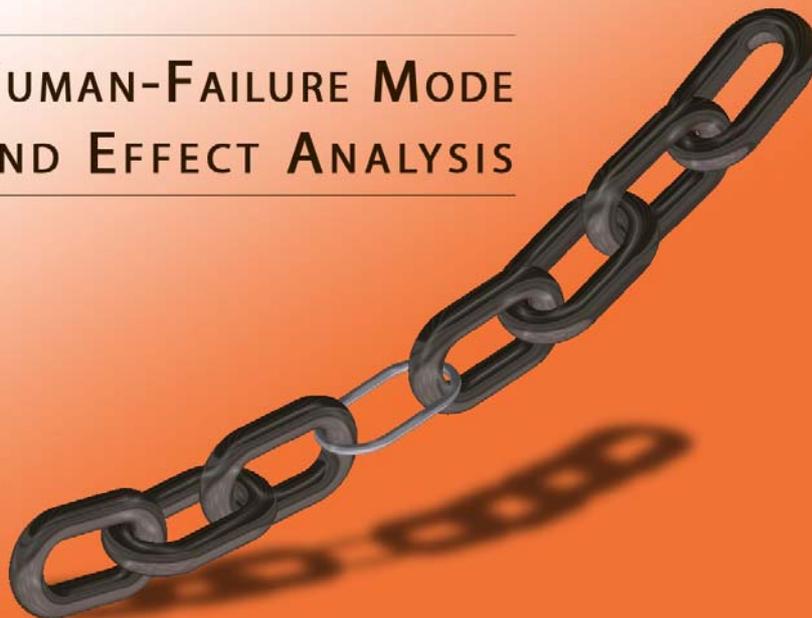


Human-FMEA

Diplomarbeit

HUMAN-FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS



Dozent: Prof. Ulrich Raess

Fach: IQM

Autoren: Hanspeter Helbling

Thomas Weinbeck

Klasse: KI4c

Datum: Oktober 2004

Version: 1.0

Human-FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

Diplomarbeit

Oktober 2004

Autoren: Hanspeter Helbling, Thomas Weinbeck

Executive Summary

Jeder Fehler kann bei ausgiebiger Ursachenforschung auf einen Menschen zurückgeführt werden, insbesondere wenn der Mensch und seine Tätigkeit direkt für die Qualität eines Produktes oder einer Dienstleistung verantwortlich ist. In der Industrie wird vorwiegend die FMEA verwendet, um technische Risiken zu bewerten und Massnahmen zur Risikominderung ergreifen zu können. Diese Diplomarbeit untersucht die FMEA auf die Möglichkeit der Berücksichtigung des menschlichen Einflussfaktors. Es wird dargestellt, wie diese Methode angepasst werden muss, welche neuen Formblätter eingesetzt werden können, welche abgeänderten Bewertungsschemata zum Einsatz kommen und welche Einflüsse im Zusammenhang mit dem Menschen einer zusätzlichen Betrachtung bedürfen.

Um den menschlichen Faktor in der FMEA berücksichtigen zu können, muss vorausgehend das menschliche Handeln und die Wechselwirkungen der einzelnen Einflüsse auf das menschliche Leistungspotential betrachtet werden. Aufgrund dieser Informationen können menschliche Handlungsfehler als Ursachen für Produktfehler identifiziert, bewertet und dem Fehler somit eine Priorität zugeordnet werden. Auf der individuellen Ebene des Menschen kann nicht mehr klar von einer Ursache-Wirkungsfunktion gesprochen werden, vielmehr ist ein Netzwerk von verschiedenen Einflussfaktoren für das menschliche Leistungspotential verantwortlich. Im Unternehmen wird dieses Potential in Leistungsmerkmale umgesetzt, welche Auswirkungen auf mögliche Handlungsfehler haben. Das Unternehmen muss die Grenze zur Privatsphäre der Mitarbeitenden akzeptieren, es kann versuchen, sie zu motivieren oder auf Missstände aufmerksam zu machen; ein Übergriff in die Privatsphäre oder Schuldzuweisungen sind jedoch untersagt. Vielmehr sollte es sich auf die unternehmensspezifischen Faktoren konzentrieren und versuchen, eine möglichst angenehme, durch Sicherheitsbarrieren und Kontrollinstanzen fehlerverhindernde und leistungsfördernde Umgebung zu schaffen. Eine konstruktive Fehlerkultur im Unternehmen und gegenseitiges Vertrauen sind weitere Schlüsselfaktoren dieser Ebene.

Die Human-FMEA kann sowohl reaktiv, zur Identifizierung und Korrektur bereits vorgekommener Fehler, als auch proaktiv, zur Betrachtung von möglichen Fehlern, eingesetzt werden. Der proaktive Einsatz ermöglicht eine frühe Analyse des menschlichen Faktors mit dem Vorteil, dass bereits vor dem Begehen eines Fehlers dieser vielleicht verhindert werden kann. Die Ergreifung adäquater Massnahmen für die Verbesserung der unternehmensspezifischen Einflussfaktoren kann somit ebenfalls in dieser Phase erfolgen. Massnahmen, die das Personal betreffen, sind aber natürlich stark von den ausführenden Mitarbeitern abhängig und können durch präventive Interviews, Schulungen oder Prüfungen eruiert oder reaktiv ergriffen werden.

Die Lösungsansätze umfassen eine differenzierte Studie des Menschen und seinen Einflussfaktoren. Darauf folgend werden verschiedene methodische Ansätze im Zusammenhang mit der FMEA erläutert. Das Kapitel Resultate vereint die beiden Thematiken und stellt ein mögliches Human-FMEA Formblatt zur Verfügung. Um den Bezug zur Praxis aufzuzeigen, wurden ein industrielles sowie ein Beispiel aus dem Dienstleistungssektor formuliert.

Human-FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

Undergraduate dissertation

Oktober 2004

Autoren: Hanspeter Helbling, Thomas Weinbeck

Executive Summary

Every failure can be put down to a human mistake. This fact gains, especially if a person is directly responsible for the quality of a product or service, importance. The FMEA is mainly used in the industrial sector to judge technical risks and develop risk reduction measures. This undergraduate dissertation examines the FMEA for the possibility of taking the human factor into consideration. It is displayed, how this method must be changed, which new forms can be used, which adjusted judgement-schemes must be utilized and finally which influences in connection with man need an additional examination.

In order to consider the human factor in the FMEA, human action and the interaction of each influence on the human work-potential must first be taken into account. On the basis of this information human action failures can be identified and judged as cause of a product-fault, which allows to allocate a priority to an error. It is impossible to speak of a clear correlation between cause and effect on the individual level of a person, rather is a network of different influence factors responsible for the human work-potential. This potential is converted into performance characteristics in the company, which influence the probability of action failures. The enterprise has to accept the natural barrier of privacy of its employees. It can try to motivate them or refer to a deplorable state of affairs, but may never blame them for their mistakes. A company should rather focus on enterprise specific factors and try to create a comfortable and performance-enhancing environment, which, due to security and control barriers, stands out with a low proneness to errors. Furthermore are a constructive fault culture and mutual trust additional key factors on this level.

The Human-FMEA can be used both, reactively, by identifying and correcting already happened mistakes, and proactively, by examining possible faults. The proactive way offers the opportunity to examine an early analysis of the human factor, therefore a chance to prevent errors exists. To take adequate measures to improve enterprise-specific factors occurs also in this phase of action. Measures concerning staff directly are highly employee-dependent and can be traced by either preventive interviews, trainings and examinations or reactive ways.

The chapter "Lösungsansätze" contains an exact study of man and his influence factors. This part is followed by a description of different methods in connection with FMEA. The chapter "Resultate" unites both topics and presents a possible human-FMEA-form. To demonstrate the connection with the practice, we developed a possible example for the industrial and the service sector.

Bestätigung selbstständiger Erstellung

Mit der Abgabe dieser Diplomarbeit versichern die Studierenden, dass sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst haben.

Die unterzeichnenden Studierenden erklären, dass alle zitierten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt nachgewiesen sind, d.h. dass die Diplomarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten die Paragraphen 25 und 36 (Unredlichkeit und Verfahren bei Unredlichkeit) des Reglements für Prüfungen am TWI sowie die Bestimmungen des Disziplinarverfahrens der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Unterschriften:

.....

.....

.....

Inhalt

1	AUSGANGSLAGE.....	8
1.1	AUFGABENSTELLUNG.....	8
1.1.1	Thema.....	8
1.1.2	Aufgabe	8
1.1.3	Ziel.....	8
1.1.4	Umsetzung	8
1.2	TERMINOLOGIE UND BEGRIFFSDEFINITION	9
1.3	ABLAUF	11
1.4	TERMINPLAN.....	12
2	PROBLEMANALYSE.....	13
2.1	TECHNISCHES VERSUS MENSCHLICHES FEHLVERHALTEN	14
2.2	IRM.....	15
2.3	DEMING	15
2.4	ARBEITSZEIT VERSUS FREIZEIT.....	16
2.5	FAZIT.....	16
2.6	RELEVANTE FRAGEN.....	17
3	LÖSUNGSANSÄTZE	18
3.1	MENSCHLICHE HANDLUNGSFEHLER	18
3.1.1	Definition.....	18
3.1.2	Grundlagen menschlicher Handlungsfehler.....	18
3.1.3	Exkurs Handlungsregulationstheorie	20
3.1.4	Klassifikation	21
3.1.5	Handlungsfehlerkatalog	23
3.1.5.1	Planungsfehler	23
3.1.5.2	Ausführungsfehler.....	24
3.1.5.3	Kontrollfehler.....	25
3.1.6	Erweiterter Fehlerkatalog	25
3.2	ARBEITSPROZESSZUTEILUNG	27
3.3	MENSCHLICHE EINFLUSSFAKTOREN	31
3.3.1	Interne Einflussfaktoren	31
3.3.2	Externe Einflussfaktoren	32
3.3.3	Grobkategorisierung menschlicher Persönlichkeiten	34
3.4	MENSCHLICHE LEISTUNGSMERKMALE	35
3.4.1	Einleitung/Allgemein	35
3.4.2	Konzentration	36
3.4.3	Motivation.....	38
3.4.4	Müdigkeit.....	39
3.4.5	Arbeitsmoral	40
3.4.6	Mitarbeiterzufriedenheit	40
3.4.7	Selbständigkeit	40

3.4.8	Teamverhalten.....	40
3.4.9	Kreativität.....	41
3.4.10	Geistige Leistung.....	41
3.4.11	Körperliche Leistung.....	41
3.4.12	Fazit.....	41
3.5	URSACHEN-WIRKUNGSANALYSE.....	42
3.5.1	Individuelle Faktoren.....	42
3.5.2	Unternehmensspezifische Faktoren.....	42
3.6	FAZIT MENSCHLICHEN FEHLVERHALTENS.....	43
3.7	METHODISCHE ANSÄTZE.....	43
3.7.1	Risikobewertung mittels Risikomatrix (zweidimensional).....	44
3.7.2	Risikobewertung mittels FTA (failure tree analysis).....	45
3.7.2.1	Vorgehensweise.....	45
3.7.2.2	Vorteile der FTA.....	46
3.7.3	Ishikawa.....	46
3.8	RISIKOBEWERTUNG MITTELS FMEA (MEHRDIMENSIONAL).....	47
3.8.1	Ablauf.....	47
3.8.2	Bewertung.....	48
3.8.3	FMEA-Arten.....	50
3.8.4	IQ Risk Management Tool APIS.....	50
3.9	FAZIT METHODIK.....	51
4	RESULTATE.....	52
4.1	EINLEITUNG.....	52
4.2	FEHLERBAUM.....	53
4.2.1	Beispiel Industrie.....	54
4.2.2	Beispiel Dienstleistung.....	56
4.3	HUMAN-FMEA.....	58
4.3.1	Formblatt.....	58
4.3.2	Risiko-Prioritätszahl der Human FMEA.....	63
4.3.3	Formblatt: Beispiel Industrie.....	67
4.3.4	Formblatt: Beispiel Dienstleistung.....	68
4.4	MASSNAHMEN NACH TOP.....	69
4.5	SWOT-ANALYSE DER HUMAN FMEA.....	70
4.6	UMSETZUNG.....	71
4.6.1	Theoretischer Umsetzungsablauf.....	72
4.6.2	Ablauf proaktiver Subprozesse.....	73
4.7	FAZIT.....	74
5	DISKUSSION.....	76
5.1	RISIKOBEWERTUNG MITTELS RCA (ROOT CAUSE ANALYSIS).....	76
5.1.1	Vorgehensweise.....	76
5.1.2	Fazit.....	78
5.2	EINFÜHRUNG EINER FEHLERKULTUR IM UNTERNEHMEN.....	78
6	SCHLUSSWORT.....	80

7	BIBLIOGRAPHIE	81
7.1	LITERATUR.....	81
7.2	INTERNET	82
7.3	PERSONEN	83
8	APPENDIX.....	84
8.1	TABELLENVERZEICHNIS	84
8.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	85
8.3	URSPRÜNGLICHER TERMINPLAN	86

1 Ausgangslage

1.1 Aufgabenstellung

1.1.1 Thema

Innerhalb des Risikomanagements wird für die Bewertung von technischen Risiken häufig die Methode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) verwendet: Aufgrund der Eintrittswahrscheinlichkeit sowie der Tragweite, die ein technisches Risiko als Schadenspotential in sich trägt, wird dem jeweiligen Risikoelement eine Risikoprioritätszahl zugeordnet, welche sich durch die Ergriffung verschiedener, präventiver Massnahmen variieren lässt.

Da jedoch vielfach menschliches und nicht technisches Versagen für grosse Schadensfälle verantwortlich ist, der Mensch aber aus gewissen Bereichen schlicht nicht weg zu denken ist, sollte dem menschlichen Handeln und den damit verbundenen Risiken grössere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

1.1.2 Aufgabe

Im Rahmen der Diplomarbeit sollen die Möglichkeiten einer Realisierung einer Menschenbezogenen FMEA (Human-FMEA) betrachtet werden. Die Einsatzbereiche einer Human-FMEA Methode sind immens. In all jenen Bereichen, in welchen Menschen entscheidend in einen Arbeitsprozess involviert oder für die Einhaltung verschiedener Qualitätsmerkmale verantwortlich sind, ist es wichtig die Schwachstellen des menschlichen Handelns zu kennen. Hierzu soll versucht werden, die Grenzen der menschlichen Handlungsfähigkeit genauer zu ermitteln, um eine Verminderung des menschlichen Risikopotentials zu erreichen.

Im Quervergleich zur technisch orientierten FMEA-Methode soll analysiert werden, inwiefern sich diese Ansätze vergleichen lassen, resp. unterscheiden.

1.1.3 Ziel

Es soll herausgearbeitet werden, inwiefern menschliche Risikoelemente Einfluss auf einen Arbeitsprozess ausüben und wie stark sich diese Risikoelemente standardisieren bzw. schematisieren lassen. Nicht zuletzt soll versucht werden, die Frage zu beantworten, ob und wie sich das Risikopotential der Schwachstelle Mensch vermindern lässt.

1.1.4 Umsetzung

Diese DA wird im Auftrag von Prof. Ulrich Raess umgesetzt, die Resultate sollen ev. in den zukünftigen Unterricht des Kompetenzzentrums integriert werden.

Schwierigkeitsgrad: 10

1.2 Terminologie und Begriffsdefinition

Während unserer Suche nach den Definitionen der einzelnen Begriffe stellten wir mehrere unterschiedliche Auslegungen fest. Meist sind diese Definitionen stark fachthemenbezogen. Wir versuchten jedoch, allgemein formulierte Begriffserklärungen zu finden oder zu erarbeiten. Daher schrieben wir nötigenfalls eine eigene Formulierung nieder. Um Unklarheiten und Konflikte mit bestehenden Definitionen zu vermeiden, stellen wir auch die für uns passenden fundierten Terminologien zur Verfügung, womit allfällige Differenzen erkennbar sind.

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Die „Failure Mode and Effect Analysis“ wird im deutschsprachigen Raum auch als „Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse“ bezeichnet und wurde 1980 als „Ausfalleffektanalyse“ in die DIN 25448 aufgenommen. Die FMEA ist als Methode zur präventiven Fehlervermeidung innerhalb des Qualitätsmanagements zu verstehen. Diese wird vor allem in der Planungsphase, im Speziellen in der Design- und Entwicklungsphase, eingesetzt, um mögliche Fehler frühzeitig zu erkennen und durch Verhinderungsmassnahmen eliminieren zu können. Sie kann allerdings auch bei bereits aufgetretenen Fehlern eingesetzt werden.

Risikoprioritätszahl (RPZ)

Um ein fassbares Mass für das Risiko eines Fehlers zu erhalten, verwendet man die so genannte Risikoprioritätszahl. Diese setzt sich aus dem Produkt der Auftretenswahrscheinlichkeit, der Bedeutung und der Entdeckungswahrscheinlichkeit zusammen ($A \cdot B \cdot E = RPZ$). Diese Faktoren werden als natürliche Zahl zwischen eins und zehn angegeben, wobei ein tiefer Wert (nahe eins) ein geringes Risiko und ein hoher Wert (nahe zehn) ein ernstes Risiko darstellt. Die Risikoprioritätszahl kann daher einen Wert zwischen eins und 1'000 einnehmen.

Auftretenswahrscheinlichkeit

Die Auftretenswahrscheinlichkeit ist ein Mass für die Häufigkeit der zu erwartenden Fehler. Tiefe Werte spiegeln einen sehr seltenen, hohe einen sehr häufigen Fehler wider.

Bedeutung

Unter der Bedeutung versteht man die Tragweite oder das Ausmass eines Fehlers auf das betrachtete System. Dabei bedeutet ein tiefer Wert eine kaum wahrnehmbare Auswirkung.

Entdeckungswahrscheinlichkeit

Falls trotz umgesetzter Vermeidungsmassnahmen ein Fehler auftritt, gibt dieser Wert die Chance auf ein frühzeitiges Erkennen und Beheben an, wobei ein tiefer Wert (nahe eins) eine grosse Wahrscheinlichkeit zur Früherkennung darstellt.

HACCP

Die „Hazard Analysis and Critical Control Points“ Methode wird in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Dabei werden die kritischen Punkte eines Prozesses ermittelt und Kontrollen zur Qualitätsprüfung festgesetzt. Es werden hauptsächlich die Ausgangsmaterialien und die Bedingungen des Produktionsprozesses betrachtet.

Fehler

Es existieren verschiedene Definitionen eines Fehlers, obschon jeder Mensch zu wissen scheint, was ein Fehler ist. Wir möchten daher die aus unserer Sicht zutreffendsten Varianten erwähnen.

Eine Definition¹ lautet, dass ein Fehler eine Abweichung vom Soll darstellt. Ein anderer Erklärungsversuch wiederum spricht von einem Handeln, das negative Konsequenzen nach sich zieht. Tatsache ist jedenfalls, dass die praktische Fehler-Definition stark von der persönlichen Einschätzung und den eigenen Werten abhängt.

Dr. B. Winkler, die Personalchefin von Pfizer meint sogar: „Was als Fehler gewertet und gesehen wird, hängt auch sehr stark von der jeweiligen Unternehmenskultur ab.“

¹ Prof. Dr. Karmasin, F. Österreichisches Marktforschungs-Institut

1.3 Ablauf

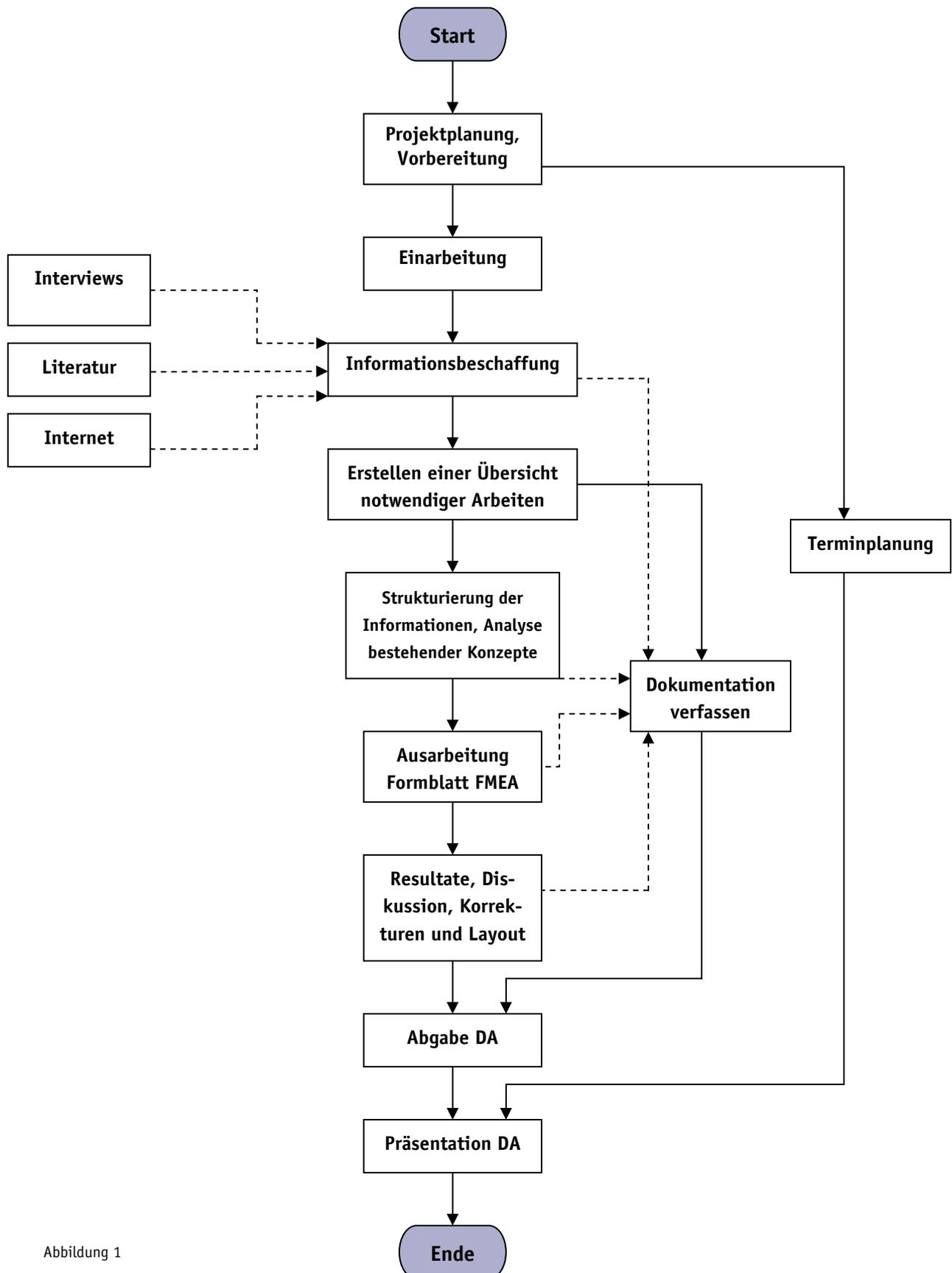


Abbildung 1

1.4 Terminplan

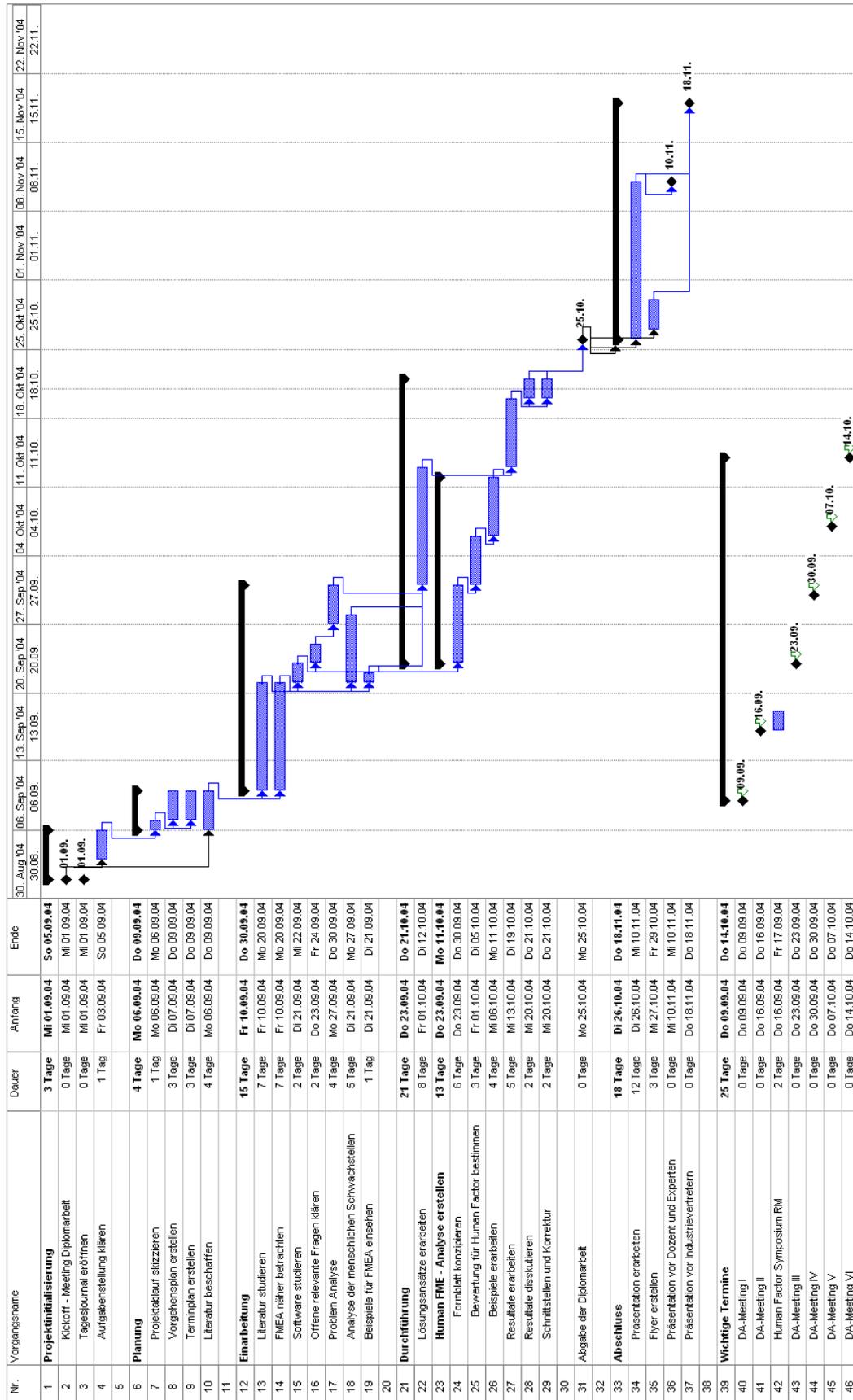


Abbildung 2

2 Problemanalyse

Für eine Unternehmung ist es wichtig, die Schwachstellen eines Arbeitsablaufs, sei dies nun einer Produktion oder innerhalb eines Dienstleistungsbetriebs, zu entdecken und entsprechende risikomindernde Massnahmen einzuleiten. Die Kosten, welche durch Schwachstellen der Prozesse im Laufe einer Produktion oder Dienstleistungserbringung verursacht werden, sind immens. Diese Kosten können als Qualitätsindikator genutzt werden, sprich durch die Analyse von Ausschusszahlen, Kundenreklamationen, Rückrufaktionen und Verkettung von Folgefehlern kann ermittelt werden, welcher Teil der aufgewendeten Ressourcen gewinnbringend eingesetzt werden konnten, und inwiefern Konstruktions-, Informations-, Produktions- und Installationsfehler den Ertrag schmälern. Die grössten Schäden entstehen in erster Linie durch Rückrufaktionen gesamter Produktpakete, wie beispielsweise Automobilen, oder durch Nichterfüllung von Verträgen und Terminen, da möglicherweise zu viel Ausschuss produziert wurde, um die geforderten Termine einzuhalten und dadurch Konventionalstrafen zu entrichten sind. Weiterführend sind neben den direkten Mehrkosten auch Imageschäden, Time to Market Verzögerungen sowie die Konkurrenzfähigkeit zu betrachten. Durch eine ungenügende Qualität der Produkte sinkt die Kundenzufriedenheit stark und das Potential einer Fehlfunktion steigt, wodurch eventuell sogar ein Sicherheitsrisiko beim Verbraucher oder Benutzer entsteht, und es dem Käufer verunmöglicht wird sich mit der Marke, der Unternehmung oder dem Produkt zu identifizieren. Wird zuviel Ausschuss produziert, sind langwierige und komplexe Testabläufe nötig. Wird viel Zeit für die Ausmerzung von Konstruktionsfehlern benötigt, verzögert sich die Time to Market, sprich die Dauer bis zur erfolgreichen Lancierung eines Produkts oder einer Dienstleistung, was einer Unternehmung in einem umstrittenen Marktsegment bereits in dieser Phase das Genick brechen kann. Die Konkurrenzfähigkeit eines Produktes ist von verschiedensten Faktoren abhängig. Einerseits ist ein Unternehmen heute gezwungen, durch Innovation und „Just in Time“-Management die Entwicklungs-, Konstruktions- sowie die Lagerhaltungskosten für Rohmaterialien, Halb- und Fertigfabrikate niedrig zu halten, andererseits muss die Qualität den stets wachsenden Anforderungen des Kunden gerecht werden. Um eine Brücke zwischen den tiefen Fertigungskosten und den hohen Qualitätsmerkmalen schlagen zu können, bedingt es eines proaktiven, raschen und umfassenden Fehler- bzw. Gefahrenmanagements. Im Praxisalltag zeigt sich, wie schwer es ist, die Fehlerkosten zu senken und eine verbesserte oder zumindest gleich bleibende Produktqualität zu erzielen; beispielsweise ergab eine Untersuchung von Kamiske², dass deutsche Unternehmen 30% ihres Umsatzes für die Fehlerbehebung aufwenden, oder eine Studie von Juran³ zeigte, dass ein Drittel aller Unternehmensaktivitäten die Nachbearbeitung bereits erledigter Aufgaben umfassen.

² Kamiske, G. & Baur, JP. Qualitätsmanagement von A bis Z. Hanser Verlag, München 1992

³ Juran, J.M. Der neue Juran. mi Verlag, 1992

2.1 Technisches versus menschliches Fehlverhalten

Zur Verbesserung oder Stabilisierung der Produktqualität oder zur Senkung der Fehlerkosten stehen im Qualitätsmanagement verschiedene Methoden zur Verfügung, wie beispielsweise die Gefahrenanalyse, welche häufig zur Eruiierung von Gefahrenquellen für den Menschen eingesetzt wird oder die FMEA, welche vorzugsweise in der Industrie zur Identifizierung zukünftiger, relevanter Risiken sowie zur Quantifizierung von Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit sowie der Tragweite eingesetzt wird, zur Verfügung. Weiterführend fließen natürlich auch die Ergebnisse von Root Cause- und Failure Tree-Analysen, aus dem Bereich Risikomanagement, zur Identifizierung von Fehlerursachen und Kausalitäten ins Qualitätsmanagement ein. Ein Schwachpunkt der meisten dieser Qualitätsmanagementmethoden befindet sich jedoch in der Ausrichtung auf systematische und meist technische Fehler. Statistisch kann dies gut nachvollzogen werden, denn wenn z.B. mehrere Maschinen desselben Typs produziert werden und hierfür in allen Maschinen ein Teil mit denselben schwachen Qualitätsmerkmalen eingebaut wird, scheint es einleuchtend, dass in allen Maschinen genau dieses Teil zu einem Defekt führt, und dies in einem vergleichbaren Zeithorizont. Somit kann in den meisten Fällen ein systematischer Defekt dieses Teils bewiesen werden, und da die Beanspruchung des Stücks in allen Maschinen vergleichbar ist, wird der Ausfall, bei gleich bleibender Testbedingung, auch zu einem ähnlichen Zeitpunkt registriert werden können. Dabei ist zu bemerken, dass die meisten technischen Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Beschaffenheit von Maschinenteilen und deren Anfälligkeit auf Fehler, gut bewertbar sind, da die Widerstandsfähigkeiten von Materialien leicht ermittelbar sind, und die Belastungen der involvierten Komponenten anhand von Testreihen und Erfahrungswerten ersichtlich werden. Durch adäquate Massnahmen können solche technischen Risiken vermindert werden.

Betrachtet man die Fehlerursachen jedoch im Gesamtkontext und bezieht die Entwicklung sowie die Interaktion und Steuerung der Maschinen durch Menschen mit ein, so muss festgestellt werden, dass begangene Fehler häufiger auf den Human Factor, als auf ein Versagen technischer Mittel zurückzuführen sind. Um dies zu illustrieren, betrachten wir kurz die häufigsten Fehlerursachen aus dem Medizinalbereich⁴: Die häufigsten Schadensursachen im Medizinalbereich sind mit knapp zwei Dritteln handwerkliche Fehler des Personals (Ärzte oder Pflegepersonal). Als zweithäufigste Fehlerquelle sind Denkfehler, welche etwa mit einem Viertel zu beziffern sind. Weitere einflussreiche Bereiche, in denen es zu Fehlverhalten kommt, sind die Kommunikation unter den Medizinalangestellten sowie fehlerhafte Dokumentationen. Erstaunlicherweise ist der falsche Umgang mit Maschinen oder Maschinenfehler mit lediglich einem Siebzehntel anzugeben, wobei hier wiederum die Interaktion zwischen Mensch und Maschine deutlich mehr Gefahren aufzeigt als ein alleiniges Versagen des Geräts. Selbstverständlich muss im Medizinalbereich berücksichtigt werden, dass der Mensch nach wie vor das zentrale Element darstellt. In dieser Branche ist es noch nicht möglich, komplexe Prozesse durch Maschinen ausführen zu lassen und zu automatisieren. Dies liegt einerseits an der Individualität der Patienten selbst und andererseits an den komplexen, spezifischen Problemen derselben. Für die meisten Erkrankungen existieren verschiedene Heil- oder Operationsmethoden, welche anhand von Verträglichkeit und Verhältnismässigkeit individuell eingesetzt werden müssen.

⁴ Referat R. Beck, Basler-Versicherungen, Juni 2001

Es ist schwierig den menschlichen Einflussfaktor zu bewerten. Obschon jeder das Gefühl von Müdigkeit oder Stress selbst kennt, ist dessen Einfluss auf die gelieferte Arbeit nicht leicht zu beurteilen, da im Gegensatz zu Produktionsmaterialien jeweils ein Individuum zu berücksichtigen ist. Beispielsweise gibt es Menschen, welche unter starker Belastung im Arbeitsumfeld ungenügende Leistungen erbringen und mit Konzentrationsschwierigkeiten oder Blackouts zu kämpfen haben, andererseits brauchen gewisse Mitarbeiter gar ein wenig Druck, damit sie ihre Arbeitszeit effizient nutzen. Jede Person reagiert verschieden auf Probleme und geht daher auch individuell mit diesen um. Es sollte dementsprechend darauf geachtet werden, inwiefern das menschliche Handeln jedes Individuums verglichen werden kann, um die Position eines Fehlverhaltens identifizieren zu können.

Aus den beiden obenstehenden Abschnitten geht eines klar hervor: Ist ein Mensch entscheidend in einen Arbeitsprozess involviert, und ist er für dessen Ausführung verantwortlich, kann bei Fehlern nicht von einheitlichen Ursachen ausgegangen werden. Bewiesenermassen haben diese so genannt „zufällig auftretenden“ Fehler jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der Fehlerkosten sowie die Produktqualität. Wie kann nun aber mit den vorhandenen Qualitätsmanagement-Werkzeugen eine präventive Fehlervermeidung, unter Einbeziehung menschlicher Fehler, zur nachhaltigen Steigerung der Produktqualität und Senkung der Fehlerkosten realisiert werden?

2.2 IRM

Das Incident Risk Management ermöglicht den Mitarbeitern, aus ihren begangenen Fehlern zu lernen. Die Mitarbeiter lernen ihre Fehler nicht zu verschweigen oder unter den Teppich zu kehren, sondern aus ihnen zu lernen und somit wesentlich zur Vermeidung von Folgefehlern beizutragen. Das IRM geht von der Annahme aus, dass grosse Fehlerkosten und Schäden durch eine Verkettung von kleineren Fehlern (incidents) entstehen, welche in diesem System direkt an der Wurzel bekämpft werden sollen. Das Incident Risk Management benötigt jedoch eine gefestigte Fehlerkultur unter den Mitarbeitern; jeder muss lernen, bereits kleine Fehler zu erkennen, zu seinen Eigenen zu stehen und das Gelernte umfassend umzusetzen. Ein entsprechendes Reporting-System und die Bearbeitung gemeldeter Vorfälle kann in einem grossen oder sicherheitsorientierten Unternehmen jedoch bald einen beachtlichen Aufwand verursachen. Das System erkennt aber, dass die Menschen zufällig und teilweise unbewusst Fehler machen, versucht sie zu motivieren, diesen entgegenzuwirken und nicht zu bestrafen, und bringt bei der richtigen Unternehmenskultur den entscheidenden Vorteil eines guten Arbeitsklimas mit einem gegenseitigen, konstruktiven Kontrollmechanismus mit sich.

2.3 Deming

Mit dem Demingkreis soll die gesamte Produktion von einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess begleitet werden. An verschiedenen Stellen der Produktion sind Kontrollmechanismen eingefügt, welche die Mitarbeiter zwingen, die erledigten Prozessschritte zu überprüfen, Verbesserungsvorschläge zu formulieren und aus begangenen Fehlern zu lernen. Der Demingkreis, welcher seine Popularität vor allem japanischen Automobilherstellern zu verdanken hat, hält sich an das „Plan-Do-Check-Act“-Modell. Nach einem vollständig abgeschlossenen Prozess wird ein Review durchgeführt und durch die Ergreifung von Massnahmen eine stetige Verbesserung

erreicht. Durch die Prozessorientierung wird deutlich, dass nicht ein spezieller Bereich, sondern nur ein Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation zu einer signifikanten Fehlerreduzierung führen kann. Bei der Mitarbeiterorientierung wird der Mensch als Schlüsselement erkannt, das Arbeitssystem kann durch seine Motivation, seine Aufmerksamkeit und sein Umfeld wesentlich verbessert werden.

2.4 Arbeitszeit versus Freizeit

Ein weiteres Problem unserer Zeit stellt die zunehmende Diskrepanz zwischen den Leistungsanforderungen im Unternehmen und der Fun-Kultur in der Freizeitgestaltung. Einerseits wird dem Menschen während seiner Arbeitszeit immer mehr Leistung abverlangt; er sollte fortlaufend seine Produktivität und damit verbunden seine Effizienz und Effektivität verbessern, um ein stetiges Wachstum des Unternehmens zu ermöglichen. Andererseits geht der Trend in die Richtung, dass der Mensch die übrig gebliebene Freizeit umso mehr nutzt, um einen Ausgleich zur stressigen und kräftezehrenden Arbeitswelt zu schaffen. Dieser Ausgleich tendiert jedoch immer weniger zur ruhigen Entspannung, sondern soll verstärkt durch eine aktive Freizeitgestaltung erreicht werden. So genannte Risiko- und Fun-Sportarten (Bungee-Jumping, Zorbing, Free Climbing, Base-Jumping, Paragliding, Skating, Heliboarding, etc.) werden laufend neu erfunden oder „verbessert“. Wobei eine solche Verbesserung nicht selten einer Verschärfung und nicht einer Senkung des Risikos gleichkommt. Trotzdem treffen diese Extrem-Sportarten auf ein vermehrtes Interesse in der Gesellschaft und liefern gute Verdienstmöglichkeiten für die Betreiber. Der Wunsch des Individuums, seine verbleibende Freizeit „extrem“ auszunutzen, und der Wunsch des Unternehmens, dass seine Mitarbeiter immer mehr Leistung erbringen und Belastungen standhalten sollen, stehen zunehmend in Konkurrenz. Denn dementsprechend möchte sich der Mensch im Arbeitsumfeld möglichst nicht verausgaben, um noch Kraft für Freizeit zur Verfügung zu haben, das Unternehmen wünscht jedoch, dass sich der Mitarbeiter in seiner Freizeit möglichst erholt, um den erhöhten Anforderungen gerecht zu werden.

2.5 Fazit

Es gibt verschiedene Methoden und Ansätze, welche darauf abzielen, Fehler zu untersuchen und Massnahmen zu deren Verminderung zu finden. Dennoch ist keine Methode spezifisch auf die Betrachtung des menschlichen Handelns ausgerichtet, obschon jeder Fehler auf den Menschen und seine Unvollkommenheit zurückzuführen ist.

Im Rahmen unserer Arbeit werden wir die FMEA genauer betrachten und versuchen menschliche Fehler zu fokussieren, um innerhalb des Fehlerbaums mögliche Ursachen angeben zu können. Bis heute behandelt die klassische FMEA ein Problem bis zur Ebene des offensichtlich aufgetretenen Fehlers. Wenn wir vom Beispiel einer defekten Maschine ausgehen, wird die Untersuchung bis zur Entdeckung einer fehlerhaften Wartung durchgeführt. Wir möchten nun an diesem Punkt anknüpfen und die Ursache für diese inkorrekte Wartung eruieren, sei nun ein Verständnisproblem zwischen der Wartungsmannschaft und dem Vorgesetzten oder eine Ausbildungslücke des Wartungspersonal dafür verantwortlich gewesen. Dadurch kann die Wurzel des Problems angegangen werden, und es werden keine Symptome behandelt.

2.6 Relevante Fragen

Wir möchten einige relevante Fragen formulieren, welche uns entscheidend im Problemlösungsprozess unterstützen sollten. Diese stecken den Umfang unserer Arbeit ab und sollen den Weg zum Ziel unserer Diplomarbeit aufzeigen.

Lässt sich der Human Factor ins die technisch orientierte FMEA transferieren?

Dies wird wohl die zentralste Frage dieser Arbeit sein. Die FMEA ist eine bewährte Methode des Risiko- und Qualitätsmanagements, welche nun bereits seit über 20 Jahren für die Evaluation technischer Risiken eingesetzt wird. Soll nun der Mensch und sein Fehlverhalten innerhalb dieses Systems in den Mittelpunkt gerückt werden, stellt sich die Frage ob eine proaktive Analyse überhaupt noch realisiert und inwiefern die Repräsentationskraft der Studie erhalten werden kann. Denn eine Bewertung mit einem einheitlichen Schema und identischen Massnahmen kann bei der Berücksichtigung der Individualität ausgeschlossen werden.

Wodurch wird der Mensch täglich beeinflusst?

Dass der Mensch in Form des Mitarbeiters einen immensen Einfluss auf die Produktivität des Unternehmens hat, haben viele Manager der Teppich-Etage in letzter Zeit leider vergessen. Die Frage nach fehlerhaften Handlungen der Mitarbeiter, sollte eigentlich mit der Frage nach Verbesserungsmöglichkeiten und Motivationspotentialen im Unternehmen einhergehen. Sprich das Unternehmen sollte sich vor allem Gedanken darüber machen, wie es entscheidend zur Verhinderung von menschlichen Handlungsfehlern beitragen kann, statt sich lediglich dafür zu interessieren an welcher Stelle, welche Fehler von welchem Mitarbeiter begangen wurden. Denn es liegt in der Natur des Menschen Fehler zu machen, entscheidend ist nur was er daraus lernt.

Neben den Einflussfaktoren des Unternehmens beeinflussen noch unzählige weitere Faktoren das menschliche Fehlerpotential, welche wir in dieser Arbeit ebenfalls genauer betrachten möchten.

Bis zu welcher Ebene kann das Unternehmen Massnahmen zur Leistungsverbesserung ergreifen, und wo würde ein Übergriff in die Privatsphäre des Menschen stattfinden?

Auch die obige Frage wird eine zentrale Rolle innerhalb dieser Arbeit einnehmen, dennoch wird sie wahrscheinlich nicht abschliessend geklärt werden können, denn die Wertvorstellungen der Wirtschaft, aber auch diejenigen unserer Gesellschaft verändern sich laufend. Dennoch werden wir versuchen, eine mögliche Grenze zur individuellen Ebene und der Privatsphäre des Mitarbeiters aufzuzeigen und dem Unternehmen trotzdem Möglichkeiten darzulegen, unternehmensspezifische Verbesserungen vorzunehmen. Auf den unter „Arbeitszeit versus Freizeit“ beschriebenen Interessenkonflikt wird jedoch kaum Einfluss ausgeübt werden können. Soll sich diese Kontroverse in Zukunft nicht weiter verschärfen, müssen beide Seiten, sowohl das Personal wie auch die Unternehmung, Kompromisse eingehen und einen gemeinsamen Weg finden.

3 Lösungsansätze

3.1 Menschliche Handlungsfehler

3.1.1 Definition

Um von menschlichen Handlungsfehlern sprechen zu können, möchten wir versuchen, diese zu definieren.

Ein Mensch vollzieht laufend Handlungen verschiedenster Art; er besitzt die Fähigkeit, diese zu strukturieren und somit sein Ziel zu erreichen. Genauere Informationen möchten wir zu einem späteren Zeitpunkt mit der Beschreibung der menschlichen Handlungsregulationstheorie bieten. Erreicht ein Mensch das Ziel seiner Handlungen nicht oder unzureichend, spricht man von einem Handlungsfehler. Als erste Definition muss daher das Ziel einer Handlung erreicht werden. Daraus abgeleitet kann gefolgert werden, dass dieses Ziel einerseits erreichbar sein muss und andererseits erst von einem Fehler gesprochen werden kann, wenn der Fehler als vermeidbar zu bewerten ist und dadurch nicht zwingend vom System vorgegeben wird. Weiterführend kann das Gesamtziel einer Handlung in mehrere Teilhandlungen und folglich auch Teilziele strukturiert werden. Es ist dementsprechend möglich, einzelne Etappenziele nicht oder ungenügend zu erfüllen und trotzdem das Gesamtziel zu erreichen. Dies wird dem Menschen durch seine Fähigkeit, fehlerhafte Handlungen zu erkennen und zu korrigieren, ermöglicht. Ein weiterer Aspekt, welcher hier an Bedeutung gewinnt, sind die Toleranzgrenzen des Systems. Somit können dem Menschen kleinere Handlungsfehler unterlaufen und das Ergebnis wird, dank definierten Akzeptanzgrenzen, trotzdem vom System als erfolgreich anerkannt.

3.1.2 Grundlagen menschlicher Handlungsfehler

Die Klassifikation menschlicher Handlungsfehler fand ihren Ursprung Mitte der 70er Jahre. Zahlreiche Lektüren untersuchten zu dieser Zeit die Frage, inwiefern menschliche Fehler auftreten und welche unterschiedlichen Merkmale diese Handlungs- oder Ausführungsfehler auszeichnen.

In Rigby's Publikation "The Nature of Human Error"⁵ klassifizierte er die Ausführungsunterschiede menschlichen Handelns primär als Folge der natürlichen Variabilität menschlichen Handelns. Hierzu unterschied Rigby die Fehler entsprechend ihres Auftretens als sporadische, systematische oder zufällige Fehler. Dies entspricht sicherlich einem guten Ansatz, denn Rigby hat bereits zu dieser Zeit erkannt, dass menschliches Fehlverhalten nur schwer schematisierbar und dieses Schema lediglich auf die Auftretenshäufigkeit anwendbar ist. Er sucht nach der Antwort auf die Frage: Was ist geschehen? Er entzieht sich mit der Aussage; [...]die Ursache

⁵ Rigby, L. The Nature of Human Error. Milwaukee 1976

menschlicher Fehler liegt in der natürlichen Variabilität des Handelns“ jedoch einer genaueren Ursachenforschung und begnügt sich mit der dessen Betrachtung als komplexes Netzwerk.

1977 orientierte sich Meister⁶ an der Art von Handlungsfehlern im Arbeitsprozess. Er unterschied die fehlerhafte Ausführung einer erforderlichen Handlung, die Ausführung einer Handlung ausserhalb einer Reihenfolge sowie schlicht die Nicht-Ausführung einer Handlung. Auch dieser Ansatz hat seine Berechtigung. Er untersucht, im Gegensatz zu Rigby, nicht nur das Was, sondern vor allem das Wo. Dieser Ort beschreibt jedoch nicht den „Ort des Auftretens“, welcher zu einem späteren Zeitpunkt an Bedeutung gewinnt, sondern den Ort in der Verkettung menschlichen Handelns. Somit kann bei einer Ursachenforschung nach Meisters Ansatz lediglich geklärt werden, ob ein Arbeitsschritt oder ein Zwischenschritt einer Checkliste ausgelassen wurde. Es ist jedoch nicht möglich, die Ursache eines solchen Ausführungsfehlers auf einer tieferen Stufe des Fehlerbaums zu eruieren.

Es gilt an dieser Stelle somit vermehrt nach der Antwort auf die Frage „Warum ist ein menschlicher Fehler passiert?“ zu suchen. Hierzu möchten wir folgende drei Ansätze unterscheiden.

Swain und Guttman⁷ heben in ihrer Theorie vor allem die Aspekte externer Einflussfaktoren hervor. Dafür werden die Einflussfaktoren, welche mit dem Menschen in Verbindung stehen, berücksichtigt und die menschliche Zuverlässigkeit mittels dem THERP-Verfahren (Technique for Human Error Rate Prediction) ermittelt. Dieser Ansatz betrachtet als einer der ersten auf diesem Gebiet den Menschen nicht als abgeschlossenes und isoliertes System, sondern trägt der Beeinflussung von aussen Rechnung. Leider werden aber kognitive Tätigkeiten bei der Informationsverarbeitung kaum berücksichtigt, was zu einer grossen Lücke in der Betrachtung führt, denn schliesslich gehen Menschen bei ihrer Interaktion automatisch von gewissen Voraussetzungen aus.

Genau diesem Informationsverarbeitungsprozess widmet sich Hacker⁸ im Jahre 1986 in seiner Publikation über Arbeitspsychologie. Er führt die menschlichen Handlungsfehler auf Fehler im Informationsverarbeitungsprozess zurück und verknüpft sie somit mit der fehlenden oder falschen Nutzung von Informationen. Leider enden seine Ausführungen jedoch auch mit diesem Ansatz und tragen externen sowie unternehmensbezogenen Einflussgrössen keine Rechnung.

Rasmussen⁹ erkennt in seinem Ansatz, dass Handlungsfehler durch das Zusammenspiel einer Vielzahl von Einflussgrössen verursacht werden. Er greift hierfür die drei Ebenen der Handlungsregulationstheorie von Hacker auf, welche wir im Folgenden kurz beschreiben möchten, sowie auf Belastungs- und Beanspruchungsfaktoren zurück. Rasmussen schliesst daraus, dass Handlungsfehler nur aus der Gesamtsituation einer Aufgabe beschrieben werden können.

⁶ Meister, D. Methods of Predicting Human Reliability in Man-Machine Systems. 1966

⁷ Swain, A.D. & Guttman, H.E. Handbook of Human Reliability Analysis. Albuquerque 1983

⁸ Hacker, W. Arbeitspsychologie. VEB Verlag. Berlin 1986

⁹ Rasmussen, J. New Technology and Human Error. Willy & Sons Ltd. New York 1987

3.1.3 Exkurs Handlungsregulationstheorie

Wie bereits erwähnt, definierte Hacker in seinen Ausführungen eine Handlungstheorie. Er geht in seinen Ausführungen von einem Prozess des „Selbstgesteuerten Handelns zur Arbeitsverrichtung“ aus, sprich einer motorischen Verrichtung einer Handlung muss die gedankliche Verarbeitung und Strukturierung der Aufgabe und des Handlungsziels vorhergehen. Einer solchen Verarbeitung gehen verschiedene Wahrnehmungen voraus, beispielsweise das Lesen, Hören und Verstehen von Anweisungen oder das Riechen einer verbrannten Leiterplatte bei Überhitzung im Fertigungsprozess.

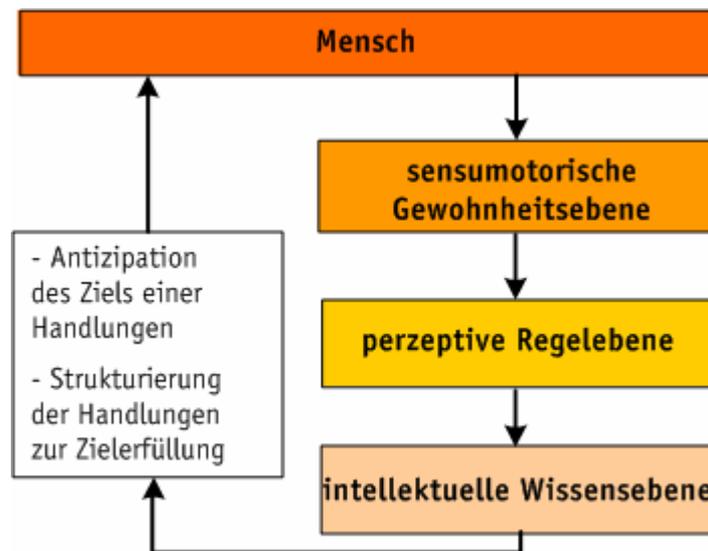


Abbildung 3

„Auf der untersten sensumotorischen Ebene werden Handlungen durch einfache Bewegungsabläufe [...] gelenkt, welche nicht unbedingt in das Bewusstsein des Handelnden gelangen.“¹⁰

Diese Ebene beschreibt, dass der Mensch in der Lage ist, Aufgaben auszuführen ohne sich Gedanken über die genauen motorischen Abläufe zu machen. Dieser Teil äussert sich in fast allen menschlichen Handlungen, beispielsweise kann ein Mensch von einem Stuhl aufstehen und sich davon entfernen, ohne sich tiefgründige Gedanken zu machen, dass er dazu ein Bein vor das andere setzen muss oder welchen Muskelpartien er sich zu bedienen hat.

„In der Regelebene werden Handlungsentwürfe und –schemata vorbereitet und Operationsfolgen situationsgerecht modifiziert. Die bewusste Wahrnehmung situativer Besonderheiten ist eine Voraussetzung.“ [ibid]

Bevor ein Mensch eine Handlung vollzieht, strukturiert er sie in viele kleinere Handlungen und entwirft geistig einen Ablaufplan zur Zielerreichung. Umgebungsbedingungen und Besonderheiten können sowohl auf einzelne Teilhandlungen als auch auf den zeitlichen Ablauf Auswirkungen haben. Um das kleine Beispiel wieder aufzugreifen, könnte beschrieben werden, dass ein

¹⁰ Algedri, J. & Frieling, E. Human FMEA, Hanser Verlag, München 2001

Mensch automatisch weiss, dass er zuerst vom Stuhl aufstehen muss, um sich davon entfernen zu können. Weiterführend wird er in die Handlung allfällige Hindernisse auf seinem Weg mit einbeziehen.

„Auf der intellektuellen Wissensebene steht das Entscheidungsverhalten des Handelnden an Stellen des Arbeitsprozesses im Mittelpunkt, die eine Auswahl von Arbeits- bzw. Verfahrensalternativen ermöglichen.“ [ibid]

Diese Ebene hat eine entscheidende Funktion in der Handlungstheorie, denn erst ab dieser Stufe erkennt der Mensch seine Entscheidungsfreiheit. Sie ermöglicht das Einsetzen von alternativen Problemlösungsszenarien und eine individuelle Entscheidung über den Ablauf und die Planung von Handlungen. Auf dieser Ebene wird es dem Menschen auch ermöglicht, seine eigenen Handlungen zu reflektieren und zu überwachen. Zurückgeführt auf die obige Beispielsituation stellt sich ein Mensch die Frage, ob er aufstehen will und warum er dies tun sollte.

Schlussendlich ist diese Ebene für die Human FMEA von grösster Bedeutung, denn hier erkennt ein Mensch seine Handlungsfreiheit und kann seinen Erfolg selbständig reflektieren. Nicht zuletzt, da der Mensch das Ziel seiner Handlung gedanklich antizipiert und seine Handlungen zu dessen Erreichung strukturiert. Dank dieser Fähigkeit kann er seine Handlungen ständig regulieren.

Aus diesen Erkenntnissen stellt sich nun die Frage: Warum macht ein Mensch Fehler, wenn er doch in der Lage ist, sein Handeln zu überprüfen und gegebenenfalls Korrekturmassnahmen zu ergreifen? Diese Frage beantwortet sich einerseits aus der Handlungsregulationstheorie und andererseits aus Faktoren, die den Menschen tagtäglich beeinflussen. Aus der Handlungsregulationstheorie geht hervor, dass der Mensch sein reales Entscheidungspotential lediglich auf der intellektuellen Ebene erkennt. Handlungen können somit auf der Regel- oder Gewohnheitsebene falsch strukturiert oder ausgeführt werden, ohne dass dies dem Menschen bewusst ist. Vermeidbare Handlungsfehler können folglich häufig einer dieser beiden Stufen zugeordnet werden.

3.1.4 Klassifikation

Um einen möglichen Fehlerkatalog menschlicher Handlungsfehler definieren zu können, muss man diese unterscheiden können. Dies wird erreicht, indem die Fehler analysiert und ihnen verschiedene Attribute zugeordnet werden. Um einen sinnvollen Bezug zur FMEA herstellen zu können, müssen neben der aufgetretenen Fehlerart sicherlich dessen Ursachen und Folgen ermittelt werden. Für ein Unternehmen kann es jedoch sehr interessant sein, weitere Attribute zu definieren, um beispielsweise herauszufinden, welche Stellen in den Fehlerprozess involviert oder welche Abteilungen entscheidend für die Definition einer fehlerfördernden Systemumgebung verantwortlich sind. Wir schlagen im Folgenden verschiedene Attribute vor, welche wenn möglich nach der Identifikation eines Handlungsfehlers ermittelt werden sollten.

Human Factor	FMEA Attribute	Arbeitsprozessverantwortung
Handlungsfehler (Fehlerursachen)	Fehler	Arbeitsprozess des Auftretens
Zuteilung der Handlungsphase	Fehlerfolgen	Arbeitsprozess der Herkunft
Einflussfaktoren		
Beeinflussbarkeit		
Mögliche Ursachen		

Tabelle 1

Weiterführend ist es bei der Fehleranalyse, in Verbindung mit einer Human-FMEA, für eine Unternehmung von grosser Wichtigkeit, die Auftretensform von Handlungsfehlern zu erfassen. Verschiedene Quellen unterscheiden hierfür systematische, sporadische und zufällige Fehler. Als systematisch kann ein Fehlverhalten bezeichnet werden, welches stets und ungefähr gleichmässig vorhanden ist. Zudem wird diese Auftretensform, dem Namen zugrunde liegend, von einem System und nicht von einem einzelnen Individuum verursacht. Meist können die Ursachen systematischer Fehler der Technik, Infrastruktur, Lokation oder dem Ausbildungswesen zugeordnet werden. Sporadische Fehler sind durch ihre Charakteristik schwer identifizierbar, denn sie treten nur unregelmässig auf, bergen jedoch ein erhebliches Risikopotential in sich. Die zufälligen Fehler bilden innerhalb dieser Arbeit die wichtigste Auftretensform, denn sie sind häufig auf menschliche Handlungsfehler zurückzuführen. Werden zum Beispiel hundert Fertigfabrikate produziert, und weist nur eines dieser Teile Qualitätsmängel auf, kann dies als zufälliger Fehler eingestuft werden, welchem meistens ein menschlicher Handlungsfehler zugrunde liegt. Denn wäre eine Systemkomponente dafür verantwortlich, lägen höchstwahrscheinlich mehr fehlerhafte Teile vor.

Ein weiterer Aspekt, weshalb zufällig auftretende Fehler für das Gebiet der Human-FMEA die bedeutendste Fehlerart darstellt, liegt in ihrer Wechselwirkung mit systematischen Fehlern. Zufälligen Fehlern können Eigenschaften der negativen oder positiven Beeinflussung von Systemfehlern zugewiesen werden. Denn systematische Fehler werden durch menschliche Handlungenfehler verstärkt oder entdeckt. So kann eine falsche Arbeitsanweisung zu einem falschen Verhalten oder, bei Entdeckung, zu einer Korrektur der Anweisung führen.

Ein weiteres bedeutendes Element der Klassifikation stellen die Massnahmen dar. Sie werden zwar zu einem späteren Zeitpunkt genauer erläutert, dennoch können bereits hier gewisse Sofortmassnahmen erkannt oder definiert werden. Diese Massnahmen können auf verschiedene Ursachen oder gar Ursachenebenen abzielen und Fehlerpotentiale auf technischer, organisatorischer oder personeller und kommunikativer Ebene reduzieren.

3.1.5 Handlungsfehlerkatalog

Grundsätzlich können alle menschlichen Handlungen in drei verschiedene Phasen unterteilt werden. Vor jeder Handlung plant der Mensch automatisch den Ablauf der Handlung und trägt die nötigen Informationen zusammen, hierfür bedient er sich entweder internen (Wissen, Erfahrung) oder externen (Personen, Literatur) Quellen. Nach der Planung folgt die Ausführung und abschliessend die Kontrolle der Handlung. Die Struktur dieser Handlungsphasen entnehmen wir dem Buch Human-FMEA von J. Algedri und E. Friedling [ibid] sowie weiteren aufgeführten Quellen. Allerdings wurde der Fehlerkatalog von uns erweitert und durch verschiedene Elemente ergänzt.

Die Unterteilung in Planung, Ausführung und Kontrolle hat zudem den Vorteil, dass eine sehr ähnliche Abstufung auch in den Arbeitsprozessen der Unternehmungen zu finden ist. Sprich bei der Produktion oder in der Bereitstellung einer Dienstleistung wird das Gesamtziel in einzelne Arbeitsprozesse wie Planung, Konstruktion, Fertigung, Kontrolle oder Test, Logistik und Vertrieb unterteilt. Dieser Umstand ermöglicht später eine Zuteilung von Handlungsfehlern zu einzelnen Arbeitsschritten. Zudem ist klar, dass Fehler einer früheren Phase sich auf die Ergebnisse folgender Phasen auswirken, das heisst ein Planungsfehler wird höchstwahrscheinlich Effekte auf die Ausführung ausüben und vielleicht erst in der Kontrollphase entdeckt werden. Um diese Ursache-Wirkung Funktion und den natürlichen Ablauf menschlichen Handelns zu berücksichtigen, wurde der Fehlerkatalog ebenfalls in diese Kategorien unterteilt.

3.1.5.1 Planungsfehler

Fehlerart	Beschreibung
Wahrnehmungsfehler	Hierbei handelt es sich entsprechend der Informationsart um auditive, visuelle oder taktile Wahrnehmungsfehler. Nimmt der Handelnde die durch die Arbeitsumgebung, den Prozess oder das Produkt erzeugten Informationen falsch oder nicht auf, entsteht ein Wahrnehmungsfehler.
Wissensfehler	Sind die für die Vorbereitung notwendigen fachspezifischen oder methodischen Qualifikationen unzureichend, den Handlungsablauf anforderungsgerecht vorzubereiten, wird von einem Wissensfehler gesprochen.
Informationsfehler	Liegen die zur Vorbereitung notwendigen Informationen falsch oder nicht vor, und werden sie zudem über eine Schriftlich- und Mündlichkeit interpretiert, entstehen Informationsfehler.
Gedächtnisfehler	Das menschliche Gedächtnis kann lediglich einen Teil der erhaltenen Informationen speichern. Werden Zusammenhänge unzureichend, Informationen falsch oder nicht abgespeichert, können diese Angaben somit nicht korrekt in den Vorbereitungsprozess integriert werden, liegt ein Gedächtnisfehler vor.

Tabelle 2

3.1.5.2 Ausführungsfehler

Fehlerart	Beschreibung
Wissensfehler	Sind die, für die Ausführung einer Handlung notwendigen fachspezifischen oder methodischen Qualifikationen unzureichend, den Handlungsablauf anforderungsgerecht auszuführen, wird von einem Wissensfehler gesprochen.
Vertauschungsfehler	Der Handelnde vertauscht ein Objekt mit einem anderen.
Mengenfehler	Während der Ausführung bemisst der Handelnde die gewünschte Menge falsch, hierbei kann es sich um zu viel oder zu wenig handeln. Je nach dem gewünschten Produkt, ist die Diskrepanz bezüglich des definierten Sollwertes von unterschiedlicher Bedeutung.
Bedienungsfehler	Ein Bedienungsfehler liegt in der Natur der zunehmend technisierten Arbeitsumgebung. Der Handelnde bedient Gerätschaften, wie Maschinen oder Computer falsch. Aufgrund unzureichender Fähigkeiten, mangelnder Erfahrung oder des hohen Komplexitätsgrades entstehen verschiedenste Folgefehler.
Ablaufsfehler	Der Handelnde vertauscht verschiedene Schritte im Arbeitsprozess, beziehungsweise führt einen Arbeitsschritt vor der Beendigung eines Vorhergehenden aus. Dadurch entsteht ein Fehler im Ablauf.
Lokationsfehler	Fabrikate, bearbeitende Maschinen oder andere Objekte werden vom Handelnden räumlich falsch positioniert.
Auslassungsfehler	Der Handelnde lässt einen, für einen korrekten Ablauf notwendigen, Arbeitsschritt aus.
Hinzufügungsfehler	Ein nicht-erforderlicher Arbeitsschritt wird ohne Notwendigkeit dem Handlungsprozess hinzugefügt. Dies endet in einer unnötigen Arbeitszeitverschwendung und kann allenfalls zu einer Konfusion bezüglich des korrekten Prozessablaufs führen. In einem weiterführenden Gedanken kann der Handelnde auch vergessen, bestimmte Rohmaterialien oder Teile dem Arbeitsablauf hinzuzufügen.
Zeitfehler	Der Arbeitsprozess oder dessen Ausführung dauert zu lang oder zu kurz. Beispielsweise um eine erfolgreiche Übergabe an einen weiteren Prozess vollziehen zu können.
Zeitpunktfehler	Beim Zeitpunktfehler vollzieht der Handelnde seine Ausführung zu früh oder zu spät.

Tabelle 3

3.1.5.3 Kontrollfehler

Fehlerart	Beschreibung
Urteilsfehler	Die Kontrollinstanz ist dafür zuständig, ein abschliessendes Urteil bezüglich verschiedenen Qualitätsmerkmalen zu fällen. Sind diese Merkmalswerte der wichtigen Faktoren bekannt, bildet sich der Kontrollierende jedoch aufgrund dieser ein falsches oder unzureichendes Urteil, wird von einem Urteilsfehler gesprochen.
Beobachtungsfehler	Ein Kontrolleur im Sinne eines Beobachters kann entscheidende Merkmale übersehen, überhören oder verwechseln. Dies geschieht, wenn der Beobachtende aus Informationsdefiziten oder Zeitdruck entscheidende Faktoren nicht oder ungenügend beobachtet.
Wissensfehler	Sind die, für die Kontrolle einer Handlung notwendigen fachspezifischen oder methodischen Qualifikationen unzureichend, die Kontrolle anforderungsgerecht auszuführen, wird von einem Wissensfehler gesprochen. Beispielsweise kennt der Kontrolleur die zu beachtenden Qualitätsmerkmale nicht und wird folglich den Anforderungen nicht gerecht.
Erkennungsfehler	Beobachtet der Handelnde zwar die richtigen Merkmale, erkennt aber ein unter- oder überschreiten des Triggers dieser Faktoren nicht, liegt ein Erkennungsfehler vor.

Tabelle 4

3.1.6 Erweiterter Fehlerkatalog

Neben den Handlungen, welche der Mensch innerhalb eines Unternehmens ausführt, gibt es im zwischenmenschlichen Umgang noch weitere Faktoren und Aufgaben, welche erfolgreich gemeistert werden müssen. Viele dieser Elemente führt der Mensch automatisch aus, ohne sich ihrer Konsequenzen wirklich bewusst zu werden. Einerseits muss der Mensch gewisse Faktoren situativ einschätzen, andererseits werden im Umgang mit anderen Menschen stets einige Rahmenbedingungen vorausgesetzt.

Um diese Tatsache mit einzubeziehen, wurde folgender, erweiterter Fehlerkatalog definiert:

Fehlerart	Beschreibung
Situativer Einschätzungsfehler	Wird ein Mensch mit einer bestimmten Situation konfrontiert, beginnt er diese automatisch nach verschiedensten Gesichtspunkten einzuschätzen. Gefahren, Chancen, Stärken und Schwächen der Situation sowie die damit verbundenen Perspektiven werden eruiert. Durch fehlerhafte Einschätzungen, beispielsweise einer Gefahrensituation, können Unfälle oder unvorhergesehene Ereignisse eintreten.

<p>Zwischenmenschlicher Einschätzungsfehler</p>	<p>Beim Umgang mit anderen Menschen ordnet man diese unbewusst einer Kategorie bereits eingeschätzter Personen zu. Freund oder Feind, nett oder bedrohlich, gesund oder krank. Diese Einschätzung ist von der Natur gegeben und hilft, Feinde zu erkennen, um Gefahren aus dem Weg zu gehen. In der heutigen Zeit werden verschiedenste Menschen akzeptiert und integriert. Kleidung, Hautfarbe, Beruf, Umgang und Kommunikation sind aber weiterhin Elemente, an welchen sich der Mensch gegenüber Anderen orientiert. Solche Merkmale können jedoch durch ihre Mannigfaltigkeit und Komplexität rasch zu Fehleinschätzungen des Gegenübers führen.</p>
<p>Selbsteinschätzungsfehler</p>	<p>Durch seine Persönlichkeit, das Selbstwertgefühl sowie situations- und fähigkeitsbedingten Elementen macht sich ein Mensch eine Einschätzung bezüglich sich selbst und seiner Leistungsfähigkeit. Je nach Persönlichkeitstyp tendiert ein Mensch dazu sich zu über- oder unterschätzen. Wirken zusätzliche Umweltfaktoren auf ihn ein, wird eine realistische Einschätzung ohne objektive Leitparameter sehr schwierig.</p>
<p>Voraussetzungsfehler</p>	<p>Im Umgang mit anderen Menschen setzen wir unheimlich viele Dinge voraus, auch wenn diese Tatsache zu Beginn schwer zu erkennen ist. Angefangen bei der Handlungs- und Urteilsfähigkeit, die wir bei jedem voraussetzen, über die Kommunikation, bei der wir auf beidseitigem Verständnis der Umgangsform und der Sprache aufbauen, bis zur Tatsache, dass Worte und nonverbale Signale für beide Kommunikationsparteien dasselbe bedeuten. Weiterführend setzen wir innerhalb der Arbeitswelt voraus, dass jeder Mitarbeiter die Anforderungen für seine Stelle erfüllt und über die notwendigen Fähigkeiten bezüglich der Bewältigung seiner Aufgabe verfügt. Trifft nun eine dieser Voraussetzungen nicht zu, geht man automatisch von einer falschen Ist-Situation aus.</p>
<p>Kommunikationsfehler</p>	<p>Sprache, Schriftlichkeit, Sender-Empfängermodelle und die Interpretation von nonverbalen Signalen sind nur einige Eigenschaften zwischenmenschlicher Kommunikation. Hinzu kommen unterschiedliche Kommunikationsmerkmale verschiedener Kulturen. Bei der Komplexität menschlicher Kommunikation erstaunt es ausserdem, dass nicht mehr Signale standardisiert wurden. Selbst ein Nicken bedeutet in manchen Kulturen ein „Ja“ und in anderen ein „Nein“. Kommunikationsfehler kommen dauernd vor, der Mensch besitzt jedoch die Gabe, aus nur wenigen Kommunikationsteilen Zusammenhänge abzuleiten. Ist die Wartungsanleitung einer Maschine aber in einer anderen Sprache verfasst als sie der auszuführende Arbeiter versteht, sind Handlungsfehler nahe liegend.</p>

Denk-, Wissens- und Folgerungsfehler	Der Mensch kombiniert in seinem Gehirn gemachte Erfahrungen und gelerntes Fachwissen und durchsetzt diese mit logischen Verknüpfungen. Logisch strukturierte Abfolgen, physikalisch bedingte Reaktionen und die Zusammenhänge unseres Wissens erlauben es dem Menschen, verschiedenste Aufgaben zu meistern. Durch die Vernetzung individuellen und allgemeinen Wissens in Abhängigkeit mit externen Faktoren und Situationen entsteht allerdings ein erhebliches Fehlerpotential.
--------------------------------------	--

Tabelle 5

3.2 Arbeitsprozesszuteilung

Wie bereits erwähnt, ist es von enormer Wichtigkeit zu erkennen, dass der Ort des Auftretens eines Fehler nicht automatisch auch der Ort der Fehlerherkunft darstellen muss. Es scheint logisch, dass Fehler in der Planung oder Konstruktion Auswirkungen auf die Prozesse der Produktion oder Fertigung haben werden. Um Ursachen für menschliche Handlungsfehler am Ort der Herkunft und der dafür verantwortlichen Einflussfaktoren eruieren und bekämpfen zu können, müssen Prozessabhängigkeiten geklärt und zurückverfolgt werden. Diesem Umstand wird in dieser Arbeit in Form der Arbeitsprozesszuteilung Rechnung getragen. Der Prozess, in welchem der Fehler begangen wird, trägt somit auch die Verantwortung für Folgefehler. Folglich müssen fördernde Massnahmen in jenem Prozess ansetzen und allfällige Einflussfaktoren, auf welche das Unternehmen Einfluss ausüben kann, verbessert werden.

Fehlerart	Beschreibung
Startfehler	<p>In der Startphase werden verschiedene Tätigkeiten ausgeführt, um ein Projekt oder Produkt zu initiieren oder zu lancieren. Menschliche Fehler können in folgenden Subprozessen auftreten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Projektorganisation - Vorstudien - Zieldefinition - Projektantrag <p>Handlungs- oder Einschätzungsfehler in dieser frühen Phase können fast keine bis sehr grosse Auswirkungen auf ein Projekt haben. Werden sie rechtzeitig erkannt, kann das Projekt bereits an dieser Stelle wieder verworfen oder Fehler korrigiert werden. Tragen falsche Markteinschätzungen oder Konzepte aber zur Initiierung eines Projektes ohne Erfolgsaussichten bei, beginnt das Unternehmen bereits hier Kapital zu verschwenden.</p>

Planungsfehler	<p>Die Planung entscheidet nicht selten über den Erfolg bzw. Misserfolg eines Projektes. Wird sie effektiv und effizient gestaltet, können erhebliche Mehrkosten eingespart werden. Sie umfasst nachstehende Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strukturierung - Aufwandschätzung - Terminplanung - Ressourcenplanung - Risikomanagement - Qualitätsplanung - Kostenplanung <p>Fehler in der Planungs- oder Startphase können an dieser Stelle in der Projektbewilligungsinstanz entdeckt und korrigiert werden. Da jedoch auch dieser Prozess folgenschwere Auswirkungen haben kann, sind die Kosten und Konsequenzen hier entstandener Fehler signifikant.</p>
Entwicklungsfehler	<p>Nach der Start- und Planungsphase einer Produktlançierung folgt die reale Umsetzung innerhalb der Entwicklung. Sprich die Geschäftsidee wird der Nachfrage des Marktes angepasst und die Rahmenbedingungen für eine Konzeption gesetzt. Berechnungen und erste Entwürfe sowie Prozessskizzen bilden die Grundlage für folgende Prozesse. Dienstleistungen werden dahingehend entwickelt, dass Nutzungskanäle evaluiert und Abläufe umrissen werden. Nach der Entwicklung sollte ein reales Konzept aufgrund der erhobenen Daten erstellt werden können.</p>
Konstruktionsfehler	<p>Je nach Art des Unternehmens werden Produkte oder Dienstleistungen bereitgestellt. Vor deren Produktion oder Bereitstellung bedarf es zuerst einer Konstruktion. Die Konstruktion beinhaltet je nach Art folgende Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Design - Prototyping <p>Fehler vorangegangener Prozesse können hier wiederum entdeckt oder weiterverarbeitet werden. Im Fall einer Weiter- oder Einführung von Fehler haben sie meist direkte Auswirkungen auf die Fertigung oder Bereitstellung.</p>
Konzeptionsfehler	<p>Die Konstruktion von End- oder Zwischenprodukten in einem industriellen Unternehmen kann mit der Konzeption einer Dienstleistung in einem Unternehmen des tertiären Sektors verglichen werden. Die genaue Definition eines Services mit dessen Verantwortlichen und Begünstigten stellt die Grundlage eines Konzepts dar.</p>

	<p>Der Umfang, die Verfügbarkeit, Verrechnungskonditionen, Sicherheitsstandards sowie Bezugskanäle etc. werden in einem solchen Konzept festgehalten und stellen die Rahmenbedingungen für die Dienstleistungserbringung.</p>
<p>Fertigungsfehler</p>	<p>In der Produktion ist die Vielfältigkeit menschlicher Handlungsfehler fast am grössten. Je nach Art des Produktes oder der Dienstleistung müssen viele verschiedene Handlungen vom Roh zum Teil- oder Fertigfabrikat durchgeführt werden. Folgende Subprozesse bieten einen kurzen Auszug:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zuschneiden, lackieren, fräsen, schweissen, etc. - Montierung - Formgebung - Programmierung - Implementierung <p>Sind Fehler in einer der vorheriger Phasen begangen worden, hat die Produktion die grösste Chance, diese zu entdecken, denn hier sind die Auswirkungen vollumfänglich spürbar. Die fehlerhafte Messung, Berechnung oder Konstruktion eines Elements zeigt direkte Auswirkungen im Fertigungsprozess. Um diese besser erkennen zu können, wird mit Toleranzen gearbeitet, denen jedes Teil- oder Fertigfabrikat entsprechen muss.</p>
<p>Betriebsfehler</p>	<p>In einem Dienstleistungsunternehmen kann selten von einem Fertigungsprozess gesprochen werden. Die konzeptionierten Dienstleistungen werden innerhalb des Bereichs Betrieb umgesetzt. Die Verfügbarkeit der Dienstleistung, das Vertrauen in den Betreiber sowie die Integrität der Daten oder Informationen stellen Schlüsselemente des Betriebs dar.</p>
<p>Test-, Kontrollfehler</p>	<p>Für die Einhaltung der Toleranzen sind die Prozesse des Testings oder Controllings verantwortlich. Sie messen, meist stichprobenartig, die einzuhaltenden Merkmale. Unterlaufen in dieser Phase menschliche Fehler, gelangen unter Umständen mangelhafte Fabrikate oder Dienstleistungen in den Vertrieb und somit zum Kunden. In der Informationstechnologie betreibt man Monitoring für die ständige Überwachung der Funktionsparameter von Dienstleistungen. Werden aber falsche Parameter überwacht oder Toleranzgrenzen falsch implementiert, treten Folgefehler auf.</p>

Logistikfehler	Nach erfolgreicher Produktion werden die Produkte oder Dienstleistung weiter verarbeitet oder vertrieben. Zur Logistik zählen Gebiete, wie die Lagerhaltung oder Koordination von Betriebskanälen. Produktionsunternehmen streben heute vermehrt eine „Just in Time“ Logistik an, in welcher versucht wird, die Lagerhaltung zu minimieren und Termine der Anlieferung sowie der Abnahme möglichst genau zu planen. Fehler in diesem Gebiet führen zu einem schlechten Warenumschlag oder bei Nichteinhaltung von Vertragskonditionen (z.B. betreffend Verfügbarkeit, Integrität, Sicherheit, Qualität) drohen gar Konventionalstrafen.
Vertriebsfehler	Durch den Vertrieb erreichen die Produkte oder Dienstleistungen eines Unternehmen den Zwischenhändler oder Endverbraucher. Terminplanungsfehler oder die ungenügende Erfüllung von Bedingungen können auch zu diesem Zeitpunkt erhebliche Kosten zur Folge haben. Weiter können auch die falsche Koordination von Vertriebskanälen oder Berechnungsfehler betreffend des Absatzvolumens Auswirkungen auf den Geschäftserfolg haben.
Qualitätssicherungsfehler	Inzwischen befinden sich in vielen Betrieben Qualitätssicherungsstellen, welche ihre Aufgabe sinnvollerweise meist unabhängig von der Linie wahrnehmen. Sie sind dafür zuständig, die Qualität der angebotenen Produkte oder Dienstleistungen gleich bleibend sicherzustellen und wenn möglich zu verbessern. Kennt der Kontrolleur oder Qualitätsmanager zu prüfende Merkmale nicht oder sind ihm deren Eigenschaften ungenügend vertraut, toleriert er mangelhafte Ware. Dies kann im schlimmsten Falle zu Unfällen und Produkthaftpflichtfällen führen.

Tabelle 6

Die obenstehende Aufzählung von Arbeitsprozessen erhebt keinesfalls den Anspruch auf Vollständigkeit. Wir versuchten Cluster zu finden, welche verschiedenste Subprozesse beinhalten können. Da die Organisation heutiger Unternehmen inzwischen meist prozessorientiert ist, sind die anzutreffenden Prozesse äusserst vielfältig. Je nach Art der Unternehmung, der herzustellenden Produkte oder bereitzustellenden Dienstleistungen werden verschiedenste Prozesse zur Erreichung der Ziele benötigt. Wir gehen davon aus, dass ein Unternehmen, welches Interesse an der Human-FMEA und der Vermeidung von Handlungsfehlern zeigt, seine Prozesse vollständig kennt und beherrscht.

3.3 Menschliche Einflussfaktoren

Der Mensch wird während seinem Leben von unzähligen Faktoren beeinflusst. Einerseits bekommt er in seiner Kindheit verschiedene Wertvorstellungen und eine Einstellung zum Leben, der Umwelt und seinen Mitmenschen anezogen, andererseits wird er durch eigene Erfahrungen und Situationen, mit denen der Mensch sich während seines Lebens konfrontiert sieht, beeinflusst. Um ein mögliches Modell für menschliche Einflussfaktoren zu entwerfen, rückten wir deshalb als erstes den Menschen mit seinen internen Faktoren in den Mittelpunkt.

3.3.1 Interne Einflussfaktoren

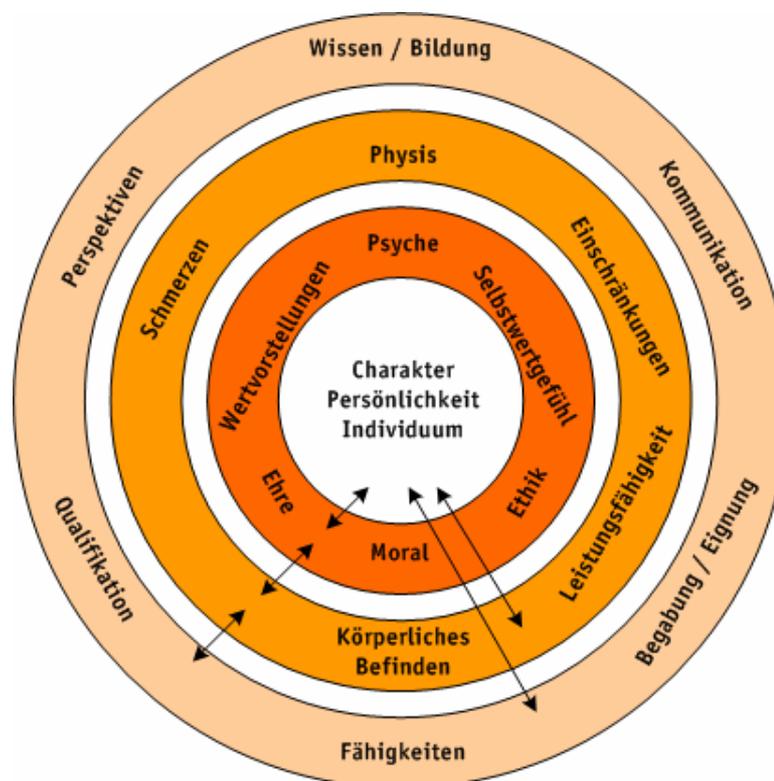


Abbildung 4

Mit dieser Darstellung versuchten wir, den Menschen mit seinen Eigenschaften und den Einflüssen durch seine psychische und physische Verfassung zu erfassen. In der Mitte, als zentrales Element, steht der individuelle Charakter oder die Persönlichkeit des Menschen. Darauf aufbauend wirken psychische Faktoren, wie das Selbstwertgefühl oder die Ehre, auf ihn ein. Dabei dürfen aber verinnerlichte Wertvorstellungen, wie die Moral und die Ethik, welche zwar durch die Gesellschaft oder die Eltern geschaffen, aber von der Persönlichkeit individuell vertreten werden, nicht vernachlässigt werden. Des Weiteren wird der Mensch von physiologischen Eigenschaften beherrscht, was sich in der körperbezogenen Leistungsfähigkeit äussert. Abschliessend kann eine Ebene der Fähigkeiten darauf aufbauen. Fähigkeiten, welche sich der Mensch im Laufe seines Lebens aneignet, sei dies durch Bildung, besondere Talente oder durchlebte Erfahrungen. Im Tagesablauf widerspiegeln diese internen Faktoren unser Befinden und unsere individuelle Person direkt nach dem Erwachen am Morgen, ohne dass fremde Kräfte darauf einwirken.

3.3.2 Externe Einflussfaktoren

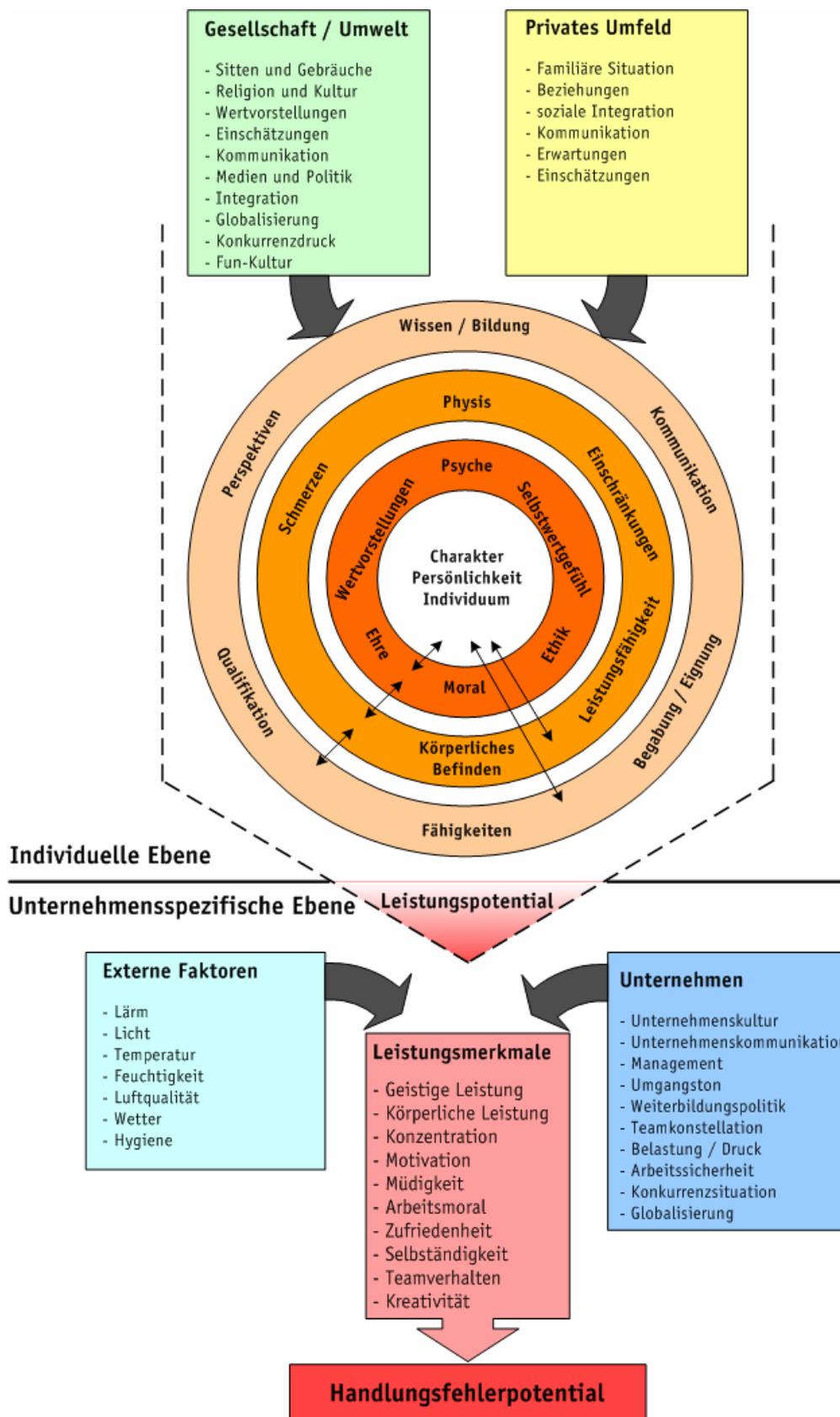


Abbildung 5

Auf der individuellen Ebene wirken gesellschaftliche Faktoren und das private Umfeld auf die internen Eigenschaften des Menschen ein. Auf der gesellschaftlichen Ebene bestimmen Sitten und Gebräuche, sowie die ständige Einschätzung unserer Mitmenschen und kommunikative Mittel das Leben. Die Gesellschaft erwartet von jedem Individuum, dass es gewisse Regeln einhält, welche ein Zusammenleben ermöglichen und den Umgang mit anderen definieren. Noch näher steht dem Menschen aber sein privates Umfeld, welches er zu einem grossen Teil selber bestimmt. Hierzu gehören die Familie, Freunde sowie weitere Bekannte oder nahe stehende Personen. Sie haben wiederum eigene Regeln und Gebräuche an denen sich jede Person halten muss, um sich vollständig zu integrieren. Da das private Umfeld in der Regel ausgesucht werden kann und dem Menschen somit automatisch näher steht, übt es meist einen grösseren Einfluss auf das Individuum aus; dies wird durch die Emotionen jedes Menschen zusätzlich verstärkt. Die externen Einflussfaktoren auf der individuellen Ebene ergänzen sich im Grunde und weisen fließende Übergänge auf. Sprich gesellschaftliche Verhaltensregeln kommen häufig auch im privaten Umfeld zur Anwendung, problematisch wird es an Orten, an denen sie sich widersprechen, sei dies durch ein spezielles privates Umfeld oder andere kulturelle und religiöse Einflüsse der Gesellschaft. Durch die Beeinflussung der internen Faktoren durch die Gesellschaft und das private Umfeld entsteht schlussendlich das menschliche Leistungspotential. Um wiederum den Tagesablauf aufzugreifen, könnte beschrieben werden, dass der Mensch während des Aufstehens und Frühstückens durch sein privates Umfeld beeinflusst wird, bevor er sich auf dem Weg zur Arbeit innerhalb der gesellschaftlichen Barrieren bewegt.

Im Unternehmen angekommen, verwandelt sich das menschliche Leistungspotential in menschliche Leistungsmerkmale, denn hier wird die Leistung abgerufen. Das Unternehmen interessiert es innerhalb des Arbeitsprozesses nicht, wie wenig Fehler der Mensch aufgrund seiner Fähigkeiten und seines Potentials hätte machen können, sondern vielmehr für die Tatsache, wie viele Fehler er begeht.

Das Unternehmen selbst bestimmt jedoch durch seine Kultur und unzählige weitere Faktoren die Leistungsmerkmale seiner Mitarbeiter mit. Auf die Leistung der Mitarbeiter wirken sich neben der Unternehmenskultur auch weitere Variablen wie die Teamkonstellation, Vorgaben des Managements oder die Sicherheit am Arbeitsplatz aus. Neben den unternehmensinternen Faktoren können zudem externe Faktoren Effekte auf die Leistung der Belegschaft ausüben. Diese Einflüsse zählen wir ebenfalls zu den unternehmensspezifischen Faktoren, denn viele davon wie z.B. die Lichtverhältnisse, die Luftqualität oder die vorherrschenden Hygieneverhältnisse liegen in der Verantwortung des Unternehmens. Aus einer repräsentativen Studie¹¹ geht beispielshalber hervor, dass die Raumtemperatur wesentliche Auswirkungen auf die Leistung bei sitzender Tätigkeit hat. Bei einer Raumtemperatur von 37°C sinkt das Leistungsvermögen bereits nach 25 Minuten, wogegen bei 30° C von einer Leistungsbereitschaft von 120 Minuten ausgegangen werden kann.

Die Unterteilung in eine individuelle und eine unternehmensspezifische Ebene war in unseren Augen von Nöten, da hier eine klare Grenze gezogen werden sollte, bei welcher das Unternehmen die Privatsphäre seiner Mitarbeiter akzeptieren muss. Aus demselben Grund wird im

¹¹ FAA Human Performance Program

Human-FMEA Formblatt eine Spalte eingeführt werden müssen, in welcher die Beeinflussbarkeit durch das Unternehmen festgehalten wird.

3.3.3 Grobkategorisierung menschlicher Persönlichkeiten

Das Rollenverhalten verschiedener Persönlichkeiten im Team oder einer Konkurrenzsituation ist ein interessantes Thema innerhalb eines Unternehmens. Es kann bei den meisten Menschen von einer vielschichtigen Persönlichkeit ausgegangen werden. Je nach der zu meisternden Aufgabe wird ein Individuum eine bestimmte Rolle einnehmen, dies kann sowohl durch das eigene Ergreifen dieses Verhaltens oder die Zuschreibung der Rolle durch andere geschehen.

Wir möchten im Folgenden kurz mögliche Rollen¹² aufzeigen:

Aufgabenrollen	Informelle Rollen	Sozio-emotionale Rollen
Der Initiator	Der Beliebte	Der Mutmacher
Der Informator	Der Tüchtige	Der Friedensstifter
Der Bewerter	Der Mitläufer	Der Kompromiss-Schliesser
Der Innovator	Der Opponent	Der Spannungsmilderer
Der Meinungsgeber	Der Aussenseiter	Der Konfrontierer
Der Ausfühler	Der Sündenbock	
Der Organisator	Der Clown	
Der Schriftführer		

Tabelle 7

Es ist jedoch wichtig zu erkennen, dass keinesfalls dazu übergegangen werden darf, bestimmte Persönlichkeitstypen oder Rollen für Unternehmensfunktionen vorzuschlagen. Eine Eignung, im Sinne von „der Innovator“ arbeitet am effizientesten in der Entwicklung oder „der Informator“ sollte im Bereich Unternehmenskommunikation eingesetzt werden, ist nicht nur inkonsequent sondern auch gefährlich. Denn einerseits würde dem Umstand, dass der Mensch jederzeit verschiedene Rollen ausfüllen kann und je nach der Art der Aufgabe verschiedene Kapabilitäten vorzuweisen vermag, keine Rechnung getragen und andererseits würde bei der Personalauswahl eine Monokultur gefördert werden. Bewiesenermassen braucht es für eine erfolgreiche Zusammenarbeit in einem Team oder Projekt verschiedene Persönlichkeitstypen, welche unterschiedliche Rollen ausfüllen. Denn nur auf diese Weise entstehen Synergien, Teamkulturen, natürliche Hierarchien, welche von den Beteiligten akzeptiert werden, und alle anfallenden Aufgaben können ausgeführt werden.

¹² Brommer, U. Konfliktmanagement statt Unternehmenskrise. Moderne Instrumente zur Unternehmensführung. Zürich, 1994

Die Förderung einer Monokultur ist insofern gefährlich, da gleiche oder ähnliche Persönlichkeiten, um dieselben Rollen zu konkurrieren beginnen werden und die eigentliche Aufgabe in den Hintergrund tritt.

Aus diesem Grund, und da in der modernen Unternehmensführung Fehler möglichst einer Stelle, einem Prozess oder einer Handlung und nicht direkt dem Individuum zugeschrieben werden sollten, verzichten wir im weiteren Verlauf dieser Arbeit Handlungsfehler bestimmten Persönlichkeitstypen zuzuschreiben. Schuldzuweisungen nach begangenen Fehlern führen zu beklemmenden und gespannten Situationen zwischen dem Qualitätsmanagement und dem Betrieb. Weiterführend können solche Schuldfragen zu einer regelrechten Mobbingkultur unter den Mitarbeitenden führen, was die Lernfähigkeit und eine Reflexion des eigenen Verhalten langfristig verunmöglicht. Vielmehr sollte eine lernfördernde Umgebung geschaffen werden, in der Verantwortlichkeiten geklärt und verbessernde, auf das Individuum zugeschnittene Massnahmen zur Verhinderung repetitiven Fehlverhaltens ergriffen werden können.

3.4 Menschliche Leistungsmerkmale

3.4.1 Einleitung/Allgemein

Das menschliche Leistungsvermögen kann durch diverse Einflüsse sowohl positiv als auch negativ beeinflusst werden. Ein häufig verwendeter Begriff im Zusammenhang mit Arbeit ist Stress, welcher von vielen Personen verwendet wird, um Zeitdruck, Überforderung oder persönlicher Belastung Ausdruck zu geben. Unter den Deckmantel von Stress fallen somit die verschiedensten Einflussfaktoren. Daher versuchen wir diesen Begriff gegenüber dem allgemeinen Volksverständnis abzugrenzen und zu klären.

Unter Stress versteht man die psychologische und emotionale Reaktion auf schädliche oder ungünstige Aspekte der Arbeit (inklusive Arbeitsorganisation) oder des persönlichen Umfeldes.

Stress entsteht durch andauernd zu hohe persönliche Belastung und Anspannung. Die Auswirkungen sind sowohl psychischer als auch physischer Natur. Typische psychische Stressreaktionen sind nervöse Unruhe, Gereiztheit, Angst, Depressionen, Schlafstörungen und Übermüdung. Physisch reagiert der Körper mit erhöhter Stresshormonausschüttung im Blut (Bsp. Adrenalin), daraus resultiert ein erhöhter Blutdruck. Stress kann des Weiteren zu Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Herzbeschwerden, Magenschmerzen, Durchfall, gereizter Haut, Allergien, Verspannungen oder Verkrampfungen führen. Als Langzeitschäden sind Herz-Kreislauf-Leiden zu nennen und die Tatsache, dass schätzungsweise zehn Prozent von Herzinfarkten auf Stress zurückzuführen sind. Jede Person reagiert individuell auf Stress, sei dies nun der Umgang mit Stress an sich oder die Voraussetzungen die zum Stressgefühl führen. Aufgrund dieser Individualität sind die exakten Ursachen von Stress äusserst schwierig zu ergründen.

Grundsätzlich sind die möglichen Ursachen von Stress in zwei Kategorien aufzuteilen. Zum einen existieren externe Faktoren, wie beispielsweise erhöhte Lärmbelastung, erhöhte Temperaturen, übermässige Feuchtigkeit, Reizüberflutung durch Medien und weitere Einflussgrössen. Zum anderen gibt es noch interne Einflüsse, wie Ärger innerhalb der Familie oder am Arbeitsplatz, Leistungsdruck, körperliche oder geistige Überanstrengung, Leid und Krankheit.

Obschon bereits einige Aussagen über die Auswirkungen von Stress gemacht wurden, möchten wir versuchen die Effekte von Stress in Bezug zur erbrachten Arbeit bringen, um eine bessere Bewertbarkeit zu erreichen:

Direkte Beeinträchtigung (kurzfristig)	Auswirkung auf Arbeitsleistung	Folgen (langfristig)
Verminderte Produktivität und Leistungsbereitschaft	Verringerte Arbeitsmoral	Unerwünschte Unternehmenskultur
Erhöhte Fehlerquote	Quantität und Qualität nimmt ab	Unzufriedene Kunden
Mehr Fehlzeiten (Krankheitsbedingt), Unfälle	Quantität und Arbeitsmoral nimmt ab	Verminderte Produktivität
Nachlassen der Kreativität	Weniger Innovation	Verlängerte Entwicklungszeit
Konzentrationschwäche	Höhere Fehlerquote	Qualitätsabnahme

Tabelle 8

Der Stress steht in engem Zusammenhang mit Ermüdung. Bei fehlender Erholung oder einer Überbeanspruchung besteht die Gefahr einer langfristigen Abstumpfung. Diese wird auch als „Burn-Out“ bezeichnet und äussert sich im Verlust von Motivation, Kreativität, wachsender Gleichgültigkeit und Verantwortungslosigkeit.

Leider sind jegliche Ursachen und Auswirkungen von Stress stark vom betrachteten Individuum abhängig. Bei jeder Person sind andere Faktoren dafür ausschlaggebend, und diese beeinträchtigen die Arbeitsleistung ebenso individuell. Deshalb möchten wir uns vom vielschichtigen Begriff Stress entfernen und die einzelnen Komponenten des menschlichen Leistungsvermögens betrachten, um eine exakte Aussage über die Ursachen und Auswirkungen machen zu können. Wir betrachten daher im Folgenden eine Auswahl von einzelnen Leistungsmerkmalen des Menschen bei der Arbeit.

3.4.2 Konzentration

Unter Konzentration versteht man die Fähigkeit, seine Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Ziel zu fokussieren. Sie ist weitgehend unabhängig von der Intelligenz einer Person, hängt jedoch stark von der psychischen sowie physischen Verfassung ab. Das Konzentrationsvermögen ist direkt für die Qualität der verrichteten Arbeit verantwortlich. Bei fehlender Konzentration wird mehr Ausschuss produziert oder allgemeiner formuliert Fehlleistung erbracht.

Die Konzentrationskapazität wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

Einflussfaktor	Erklärung
Schlaf	Ein ausreichendes Schlafpensum gilt als Basis, um das persönliche Konzentrationsvermögen optimal ausnützen zu können.
Erholungsphasen	Die Konzentration flacht mit der Zeit ab. Um sich zu erholen, benötigt der Mensch jede Stunde rund zehn Minuten Pause.
körperlicher und geistiger Ausgleich	Neben der Arbeitstätigkeit braucht der Mensch eine ausgleichende Tätigkeit, um neue Energie zu sammeln.
Ernährung & Bewegung	„Mens sana in corpore sano“ ¹³ . Sowohl die persönliche Ernährung als auch die körperliche Verfassung beeinflussen das zur Verfügung stehende Konzentrationsvermögen und das allgemeine Wohlbefinden.

Tabelle 9

Fördernde Faktoren:

Einflussfaktor	Erklärung
Interesse	Bei vorhandenem Interesse an einer Arbeit ist die Konzentration länger vorhanden und der Durchhaltewille grösser.
Abwechslung	Abwechslung wird als etwas anderes, neues empfunden und ist daher interessant. Bei zu häufiger Abwechslung wird dieser Effekt allerdings vernichtet.
Motivation	Bei hoher Motivation ist die Konzentrationsbereitschaft grösser, da man mit Freude ans Werk geht.

Tabelle 10

¹³ lat. für: Ein gesunder Geist in einem gesunden Körper.

Externe Faktoren:

Einflussfaktor	Erklärung
Arbeitspensum	Zu hohes Arbeitspensum wirkt entmutigend und lässt den Menschen sich mit der Möglichkeit des Scheiterns auseinandersetzen. Die Konzentrationskapazität wird somit eingeschränkt.
Menschen	Andere Mitarbeiter können das zur Verfügung stehende Konzentrationsvermögen in grossem Masse sowohl positiv, als auch negativ beeinflussen.
Geräusche	Der herrschende Geräuschpegel/-Kulisse muss vom Gehirn verarbeitet oder gefiltert werden. Dies ist eine hohe Belastung und schränkt die Konzentrationsfähigkeit und –Dauer ein.
Temperatur	Das Vorhandensein von erhöhten Temperaturen belastet den gesamten Körper und schränkt das Konzentrationsvermögen ein.
Luftqualität	Um optimal zu arbeiten, benötigt das Gehirn genügend Sauerstoff, daher ist die Luftqualität des Arbeitsplatzes ausschlaggebend für das Konzentrationsvermögen.
Lichtverhältnisse	Schlechte Lichtverhältnisse sind anstrengend und vermindern die Konzentrationszeit.
Sonstige Reize	Das Interesse des Menschen ist stark reizbezogen. Daher lenken externe Reize von der eigentlichen Aufgabe ab und beeinträchtigen die zur Verfügung stehende Konzentration.

Tabelle 11

3.4.3 Motivation

Unter Motivation versteht man die Beweggründe oder die Bereitschaft für ein bestimmtes Verhalten, im Zusammenhang mit der Arbeit also die Handlungs- oder Arbeitsbereitschaft, der Wille zu arbeiten.

Sie ist in zwei Gruppen einzuteilen, zum einen gibt es intrinsische Motivation, zum anderen extrinsische Motivation. Unter intrinsischer Motivation versteht man von der Sache oder Arbeit selbst ausgehende Motivation, beispielsweise Interesse an der auszuführenden Tätigkeit, an der zu lösenden Aufgabe oder dem Lerneffekt. Von extrinsischer Motivation spricht man bei anspornenden Faktoren, die nicht von der zu bearbeitenden Aufgabe selbst ausgehen; Beispiele dafür sind monetäre Anreize, Lob oder andere positive, von der Sache unabhängige Beeinflussungen.

3.4.4 Müdigkeit

Das menschliche Leistungspotential wird stark durch Müdigkeit in Mitleidenschaft gezogen. Die Ursachen für Müdigkeit sind ein Mangel an Schlaf oder Überarbeitung. Sie wirkt sich nach „Semmer & Regenass“¹⁴ wie folgt auf die Arbeitsfähigkeit des Menschen aus:

- Das Gesichtsfeld verengt sich; weniger wird wahrgenommen, es herrscht die Konzentration auf wenige Informationen vor.
- Denk- und Handlungsstrukturen vereinfachen sich, so dass zugunsten schnellerer Entscheidungen oder Handlungsausführungen die Genauigkeit verringert wird und vermehrt riskantere Handlungsstrategien auftreten.
- Entscheidungen werden individualisiert, d.h. obwohl man selbst schlechter in der Lage ist, Informationen zu verarbeiten, wird weniger delegiert.
- Es besteht die Tendenz auf alte, überwundene "Automatismen" und Routinen zurückzugreifen.

Der Mensch braucht im Falle von Übermüdung zusätzliche Erholungsphasen. Werden dem Körper diese Pausen nicht gewährt, treten unbewusst „Zwangspausen“ in Form von kurzfristigen Wahrnehmungsblockaden auf, während deren die Verarbeitung aufgenommener Informationen praktisch aussetzt. Diese Blockaden können bis zu einer Sekunde dauern.

Allseits bekannt ist der so genannte „Sekundenschlaf“, welcher vor allem im Strassenverkehr zu vielen Unfällen führt. Dabei legt der Körper eine zuvor erwähnte Zwangspause ein und das Fahrzeug bewegt sich unter Umständen mehrere Sekunden führerlos auf der Strasse, ein Unglück ist allerdings bereits bei kurzen Aussetzern möglich.

Eine Studie¹⁵ versuchte festzustellen, ob Arbeiter, welche während der Arbeit einschlafen, ihren Schlaf auch tatsächlich realisieren. Die Ergebnisse sind erschreckend:

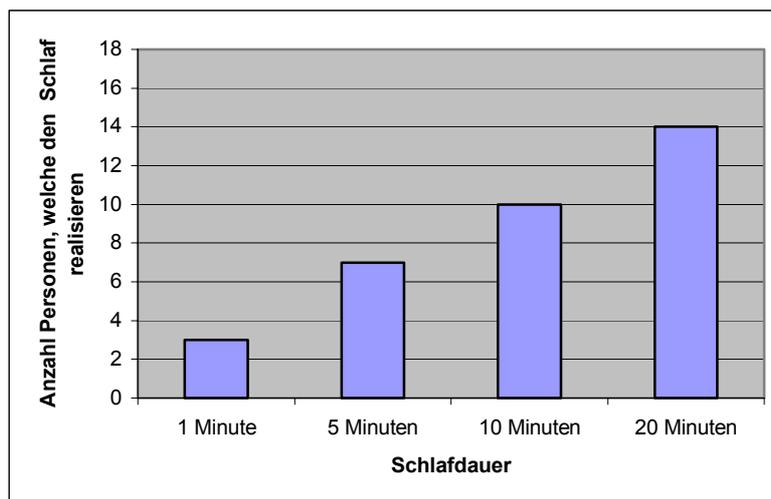


Abbildung 6

Aus dieser Grafik wird ersichtlich, dass nur 15 Prozent der untersuchten Personen einen Schlaf von einer Minute und 50 Prozent einen Schlaf von zehn Minuten bei der Arbeit wahrnehmen.

¹⁴ Semmer, N. & Regenass, A (1996): Der menschliche Faktor in der Arbeitssicherheit. In: Grote, G. & Künzler, C. (Hg.): Theorie und Praxis der Sicherheitskultur. Zürich.

¹⁵ Rosenthal L., Sleep 1999;22:211-214. Präsentation der Swiss Re zum Thema „Human Factor“

3.4.5 Arbeitsmoral

Unter Arbeitsmoral versteht man die persönliche Einstellung zur Arbeit. Diese wird durch verschiedenste Faktoren beeinflusst, sei dies nun die allgemeine Arbeitszufriedenheit, die zwischenmenschliche Zusammenarbeit oder das Interesse in die Arbeit.

3.4.6 Mitarbeiterzufriedenheit

Die Mitarbeiterzufriedenheit stellt ein Mass für die Freude an der Arbeit oder der emotionalen Empfindung der Arbeit dar. Diese wird durch das Klima am Arbeitsplatz, das Verhältnis zu den Mitarbeitern und den Vorgesetzten und viele weitere Faktoren beeinflusst. Die Zufriedenheit hängt zusätzlich eng mit der Arbeitsmoral, möglichen Perspektiven und der Motivation zusammen.

3.4.7 Selbständigkeit

Die Selbständigkeit umfasst die Fähigkeit, ohne ständige Begleitung und Unterstützung arbeiten zu können. Sie steht in engem Zusammenhang mit den Begriffen Verantwortung und Kompetenz. Je nach Konstellation dieser beiden Faktoren wird ein bestimmtes Mass von Selbständigkeit für die Arbeitsbewältigung benötigt. Die unmittelbare Verknüpfung dieser Begriffe hat grosse Auswirkungen auf die Arbeitsmoral, -zufriedenheit und die Motivation. Die Reaktion auf das Ausmass der Selbständigkeit ist jeweils individuell, gewisse Mitarbeiter suchen die Selbständigkeit, um sich zu verwirklichen, andere benötigen ein Team um effizient arbeiten zu können oder sind gar unglücklich, falls sie selbständig arbeiten müssen.

3.4.8 Teamverhalten

Unter diesem Begriff verstehen wir die Fähigkeit, in einem Team mitzuarbeiten und das eigene Wissen und Können effektiv einbringen zu können. Dies ist sowohl von der eigenen Persönlichkeit, als auch vom jeweiligen Team abhängig. Das Team beeinflusst die geleistete Arbeit stark, wobei die Zusammensetzung der Charaktere eine wichtige Rolle spielt. Durch unterschiedliche Persönlichkeiten werden natürliche Hierarchien und Synergien gefunden, bei gleichen Charaktertypen ist eine allgemeine Konkurrenzsituation spürbar. Zudem gibt es den sogenannten „Group- oder Risky Shift Effect“, welcher dafür verantwortlich ist, dass innerhalb eines Teams mehr und grössere Risiken eingegangen werden, als der Einzelne auf sich nehmen würde.

3.4.9 Kreativität

Die Kreativität ist ein vielseitig diskutierter Begriff. Wir möchten daher einige Definitionen anführen um ein grundlegendes Verständnis verfügbar zu machen.

„Eine Antwort oder Idee, die neu ist oder im statistischen Sinne selten, muss dazu dienen, ein Problem zu lösen, einen Zustand zu verbessern oder ein vorhandenes Ziel zu verändern.“¹⁶

„Kreativität ist die Fähigkeit etwas hervorzubringen, das neu und angemessen ist.“¹⁷

„Kreativität ist die Fähigkeit, neue Wege des Denkens zu eröffnen, welche in gewissem Sinne nützlich, oder alten Ideen welche in gewissem Sinne nützlich, oder alten Ideen gegenüber vorteilhaft sind.“¹⁸

3.4.10 Geistige Leistung

Unter geistiger Leistung versteht man das Denk- und Interpretationsvermögen, die Fähigkeit mit dem Gehirn Probleme und Aufgaben zu lösen sowie die eingebrachte Intelligenz. Wobei hier zwischen IQ, welcher die Lern- und Aufnahmefähigkeit ausweist und dem EQ, der ein Mass sozialer Kompetenzen widerspiegelt, unterschieden werden muss.

3.4.11 Körperliche Leistung

Die körperliche Leistung umfasst das Wohlbefinden, die physische Ausdauer, das Reaktionsvermögen und das zur Verfügung stehende Kraftpotential.

3.4.12 Fazit

Wie aus dieser Liste von Leistungsmerkmalen erkennbar ist, sind bei einer Ursachensuche mehrerer Faktoren involviert. Die einzelnen Merkmale sind nicht klar voneinander trennbar sondern beeinflussen sich gegenseitig. Man kann somit nicht klar von Ursache und Wirkung sprechen, es existiert vielmehr ein Netzwerk von verschiedenen Einflussfaktoren, welche zusammenspielen.

¹⁶ MacKinnon 1962

¹⁷ H. Westmeyer 1998

¹⁸ Hans J. Eysenck 2004

3.5 Ursachen-Wirkungsanalyse

3.5.1 Individuelle Faktoren

Das angefügte Ishikawa-Diagramm soll die Einflüsse auf das menschliche Leistungspotential darstellen, welche vom Unternehmen nicht verändert werden können. Es handelt sich um individuelle Faktoren, für welche jede Person selbst verantwortlich ist oder durch die Gesellschaft, das Umfeld und die Erziehung vorgegeben sind.

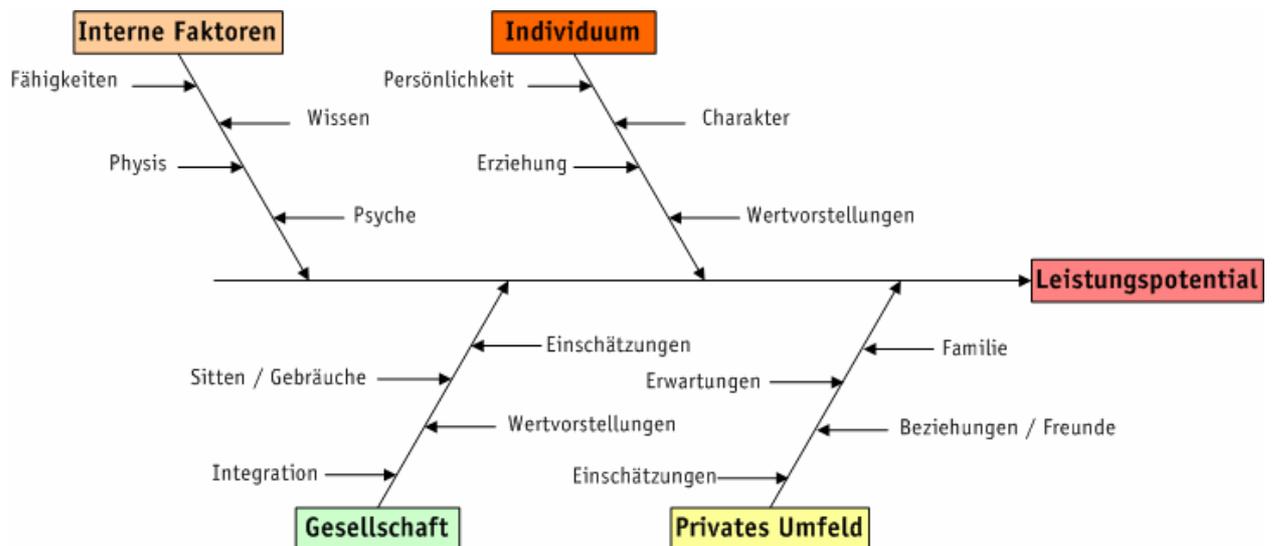


Abbildung 7

3.5.2 Unternehmensspezifische Faktoren

Als Wirkung wird ein beliebiger menschlicher Handlungsfehler angenommen. Dieser wird durch drei Haupteinflussgrößen beeinflusst: Das Unternehmen selbst, externe Einflüsse und die vom Mitarbeiter mitgebrachten Leistungsmerkmale. Es ist bereits auf dieser Stufe ersichtlich, dass sich gewisse Ursachen gegenseitig beeinflussen und sich nicht nur auf das Handlungsfehlerpotential selbst auswirken.

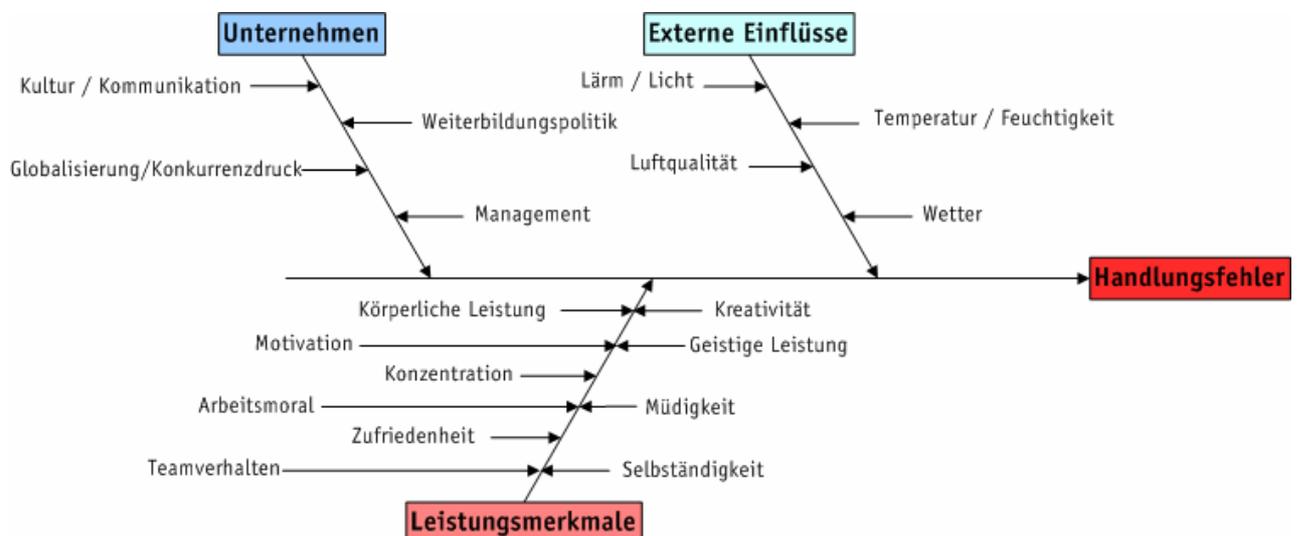


Abbildung 8

3.6 Fazit menschlichen Fehlverhaltens

Der Mensch ist für fast alle Fehler, ausser diejenigen der Natur, verantwortlich und war bzw. ist an allen Entwicklungen, Erfindungen und Veränderungen massgeblich beteiligt. Die Gründe für begangene Fehler sind teilweise schwer ersichtlich und sehr vielseitig. Der Mensch ist ein einzigartiges Wesen, denn er kann aus Fehlern lernen, seine Handlungen regulieren und Entscheidungen bewusst treffen. Jedermann kennt den Spruch: „Ich musste es eben selber lernen“ und dies widerspiegelt vieles. Erfahrungen und Fehler müssen häufig selber gemacht werden, um Lehren daraus ziehen zu können. Wichtig ist, diesen Lerneffekt zu begreifen, damit wird der Grundstein gesetzt, auch aus Fehlern anderer zu lernen und das Gelernte korrekt umzusetzen.

Auf der individuellen Ebene kann nicht mehr klar von einer Ursache-Wirkungsfunktion gesprochen werden, vielmehr ist ein Netzwerk von verschiedenen Einflussfaktoren für das menschliche Leistungspotential verantwortlich. Im Unternehmen wird dieses Potential in Leistungsmerkmale umgesetzt, welche Auswirkungen auf mögliche Handlungsfehler haben. Das Unternehmen muss die Grenze zur Privatsphäre des Mitarbeiters akzeptieren, sie kann ihn versuchen zu motivieren oder auf Missstände aufmerksam zu machen, ein Übergriff in die Privatsphäre oder Schuldzuweisung sind jedoch untersagt. Vielmehr sollte sie sich auf die unternehmensspezifischen Faktoren konzentrieren und versuchen, eine möglichst angenehme, durch Sicherheitsbarrieren und Kontrollinstanzen fehlerverhindernde und leistungsfördernde Umgebung zu schaffen. Eine konstruktive Fehlerkultur im Unternehmen und gegenseitiges Vertrauen sind weitere Schlüsselfaktoren dieser Ebene.

3.7 Methodische Ansätze

Es existieren verschiedene methodische Ansätze, um ein Risiko bewerten zu können. Obschon sich unsere Arbeit im Speziellen mit der FMEA-Methode beschäftigt, möchten wir einige artverwandte oder zugrunde liegende Methoden vorstellen.

Die Risikomatrix betrachtet im Gegensatz zur FMEA nur zwei Faktoren, nämlich die Eintrittswahrscheinlichkeit und die möglichen Auswirkungen (Schadenspotential) eines Ereignisses. Es handelt sich um eine visuelle Methode der Risikobewertung, welche wir kurz erklären möchten.

Zum besseren Verständnis möchten wir hier die Bewertung mittels Risikomatrix anhand eines Beispiels¹⁹ visualisieren.

¹⁹ Prof U.Raess, Vorlesung ZHW vom 29.4.04, Integriertes Qualitätsmanagement

3.7.1 Risikobewertung mittels Risikomatrix (zweidimensional)

Rechnerische Risikobewertung			
Risikoelement	Wahrscheinlichkeit	Tragweite (1-10)	Risikograd (W x T)
Teil nicht verfügbar	50%	1	0.5
Erdbeben	0.01%	10	0.001
Schwerer Schneefall	30%	3	0.9
Starker Regen	60%	2	1.2

Tabelle 12

Das Produkt von Wahrscheinlichkeit und Tragweite wird als Risikograd bezeichnet und wird anschliessend in der Risikomatrix graphisch dargestellt.

Risikomatrix							
Risiko Auswirkungen	katastrophal	*					
	hoch						
	mittel						
	niedrig				*		
	trivial					* *	
		0	10	20	30	40	50+
		Wahrscheinlichkeit (%)					

Tabelle 13

Nun ist klar zu erkennen, wo die einzelnen Risikoelemente oder Vorfälle einzuordnen sind. Welche Reaktionen in den drei Segmenten angemessen sind, kann wie folgt umrissen werden:

- Grüne Segmente: Risikoveränderung und Vorkommenshäufigkeit beobachten.
- Gelbe Segmente: Verantwortlichen festlegen, Situation beobachten und Präventivmassnahmen evaluieren.
- Rote Segmente: Verantwortlichen festlegen, Alternativ- oder Reaktionsplan entwickeln und versuchen, die Eintrittswahrscheinlichkeit sowie allfällige Auswirkungen zu minimieren.

Natürlich ist es auch möglich, und je nach Branche sogar notwendig, weitere Parameter, wie die Differenzierung zwischen qualitativen und quantitativen Schäden, Dauer oder Verantwortung, eines Zwischenfalls in das Risikoinventar einfließen zu lassen. Der Übersicht und Struktur dienend, kann ein solches Risikoinventar ebenfalls graphisch dargestellt werden, womit ein Risikoportfolio entstehen würde.

3.7.2 Risikobewertung mittels FTA (failure tree analysis)

Eine weitere Methode um bekannte Gefahren zu bewerten oder genauer um dessen Ursachen zu eruieren ist die Fehlerbaumanalyse (FTA). Die Ermittlung der Gefahrenursachen und die Bestimmung von deren Eintrittswahrscheinlichkeit wird mit Hilfe eines einfachen Systemmodells erreicht. Aus der Analyse sowie der Variation dieses Modells folgen verschiedene Optimierungsmöglichkeiten.

Normalerweise wird in der Fehlerbaumanalyse von einem definitiven Systemzustand (top event) ausgegangen. Um Ereignisse, die zum top event führen, analysieren zu können, muss jedoch erst ermittelt werden, ob der beschriebene Vorfall bereits ein solcher top event ist oder ob er möglicherweise die Ursache einer höher priorisierten Gefahr darstellen könnte. Ist die zu analysierende Hauptgefahr eruiert, werden mögliche Ursachen, von oben nach unten (top-down-Prinzip), bis zu ihren Basisereignissen zurückverfolgt. Hier gilt es zu beachten, dass zwischen zulassenden und erzeugenden Ursachen unterschieden werden muss. Unter zulassenden Faktoren werden Zustände und Situationen, die stetig andauern oder sich kontinuierlich verändern (An- oder Abwesenheit von Personen oder Sachen) verstanden. Erzeugende Faktoren besitzen die Eigenschaft, sich ad hoc, unerwartet oder un stetig zu verändern (Handlung oder Unterlassen derselben).

Qualitativ wird eine systematische Identifizierung aller möglichen Ausfall- und Ursachenkombinationen sowie deren zugrunde liegenden Basisereignisse, die zu dem vorgegebenen top event führen können, angestrebt. Quantitativ stehen die Ermittlungen der Eintrittswahrscheinlichkeiten von differenzierten Ausfallkombinationen im Vordergrund.

3.7.2.1 Vorgehensweise

- Präzisierung des Analyseziels
- Festlegen der Hauptgefahr (top event)
- Identifizierung aller Ereigniskombinationen, die zum top event führen
 - Iterative Erarbeitung der unmittelbaren Ursachen
 - Überprüfung des zeitlichen Ablaufs (Unmittelbarkeitsfrage)
- Zuteilung der logischen Verknüpfungen, auf jeder Ebene, der Faktoren, die zu einem höher gestellten Ereignis führen
- Ermittlung und Zuweisung von Eintrittswahrscheinlichkeiten zu jedem Ereignis
- Systemmodellierung und Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses mit dem grössten Gefahrenpotential (top event)
- Festlegen der wichtigsten Ereignisse die zum top event führen
- Analyse der dominierenden Ereigniskombinationen und –beiträge
- Vorschlag von Korrekturmassnahmen bei Grundursachen

Korrekturmassnahmen müssen auf der entscheidenden hierarchischen Ebene umgesetzt werden. Wichtig bei der Ergreifung solcher Korrekturmassnahmen ist, dass jegliche Schuldzuweisungen unterlassen werden.

Solche strategische Massnahmen sollen auf der Management Ebene umgesetzt werden, falls sie die Politik, Grundsätze, Richtlinien, Budget oder die Organisation (alle Bereiche) betreffen. Tangieren die Korrekturmassnahmen die Umsetzung von Richtlinien in einem bestimmten Bereich, ist die taktische Vorgesetzten-Ebene dafür verantwortlich.

Massnahmen auf der Mitarbeiter-Ebene werden ergriffen, wenn die individuelle Durchführung einer Tätigkeit oder das individuelle Verhalten der Mitarbeiter zentrales Element ist.

3.7.2.2 Vorteile der FTA

- Es können Ereignisse betrachtet werden, die auf der Ebene der Komponenten durch das Zusammenwirken mehrerer Ausfälle oder Fehler zustande kommen
- Bei ausreichender Datenbasis ist eine Quantifizierung möglich
- Kompatibel mit praktisch allen Sicherheitskonzepten
- Objektiv, neutral und nachvollziehbar
- Standardisiert (Q-System)
- Einfache und übersichtliche Resultate
- Zeit- und kosten-effektiv

3.7.3 Ishikawa

Das Ishikawa-Diagramm, welches auch als Fischgrat-Diagramm bezeichnet wird, stellt strukturiert alle vorstellbaren Problemursachen dar, um jegliche Einflüsse erkennbar zu machen. Dieses Diagramm stellt somit die Basis zur Problemursachen-Findung dar.

Die Anwendung gestaltet sich folgendermassen: Das zu lösende Problem wird definiert und am Kopf des „Fisches“ eingetragen. An den Enden der „Gräten“ erscheinen die Haupteinflussgrössen (z.B. Mensch, Maschine, Methode, Material, Mitwelt oder andere). An den „Gräten“ selbst werden die zugehörigen Ursachen eingetragen. Das erstellte Diagramm stellt bei Vollständigkeit also jegliche Zusammenhänge zwischen Ursachen und bestimmter Wirkung dar.

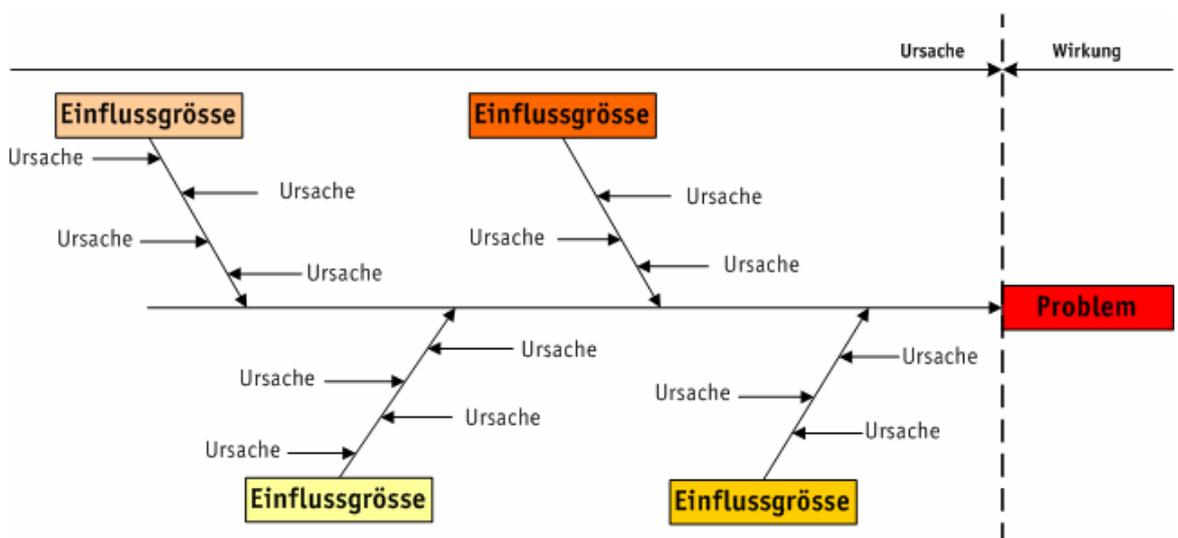


Abbildung 9

3.8 Risikobewertung mittels FMEA (mehrdimensional)

In den USA während den sechziger Jahren wurde die „Failure Mode and Effect Analysis“ entwickelt. Diese Methode gründet auf dem Wunsch, technische Risiken zu minimieren. Die Identifikation und Bewertung von Risiken wird vorwiegend mittels Brainstormings diverser Spezialisten erreicht.

Die FMEA ist nicht darauf ausgelegt, reaktiv Fehler zu erkennen und zu korrigieren, sondern basiert auf dem Grundgedanken einer präventiven Fehlerverhütung. Um diesem Gedanken gerecht zu werden, müssen bereits frühzeitig in der Entwurfsphase potentielle Fehlerursachen identifiziert werden, um ansonsten anfallende Kontroll- und Fehlleistungskosten während der Produktion oder gar beim Kunden zu vermeiden und die Kosten für die Qualitätseinhaltung niedrig zu halten. Dank der systematischen Natur einer FMEA können bei konsequentem Einsatz Wiederholungsfehler, insbesondere in der Designphase, vermieden werden.

Es ist wichtig, die richtigen Mitarbeiter in die Analyse einzubeziehen. Es sollte daher ein multifunktionales Team aus verschiedenen Unternehmensbereichen ausgewählt werden. Wichtig ist vor allem, dass Mitarbeiter der Konstruktion, der Planung, der Vorbereitung, des Einkaufs und des Qualitätsmanagement hinzugezogen werden. Um eine FMEA durchzuführen, werden vor allem Formblätter oder Softwareprogramme als Hilfsmittel verwendet.

3.8.1 Ablauf

Der Ablauf einer FMEA beinhaltet mehrere Schritte. Zu Beginn muss das betrachtete System eingrenzt werden, um einer Aufwandsexplosion vorzubeugen. Die Analyse soll nämlich genau die gewünschten Informationen liefern, um das System zu beurteilen und bewerten zu können. Das definierte System wird anschliessend exakt strukturiert, um eine klare Übersicht über die nötigen Tätigkeiten und Abläufe zu ermöglichen. Es müssen jegliche Funktionen der involvierten Elemente dargelegt werden, damit die Zusammenwirkung aller Komponenten ersichtlich wird. Es werden alle Elemente auf potentielle Fehlerursachen, Fehlerarten und Fehlerfolgen, präventiv mittels FTA und reaktiv mittels RCA, analysiert. Man lokalisiert dabei den Ort des Fehlers und bestimmt die Fehlerart, beschreibt die Fehlerfolgen und ermittelt die Fehlerursachen. Um die Ursachen zu ermitteln, kann zusätzlich ein Ishikawa-Diagramm (Ursache-Wirkungs-Diagramm) erstellt werden, welches Aufschluss über die involvierten Einflussfaktoren gibt. Das Zusammenspiel der einzelnen Elemente, die Funktionen und die potentiellen Fehler inklusive Fehlerfolgen sind zu diesem Zeitpunkt somit sichtbar. Basierend auf diesen Informationen, kann die Risikobeurteilung durchgeführt werden. Diese erfolgt durch die Ermittlung der so genannten Risikoprioritätszahl (RPZ). Sie ist als Kennzahl zur Quantifizierung eines Fehlers anhand dessen Auftretenswahrscheinlichkeit, Bedeutung und Entdeckungswahrscheinlichkeit zu verstehen. Es werden Zahlen zwischen eins und zehn für die Gewichtung dieser drei Aspekte verwendet. Aus der Multiplikation dieser drei Zahlen entsteht die RPZ, welche Werte zwischen eins und tausend annehmen kann. Grundsätzlich beginnt man bei einem RPZ von 125 und mehr Verbesserungsmaßnahmen zu entwickeln; es ist jedoch jedes Unternehmen frei in der Wahl der kritischen Risikoprioritätszahl. Die Werte für die Auftretenswahrscheinlichkeit und die Entdeckungswahrscheinlichkeit werden vom FMEA-Team erarbeitet, die Bedeutung, in Hinblick auf die Fehlerfolgen, wird jedoch aus Sicht des Kunden bewertet. Das Ziel der Verwendung einer Risiko-Prioritätszahl ist es, die Bedeutung und die Priorität eines Fehlers abzuschätzen, um Massnahmen für die

kritischsten Fehler zu eruieren. Somit zeichnen sich nach dieser Beurteilung die grössten Risiken ab. Diese können mit Vermeidungs- oder Verminderungsmassnahmen relativiert und mit den erarbeiteten Entdeckungsmassnahmen besser offenbart werden. Verbesserungsmassnahmen bewirken also entweder eine tiefere Auftretenswahrscheinlichkeit oder eine bessere Entdeckungswahrscheinlichkeit! Zu guter Letzt wird das Restrisiko mit Einbezug der Verbesserungsmassnahmen ermittelt und die Massnahmen auf ihre Wirksamkeit überprüft.

3.8.2 Bewertung

Wie bereits erwähnt, ist die Risikoprioritätszahl als Produkt der Bedeutung, der Auftretenswahrscheinlichkeit und der Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Fehlers zu verstehen. Die zu verwendenden Werte für die einzelnen Multiplikatoren sind folgenden Tabellen²⁰ zu entnehmen.

Bewertungszahl für die Bedeutung (B)		
Risiko	Erklärung	Wert (B)
Sehr hoch	Sicherheitsrisiko, Nichterfüllung gesetzlicher Vorschriften, funktionsuntauglich	9 – 10
Hoch	Funktionsfähigkeit stark eingeschränkt, Funktionseinschränkung wichtiger Elemente	7 – 8
Mässig	Funktionsfähigkeit eingeschränkt, Funktionseinschränkung diverser Elemente	4 – 6
Gering	Geringe Funktionsbeeinträchtigung, Funktionseinschränkung einiger Elemente	2 – 3
Sehr gering	Sehr geringe Funktionsbeeinträchtigung, nur von Fachpersonal erkennbar	1

Tabelle 14

²⁰ Gemäss VDA, Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie, 1996

Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit (A)		
Risiko	Erklärung	Wert (A)
Sehr hoch	Sehr häufiges Auftreten der Fehlerursache, unbrauchbarer, ungeeigneter Prozess oder unbrauchbares, ungeeignetes Produkt	9 – 10
Hoch	Fehlerursache tritt wiederholt auf, ungenauer Prozess oder problematische, unausgereifte Konstruktion	7 – 8
Mässig	Gelegentlich auftretende Fehlerursache, weniger genauer Prozess oder geeignete Konstruktion	4 – 6
Gering	Auftreten der Fehlerursache ist gering, genauer Prozess oder bewährte Konstruktion	2 – 3
Sehr gering	Auftreten der Fehlerursache ist unwahrscheinlich	1

Tabelle 15

Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)		
Risiko	Erklärung	Wert (E)
Sehr hoch	Entdecken der Fehlerursache ist unwahrscheinlich, sie wird oder kann nicht geprüft werden	9 – 10
Hoch	Entdecken der Fehlerursache ist weniger wahrscheinlich, unsichere Prüfung	7 – 8
Mässig	Entdecken der aufgetretenen Fehlerursache ist wahrscheinlich, Prüfungen sind relativ sicher	4 – 6
Gering	Entdecken der aufgetretenen Fehlerursache ist sehr wahrscheinlich, Prüfungen sind sicher, evtl. durch mehrere unabhängige Prüfungen	2 – 3
Sehr gering	Aufgetretene Fehlerursache wird sicher entdeckt	1

Tabelle 16

3.8.3 FMEA-Arten

Neben der Human FMEA, welche wir zu erschaffen versuchen, existieren vier weitere Arten der „Failure Mode and Effect Analysis“:

- System-FMEA

Diese untersucht das Zusammenspiel von Teilsystemen in einem übergeordneten Systemverbund bzw. das Zusammenwirken verschiedener Komponenten in einem komplexen System. Das Ziel ist es, potentielle Schwachstellen, insbesondere auch an den Schnittstellen, zu identifizieren, welche durch das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten entstehen könnten.

- Konstruktions-FMEA

Die Konstruktions-FMEA befasst sich mit der Konstruktion einzelner Produkte oder Bauteile und untersucht diese auf potentielle Schwachstellen oder Ausfallmöglichkeiten. Sie untersucht somit eine geplante oder bereits vorliegende Maschine oder einen Teilbereich davon.

- Prozess-FMEA

Diese stützt sich auf die Ergebnisse der Konstruktions-FMEA und befasst sich mit möglichen Schwachstellen im Fertigungs- oder Leistungsprozess. Es werden also organisierte Abläufe auf ihr mögliches Fehlerpotential untersucht.

- Gefährdungs-FMEA

Die Gefährdungs-FMEA rückt die Sicherheit und die Gesundheit des Benutzers in den Mittelpunkt der Untersuchungen.

Es existieren mehrere Softwarepakete, welche das Arbeiten mit der klassischen FMEA-Methode erleichtern. Das Tool IQM-FMEA der Firma Apis, welches von der Zürcher Hochschule Winterthur verwendet wird, werden wir näher untersuchen und versuchen unseren menschenbezogenen Ansatz darin einfließen zu lassen.

3.8.4 IQ Risk Management Tool APIS

APIS stellt ein Tool zum rechnerunterstützten Einsatz der FMEA-Methode dar. Wir arbeiteten uns mit dem Ziel schlussendlich eine Human-FMEA am PC durchzuführen in dieses ein. Es handelt sich dabei um eine komplexe Software, welche es Unternehmen ermöglicht, eine exakte, gut illustrierbare und vergleichbare FMEA durchzuführen. Allerdings ist das Programm und dessen Möglichkeiten auf die klassische FMEA-Methode beschränkt. Dies bedeutet, dass es nicht auf den Einflussfaktor Mensch anpassbar ist wie wir uns dies erhofften. Für unsere Human-FMEA benötigen wir mehr Spalten, um tiefer auf Ursachen von menschlichen Handlungsfehlern eingehen zu können. Wir sprechen von Handlungsfehlern, Prozesszuteilung, menschlichen Einflussfaktoren und möglichen Ursachen, und der Möglichkeit, nicht nur lineare Abhängigkeit auszuweisen. Wir werden daher Microsoft Excel für die Darstellung unseres Formblattes verwenden.

3.9 Fazit Methodik

Die FMEA, welche insbesondere von der Industrie eingesetzt wird, um technische Risiken zu bewerten und Verminderungsmassnahmen zu erarbeiten, stellt ein mächtiges Werkzeug dar, angestrebte Qualität zu gewährleisten und Fehlleistungskosten zu minimieren. Durch die Bereitstellung der Risiko-Prioritätszahl steht eine einfache Bewertung und Prioritätszuweisung der möglichen Probleme zur Verfügung. Um die Ursachenfindung zu unterstützen eignet sich insbesondere die Failure Tree Analysis für den präventiven Einsatz der FMEA. Bei bereits aufgetretenen Fehlern dient die Root Cause Analysis dazu die wahre Ursache aufzudecken und Nebensächlichkeiten auszugrenzen. Checklisten sind grundsätzlich ein effizientes Hilfsmittel, um beim Einsatz methodischer Ansätze den Ablauf vollständig und korrekt durchlaufen zu können. Durch das Erstellen von Fehlerbäumen und die Darstellung der gegenseitigen Wechselwirkungen, anhand von Ishikawa-Diagrammen, besteht das Potential, schlussendlich jegliche Fehlerquellen zu eruieren und wirksame Massnahmen zu entwickeln, welche sowohl präventiv, also auch reaktiv zum Erfolg des betrachteten Arbeitsablaufes beitragen können.

4 Resultate

4.1 Einleitung

Es wurde geklärt, wodurch das menschliche Leistungspotential und die Leistungsmerkmale beeinflusst werden, die Zusammenhänge dieser Einflussfaktoren wurden aufgezeigt und die Möglichkeiten einer Unternehmung, menschliches Fehlverhalten zu vermindern, eruiert. Des Weiteren sollte die Methodik der FMEA aus vorangegangenen Kapitel ersichtlich sein und dem Leser ermöglichen, den Ablauf einer FMEA nachzuvollziehen. Somit wurden die Voraussetzungen den Menschen in einer FMEA zu berücksichtigen geschaffen und die von uns entwickelte Lösung im aktuellen Kapitel dargelegt.

Um dem Leser die Orientierung zu erleichtern und die Verständlichkeit zu fördern, wurden zwei Beispiele entwickelt, welche durch die erarbeiteten Resultate führen. Das eine Beispiel befasst sich mit einem potentiellen Fehler aus der Industrie, das zweite mit einem möglichen Fehler aus einem Dienstleistungsbetrieb. Durch dieses Vorgehen können die beiden erwähnten Branchen den Nutzen und die Anwendbarkeit unserer Lösung erkennen. Durch die Tatsache, dass im Industriesektor viele Unternehmen bereits weitgehend automatisiert sind und die Ausführung kritischer Prozesse, aufgrund repetitiver Arbeiten und gleich bleibenden Qualitätsanforderungen, häufig durch Roboter ausgeführt werden, sehen wir das Einsatzgebiet der Human-FMEA eher im tertiären Sektor. Vor allem aber in Bereichen, in denen der Mensch eine zentrale Rolle im Prozess darstellt und direkt oder indirekt verantwortlich für das Leben anderer ist. Da die Methode FMEA nach ihrem Ursprung innerhalb der NASA jedoch eher in der industriellen Fertigung eingesetzt wurde, sollte aufgezeigt werden, dass nach wie vor industrielle Einsatzmöglichkeiten existieren. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Analyse menschlicher Handlungsfehler überall dort Sinn macht, wo der Mensch entscheidend in einen Arbeitsprozess involviert ist und Entscheidungen sowie die Verantwortung für dieselben in seinem Kompetenzbereich liegen.

Die Erläuterung unserer Resultate wird mit der Darstellung der Fehlerbäume eröffnet, da diese Aufschluss über die Zusammenhänge und somit einen generellen Überblick vermitteln. Eine andere Darstellungsmöglichkeit von Ursache und Wirkung stellt das Ishikawa-Diagramm dar, welches in unserem Fall die Wechselwirkungen der einzelnen Einflüsse aufzeigt. Wir haben uns jedoch auf die Darstellung einer der möglichen Handlungsfehler beschränkt, denn nur auf dieser Ebene wird die Beeinflussbarkeit unternehmensspezifischer Faktoren deutlich.

Als erstes wird die Struktur der untersten Ebenen des Fehlerbaum aufgezeigt. Normalerweise endet die Ursachendarstellung mit der Tatsache, dass die Handlung eines Mensch nicht oder nicht korrekt ausgeführt wurde. In der folgenden Darstellung sind jedoch zwei zusätzliche Ebenen als Einflussfaktoren und möglichen Ursachen dargestellt, welche den Fehler in der menschlichen Handlung entscheidend beeinflusst haben.

4.2 Fehlerbaum

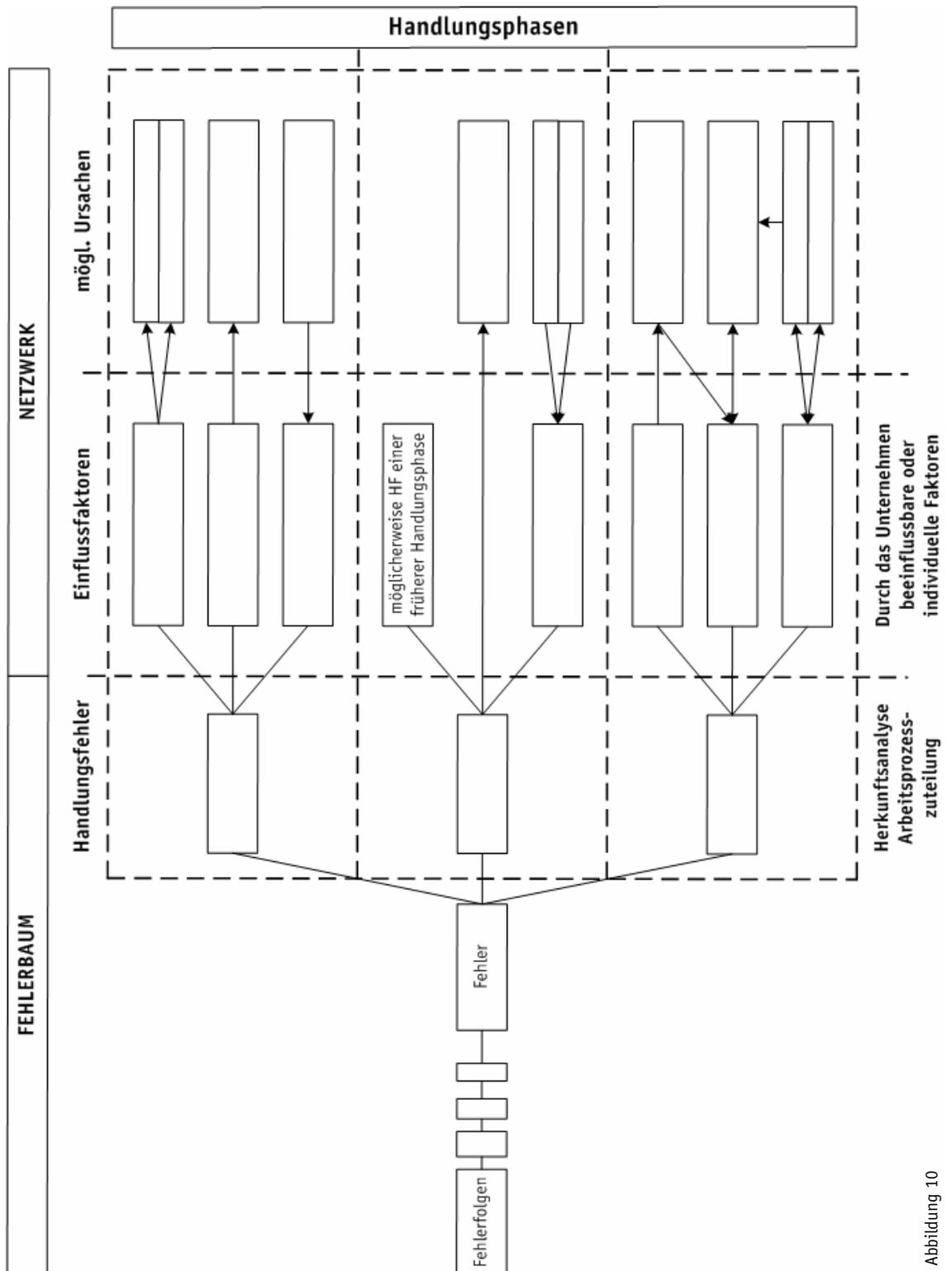


Abbildung 10

4.2.1 Beispiel Industrie

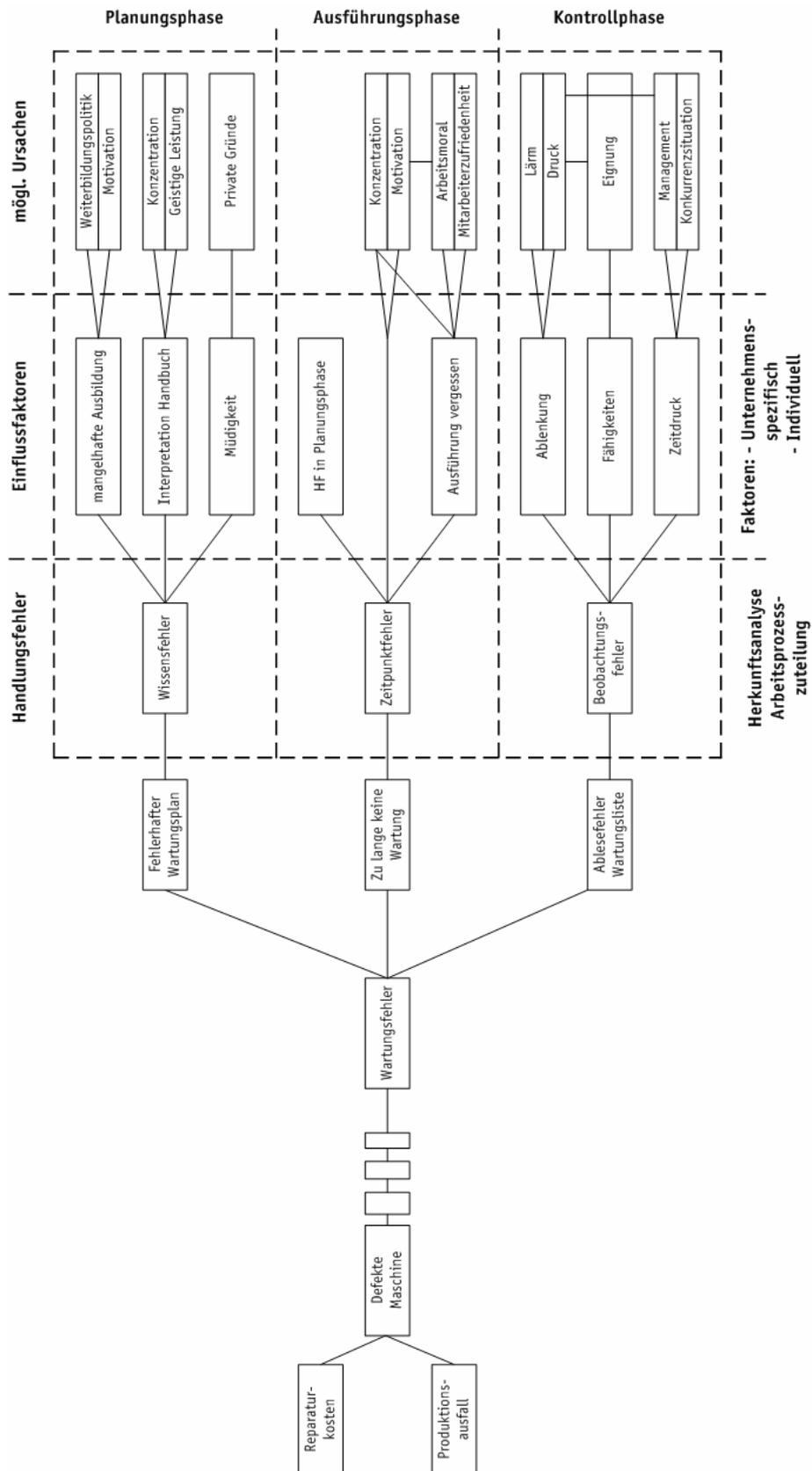


Abbildung 11

In diesem industriellen Beispiel wird von einem Wartungsfehler einer Maschine ausgegangen. Die Ursache dieser fehlerhaften Wartung kann in verschiedenen Arbeitsprozessen liegen. Eine Möglichkeit besteht darin, dass bereits im Konstruktionsprozess der Maschine der Plan für zukünftige Wartungen falsch verfasst wurde. Die Ursachen dieses Wissensfehlers werden im untenstehenden Ishikawa-Diagramm dargestellt, selbstverständlich könnte auch ein anderer Handlungsfehler für die Erstellung des fehlerhaften Wartungsplans verantwortlich sein. Es wäre nun möglich, eine Ebene tiefer zu gehen und wiederum die Ursachen für die minderwertigen Leistungsmerkmale auf der individuellen Ebene zu analysieren. Diese Grenze muss aber vom Unternehmen bewusst eingehalten werden, damit die Privatsphäre des verantwortlichen Mitarbeiters gewahrt bleibt. Das Unternehmen erkennt nun aber, dass der Wissensfehler möglicherweise aufgrund einer mangelhaften Weiterbildungspolitik verursacht wurde und kann adäquate Massnahmen einleiten. Wurde der Wartungsplan nicht von einem internen Mitarbeiter verfasst, sondern vom Lieferanten übergeben, kann dieser angegangen und zur Rechenschaft gezogen werden. Der Hersteller kann nun seinerseits die Human-FMEA einsetzen, um artverwandte Fehler zukünftig zu vermeiden. Neben dem Fehlerpotential bei der Erstellung des Plans könnte auch ein Handlungsfehler bei der Ausführung der Wartung für die defekte Maschine verantwortlich sein. Die Wartung könnte nicht oder zu einem falschen Zeitpunkt vorgenommen worden sein. Weiterführend könnte auch ein Beobachtungsfehler beim Wartungskontrolleur vorliegen. Zufälligerweise sind in diesem Beispiel die verschiedenen Handlungsphasen mit den Arbeitsprozessen des Unternehmens vergleichbar. Wir gehen davon aus, dass der Wissensfehler des Mitarbeiters, der den falschen Wartungsplan verfasst hat, sich bereits in der Planungsphase seiner Handlung (das Verfassen des Plans) geäußert hat. Beim potentiellen Fehlerkandidaten, welcher die Wartung, unabhängig vom Plan, zu einem falschen Zeitpunkt verrichtet hat, geht der Fehlerbaum von einem Fehler in der Ausführungsphase aus. Und der mögliche Fehler im Arbeitsprozess Wartungskontrolle wird hypothetisch in der Kontrollphase der Handlung „Kontrollieren“ entstehen. Dies soll noch einmal verdeutlichen, dass häufig Parallelen zwischen dem Ablauf einer Handlung und den Prozessstrukturen im Unternehmen existieren. Zudem hat ein Fehler in einer frühen Handlungsphase Effekte auf die folgenden Phasen, genauso wie bei den Prozessen. Ein Handlungsfehler in einem frühen Arbeitsprozess wird Auswirkungen auf nachfolgende Prozesse haben. Dementsprechend hat ein Handlungsfehler eines früheren Prozesses eine höhere Bedeutung und ein Fehler einer früheren Handlungsphase eine andere Fehlerform.

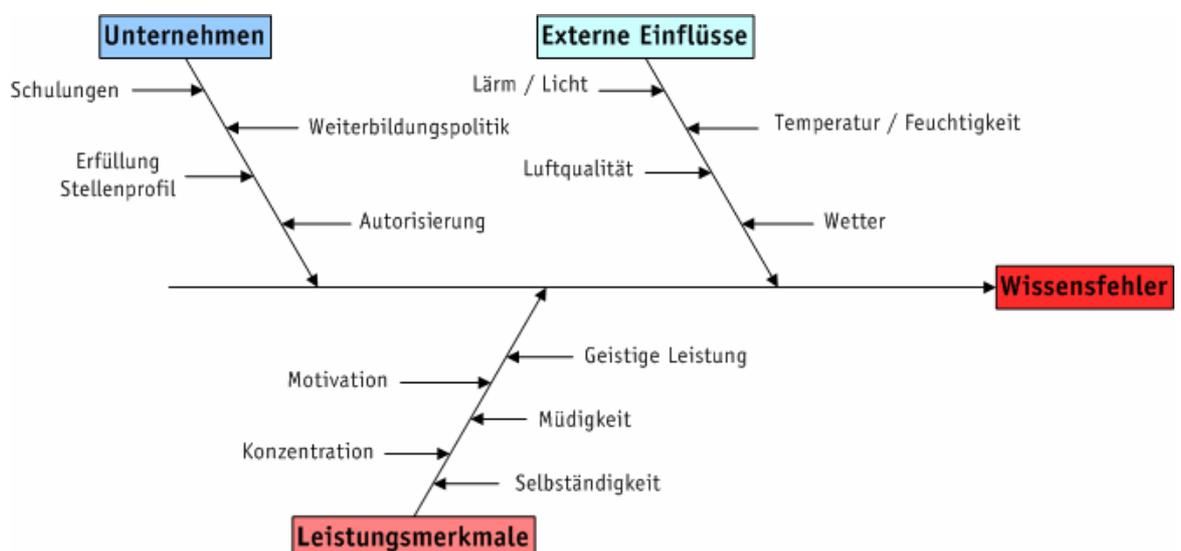


Abbildung 12

4.2.2 Beispiel Dienstleistung

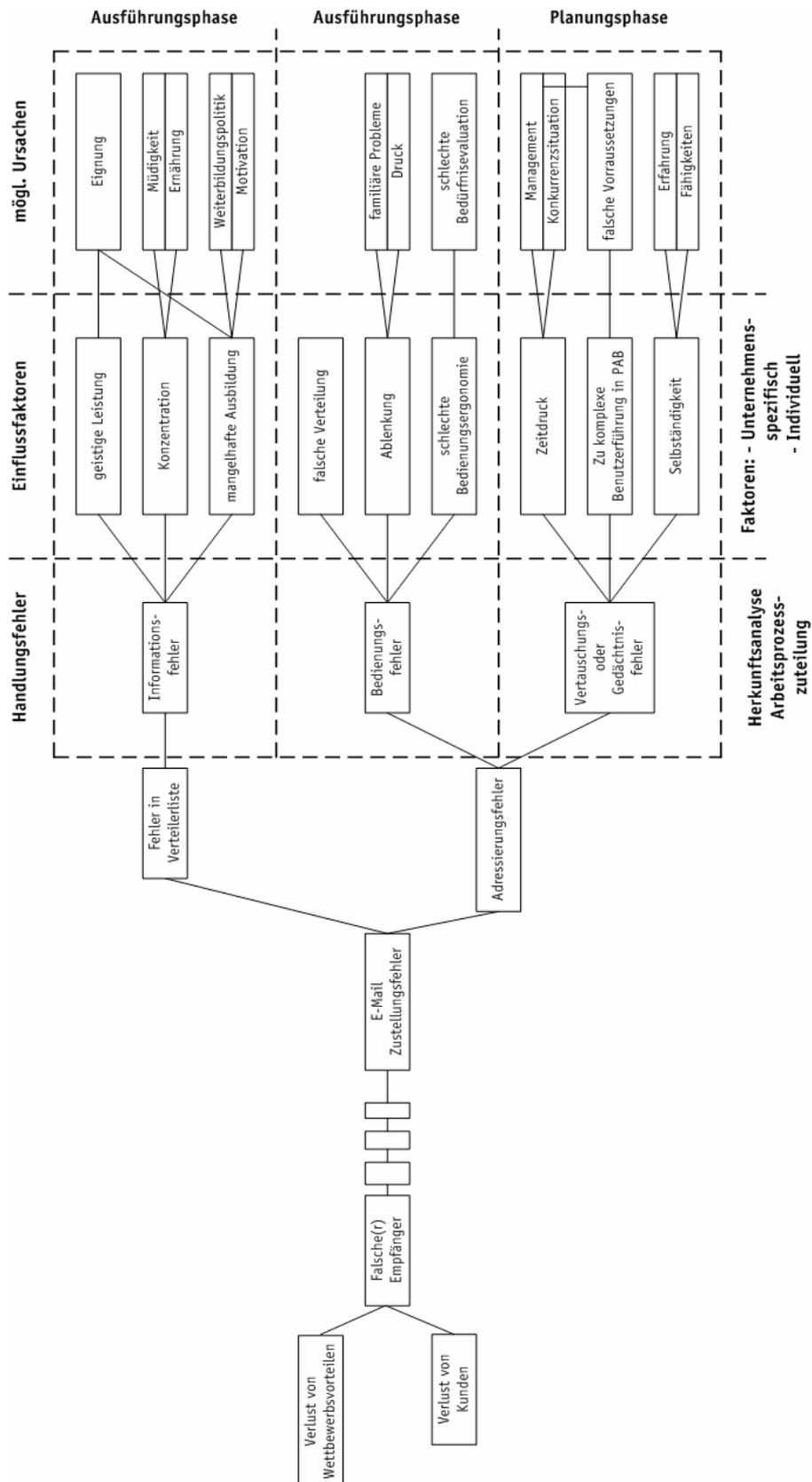


Abbildung 13

Grundsätzlich ist die Human-FMEA in den verschiedensten Branchen einsetzbar. Um jedoch ein Beispiel aufzugreifen, mit dem sich viele Unternehmungen identifizieren können, wurde ein Zustellungsfehler einer E-Mail dargestellt. Es existieren verschiedene Möglichkeiten eine E-Mail dem falschen Adressaten zukommen zu lassen. Wir entschieden uns für die Darstellung eines Fehlers im vorformulierten Verteiler und zwei weiteren Fehlern verschiedener Handlungsphasen, deren Ursachen beim Verfasser zu finden sind. In einem Unternehmen werden häufig so genannte Verteiler bereitgestellt, mit dessen Hilfe Teams, Abteilungen oder Projektorganisationen angeschrieben werden können. Wird nun bei der Erstellung dieses Verteilers auf dem Mail-Server eine falsche Person eingetragen, werden die E-Mails bei jeder Benutzung der Verteilerliste, an einen falschen Adressaten gesandt. Bei der individuellen Erfassung durch den Adressierenden können sowohl Fehler bei der geistigen Zuteilung einer E-Mail Adresse zum Namen (Handlungsplanung) als auch bei der eigentlichen Eingabe der Adresse (Handlungsausführung) begangen werden. Eine falsch adressierte E-Mail hat logischerweise zwei direkte Konsequenzen, einerseits erhält der falsche Adressat Zugang zu internen Informationen, Terminen und Strategien und andererseits wird derjenige, welcher das E-Mail hätte bekommen sollen, die benötigten Informationen nie erhalten. Diesem Umstand entsprechend kann eine falsch adressierte E-Mail verschiedene Fehlerfolgen aufweisen. Deshalb wurden, im Gegensatz zum industriellen Beispiel, innerhalb des Human-FMEA Formblattes (4.3.4) differenzierte Folgen der einzelnen Handlungsfehler aufgezeigt. Als unternehmensspezifische Verbesserungsmöglichkeiten wurden vermehrt technische Aspekte, wie die Ergonomie und Benutzerführung des E-Mail Programms, betrachtet. Der Verbesserungsansatz setzt somit nicht direkt bei der Fehler verursachenden Person an, sondern bei einem Hilfsmittel, welches dem Mensch dazu dient, trotz mangelnder Erfahrung und Fähigkeiten, einen solchen Fehler zu vermeiden. Selbstverständlich ist es trotzdem notwendig das Personal einzuführen, sowie weitere externe und unternehmensspezifische Einflussfaktoren zu verbessern.

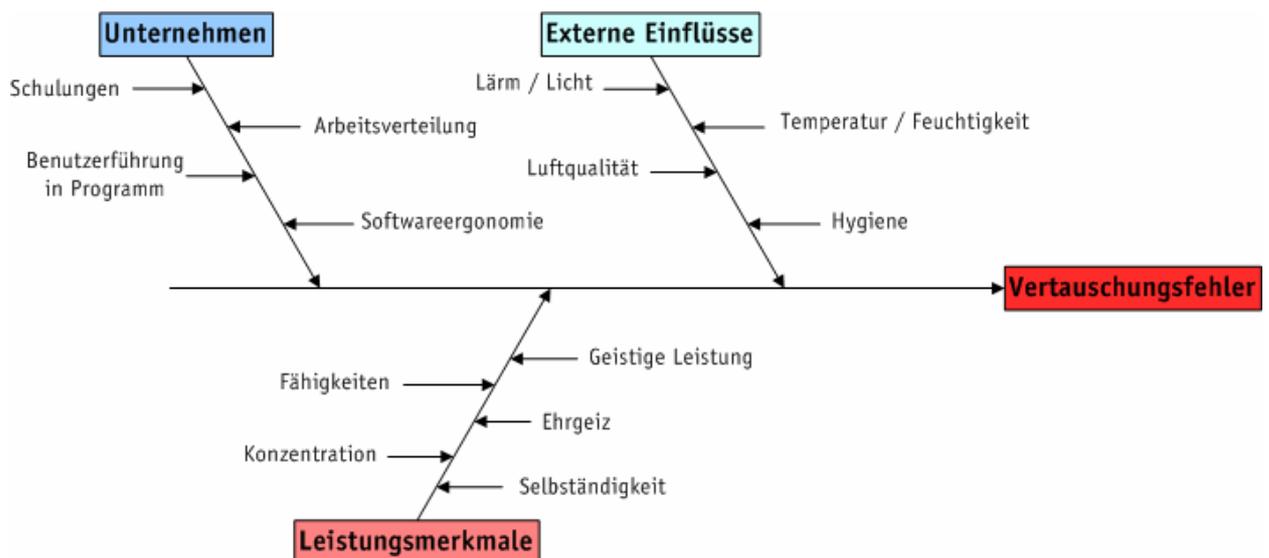


Abbildung 14

4.3 Human-FMEA

Wir versuchten eine Methode zur Berücksichtigung des menschlichen Einflussfaktors zu entwickeln, welche ähnlich wie die klassische FMEA benutzt werden kann. Dadurch könnte der Faktor Mensch ohne grossen Schulungsaufwand des FMEA-Teams in den künftigen Untersuchungen berücksichtigt werden. Wir kennen die gebotene Lösung von Algedri und Frieling²¹, sind jedoch der Ansicht, dass insbesondere die Bewertung des Faktors Mensch sehr komplex ist. Deshalb legten wir besonderen Wert darauf, eine verhältnismässig simple und einfach verständliche Bewertung des menschlichen Einflusses zu erreichen.

Die Human-FMEA wird dann eingesetzt, wenn primär der Mensch für die Qualität verantwortlich ist und diese mit seiner Arbeitleistung bestimmt. Sie ist somit als sinnvolle Ergänzung zur klassischen FMEA zu verstehen, die es insbesondere Dienstleistungs- und Handelsbetrieben erlaubt, eine Risikobewertung durchzuführen.

Nach diversen Skizzen, Modellversuchen und Diskussionen erstellten wir ein Formblatt, welches den vorgenannten Anforderungen entsprechen sollte.

4.3.1 Formblatt

Unser Formblatt weist im Gegensatz zur klassischen FMEA eine zusätzliche Ebene auf, d.h. es werden neben der Fehlerfolge, Fehler und Fehlerursache mögliche menschliche Einflussfaktoren, welche für die Handlungsfehler verantwortlich sind, aufgelistet. Diese Einflussfaktoren können teilweise nicht von der Unternehmung beeinflusst werden, da die Privatsphäre der Belegschaft zu stark tangiert wird. Um den menschlichen Faktor besser beurteilen zu können, führten wir Spalten für den involvierten Arbeitsprozess und die Handlungsphase ein. Das Risiko wird mittels der klassischen Risiko-Prioritätszahl bewertet, jedoch beeinflusst der Human Factor die Bewertungszahlen. Damit eine bessere Übersicht über die Wirksamkeit der eruierten Massnahmen erreicht werden kann, führen wir zwei verschiedene Risiko-Prioritätszahlen, Auftretenswahrscheinlichkeiten und Entdeckungswahrscheinlichkeiten ein, jeweils vor Massnahmen (vM) und nach entwickelten Massnahmen (nM).

Auf der nächsten Seite wird das Formblatt dargestellt und die einzelnen Spalten in der darauf folgenden Tabelle näher erläutert.

²¹ Algedri, J. & Frieling, E. Human FMEA, Hanser Verlag, München 2001

Im Folgenden werden die einzelnen Spalten des Formblattes von links nach rechts erklärt:

FMEA	
Fehlerfolge	Anhand des klassischen FMEA-Ansatzes, wird darunter eine Beschreibung der möglichen Fehlerfolgen, welche der Fehler oder die Fehlfunktion für das Gesamtsystem haben kann, verstanden.
Bedeutung (B)	Die möglichen Fehlerfolgen werden analog zur klassischen FMEA bis zum betrachteten Gesamtsystem untersucht, und es werden die möglichen Auswirkungen auf den Kunden bewertet. Somit wird aus Sicht des Kunden die Bedeutung der Fehlerfolgen beurteilt.
Fehler	Diese Spalte umfasst die möglichen Fehler, welcher die direkte Folge eines menschlichen Handlungsfehlers darstellt, des jeweilig betrachteten Systemelements.
Human Factor	
Arbeitsprozesszuteilung	Diese Spalte gibt Aufschluss über den involvierten Arbeitsprozess. Die internen Prozesse müssen bekannt sein und soweit möglich beherrscht werden. Der Ort des Auftretens des Fehlers ist selten auch der Ort der Herkunft. Der verantwortliche Arbeitsprozess der Fehlerherkunft muss eruiert werden, hier setzen die verbessernden Massnahmen an. Je früher dieser Prozess im Unternehmen vorkommt und der Output wichtige Inputs für Folgeprozesse darstellt, desto kritischer ist er einzustufen.
Handlungsfehler (Fehlerursache)	Der Handlungsfehler weist die eigentliche Fehlerursache in Bezug auf den Menschen aus. Die entwickelten Fehlerkategorien gemäss unserem Handlungsfehlerkatalog dienen dabei als Orientierungshilfe.
Handlungsphase	Diese Spalte gibt darüber Aufschluss, ob der Fehler in der Planung, während der Ausführung oder der Kontrolle einer menschlichen Handlung auftritt. Dank der Möglichkeit seine Handlungen zu regulieren und zu überprüfen, können Fehler einer früheren Handlungsphase durch folgende entdeckt oder negative Auswirkungen auf dieselben haben.

Einflussfaktoren	Die Einflussfaktoren sind als Ursachen von Handlungsfehlern zu verstehen, wobei sie die menschlichen Leistungsmerkmale beeinflussen. Im Fehlerbaum wurde der Wechselwirkung zwischen den Einflussfaktoren und deren möglichen Ursachen durch eine weitere Ebene Rechnung getragen. Da jedoch die Grenze zur individuellen Ebene gewahrt werden muss, wurde auf die Betrachtung der Ebene „mögliche Ursachen“ des Fehlerbaums innerhalb des Formblattes verzichtet, da sich verbessernde Massnahmen auf die unternehmensspezifische Ebene konzentrieren sollen.
Beeinflussbarkeit	Die Beeinflussbarkeit enthält die Information, ob ein Einflussfaktor durch das Unternehmen beeinflusst werden kann oder nicht. Es sind nur zwei verschiedene Einträge erlaubt, nämlich „U“ für Unternehmen und „I“ für Individuum. Mit einem „U“ gekennzeichnete Einflussfaktoren können vom Unternehmen näher untersucht und beeinflusst werden. Darunter werden unternehmensspezifische Faktoren gemäss unserem Modell (3.3.2) verstanden. Dem gegenüber steht die Bezeichnung „I“, welches Faktoren des individuellen Privatlebens oder der Gesellschaft/Umwelt darstellt. Auf diese Einflüsse kann das Unternehmen nur bedingt Einfluss ausüben, sie kann Probleme zusammen mit der betroffenen Person eruieren und sie motivieren, ein Übergriff in die Privatsphäre ist jedoch zu vermeiden.
Fehlerform	Das Feld der Fehlerform identifiziert das Auftretensmuster eines Fehlers, sei dies ein zufälliger, sporadischer oder systematischer Fehler und ermöglicht es, gezielte Massnahmen zur Verbesserung zu erarbeiten. Die Handlungsphase in welcher der Fehler begangen wurde, übt hierbei einen Einfluss aus.
FMEA	
Auftrittswahrscheinlichkeit vor Massnahmen (AvM)	Ohne Berücksichtigung von allfälligen Verbesserungsmaßnahmen beinhaltet diese Spalte die Bewertung für die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlers. Diese nimmt Werte zwischen eins und zehn an, wobei die oben beschriebene Fehlerform eine Orientierungshilfe darstellt.
Entdeckungswahrscheinlichkeit vor Massnahmen (EvM)	Hier wird die Entdeckungswahrscheinlichkeit ohne Berücksichtigung von allfälligen Verbesserungsmaßnahmen bewertet und als Zahl zwischen eins und zehn ausgedrückt. Menschliche Handlungsfehler innerhalb früherer Arbeitsprozesse, werden häufig in späteren Prozessen entdeckt oder weisen negative Auswirkungen auf dieselben auf.

Risikoprioritätszahl vor Massnahmen (RPZvM)	Die Risikoprioritätszahl ergibt sich aus dem Produkt der Bedeutung (B), der Auftretenswahrscheinlichkeit (AvM) und der Entdeckungswahrscheinlichkeit (EvM) bevor Verbesserungsmaßnahmen eingeführt wurden. Diese ist als Risikopotential eines Systems zu verstehen und dient als Entscheidungskriterium zur Einleitung von Verbesserungsmaßnahmen.
Massnahmen Grundsätzlich beeinflussen Verbesserungsmaßnahmen die Entdeckungs- und Auftretenswahrscheinlichkeit. Wir teilen diese in unserem Modell in drei Bereiche auf, nämlich technische, organisatorische und personen- & kommunikationsbezogene Massnahmen.	
Technik	Diese Massnahmen beziehen sich auf mögliche Verbesserungen, die mit technischer Hilfe erreicht werden können. Hierbei existieren die Gebiete IT, Arbeitsplatzergonomie und –sicherheit, sowie die gesamte Infrastruktur.
Organisation	Darunter versteht man Veränderungen in der Organisation eines Prozesses, einer Abteilung oder gar der gesamten Unternehmung, um Missstände zu verbessern. Neben der Ablaufs- und Aufbauorganisation sind hier Dienstwege, Zuständigkeiten und Kompetenzen sowie Managementfunktionen zu regeln.
Person & Kommunikation	Diese Massnahmen zielen auf die Verbesserung der Kommunikation und des Personals ab. Da jedoch insbesondere personelle Zugänge und Massnahmen kostenintensiv sind, wurden diese bis anhin möglichst vermieden. Können aber Ursachen und Einflussfaktoren, welche das Handlungsfehlerpotential verstärken oder negative Auswirkungen auf die menschlichen Leistungsmerkmale haben, verbessert oder behoben werden, bilden diese Massnahmen die effizienteste Kategorie.
FMEA	
Auftretenswahrscheinlichkeit nach Massnahmen (AnM)	Diese Spalte beinhaltet die Bewertung der Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlers unter Berücksichtigung aller Verminderungs- und Vermeidungsmaßnahmen. Der eingesetzte Wert ist daher tiefer oder gleich wie die erste Auftretenswahrscheinlichkeit und gibt Aufschluss über die Wirksamkeit der einzelnen Massnahmen.
Entdeckungswahrscheinlichkeit nach Massnahmen (EnM)	Die Bewertung der Entdeckungswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung aller Verbesserungsmaßnahmen wird in diesem Feld eingetragen und fällt tiefer oder gleich hoch wie die Entdeckungswahrscheinlichkeit vor Massnahmen aus. Die Differenz kann als Verbesserung angesehen werden.

	Um die Entdeckungswahrscheinlichkeit zu erhöhen, werden entweder Kompetenzverteilungen oder Prozessstrukturen verbessert oder sinnvolle Kontrollinstanzen eingeführt.
Risikoprioritätszahl nach Massnahmen (RPZnM)	Die zweite Risikoprioritätszahl ergibt sich aus dem Produkt der Bedeutung (B), der Auftretenswahrscheinlichkeit (AnM) und der Entdeckungswahrscheinlichkeit (EnM) nachdem Verbesserungsmaßnahmen eingeführt wurden. Diese ist als optimiertes Risikopotential eines Systems zu verstehen und zeigt die Wirksamkeit aller involvierten Vermeidungs- und Verminderungsmassnahmen auf. Die Differenz zur Risikoprioritätszahl vor Massnahmen (RPZvM) weist die erzielte Verbesserung aus.
Verantwortlicher / Termin (V/T)	Diese Spalte enthält Informationen zu den Verantwortlichkeiten bezüglich der Umsetzung von Massnahmen und die Eckdaten deren Einhaltung.

Tabelle 17

4.3.2 Risiko-Prioritätszahl der Human FMEA

Grundsätzlich möchten wir uns möglichst nahe an die Risiko-Prioritätszahl der klassischen FMEA halten und deren rechnerischen Grundgedanken übernehmen. Es werden jedoch die beinhalteten Faktoren angepasst, sodass der Mensch berücksichtigt wird. Um eine bessere Übersicht zu erhalten und die Wirksamkeit der Massnahmen ersichtlich zu machen, führten wir zwei RPZ ein, diese werden in der Human FMEA wie folgt verstanden:

Ohne Verbesserungsmaßnahmen:

$$RPZvM = B * AvM * EvM$$

$$RPZvM = \text{Risiko-Prioritätszahl vor Massnahmen}$$

$$AvM = \text{Auftretenswahrscheinlichkeit vor Massnahmen}$$

$$EvM = \text{Entdeckungswahrscheinlichkeit vor Massnahmen}$$

Mit Einbezug der Verbesserungsmaßnahmen (nach Verbesserungsmaßnahmen):

$$RPZnM = B * AnM * EnM$$

$$RPZnM = \text{Risiko-Prioritätszahl nach Massnahmen}$$

$$AnM = \text{Auftretenswahrscheinlichkeit nach Massnahmen}$$

$$EnM = \text{Entdeckungswahrscheinlichkeit nach Massnahmen}$$

Da jedoch für diese Risiko-Prioritätszahlen bereits der Faktor Mensch Einfluss nimmt, fliessen zusätzliche Überlegungen in die Bewertung ein. Es muss beispielsweise betrachtet werden, in welcher Handlungsphase ein Fehler auftritt. Geschieht ein Fehler bereits in der Planung einer Tätigkeit, wird sich dieser natürlich im Gegensatz zum Kontrollfehler auch auf die Ausführung auswirken und dementsprechend häufiger auftauchen. Des Weiteren spielt die Arbeitsprozesszu- teilung eine grosse Rolle. Handelt es sich um einen Prozess zu Beginn des Arbeitsablaufes, kann ein Fehler zwar grössere Auswirkungen, aber auch eine grössere Entdeckungswahrscheinlichkeit aufweisen als einer der letzten Prozesse. Ebenso stellt sich die Frage, wie essentiell der involvier- te Prozess für den gesamten Arbeitsablauf ist. Das Auftretensmuster wiederum gibt Aufschluss über die Häufigkeit eines Fehlers.

Somit präsentieren sich die Bewertungstabellen wie folgt:

Bewertungszahl für die Bedeutung (B)		
Risiko	Erklärung	Wert (B)
Sehr hoch	<p>Sicherheitsrisiko, Nichterfüllung gesetzlicher Vor- schriften, Funktionsuntauglich, Nichterfüllung</p> <p>Der involvierte Arbeitsprozess ist essentiell für den gesamten Arbeitsablauf und wird sehr früh ausgeführt. Ein Handlungsfehler innerhalb des betroffenen Prozesses kann den Unternehmenser- folg stark beeinträchtigen oder Leib und Leben derselben oder anderer Personen gefährden.</p>	9 – 10
Hoch	<p>Funktionsfähigkeit stark eingeschränkt, Funktions- einschränkung wichtiger Elemente</p> <p>Es handelt sich um einen wichtigen Prozess, wel- cher früh oder gegen die Mitte des Arbeitsablaufes auftritt. Bedeutende Outputs des Arbeitsprozesses bilden Inputs für einen oder mehrere wichtige Folgeprozesse.</p>	7 – 8
Mässig	<p>Funktionsfähigkeit eingeschränkt, Funktionsein- schränkung diverser Elemente</p> <p>Es handelt sich um einen Prozess mitten im Ar- beitsablauf, der eine mässige Kritikalität in sich birgt</p>	4 – 6

Gering	Geringe Funktionsbeeinträchtigung, Funktionseinschränkung einiger Elemente Es handelt sich um einen der letzten Arbeitsprozesse und beinhaltet eine geringe Wichtigkeit	2 – 3
Sehr gering	Sehr geringe Funktionsbeeinträchtigung, nur von Fachpersonal erkennbar Der Bagatellfehler tritt erst spät im Arbeitsablauf auf und wird als eher unbedeutend eingestuft.	1

Tabelle 18

Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit (A)		
Risiko	Erklärung	Wert (A)
Sehr hoch	Sehr häufiges Auftreten der Fehlerursache, es handelt sich dabei um einen systematischen Fehler, welcher in der Planungsphase des Handelns auftritt.	9 – 10
Hoch	Fehlerursache tritt wiederholt auf, sporadischer oder systematisch, welcher in der Planungs- oder Ausführungsphase des Handelns auftritt.	7 – 8
Mässig	Gelegentlich auftretende Fehlerursache, sporadischer Fehler, welcher in der Ausführungsphase des Handelns auftritt	4 – 6
Gering	Auftreten der Fehlerursache ist gering, sporadischer oder zufälliger Fehler, welcher in der Ausführungs- oder Kontrollphase des Handelns auftritt	2 – 3
Sehr gering	Auftreten der Fehlerursache ist unwahrscheinlich, zufälliger Fehler, welcher in der Kontrollphase des Handelns auftritt oder erst in dieser selbständig korrigiert werden kann.	1

Tabelle 19

Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)		
Risiko	Erklärung	Wert (E)
Sehr hoch	Entdecken der Fehlerursache ist unwahrscheinlich, sie wird oder kann nicht geprüft werden oder es existieren keine Kontrollen	9 – 10
Hoch	Entdecken der Fehlerursache ist weniger wahrscheinlich, unsichere Prüfung, unzureichende Kontrollen	7 – 8
Mässig	Entdecken der aufgetretenen Fehlerursache ist wahrscheinlich, Prüfungen sind relativ sicher	4 – 6
Gering	Entdecken der aufgetretenen Fehlerursache ist sehr wahrscheinlich, Prüfungen sind sicher, evtl. durch mehrere unabhängige Prüfungen	2 – 3
Sehr gering	Aufgetretene Fehlerursache wird sicher entdeckt	1

Tabelle 20

4.3.3 Formblatt: Beispiel Industrie

Human-FMEA Formblatt Beispiel Industrie										Nummer: Seite von							
Typ: Modell:		Nr: Version:		Verantwortlich: Firma:		v M		n M		V/T							
Systemelement: Prozess: Funktion:		Nr: Version:		Verantwortlich: Firma:		v M		n M		V/T							
FMEA		Human Factor		Human Factor		v M		n M		V/T							
Fehlerfolgen	B	Fehler	Arbeitsprozess-zuteilung	Handlungsphase	Handlungsfehler (Fehlerursache)	Einflussfaktoren	Beeinflussbarkeit	Fehlerform	A	E	RPZ	Person & Kommunikation	Organisation	Technik	RPZ	V/T	
Wartungsfehler (Fertigung) unsachgemässe Beanspruchung						Ausbildung	U	systematisch				Person & Kommunikation	Organisation	Technik			
Defekte Maschine unsachgemässe Beanspruchung	8	fehlerhafter Wartungsplan	Konstruktion	Planung	Wissensfehler	Müdigkeit Interpretation Handbuch	I	zufällig	4	4	128	Person & Kommunikation	Organisation	Technik	2	3	48
Defekte Maschine						falsche Arbeitsanweisung	Lieferant	systematisch				Person & Kommunikation	Organisation	Technik			
Reparatur- und Ausfallkosten unsachgemässe Beanspruchung	6	Zu lange keine Wartung	Fertigung	Ausführung	Zeitpunktfehler	Erinnerungsvermögen	I	zufällig	5	5	150	Person & Kommunikation	Organisation	Technik	4	2	48
Defekte Maschine						Ablenkung	U	zufällig				Person & Kommunikation	Organisation	Technik			
Reparatur- und Ausfallkosten	3	Ablesefehler Wartungsliste	Qualitäts-sicherung	Kontrolle	Beobachtungs- fehler	Fähigkeiten	U	systematisch	3	9	81	Person & Kommunikation	Organisation	Technik	2	6	36
						Zeitdruck	U	sporadisch				Person & Kommunikation	Organisation	Technik	2	6	36

Abbildung 16

4.3.4 Formblatt: Beispiel Dienstleistung

Human-FMEA Formblatt Beispiel Dienstleistung																	
Typ: Modell:		Nr: Version:		Verantwortlich: Firma:		Abteilung: Erstellt: Geändert:		Nummer: Seite von									
Systemelement: Prozess: Funktion:		Nr: Version:		Verantwortlich: Firma:		Abteilung: Erstellt: Geändert:		Abteilung: Erstellt: Geändert:									
FMEA		Human Factor				v M		n M									
Fehlerfolgen	B	Fehler	Arbeitsprozess- zuteilung	Handlungs- phase	Handlungsfehler (Fehlerursache)	Einflussfaktoren	Beeinfluss- barkeit	Fehlerform	A	E	RPZ	Person & Kommunikation	A	E	RPZ	V/T	
E-Mails erreichen stets falsche Personen	9	falsche Verteilerliste	Konzept	Ausführung	Informationsteher	Ausbildung	U	systematisch	3	4	108	Checkliste	Schulung für die Erstellung von Verteilerlisten	2	3	54	
							I	zufällig									
Vertrauliche Informationen gelangen an unautorisierte Personen	9	falsche Verteilerliste	Konzept	Ausführung	Informationsteher	Konzentration	I	sporadisch	3	4	108	Ablenkung	Verbesserung des "look & feel" und der Interaktion mit Benutzer, Einsatz eines Mail-Daemons	2	3	54	Benutzer-schulungen
U							systematisch										
Wettbewerbsvorteile gehen verloren	9	falsche Verteilerliste	Konzept	Ausführung	Informationsteher	geistige Leistung	I	sporadisch	3	4	108	schlechte Bedienungs-ergonomie	Verbesserung der "Usability" des personellen Adressbuches	3	5	45	Schulung bezüglich Programmbenutzung bzw. Arbeitseinteilung
U							in Konzept										
Falscher Empfänger eines E-Mails	3	falsche E-Mail Adresse	Betrieb	Ausführung	Bedienungsfehler	falsche Verteilung	I	zufällig	7	7	147	Selbständigkeit zu komplexe Benutzerführung in PAB	Verbesserung der "Usability" des personellen Adressbuches	4	5	120	Arbeitsverteilung optimieren
U							zufällig										
Termine können nicht eingehalten werden	3	falsche E-Mail Adresse	Betrieb	Ausführung	Bedienungsfehler	falsche Verteilung	U	systematisch	4	5	120	Vertrauens- oder Gedächtnisfehler	Zeitdruck	2	4	48	
U							in Konzept										
Das Mandat geht an die Konkurrenz	3	falsche E-Mail Adresse	Betrieb	Ausführung	Bedienungsfehler	falsche Verteilung	I	zufällig	7	7	147	Selbständigkeit zu komplexe Benutzerführung in PAB	Verbesserung der "Usability" des personellen Adressbuches	4	5	120	Arbeitsverteilung optimieren
U							in Konzept										
E-Mails erreichen stets falschen Empfänger	3	falsche E-Mail Adresse	Betrieb	Ausführung	Bedienungsfehler	falsche Verteilung	I	zufällig	7	7	147	Selbständigkeit zu komplexe Benutzerführung in PAB	Verbesserung der "Usability" des personellen Adressbuches	4	5	120	Arbeitsverteilung optimieren
U							in Konzept										
Kunde bekommt die nötigen Informationen nicht	3	falsche E-Mail Adresse	Betrieb	Ausführung	Bedienungsfehler	falsche Verteilung	U	systematisch	4	5	120	Vertrauens- oder Gedächtnisfehler	Zeitdruck	2	4	48	
U							in Konzept										
Der Kunde wechselt zur Konkurrenz	3	falsche E-Mail Adresse	Betrieb	Ausführung	Bedienungsfehler	falsche Verteilung	U	sporadisch	4	5	120	Vertrauens- oder Gedächtnisfehler	Zeitdruck	2	4	48	
U							in Konzept										

Abbildung 17

4.4 Massnahmen nach TOP

Jeder Fehler hat drei Eigenschaften bezüglich seiner Priorität, nämlich eine bestimmte Auftretenswahrscheinlichkeit, Bedeutung und Entdeckungswahrscheinlichkeit. Das Unternehmen kann grundsätzlich nur die Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit beeinflussen, ein definierter Fehler hat immer dieselben Auswirkungen. Die zwei veränderbaren Faktoren sind wiederum unterschiedlich interessant. Eine Verbesserung der Entdeckungswahrscheinlichkeit, beispielsweise durch vermehrte Kontrollen, spürt zwar mehr Fehler auf, korrigiert diese jedoch nicht. Bei einer Produktion kann dies zur Erhöhung der Ausschussproduktion führen, ohne den zugrunde liegenden Fehler zu beheben. Es stellt sich also die Auftretenswahrscheinlichkeit als primär zu betrachtender Faktor heraus. Dennoch darf die Entdeckungswahrscheinlichkeit nicht vernachlässigt werden und sollte bei der Massnahmenfindung ebenso berücksichtigt werden.

Um eine verständliche Aufteilung der Massnahmen zu erreichen und den von uns gestellten Anforderungen gerecht zu werden, wählten wir drei Massnahmenkategorien, nämlich Technik, Organisation und Personal & Kommunikation. Diesen Sparten lassen sich sämtliche Massnahmen zuordnen.

Es darf nicht vergessen werden, dass die Massnahmen darauf zielen, menschliche Fehler zu beheben, welche jeweils von einer bestimmten Person begangen werden. Massnahmen, die spezifisches Personal betreffen, sind somit stark von den ausführenden Mitarbeitern abhängig und können durch präventive Interviews, Schulungen oder Prüfungen eruiert oder reaktiv ergriffen werden. Da der Mensch zwar über definierte Eigenschaften verfügt, jedoch jeder als Einzelstück oder Individuum zu betrachten ist, sind die Massnahmenfindung und zusätzlich die Überprüfung deren Wirksamkeit ein schwieriges Unterfangen. Ein Zahnrad einer Maschine besteht aus einem bestimmten Material, wurde auf eine bekannte Art hergestellt und es kann ermittelt werden, welche Einflüsse auf diese Komponente wirken. Aufgrund dieser Informationen kann die Fehleranfälligkeit verhältnismässig leicht eruiert und bewertet werden. Der Mensch aber ist ein Unikat. Die Voraussetzungen jedes einzelnen sind grundverschieden und somit sind die Reaktionen auf Ereignisse ebenso individuell. Um dennoch wirksame Massnahmen erarbeiten zu können, muss die jeweilige Person in die Untersuchung einfliessen. Anhand der bestehenden menschlichen Leistungsmerkmale müssen die beeinflussbaren Faktoren, also Faktoren auf unternehmensspezifischer Ebene, auf Verbesserungspotentiale untersucht und darauf ausgerichtete Massnahmen ermittelt werden.

Grundsätzlich werden Massnahmen erst erarbeitet, wenn die Risiko-Prioritätszahl einen gewissen Schwellenwert übersteigt. Ein verbreitetes Vorgehen ist die Festlegung dieses Wertes auf 125, dennoch kann diese Grenze vom Unternehmen selbst bestimmt werden. Ein tieferer Wert bedeutet mehr einzuführende Massnahmen und zugleich ein geringes eingegangenes Risiko, ein höherer Wert bedeutet weniger Verbesserungsaufwendungen, aber ein höheres Risiko.

Jegliche Massnahmen sollten darauf ausgerichtet sein, eine messbare Verbesserung zu bieten und sollten praxisnahe umgesetzt werden können. Massnahmen bedeuten immer zusätzliche Aufwendungen. Sie sollten sich daher bewähren und das ermittelte Problem möglichst beheben oder zumindest vermindern.

Das Ausarbeiten von Massnahmen benötigt im Vergleich zur klassischen FMEA grösseren Aufwand, da jeweils individuelle Aspekte betrachtet werden müssen. Es macht daher wenig Sinn, einen Massnahmenkatalog zu erstellen. Es ist klar, dass Fehler, welche auf mangelndes Wissen oder Können zurückgehen, durch spezifische Schulungen und Ausbildungen vermieden werden können. Doch bereits bei zwischenmenschlichen Konflikten oder individuellen Problemen mit dem Unternehmen und deren Umfeld muss die Gesamtsituation betrachtet und spezifische Massnahmen erarbeitet werden.

4.5 SWOT-Analyse der Human FMEA

Um die Stärken und Schwächen der Human Failure Mode and Effect Analysis sowie deren Gefahren und Chancen bei der Umsetzung aufzuzeigen, stellen wir diese Faktoren einander gegenüber.

Umwelt- faktoren System- faktoren	Opportunities (Chancen) - Senkung der Ausschusskosten - Verbesserte Unternehmenskultur im Umgang mit Handlungsfehlern - Verhinderung von kostenintensiven Unfällen und Schäden innerhalb des Unternehmens durch die Verminderung des menschlichen Handlungsfehlerpotentials.	Threats (Gefahren) - Unnötige Zeitverschwendung durch die Untersuchung falscher Ursachen - Gegenseitige Schuldzuweisung und Personalisierung von Handlungsfehlern - Eingriff in die Privatsphäre der Mitarbeiter
Strenghts (Stärken) - Fehlerbekämpfung auf der tiefstmöglichen Ebene - Eruiierung der Arbeitsprozesse mit den höchsten Fehlerpotentialen bzw. Fehlerquoten - Genaue Betrachtung des Human Factor im Unternehmen	- Durch die Verbesserung der unternehmensspezifischen Einflussfaktoren können die menschlichen Leistungsmerkmale verbessert werden. - Da das Problem an der Wurzel bekämpft wird, sinkt das Risiko eines erneuten Auftretens desselben Fehlverhaltens.	- Um den Handlungsfehler auf der tiefstmöglichen Ebene bekämpfen zu können, werden Fehler teilweise personalisiert betrachtet, was als Angriff auf die Person interpretiert werden könnte. - Werbung und aufklärende Informationen über die reale Zielsetzung können Vertrauen schaffen.
Weaknesses (Schwächen) - Komplexität - Gegenseitige, nicht klar abgrenzbare, Wechselwirkung von Faktoren - Grenze zur individuellen Privatsphäre fließend	- Durch Wahrung der Privatsphäre und das Aufzeigen, dass Fehler vermieden und nicht Mitarbeiter überwacht oder verfolgt werden sollen, wird ein gegenseitiges Vertrauensverhältnis geschaffen. - Eine konstruktive Fehlerkultur vermeidet das Gefühl eines Eingriffs in die Privatsphäre.	- Durch die gegenseitige Wechselwirkung der Faktoren kann bei der Analyse individueller Einflüsse ein Eingriff in die Privatsphäre stattfinden. - Durch die Komplexität des Menschen kann bei der Analyse falscher Ursachen Zeit verschwendet werden.

Abbildung 18

4.6 Umsetzung

Die Human-FMEA kann sowohl präventiv, unter Betrachtung von möglichen Fehlern, als auch reaktiv, durch das Untersuchen eines aufgetretenen Fehlers, eingesetzt werden. Wir möchten daher diese beiden theoretischen Abläufe vorstellen, die beide Vorgehensweisen visuell darstellen. Wie bereits erwähnt, empfehlen wir bei der Reaktion auf bereits aufgetretene Fehler eher den Ansatz der Root Cause Analysis, welcher in der Diskussion noch genauer dargelegt ist. Beim proaktiven Einsatz der Human-FMEA befürworten wir die Anwendung der Failure Tree Analysis. Diese beiden Analysen können zur Identifizierung des zu untersuchenden Fehlers eingesetzt werden, und stellen zugleich verschiedene Inputs für den Subprozess „Human Factor“ dar.

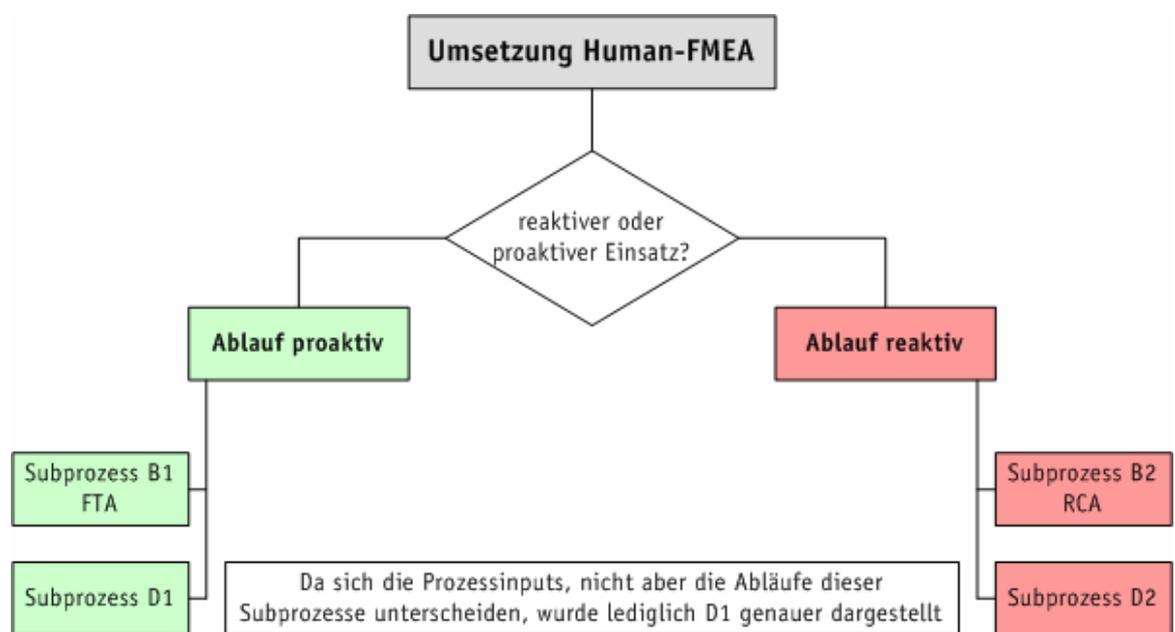


Abbildung 19

Beim Einsatz der Human-FMEA wird die Analyse entweder auf bereits existierende Fehler oder präventiv angewendet. Bei der Reaktion sowohl auf Entwicklungs- oder Konzeptfehler als auch eines erhöhten Ausschusses werden die Ursachen mittels RCA ermittelt. Wobei es sich bei Letzterem ebenso um eine Veränderung der Toleranzgrenze wie einen menschlichen Handlungsfehler handeln kann. Aufgrund existierenden und belegbaren Zusammenhängen zwischen Ursachen und Wirkung bringt die RCA, zusammen mit der vorhergehend durchgeführten Produktfehleranalyse, einen realen Input in den Subprozess D2. Es kann somit nachgewiesen werden, welcher Handlungsfehler zum unerwünschten Ergebnis führte und welche Einflussfaktoren hauptsächlich dafür verantwortlich waren. Andernfalls, bei der präventiven Anwendung und der Ermittlung möglicher Ursachen mittels FTA, müssen im Prozess D1 alle möglichen Handlungsfehler und Einflussfaktoren untersucht werden. Diejenigen, welche sich als kritisch äussern, können somit massgeregelt werden und eine proaktive Verhinderung des Eintreten des Fehlers wird möglich.

4.6.1 Theoretischer Umsetzungsablauf

Ablauf reaktiv	Ablauf proaktiv	Aktivität	Hilfsmittel	Verantwortlich
Start	Start			
A Produktfehleranalyse		A Bei der Reaktion auf Produktfehler muss der Fehlerumfang, der verantwortliche Arbeitsprozess sowie allfällige Kundenrisiken eruiert werden.	- Kundenreklamationen - Ausschuss - Tests/Kontrollen	QM
B 2 Ermittlung des Hauptfehlers	B 1 Ermittlung möglicher Hauptfehler	B Der Hauptfehler kann beim proaktiven Ansatz mittels FTA, beim reaktiven mit RCA ermittelt werden. Anhand möglicher Fehlerfolgen szenarien wird dem Fehler eine Bedeutung B zugeordnet.	- FTA - RCA - Ishikawa	QM
C Eruiierung des verantwortlichen Arbeitsprozesses	C Eruiierung des Arbeitsprozesses der Fehlerherkunft	C Der Prozess, in welchem der Fehler begangen wurde, muss gefunden werden. Der Zeitwert sowie Abhängigkeiten zu weiteren Prozessen sollen später berücksichtigt werden.	- Qualitätsmanagementhandbuch	QM
D 2 Bestimmung des Human Factor	D 1 Schätzung des Human Factor	D Die Bestimmung des Human Factors wird anhand der Subprozesse aufgezeigt.	- ev. Interview - Formblatt	Linie
E Ermittlung der Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit des Hauptfehlers	E Abschätzung der Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit des Hauptfehlers	E Die Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit des Hauptfehlers wird mittels der Bewertungstabellen bestimmt. Die Prozesse C, D und E haben individuelle Auswirkungen auf die Werte (A) und (E).	- Bewertungstabellen	Linie & QM
F Berechnung RPZ	F Berechnung RPZ	F Durch die Multiplikation der Bedeutung sowie der Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit wird eine Risikoprioritätszahl errechnet.	- Formblatt	Linie & QM
G Definition korrigierender Massnahmen	G Definition proaktiver Massnahmen	G Individuelle oder unternehmensübergreifende Massnahmen bezüglich Technik, Organisation sowie Person und Kommunikation müssen definiert und umgesetzt werden.		Linie & QM
H Überprüfung der Wirksamkeit	H Annahme der Wirksamkeit	H Die Umsetzung und Wirksamkeit der ergriffenen Massnahmen muss regelmässig überprüft und verbessert werden.		Linie
I erneute Kalkulation des RPZ	I erneute Kalkulation des RPZ	I Aufgrund eingeführter Kontrollinstanzen sowie definierten Massnahmen kann eine Risikoverminderung festgestellt und eine erneute RPZ-Kalkulation, durch die Reduzierung der Werte (A) und (E), vorgenommen werden.	- Formblatt	Linie & QM
Ende	Ende			

Abbildung 20

4.6.2 Ablauf proaktiver Subprozesse

proaktiver Ablauf	Ablauf Subprozess	Aktivität	Hilfsmittel	Verantwortlich
Start				
B Ermittlung möglicher Hauptfehler	B Failure Tree Analysis	B Der Hauptfehler sowie deren Ursachen und Kausalitäten werden beim proaktiven Ansatz mittels FTA ermittelt. Anhand möglicher Fehlerfolgenzenarien wird dem Fehler eine Bedeutung B zugeordnet.	- FTA - Ishikawa	QM
C Eruiierung des Arbeitsprozesses der Fehlerherkunft		C Der Prozess, in welchem der Fehler entstehen könnte, wird analysiert. Der Zeitwert sowie Abhängigkeiten zu weiteren Prozessen müssen berücksichtigt werden.	- Qualitätsmanagement-handbuch	QM
D Einschätzung des Human Factors	D1a Eruiierung möglicher Handlungsfehler	D1a Es wird geklärt welche Handlungsfehler für den Hauptfehler verantwortlich oder entscheidend an dessen Entstehung beteiligt sind.	- ev. Interview - Formblatt	Linie
	D1b Definition der verantwortlichen Handlungsphase	D1b Der Handlungsfehler wird einer der drei Handlungsphasen zugeteilt, welche Anhaltspunkte über die Auftretensform liefern.		Linie
	D1c Identifikation der Einflussfaktoren	D1c Einflussfaktoren, die zum Handlungsfehler geführt oder Auswirkungen auf die Leistungsmerkmale haben, werden identifiziert.		Linie
	D1d Suche nach möglichen Ursachen	D1d Der Verständlichkeit halber werden mögliche Ursachen der Einflüsse sowie deren Wechselwirkungen untersucht.		Linie
	D1e Beurteilung der Beeinflussbarkeit	D1e Zur Beurteilung der Beeinflussbarkeit und zur Wahrung der Privatsphäre wird die Verantwortlichkeit für die Einflussfaktoren der unternehmensspezifischen oder individuellen Ebene zugeordnet		Linie
	D1f Abschätzung der Auftretensform des Handlungsfehlers	D1f Aufgrund der Art des Handlungsfehlers, der verantwortlichen Handlungsphase und Einflussfaktoren wird dem Fehler die Auftretensform systematisch, sporadisch oder zufällig zugeteilt.		Linie
weiterer Ablauf gemäss theoretischem Umsetzungsablauf				

Abbildung 21

4.7 Fazit

Wie bereits beschrieben, können sowohl der proaktive als auch der reaktive Einsatz der Human-FMEA Verbesserungen verzeichnen. Der proaktive Einsatz ermöglicht eine frühe Analyse des menschlichen Faktors, mit dem Vorteil, dass bereits vor dem Begehen eines Fehlers dieser vielleicht verhindert werden kann. Die Ergreifung adäquater Massnahmen für die Verbesserung der unternehmensspezifischen Einflussfaktoren kann somit ebenfalls in dieser Phase erfolgen. Massnahmen die das Personal betreffen, sind aber natürlich stark von den ausführenden Mitarbeitern abhängig und können durch präventive Interviews, Schulungen oder Prüfungen eruiert oder reaktiv ergriffen werden.

Wir möchten im Folgenden mögliche Nutzelemente der Human-FMEA vorstellen:

Nutzelemente	proaktiv	reaktiv
Entdeckung von Fehlern	Proaktive Eruiierung möglicher Handlungsfehler vor deren Eintreten und die damit verbundene Verhinderung von Schäden.	Produktfehler können menschlichen Handlungsfehlern zugeordnet und adäquate Massnahmen zur Verhinderung eines erneuten Eintretens ergriffen werden.
Höhere Qualität	Durch die präventive Anwendung können sinnvolle Kontrollinstanzen sowie eine höhere Produktqualität erreicht werden.	Qualitätsmindernde Ursachen werden erkannt. Individuelle Massnahmen optimieren die Fehlervermeidung wie auch den Kundennutzen.
Verbesserte Prozesse	Ausgereifte Prozessstrukturen ermöglichen eine flexible Anpassung an Marktanforderungen und optimierte Prozessdurchlaufzeiten.	Prozessschwächen und Ablaufstörungen werden sichtbar. Schnittstellenprobleme können effizient angegangen werden.
Klare Kommunikationsstrukturen	Massnahmen bezüglich dem Umgang und der Handhabung der Kommunikation können präventiv ergriffen werden, was eine einheitliche Kommunikationskultur fördert.	Konflikte bezüglich interner sowie externer Kommunikationsstrukturen werden aufgedeckt.

Verhinderung grösserer Schadenfälle	Durch proaktive Aktion können kritische Verkettungen von Handlungsfehlern verhindert und Sicherheitsbarrieren effektiver und effizienter gestaltet werden.	Aufdecken von Lücken innerhalb der Sicherheitsvorkehrungen erlaubt Massregelungen bezüglich Sicherheit.
-------------------------------------	--	---

Tabelle 21

Bei der Einführung und dem Gebrauch der Human-FMEA lauern Gefahren auf verschiedenen Ebenen. Wird der Wunsch nach einer solchen Analyse von der Geschäftsleitung oder dem Qualitätsmanagement falsch kommuniziert, kann sich bei den Mitarbeitenden ein falsches Bild in den Köpfen festsetzen, welches nur mit Schwierigkeit wieder zu berichtigen sein dürfte. Es könnte der Eindruck entstehen, die Geschäftsleitung wolle eine Art Überwachungssystem einführen, mit dem sie das Fehlverhalten der Belegschaft kontrollieren möchte oder sie gar dazu anstacheln möchte, sich gegenseitig zu bespitzeln und zu verraten. Wenn dieser Eindruck entsteht, wird der gegenteilige Fall eintreten, die Mitarbeitenden werden sich zusammenschliessen und vereinbaren, keine persönlichen Angaben preiszugeben. Es ist somit von grosser Bedeutung, dass die Ziele des Modells umfassend kommuniziert werden, um ein Verständnis bei den Angestellten zu schaffen.

Weiterführend kann die Verschwendung von Ressourcen, wie Zeit und Geld, beim Einsatz dieser Analyse ebenfalls als Gefahr betrachtet werden. Interviews und Mitarbeitergespräche benötigen ein Mass an Einfühlungsvermögen und Verständnis. Das eingesetzte Personal, sprich die benötigte Zeit der Mitarbeiter, bilden im Falle von ergebnislosen oder fehlerbehafteten Interviews das pekuniäre Schadenspotential.

Auf eine mathematische Bewertung des Human Factors wurde bewusst verzichtet. Es wurden zwar Modelle mit den verschiedensten Variablen erstellt, welche jedoch trügerische und nicht repräsentative Ergebnisse lieferten. Daher wurden diese von uns verworfen und nicht aufgeführt. Erstens würde eine mathematische Bewertung die Lernfähigkeit, Veränderbarkeit und das Netzwerk sich gegenseitig beeinflussenden, individuellen Faktoren des Menschen ausser Acht lassen. Zweitens würde die Anzahl und Tragweite begangener Handlungsfehler rapportiert und als negativ bewertet werden, was einer schlechten Beurteilung der Werte Erfahrung, Vielseitigkeit und Neugierde gleichkommen würde. Und Drittens verliert eine zahlenbasierte Bewertung aufgrund der Vielschichtigkeit des Individuums und der Subjektivität des Bewertenden an Aussagekraft.

5 Diskussion

Bei der FMEA handelt es sich grundsätzlich um einen proaktiven Ansatz. Allerdings kann sie auch bei bereits auftretenden Fehlern eingesetzt werden. Wir möchten daher eine weitere Methode zur Ursachenfindung von Fehlern und Ausarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen vorstellen.

5.1 Risikobewertung mittels RCA (Root Cause Analysis)

Die RCA geht davon aus, dass jeder Fehler aufgrund einer Verknüpfung von Ursachen geschieht. Eine bestimmte Kombination von Aktionen und Konsequenzen führt zum bewussten Fehler. Im Gegensatz zur Failure Tree Analysis wird bei der Root Cause Analysis von einem eingetroffenen Ereignis ausgegangen und dessen Ursachen gesucht. Es können Ereignisse, near-misses oder auch potentielle Gefahren untersucht werden. Bei der Untersuchung der Fehler wird nach einem neunstufigen Verfahren vorgegangen. Jede Stufe baut auf den gewonnenen Erkenntnissen der vorangegangenen Tätigkeiten auf.

5.1.1 Vorgehensweise

Wie erwähnt, wird von einem geschehenen Ereignis ausgegangen und dieses wie folgt bearbeitet.

Problemdefinition & Datensammlung (Define Problem/ Collect Initial Data)

Es ist wichtig, dass die gesamte Untersuchung auf dem korrekt formulierten Problem basiert und sich nicht mit Banalitäten oder anderen unwichtigen Aspekten beschäftigt. Es könnte ansonsten das Vorankommen behindert oder die finalen Ergebnisse verfälscht werden. Daher ist es von essentieller Bedeutung, dass die Untersuchung zu Beginn richtig ausgerichtet und dokumentiert wird. Sobald dies geklärt ist, kann mit der Datenerhebung begonnen werden. Die Datensammlung an sich wird durch den gesamten Analyseprozess weitergeführt.

Task Analyse (Task Analysis)

Dabei wird der involvierte Task untersucht und in Einzelschritte oder Subtasks aufgeteilt. Es werden die Abfolge der Aktionen, die einzelnen Instruktionen, die Arbeitsumgebung, sowie die beteiligten Werkzeuge und Materialien identifiziert. Im speziellen werden die einzelnen Task-Schritte und deren Ausführung betrachtet.

Differenz Analyse (Change Analysis)

Hierbei wird die erfolgreiche Erledigung einer Aktivität mit der fehlerhaften Tätigkeit verglichen. Die Untersuchung versucht, einen Vergleich zwischen dem was hätte geschehen sollen und was im konkreten Fall geschah zu eruieren. Besondere Aufmerksamkeit wird den zeitlichen Veränderungen geschenkt, das heisst was sich über einen bestimmten Zeithorizont bei diesem Prozess veränderte.

Hindernis oder Barrieren Analyse (Control Barrier Analysis)

Es wird analysiert, in welchen Bereichen einer Aktivität oder eines Prozesses physikalische oder administrative Barrieren oder Vorschriften benötigt werden. Die Untersuchung leuchtet Bereiche aus, welche nicht durch Schranken oder Sperren abgedeckt werden oder sich als ineffizient herausstellen. Unter solchen Vorschriften versteht man beispielsweise das Tragen von Schutzbrillen oder den Besitz eines gültigen Führerausweises.

Dies ist die erste Untersuchung, welche sich mit den Ursachen eines Ereignisses auseinandersetzt.

Ereignis und Verursachungsfaktoren Grafik (Event Causal Factor Chart)

Diese Untersuchung beinhaltet den gesamten Ablauf aller Ereignisse bis zum erfolgten Fehler. Es werden die Abhängigkeiten dieser Ereignisse, Veränderungen, Bedingungen, Vorschriften und kausalen Faktoren unter Berücksichtigung der zeitlichen Abfolge mit Hilfe von standardisierten Symbolen grafisch dargestellt. Diese Grafik ist als Flussdiagramm zu bezeichnen und beabsichtigt die Abfolge der einzelnen Ereignisse verständlicher zu machen. Aufgrund der Gewonnenen Informationen kann bestimmt werden, was und warum etwas passierte und es wird ermöglicht, Verbesserungspotentiale zu erkennen.

Interviews

Diese Tätigkeit ist von zentraler Bedeutung für die ganze Analyse. Sie ermöglicht es, die nötigen Informationen zur Problemlösung zu finden. Dabei werden zu Beginn indirekt beteiligte Personen, möglichst mit grosser Berufserfahrung und Fachwissen, befragt, um einen besseren Überblick und detailliertere Informationen zu erlangen. Danach können spezifische Fragen an die direkt involvierte Mitarbeiter gerichtet werden und die Ursachen für Fehler besser eruiert werden.

Ursachen Analyse (Root Cause Analyse)

Die Ursachenanalyse entdeckt und analysiert die möglichen Ursachen eines Problems, um Korrekturmassnahmen zu bestimmen. Ziel dieser Untersuchung ist es, die Ursachen von Ereignissen zu erkennen, um angemessene Korrekturmassnahmen planen und implementieren zu können. Dabei verlässt man sich bei der Analyse auf logisches Denken und gesunden Menschenverstand um Entscheidungen zu fällen. Es ist wichtig, zu diesem Zeitpunkt über möglichst vollständige Informationen zu verfügen. Ansonsten ist eine inakkurate Einschätzung der Situation und damit verbundene kontraproduktive Verbesserungsmassnahmen die Folge.

Korrekturmassnahmen (Corrective Actions)

Der Sinn dieses Schrittes ist es, Korrekturmassnahmen zu eruieren, welche benötigt werden, um aufgetretene Probleme langfristig zu beheben oder mindestens die Wiedereintrittswahrscheinlichkeit solcher zu vermindern. Die Korrekturmassnahmen ermöglichen es, Ereignisse zu verhindern, welche durch dieselben Ursachen ausgelöst werden. Die Tätigkeit beinhaltet die Identifikation und Evaluation von Massnahmen für die Ausgangsursache oder auch bestimmte Folgeursachen. Abschliessend wird ein Korrekturmassnahmenkatalog erstellt.

Abschluss (Conclusion)

Es werden die Erkenntnisse der Evaluation zusammengefasst und schriftlich festgehalten. Dieser Report wird dem Management und der beteiligten Abteilung übergeben. Zusätzlich werden die gewonnenen Erkenntnisse den involvierten Mitarbeitern mündlich oder schriftlich kommuniziert.

5.1.2 Fazit

RCA ist ebenfalls eine geeignete Methode, um Fehler auf dessen Ursachen und Folgen hin zu untersuchen. Durch das Untersuchen durchbrochener Barrieren und die Gegenüberstellung des fehlerhaften Ablaufs mit dem regulären Normalbetrieb, erkennt das Unternehmen bereits Ansatzpunkte für Verbesserungen. Um jedoch eine sinnvolle Ursachenanalyse mit Interviews und der Klärung kausaler Zusammenhänge durchführen zu können, empfehlen wir, diese Methode reaktiv auf Fehler einzusetzen.

5.2 Einführung einer Fehlerkultur im Unternehmen

Wir möchten in diesem Abschnitt der Diskussion darauf aufmerksam machen, dass mit dem Einsatz der Human-FMEA eine Grenze überschritten wird, welche bis anhin in vielen Unternehmen als ungeschriebenes Gesetz galt. Es wurde vielerorts darauf geachtet Fehler, keinesfalls zu personalisieren, sondern stets einem Prozess oder einer Funktion zuzuordnen. Dies um einerseits das Personal nicht zu brüskieren und andererseits weil davon ausgegangen wurde, dass ein verbesserter Prozess in vergleichbarer Weise zur Verhinderung eines erneuten Auftretens desselben Fehlers beiträgt. Dieser Ansatz sollte in unseren Augen auch beibehalten werden, wenn möglich sollen zuerst Prozesse und unternehmensspezifische Faktoren angepasst und verbessert werden. In jenen Gebieten, in welchen der Mensch jedoch stets fehlerfreie Arbeit abliefern muss, beispielsweise im Medizinalbereich oder dem Flugverkehr, ist die Untersuchung des einzelnen Menschen von grosser Bedeutung, denn hier können Fehler rasch Menschenleben fordern. Aber auch in der restlichen Wirtschaft sehen wir die Human-FMEA als Möglichkeit, auf den Faktor Mensch tiefergründiger eingehen zu können.

Damit die Belegschaft eine Personalisierung von Handlungsfehlern zulässt, ist es von immenser Bedeutung aufzuzeigen, dass die Verhinderung von Fehlern das zentrale Element dieser Methode darstellt. Wenn sich die Mitarbeiter in ihrer Stellung bedroht fühlen oder denken, dass es lediglich darum geht, einen Sündenbock zu finden und die Schuld jemandem zuzuweisen, werden sie einem möglichen Interview kaum zustimmen und keinesfalls die relevanten Einflussfaktoren für ihr Fehlverhalten nennen. Deshalb ist in unseren Augen die Einführung der Human-FMEA eng mit der Einführung einer verbesserten Fehlerkultur verbunden, in welcher die Mitarbeiter ihr eigenes Handeln kritisch reflektieren und Interesse an einer stetigen Verbesserung zeigen. Diese Kultur kann jedoch nur durch die Schaffung und Wahrung eines gegenseitigen Vertrauensverhältnisses zwischen der Geschäftsleitung, dem Qualitätsmanagement und dem Personal entstehen.

Die nachfolgende Grafik²² zeigt auf, wie Vertrauen entsteht und in welche Kernelemente es gegliedert werden kann:

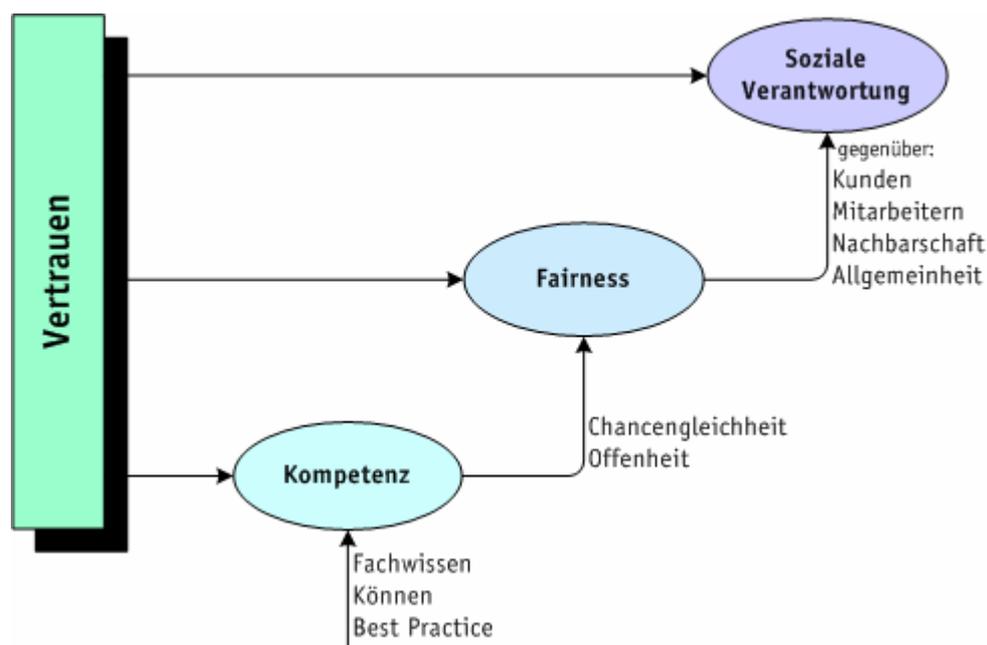


Abbildung 22

Beachten alle genannten Stellen die obenstehenden Elemente, kann langfristig ein Verhältnis entstehen, in welchem offen über Einflüsse auf menschliches Fehlverhalten gesprochen werden kann und in dem alle Beteiligten an einem gemeinsamen Strick ziehen, nämlich der Verbesserung der Qualität und der Minimierung des Fehlerpotentials.

²² Dr. Wiedemann, Peter. Risikokommunikation für Unternehmen. Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf 2000

6 Schlusswort

Als erstes möchten wir unserem Interviewpartner sowie unserem Coach herzlich für die offene und engagierte Zusammenarbeit danken.

Während unserer letzten Projektarbeit zum Thema Incident Risk Management hatten wir die Möglichkeit ein Managementsystem zur Verhinderung von Schadensfällen mit zu entwerfen. Innerhalb dieser Arbeit bemerkten wir jedoch, dass es an einer praxisnahen Methode zur Bewertung des Faktors Mensch mangelt. Dementsprechend entschieden wir uns dieses Problem zum Thema unserer Diplomarbeit zu machen. Zudem mussten wir an verschiedenen Referaten und Symposien zum Thema „Human Factor“ feststellen, dass der Mensch vermehrt als schwächstes Glied der Kette, statt als derjenige, welcher die Idee einer Kette überhaupt entwickelt und sie ausserdem gefertigt hat, bezeichnet wurde. Es ist wichtig, zu begreifen, dass der Mensch nicht nur für begangene Fehler verantwortlich ist, sondern auch für jegliche Errungenschaften und Entwicklungen. Es liegt in der Natur des Menschen aus Fehlern zu lernen und daraus Verbesserungen abzuleiten, dieses Verfahren gilt es insofern zu optimieren, dass auch aus Fehlern Anderer Lehren gezogen und Schadensfälle möglichst minimiert werden. Dies wird, aus unserer Perspektive, am ehesten erreicht, indem eine konstruktive Fehlerkulturen in Unternehmen gefördert und neue Entwicklungen vorerst in „nicht-produktiven“ Testumgebungen geprüft werden.

Der Benefit, den wir als Team aus dieser Diplomarbeit mitnehmen werden, kann in zwei Kategorien, nämlich personen- und gruppenspezifisches Wissen, unterteilt werden. Persönlich haben wir sicherlich unsere Fähigkeiten und unser Wissen bezüglich Risiko-, Qualitätsmanagement und FMEA weiter ausbauen können. Zudem beschäftigten wir uns eingehend mit dem menschlichen Verhalten und lernten das Zusammenwirken verschiedenster Einflussfaktoren zu erkennen. Gruppenspezifisch konnten wir unsere sozialen Kapabilitäten durch die Gruppenkonstellation und die Aufgabenverteilung erweitern. Ausserdem konnten innerhalb dieses Zeitfensters, in welchem wir diese Diplomarbeit verfassten, gruppenspezifische Verbesserungen untereinander sowie auch mit externen Partnern festgestellt werden. Hintergründig denken wir, dass der Aufbau eines gut koordinierten und kompetenten Teams, in dem jeder bewusst mit seinen Schwächen konfrontiert wurde, jedoch trotzdem die Gelegenheit erhielt, seine Stärken auszubauen, die wertvollste Erfahrung war, welche wir aus dieser Zusammenarbeit mitnehmen werden.

Die Autoren:

Hanspeter Helbling

Thomas Weinbeck

7 Bibliographie

7.1 Literatur

Reass, U. Vorlesungsunterlagen Projekt- und Qualitätsmanagement. Zürich 2002

Kuhn, H. Vorlesungsunterlagen Risikomanagement. Zürich 2003

Eberhardt, O. Gefährdungsanalyse mit FMEA. Expert Verlag. Renningen DE 2003

Gemperle, Walter A. Moderne Menschenführung. Fischer Druck AG. Bern 1987

Brommer, U. Konfliktmanagement statt Unternehmenskrise. Moderne Instrumente zur Unternehmensführung. Zürich 1994

Algedri, J. & Frieling, E. Human FMEA. Hanser Verlag. München 2001

VDA: Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz Teil 2, System-FMEA. 1. Auflage 1996

Frauenknecht, S. & Birrer A. Projektarbeit FMEA-Risikoanalyse. Anleitung: FMEA Risikoanalyse mit APIS IQRM-X5. Juli 2004

Rosenthal L., Sleep 1999;22:211-214. Präsentation Swiss Re zum Thema „Human Factor“. Zürich 2004

Semmer, N. & Regenass, A. Der menschliche Faktor in der Arbeitssicherheit. Grote, G. & Künzler, C. Theorie und Praxis der Sicherheitskultur. Zürich 1996

Meister, D. Methods of Predicting Human Reliability in Man-Machine Systems. 1966

Swain, A.D. & Guttman, H.E. Handbook of Human Reliability Analysis. Albuquerque 1983

Hacker, W. Arbeitspsychologie. VEB Verlag. Berlin 1986

Rasmussen, J. New Technology and Human Error. Willy & Sons Ltd. New York 1987

Rigby, L. The Nature of Human Error. Milwaukee 1976

Beck, R. Referat Basler-Versicherungen. 2001

Dr. Wiedemann, P. Risikokommunikation für Unternehmen. Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf 2000

Kamiske, G. & Baur, JP. Qualitätsmanagement von A bis Z. Hanser Verlag. München 1992

Juran, J.M. Der neue Juran. mi Verlag. 1992

Gheorghe, A. & Seiler, H. Polyprojekt Risiko und Sicherheit: Was ist Wahrscheinlichkeit?, Hochschulverlag AG, Zürich 1996

Ammerman, M. The Root Cause Analysis Handbook. Productivity Press. New York 1998

Senders, J & Moray, N. Human error: cause, prediction, and reduction. Lawrence Erlbaum. Hillsdale, NJ 1994

7.2 Internet

FMEA

<http://www.apis.de/>

<http://www.smqe.de/smqe/fmea/fail.htm>

<http://www.uscg.mil/hq/g-m/risk/e-guidelines/Tools.htm>

<http://home1.pacific.net.sg/~thk/risk.html#1.3%20%20%20%20Failure%20Mode%20and%20Effects>

Mensch

<http://www.smbg.de/Sites/arbeitschutz/arbeitssicherheit/arbeitsplatzgestaltung/arbeitsplatzgestaltung.htm>

<http://www.schlafkampagne.de/>

<http://www.devicelink.com/mddi/archive/97/05/026.html>

<http://www.iop.unibe.ch/lehre/Personal%20%20WS%2002-03/Skript%2002-03/MOTIVAT.PPT>

<http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/>

<http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/EMOTION/Stress.shtml>

7.3 Personen

Patrick Tschirky (Verhaltenstheoretische Ansätze)

tck@zhwin.ch

Ulrich Raess (Coach)

rae@zhwin.ch

Sascha Frauenknecht (Apis)

frauesas@zhwin.ch

Guhl Simon (CAD-Beitrag Titelbild)

guhlsim@zhwin.ch

8 Appendix

8.1 Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Attribute zur Identifikation eines Handlungsfehlers
Tab. 2	Handlungsfehlerkatalog: Planungsfehler
Tab. 3	Handlungsfehlerkatalog: Ausführungsfehler
Tab. 4	Handlungsfehlerkatalog: Kontrollfehler
Tab. 5	Erweiterter Fehlerkatalog
Tab. 6	Arbeitsprozesszuteilung
Tab. 7	Grobkategorisierung menschlicher Persönlichkeiten: Rollen
Tab. 8	Stress und seine Auswirkungen auf die Arbeitsleistung
Tab. 9	Konzentration: Grundlegende Einflussfaktoren
Tab. 10	Konzentration: Fördernde Einflussfaktoren
Tab. 11	Konzentration: Externe Faktoren
Tab. 12	Risikomatrix: Rechnerische Risikobewertung
Tab. 13	Risikomatrix: Graphische Darstellung
Tab. 14	FMEA: Bewertungszahl für die Bedeutung (B)
Tab. 15	FMEA: Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit (A)
Tab. 16	FMEA: Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)
Tab. 17	Formblatt Human-FMEA: Erklärung der Spalten
Tab. 18	Human-FMEA: Bewertungszahl für die Bedeutung (B)
Tab. 19	Human-FMEA: Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit (A)
Tab. 20	Human-FMEA: Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)
Tab. 21	Human-FMEA: Nutzelemente

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Ablauf der Diplomarbeit
Abb. 2	Terminplan IST
Abb. 3	Ebenen der Handelsregulationstheorie
Abb. 4	Interne Einflussfaktoren
Abb. 5	Externe Einflüsse
Abb. 6	Diagramm Schlafrealisation
Abb. 7	Ishikawa-Diagramm: Individuelle Faktoren
Abb. 8	Ishikawa-Diagramm: Unternehmensspezifische Faktoren
Abb. 9	Ishikawa-Diagramm: Theoretischer Aufbau
Abb. 10	Fehlerbaum: Theoretischer Aufbau
Abb. 11	Fehlerbaum: Beispiel Industrie
Abb. 12	Ishikawa-Diagramm: Beispiel Industrie
Abb. 13	Fehlerbaum: Beispiel Dienstleistung
Abb. 14	Ishikawa-Diagramm: Beispiel Dienstleistung
Abb. 15	Human-FMEA: Struktur Formblatt
Abb. 16	Human-FMEA: Beispiel Industrie
Abb. 17	Human-FMEA: Beispiel Dienstleistung
Abb. 18	SWOT-Analyse der Human-FMEA
Abb. 19	Umsetzung
Abb. 20	Prozess Umsetzung (präventiv und reaktiv)
Abb. 21	Subprozess (präventiv)
Abb. 22	Fehlerkultur: Vertrauen
Abb. 23	Terminplan SOLL

Alle Abbildungen und Tabellen wurden eigenhändig vom Autorenteam erstellt.

8.3 Ursprünglicher Terminplan

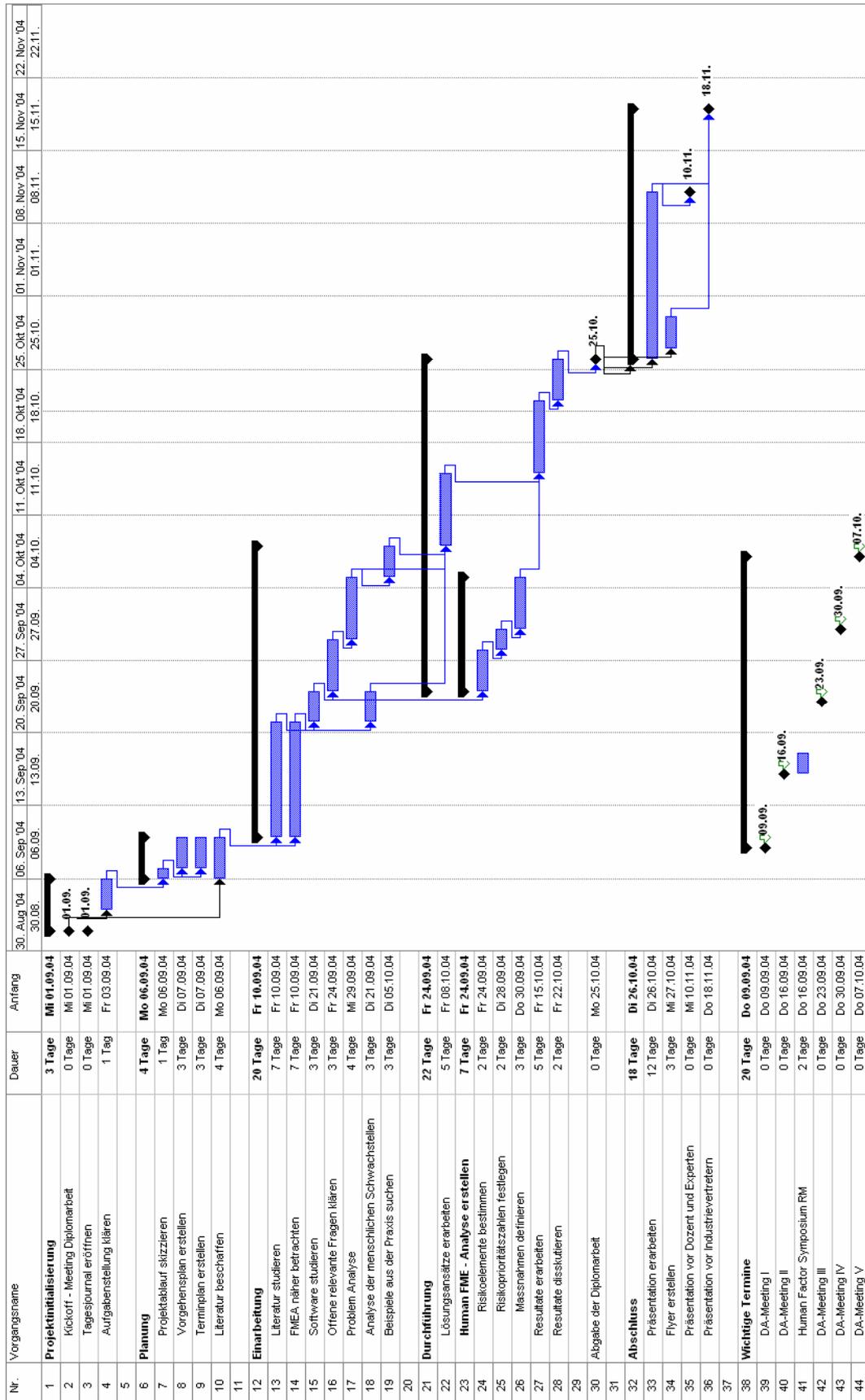


Abbildung 23