieb im Unternehmen

- Kostengünstige Planung - Sicherstellung der Flexibilität und Rentabilität von Prozessen durch effiziente Planung und Informationsfluss. Verbesserung der Planungs- und Informationsbewegung, um eine schnell reagierende Kontrollkette zu schaffen.

Die Implementierung der beschriebenen Schritte ist nur mit Unterstützung der notwendigen MES-Funktionalitäten möglich. Parallel zum Implementierungsprozess ist auch die Einbindung und Schulung der am Produktions- und Herstellungsprozess beteiligten Mitarbeiter sehr wichtig. Nur wenn die Mitarbeiter den Veränderungsbedarf erkennen, werden sie aktiv am Veränderungsprozess und am anschließenden, kontinuierlichen Verbesserungsprozess teilnehmen (Kletti, 2011).

Die folgenden Themenbereiche von Informationsfluss und Prozess- und Materialbewegung können dazu dienen, einen Überblick über den aktuellen Stand der Produktion eines einfachen Herstellungsprozesses zu geben:

- Probleme mit der Informationsbewegung
  - Wie kommt ein Kundenauftrag bei einem Unternehmen und einem zentralen ERP-System an?
  - Wie wird die allgemeine (aggregierte) Produktionsplanung durchgeführt?
  - Wie erfolgt die genaue Planung der Produktion?
  - Wie kann ein Fertigungsauftrag aus einer Kundenbestellung erhalten werden?
  - Wie kommt der Produktionsauftrag in Produktion?
  - Welche Prozesse werden vom Produktionsauftrag verwaltet (gestartet), die sich selbst ausführen (KANBAN)?
  - Wie werden produktionsunterstützende Prozesse (Werkzeuge, Arbeitsplanung, Qualitätssicherung, Wartung) mit der Produktion synchronisiert?
  - Welche Daten werden aus der Produktion gesammelt (Abfallprodukte, Gütermenge, Bearbeitungszeiten, Standby-Zeit, Engpässe, etc.)?
  - Wie und wann werden diese Daten gesammelt?
  - Welche Werkzeuge und Dokumente werden dabei verwendet? (Excel-Tabellen, Produktionsaufträge, Lohnzettel, Feedback-Feeds usw.)
- Probleme im Zusammenhang mit dem Produktionsprozess / dem Materialfluss
  - In welchem Stadium der Produktion wird dieses Produkt hergestellt?
  - Welche sind die Schlüsselindikatoren einzelner Produktionsprozesse (Produktionszykluszeit, Rüstzeit, Prozesszeit, Verfügbarkeit, Leistung, Qualität)?
  - Wie groß sind die Bestände an Rohstoffen, Produktionsvorräten und Fertigwarenbeständen?
  - Wie sind die einzelnen Produktionsschritte räumlich lokalisiert?
  - Wie groß ist die Prozesszeit eines Produktes?
  - Wie hoch ist der Wirkungsgrad des Prozesses?

### **3.4. Zusammenfassung des dritten Kapitels**

Aus Sicht des Unternehmens ist nicht nur der Prozess der einzelnen Prozessabläufe, sondern auch die Geschwindigkeit und Rentabilität des gesamten Prozesses wichtig. Es erfordert einerseits das richtige Prozessmanagement in der Produktion und in verwandten Bereichen, andererseits muss der Prozess effizient sein, um die erforderliche Geschwindigkeit zu gewährleisten. Lange Produktionszyklen und große Bestände sind wie ein Wasserspiegel, der

jedes mögliche Problem des Unternehmens verbirgt. Der Prozess kann nur optimiert werden, wenn er nicht mit nichtwertschöpfenden Aktivitäten belastet ist. Voraussetzung für das effiziente Funktionieren von Prozessen ist die hohe Leistungsfähigkeit des Prozesses und die Vermeidung von nichtwertschöpfenden Aktivitäten. Voraussetzung für eine langfristige, effektive Reduzierung von Verlust ist eine lückenlose Überwachung der Prozesse. Verschwendungen müssen beseitigt werden und die unterstützten Aktivitäten müssen so effektiv wie möglich gestaltet werden. Der wertschöpfende Teil muss immer als Ganzes betrachtet und auf dieser Grundlage verbessert werden.

Während des Wertschöpfungsprozesses führen Unternehmen viele solcher Aktivitäten durch, die dem Produkt keinen Mehrwert hinzufügen. Nichtwertschöpfende Aktivitäten können in notwendige oder Wertschöpfung von unterstützenden Aktivitäten und unnötige Aktivitäten, nämlich Zeitverluste, unterteilt werden. Eine wesentliche Voraussetzung für die Beseitigung von Verlusten ist das Verständnis ihrer Ursachen und ein Überblick über die verschiedenen Formen ihres Auftretens. Um die Ursachen effektiver zu analysieren werden im Rahmen dieser Forschung die, im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Zeitverluste, ausgehend von den zeitlichen Indikatoren, die Produktionsaktivitäten charakterisieren, ausgewertet. Diese sind einerseits mit der Kundenauftragserfüllung verbunden und andererseits durch die Effizienz-Leistungseinheit charakterisiert. Um die Gesamteffektivität von einer Leistungseinheit festzustellen, werden mit OEE und OLE verbundene Zeitverluste und deren Gründe als Grundlage genommen.

Verschiedene Ansätze und Ebenen können genutzt werden, um die Effizienz eines Wertschöpfungsprozesses zu erhöhen. Es gibt verschiedene Methoden, Modelle und Gesamtkonzepte, um Verschwendungen effektiver zu beseitigen oder zu reduzieren. Auf dem Weg zur perfekten Produktion (OPEX) haben sich einige Schritte entwickelt, die Schritt für Schritt auf das Ziel hinführen. Diese sind:

- Eine Analyse der heutigen Situation, die die Effizienz des heutigen Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens bewertet und Engpässe und Zeitverzögerungen identifiziert.
- Definition prozessbasierter KEFs auf Basis strategischer Unternehmensziele und Entwicklung von daraus resultierenden KPIs, um zukünftige Prozesse messbarer zu machen.
- Implementierung verschiedener Modelle und Methoden zur Steigerung der Prozessreaktionsgeschwindigkeit, Effizienz, Vermeidung von Verschwendung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Prozessen durch einen kosteneffizienten Geschäftsansatz.



## **4 ENTWICKLUNG EINES EXPERTENSYSTEMMODELLS ZUR MESSUNG DER EFFIZIENZ UND ERHÖHUNG DER EFFEKTIVITÄT DER WERTSCHÖPFUNGSPROZESSE DES UNTERNEHMENS**

### **4.1. Zweck und Aufgaben der Expertensystemlösung zur Verbesserung der Wertschöpfungsprozesse**

Die Ergebnisse der im dritten Kapitel analysierten Forschung zeigen, dass effizient organisierte Prozesse wichtig sind, um die Wettbewerbsfähigkeit und Leistungsfähigkeit der estnischen KMU zu erhöhen. Um langfristig erfolgreich zu sein, müssen die unternehmensspezifischen Prozesse kontinuierlich verbessert werden. Eine Analyse der Kernprozesse des Unternehmens und die kontinuierliche Bewertung unternehmensspezifischer KEFs sowie die Erkennung und Beseitigung von Engpässen sind kontinuierliche Aktivitäten, die das KMU oft, aufgrund fehlender Zeit und fehlendem Wissen, nicht selbstständig erledigen kann. Ziel des Expertensystems zur Verbesserung der Wertschöpfungsprozesse ist es, KMU zu helfen, die aktuelle Situation von Wertschöpfungsprozessen (Wertstrom) selbstständig zu beurteilen, Engpässe zu erkennen und Lösungsmöglichkeiten zur Beseitigung dieser Engpässe vorzuschlagen. Der Zweck des Expertensystemmodells, dessen Beschreibung die Grundlage für die Realisierung der IT-Lösung ist, besteht darin, dem KMU zu helfen, selbständig vier Aufgaben zu lösen:

1. die Effizienz des Wertstroms des Unternehmens durch die KEFs zu bewerten
2. auf die Verschwendungen und Zeitverluste im Wertschöpfungsprozess hinzuweisen,
3. Leitlinien (Empfehlungen) zur Beseitigung der Engpässe geben, in denen Zeitverluste und Verschwendung am größten sind. Helfen bei der Auswahl von Modellen und Methoden, die geeignet sind für die Beseitigung der Verschwendungen
4. *Key Performance Indicators* (KPI) liefern, die den Erfolg von unternehmensbezogenen Engpässen widerspiegeln.

Grundlage für die Entwicklung eines Expertensystemmodells sind die theoretischen Grundsätze von unternehmensweit integrierten Konzepten zur Verbesserung der Wertschöpfungsprozesse in Kapitel 2. Die Gestaltung des Expertensystemmodells orientiert sich an den praktischen Bedürfnissen der mittelständischen und kleinen Industrieunternehmen in Estland sowie an den Engpässen bei der Beurteilung des Geschäftserfolgs und der zielgerichteten Führung. Die Gestaltung der Modelleingaben basiert auf den in Kapitel 3 analysierten Engpässen und Verbesserungspotenzialen der estnischen KMU-Industrieunternehmen. Die Analyse von Kernprozessen und der sie unterstützenden Beratungspraxis, hat dazu beigetragen, die kritischen Erfolgsfaktoren (KEFs) für die KMU zu verallgemeinern und deren Bedeutung für Unternehmen besser zu verstehen.

Drei wichtige Aspekte bei der Ausarbeitung eines Expertensystemmodells zur Messung der Effizienz und zur Erhöhung der Effektivität von Wertschöpfungsprozessen im Unternehmen sind:

- Ausarbeiten einer Expertensystemlösung zur Steigerung der Effizienz von Unternehmensprozessen, in der auf Basis theoretischer Überlegungen wichtige Themenfelder zum zeitlichen Verlauf des Wertstroms der KMU-Industrieunternehmen ermittelt werden; Fragebögen zur Selbsteinschätzung werden entwickelt, die Zeitverluste dieses Aspekts am besten beschreiben und es ermöglichen, Engpässe zu identifizieren; Verbindungen zwischen den Engpässen und

den Methoden und Modellen, mit denen sie gelöst werden können; Beschreiben wichtiger Aspekte der Auswahl und Bereitstellung der am häufigsten verwendeten Modelle.

- Verwenden der Lösung, um Zeitverluste zu finden und Verschwendung zu vermeiden. Ziel dieses Aspekts ist die Schaffung einer benutzerfreundlichen IT-Lösung, die kleine und mittlere Unternehmen (KMU) selbstständig nutzen können. In welcher die Analyse der Selbsteinschätzungsantworten des Unternehmens und die Bereitstellung von Lösungen vollständig automatisiert sind und die Einführung geeigneter Methoden und Modelle für eine Verringerung der Zeitverschwendung benutzerfreundlich und leicht verständlich ist. Ziel der Lösung ist es, den Anwender bei der Umsetzung ausgewählter Modelle und Methoden umfassend zu unterstützen (theoretische Aspekte, Beratung, Schulung, Helpdesk) und auf Wunsch eine vollständige Anonymität zu gewährleisten.
- Unter dem Gesichtspunkt der unternehmensübergreifenden Analyse kann die Expertensystemlösung zur Verbesserung der Effizienz von Unternehmensprozessen auf der Grundlage der gesammelten Informationen den Grad der Effizienz verschiedener Themenbereiche im Vergleich mit der Wertschöpfung von anderen Unternehmen analysieren und das Unternehmen in Bezug auf Tätigkeitsfeld, Umsatz, Anzahl von Mitarbeiter bewerten. Gleichzeitig können Unternehmen anonym bleiben.

## **4.2. Allgemeine Prinzipien des Expertensystemmodellrahmens**

Die allgemeinen Prinzipien des Modellrahmens basieren auf den sieben Schritten des strukturierten Prozesses zur effektiven Lösung des Problems.

1. Das Ziel der Lösung eines Problems besteht darin, die Aspekte der Probleme zu identifizieren und kritische Aspekte für die Geschäftstätigkeit des Unternehmens hervorzuheben.
2. Die Definition eines Problems ist die Grundlage für den Erfolg der Problemlösung. Der Zweck der Definition besteht darin, das Problem besser zu verstehen und dadurch die Wirksamkeit der Problemlösung erheblich zu verbessern.
3. Die Aufgabe, die Ursachen eines Problems zu analysieren, besteht darin, die beschriebenen Probleme zu analysieren, ihre Kritikalität zu bewerten und die Ursachen zu identifizieren.
4. Bei der Bewertung möglicher Alternativen während der Problemlösung, werden verschiedene Alternativen zur Lösung der festgestellten Probleme bewertet.
5. Bei der Auswahl einer geeigneten Alternative werden verschiedene Alternativen zur Behebung des Problems ausgewertet und die für den Zweck am besten geeignete Option ausgewählt.
6. Lösen des Problems mit der gewählten Methode oder dem gewählten Modell.
7. Bei der Überprüfung und beim Vergleich mit dem gewünschten Ergebnis werden die mit der gewählten Methode oder dem gewählten Modell erzielten Ergebnisse überprüft und mit den gesteckten Zielen verglichen, um die Erreichung des gesetzten Ziels zu überprüfen.

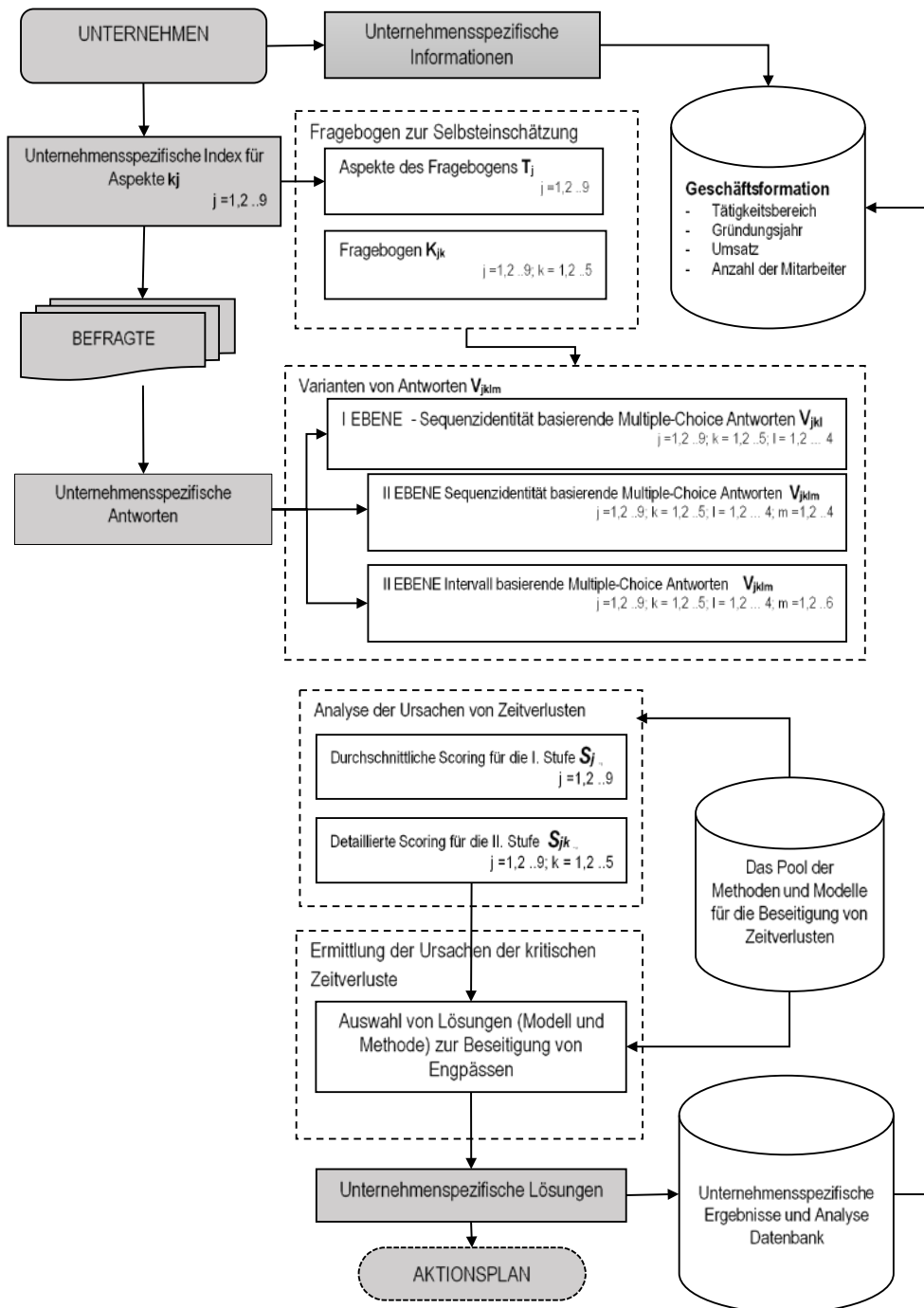


Bild 4.1. Die Struktur des Expertensystems

Der Rahmen für das zu erstellende Expertensystemmodell (Bild 4.1) konzentriert sich in erster Linie auf die ersten fünf Schritte der allgemeinen Prinzipien des Modellrahmens. Der

Inhalt und die Umsetzung der Schritte 6 und 7 hängen von den Ergebnissen der vorherigen Schritte ab und beziehen sich auf unternehmensspezifische Aktivitäten, wobei eine herausragende Rolle die Initiative der Mitarbeiter des Unternehmens spielt. Auf Grund dessen ist das Expertensystemmodell in drei Teile unterteilt:

- Selbsteinschätzung des Unternehmens, in der die Bewertung der aktuellen Situation der Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens und das Definieren der zu lösenden Probleme erfolgt;
- Wenn Engpässe festgestellt werden, werden die Ursachen der Probleme analysiert;
- Eine Expertenbewertung für die Effizienzsteigerung geben, mit dem Ziel eine geeignete, alternative Lösung auszuwählen.

Das Modell für die Selbsteinschätzung des Unternehmens gliedert sich in einen strukturierten Fragebogen und eine Zusammenstellung von Fragen, die die im theoretischen Teil aufgelisteten Kernpunkte des KET und die damit verbundenen KPI umfassen. Der zweite Teil konzentriert sich auf die Ausarbeitung von Multiple-Choice-Antworten.

Bei der Analyse von Engpässen liegt der Fokus auf unternehmensspezifischen Engpässen. Dieser Teil des Modellrahmens kann unterteilt werden in:

- Bewertung der Ergebnisse anhand der Antworten im Selbstbewertungsfragebogen, mit *Scoring-matrix* Modell.
- Identifizierung von Engpässen basierend auf den Ergebnissen der Bewertung der Ergebnisse und ihrer Relevanz für die Aktivitäten des Unternehmens.

Eine Expertenbewertung für die Effizienzsteigerung beinhaltet die Sammlung unterschiedlicher Modelle und Methoden für die Beseitigung von Verschwendungen sowie, ausgehend von den unternehmensspezifischen Engpässen, mögliche Alternativen zur Behebung von Engpässen anzubieten.

### **4.3. Fünf Schritte bei der Entwicklung einer Expertensystemlösung zur Verbesserung der Prozesse von Unternehmensprozessen**

Aktivitäten zur Entwicklung eines Expertensystems, zum Auffinden, Analysieren und Eliminieren von Zeitverlusten, lassen sich in fünf wichtige Phasen einteilen (siehe Bild 4.2).

#### **4.3.1. Fragebogen zur Selbsteinschätzung**

Ziel des zu erstellenden Fragebogens ist es, die kritischen Zeitverluste für wesentliche Bereiche der Wertschöpfungsaktivitäten des Unternehmens zu ermitteln. Der Fragebogen wurde auf der Grundlage des theoretischen Konzepts entwickelt, auf dessen Grundlage die Struktur und die Formulierungsprinzipien der Fragebögen sowie die Kategorien der Antworten beschrieben wurden (Ghuri et al, 2011).

#### **Theoretisches Konzept zum Erstellen (Entwerfen) eines Fragebogens**

Es ist wichtig, einen Fragebogen zu erstellen, der auf der Philosophie der Forschung, ihrem Ansatz und den Prinzipien der Datenerhebung und -analyse basiert. Der Fragebogen muss in dreifacher Hinsicht betrachtet werden: Art der zu verwendenden Fragen, Maßstab, Umfang und Bewertungsgrundsätze.

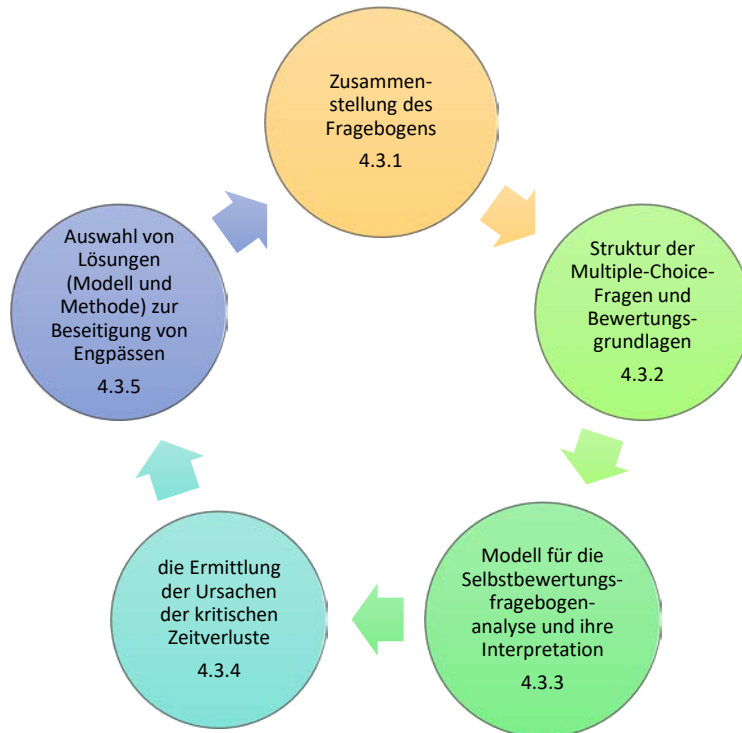


Bild 4.2. Die fünf Schritte zum Aufbau einer Expertensystemlösung zur Verbesserung der Geschäftsprozesse

Bei der **Erstellung eines Fragebogens** werden je nach Art und dem Freiheitsgrad der Antwort zwei Arten von Fragen unterschieden: Offene Fragen und geschlossene Fragen. Offene Fragen sind unstrukturierte Fragen, bei denen der Befragte frei ist, eine Antwort nach seinem Willen zu formulieren. Offene Fragen werden beispielsweise in Interviews verwendet. Bei geschlossenen Antworten, dh strukturierten Fragen, wählt der Befragte aus den ihm zur Verfügung gestellten Alternativen, die der Ersteller des Fragebogens für ihn vorbereitet hat. Gut strukturierte Fragebögen sind immer geschlossene Fragebögen. Sie sind leicht zu beantworten, und ihre Beantwortung ist oft ohne zusätzliche Hilfe möglich. Die Antworten auf die geschlossenen Fragen werden sofort verschlüsselt und somit werden automatisch quantitative Daten generiert. Tabelle 4.1 enthält einen Vergleich der verschiedenen Methoden zur Durchführung eines Fragebogens nach verschiedenen Merkmalen (Ekinci, 2015; Leitfaden für die Erstellung eines Fragebogens, 2015).

Bei geschlossenen Fragen werden häufig zwei Arten von Frageformaten verwendet:

- eine Auswahl zwischen einer oder mehreren möglichen Antwortvarianten;
- eine *Scoring*-basierte Skala, wobei der Befragte sich zwischen zwei oder mehr Antwortkategorien entscheiden und entweder eine nominale, sequenzielle, Intervall- oder relative Skala benutzen muss.

Unabhängig davon, welche Art von Skala benutzt wird, haben wir es mit skalierbaren Antworten zu tun.

Der Fragebogen ist, von der Bewertung der Engpässe und des Verbesserungspotentials der Produktionsunternehmen sowie von den Eckpunkten der in Kapitel 3 dargestellten Modellanalyse ausgehend, strukturell in neun Themenbereiche oder Aspekte unterteilt. Aspekte werden im Fragebogen nach den Stufen des Erstellungsprozesses geordnet. Für jeden Aspekt gibt es 3-5 Fragen, die auf den, zu jedem Aspekt aufgeführten, kritischen Erfolgsfaktoren und den damit verbundenen Zeitverlusten basieren.

*Tabelle 4.1 Vergleich der Fragebogenmethoden*

Eigenschaften	Persönlich geführte Umfragen	E-Mail-Umfragen	Telefonumfragen	Online Umfragen
Verwenden von geschlossene Fragen	Befriedigend	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
Verwenden von offene Fragen	Sehr gut	Befriedigend	Befriedigend	Befriedigend
Flexibel (Möglichkeit zur Klärung)	Sehr gut	Unzureichend	Sehr gut	Unzureichend
Die Komplexität des Fragebogens	Einfach bis komplizieren	Einfach bis durchschnittlich	nur einfach	Einfach bis durchschnittlich
Analyse mit den Befragten	hoch	Sehr niedrig	Mittel	Sehr niedrig
Subjektivität des Interviewers	hoch	keine	Mittel	keine
Verwendung von visuellen Hilfsmitteln	Gut	schlecht	schlecht	Sehr gut
Empfindliche Fragen stellen	Befriedigend	Gut	schlecht	schlecht
Zeit, die Fragen zu beantworten	Kurz bis lang (bis zu 120 min)	Kurz bis mittel (bis 30 Minuten)	Kurz bis mittel (bis 30 Minuten)	Kurz bis mittel (bis 30 Minuten)
Geschwindigkeit der Datenerfassung	Sofort	Langsam (2 bis 8 Wochen und abhängig von der Anzahl der Teilnehmer)	Sofort	Schnell (um 2-4 Wochen verschoben)
% von Antworten	Befriedigend (30-60 % akzeptables Niveau)	Schlecht (15-50 % akzeptables Niveau)	Gut (50-70 % akzeptables Niveau)	Variabel (15-50 % akzeptables Niveau)
Relative Kosten	Hoch	Niedrig	Mittel	Sehr niedrig

### **Festlegung der zu analysierenden Aspekte**

Die Definition der zu analysierenden Aspekte basiert auf den relevanten Aspekten für das KMU-Produktionsunternehmen, die im theoretischen Teil behandelt und identifiziert wurden. Dementsprechend besteht der Fragebogen aus neun Themenbereichen  $T_j$  mit  $j = 1,2,3, \dots, 9$ :

[T1]. Unter dem Thema Produktionsmanagement werden Komponenten von arbeitsbedingten Zeitverlusten behandelt, die direkt zu geplanten und ungeplanten Ausfallzeiten im Wertschöpfungsprozess führen und die Dauer der Auftragsabwicklung beeinflussen. Dazu gehören geplante und ungeplante Pausen, der Zeitverlust im Zusammenhang mit der Ausführung von Arbeitsaufgaben und die Bereitstellung der, für die Durchführung der Arbeiten erforderlichen, Werkzeuge sowie die für die Durchführung der Arbeiten erforderliche, jedoch fehlende, Kompetenz.

[T2] Das Auftreten von Zeitverlusten aufgrund des Produktportfolios und der Produktentwicklung bezieht sich auf die wesentlichen Aspekte des Resultats der Produktion des Unternehmens, dh die Breite des Produktportfolios und geringe Stückzahlen. Dieses Thema behandelt Zeitverluste im Zusammenhang mit der Ausarbeitung von Produktdesignlösungen aufgrund unklarer Kundenwünsche und nicht durchdachter, technischer und technologischer Lösungen.

[T3] Hinsichtlich der Zeitverluste im Bereich Einkauf und Lagerhaltung, wird auf Aspekte wie die Liefersicherheit, die Qualität des gelieferten Materials (Einkauf von Produkten), die Zuverlässigkeit der Lieferanten und die Effizienz von Lagerhaltungs- und Materialmanagement geachtet.

[T4] Als ein wesentlicher Aspekt des Themas der Produktionstätigkeit befasst sich der Fragebogen mit Arbeitsorganisation, Produktionslogistik, zeitaufwendigen Arbeitsmitteln und mit Werkzeugen verbundenen Problemen. Ein wichtiger Aspekt des Fragebogens sind die kurzfristigen Stillstände im Produktionsprozess, die das Einrichten und Neuausrüsten, die Verwendung unangemessener Verarbeitungsverfahren usw. umfassen.

[T5] In Bezug auf Wartung und Reparatur wird die Wartungs- und Reparaturzeit berücksichtigt. Die planmäßige Wartung von Anlagen, als geplante Aktivität, reduziert erhebliche Zeitverluste und Ausfallzeiten, die aufgrund ungeplanter Wartung und Reparatur von Geräten entstehen.

[T6] Als mit der Qualitätssicherung verbundene Zeitverluste gelten verschiedene Aspekte der Qualitätskontrolle des Unternehmens wie Ausschusserkennung, und -beseitigung, Bearbeitung von Reklamationen, die Betrachtung dieser Probleme durch Qualitätssicherung, Qualitätsgewährleistung und Qualitätsmanagement.

[T7] Übermäßige Zeit, die für einen Arbeitsschritt aufgewendet wird, beinhaltet Probleme mit den Fähigkeiten und Kenntnissen der Arbeitskräfte sowie Probleme mit der Ordnung am Arbeitsplatz

[T8] Aus Sicht der Informationsbewegung und der IT-Systeme wird der Informationsfluss, mit diesem einhergehende Zeitverluste sowie der Einsatz von IT-Lösungen zur Reduzierung dieser Zeitverluste betrachtet.

[T9] Der Verkaufs- und Marketingaspekt wird unter dem Gesichtspunkt der Zusammenarbeit zwischen Vertrieb und Produktion betrachtet. Entscheidend sind die Verkaufsinformationen und der Zeitpunkt ihrer Übermittlung sowie ihre Auswirkungen auf die Produktionstätigkeit.

### **Unternehmensspezifische Indexe für Aspekte ermitteln**

Die Bedeutung der zugrundeliegenden Aspekte des Modellrahmens und die Bedeutung der damit verbundenen KEF können von Unternehmen zu Unternehmen variieren. Damit Unternehmen sich auf die kritischen Aspekte konzentrieren können, kann ein Unternehmen die Bedeutung der einzelnen Aspekte des Selbstbewertungsfragebogens für sein Unternehmen bestimmen. Es wird ein unternehmensrelevanter Index definiert, der auf der eigenen Einschätzung des Unternehmens basiert und die Bedeutung des Aspektes des Erfolges des Unternehmens berücksichtigt.

Der Index basiert auf einer quantitativen Multiple-Choice-Antworten Bewertung, wobei jeder Aspekt als ein Thema präsentiert wird und eine Auswahl an drei verschiedenen Antworten erhält (vernachlässigbar, wichtig, sehr wichtig). Der Index der Bedeutung des Aspekts wird auch zum Index von  $kj$  mit  $j = 1, 2, 3, 9$ , die die Gewichtung dieses Aspekts um 20% erhöht oder verringert und jeweils 0,8; 1,0; 1.2 betragen kann.

Für die Formulierung der Fragen  $Kjk$ , wobei  $k = 1, 2, \dots, 7$  gilt, werden die wichtigsten KEFs des in Kapitel 3 beschriebenen und die darauf basierenden KPIs verwendet. Die Fragen sind in Anhang 1 aufgelistet. Fragen, die sich für eine online Befragung eignen, sind einfach zu beantworten. Sie sind geschlossen oder strukturiert und bieten quantitativen Multiple-Choice-Antworten. Um die Art des in der Frage aufgeworfenen Problems besser hervorzuheben, wurden die Beschreibungen des Inhalts der Frage verwendet, um das Problem so klar wie möglich zu erklären und so die richtige Auswahl der Antwort zu erleichtern. Bei der Beantwortung von Fragen sind die Struktur- und Gestaltungsprinzipien der Multiple-Choice-Fragen von entscheidender Bedeutung.

#### 4.3.2. Struktur der Multiple-Choice-Fragen und Bewertungsgrundlagen

Beim Ausarbeiten der Struktur und der Prinzipien der Antworten wurden als Grundlagen des theoretischen Konzepts des Fragebogenentwurfs, dh des Konzepts der geschlossenen Antworten, genommen, dh ein Prinzip mit strukturierten Multiple-Choice-Fragen, entwickelt. Selektive Antworten sind zweistufig skalierbare Antworten, wobei das Ziel der zweiten Ebene die Verfeinerungsoption für die Antwort der ersten Ebene ist. Diese zweistufige Antwortstruktur ersetzt die Notwendigkeit zusätzlicher Fragen, die das Volumen des Fragebogens erheblich erhöhen würde.

In der ersten Ebene der Antworten wird eine auf einer Sequenzidentität basierende Multiple-Choice-Skala verwendet, in der für jede Frage 4 deskriptive Multiple-Choice-Antworten formuliert werden:  $V_{jklm}$  mit  $l = 1, 2, \dots, 4$ , die die verschiedenen Antworten, die durch diese Frage gegeben werden, so einfach und umfassend wie möglich beschreiben. Eine geradzahlige Auswahl bestimmt die Position des Befragten, da er oder sie sich für eine Tendenz entscheiden muss. Dementsprechend ist es möglich, die Antworten zu komprimieren, dh verallgemeinernd zusammenzufassen (Leitfaden für die Erstellung eines Fragebogens, 2015; Ekincci, 2015; Lucey, 1996). Auf einer Sequenzidentität basierende Multiple-Choice-Antworten werden so kompiliert und eingestuft, dass sie das Problem des Auftretens von Kritikalität mit einem ständig zunehmenden Trend beschreiben, wie in Formel (4.1) beschrieben.

$$V_{jk1} < V_{jk2} < V_{jk3} \dots < V_{jk4} \tag{4.1}$$

mit  $j=1, 2 \dots 9$ ;  $k=1, 2 \dots 7$ ;  $l=1, 2 \dots 4$ .

Für die Auswahl auf der zweiten Ebene, werden spezifische, sequenzbasierte oder intervallbasierte Ansätze für das Problem benutzt:

- Bei sequenzbasierten Ansätzen wird die Beschreibung der Antworten, basierend auf den verschiedenen Schritten des Auftretens von Kritikalität des Problems  $V_{jklm}$ ,



verwendet, wobei  $m = 1, 2, \dots, 4$  in der Reihenfolge der Kritikalität des Problems wie in Formel (4.2) beschrieben ist

$$V_{jk11} < V_{jk12} < V_{jk13} \dots < V_{jk14} \quad (4.2)$$

mit  $j=1, 2 \dots 9$ ;  $k=1, 2 \dots 7$ ;  $l=1, 2 \dots 4$ .  $m=1, 2 \dots 4$

Tabelle 4.2. Skala zur Ermittlung des Ergebnisses für die II-Phase bei sequenzbasierten Ansätzen

		II STUFE Sequenzidentität basierende Multiple-Choice $V_{jkl}$				Antwort auf die Frage $K_{jk}$
		$V_{jk1m}$	$V_{jk2m}$	$V_{jk3m}$	$V_{jk4m}$	$V_{jklm}$
I STUFE Sequenzidentität basierende Multiple-Choice $V_{jkl}$	$V_{jk1m}$	$V_{jk11}$				0,25
		$V_{jk12}$				0,5
		$V_{jk13}$				0,9
		$V_{jk14}$	$V_{jk21}$			1,25
	$V_{jk2m}$		$V_{jk22}$			1,5
			$V_{jk23}$			2,5
			$V_{jk24}$	$V_{jk31}$		3
	$V_{jk3m}$			$V_{jk32}$		3,5
				$V_{jk33}$		4,25
				$V_{jk34}$	$V_{jk41}$	5
					$V_{jk42}$	6,5
	$V_{jk4m}$				$V_{jk43}$	9,5
					$V_{jk44}$	12

- Bei einem auf Intervallen basierendem Ansatz, werden die Zeitverluste über eine bestimmte zeitliche Dauer ausgewertet:
  - Die Größe des einmaligen Zeitverlustes  $t_0$  oder auch Zeitverzögerung genannt, wird für den Entscheidenden in der Intervallskala vorgegeben:  $t_1 = 5\text{min}$ ;  $t_2 = 10\text{ Minuten}$   $t_3 = 15\text{ Minuten}$ ;  $t_4 = 30\text{ min}$ ;  $t_5 = 60\text{ Min}$ . Bei der Bestimmung der Skalenintervalle wurden die verschiedenen Arten von Zeitverzögerungen in der Stückproduktionsindustrie von KMUs verwendet. Diese Zeitverluste kann man in Kurzzeitstillstände einstufen, die 10-15 Minuten dauern, oder in Langzeitstillstände, von bis zu 60 Minuten und mehr. Dementsprechend ist das Ausmaß der Bewertung nicht linear (siehe Bild 4.3), deshalb muss die Rolle der Multiple-Choice-Antworten für längere Zeiträume erhöht werden, um ihre Kritikalität besser hervorzuheben.






	5	min
	10	min
	15	min
	30	min
	60	min

Bild 4.3. Nichtlineare Zeitintervalle

- Die Wiederholungsfrequenz des in der Multiple-Choice-Antwort beschriebenen Problems:  $n_1 = 2$ -3-mal im Monat;  $n_2 = 2$ -3-mal pro Woche;  $n_3 =$  jeden Tag; bestimmt, wie oft ein bestimmter Zeitverlust auftritt. Die Antwortmöglichkeiten sind für die Antwortenden des Fragebogens vorgegeben. Der folgende, berechnete Koeffizient wird für diesen Zweck verwendet:
  - $n_1 = 0,05$ , was einer Häufigkeit von 2-3 mal im Monat entspricht
  - $n_2 = 0,12$ , was der Häufigkeit 2-3 mal pro Woche entspricht;
  - $n_3 = 0,20$ , was der Häufigkeit des täglichen Auftretens entspricht
 Der Zweck dieses Parameters besteht darin, die Häufigkeit des Auftretens von zeitbezogenen Problemen zu beschreiben.
- Die Antworten  $V_{jklm}$  auf dem Intervall basierten Fragen  $K_{jk}$  der zweiten Stufe, werden als Produkt eines einmaligen Zeitverlustes gesehen und deren Wiederholungshäufigkeit gemäß der Formel (4.3) berechnet.

$$V_{jklm} = t_a \times n_k \quad (4.3)$$

Dementsprechend bilden die Antworten (siehe Tabelle 4.4) eine Rangfolge auf der Basis der Multiple-Choice-Antworten,  $V_{jklm}$ , mit  $m = 1, 2, \dots, 6$ . Die von beiden Skalen erhaltenen Antworten werden mit der numerischen Skala verglichen (siehe Tabelle 4.2 und 4.4).

#### 4.3.3. Modell für die Selbstbewertungsfragebogenanalyse und ihre Interpretation

Die Analyse der Ergebnisse des Selbstbewertungsfragebogens basiert auf den Antworten  $V_{jklm}$  der Unternehmen, die auf der Grundlage der Einschätzung des Unternehmens mit dem Signifikanzindex  $k_j$  des KEF-Aspekts multipliziert wird. Das resultierende Endergebnis ist ein fragenspezifischer -Antwort-Score  $S_{jk}$ , der nach der Formel (4.4) berechnet wird.

$$S_{jk} = V_{jklm} \times k_j \quad (4.4)$$

Die Antworten auf die Selbstbewertungsfragebögen sind für die Verarbeitung in einer aggregierten Scoring-Matrix zusammengestellt, die uns Überblick über alle Antwort-Score liefert und es uns ermöglicht, die Ergebnisse weiterzuverarbeiten und zu interpretieren.

Tabelle 4.4. Scoring-Matrix für die Bestimmung der auf Intervallen basierten Ergebnisse der Stufe II

II STUFE Intervall basierende Multiple-Choice V <sub>jkl</sub>				Einmalige Zeitverlust	Wiederholungs koef.	Antwort auf die Frage K <sub>jk</sub>			
				$t_a$	$n_k$	$V_{jklm}$			
				$V_{jk1m}$	$V_{jk2m}$	$V_{jk3m}$	$V_{jk4m}$		
I STUFE Sequenzidentität basierende Multiple-Choice V <sub>jkl</sub>	V <sub>jk1m</sub>		$V_{jk11}$				5	0,05	0,25
			$V_{jk12}$				5	0,12	0,6
			$V_{jk13}$				5	0,2	1
	V <sub>jk2m</sub>		$V_{jk14}$	$V_{jk21}$			10	0,05	0,5
			$V_{jk15}$	$V_{jk22}$			10	0,12	1,2
			$V_{jk16}$	$V_{jk23}$			10	0,2	2
	V <sub>jk3m</sub>		$V_{jk24}$	$V_{jk31}$			15	0,05	0,75
			$V_{jk25}$	$V_{jk32}$			15	0,12	1,8
			$V_{jk26}$	$V_{jk33}$			15	0,2	3
	V <sub>jk4m</sub>		$V_{jk34}$	$V_{jk21}$			30	0,05	1,5
			$V_{jk35}$	$V_{jk22}$			30	0,12	3,6
			$V_{jk36}$	$V_{jk23}$			30	0,2	6
				$V_{jk24}$			60	0,05	3
				$V_{jk25}$			60	0,12	7,2
				$V_{jk26}$			60	0,2	12

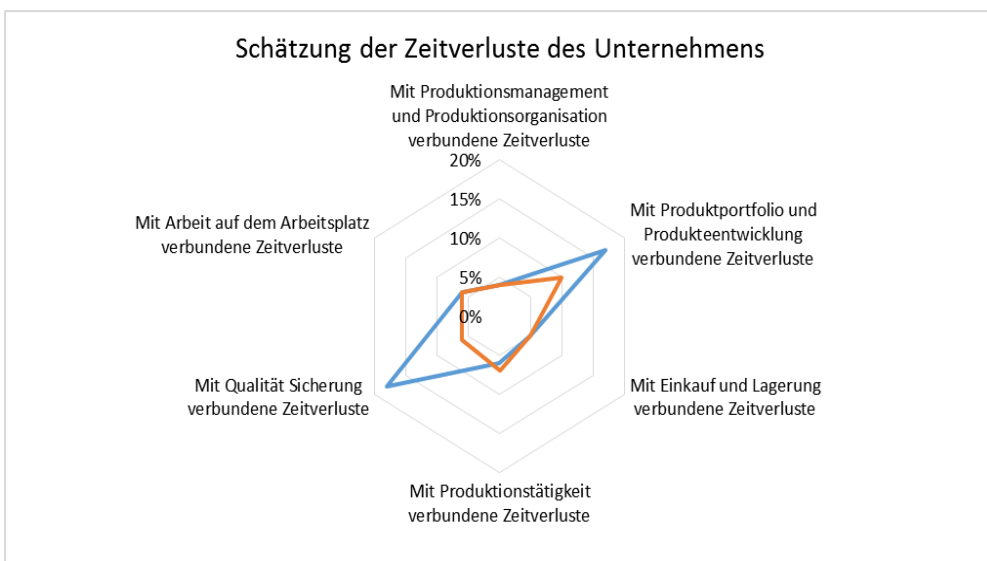
Tabelle 4.5. Scoring-Matrix der Ergebnisse der Selbsteinschätzungsanalyse

T <sub>j</sub>	K <sub>j1</sub>	K <sub>j2</sub>	K <sub>j3</sub>	K <sub>j4</sub>	K <sub>j5</sub>	K <sub>j6</sub>	K <sub>j7</sub>	Mittelwert
T <sub>1</sub>	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>				$\bar{S}_{1k}$
T <sub>2</sub>	S <sub>21</sub>	S <sub>22</sub>	S <sub>23</sub>	S <sub>24</sub>	S <sub>25</sub>			$\bar{S}_{2k}$
T <sub>3</sub>	S <sub>31</sub>	S <sub>32</sub>	S <sub>33</sub>	S <sub>34</sub>	S <sub>35</sub>			$\bar{S}_{3k}$
T <sub>4</sub>	S <sub>41</sub>	S <sub>42</sub>	S <sub>43</sub>	S <sub>44</sub>	S <sub>45</sub>	S <sub>46</sub>	S <sub>47</sub>	$\bar{S}_{4k}$
T <sub>5</sub>	S <sub>51</sub>	S <sub>52</sub>	S <sub>53</sub>					$\bar{S}_{5k}$
T <sub>6</sub>	S <sub>61</sub>	S <sub>62</sub>	S <sub>63</sub>	S <sub>64</sub>				$\bar{S}_{6k}$
T <sub>7</sub>	S <sub>71</sub>	S <sub>72</sub>	S <sub>73</sub>	S <sub>74</sub>				$\bar{S}_{7k}$
T <sub>8</sub>	S <sub>81</sub>	S <sub>82</sub>	S <sub>83</sub>	S <sub>84</sub>				$\bar{S}_{8k}$
T <sub>9</sub>	S <sub>91</sub>	S <sub>92</sub>	S <sub>93</sub>					$\bar{S}_{9k}$

Die Anteile der Zeitverluste, die sich aus der Selbsteinschätzungsanalyse ergeben, werden in zwei Detailstufen durchgeführt:

- Stufe I fasst die Ergebnisse im Allgemeinen auf der Ebene der Themenbereiche des KEF zusammen, dh ausgehend der Antworten auf die einzelnen Fragen wird der Durchschnittscore  $\bar{S}_j$ , berechnet, der in Tabelle 4.5 angegeben ist und der durch das KEF in Bezug auf dieses Thema gekennzeichnet ist. Die durchschnittliche Punktzahl,  $\bar{S}_j$ , gibt uns einen Überblick über den Anteil der Zeitverzögerungen in diesem Themenbereich (Bild 4.4).
- Stufe II präsentiert die Ergebnisse von thematischen Fragen auf der  $S_{jk}$ -Ebene. Die Ergebnisse auf dieser Detaillierungsebene liefern die Grundlage für eine weitere Analyse der Ursachen kritischer Zeitverluste. (Bild 4.5)

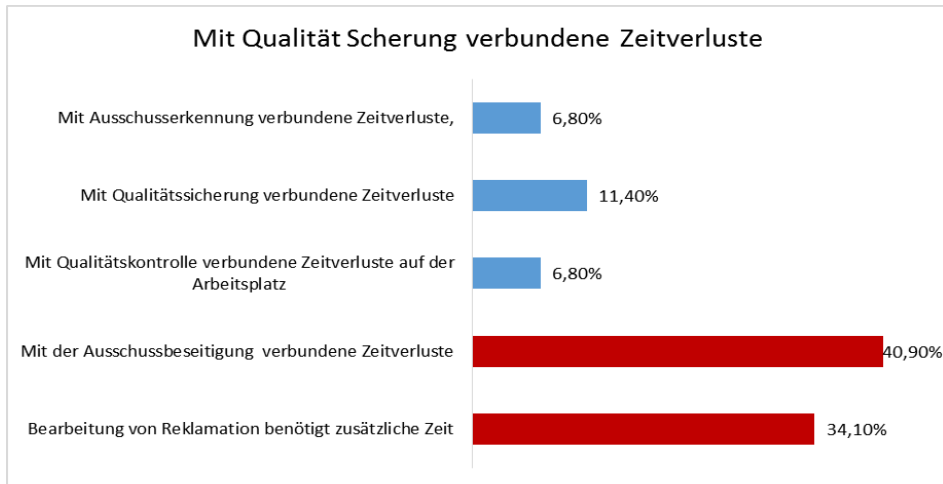
Die Engpässe werden in separaten grafischen (numerischen) Berichten dargestellt, die das Unternehmen mit Hilfe eines Computers abrufen oder im PDF-Format ausdrucken kann.



*Bild 4.4. Allgemeine Ergebnisse auf der Ebene der Themenbereiche*

Im Falle einer kritischen Masse an Ergebnissen ist es möglich, den Befragten einen Vergleich der Ergebnisse des Unternehmens und der Durchschnittsergebnisse der anderen Unternehmen, die bereits beantwortet haben, sowohl hinsichtlich des Tätigkeitsbereiches als auch der Größe des Unternehmens, zur Verfügung zu stellen.

Eine detaillierte Auswertung der Ergebnisse erfolgt auf der Ebene von Themenbereichen, die die unternehmensspezifischen, kritischen Ursachen von Zeitverschwendungen visuell darstellen.



*Bild 4.5. Themenbasiertes Scoring*

#### **4.3.4. Die Ermittlung der Ursachen der kritischen Zeitverluste**

Die Analyse der Ursachen der Zeitverluste basierte auf dem theoretischen Teil (siehe Kapitel 2 und 3), den charakteristischen Zeitmerkmalen der Produktionsunternehmen und den dazu gehörenden Zeitverlusten, die folgend klassifiziert werden:

- Mit der Bearbeitung eines Kundenauftrags verbundene Zeitverluste
- Mit dem Einsatz von Anlagen verbundene Zeitverluste
- Zeitverluste, die die Effizienz der Arbeitsauslastung widerspiegeln.

#### **Mit der Bearbeitung eines Kundenauftrags verbundene Zeitverluste**

Hierzu zählen die Zeitverluste, die während der Ausführung der Bestellung auftreten, also alle Zeitverluste, von der Annahme des Kundenauftrags (der Anfrage) bis zur Lieferung des fertigen Produkts an den Kunden, dh alle für die verschiedenen Phasen des Ausführungsprozesses des Kundenauftrags und mit dessen Übergang verbundene Zeitverluste und deren Gründe. Diese Zeitverluste werden nach ihrem Charakter und dem Ort ihres Auftretens klassifiziert:

- Zeitverluste, die sich auf die Länge des Produktionsauftrags auswirken: Hierzu gehören die Ursachen für die Probleme des Produktionsprozesses und für zu lange Prozesszeiten, die als Gründe für das Fehlen von Prozessstandards und für eine ungenaue Bewertung von Produktionskapazitäten in der Produktionsplanung genannt werden können. Die Gründe für die zweite Hauptgruppe sind unangemessene Produktionsprinzipien, ein unangemessenes Layout der Ausrüstung und mangelnde Produktionskapazität.
- Produktpolitische Entscheidungen und Fragen der Produktentwicklung, mangelnde Produktpolitik und fehlende Formalisierung der Ziele. Dies wiederum führt zu fehlenden Produktportfoliovereinbarungen. Wenn ein Unternehmen keine spezifische Produktpolitik hat, entsteht bei einem KMU oft ein Problem mit einer großen Anzahl von Produkten und Produktvarianten, die die Standardisierung von Produkten und die Entwicklung von technischen Dokumentationen für die Produktion und die Kalkulation von Einstandspreisen erschweren. Einer der Gründe für den

Zeitverlust ist die schwache Verbindung zwischen der Produktentwicklung und der Produktion von KMU sowie deren schlechte Formalisierung.

- die verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette; Verkauf, Produktentwicklung, Produktion, eine unzureichende Zusammenarbeit, die mit der schwachen Verknüpfung von Verkaufsstrategie, Produktentwicklung und Produktion beginnt.
- Die Gründe für den Informationsmangel und das Fehlen von IT-Lösungen oder ein geringer Kenntnisstand, der für ihre Nutzung vorhanden ist, liegen an dem fehlenden Überblick über den Informationsbedarf des Unternehmens und der mangelnden Klarheit der Informationsübertragungsregeln. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist hier der rationelle Einsatz von IT-Lösungen, die die Schwäche sowohl beim Einsatz von ERP-Lösungen als auch beim Einsatz technischer IT-Lösungen aufzeigen können.

### **Mit den Einsatz von Anlagen verbundene Zeitverluste**

Die Analyse der Gründe für die Verwendung von Anlagen basierte, wie im theoretischen Teil dargelegt, auf der Struktur der Zeitverluste der Anlagen und wird für die Klassifizierung von Ursachen für die Komponenten der OEE: Verfügbarkeit, Produktivität, Qualität; als Grundlage genommen

- Die Gründe für die Verfügbarkeit von Geräten, dh ungeplante Zeitverluste, lassen sich unterteilen in Fragen der Arbeitsorganisation und Probleme, die sich aus dem technischen Zustand der Anlage ergeben. In Bezug auf die Organisation der Arbeit ist es neben der effektiven Planung der Aufgaben der Mitarbeiter wichtig, dass die Mitarbeiter das im Unternehmen geltende System und die Rechte und Pflichten der Arbeitnehmer verstehen. Als ein wichtiger Aspekt des technischen Zustandes wurden bei der Analyse die unzureichende Planung von Wartungsaktivitäten, die schlechte Qualität der Reparaturen und die lange Dauer von Wartung und Reparaturarbeiten aufgeführt. Für die Häufigkeit und Länge der Stillstände, aufgrund von Reparaturarbeiten, ist ein Hauptgrund die Wartezeit auf fehlende Ersatzteile.
- Die mangelnde Kompetenz der Mitarbeiter sowie oft auch die geringe Motivation einerseits und die begrenzten Möglichkeiten der Anlage andererseits, wurden als Ursachen für kurzzeitige Stillstände und Geschwindigkeitsverluste der Anlage erwähnt.
- Die Gründe für einen Zeitverlust während der Qualitätssicherung sind bei der schlechten Qualität der gelieferten Materialien und Komponenten, bei Problemen mit der Prozessqualität und bei einem zu hohen Ausschussgrad unter den fertigen Produkten zu suchen. Außerdem wurde die Zeit hervorgehoben, die zur Lösung von Qualitätsproblemen erforderlich ist.

### **Zeitverluste, die die Effizienz der Arbeitsauslastung widerspiegeln.**

Ähnlich wie bei der Analyse des Zeitverlusts für die Anlage wurden Grundlagen für die Klassifizierung von Ursachen für die Komponenten der OLE (Verfügbarkeit, Produktivität, Qualität) aus dem theoretischen Teil abgeleitet:

- Unter dem Gesichtspunkt des Einsatzes von Arbeitskräften wurden erhebliche Probleme bei den Fragen der Arbeitsorganisation und dem Mangel an für die Arbeit notwendigen Materialien und Komponenten am Arbeitsplatz entdeckt. Die Gründe für das Auftreten von arbeitsbedingten Zeitverlusten können als Probleme bei der operativen Planung von Produktion, der Organisation von Arbeit, dh Arbeitsplänen und Wartezeiten von Aufträgen, und dem Fehlen eines Systems von Vorschlägen zur kontinuierlichen Verbesserung klassifiziert werden. Die Ursachen für Ausfallzeiten

aufgrund fehlender Materialien und Komponenten, die für die Arbeit erforderlich sind, waren Materialmanagementprobleme, wie beispielsweise folgende: falsche Materialbedarfsprognosen und Planungsungenauigkeiten, zu geringe Materialressourcen, schlechte Liefersicherheit und Qualität,

- Aus der Sicht der Produktivität der Arbeitskraft dh kurzfristigen Arbeitsstillständen und Geschwindigkeitsverlusten resultierten diejenigen Zeitverluste die mit der Suche nach Arbeitswerkzeugen verbunden sind. Diese wiederum ist mit der Einhaltung der Organisationsprinzipien und der Organisation des Arbeitsplatzes sowie anderer Wartezeiten und Betriebsunterbrechungen verbunden.
- Die Gründe für den Zeitverlust der Qualitätssicherung waren ähnlich wie bei Anlagen.

#### **4.3.5. Auswahl von Lösungen (Modell und Methode) zur Beseitigung von Engpässen**

##### **Erstellung einer Reihe von Modellen, Methoden und Aktivitäten zur Beseitigung der Ursachen von Zeitverlusten**

Für die, basierend auf dem vorherigen Punkt beschriebene, Struktur von Ursachen der Zeitverschwendungen, wurde als nächster Schritt eine Reihe von Methoden und Modelle für die Ursachenbeseitigung der Zeitverschwendungen zusammengestellt, wobei die Ursachen der verschiedenen Zeitverschwendungen den SME entsprechen. Die Liste der Methoden und Modelle ist in Anhang 1 aufgeführt und ist so strukturiert, dass sie neben den in Kapitel 2 aufgelisteten Lean-Manufacturing-Methoden und Modelle auch andere für die KMU wichtige Techniken und Instrumente in den Bereichen Instandhaltung, Produktionsplanung, Operations-Management und organisatorische Maßnahmen enthält. Die Zusammenstellung der Instrumente und Werkzeuge wurde insbesondere auf die Bedürfnisse KMU ausgerichtet, um so das Verständnis über den Inhalt der Modelle und Methoden sicherzustellen und eine einfache Implementierung zu gewährleisten. Natürlich war ein einfacher Kontrollmechanismus des Ergebnisses gewünscht, der die Vorteile der Einführung eines Modells oder einer Methode auf lange Sicht maximiert.

Für jede Art von Zeitverlust gibt es im Anhang 1 ein Modell oder eine Methode, die zur Lösung dieser Zeitverluste verwendet werden können sowie eine Beschreibung der Problemlösung und der zu ihrer Implementierung erforderlichen Aktivitäten.

##### **Wahl einer geeigneten Lösung für die Beseitigung der Engpässe**

Die Auswahl eines Modells oder einer Methode zur Beseitigung der, bei der Analyse identifizierten, Engpässe basiert auf einer Reihe von Methoden und Modellen zur Reduzierung von Zeitverlusten, die mit den Fragebogenfragen verknüpft sind. Dies bedeutet, dass sich jedes Problem auf mindestens ein Modell oder eine Methode bezieht, das zur Beseitigung von Zeitverschwendungen in diesem Bereich geeignet ist. Die Einführung des gewählten Modells oder der ausgewählten Methode basiert auf einem spezifischen Aktionsplan, der auf folgenden Prinzipien beruht:

- Ein sachliches Verständnis der gewählten Methode oder des ausgewählten Modells, in dem das gegebene Modell oder die Methode in Bezug auf ihren theoretischen Standpunkt und ihre Struktur erklärt werden.
- Basiert auf theoretischen Überlegungen um die notwendigen Inhalte für eine Lösung (Aufbau) zu schaffen
- Implementierung einer integrierten Lösung in das Unternehmen.

- Ein wichtiger Teil ist die Überwachung der Problemlösung, durch kontinuierliche Aktualisierung, Betriebskontrolle und kontinuierliches Tracking, zu erstellen und zu implementieren.

#### 4.4. Zusammenfassung des vierten Kapitels

Aus Sicht des Unternehmens ist nicht nur der Prozess der einzelnen Prozessabläufe, sondern auch die Geschwindigkeit und Rentabilität des gesamten Prozesses wichtig. Es erfordert einerseits die richtige Managementkette in der Produktion und in verwandten Bereichen, während andererseits der Prozess effizient sein muss, um die erforderliche Geschwindigkeit zu gewährleisten. Lange Produktionszyklen und große Bestände sind wie ein Wasserspiegel, der jedes mögliche Problem des Unternehmens verbirgt. Der Prozess kann nur optimiert werden, wenn dieser nicht mit nicht wertschöpfenden Aktivitäten belastet ist. Voraussetzung für das effiziente Funktionieren von Prozessen ist die hohe Leistungsfähigkeit des Prozesses und die Vermeidung von nicht wertschöpfenden Aktivitäten. Eine lückenlose Überwachung der Prozesse ist Voraussetzung für eine konsequente, effektive und langfristige Reduktion der Verschwendungen. Diese müssen beseitigt werden und die unterstützenden Aktivitäten müssen so effektiv wie möglich gestaltet sein. Der wertschöpfende Teil muss immer als Ganzes betrachtet und auf dieser Grundlage verbessert werden.

Während des Wertschöpfungsprozesses führen Unternehmen viele solche Aktivitäten durch, die dem Produkt keinen Mehrwert verleihen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Beseitigung von Verlusten ist das Verständnis ihrer Ursachen und ein Überblick über die verschiedenen Formen ihres Auftretens. Für eine effektivere Analyse der Ursachen werden die in dieser Untersuchung beschriebenen Zeitverluste auf der Grundlage von zeitlichen Indikatoren geschätzt. Diese charakterisieren einerseits die Produktionstätigkeit in Bezug auf den Zeitpunkt der Erfüllung des Kundenauftrags, also in Bezug auf die Zeitcharakteristiken des Auftragsabschlusses und andererseits in Bezug auf die Effizienz der Kapazitätseinheit. Die Fähigkeit, die Leistungseinheit zu messen, basiert sowohl auf der Gesamteffizienz der verwendeten Ausrüstung als auch auf den verschiedenen Ursachen von Zeitverlusten, die sich auf die Gesamteffizienz der Arbeitsauslastung auswirken.

Verschiedene Ansätze und Ebenen können genutzt werden, um die Effizienz eines Wertschöpfungsprozesses zu erhöhen. Es gibt verschiedene Methoden, Modelle und Gesamtkonzepte, um Eliminierungsaktivitäten effektiver zu verwalten oder zu reduzieren. Auf dem Weg zur perfekten Produktion (OPEX) haben wir einige Schritte entwickelt, die uns Schritt für Schritt an das Ziel heranführen. Diese sind:

- Eine Analyse der heutigen Situation, die die Effizienz des heutigen Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens bewertet und Engpässe und Zeitverzögerungen identifiziert.
- Eine Definition prozessbasierter KETs auf der Basis strategischer Unternehmensziele und eine Entwicklung von daraus resultierenden KPIs, um zukünftige Prozesse messbarer zu machen.
- Eine Implementierung verschiedener Modelle und Methoden zur Steigerung der Prozessreaktionsgeschwindigkeit, Effizienz, Vermeidung von Verschwendung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Prozessen durch einen kosteneffizienten Geschäftsansatz.

Aufbauend auf der im Rahmen der Forschung vorgestellten Analyse der Engpässe und praktischen Bedürfnisse der estnischen KWE-Industrieunternehmen, wurde basierend auf den theoretischen Grundlagen des Systemmodells das Expertensystem auf der Basis der



praktischen Bedürfnisse der mittelständischen und kleinen Industrieunternehmen Estlands sowie derer Engpässe bei der Erfolgsbeurteilung des Betriebs und auch im prozessorientierten (prozessorientierten) Management, entwickelt.

Der Rahmen für das entwickelte Expertensystemmodell (XPS) war in drei Teile gegliedert:

- Erstellung eines Fragebogens zur Selbsteinschätzung des Unternehmens, mit dem Ziel, die aktuelle Situation der Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens zu bewerten und die zu behandelnden Themen zu identifizieren und zu definieren;
- Bei der Ursachenanalyse und dem Auffinden von Engpässen wurden die Ursachen der Probleme analysiert und mit den Ergebnissen des Selbstbewertungsfragebogens verknüpft.
- Abhängig von der Art der Ursachen der Probleme, wurden die Gründe für die Probleme mit dem Expertenurteil der Leistungssteigerung und den möglichen alternativen Lösungen verbunden, um eine geeignete Alternative zu finden.

Aktivitäten im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Expertensystems für das Auffinden und Analysieren von Verschwendungen wurden in fünf wichtige Phasen unterteilt:

- In der ersten Phase wurde ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung entwickelt, in dem die Struktur des Fragebogens und die daraus resultierenden Fragen entwickelt wurden.
- Der zweite Teil konzentriert sich auf die Entwicklung von Multiple-Choice-Fragen und auf die Entwicklung des Ergebnis-Berechnungsmodells.
- Die Analyse der Ergebnisse und der Engpassphase konzentrierte sich primär auf die Identifikation unternehmensspezifischer Engpässe.
- Während der Engpass-Analyse-Phase lag der Fokus auf der Analyse und Strukturierung der Ursachen, um sie besser mit möglichen Methoden und Modellen zur Beseitigung von Engpässen verknüpfen zu können.
- In der Phase der Expertenbewertung wurde die unternehmenseigene Engpassstruktur mit einer Reihe von Modellen und Methoden gekoppelt, die es ermöglichen, die am besten passenden Methoden und Modelle für die Beseitigung von Verschwendungen herauszufinden.

## 5 IT-LÖSUNG DES EXPERTENSYSTEMS UND IHRE VERWENDUNG IN UNTERNEHMEN

Basierend auf dem Modell des von der Forschung entwickelten Expertensystems wurde eine IT-Lösung entwickelt, die sich darauf konzentriert, die Zeitverluste in den Wertschöpfungsprozessen der mittelständischen Produktionsunternehmen KMU zu erkennen und geeignete Lösungen für deren Beseitigung anzubieten.

Fragen, die Unternehmen heute beantworten können:

- A. Wie hoch ist die heutige Effizienz des Wertestroms des Unternehmens und wo finden sich die größten Zeitverschwendungen im Wertschöpfungsprozess?
- B. Was sind die Hauptursachen für Engpässe und was sind die am besten geeigneten Lösungen für deren Beseitigung und wie schafft man Voraussetzungen für die Einführung einer Lösung für das Unternehmen?
- C. Wie sind die Ergebnisse unseres Unternehmens im Vergleich zum Branchendurchschnitt oder zum Durchschnitt im Allgemeinen, sowohl auf der Basis von Unternehmen in Estland als auch in anderen Ländern, die sich der Lösung angeschlossen haben?

Alle Benutzer (Unternehmen) der erstellten IT-Lösung können alle Themen der Fragebogen beantworten, eine unbegrenzte Anzahl von Befragten im Unternehmen einbeziehen, Rückmeldungen zu Engpässen im Unternehmen nach Themen und Fragestellungen erhalten, die Ursachen kritischer Engpässe identifizieren und geeignete Lösungen für deren Beseitigung finden. Darüber hinaus wird das Unternehmen in Zukunft eine vergleichende Analyse durchführen können, in der das Unternehmen die erzielten Ergebnisse mit dem Durchschnitt des Tätigkeitsbereichs (basierend auf den Daten des angeschlossenen Unternehmens) vergleichen kann. Die Antworten des Unternehmens werden auf der Grundlage eines PIN-Codes geführt. Bei der nächsten Benutzung kann das Unternehmen die eingegebenen Antworten mit den Antworten der vorherigen Beantwortung vergleichen und so einen Überblick über die Effizienz der vom Unternehmen begonnenen Aktivitäten zur Beseitigung von Engpässen in der Vergangenheit gewinnen.

Als Ergebnis der Analyse der Fragebogenantworten wird dem Unternehmen folgendes angezeigt:

- Die Verteilung der Zeitverluste des Unternehmens nach Themenbereichen und ein Vergleich mit dem Durchschnitt anderer Unternehmen in diesem Bereich. (Bild 5.1)
- Ein Überblick über die Engpässe des Unternehmens gegliedert in Themen und deren Fragen, sowie deren Vergleich mit dem Mittelwert der Aktivität innerhalb der Industrie, zusammen mit der Identifizierung der Ursachen kritischer Engpässe (Bild 5.2)
- Beschreibungen geeigneter Lösungen zur Behebung von Engpässen.
- Eine Wiederverwendung der IT Lösung ist möglich, um die Ergebnisse mit dem vorherigen Mal zu vergleichen
- Die Ergebnisse der Umfrage werden nur dem Ansprechpartner angezeigt, der diese bei Bedarf ausdrucken kann.

Die Ergebnisse werden in Echtzeit, gemäß den erhaltenen Antworten, angezeigt.



Bild 5.1. Radardiagramme der Zeitverluste des Unternehmens

Das Folgende ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse eines Unternehmens, das auf den Selbstbewertungsfragebogen eines Expertensystems geantwortet hat. Die Ergebnisse der Analyse werden in einer visualisierten Form dargestellt.

In Abhängigkeit von den Antworten wird die Aufteilung der Zeitverluste in die Themenbereiche angezeigt, die in der Radardiagrammdarstellung zusammen mit der Angabe der Wichtigkeitsindizes des Unternehmens dargestellt werden (siehe Bild 5.1). Zusätzlich werden die Zeitreihen der spezifischen Aspekte des Unternehmens als Balkendiagramm angezeigt. (siehe Bild 5.2)

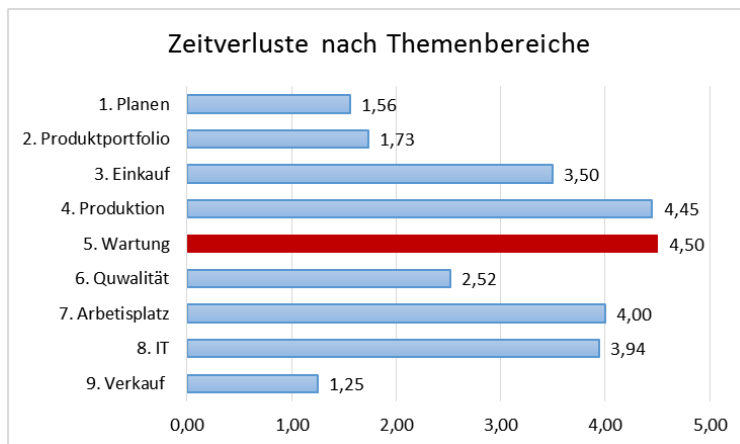


Bild 5.2. Unternehmensspezifische Zeitverluste nach Themenbereich

Die größten Verluste sind auf den Wartungs- und Reparaturaspekt des Unternehmens zurückzuführen. Dementsprechend ist es dem Unternehmen möglich, auf der nächsten Ebene die spezifischen Faktoren der Zeitverluste zu sehen (siehe Bild 5.3) und dementsprechend auch mögliche Lösungen zur Beseitigung dieser Zeitverluste zu sehen (siehe Bild 5.4).

Die Rückmeldungen von Unternehmen bestätigen, dass das von einer Expertenlösung und der darauf basierenden IT-Lösung erstellte theoretische Modell dem Unternehmen die notwendigen Informationen zur Identifizierung von Engpässen in den heutigen Wertschöpfungsprozessen liefert und dabei hilft Engpässe in diesen zu erkennen.

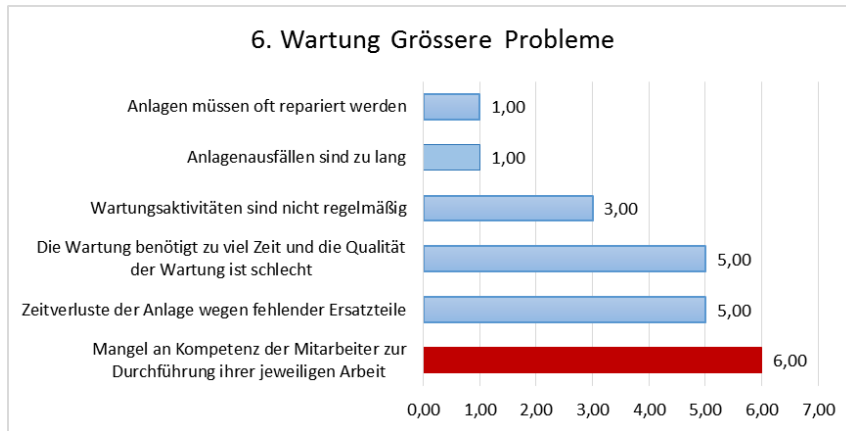


Bild 5.3. wichtige Faktoren von Zeitverlusten (Screenshot der Softwarelösung)

Themenmassige Lösungsansätze		
5. Wartung und Reparaturen von Anlagen		
Gründe für Zeitverluste	Tätigkeiten	Verantwortlichen
Fehlende Kompetenz von Mitarbeiter	- Mapping von Kompetenzen für die Arbeit erforderlich - eine Matrix von Kompetenzen Behebung fehlender Kompetenzen und Organisation der notwendigen Ausbildung	Betriebsleitung Human Resources Manager

Bild 5.4. Mögliche Lösungsansätze (Screenshot der Softwarelösung)

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Erfolg eines Industrieunternehmens basiert auf einer zielgerichteten, geplanten Aktion, der Flexibilität und Effizienz der für die Umsetzung der Pläne erforderlichen Prozesse, der kontinuierlichen Überwachung der Prozesse und der Bewertung der tatsächlich erzielten Ergebnisse. Um die Wettbewerbsfähigkeit und den Erfolg des Unternehmens zu steigern und die Effizienz seiner Prozesse zu steigern, ist es notwendig, die Effizienz der Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens zu bewerten, die Engpässe zu identifizieren und gezielte Maßnahmen zur Beseitigung der Engpässe des Systems zu nutzen durch verschiedene Methoden und Modelle, um Prozesse effizienter zu gestalten.

Im Mittelpunkt dieser Forschungsarbeit steht ein Kleine oder mittlere Industrieunternehmen Der Kernprozess eines solchen Unternehmens ist der Prozess der Wertschöpfung bzw. Produktionsprozesses, unter dem wir die Schaffung von marktfähigen Produkten aus materieller und immaterieller Produktionsfaktoren nach bestimmten technischen und technologischen Methoden verstehen.

Ziel der Forschung war es, ein Expertensystem zur Bewertung und Verbesserung der Effizienz kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) zu entwickeln, das dem estnischen KMU durch kritische Erfolgsfaktoren (KEF) und Key Performance Indicators (KPIs) hilft, die Effektivität der wichtigsten Geschäftsprozesse in ihrem Unternehmen zu bewerten und die Ursachen von Zeitverlusten im Wertschöpfungsprozess zu entdecken und Lösungen vorzuschlagen, um die notwendigen Aktivitäten zu starten.

Das Expertensystem konzentriert sich auf den Wertschöpfungsprozess des Unternehmens, die Abwicklung von Kundenaufträgen, die Beurteilung der vorhandenen Leistung von Anlagen und Arbeitsplätzen durch die tägliche Geschäftstätigkeit des Unternehmens. Er wird die Engpässe und die Kritikalität, die in der Selbsteinschätzung identifiziert wurden, beurteilen und maßgeschneiderte Lösungen anbieten, um die bei der Analyse identifizierten Engpässe zu lösen.

Die ausgearbeitete Lösung richtet sich an produzierende Unternehmen und konzentriert sich insbesondere auf die Zeitverluste im Produktionsprozess als Wertschöpfungsprozess und auf die Rolle anderer Prozesse bei diesen Zeitverlusten, soweit sie mit der Wertschöpfung eines Unternehmens verbunden sind. Das EXPS konzentriert sich auf die Bewertung der heutigen Effektivität des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens. EXPS ist in der Lage Engpässe und deren Kritikalität, die bei der Selbsteinschätzung identifiziert wurden, zu bewerten und entsprechende Lösungen zu finden, um die bei der Analyse festgestellten Engpässe zu beseitigen.

Die Forschungsaktivitäten dieser Arbeit können in vier Phasen unterteilt werden:

### **Analyse der heutigen Engpässe und Verbesserungspotenziale der Schlüsselprozesse von der Produktionsunternehmen.**

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Analyse von Engpässen der Unternehmen auf der Grundlage früherer Forschungsergebnisse durchgeführt, die auf von der estnischen Industrie veröffentlichten Daten beruhen. Dies ist unter anderen verschiedenen Studien, in denen KMU-Engpässe untersucht und mögliche Entwicklungen hervorgehoben wurden. Die Ergebnisse wurden auf der Basis von im letzten Jahr durchgeführten KMU-Beratungsprojekten und Beratungspraktiken im Bereich der Fertigung analysiert, verallgemeinert und systematisiert. Eine KET-Struktur von Engpässen ist die Grundlage für die Erstellung eines Rahmens für einen Selbstbewertungsfragebogen für das

Expertensystem. Die Ergebnisse der Analyse wurden systematisiert und ausgehend der betriebswirtschaftlichen KET/KPI-Technik verallgemeinert und darauf aufbauend, anhand spezifischer Engpässe von KMU, ein ausgewogenes KET Modell mit darauf basierendem KPI, unter Verwendung von neun KET-spezifischen Aspekten der Engpassanalyse des Unternehmens, systematisiert:

Basierend auf den oben genannten Prinzipien und Techniken und auf der Beratungspraxis wurde die Analyse des Verbesserungspotentials durchgeführt, die in der Umfrage angewandt wurde. Als Ergebnis der Analyse wurden wichtige, allgemein kritische Erfolgsfaktoren für KMU hervorgehoben. Bei der Erstellung des Modellrahmens wurden verschiedene Engpässe analysiert, wobei der Fokus auf neun verschiedenen Aspekte der KETs, die die Eckpfeiler des Analysemodells bilden, lag. Diese basieren in ihrer Art und Auswirkung auf den verschiedenen Stadien des Wertschöpfungsprozesses im Unternehmen. Im Rahmen jedes Aspekts der KET wurden wichtige, kritische Erfolgsfaktoren, die KPI dieses Aspektes, skizziert. Diese charakterisieren (messen) die Bewegung im Unternehmen zur Implementierung der KET:

1. Produktionsplanung und -steuerung
2. Produktentwicklung und Produktportfoliomanagement
3. Materialbestandssteuerung und Einkaufsaktivitäten
4. Organisation der Produktionstätigkeiten
5. Wartung und Reparatur von Anlagen
6. Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle
7. Organisation der Arbeit am Arbeitsplatz
8. Informationsbewegungs- und Informationssystem
9. Vertrieb und Marketing

### **Analyse von Modellen zur Bewertung und Erhöhung der Effektivität der Produktion als Wertschöpfungsprozess**

Der theoretische Ausgangspunkt dieser Arbeit war eine diagnostische Modell-Analyse verschiedener Selbsteinschätzungen der Geschäftsprozesse, die auf verschiedenen Perfektionierungsprinzipien beruhen, mit dem Ziel, die Leistung von Unternehmen zu bewerten und etwaige Engpässe zu erkennen, wobei es viele verschiedene Gesamtkonzeptionen und Modelle oder Methoden gibt. Die meisten Gesamtkonzeptionen betrachten das Unternehmen als Ganzes und konzentrieren sich auf die Bewertung der Wirksamkeit der Geschäftsprozesse. Den KMU fehlen jedoch ergebnisorientierte, umfassende Gesamtlösungen für die Wirksamkeit des Wertschöpfungsprozesses, die einfach zu nutzen sind und dabei helfen Engpässe und für deren Beseitigung geeignete Verfahren oder Modelle zu identifizieren. Diese Arbeit analysiert verschiedene, verbreitete, unternehmenszentrierte, ganzheitliche Konzepte, die für die Analyse der Prozesseffizienz verwendet werden und die zunehmend Einsatz in der Optimierung von Geschäftsprozessen finden. Neben dem Lean Manufacturing, einer umfassende Lösung, werden mehr und mehr verschiedene Einzelmethoden und Modelle beschrieben.

### **Entwicklung eines Experten-Systemmodells zur Messung der Effizienz und Leistungsfähigkeit von Unternehmensprozessen**

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde ein Selbsteinschätzungsfragebogen zur Erkennung von Zeitverlusten des Fertigungsprozesses des Unternehmens ausgearbeitet. Die Grundsätze der Engpass-Erkennung und deren Verknüpfung mit Engpassbeseitigung Methoden und

Modellen auf der Grundlagen der Ergebnisse der Analyse entwickelt. Das inhaltliche Lösungskonzept dient auch als die Aufgabestellung für die Entwicklung eine IT-Lösung.

- Um die aktuelle Situation der Unternehmensprozesse zu beurteilen, wurde ein quantitativer Fragebogen mit Multiple-Choice-Beurteilung zur Ermittlung von Engpässen im Wertschöpfungsprozess verwendet, deren Detaillierungsgrad Einzelheiten zur Identifizierung spezifischer Engpässe hervorheben kann.
- Bei der Strukturierung und das Benchmarking des Fragebogens wird eine BSC ähnliche vereinfachte KEF/KPI-Technik verwendet, deren Grundlage der SME-Wertschöpfungsprozess in den relevanten KEF formuliert und mit KPI verknüpft wird.
- Die erstellte Lösung ist an kleine und mittlere Produktionsunternehmen ausgerichtet und wird die Zeitverluste insbesondere den Produktionsprozess als der Wertschöpfungsprozess untersuchen, und auch andere Prozesse soweit sie mit Wertschöpfung im Unternehmen verknüpft sind.
- Die konzeptionelle Gestaltung der Lösung folgt den drei Hauptschritten des OPEX (Operational Excellence) Modells:
  - Analyse der aktuellen Situation des Unternehmens;
  - Identifizierung von Engpässen und
  - Bereitstellung von Lösungen für Bewältigung von Engpässen

### **Implementierung von Expertensystem im Unternehmen als IT Lösung**

Basierend auf dem Modell des von der Forschung entwickelten Expertensystems wurde eine IT-Lösung entwickelt, die sich darauf konzentriert, die Zeitverluste in den Wertschöpfungsprozessen der mittelständischen Produktionsunternehmen KMU zu erkennen und geeignete Lösungen für deren Beseitigung anzubieten.

Fragen an welche Unternehmen durch EXPS Antworten erhalten werden:

- A. Wie hoch ist die heutige Effizienz des Wertestroms des Unternehmens und wo finden sich die größten Zeitverschwendungen im Wertschöpfungsprozess?
- B. Was sind die Hauptursachen für Engpässe und was sind die am besten geeigneten Lösungen für deren Beseitigung und wie schafft man Voraussetzungen für die Einführung einer Lösung für das Unternehmen?
- C. Wie sind die Ergebnisse unseres Unternehmens im Vergleich zum Branchendurchschnitt oder zum Durchschnitt im Allgemeinen, sowohl auf der Basis von Unternehmen in Estland als auch in anderen Ländern, die sich der Lösung angeschlossen haben?

Basierend auf den in der Studie festgelegten Zielen können wir die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Engpässe der Werteschöpfungsprozesse der estnischen KMU analysiert, ein Wert ermittelt und die wichtigsten Bereiche der Zeitverluste skizziert. Die Analyse basiert auf den Ergebnissen verschiedener Studien und der langjährigen Erfahrung des Autors auf dem Gebiet der Produktionsmanagementschulung und -beratung.
2. Es wurde ein Expertensystem sowohl zur Auswertung von Zeitverlusten als auch zur Engpasserkennung entwickelt, das folgende Elemente enthält:
  - Ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung, dessen Entwicklung auf den schwerwiegendsten Zeitverlustarten basierte, die während der Analyse identifiziert wurden.

- Eine Analyse der Antworten, die unternehmensspezifische Engpässe aufzeigt und ihre Kritikalität bewertet.
  - Eine Reihe von Modellen und Methoden zur Reduzierung von Zeitverlusten und deren Verknüpfung mit firmenspezifischen, kritischen Zeitplänen, die in der Analyse identifiziert wurden. Diese ermöglichen es dem Unternehmen, bei der Analyse identifizierte Engpässe mit Hilfe maßgeschneiderter Lösungen zu beheben.
  - Darüber hinaus ermöglicht das Expertensystem die Bewertung der Durchführung von gestarteten Verbesserungsaktivitäten, die von dem Unternehmen über einen bestimmten Zeitraum eingesetzt wurden.
  - Die gesammelten Informationen können für eine spätere, vergleichende Analyse und für die Sammlung von aktivitätsbasierten Daten verwendet werden.
3. Basierend auf dem Modell des Expertensystems wurde in Zusammenarbeit mit dem IMECC eine internetbasierte IT-Lösung erstellt. Neben der in der Untersuchung beschriebenen Funktionalität war hier die Anonymität der vom Unternehmen und den Befragten eingegebenen Daten ein wichtiger Teil der Lösung.
  4. Die Schaffung einer IT-Lösung für KMU. Heute haben mehr als 50 estnische KMU diese Lösung in den Testbetrieb übernommen. Die Rückmeldungen von Anwendern und die Analyse der Ergebnisse der Teststichprobe können zu dem Schluss führen, dass das ausgearbeitete Modell ausreichende Informationen über die aktuellen Engpässe des Unternehmens liefert und die vorgeschlagenen Lösungen zur Behebung dieser Engpässe relevant sind.

Weiteren Entwicklungsmöglichkeiten wären:

1. Das Hinzufügen eines horizontalen Upgrades zum Modell oder das Hinzufügen neuer Aspekte, um so die vorhandenen Möglichkeiten zu verbessern. Die Prinzipien des entwickelten Modells eignen sich auch für die Beurteilung der Effektivität von Geschäftsprozessen wie zum Beispiel von Verkaufsaktivitäten oder Einkaufstätigkeiten.
2. Eine vertikale Entwicklung des Modells zur Verbesserung und Ergänzung der inhaltlichen Details des Fragebogens. Insbesondere sind hier die Weiterentwicklung der Modellanalysemaschine und die Erstellung eines autodidaktischen Modells (Lösung) erwähnenswert.
3. Die Unterstützung der Implementierung einer Lösung oder Methode, die vom Modell im Unternehmen gewählt wurde:
  - Hinzufügen der Beschreibungen der theoretischen Grundlagen des ausgewählten Modells. (thematische E-Books).
  - Beschreibung der Aktivitäten, die für die Einführung der Methode oder des Modells notwendig sind (Projektpläne, Anleitungen).
  - Schulung von Mitarbeitern des Unternehmens (Schulungsprogramme).
  - Beratung des Unternehmens bei den Modernisierungsprojekten.
  - IT-basierter HELPDESK
4. Entwicklungen basierend auf Benutzerfeedback

### **Neuheit der Forschung**

Das im Rahmen der Forschung zu entwickelnden Expertensystems ist vor allem für KMU gedacht und seine Neuheit ist, dass es sich um eine Komplettlösung handelt, die sich nicht



nur auf die Bewertung wichtiger Aspekte des Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens konzentriert und Engpässe identifiziert, sondern auch Unternehmen mit Modellen und Methoden zur Bewältigung dieser Engpässe versorgt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Tatsache, dass sich das Expertensystem im Gegensatz zu anderen Selbsteinschätzungssystemen auf die Gestaltung von OPEX Modell basierten betrieblichen Wertschöpfungsprozesses des Unternehmens konzentriert.

Auf der Grundlage der erhobenen Daten und der quantitativen Analyse der Ergebnisse verschiedenen Unternehmen ermöglicht das Modell die Bereitstellung von Sektor basierten Schätzungen (Verallgemeinerungen) auf der Grundlage von akkumulierten Erfahrungen und Branchenexperten.

Ein wichtiger Aspekt ist die einfache Nutzung des Modells durch den Einsatz einer internetbasierten IT-Lösung, die insbesondere für KMU geeignet ist. Die

IT-Lösung ist vom Unternehmen selbstständig zu benutzen und gibt dem Unternehmen eine schnelle und verständliche Antwort über die Faktoren, die die Leistungssteigerung von Unternehmensprozessen verhindern, bringen heraus Unternehmensspezifische Engpässe und starten Aktivitäten, um diese Engpässe zu beseitigen. Darüber hinaus können Benutzer der IT-Lösung auch die Wirksamkeit zur Beseitigung von Engpässen verwendete Modelle und Methoden durch die Durchführung von Vergleichsbewertungen über einen Zeitraum vergleichen. Sie können die Ergebnisse Ihres Unternehmens mit den Ergebnissen anderer Unternehmen vergleichen.

## EXTENDED SUMMARY

### Developing an Expert System Models for Improving the Company's Value Creation Process for SMEs in the Manufacturing Industry

The success of an enterprise depends, in particular, on the set strategic objectives, which require focusing on key aspects and factors of business and value-creation processes that are critical for achieving these strategic objectives. Enterprises strive towards these objectives in order to better meet their customers' needs. At the same time, for production enterprises it is important to reduce production costs, shorten production times, reduce batch sizes, remain flexible, and react quickly to market developments. Based on these strategic objectives, enterprises must focus on the key aspects and factors that are critical for achieving the strategic objectives of the enterprise. Production enterprises must consider the following four key aspects.

- The activities of any enterprise are based on market demand, i.e. the demand for the products or services offered by the enterprise. The long-term objective of every enterprise is profitability, i.e. the maximisation of the difference between their sales revenue and operating expenses (Wöhe, 2008).
- The second key aspect concerns the resources the enterprise needs for satisfying customer demand. For a production enterprise, these essential resources are the factors of production, which form the inputs of production (Figure 1).

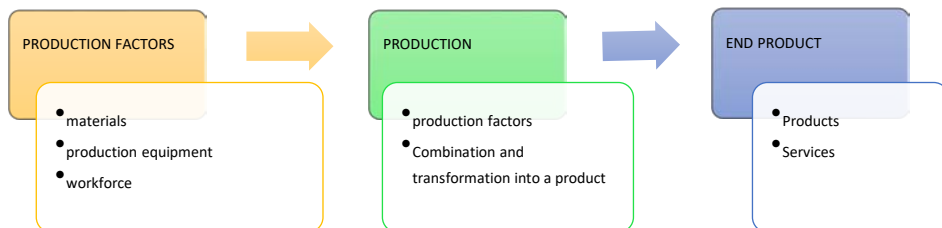


Figure 1. Production as a process of combining production factors (Kistner, 2001)

- The third key aspect is production, as the central value-creation process of a production enterprise, through which inputs are transformed into higher value outputs, i.e. the human-controlled creation of products with a market value from material and immaterial factors of production using a specific technical method. The process of value creation consists of three phases: purchasing, production and sales (Figure 2). Production, as the core value-creation process of an enterprise, can, in turn, be divided into: preparation, which involves securing the necessary materials and resources for production; transportation, which primarily concerns the internal transfer of materials from one point to another; storage, i.e. the storing of production materials between the various stages of production; and production, during which materials receive added value through processing based on the technological capacities of the enterprise.

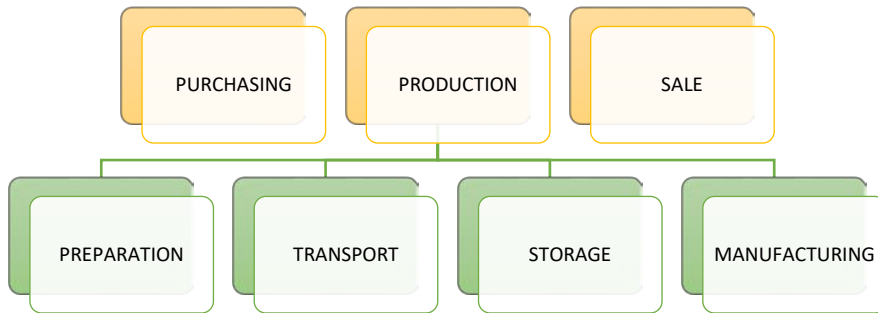


Figure 2. Different production fields (Wöche et al, 2008)

- The fourth key aspect is management, which entails the shaping of the value creation and marketing process by the managers of the enterprise in a way that enables the enterprise to fulfil its objectives to the greatest possible degree. The process of enterprise management is often divided into five phases: goal-setting, planning, decision-making, execution and control (Figure 3).

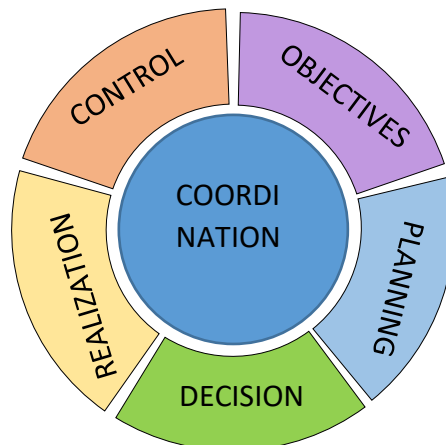


Figure 3. Partial tasks of company management (Wöche et al, 2008)

Based on the overall objectives of an enterprise, these four aspects can be viewed as the components of a unified system reflecting two essential dimensions of enterprise management, which are the fitness for purpose of the business processes and the efficiency of the value-creation processes of the enterprise.

Within the dimension of business processes, the aim is to establish the strategic objectives of the enterprise and realise them through business management, primarily focusing on the effectiveness of the activities of the enterprise, which is tied to satisfying customer needs. Regarding this aspect, it is important to ask: "Are we doing the right things?" Shaping the constituent processes of the system effectively requires knowledge of the requirements for the outcome of the process (Figure 4).

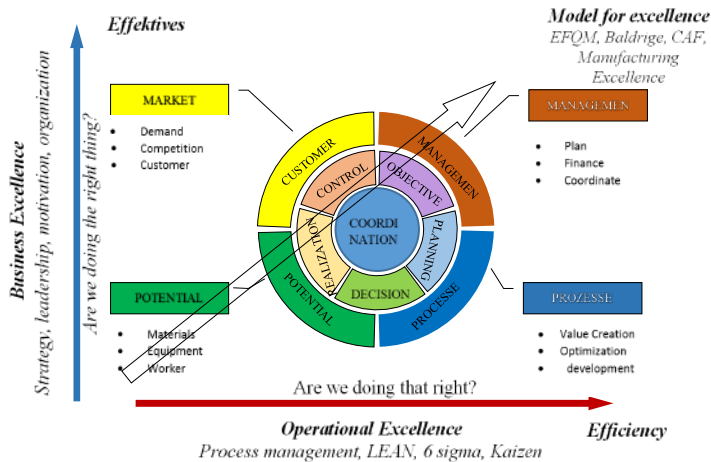


Figure 4. Important aspects of business management

The key factor in the management of value-creation processes (operations management) is ensuring their efficiency, primarily focusing on the optimisation of the processes. Regarding this aspect, it is important to ask: “Are we doing things right?” To this end, it is essential to achieve results with as few resources as possible (Figure 4).

For any enterprise, as a whole, it is important to strive for excellence in both aspects of business and indeed processes, especially since these two aspects are closely linked. For example, the business aspect requires establishing the product portfolio necessary for meeting customer needs, which, in turn, functions as an input for the production process. The diversity of the offered products serves as an input for the flexibility of the production processes. In operations management, the efficient use of equipment and labour are essential (Löun, 2012).

Based on their objectives, industrial enterprises must primarily focus on critical processes, which have a high impact on success, the loss (failure, lack) of which poses a great risk to success factors that are crucial for achieving process efficiency objectives. The establishment of critical success factors (CSF) must be based on throughput time as a key indicator of process efficiency and any factors affecting it (Löun et al, 2012; Riives, 2012). Non-value adding activities significantly increase throughput time and result in substantially higher process costs. Looking at throughput as a process, it is possible to bring out the following key temporal indicators for assessing time losses in production processes:

- temporal indicators related to order fulfilment,
- temporal indicators related to equipment use,
- Indicators of labour efficiency.

All of the above aspects are important for ensuring the efficiency and sustainability of the value creation processes of an enterprise. In order to ensure flexibility and reduce response time in today’s constantly changing business environment, our businesses need a quick and simple way to answer these questions, which requires knowledge, time and money. While large enterprises possess the necessary competence and resources for performing process analyses and improving efficiency or, in their absence, the financial means to acquire them externally, small- and medium-sized enterprises (SMEs) currently lack such capability.

The aim of this thesis was to develop an expert system for the assessment of the core processes of enterprises in order to help Estonian SMEs assess the efficiency of their critical core processes, identify any causes of time losses in these processes, and take the necessary actions to eliminate them. It is often difficult to see the connections between the sources of the problems within an enterprise and their consequences, which may lead to the wrong decisions in remedying them. The expert system is designed to help enterprises to better understand the effectiveness of their processes, the roles and responsibilities of those involved in the processes, and the connections between their sub-processes and activities in order to make the right decisions.

The research tasks were:

- to analyse models for assessing and improving the effectiveness of the production process as a value-creation process;
- to analyse the current bottlenecks and potentials for improvement of the core processes of production enterprises;
- to develop the model for the enterprise process effectiveness measurement and performance improvement expert system;
- to implement the performance assessment expert system in enterprises.

Based on the results of the analysis, the author developed a multiple-choice self-assessment questionnaire aimed at identifying time losses in the production process of an enterprise as well as the principles for pinpointing bottlenecks and connecting them with models of remedial measures. Based on the concept of the solution, the terms of reference for developing an IT solution were prepared.

While, for an enterprise as a whole, it is important to strive for excellence in both aspects of business and value-creation processes, especially since these two aspects are closely linked through meeting demand over time, for value-creation process management, it is important that they function efficiently. To this end, it is essential to achieve results with as few resources as possible, i.e. to do things right, which requires assessing the efficiency of the existing value-creation process, identifying any time losses, and removing them from the process.

In terms of value creation, the activities performed in the logical course of value-creation processes can be divided into value-adding and non-value adding activities, which can, in turn, be divided into necessary activities, i.e. activities that support value creation, and unnecessary activities, i.e. waste. In order to improve the efficiency of value creation processes and reduce throughput time, it is necessary to find and eliminate all unnecessary activities or time losses in the process. Their elimination must begin with assessing the effectiveness and pinpointing the bottlenecks of the current activity of the enterprise, for which there are a number of comprehensive concepts, models and methods. Most of these comprehensive concepts are aimed at assessing the performance of the enterprise as a whole and primarily focus on business processes. What SMEs require most, however, are comprehensive solutions for managing the effectiveness of the value-creation process that are both easy to utilise and that, in addition to helping identify bottlenecks, would also aid them in choosing the appropriate method or model for eliminating such bottlenecks.

The analysis of enterprise bottlenecks is, in this thesis, based on the results of previous research relying on externally published data, meaning various surveys carried out among Estonian industrial enterprises, which also looked at the current bottlenecks of SMEs and pointed out potential developments. The results obtained were analysed, generalised and systematised based on the consultation projects and consultation practice for production SMEs of the last 5 years.

The aim of gathering data on the current problems and bottlenecks of enterprises was to collect and analyse information in order to identify the major bottlenecks enterprises face today. The CSF structure of bottlenecks is used as the basis for creating the self-assessment questionnaire for the expert system. The results of the analysis were systematised and generalised and used as the basis for assessing the typical general bottlenecks of SMEs, employing the CSF/KPI method for business analysis, which is qualitatively similar to the balanced scorecard (BSC) model and systematises the data into CSFs and derivative KPIs, based on which a framework for analysing enterprise bottlenecks consisting of the following nine CSF aspects is put together:

1. Production planning and management
2. Product development and product portfolio management
3. Materials management and purchasing operations
4. Organisation of production
5. Equipment maintenance and repair
6. Quality assurance and control
7. Organisation of work in the workplace
8. Information flow and information systems
9. Sales and marketing

The listed CSFs serve as the cornerstones of the analysis model, and, for every aspect, the respective critical success factor KPIs are identified, which are factors characterising the movement of an enterprise towards fulfilling its CSFs.

The theoretical basis for the research was the analysis of various models for the self-assessment of business process management performance that are based on the principles of various excellence models: Management (TQM) (Okland, 2006); the Balanced Scorecard, (BSC) (Okland, 2006; Wiese 2000); 20 Key (Wöhe et al, 2008; Dickmann, 2007); the Common Assessment Framework (CAF) (Enesehindamise käsiraamat, 2004); Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA) (Okland, 2006); 360-degree Feedback, which deals with behavioural feedback (Lepsinger, 2004); *the Osterwalder Business Model Canvas*, a model for establishing and assessing strategic objectives within an enterprise (Osterwalder, 2011; Skok, 2017); *The Business Excellence Matrix*, which focuses the fitness for purpose of business processes; and the Manufacturing Excellence model, which is primarily focused on the value creation process of enterprises and improving the efficiency of their management.

There are a number of comprehensive concepts, models and methods for assessing the performance of an enterprise and identifying bottlenecks within it. Most comprehensive concepts are aimed at assessing the performance of an enterprise as a whole and primarily focus on business processes. What SMEs require most, however, are comprehensive solutions for managing the effectiveness of the value-creation process that are both easy to utilise and, in addition to helping identify bottlenecks, would also help them in choosing the most appropriate method or model for eliminating such bottlenecks.

The thesis includes an analysis of a number of the most common enterprise-specific comprehensive concepts for improving process efficiency, which are gaining usage in the optimisation of the processes of enterprises. In addition to comprehensive cost-effective production solutions, various singular methods and models are also viewed.

From the point of view of SMEs, the models and methods analysed in this thesis are often complex and resource-intensive, and, in their comprehensiveness, deal in detail with areas and aspects whose importance is often dependent on business volume and increases in conjunction with the size of the enterprise. It is also important to ensure a focus on the value-creation process, so that any bottlenecks therein could be identified simply and conveniently

and enterprises could choose the suitable methods or models for eliminating them. Models suitable for SMEs should, in particular, be focused on searching for ways to reduce costs and, through so doing, creating competitive advantages. It is important to focus on increasing the effectiveness of the value creation process. The model should allow the highlighting of specific bottlenecks that are hindering improvements in the effectiveness of the value-creation process of the enterprise and offering SMEs specific models and methods for eliminating them.

In order to make it easier for enterprises to assess the effectiveness and efficiency of their processes, a variety of qualitative and quantitative models and methods have been created that are designed for evaluating the processes of enterprises, identifying their bottlenecks and improving their effectiveness. From the standpoint of an enterprise, they can be divided into models and methods assessing both the effectiveness of business processes and indeed the efficiency of the value-creation process in general (excellence models) and solutions focused on the value-creation process (process efficiency models).

- These methods and models can be characterised in terms of their various stages for bottleneck identification and efficiency improvement as well as their comprehensiveness. The various stages include process efficiency evaluation, which can be either qualitative or quantitative (Becker, 2008); bottleneck identification and the description of the activities for their elimination, the purpose of which is to pinpoint bottlenecks and systematise them based on their underlying causes (Kletti, 2001; Okland, 2006; Liker, 2008); and, thirdly, the utilisation of methods and models for eliminating the identified bottlenecks or reducing them (Riives, 2011; Küttner, 2016). Based on the comprehensiveness of the models, it is possible to distinguish models and methods that deal with the individual stages described above (in the cost-effective production instrument) and process-specific comprehensive concepts that deal with process evaluation and waste for improving the efficiency of the activity of the enterprise (20 Key, BSC, TQM, Benchmarking, Manufacturing Excellence, ISO 9001, Baldrige Award, CAF, etc.).
- The created solution is targeted at production enterprises and primarily examines time losses in the production process as the value-creation process as well as the role of other processes in the creation of these time losses related to value creation in the enterprise.
- The created expert system focuses on the evaluation of the current efficiency of the value creation process of the enterprise through problems related to the daily activities of the enterprise. It enables enterprises to evaluate bottlenecks identified during self-assessment and their criticality as well as to find appropriate solutions for eliminating the bottlenecks identified in the analysis.

The expert system was created on the basis of a variety of models and methods. Based on previous theories, data gathered as part of the research, and their analysis, an evaluation of characteristic SME bottlenecks was carried out utilising the principles of CSF/KPI business analysis. On the basis of which, an enterprise bottleneck analysis framework based on characteristic general SME CSFs was created, which were used to describe KPIs as key factors for fulfilling CSFs. Regardless of the differences in the production process, the losses in the production environment are similar, and eliminating them is one of the most effective ways of improving profitability in production; this, however, requires an understanding their causes. In order to better analyse these causes, different approaches for categorising them are utilised.

The current state of enterprise processes was evaluated using a quantitative questionnaire with multiple incremental choices, which were divided into sequence-based and interval-based answers and aimed at identifying bottlenecks in the value-creation process, thanks to the specificity of which it is possible to pinpoint specific time losses related to the production process based on temporal indicators of production, and which are, on the one hand, connected to fulfilling customer orders or temporal indicators of throughput and, on the other, to temporal indicators of the efficiency of the output of the power unit.

Based on the causes of the time losses related to order fulfilment, they can be divided into:

- time losses affecting the time it takes to fulfil a customer order;
- product policy decisions and issues related to product development;
- a lack of collaboration between the different stages of the value chain (purchase, sales, production, product development);
- a poor flow of information and the lack of IT solutions.

Within the framework of this thesis, overall equipment effectiveness (OEE) is important, primarily because it contains all of the major equipment-related time-loss elements that fall between the theoretical (planned) equipment utilisation time and the actual value-creation time (Kletti et al, 2011).

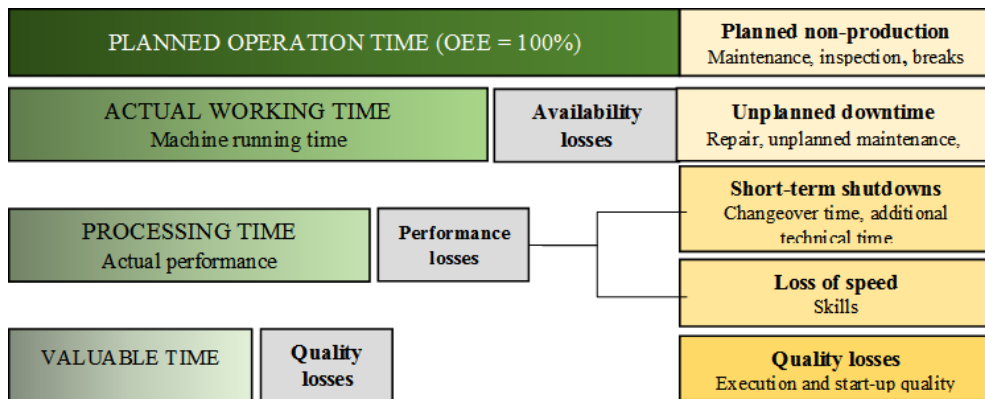


Figure 5. The time model of the use of plants

The key elements of these losses are as follows (Figure 5):

- Loss of working time, i.e. the proportion of planned stops in total run time. Run-time losses are losses of run time that are planned, but reduce equipment run time. Planned stops are subtracted from planned production time, i.e. equipment or production unit run time. These include:
  - time spent on scheduled preventive maintenance;
  - planned stops, i.e. breaks, pauses;
  - Time spent on quality control and transportation.
- Availability losses, i.e. the proportion of unplanned stops in planned production time. The causes of losses related to unplanned equipment stops are:
  - Unscheduled maintenance and repair of equipment
  - Work organisation problems:
    - organisation of work (work orders, instructions);
    - material-related problems (problems with components);
    - resource-related problems (labour shortages);
    - Idling.



- Speed losses and minor stops, which may be caused by interruptions due to technical problems during production; follow-up activities (elimination of blockages, technical problems), processing and adjustments; or working more slowly than intended due to the technical condition of the equipment or the operator’s lack of skills or qualifications for using the equipment at full capacity (Kletti et al, 2011).
- Quality losses, which are assessed on the basis of rejects, i.e. products that do not meet the specifications, are defective or scrap, and the time spent on reworking or remaking them. Rejects can be divided into production rejects and start up rejects, i.e. substandard production inputs.

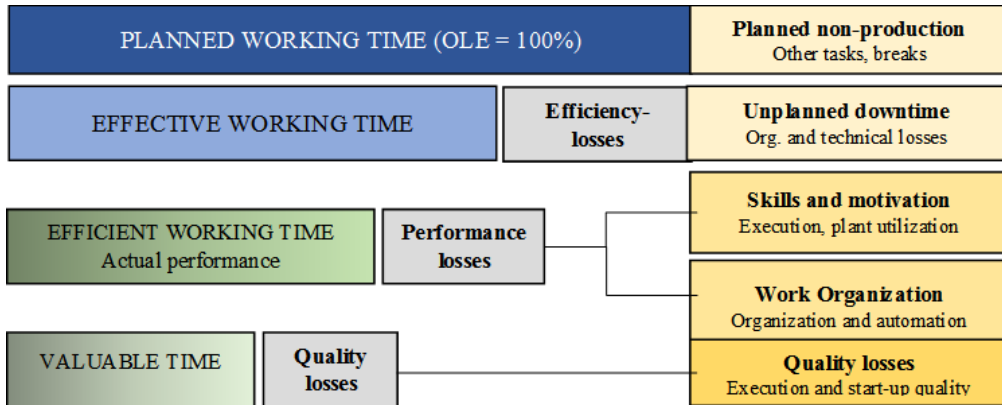


Figure 6. The time model of the workplace

Indicators related to efficient use of labour are given in the time model in Figure 6. While the efficiency of equipment use is best evaluated using OEE, the efficiency of labour use is best evaluated using the complex indicator OLE (Overall Labour Effectiveness). OLE consists of three components:

- Labour availability describes the actual availability of labour compared to planned availability as well as how this is affected by unplanned stops.
- Labour performance describes labour efficiency (productivity), i.e. whether equipment is operated at planned capacity, i.e. the proportion of equipment speed losses.
- Equipment quality shows how much of the output is suitable for further processing.

Similar to OEE, OLE also reveals all time losses that fall between the planned working hours and value-creating working hours. Such losses can be divided into the following major categories:

- Loss of working time consist of time when employees cannot be used for fulfilling work duties (vacations, illnesses, holidays, special leave) or time spent on fulfilling other work duties. In SMEs, employees often have other duties in addition to production, such as organising purchasing, customer consultation, etc.
- Availability losses consist of time when employees are at the workplace, but are unable to work. Such time losses include:
  - organisational losses, such as waiting for instructions or base materials and components;

- Other stops, such as quality control and measurement, technical stops, equipment repair work and idling.
- Speed losses, i.e. factors that hinder value-creating work, such as working more slowly than planned. The primary reasons for these are:
  - employee qualifications and knowledge of the most effective working practices as well as motivation-related problems affecting equipment stops and run speed;
  - Inadequate use of work organisation principles: use of internal transport, low automation, and, therefore, high proportion of manual labour.
- Quality losses, which are assessed in a similar way to equipment quality losses

All types of the equipment and labour time losses listed above, which enable us to gather information about time losses and systematise them based on their causes, are crucial for improving the efficiency of value-creation processes.

Next, an analysis of the root causes of time losses was performed on the basis of the temporal indicators characteristic of production enterprises and the related time losses described in the theoretical part, which are divided into:

- time losses related to order fulfilment,
- time losses related to equipment use,
- time losses reflecting labour use efficiency.

The causes of time losses related to order fulfilment were considered for all time losses from the moment of receiving the customer order (request) to the delivery of the finished product to the customer, i.e. all time losses related to the various stages of the customer order fulfilment process (value-creation process) and the transitions between them. These causes of time losses are categorised based on their nature and place of occurrence as follows:

- Time losses affecting the duration of fulfilling the production order. This includes all root causes related to problems in the production process and excessively long process times, such as the lack of process-based standards and the inaccurate assessment of the volume of work during production planning. Another major group of root causes includes inappropriate production principles, improper placement of equipment, and the subsequent lack of production capacity.
- Product policy decisions and issues related to product development, primarily the lack of a product policy and insufficient formalisation of objectives in the enterprise. This, in turn, leads to the lack of product portfolio-related agreements. In SMEs without a specific product policy, problems often arise due to a wide range and variety of products, which hampers product standardisation, the preparation of the necessary technical documentation for production, and production cost calculation. One root cause of time losses is the weak relationship between product development and production in SMEs and its poor formalisation.
- Lack of cooperation between the various stages of the value chain (sales, product development, production and purchasing) due to a poor connection between the sales strategy and product development and production.
- Time losses related to poor information flow and the lack, or low use, of IT solutions arise from the lack of an overview of the information needs of the enterprise and unclear information transmission rules. Another important aspect here is the appropriate use of IT solutions, where problems include the low level of the use of ERP solutions and technical IT solutions.

The analysis of time losses related to equipment use was performed on the basis of the structure of equipment time losses and the classification of their causes as described in the theoretical part, based on the components of the overall equipment efficiency indicator, OEE: availability, performance, quality.

- The root causes of time losses related to equipment availability, i.e. unplanned stops, can be divided into issues of work organisation and issues related to the technical condition of the equipment. Regarding work organisation, in addition to the efficient planning of employee duties, it is also important that employees are familiarised with the internal rules as well as the rights and obligations of employees in the enterprise. Major aspects of the technical condition of equipment identified in the analysis included insufficient planning of activities related to equipment maintenance as well as the low quality and long duration of maintenance and repair work. Frequency and duration of stops due to breakdown. A major cause was found to be equipment stops due to the lack of spare parts.
- Causes of equipment performance losses, i.e. minor stops and speed losses, were found to be, on the one hand, the lack of competence and often low motivation of employees, and, on the other, the limited capacities and excessive set-up times of equipment.
- Causes of time losses related to quality assurance can be divided into time losses due to the low quality of input, i.e. base materials and components, problems related to process quality assurance, and the excessive percentage of output (i.e. finished product) scrap. Another issue involved time spent on quality-related problems.

Similar to the analysis of time losses related to equipment use, the analysis was performed on the basis of the structure of labour time losses and the classification of their causes, based on the components of the overall labour efficiency indicator, OLE: availability, performance, quality.

- Major aspects of labour availability were found to be issues of work organisation and the lack of the necessary materials and components at the workplace. The root causes of time losses related to work organisation can be divided into problems in the operational planning of production activities, time losses due to work organisation, i.e. waiting for work orders and instructions, and the lack of a system for improvement suggestions for continuous improvement. Causes of stops due to the lack of the necessary work materials and components were found to be problems related to stock management, which included the inaccurate forecasting and planning of material requirements, insufficient stock, security of material supply, and material quality.
- Causes of labour performance losses, i.e. minor stops and speed losses, were found to be time losses related to searching for tools and fixtures, which are, in turn, related to adherence to work organisation principles, keeping the workplace in order, and other wait times and stops.
- Causes of time losses related to quality assurance were similar to those of equipment use quality assurance.

Based on the structure of the root causes of time losses described in the previous section, a collection of potential methods and models for eliminating (reducing) the causes of time losses was then developed, which is primarily aimed at eliminating the root causes of time losses in SMEs. In addition to the main (most common) cost-efficient production instruments

described in Chapter 2, this collection of methods and models also includes other process streamlining, production planning, production organisation and work organisation measures, techniques and tools for enterprises. The selection of tools in the collection was primarily based on the current needs of SMEs as well as the simplicity of the models and methods so as to ensure the correct understanding of the content of the models and methods, the simple deployment or implementation of the model or method in the enterprise, and, of course, a simple control mechanism for the outcome in order to ensure maximum benefit from the model or method in the long term.

The selection of the appropriate model or method for eliminating the bottlenecks identified during the analysis is based on a collection of methods and models for reducing time losses, which is tied to the questions in the questionnaire so that each question is connected to at least one model or method suitable for eliminating the time losses in the given area. The selected model or method is deployed according to a specific plan of action, which is based on the following principles:

- Examining the content of the selected method or model, during which the theoretical bases and structure of the model or method are established.
- Creating the necessary content (development) for utilising the solution based on the established theoretical bases.
- Deploying the developed solution (implementation) in the enterprise.
- An important part is maintaining the developed and deployed solution through its continuous realisation, action control and continuous monitoring.

The novelty of this thesis is primarily derived from the fact that the developed solution is aimed at SMEs and analyses, in particular, the time losses related to production as the value-creation process. The developed solution is not merely focused on assessing the existing situation, but also includes an algorithm for identifying bottlenecks and offering suggestions for improvement. The solution is suitable for independent use by an enterprise and provides a quick and clear answer regarding factors limiting the improvement of the processes of the enterprise, enabling enterprises to assess the current situation, identify bottlenecks in the enterprise, and launch actions for eliminating them. Users of the solution can also monitor the effectiveness of the models and methods used for eliminating the bottlenecks by carrying out comparative assessments after a certain period and compare achieved results with those of other enterprises.

In addition, the solution provides important information to external users by allowing them to identify the general sources of time losses in the value-creation processes of SMEs and broadly analyse their causes.

Based on the objectives established in the thesis, the results achieved can be summarised as follows:

1. The thesis analysed the bottlenecks related to the value-creation processes of Estonian SMEs and identified the major areas of time losses. The analysis was based on the results of various studies and the extensive experience of the author in the field of production management and organisation training and consultation.
2. A model for a time loss assessment and bottleneck identification expert system, which consists of the following major parts:
  - a self-assessment questionnaire developed on the basis of the major areas of time losses identified in the analysis;
  - an answer analysis, during the course of which the enterprise-specific bottlenecks are identified and their criticality is assessed;

- a collection of models and methods for reducing time losses and connecting them to the enterprise-specific critical time losses identified in the answer analysis, enabling the enterprise to use the appropriate solutions for eliminating the bottlenecks identified in the answer analysis;
  - the data collected by the expert system also enable enterprises to assess the effectiveness of the launched actions for improvement by means of a repeated self-assessment after a set period;
  - the collected information can later be used for conducting comparative analyses and making generalisations about the specific field of activity.
3. The expert system model was used as the basis for creating an internet-based IT solution in collaboration with IMECC. In addition to the functionalities described in the thesis, another important component of the solution was ensuring the anonymity of the data entered by the enterprises as well as that of the respondents.
  4. Deployment of the created IT solution by SMEs. As of today, the solution is in pilot deployment in more than 20 Estonian SMEs. Based on the feedback of the users and the analysis of the results of the pilot deployment, it may be concluded that the model provides adequate information about the current bottlenecks of enterprises and that the solutions offered for eliminating these bottlenecks are appropriate.

Novel aspects of the created expert system model include focusing on shaping the operational excellence (OPEX) model of the enterprise through the key stages of its value-creation process. The created comprehensive solution is not merely focused on describing the bottlenecks, but also enables the identification of the appropriate models and methods for eliminating them. Another important aspect is the ease of use of the IT solution, which, in addition to the self-assessment questionnaire, also enables the obtained results to be interpreted in detail.

The major areas for potential further development are as follows:

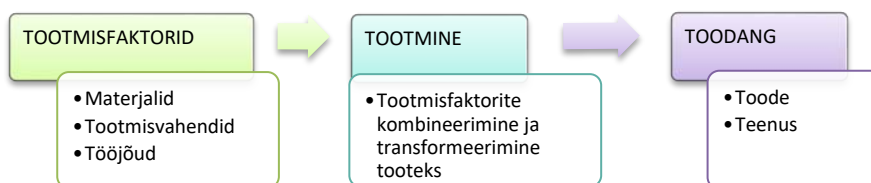
1. Horizontal improvement of the created model, i.e. adding new aspects and improving existing ones. The principles of the created model are also suitable for evaluating the efficiency of the business processes of an enterprise, such as sales and purchase.
2. Vertical development of the model. Vertical improvement by increasing detail in the content of the questions and improving them. This could include, in particular, the improvement of the analysis engine of the model and the creation of a self-learning model (solution).
3. Supporting enterprises in implementing the solution or method selected on the basis of the model:
  - adding descriptions of the theoretical bases of the model (subject-specific e-books);
  - description of the necessary actions for deploying the method or model (project plans, guides);
  - providing training for the employees of the enterprises (training programmes);
  - offering consultations to the enterprises for carrying out the improvement projects;
  - IT solution-based helpdesk.
4. Developments based on the feedback of the users of the expert system.

## LAIENDATUD KOKKUVÕTE

### Ettevõtte väärtuse loomise protsessi tõhustamise ekspert-süsteemi mudeli väljatöötamine töötleva tööstuse VKE-dele

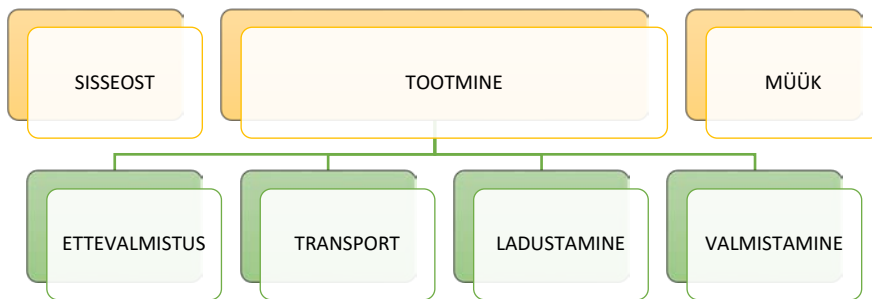
Ettevõtte tegevuse edukus sõltub eelkõige seatud strateegilistest eesmärkidest, millest lähtuvalt peavad ettevõtte keskenduma olulistele ärilistele ja väärtuse loomise protsessi aspektidele ja teguritele, mis on kriitilise tähtsusega ettevõtte strateegiliste eesmärkide saavutamiseks. Ettevõtted püüdleval selle poole, et üha paremini rahuldada kliendivajadusi. Samas on tootmisettevõttele oluline tootmiskulude vähendamine, toote valmistusaja lühendamine, partii suuruste vähendamine, paindlikkuse säilitamine ja turu muudatustele kiire reageerimine. Lähtuvalt strateegilistest eesmärkidest peavad ettevõtte keskenduma nendele olulistele aspektidele ja teguritele, mis on kriitilise tähtsusega ettevõtte strateegiliste eesmärkide saavutamiseks. Tootmisettevõtte seisukohalt on olulised järgmised neli aspekti;

- Ettevõtte tegevus lähtub turunõudlusest ehk nõudlusest ettevõtte poolt pakutavate toodete või teenuste järgi. Pikas perspektiivis on ettevõtte eesmärgiks kasumlikkus ehk müügitulu ja tegevuskulu vahe maksimeerimine (Wöhe, 2008).
- Teiseks oluliseks aspektiks on ressursid, mida ettevõtte vajab kliendinõudluse rahuldamiseks. Tootmisettevõttes on sellisteks olulisteks ressurssideks tootmisfaktorid, mis on tootmise sisenditeks (Joonis 1).



Joonis 1 Tootmine kui tootmisfaktorite kombineerimise protsess (Kistner, 2001)

- Kolmandaks oluliseks aspektiks on tootmine kui tootmisettevõtte keskne väärtuse loomise protsess, mille käigus toimub sisendite muutmine suurema väärtusega väljunditeks ehk inimeste poolt juhitud turuväärtust omavate toodete loomist materiaaletest ja mittemateriaaletest tootmisfaktoritest kindla tehnilise meetodi järgi. Väärtuse loomise protsess koosneb kolmest faasist: sisseost, tootmine ja müük (Joonis 2). Tootmist kui ettevõtte väärtuse loomise põhiprotsessi võime omakorda jagada: ettevalmistuseks, mille käigus kindlustatakse tootmine vajalike materjalide ja ressurssidega; transpordiks, kus peetakse silmas eelõige ettevõttesisest materjalide liigutamist ühest punktist teise; ladustamiseks ehk tootmisega seotud materjalide ladustamine valmistamise erinevate etappide vahel ja valmistamiseks, mille käigus toimub materjalile lisandväärtuse andmine läbi transformatsiooni lähtuvalt ettevõtte tehnoloogilisest võimekusest.



Joonis 2. Tootmise erinevad osavaldkonnad (Wöche et al, 2008)

- Neljandaks oluliseks aspektiks on juhtimine, mille raames on ettevõtte juhtkonna ülesandeks ettevõtte väärtuse loomise ja turustamise protsessi nii kujundada, et ettevõtte eesmärgid saaksid võimalikult kõrgel tasemel täidetud. Ettevõtte juhtimise protsessi jagatakse sageli omakorda viide faasi: eesmärkide püstitamine, planeerimine, otsustamine, teostamine ja kontroll (Joonis 3).



Joonis 3. Ettevõtte juhtkonna osaülesanded (Wöche et al, 2008)

Ettevõtte üldistest eesmärkidest lähtuvalt võime neid nelja aspekti vaadata ühtse süsteemi osadena, mis kajastavad ettevõtte juhtimise kahte olulist dimensiooni, milleks on ettevõtte äriliste protsesside eesmärgipärasus ja väärtus loomise protsesside tõhusus.

Ärilise dimensiooni eesmärgiks on ettevõtte strateegiliste eesmärkide seadmine ja nende elluviimine läbi ettevõtte ärilise juhtimise (*Business Management*), mis keskendub eelõige tegevuse tulemuslikkusele, mida iseloomustab kliendivajaduste rahuldamine. Ärilise aspekti oluliseks küsimuseks on see, kas me teeme õigeid asju? Selleks, et süsteemi osaks olevaid protsesse tulemuslikult kujundada, peavad olema teada nõudmised protsessi tulemusele (Joonis 4).

Väärtuse loomise protsesside juhtimise (*Operation Management*) seisukohalt on oluline nende tõhus toimimine, keskendudes eelkõige protsesside optimeerimisele. Protsesside

toimimise seisukohalt on oluline küsimus, ka me teeme asju õigesti? Selleks on oluline saavutada tulemus võimalikult väikeste ressurssidega (Joonis 4).



Joonis 5. Tööstusettevõtte juhtimises olulised aspekti

Ettevõtte kui terviku seisukohalt on oluline püüelda täiuslikkuse poole nii ärilises kui ka protsesside aspektis, seda enam, et need aspektid on omavahel tihedalt seotud. Näiteks ärilisest aspektist lähtuvalt peame määratlema kliendivajaduste rahuldamiseks vajaliku tooteportfelli, mis on omakorda sisendiks tootmisprotsessile. Pakutavate toodete variantsus on sisendiks tootmisprotsesside paindlikkusele. Protsesside juhtimise aspektist lähtuvalt on olulised seadmete ja tööjõu tõhus kasutamine (Lõun, 2012).

Eesmärkidest lähtuvalt peavad tööstusettevõtted keskenduma eelkõige kriitilistele protsessidele, mille mõju edukusele on suur ja mille väljalangemine (tõrge, puudumine) on seotud suure riskiga ehk eduteguritele, mis on kriitilise tähtsusega protsesside tõhususe eesmärkide saavutamiseks. KET väljatöötamisel tuleb lähtuda tootmistellimuse läbimise ajast kui protsessi tõhususe olulisest näitajast ja seda mõjutavatest näitajatest (Lõun et al, 2012; Riives, 2012). Väärtust mittelisavad tegevused pikendavad oluliselt tellimuse läbimise aega (*Throughput time*) ja tulemuseks on oluliselt suuremad protsessikulud. Kui vaadata tellimuse läbimise ajalast kulgemist võib välja tuua protsesside ajakadude hindamise seisukohast tootmistegevust iseloomustavad tähtsad ajalised näitajad:

- tellimuse täitmisega seotud ajalised näitajad,
- seadmete kasutamisega seotud ajalised näitajad,
- tööjõu kasutamise tõhusust peegeldavad näitajad.

Ettevõtte väärtuse loomise protsesside tõhususe ja jätkusuutlikkuse tagamiseks on olulised kõik eelpool toodud aspektid. Paindlikkuse ja reageerimiskiiruse tagamiseks tänases pidevalt muutuv ärikeskkonnas vajame kiiresti ja lihtsalt vastuseid nendele küsimustele: selleks on vaja ettevõtetel teadmisi, aega ja raha. Kui suurtel ettevõtetel on ettevõtte protsesside analüüsi ja tõhususe tõstmiseks vajaminevate tegevuste tarvis piisavalt kompetentsi ja ressursi või siis selle puudumisel on olemas rahalised vahendid, et seda kompetentsi väljast sisse osta, siis VKE-e täna selline võimekus puudub.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on ettevõtte põhiprotsesside hindamise ekspertsüsteemi väljatöötamine, mis aitab Eesti väikestel ja keskmistel ettevõtetel (VKE)



hinnata oma ettevõtte tegevuskriitiliste põhiprotsesside tõhusust, avastada ajakadude põhjused protsessis ja nende kõrvaldamiseks vajalike tegevuste käivitamist. Sageli on ettevõttel keeruline näha probleemide tegelike põhjuste ning tagajärgede vahelisi seoseid, see aga võib kaasa tuua valesid otsuseid probleemide lahendamisel. Ekspertsüsteem aitab ettevõttel paremini mõista protsesside toimivust, protsessides osalejate rolle ja vastutust, nende alamprotsesside ja tegevuste vahelisi seoseid ning seeläbi teha õigeid otsuseid.

Uurimistöö ülesanded jagunesid:

- Tootmise kui väärtuse loomise protsessi optimeerimise tulemuslikkuse hindamise ja tõstmise mudelite analüüs.
- Tootmisettevõtete põhiprotsesside tänaste kitsaskohtade ja parenduspotentsiaali analüüs.
- Ettevõtte protsesside tõhususe mõõtmise ja tulemuslikkuse tõstmise ekspertsüsteemi mudeli välja töötamine.
- Tulemuslikkus hindamise ekspertsüsteemi rakendamine ettevõtetes.

Uurimistöö käigus töötati välja lähtuvalt analüüsi tulemustest ettevõtte tootmisprotsessi ajakadude avastamisele suunatud enesehinnangu küsimustik koos valikvastustega, kitsaskohtade välja toomise põhimõtted ja nende sidumine kõrvaldamise meetmete mudelitega. Lahenduse sisulisest kontseptsioonist lähtuvalt koostati lähteülesanne IT lahenduse loomiseks.

Kui terviku seisukohalt on oluline ettevõttel püüelda täiuslikkuse poole nii ärilises kui ka väärtuse loomise protsesside aspektis, seda enam, et need aspektid on omavahel läbi nõudluse rahuldamise ajalise kulgemise tihedalt seotud, siis väärtuse loomise protsesside juhtimise seisukohalt on oluline nende tõhus toimimine. Selleks on oluline saavutada tulemus võimalikult väikeste ressurssidega ehk teha asju õigesti, mis eeldab tänase väärtuse loomise protsessi tõhususe hindamist, ajakadude identifitseerimist ja kõrvaldamist protsessist.

Väärtuse loomise protsesside loogilise kulgemise käigus teostatavaid tegevusi võib väärtuse loomise seisukohalt jagada väärtust lisavateks ja väärtust mittelisavateks tegevusteks, mida võime omakorda jagada vajalikeks ehk väärtuse loomist toetavateks tegevusteks ja mittevajalikeks tegevusteks ehk raiskamisteks. Väärtuse loomise protsesside tõhususe tõstmiseks ja läbivusaja lühendamiseks on vaja üles leida ning kõrvaldada mittevajalikud tegevused ehk ajakaod protsessis. Nende kõrvaldamist tuleb alustada ettevõtte tänase tegevuse tulemuslikkuse hindamisest ja kitsaskohtade väljatoomisest, milleks on palju erinevaid tervikkontseptsioone, mudeleid ning meetodeid. Suurem osa tervikkontseptsioone on suunatu ettevõtte kui terviku tulemuslikkuse hindamisele, keskendudes pigem ärilistele protsessidele. VKE-d tunnevad aga puudust just väärtuse loomise protsessi tulemuslikkusele suunatud terviklahendustest, mis oleksid lihtsasti kasutatavad ja aitaksid lisaks kitsaskohtade tuvastamisele ka nende kõrvaldamiseks sobiliku meetodi või mudeli valikul.

Antud uurimustöös on ettevõtete kitsaskohtade analüüsil võetud aluseks varasemate uurimistööde tulemuste andmed, mis tuginevad ühelt poolt välistel avaldatud andmetel ehk Eesti tööstusettevõtete hulgas läbi viidud erinevatel uuringutel, mille raames uuriti ka VKE-de tänaseid kitsaskohti ja toodi välja võimalikud arengud. Saadud tulemusi analüüsiti, üldistati ja süstematiseeriti lähtuvalt viimase viia aasta tootmisvaldkonna VKE-de nõustamisprojektidest ja konsultatsioonipraktikast.

Ettevõtete tänaste probleemide ja kitsaskohtade andmete kogumise eesmärgiks oli informatsiooni kogumine ja analüüs, mis võimaldas välja tuua ettevõtete tänased olulisemad kitsaskohad. Kitsaskohtade KET struktuur oli aluseks ekspertsüsteemi enesehinnangu

küsimustiku raamistiku loomisel. Saadud analüüsi tulemused süstematiseeriti ja üldistati ning sellest lähtuvalt hinnati VKE-de iseloomulike üldiseid kitsaskohti kasutades ärianalüüsi KET/KPI tehnikat, mis oma olemuselt on sarnane tasakaalustatud mõõtmismudelile (BSC) ja ta süstematiseerib andmed KET-ks ja nendest lähtuvateks KPI-ks, millest kujundati üheksast erinevast KET-e aspektist koosnev ettevõtte kitsaskohtade analüüsi raamistik:

1. Tootmise planeerimine ja juhtimine
2. Tootearendus ja tooteportfelli haldamine
3. Materjalivarude juhtimine ja ostutegevus
4. Tootmistegevuse korraldamine
5. Seadmete hooldus ja remont
6. Kvaliteedi tagamine ja kontroll
7. Töö korraldamine töökohal
8. Informatsiooni liikumine ja infosüsteem
9. Müük ja turundus

Loetletud KET-st moodustavad analüüsi mudeli nurgakivid ja iga aspekti raames tuuakse välja selle aspekti olulised kriitilised edutegurid ehk faktorid, mis iseloomustavad ettevõtte liikumist KET täitmise suunas:

Uurimistö teoreetilisteks lähtealusteks olid ettevõtte protsesside juhtimise edukuse enesehindamise diagnostika erinevad mudelite analüüs, mis lähtuvad erinevate täislikkuse mudelite põhimõtetest: terviklik kvaliteedijuhtimine (*Total Quality Management, TQM*) (Okland, 2006), tasakaalustatud mõõtmismudel (*Balanced Scorecard, BSC*) (Okland, 2006; Wiese 2000); 20 võtit (*20 Key*) (Wöhe et al, 2008; Dickmann, 2007), Ühtne hindamismudel (*CAF*) (Enesehindamise käsiraamat, 2004); Baldrige auhind (*Malcolm Baldrige National Quality Award, MBNQA*) (Okland, 2006); 360° Tagasiside, mis käsitleb inimeste käitumise tagasisidet (Lepsinger et al, 2004); *Osterwalder Business Model Canvas*, ettevõtte strateegiliste eesmärkide püstitamise- ja hindamise mudel (Osterwalder, 2011; Skok, 2017); *Business Excellence Matrix*, mis keskendub äriliste protsesside eesmärgipärasusele ja täiusliku tootmise mudel (*Manufacturing Excellence*), mis keskendub eelkõige ettevõtte väärtuse loomise protsessile ja selle juhtimise tõhustamisele.

Ettevõtete tulemuslikkuse hindamiseks ja kitsaskohtade väljatoomiseks on palju erinevaid tervikkontseptsioone, mudeleid ja meetodeid. Suurem osa tervikkontseptsioone on suunatu ettevõtte kui terviku tulemuslikkuse hindamisele, keskendudes pigem ärilistele protsessidele. VKE-d tunnevad aga puudust just väärtuse loomise protsessi tulemuslikkusele suunatud terviklahendustest, mis oleksid lihtsasti kasutatavad ja aitaksid lisaks kitsaskohtade tuvastamisele ka nende kõrvaldamiseks sobiliku meetodi või mudeli valikul.

Uurimistöös on analüüsitud erinevaid protsesside tõhusamaks muutmiseks kasutatavaid enamlevinud ettevõttekeskseid terviklikke kontseptsioone, mis leiavad üha enam kasutust ettevõtte portsesside optimeerimisel. Kulusäästliku tootmise terviklahenduste kõrval on välja toodud ka enamlevinud üksikmeetodid ja mudelid.

Kui hinnata uurimistöös raames analüüsitud kirjeldatud mudeleid ja meetodeid VKE-de seisukohalt, siis on need sageli keerulised, mahukad ja oma kõike hõlmavuses käsitlevad detailselt valdkondi ja aspekte, millede olulisus sõltub sageli tegevusmahust ja kasvab koos ettevõtte suuruse kasvuga. Oluline on ka väärtuse loomise protsessile suunatus, mis võimaldaks lihtsalt ja käepäraselt avastada kitsakohad väärtuse loomise protsessis ning aitaks ettevõttel valida sobiliku meetodi või mudeli kitsaskohtade kõrvaldamiseks. VKE sobilik mudel peaks olema fokuseeritud eelkõige kulude vähendamise võimaluste otsimisele ja seeläbi konkurentsieeliste loomisele. Oluline on keskenduda väärtuse loomise protsessi tulemuslikkuse tõstmisele. Mudel peab võimaldama välja tuua konkreetseid kitskohti, mis

takistavad ettevõtte väärtuse loomise protsessi tulemuslikkuse tõstmist ja pakkuma VKE-dele konkreetseid mudeleid ja meetodeid nende kitsaskohtade kõrvaldamiseks.

Selleks, et kergendada ettevõtete tööd protsesside tulemuslikkuse ja tõhususe hindamisel on läbi aegade loodud erinevaid kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid mudeleid ja meetodeid, mis on suunatud ettevõtte protsesside hindamisele ja kitsaskohtade väljatoomisele ning tulemuslikkuse tõstmisele. Ettevõtte seisukohalt võib neid liigitada mudeliteks ja meetoditeks, mis hindavad üldistatult nii äriprotsesside tulemuslikkust kui ka väärtuse loomise protsessi tõhusust (täiuslikkuse mudelid) ja lahendusteks, mis keskenduvad väärtuse loomise protsessile (protsesside tõhususe mudelid).

Neid meetodeid ja mudeleid võib iseloomustada lähtuvalt kitsaskohtade avastamise ja tõhususe tõstmise erinevatest etappidest ja kompleksusest. Etappidest võib eristada protsesside tõhususe hindamist, mida omakorda saab jagada kvalitatiivseks ja kvantitatiivseks hindamiseks (Becker, 2008), kitsaskohtade avastamist ning nende kõrvaldamisele suunatud tegevuste kirjeldamist, mille eesmärgiks on kitsaskohtade väljatoomine nende süstematiseerimine lähtuvalt erinevatest põhjustest (Kletti, 2011; Okland, 2006; Liker, 2008) ja kolmandaks oluliseks sammuks on avastatud kitsaskohtade kõrvaldamise või nende vähendamisele suunatud meetodite ja mudelite kasutamine (Riives, 2011; Küttner, 2016). Kasutatavate mudelite kompleksusest lähtuvalt võib eristada üksikuid, eelpool kirjeldatud etappe käsitlevad mudelid ja meetodid (kulusäästliku tootmise instrumendid) ning protsesside hindamist ja raiskamist käsitlevad ettevõtte tegevuse tõhususe tõstmise protsessikesksed tervikkontseptsioonid (20 võtit, *BSC*, *TQM*, *Benchmarking*; *Manufacturing Excellence*, ISO 9001; *Baldridge* auhind, *CAF*. Jne.).

Loodav lahendus on suunatud tootmisettevõtetele ja võtab vaatluse alla eelkõige tootmisprotsessis kui väärtuse loomise protsessis tekkivad ajakaod ja teiste protsesside osatähtsus nende ajakadude tekkimisel, niivõrd kui need on seotud väärtuse loomisega ettevõttes.

Loodud ekspertsüsteem keskendub ettevõtte väärtuse loomise protsessi olemasoleva tõhususe hindamisele läbi ettevõtte igapäevategevusega seotud probleemide. Ta võimaldab hinnata enesehinnangu käigus välja toodud kitsaskohti ja nende kriitilisust, ning leida eesmärgipäraseid lahendusi analüüsi käigus välja toodud kitsaskohtade kõrvaldamiseks.

Uurimistöö sisuks oleva ekspertsüsteemi loomisel on lähtutud erinevatest mudelistest ja meetoditest. Eelnevatele teoreetilistele seisukohtadele tuginedes ja uurimistöö raames kogutud andmetest ning teostatava analüüsist lähtuvalt hinnati VKE iseloomulike kitsaskohti, kasutades ärianalüüsi KET/KPI tehnika põhimõtteid, millest lähtuvalt kujundati ettevõtte kitsaskohtade analüüsi raamistik, mis põhineb VKE-de iseloomulikel üldistele KET-l ja nendest lähtuvalt kirjeldati KPI kui KET saavutamise olulised faktorid. Olenemata tootmiste erinevustest on tootmiskeskonnas sarnased kaod ja nende kadude elimineerimine on üks efektiivsemaid viise tõsta kasumlikkust tootmises, mis aga eeldab nende tekkepõhjuste mõistmist. Selleks, et tekkepõhjuste tulemuslikumalt analüüsida on kasutusel nende liigitamise erinevad lähenemised.

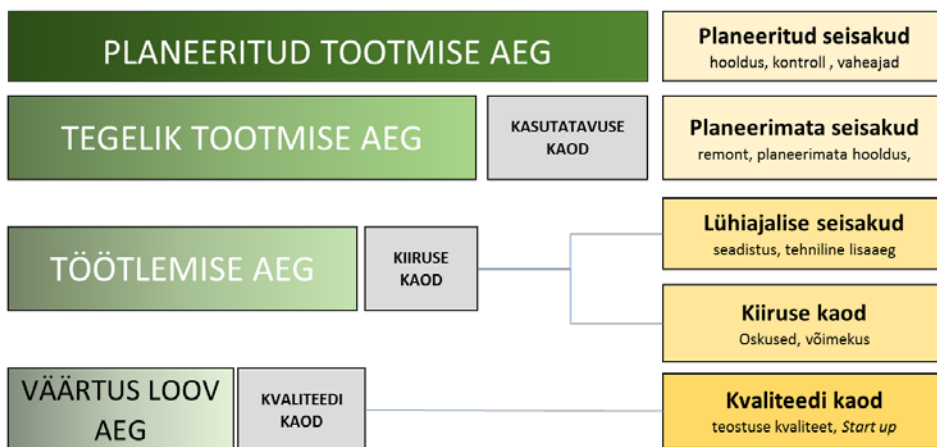
Ettevõtte protsesside tänase olukorra hindamiseks kasutati kvantitatiivset küsimustikku koos mitmeastmeliste valikvastustega, mis jagunesid järjestustunnusel ja intervalltunnusel põhinevateks vastusteks ja on suunatud väärtuse loomise protsessi kitsaskohtade avastamisele ning mille detailsus võimaldab välja tuua konkreetseid tootmisprotsessiga seotud ajakaod lähtuvalt tootmistegevust iseloomustavatest ajalistest näitajatest ning on seotud ühelt poolt klienditellimuse täitmise ja ehk tellimuse läbimist iseloomustavate ajaliste

näitajatega ja teiselt poolt võimsusüksuse tulemusvõimekuse tõhusust iseloomustavate ajaliste näitajatega.

Tellimuse täitmisega seotud ajakadude tekkepõhjustest lähtuvalt saame need liigitada:

- ajakaod, mis mõjutavad klienditellimuse täitmise ajaliskikkust;
- tootepoliitilised otsused ja tootearendusega seotud küsimused;
- väärtusahela erinevate etappide (ost, müük, tootmine, tootearendus) vaheline puudulik koostöö;
- informatsiooni halb liikumine ja IT lahenduste puudumine.

Antud uurimistöös raames on OEE tähtis eelkõige seetõttu, et sisaldab kõiki seadmete töö seisukohalt olulisi ajakadude elemente, mis jäävad teoreetilise (plaanilise) seadme kasutusaja ja tegelikku väärtus loova aja vahele (Joonis 5) (Kletti et al, 2011).



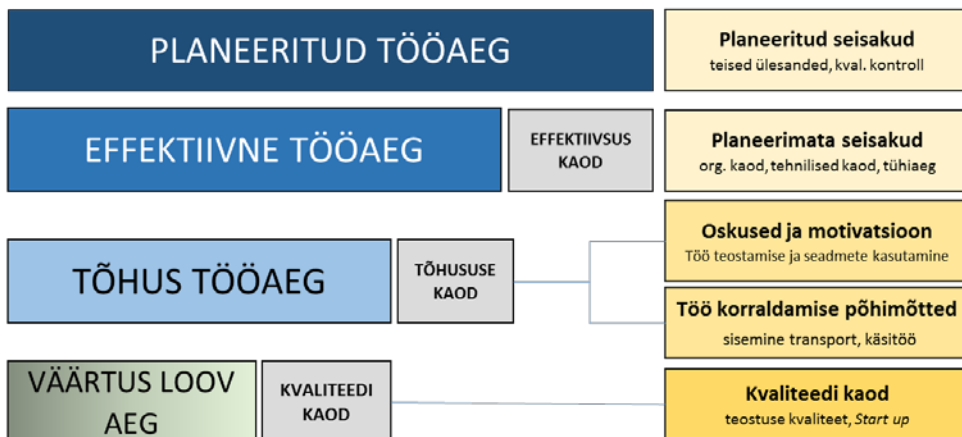
Joonis 5. Seadme kasutamise ajamudel

Selliste kadude tähtsamate elementidena võib välja tuua:

- Tööajakaod ehk planeeritud seisakute osakaal kogu tööajast. Tööajakaod peegeldavad seda osa tööajast, mis on plaanitud kuid seadme tööaega vähendavad ajakaod. Plaanitud tootmisajast ehk seadme või tootmisüksuse tööajas on maha arvatud plaanitud seisakud. Sinna alla kuuluvad:
  - plaanipärase ennetava hoolduse teostamise aeg,
  - plaanitud tööseisakud e vaheajad, pausid,
  - kvaliteedi kontrollile ja transpordile kuluv aeg.
- Kasutatavuse kaod ehk planeerimata seisakute osakaal planeeritud tootmisajas. Seadmete planeerimata seisakutega seotud kadude põhjused on:
  - seadmete mitteplaanipärane hooldus ja remont,
  - töökorralduslikud probleemid:
    - töö organiseerimine (töökäskud, korraldused),
    - materjali probleemid (komponentide probleemid),
    - ressursi probleemid (tööjõu puudus),
    - tühiaeg.
- Kiiruse kaod ja lühiajalised seisakud, mille põhjuseks võivad olla tehnilistest probleemidest tingitud katkestused tootmise ajal; järeltegevused (ummistuste kõrvaldamine, tehnilised probleemid), -töötlemised ja -häälestused, või töötamine aeglasemal kiirusel kui ettenähtud. Siin võivad põhjused olla seadme tehnilise

korrasolekus või ka operaatori puudulikud oskused või kvalifikatsiooni puudumine seadme kasutamiseks täisvõimsusel (Kletti et al, 2011)?

- Kvaliteedikadude hindamise aluseks on tagastatud toodang ehk toodang, mis ei vasta spetsifikatsioonile, (on vigane või praak) ja selle ümbertegemisele ehk uuesti tegemisele kulutatav aeg. Tagastatud toodangu osas eristatakse tagastatud toodangut protsessis ja tagastatud *Start up* ehk siis mittekvaliteetset protsessi sisendit.



Joonis 6. Töökoha ajamudel

Töäjõu efektiivse kasutamise seotud näitajad on toodud ajamudelil joonisel 6. Nii nagu seadmete kasutamise tõhususe hindamiseks on otstarbekas kasutada OEE näitajat, on töäjõu kasutamise tõhususe hindamiseks kõige otstarbekam kasutada kompleksset näitajat (*OLE – Overall Labor Effectiveness*). OLE koosneb kolmest komponendist:

- Töäjõu kasutatavuse tase, mis näitab kui suur on töäjõu tegelik kasutatavus võrreldes planeerituga ja kuidas seda mõjutavad planeerimata seisakud.
- Töäjõu tootlikuse tase, mis näitab töö tõhusust (tööviljakust) ehk seda kas seade töötab planeeritud tootlikusega ehk seadmete kiiruskadude osakaalu.
- Seadmete kvaliteeditase, mis näitab kui suur on see osa toodetud kogusest, mida saab edasi töödelda.

Nii nagu OEE toob ka OLE välja kõik ajakaod, mis jäävad planeeritud töötundide ja väärtust loovate töötundide vahele. Selliste kadude tähtsamate liikidena võib välja tuua:

- Tööajakaod, mis sisaldavad aega, kui töötajat ei saa kasutada tööülesannete täitmiseks (puhkused, haigused, pühad, eripuhkused) või aega, mis kulub teiste tööülesannete täitmiseks. VKE on sageli töötajatel lisaks tootmistegevusele ka muud ülesanded, näiteks sisseostu korraldamine, klientide konsulteerimine jne.
- Kasutatavuse kaod. See on aeg kui töötaja on töökohal aga ei saa tööd teha. Selliste ajakadude alla kuuluvad:
  - organisatoorsed kaod ehk instruksioonide või algmaterjalida ja komponentide ootamine,
  - muud seisakud nagu kvaliteedi kontroll ja mõõtmine, tehnilised seisakud ning seadmete remont, tühiaeg;

- Kiiruskaod ehk väärtust loova töö tegemist takistavad tegurid ehk töötamine aeglasemalt kui planeeritud. Siin on põhjusteks eelkõige:
  - töötajate kvalifikatsioon ja õigete töövõtete kasutamise oskused ning motivatsiooniga seotud probleemid, mis mõjutavad seadmete seisakuid ja kasutamise kiirust.
  - töö korraldamise põhimõtete ebapiisav kasutamine: sisemise transpordi kasutamine, vähene töö automatiseeritus millist tingitult on suur käsitöö osakaal.
- Kvaliteedikad hindamise alused on samad, mis seadmete kvaliteedikadude hindamisel.

Väärtuse loomise protsesside tõhususe tõstmise seisukohalt on olulised nii seadmete kui ka tööjõu ajakadude kõik eelpool loetletud liigid, mis võimaldavad meil ajakadudega seotud informatsiooni kogumisel ja nende süstematiseerimisel lähtuvalt nende põhjustest.

Järgmisena teostati ajakadude tekkepõhuste analüüs, mille aluseks võeti teoreetilises osas välja toodud tootmisettevõtte iseloomulikud ajalised näitajad ja nendega seotud ajakaod, mis on liigitatud:

- tellimuse täitmisega seotud ajakadudeks,
- seadmete kasutamisega seotud ajakadudeks,
- tööjõu kasutamise efektiivsust peegeldavateks ajakadudeks.

Tellimuse täitmisega seotud ajakadude põhjuste alla käsitleti kõiki ajakadusid alates klienditellimuse (soovi) vastuvõtmisest kuni valmistoote tarnimiseni kliendile, st klienditellimuse täitmise protsessi ehk (väärtuse loomise protsessi) erinevate etappide ja nende vaheliste üleminekutega seotud ajakadusid ja nende põhjused. Need ajakadude põhjused on liigitatud vastavalt nende iseloomule ja esinemise kohale:

- ajakaod, mis mõjutavad tootmistellimuse pikkust. Siia alla kuuluvad tekkepõhjused, mis on seotud tootmise kulgemise probleemidega ja liiga pikkade protsessiaegadega kus eraldi saab põhjustena välja tuua protsessipõhiste standardite puudumise ja töömahtude ebatäpse hindamise tootmise planeerimisel. Teise olulise grupi tekkepõhjuseid moodustavad ebaotstarbekad tootmisepõhimõtted, seadmete mitteotstarbekas paigutus ja sellest tingitud tootmisvõimsuse puudumine;
- tootepoliitilised otsused ja tootearendusega seotud küsimused, kus esikohal on ettevõtte tootepoliitika puudumine ning ebapiisav eesmärkide formaliseeritus. See tingib omakorda tooteportfelliga seotud kokkulepete puudumise. Kui ettevõttel puudub konkreetne tootepoliitika on VKE-del sageli probleemiks suur tootevalik ning toodete variantsus, mis takistab toodete standardiseerimist ja tootmiseks vajaliku tehnilise dokumentatsiooni väljatöötamist ning omahinna arvutamist. Üheks ajakadude tekkepõhjuseks on VKE-de tootearenduse ja tootmise vaheline nõrk seos ning selle halb formaliseeritus;
- väärtusahela erinevate etappide; (müük, tootearendus, tootmine, sisseost) vaheline puudulik koostöö, mis saab alguse müügistrateegia nõrgast seosest tootearenduse ja tootmisega;
- Informatsiooni puuduliku liikumise ja IT lahenduste puudumise või nende kasutamise nõrga tasemega seotud ajakadude põhjused saavad algus ettevõtte infovajaduse ülevaate puudumisest ja informatsiooni edastamise reeglite ebaselgusest. Teine

oluline aspekt on siin IT lahenduste otstarbekas kasutamine kus võib probleemina välja tuua nii ERP lahenduste kui ka tehniliste IT lahenduste kasutamise nõrka taset.

Seadmete kasutamise ajakadude põhjuste analüüsi käigus lähtuti teoreetilises osas välja toodud seadmete ajakadude struktuurist ja nende põhjuste liigitusest, võttes aluseks seadmete üldise tõhususe näitaja OEE komponendid: saadavus, tootlikus, kvaliteet.

- Seadmete saadavusega seotud ajakadude ehk planeerimata seisakuta tekkepõhjused võib jagada töökorralduslikeks küsimusteks ja seadmete tehnilisest seisukorrast lähtuvateks küsimusteks. Töökorralduse osas on töötajate tööülesannete efektiivse planeerimise kõrval oluline töötajatele arusaamise loomine ettevõttes kehtivast korrast ja töötajate õigustest ning kohustustest. Tehnilise seisukorra oluliste aspektidena toodi analüüsi käigus välja seadmete hooldusega seotud tegevuste ebapiisav planeerimine, teostatavate hooldus ka remonditööde halb kvaliteet ja pikk ajaline kestvus, rikestest tingitud seisakute sagedus ja pikkus. Olulise põhjusena toodi välja seadmete seismine tagavaraosade puudumise tõttu.
- Seadmete tootlikkuse ehk lühiajaliste seisakute ning kiirusekadude põhjustena toodi välja ühelt poolt töötajate kompetentsi puudumine ja sageli madal motiveeritus ning teiselt poolt seadmete piiratud võimalused ning seadistamisele kuluv aeg.
- Kvaliteedi tagamisega seotud ajakadude põhjustena saab eristada sisendiga ehk tarnitud algmaterjalide ja komponentide halvast kvaliteedist põhjustatud ajakadusid; protsessi kvaliteedi tagamisega ja väljundi ehk valmistoodangu praagi liiga suur osakaaluga seotud probleemid. Lisaks sellele toodi välja aeg, mis kulub kvaliteediga seotud probleemide lahendamisele.

Sarnaselt seadmete kasutamise ajakadude analüüsile, lähtuti teoreetilises osas välja toodud tööjõu ajakadude struktuurist ja nende põhjuste liigitusest, võttes aluseks seadmete tööjõu kasutamise üldise efektiivsuse näitaja OLE komponendid: kasutatavus, tootlikus, kvaliteet.

- Tööjõu kasutatavuse seisukohalt toodi olulise aspektina välja töökorralduslikud küsimused ja tööks vajalike materjalide ja komponentide puudumine töökohal. Töökorralduslike ajakadude tekkepõhjused võib liigitada tootmistegevuse operatiivse planeerimise probleemideks, töö organiseerimisega ehk töökäskude ja korralduste ootamisega ning pideva parenduse parendusettepanekute süsteemi puudumisega seotud ajakadudeks. Tööks vajalike materjalide ja komponentide puudumisest tingitud seisakute põhjustena toodi välja varude juhtimisega seotud probleemid, milleks olid materjalivajaduse prognoosimise ja planeerimise ebatäpsus, liiga väikesed materjalivarud, materjali tarnekindlus ja kvaliteet.
- Tööjõu tootlikkuse aspektist ehk siis lühiajaliste tööseisakute ja kiiruskadude põhjustena toodi välja töövahendite ja rakiste otsimisega seotud ajakaod, mis omakorda on seotud töö organiseerimise põhimõtete jälgimisega ja töökoha korrasoleku tagamisega ning muude ooteaegade ning seisakutega.
- Kvaliteedi tagamisega seotud ajakadude põhjused olid sarnased seadmete kasutamisega kvaliteedi tagamise ajakadudega.

Lähtuvalt kirjeldatud ajakadude tekkepõhjuste struktuurist töötati järgmises etapis välja võimalike ajakadude tekkepõhjuste kõrvaldamise (vähendamise) meetodi ja mudelite kogum, mis sobiks eelkõige VKE-de ajakadude erinevate tekkepõhjuste kõrvaldamiseks. Meetodite ja mudelite kogum sisaldab kõrvuti kulusäästliku tootmise kontseptsiooni peamiste (enamlevinud) instrumentide ka teisi ettevõtte protsesside korrastamise, tootmise

planeerimise ja tootmistegevuse korraldamise ning töökorralduslike meetmeid, tehnikaid ja tööriistu. Kogumis kirjeldatud tööriistade valik lähtus eelkõige VKE-de tänastes vajadustest ja ka pakutavate mudelite ning meetodite lihtsusest, mille eesmärgiks on kindlustada mudelite ja meetodite sisust arusaamine, mudeli või meetodi lihtne kasutuselevõtmine või juurutamine ettevõttes ning kindlasti ka tulemuse lihtne kontrollimehhanism, mis tagab maksimaalse kasu mudeli või meetodi kasutuselevõtmisest pikas perspektiivis.

Analüüsi käigus välja toodud kitsaskohtade kõrvaldamiseks sobiliku mudeli või meetodi valikul võeti aluseks ajakadude vähendamise meetodite ja mudelite kogum, mis seoti küsimustikuga nii, et iga küsimusega on seotud vähemalt üks antud valdkonna ajakadude kõrvaldamiseks sobilik mudel või meetod. Valitud mudeli või meetodi kasutuselevõtmise aluseks on konkreetne tegevusplaan, mis lähtub järgmistest põhimõtetest:

- valitud meetodi või mudeli sisuline mõistmine, mille käigus selgitatakse välja antud mudeli või meetodid teoreetilised seisukohad ja ülesehitus;
- lähtuvalt teoreetilistest seisukohtades vastava lahenduse kasutamiseks vajaliku sisu loomine (ülesehitamine);
- ülesehitatud lahenduse kasutuselevõtmine (juurutamine) ettevõttes,
- oluliseks osaks on loodud ja juurutatud lahenduse käigus hoidmine läbi selle pideva aktualiseerimise, tegevuse kontrolli ja pideva jälgimise.

Töö uudsus seisneb eelkõige selles, et välja töötatud lahendus on fokuseeritud VKE-le ja võtab analüüsida eelkõige tootmisega kui väärtuse loomise protsessiga seotud ajakaod. Loodav lahendus ei keskendu ainult olemasoleva olukorra hindamisele, vaid sisaldab ka algoritmi kitsaskohtade väljatoomiseks ja parendusettepanekuteks. Lahendus on ettevõtte poolt iseseisvalt kasutatav, mis annab ettevõttele kiire ja arusaadava vastuse ettevõtte protsesside tulemuslikkuse tõstmist takistavatest teguritest, võimaldades ettevõttel hinnata täna olukorda, välja tuua ettevõttepõhised kitsaskohad ja käivitada tegevused nende kitsaskohtade kõrvaldamiseks. Lahenduse kasutajatel on lisaks sellele võimalik ka jälgida kitsaskohtade kõrvaldamiseks kasutatavate mudelite ja meetodite tõhusust, teostades võrdlevaid hinnanguid teatud ajavahemiku tagant ning võrrelda oma ettevõtte tulemusi teiste vastanud ettevõtete tulemustega.

Lisaks sellel pakub lahendus ka olulist informatsiooni välistele kasutajatele, võimaldades välja tuua ka VKE väärtuse loomise protsessi ajakadude üldised tekkekohad ja analüüsida nende põhjuseid üldisemalt.

Lähtuvalt uurimistöö raames püstitatud eesmärkidest võime saavutatud tulemused kokku võtta järgmiselt:

1. Uurimistöö raames analüüsiti Eesti VKE-de väärtuse loomise protsessidega seotud kitsaskohti ja toodi välja olulisemad ajakadude valdkonnad. Analüüs tugines erinevatel läbiviidud uuringute tulemustel ja autori pikaajalisel kogemusel tegutsemisel tootmise juhtimise ja korraldamise koolituse ja konsultatsiooni valdkonnas.
2. Töötati välja ajakadude hindamise ja kitsaskohtade avastamise ekspertsüsteemi mudel, mille oluliseks osadeks olid:
  - enesehinnangu küsimustik, mille väljatöötamine lähtus analüüsi käigus välja toodud ajakadude olulistest valdkondadest;
  - vastuste analüüs, mille käigus toodi välja ettevõttepõhised kitsaskohad ja hinnati nende kriitilisust;
  - ajakadude vähendamise mudelite ja meetodite kogum ning nende sidumine analüüsi käigus välja toodud ettevõttepõhiste kriitiliste ajakadudega, mis



võimaldab ettevõttel kasutada analüüsi käigus välja toodud kitsaskohtade kõrvaldamise eesmärgipäraseid lahendusi;

- lisaks võimaldavad ekspertsüsteemi poolt kogutavad andmed ettevõttel hinnata ka käivitatud parendustegevuste tulemuslikkust läbi korduva enesehinnangu teatud ajavahemiku möödudes,
  - kogutava informatsiooni kasutatavus hilisemaks võrdlevaks analüüsiks ning tegevusvaldkonnapõhiste andmete üldistamiseks.
3. Lähtuvalt ekspertsüsteemi mudelist loodi koostöös IMECC-iga internetipõhine IT lahenduse. Lisaks uurimistöös kirjeldatud funktsionaalsusele oli siin lahenduse oluliseks osaks ettevõtte poolt sisestatud andmete ja vastajate anonüümsuse tagamine.
  4. Loodud IT lahenduse kasutuselevõtmine VKE-de poolt. Tänapäevaks on rohkem kui 20 Eesti VKE-d antud lahenduse proovikasutusse võtnud. Kasutajate tagasisidest ja proovikasutuse tulemuste analüüsist võib järeldada, et loodud mudel annab adekvaatset informatsiooni ettevõtte tänaste kitsaskohtade kohta ja pakutavad lahendused nende kitsaskohtade kõrvaldamiseks on teemakohased.

Loodud ekspertsüsteemi mudeli uudsete aspektidena võib välja tuua süsteemi fookust ettevõtte tegevuspõhiste protsesside täiuslikkuse (*OPEX*) mudeli kujundamisele läbi ettevõtte väärtuse loomise protsessi oluliste etappide. Loodud terviklahendus keskendub mitte ainult kitsaskohtade kirjeldamisele, vaid ka nende kõrvaldamiseks sobilike mudelite ja meetodite väljatoomisele. Oluline on ka lihtsalt kasutatava IT lahendus, mis lisaks enesehinnangu küsimustikule võimaldab ka saadud tulemuste detailset interpreteerimist.

Edasiste oluliste arendussuundadena võiks välja tuua:

1. Loodud mudeli horisontaalne täiendamine, ehk uute aspektide lisamine ja olemasolevate aspektide täiendamine. Väljatöötatud mudeli põhimõtted sobivad ka ettevõtte äriliste protsesside, nagu näiteks müügitegevuse ja ostutegevuse tõhususe hindamiseks.
2. Mudeli vertikaalne täiendamine ehk küsimuste sisulise detailsuse parandamine ja täiendamine. Eraldi võiks siin välja tuua mudeli analüüsimootori täiendamist ja iseõppiva mudeli (lahenduse) loomist.
3. Ettevõtete toetamine mudeli põhjal valitud lahenduse või meetodi rakendamisel ettevõttes:
  - lisada valitud mudeli teoreetilisi lähtekohti tutvustavaid kirjeldusi (teemapõhised e-raamatud),
  - kirjeldada meetodi või mudeli kasutuselevõtmiseks vajalikke tegevusi (projektiplaanid, tegevusjuhendid);
  - näha ette ettevõtte töötajate koolitamise (koolitusprogrammid) ja ettevõtte konsulteerimise parendusprojektide läbiviimisel,
  - IT lahendusel baseeruva HELPDESK-i kasutuselevõtmine.
4. Ekspertlahenduse kasutajate tagasisidest lähtuvad arendused.

## REFERENZLISTE

Addressing the six big losses: A New Approach to Old Problems in Process Manufacturing [WWW] <https://www.aptean.com> (12.10.2016).

Afuah, A. (2007). *Business Models: A Strategic Management Approach*, Boston, McGraw-Hill/Irwin.

Al-Ashaaba, A., Goloba, M., Urrutia U. A., Gourдина, M., Petritscha, C., Mark Summersb, M., and Abdulrahman El-Nounub A. (2015). *Development and application of lean product development performance measurement tool* Manufacturing Department, Cranfield University, Cranfield, UK.

Appelbaum, S. H. (1999). Everard, A., Hung, and L.T.S. Strategic downsizing: critical success factors, *Management Decision*, 37/7, 535–552.

Arndt, H. (2010). *Supply Chain Management, Optimierung logistische Prozesse*, Gabler Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Badiger, A.S. Gandhinathan, R, (2008). A proposal: evaluation of OEE and impact of six big losses on equipment earning capacity', *Int. J. Process Management and Benchmarking*, 2, 3, 234–248.

Bauer, S. (2016). *Produktionssysteme wettbewerbsfähig gestalten*, Carl Hanser Verlag München.

Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M. (2011). *Process Management: A guide for the Design of Business Processes*. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.

Becker, T. (2005). *Protsesse in Produktion und Supply Chain optimieren*, Springer Verlag, Berlin.

Bell, S. (2006) *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*, New Jersey, John Wiley & Sohns Inc.

Bernard, M. (2012). How to Design Key Performance Indicators. The Advanced Performance Institute. BWMC Ltd. [WWW] [http://www.ap-Institute.com/media/3970/how\\_to\\_design\\_key\\_performance\\_indicators\\_indicators.pdf](http://www.ap-Institute.com/media/3970/how_to_design_key_performance_indicators_indicators.pdf), (30.05.2014).

Bungartz, H.-J., Zimmer, St., Bucholz, M., Pflüger, D. (2009). *Modellierung und Simulation, Eine anwendungsorientierte Einführung*, Springer Verlag.

Business Excellence Matrix (2013). [WWW] <https://www.efqm.org> (15.02.2017).

Busuk, K. G. (2012). How to Implement Kaizen [WWW] <http://www.bulsuk.com/2012/11/kaizen-putting-it-all-together.html> (12.03.2016).

Busuk, K. G. (2009). An Introduction to 5-why [WWW] <http://www.bulsuk.com/2009/03/5-why-finding-root-causes.html> (15.01.2017).

- Cadle, J., Paul, D., Turner, P. (2002). *Business analysis techniques, 72 essentials tools for success*, BCS The Chartered Institute for IT, Swindon, Second Edition. Pearson Education Limited.
- Carrie, A. (1988). *Simulation of Manufacturing Systems*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Chopra, S., Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management – Strategy, Planning & Operation 3<sup>rd</sup> ed.* New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Deming, W. E. (1994). *The New Economies*. Cambridge: MA MIT.
- Dickmann, P. (2007). *Schlanker Materialfluss*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Durkacova, M., Lavin, J., Karjust, K. (2014). KPI optimization for product development process, *Technical University of Kosice, Department of Industrial Engineering and Management*.
- Duyckhoff, H. (2003). *Grundzüge der Produktionswirtschaft*. Springer Verlag, Berlin.
- Ekinci, Y. (2015). *Designing research questionnaires*, SAGE Publications Ltd, London.
- Selbsteinschätzungshandbuch, CAF-Selbsteinschätzungsmethodik, Fragebogen und Bewertungsmodell. (in Estnisch)* (2004). Eesti Juhtimiskvaliteedi Keskus, EAS.
- Erlach, K. (2010). *Wertestromdesign*, Springer Verlag, Berlin.
- Esteves de Sousa, J.M. (2015). Definition and analysis of critical success factors for ERP implementation projects. [WWW]  
[http://jesteves.com/Tesis\\_phd\\_jesteves.pdf](http://jesteves.com/Tesis_phd_jesteves.pdf), Accessed: (23.06.2015).
- Evans, J. R. (1993). *Applied Production and Operations Management*, West Publishing Company.
- Fandel, G. (1996). *Produktion I, Produktion und Kostentheorie*. 5. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Freidank, C. -C. (1999). *Risiken in Produktion, Logistik, Forschung und Entwicklung – Risikomanagement im Industriebetrieben*, Gottinger, Deutscher Universitätsverlag.
- Gans, K., Kokla, M. (2011). *Survey about production management on operational level( in Estnisch)*. Tallinn, Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus (EAS), 2011.
- Ghuri, P., Gronhaug, K. (2011). *Research Methods in Business Studies*. Practikal Guide.
- Groover, M. P. (2010). *Principles of Modern Manufacturing: Materials Processes and Systems*. New Jersey, John Wiley & Sohns Inc.
- Gustovich, D., Visnic, C. (2012). *Overview: Overall Equipment Effectiveness (OEE) IQity Solutions*, LLC, [WWW]  
<https://www.iqitysolutions.com> (7.02.2015).
- Günter, H.-O., Tempelmeier, H. (2002). *Produktion und Logistik*. 5. Auflage, - Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.

- Harrison, A., Van Hoek, R. (2002). *Logistics Management and Strategy*. Pearson Education.
- HeiVäl Consulting and the INNOREG Project expert Group (2011). *Survey about capability and competitiveness of the mechatronics field in the North-Estonian and South-Finland region, Innoreg Project*.
- Hitomi, K. (1996). *Manufacturing Systems Engineering*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, McGraw-Hill.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York McGraw-Hill.
- Isemann, M., Münchhof M. (2011). *Identification of Dynamic Systems – An Introduction with Applications*, Springer Verlag.
- Kabral, H. E. (2007). *Produktions- und Betriebsmanagement (in Estnisch)*, TTÜ Kirjastus, Tallinn, 2007.
- Kaplan, R. (1996). Norton, D., *Balanced Scorecard*, Pegasus.
- Kaufmann, L. (1997), Balanced Scorecard. *Zeitschrift für Planung*, 421–428.
- Kisler, A. (2011). *Logistik und Supply Chain Management (in Estnisch)*, TTÜ kirjastus, Tallinn.
- Kistner, K. P., Steven, M. (2001). *Produktionsplanung*, Springer Verlag, Berlin.
- Kletti, J. (2007) *Konzeption und Einführung von MES-Systemen*, Springer Verlag Berlin.
- Kletti, J., Schumacher, J. (2011) *Die perfekte Produktion*, Springer Verlag Berlin.
- Klevers, T. (2011). *Agile Prozesse mit Wertstrom-Management*, CETPM Publishing, Springer Verlag Ansbach.
- Koch, A. (2011) *OEE für das Produktionsteam*, CETPM Publishing, Ansbach.
- Kummer, S., Grün, O., Jammernegg, W. (2009). *Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik*, Pearson Studium, München.
- Känel, S. (2004). *Einführung in die Betriebswirtschaft*, Verlag Neue Wirtschaftsbrieft, Berlin.
- Küttner, R. (2016). *Studies of Advanced Manufacturing*, TTÜ Kirjastus Tallinn.
- Lavin, J. (2001). *Ausarbeitung von Balanced Scorecard in Baltic Computer Systems (in Estnisch)*, Tartu Ülikool Majandusteaduskond, Magistritöö.
- Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Lemmik, R., Paavel, M., Koov, K. (2015). Workplace performance analysis: methods and a system. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64 (4S), 558–566.
- Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Paavel, M. (2014). The model for improving the company's productivity and efficiency. *Proceedings of 9th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering*, 24-26th April 2014, Tallinn, Estonia, (Ed. Otto, T.) Tallinn University of Technology, 127–132.

Lavin, J., Randmaa, M. (2012). Relationships between business objectives and the actual outcome of the business. *In: Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: (Toim. T. Otto.)* Tallinn: Tallinn University of Technology, 512–517.

Leitfaden für die Erstellung eines Fragebogens [WWW]  
<https://www.2ask.de> (23.10.2015)

Lepsinger, R., Lucia A. D. (2004). *The Art and Science of 360° Feedback*, Kirjastus Tänapäev.

Liker, J. K. (2008). *Der Toyota Weg*, Finanz Buch Verlag GmbH München.

Lucey, T. (1996) *Quantitative Techniques*, DP Publikations, London.

Lõun, K., Lavin, J., Riives, J., Otto, T. (2012). High performance workplace design model. *Estonian Journal of Engineering*, 19(1), 47–61.

Lõun, K., Riives, J., Küttner, R. Otto, T., Höbemägi, A., Lelumees, T., Halling, J. (2008). *Bericht der Umfrage unter estnischen Unternehmen(in Estnisch)*, Tallinn: SA Innomet.

Makigami Info, 20 Keys of Iwao Kobayashi-San. [WWW]  
<http://www.makigami.info/20-keys-kobayashi/> (17.6.2016).

Maverick Technologies (2013) Key Performance Indicators (KPI): Visualization Tools for Lean Manufacturing Facilities. [WWW]  
[http://www.mavtechglobal.com/shared/pdf/wp\\_KPI.pdf](http://www.mavtechglobal.com/shared/pdf/wp_KPI.pdf), (20.12.2013).

May, K., Schimek, P. (2011). *Total Productive Management*, CETPM Publishing, Ansbach.

McNeeney, A. (2005). Selecting the Right Key Performance Indicators. [WWW]  
<http://www.mt-online.com/component/content/article/103-april2005/639-selecting-the-right-key-performance-indicators.html>, (11.01.2014).

Miina, A. (2012). Critical Success Factors of Lean Thinking Implementation in Estonian Manufacturing Companies, *Tallinn University of Technology*, 2012.

Muhammad Asif, M., Fisscher O. A. M., de Bruijn, E. J., Pagell, M. (2010). Integration of management systems: A methodology for operational excellence and strategic flexibility [WWW]  
<http://www.springerlink.com> (10.09.2015).

Niven, R. P. (2002). *Balanced Scorecard: Step by step*. John Wiley & Sohns, Inc., New York.

Nollau, R. (2009). *Modellierung und simulation technischer Systeme, Eine praxisnahe Einführung*, Springer Verlag.

Norris, G. (2002). *E-Business und ERP*, Wiley VCH Verlag, Weinheim.

Oakland, J. S. (2006). *Total Quality Management, text with cases*, Kirjastus Külim.

Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2011). *Business Model Generation. Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer*. 1. Auflage. Campus Verlag GmbH Frankfurt 2011.

Overall Labor Effectiveness (OLE): Achieving a Highly Effective Workforce [WWW] <https://www.kronos.com/FYO/Manufacturing.htm>, (10.12.2015).

Parmenter, D. (2009) Finding your organization's critical success factors. [WWW] <http://davidparmenter.com/files/finding-your-organisations-critical-success-factors-nov-09.pdf>, (15.07.2015).

REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.) (1985): *Methodenlehre des Arbeitsstudiums: Teil 3 Kostenrechnung*. 7. Aufl. München: Hanser.

Riives, J., Karjust, K., Küttner, R., Lemmik, R., Koov, K., Lavin, J. (2012). Software development platform for integrated manufacturing engineering system. In: *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering* 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia (Toim. Otto, T.) Tallinn. Tallinn University of Technology, 2012, 555–560.

Riives, R., Lavin, J., Karjust, K., Koov, K. (2012). Offer management in the networking manufacturing. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering* 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia, (Ed. Otto, T.) Tallinn: Tallinn University of Technology, 561–566.

Riives, J. (2011). *New Production (in Estnisch)*, TTÜ Kirjastus, Tallinn.

Siimon, I.-J., Lumiste, R., Lumiste, R. (2000) *Produktinnovations- und Innovationssysteme (in Estnisch)*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu.

Simmert, B. Ebel, P. & Bretschneider, U. (2014). Empirische Erkenntnisse zur Nutzung des Business Model Canvas. *Working Paper Series, 5*, Kassel, Germany.

Skok, D., A clear roadmap for entrepreneurs. [WWW] <https://leanstack.com/welcome> (5.02.2017).

Stalk, G. (1998). *The strategic Value of Time. In Time Based Competition. Business One*, Irwin.

Steven A. M., Douglas M. S., Morgan S. (2004). Metrics and performance measurement in operations management: dealing with the metrics maze, *Journal of Operations Management*, 22, 209–217.

Susterova, M., Lavin, J., Riives, J. (2012). Risk Management in Product Development Process. In: Katalinic, B. (Ed.). *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium* (225–228). Vienna, Austria: DAAAM International Vienna, 2012.

Zäpfel, G. (2001) *Grundzüge des produktions- und Logistikmanagement*, Oldebourg Verlag München München.

Zäpfel, G. (2000) *Strategisches Produktions-Management*, R. Oldenbourg Verlag München Wien.

The measures of success (2012). Developing a balanced scorecard to measure performance. Accounts Commission for Scotland, [WWW] <http://www.evaluationsupportscotland.org.uk/downloads/balancedscorecard.pdf>, (20.05.2012).

Varblane, U., Espenberg, K., Varblane, U., Roolaht, T. (2011) *Aktuelle Situation und Trends der estnischen Maschinenindustrie (in Estnisch)*. Tartu Ülikooli Kirjastus, 2011.

VDMA Einheitsblatt 66412 -2 (2009). *VDMATHemen/ Technik\_und\_Umwelt/ VDMA\_Einheitsblaetter* [WWW]  
<http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/>.

VDMA Einheitsblatt 66412 -1 (2009). *VDMATHemen/ Technik\_und\_Umwelt/ VDMA\_Einheitsblaetter* [WWW]  
<http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/>.

Weber, J. *10 Jahre Balanced Scorecard – Wie viel Jahre sind noch erforderlich, bis sie funktioniert?* [WWW]  
<http://home.t-online.de/home/friedag/bsclit7.html> (9.09 2011).

Wiese J. (2000). *Implementierung der Blanced Scorecard, Grundlagen und IT- Fachkonzept*, Deutsche Universitäts-Verlag, Wiesbaden: Gabler.

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (2010). *The Machine that Changed the World*, Kirjastus Külim.

Womack, J.-P., Jones, D.-T. (2003) *Lean Thinking*. UK, 2003.

Entwicklungstrends für kleine und mittlere Unternehmen (in Estnisch), (2012). *Raport, Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse (EAS) PRAXIS*.

Wöhe, G, Döring, U.(2008). *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*, Verlag Franz Vahlen München, 2008.

## LISTE DER VERÖFFENTLICHUNGEN

Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Lemmik, R., Paavel, M., Koov, K. Workplace performance analysis: methods and a system. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 2015. 64 (4S), 558–566.

Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Paavel, M. The model for improving the company's productivity and efficiency. *Proceedings of 9th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, 24-26th April 2014, Tallinn, Estonia*, T. Tallinn University of Technology, 2014. 127–132.

Lõun, K., Lavin, J., Riives, J., Otto, T. High performance workplace design model. *Estonian Journal of Engineering*, 2013. 19 (1), 47–61.

Riives, J., Lavin, J., Karjust, K., Koov, K. Offer management in the networking manufacturing. *Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 561–566.

Lavin, J., Randmaa, M. Relationships between business objectives and the actual outcome of the business. *Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 512–517.

Riives, J., Karjust, K., Küttner, R., Lemmik, R., Koov, K., Lavin, J. Software development platform for integrated manufacturing engineering system. *Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 555–560.

Susterova, M., Lavin, J., Riives, J. Risk Management in Product Development. *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium Vienna, Austria: DAAAM International Vienna. 2012.* 225–228.



## ANHANG 1 URSACHEN FÜR ZEITVERLUSTE

<b>A</b>	<b>Grundsätze der Arbeitsorganisation</b>	
A1	Das Unternehmen hat die Anforderungen an die Mitarbeiter des Unternehmens nicht festgelegt.	Ausarbeitung und Einführung einer Geschäftsordnung und von berufsspezifischen Stellenbeschreibungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Information der Arbeiter</li> <li>• Aktualisierung der Regeln und Jobbeschreibungen</li> </ul>
A2	Arbeitern fehlt Verständnis für die Geschäftsordnung des Unternehmens.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung einer Geschäftsordnung des Unternehmens und von berufsspezifischen Stellenbeschreibungen im Unternehmen</li> <li>• Überprüfen und Vervollständigen der Geschäftsordnung nach Bedarf</li> </ul>
A3	Ausführung von anderen Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Den gezielten Einsatz von Mitarbeitern sicherstellen</li> </ul>
<b>B</b>	<b>Warten auf Arbeitsaufträge und Bestellungen</b>	
B1	Probleme der operativen Produktionsplanung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung (Aktualisierung) und Umsetzung von operativen Prinzipien der zeitgerechten und räumlichen Planung der Produktion im Unternehmen.</li> <li>• Implementierung von IT-Lösungen (ERP, MRP)</li> </ul>
B2	Unzureichende Grundsätze der Arbeitsorganisation (Management)	Analyse von Problemen im Zusammenhang mit der Arbeitsorganisation <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung von unternehmensspezifischen Prinzipien für die Arbeitsorganisation</li> <li>• Entwicklung und Implementierung von Prozeduren und Anleitungen</li> <li>• Überprüfung der Grundsätze der Arbeitsorganisation</li> </ul>
B3	System von Verbesserungsvorschlägen funktioniert nicht	Entwicklung des Prozesses der kontinuierlichen Verbesserung des Unternehmens <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausarbeitung, Einführung und überwachen des Prozesses</li> </ul>
<b>C</b>	<b>Langen Produktionszeiten</b>	
...	...	...
<b>D</b>	<b>Warten auf die für die Arbeit benötigten Materialien und Komponenten</b>	
...	...	...
<b>E</b>	<b>Ausfallzeiten und Reparatur von technischen Anlagen</b>	
...	...	...
<b>F</b>	<b>Fähigkeiten und Motivation der Mitarbeiter</b>	
...	...	...
<b>G</b>	<b>Nachbearbeitung und Einrichtung</b>	
...	...	...

<b>H</b>	<b>Suchen nach Werkzeugen und Vorrichtungen</b>	
...	...	...
<b>I</b>	<b>Leerlaufzeit - Wartezeiten und andere Ausfälle</b>	
...	...	...
<b>J</b>	<b>Durchführung der Qualitätskontrolle</b>	
...	...	...
<b>K</b>	<b>Mit Produktpolitik und Produktentwicklung verbundene Fragen</b>	
...	...	...
<b>L</b>	<b>Zusammenarbeit zwischen Produktentwicklung und Produktion</b>	
...	...	...
<b>M</b>	<b>Zusammenarbeit zwischen Vertrieb und Produktion</b>	
...	...	...
<b>N</b>	<b>Informationsfluss und IT-Lösungen</b>	
...	...	...

## ELULOOKIRJELDUS

### 1. Isikuandmed

Ees- ja perekonna nimi	Jaak Lavin
Sünniaeg ja -koht	29.05.1954 Tallinn
Kodakondsus	Eesti
E-posti aadress	<a href="mailto:jaak.lavin@imecc.ee">jaak.lavin@imecc.ee</a>

### 2. Hariduskäik

Õppeasutus	Lõpetamise aeg	Haridus(eriala/kraad)
Tartu Ülikool	2002	MBA, Ärijuhtimise magister
Dresdeni Tehnikaülikool, Masinaehitus	1983	Masinaehitusinsener
Tallinna 44 Keskkool	1972	Keskharidus

### 3. Keeleoskus

Keel	Tase
Eesti keel	Emakeel
Saksa keel	Kõrgtase
Inglise keel	Keskase
Vene keel	Keskase
Soome keel	Algtase

### 4. Täiendõpe

Märts 2011	Paindootmisüsteemide tehnoloogia - Tallinna Tehnikaülikool
Mai 2004	Koolitaja koolitus, Audentes Ariko
Märts 2001	Müügikoolitus, VainSMD
Aprill 2000	Projektijuhtimise koolitus, Baltic Computer Systems
Oktoober1997	Ettevõtte raamatupidamine. HBP
Aprill 1997	Aktiivne müük HBP
Oktoober 1989	Väliskaubandus, Anwaltskanzlei Gert Zerhusen
Oktoober 1989	Väliskaubandus, EMI

### 5. Teenistuskäik

Töötamise aeg	Tööandja nimetu	Ametikoht
Alate2010 -	IMECC OÜ	Arendusinsener
Alates 2007	JKL Projekt OÜ	Koolitaja ja konsultant
2003-12.2010	ARIKO AS	Lepinguline konsultant, koolitaja
2003-2010	AS Saku Metall	Tehnikadirektor
2001-2004	Audentes Ülikool	Lepinguline õppejõud

2001-2003	BCS Itera –	Majandustarkvara valdkonna juht
1999-10.2001	Baltic Computer Systems AS,	Müügijuht
1992-1998	Eurotec Infosüsteemide AS,	Direktor
1990-1992	EKE Ärikeskus AS	Peadirektori asetäitja
1988-1990	EKE International AS	Välismajanduse spetsialist
1983-1988	EKE Tehnokeskus,	Masinaehitus-konstruktor

## 6. Teadustegevus

### Publikatsioonid

Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Lemmik, R., Paavel, M., Koov, K. Workplace performance analysis: methods and a system. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 2015. 64 (4S), 558–566.

Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Paavel, M. THE MODEL FOR IMPROVING THE COMPANY'S PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY. *Proceedings of 9th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, 24-26th April 2014, Tallinn, Estonia*, T. Tallinn University of Technology, 2014. 127–132.

Lõun, K., Lavin, J., Riives, J., Otto, T. High performance workplace design model. *Estonian Journal of Engineering*, 2013. 19 (1), 47–61.

Riives, J., Lavin, J., Karjust, K., Koov, K. Offer management in the networking manufacturing. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 561–566.

Lavin, J., Randmaa, M. Relationships between business objectives and the actual outcome of the business. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 512–517.

Riives, J., Karjust, K., Küttner, R., Lemmik, R., Koov, K., Lavin, J. Software development platform for integrated manufacturing engineering system. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 555–560.

Susterova, M., Lavin, J., Riives, J. Risk Management in Product Development. *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium Vienna, Austria: DAAAM International Vienna. 2012.* 225–228.

### Projektid

AR15009 "Kõrgkooliõpiku "Nüüdistootmine" koostamine (11.05.2015–30.06.2017)", Tauno Otto, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

SF0140113Bs08 "Mehhatroonika- ja tootmissüsteemide proaktiivsus ja käitumismudelid (1.01.2008–31.12.2013)", Mart Tamre, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond.

## CURRICULUM VITAE

### 1. Personal data

Name	Jaak Lavin
Date and place of birth	29.05.1954 Tallinn
E-mail	jaak.lavin@imecc.ee

### 2. Education

Educational institution	Graduation year	Education
Tartu University	2002	Master of Business Administration
Dresden University of Technology	1983	Mechanical engineer
Tallinn 44 <sup>th</sup> Secondary School	1972	Secondary education

### 3. Language skills

Language	Level
Estonian	High
Germany	High
English	Average
Russian	Average
Finnish	Basic

### 4. Special courses

March 2011	Flexible manufacturing technology - Tallinn University of Technology,
May 2004	Trainer training, Audentes Ariko
March 2001	Sales training, VainSMD
April 2000	Project Management Training, Baltic Computer Systems
Oct 1997	Company accounting, HBP
April 1997	Active sales, HBP
Oct 1989	Foreign Trade, Gert Zerhusen Anwaltskanzlei
Oct 1989	Foreign trade, EMI

### 5. Professional employment

Period	Organisation	Position
Since 2010 -	IMECC OÜ	Development engineer
Since 2007	JKL Projekt OÜ	Trainer and consultant
2003-2010	ARIKO AS	Contractual trainer and consultant
2003-2010	AS Saku Metall	Technical Director
2001-2004	Audentes Ülikool	Contractual lecturer

2001-2003	BCS Itera –	Manager of the field of economic software
1999-2001	Baltic Computer Systems AS,	Sales Manager
1992-1998	Eurotec Infosüsteemide AS,	Director
1990-1992	EKE Ärikeskus AS	Deputy Director General
1988-1990	EKE International AS	Foreign Economic Specialist
1983-1988	EKE Tehnokeskus,	Engineer-designer

## 6. Scientific work

### Publications

Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Lemmik, R., Paavel, M., Koov, K. Workplace performance analysis: methods and a system. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 2015. 64 (4S), 558–566.

Lavin, J., Riives, J., Kaganski, S., Paavel, M. THE MODEL FOR IMPROVING THE COMPANY'S PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY. *Proceedings of 9th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, 24-26th April 2014, Tallinn, Estonia*, T. Tallinn University of Technology, 2014. 127–132.

Lõun, K., Lavin, J., Riives, J., Otto, T. High performance workplace design model. *Estonian Journal of Engineering*, 2013. 19 (1), 47–61.

Riives, J., Lavin, J., Karjust, K., Koov, K. Offer management in the networking manufacturing. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 561–566.

Lavin, J., Randmaa, M. Relationships between business objectives and the actual outcome of the business. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 512–517.

Riives, J., Karjust, K., Küttner, R., Lemmik, R., Koov, K., Lavin, J. Software development platform for integrated manufacturing engineering system. *Proceedings of the 8th International Conference od DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia*, Tallinn University of Technology, 2012. 555–560.

Susterova, M., Lavin, J., Riives, J. Risk Management in Product Development. *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium Vienna, Austria: DAAAM International Vienna. 2012. 225–228.*

### Projects

AR15009 "Kõrgkooliõpiku "Nüüdistootmine" koostamine (11.05.2015–30.06.2017)", Tauno Otto, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

SF0140113Bs08 "Mehhatroonika- ja tootmissüsteemide proaktiivsus ja käitumismudelid (1.01.2008–31.12.2013)", Mart Tamre, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond.