



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Optimierungsansätze für den Planungsprozess im Rahmen der Digitalen Fabrik am Beispiel der Business Unit Braunschweig

Fachbereich Maschinenbau und Produktion

Prüfungsexemplar

Ninja Günther

August 2010

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fachbereich Maschinenbau und Produktion

Berliner Tor 21

20099 Hamburg



Volkswagen AG

HFP/2

Postfach 4749

38037 Braunschweig



Verfasser:

Ninja Günther

Sievekingsallee 114d

2055 Hamburg

Erstprüfer:

Prof. Dr. Dipl.-Ing. Jochen Kreuzfeldt

Berliner Tor 21

20099 Hamburg

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. (FH) André Roddewig

Volkswagen AG HFP/2

38037 Braunschweig

Betreuer im Unternehmen:

Dipl.-Ing. (FH) André Roddewig

Volkswagen AG HFP/2

38037 Braunschweig

Danksagung

Die vorliegende Bachelorthesis entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als Praktikantin in der Abteilung HFP/2 der Business Unit Braunschweig. Mein Praktikum habe ich im Zeitraum vom 01. März 2010 bis zum 30. September 2010 absolviert.

Um das Thema meiner Arbeit erfolgreich zu erarbeiten, waren die, Erläuterungen sowie die fachliche Unterstützung aller mit der Thematik vertrauten Personen unabdingbar. Für diese Unterstützung möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn Marunde, der mich während meiner Arbeit vonseiten der Volkswagen AG fachlich betreut hat, für sein Engagement herzlich bedanken. Seine kritischen Fragestellungen, Anmerkungen und Erfahrungen bezüglich der Thematik hatten einen maßgeblichen Anteil an der Fertigstellung meiner Bachelor Thesis.

Als Initiator meiner Bachelorthesis und Betreuer während meines Praktikums gilt Herrn Dipl.- Ing. (FH) André Roddewig, Projektleiter Digitale Fabrik in der Business Unit Braunschweig, mein besonderer Dank.

Ich möchte mich bei allen Planerinnen und Planern des Standortes Braunschweig für ihre Mitarbeit und die mir zur Verfügung gestellten Zeit bedanken.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dipl.– Ing. Jochen Kreuzfeldt für die akademische Betreuung vonseiten der Hochschule bedanken.

Ich möchte mich auch bei all meinen Kommilitonen der HAW Hamburg für die Unterstützung während meines Studiums und besonders, während der Zeit meiner Abschlussarbeit bedanken.

Mein Dank gilt insbesondere meinen Eltern und meiner Schwester, die mich während meines gesamten Studiums unterstützt und mir den nötigen Rückhalt gegeben haben. Die fortwährende Unterstützung und das Verständnis meiner Familie haben im besonderen Maße dazu beigetragen, dass ich mein Studium erfolgreich absolvieren konnte.

Mein ausdrücklicher Dank gilt meinem Freund, der mich in allen Phasen meines Studiums begleitet hat.

Inhalt

I.	Abkürzungsverzeichnis	IV
II.	Abbildungsverzeichnis	VI
III.	Tabellenverzeichnis	VIII
IV.	Variablenverzeichnis.....	IX
1.	Einleitung.....	10
1.1	Die Business Unit Braunschweig	10
1.2	Aufgabenstellung.....	12
2.	Grundlagen.....	13
2.1	Digitale Fabrik	13
2.1.1	Definition	13
2.1.2	Digitale Fabrik bei Volkswagen.....	18
2.1.3	Digitale Fabrik in der Business Unit Braunschweig	19
2.1.4	Werkzeuge der Digitalen Fabrik.....	20
2.2	Arbeitsschutz.....	23
2.2.1	Definition	23
2.2.2	Arbeitsschutz bei Volkswagen	27
2.2.3	Arbeitssicherheit im Planungsprozess	28
2.3	Leistungsgewandelte Mitarbeiter	29
3.	Methodik und Vorgehen.....	32
4.	Digitale Potenziale in der Arbeitssicherheit	35
4.1	Potenzialermittlung.....	35
4.2	Auswahl der Use Cases	40
4.3	Kurzerklärung der Use Cases.....	43
5.	Machbarkeitsanalyse	49
5.1	Use Case Wege	50
5.2	Use Case Sicherheits- und Schutzeinrichtungen.....	53
5.3	Use Case Sicherheitsabstände	55

5.4	Use Case Kennzeichnung	56
5.5	Use Cases Sichtverbindungen und Beleuchtung	59
5.6	Use Cases Arbeitsplatzgestaltung und Ergonomiebetrachtung	60
5.7	Use Case Schnittstellen	61
5.8	Use Case Instandhaltung	61
5.9	Use Case Auf- und Umstellinformation	62
5.10	Use Case Lärm	62
5.11	Use Case Arbeitsanweisungen	63
5.12	Ergebnisse der Machbarkeitsanalyse	63
6.	Operativer Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit	68
6.1	Einführungsbedingungen	68
6.2	Prozessablauf	71
6.2.1	Gesamtprozess der Digitalen Fabrik im Planungsablauf	71
6.2.2	Prozessentwicklung	73
6.2.3	Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit	76
6.2.4	Prozessstandards	79
6.3	Personalbedarf	83
6.4	Kostenanalyse	85
6.5	Fallbeispiele	95
7.	Zusammenfassung	96
7.1	Zusammenfassung	96
7.2	Ausblick	99
V.	Literaturverzeichnis	100
Anhang	106

I. Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
3P	Product – Preparation – Process
AFO	Arbeitsfolge
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
ASi	Arbeitssicherheit
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
ASR	Technische Regeln für Arbeitsstätten
AzA	Anweisungen zum Arbeitsschutz
BeMi	Betriebsmittel
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BGI	Berufsgenossenschaftliche Information
BGM	Berufsgenossenschaft Metall
BGV	Berufsgenossenschaftliche Verordnung
Bibo	Bibliothek
BUBS	Business Unit Braunschweig
DF	Digitale Fabrik
DIN	Deutsche Industrie Normen
HLS	Hallen–Layout–System
KAMS	Konzern Arbeitsschutzmanagementsystem
LärmVibrationsArbSchV	Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung
LasthandV	Lasthandhabungsverordnung
MA	Mitarbeiter
MTM	Method Time Measurement
PD	Process Designer
PEP	Produktentstehungsprozess

Ph	Personenstunden
PLM	Product–Lifecycle-Management
PS	Process Simulate
SE	Simultaneous Engineering
SGB	Sozialgesetzbuch
TTC	Time to Customer
TTM	Time to Market
TTV	Time to Volume
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VPS	Volkswagen-Produktionssystem
VW AG	Volkswagen Aktiengesellschaft

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verkürzung der TTM durch digitale Planung	15
Abbildung 2: Vernetzung der realen Fabrik mit der Digitalen Fabrik.....	17
Abbildung 3: Ziele der Volkswagen AG zur Einführung der Digitalen Fabrik.	18
Abbildung 4: Moderner Arbeitsschutz	24
Abbildung 5: Aufteilung des Arbeitsschutzes	25
Abbildung 6: Einsatzmöglichkeiten leistungsgewandelter Mitarbeiter.....	30
Abbildung 7: Darstellung des methodischen Vorgehens	33
Abbildung 8: Ermittlungsschritte der Potenziale einer digital unterstützten ASi	35
Abbildung 9: Vorgehensweise zur Definition der Use Cases.....	40
Abbildung 10: Abbildung von Verkehrswegen in den Produktionshallen	50
Abbildung 11: Wege mit eingefügten Bemaßungen und Beschriftungen.....	51
Abbildung 12: Flucht- und Rettungswegplan.....	52
Abbildung 13: Modellierte Schutzeinrichtungen in einem Layout.....	53
Abbildung 14: Kennzeichnung eines Schutzkreises	54
Abbildung 15: Not-Aus-Schalter an einem Bedienpanel.....	55
Abbildung 16: Arbeitsplatz mit eingezeichneten Sicherheitsabständen	56
Abbildung 17: Kennzeichnung der Flächen für die Materialanstellung	57
Abbildung 18: Gefahrenschild in einem HLS-Layout	58
Abbildung 19: Fensterflächen	59
Abbildung 20: Portfolio-Analyse der Use Cases.....	65
Abbildung 21: Potenzialsteigerung durch den Einsatz von Process Simulate	69
Abbildung 22: SWOT-Analyse zum Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitsicherheit	70
Abbildung 23: Einteilung des Prozesses in unterschiedliche Bereiche	76
Abbildung 24: Budgetbedarf für die Einführung eines operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitsicherheit (Angaben in T€).....	86
Abbildung 25: Budgetbedarf für die BUBS (Angaben in T€).....	87

Abbildung 26: Mögliche Investitionseinsparungen (Angaben in Mio€).....	89
Abbildung 27: Einsparungspotenzial durch Reduktion von Terminalschleifen (Angaben in Personenstunden)	90
Abbildung 28: Kosten/Nutzen-Analyse für den Einsatz von HLS (Angaben in T€).....	91
Abbildung 29: Kosten/Nutzen-Analyse für den Einsatz von Process Simulate (Angaben in T€)	92
Abbildung 30: Zusammengeführte Kosten/Nutzen-Analyse (Angaben in T€).....	93
Abbildung 31: Vergleich von Ausgaben und Gewinn (Angaben in T€)	94
Abbildung 32: Wirkungskette Fehlervermeidung	97
Abbildung 33: Wirkungskette Visualisierung	98

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über wichtige Regelungen zum Arbeitsschutz	26
Tabelle 2: Einteilung der Use Cases nach Programmen	66
Tabelle 3: Morphologischer Kasten inkl. der Lösungsvarianten.....	74

IV. Variablenverzeichnis

T_P	Bearbeitungszeit pro Projekt	[h]
n	Anzahl der Projekte pro Jahr	[-]
$n_{\text{möglichproj}}$	Projektanzahl die pro Jahr bearbeitet werden können neu	[-]
$n_{\text{möglichV}}$	Projektanzahl, die pro Jahr bearbeitet werden können	[-]
n_S	Anzahl zusätzliche Projekte	[-]
t_{Amin}	Arbeitszeit pro Simulationssekunde	[$\frac{\text{min}}{s}$]
T_{BV}	Bearbeitungszeit für das Versuchsmodell	[d]
t_{ges}	Wochenarbeitszeit für 25 Projekte	[w]
T_{JA}	Jahresarbeitszeit in Wochen	[$\frac{w}{a}$]
T_{JU}	Urlaubstage pro Jahr	[$\frac{d}{a}$]
T_{KL}	Bearbeitungszeit für die Kontrollarbeiten	[h]
t_{KLh}	Arbeitszeit für Kontrollarbeiten an 25 Projekten	[h]
t_{KLw}	Arbeitszeit für Kontrollarbeiten an 25 Projekten	[w]
t_P	Bearbeitungszeit für 25 Projekte	[w]
t_{PA}	Bearbeitungszeit für 25 Projekte inkl. Aufschlag	[w]
t_{PAh}	Arbeitszeitpro Projekt inkl. Aufschlag	[h]
t_{PAw}	Arbeitszeit pro Projekt inkl. Aufschlag	[w]
t_{Ph}	Arbeitszeit in Stunden	[h]
t_{Pw}	Arbeitszeit in Wochen	[w]
t_S	Simulationssekunden pro Arbeitstag	[$\frac{s}{\text{min}}$]
T_{Sd}	Simulationsdauer pro Projekt	[min]
t_{Smin}	Simulationsdauer, die in einer Minute Arbeitszeit erstellt wird	[$\frac{s}{\text{min}}$]
T_{TA}	Tagesarbeitszeit	[$\frac{h}{d}$]
T_V	Dauer der Simulation im Versuchsmodell	[s]
T_{WA}	Wochenarbeitszeit	[$\frac{h}{w}$]
x_{DB}	Aufschlag für Datenbeschaffung	[%]
x_S	Prozentuale Steigerung im Vergleich zum Versuchsprojekt	[%]

1. Einleitung

Die vorliegende Bachelorthesis entstand in Zusammenarbeit mit dem Projekt „Digitale Fabrik“ der Abteilung HFP/2 des Volkswagenwerkes Braunschweig. Die Arbeit besteht darin, Optimierungsansätze für den Planungsprozess zu finden und zu analysieren. Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden, welche Optimierungsansätze hierbei in einem operativen Einsatz der Digitalen Fabrik zur Unterstützung der Arbeitssicherheit zu finden sind.

Um arbeitssicherheitstechnische Optimierungspotenziale im Planungsprozess aufdecken zu können, sollen die Anforderungen an die Arbeitssicherheit im Planungsprozess näher betrachtet werden. Es wird weiterhin untersucht, welche Möglichkeiten die Werkzeuge der Digitalen Fabrik zur Unterstützung der Arbeitssicherheit bieten.

1.1 Die Business Unit Braunschweig

Die Business Unit Braunschweig (BUBS) ist ein Standort des Volkswagen-Konzerns. Der Standort Braunschweig wurde durch die „Gesellschaft zur Vorbereitung des Deutschen Volkswagens mbH“ als „Vorwerk“ im Jahr 1938 gegründet. Der neu gegründete Standort sollte in erster Linie der Ausbildung, dem Lehren und dem Vorrichtungsbau für das in Wolfsburg errichtete Volkswagenwerk dienen.

Der eigentlichen Aufgabe kam das Braunschweiger Werk aber erst in den 50er Jahren wieder nach. Nach Beendigung des Zweiten Weltkriegs wurde in Braunschweig zunächst eine Auswahl benötigter Haushaltsgegenstände (darunter Kartoffelquetschen und Transportkarren) hergestellt. In den darauf folgenden Jahren entstanden erneut Betriebsmittel und Fahrzeugteile für das Volkswagenwerk in Wolfsburg.¹

In der untenstehenden Aufzählung sind die wichtigsten Entwicklungspunkte des Standortes Braunschweig darstellt.

- Mitte der 50er Jahre
 - Fertigung von Fahrzeugkomponenten wie Vorderachsen, Bremsen und Fußhebelwerke
- 80er Jahre
 - Baubeginn einer Kunststofffertigung
 - Baubeginn eines Fertigungsbereiches für den Maschinen- und Werkzeugbau

¹ Vgl. www.vw-braunschweig.de Stand: 20.05.2010

- 1994
 - Der Standort Braunschweig wird um einen Entwicklungs- und Vertriebsbereich erweitert
- 1997
 - Das Braunschweiger Werk wird als eigenständige Business Unit in den Volkswagen Konzern eingebunden
 - Die Business Unit Braunschweig hat ab diesem Zeitpunkt eine eigene Ergebnisverantwortung²

Das Werk Braunschweig beschäftigt derzeit (Stand: 12/2009) etwa 6.530 Mitarbeiter.³ Die Mitarbeiter sind auf die Geschäftsfelder Hinterachse, Vorderachse, Dämpfer und Lenkung, Kunststofftechnik, Modulmontage und Maschinen- und Werkzeugbau aufgeteilt. Das Produktportfolio der BUBS beinhaltet unter anderem Vorderachsen (inkl. Dämpfer), Hinterachsen für Front- und allradgetriebene Fahrzeuge des Volkswagen-Konzerns, Lenkungen, Kunststoffteile (Instrumententafeln, Karosserieteile, technische Teile für den Motorbereich), Fußhebelwerke, sowie Maschinen (Schweiß- und Schneidanlagen, Kontrollvorrichtungen) und Werkzeuge (Druckgussformen, Formen für Kunststoffteile, Kokillen- und Sandformeinrichtungen).²

Betrachtet man die Geschäftsfelder der BUBS, dann wird deutlich, dass in fast jedem Fahrzeug des Volkswagen-Konzerns ein Produkt aus Braunschweig steckt.³

² Vgl. www.vw-braunschweig.de Stand: 20.05.2010

³ Vgl. Volkswagen Braunschweig Standortinformationen

1.2 Aufgabenstellung

Die der vorliegenden Bachelor Thesis zugrunde liegende Aufgabenstellung umfasst die folgenden Schwerpunkte:

- Betrachtung der Arbeitssicherheit und deren Unterstützung durch den Einsatz der Werkzeuge der Digitalen Fabrik
- Einsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter
- Klassifikation der zu untersuchenden Anforderungen aus der Arbeitssicherheit mit anschließender Machbarkeitsanalyse an Fallbeispielen
- Personalbedarfsermittlung für den operativen Einsatz der digitalen Arbeitssicherheit

Ziel dieser Arbeit ist es zu untersuchen, mit welchen Mitteln die Digitale Fabrik einen Beitrag zur Arbeitssicherheit leisten kann. Mithilfe der Tools der Digitalen Fabrik soll untersucht werden, in welchen Bereichen die Arbeitssicherheit unterstützt werden kann. Durch eine Prozessentwicklung für einen operativen Einsatz der Digitalen Fabrik soll eine möglichst umfassende Unterstützung realisiert werden.

2. Grundlagen

Das folgende Kapitel beschreibt die Grundlagen, die für das Verständnis der Arbeit notwendig sind. Dabei wird auf die Bedeutung der Digitalen Fabrik (DF) im Allgemeinen und für den Volkswagen-Konzern im Speziellen eingegangen. Es wird die Bedeutung der Arbeitssicherheit (ASi) und deren gesetzlichen Vorschriften dargelegt. Am Ende des Kapitels wird der Begriff „leistungsgewandelte Mitarbeiter“ erläutert.

2.1 Digitale Fabrik

In diesem Abschnitt wird der Begriff „Digitale Fabrik“ näher betrachtet. Hierbei wird erläutert, welche Vorteile sich aus dem Einsatz der DF ergeben.

2.1.1 Definition

Der Begriff „Digitale Fabrik“ bezeichnet eine vernetzte Struktur von digitalen Modellen und Methoden zur Verbesserung aller mit dem Produkt in Verbindung stehenden Prozessen und Ressourcen. Die ganzheitliche Planung, Umsetzung und Steuerung der Fabrikprozesse steht dabei im Vordergrund. Ziel der DF ist eine frühzeitige und voll integrierte Produktentwicklung, Produktionsplanung und Inbetriebnahme der Fabrik, die auf alle Unternehmensprozesse abgestimmt ist.⁴

Durch die Methoden der DF lassen sich die Zeiten Time-to-Market (TTM), Time-to-Volume (TTV) und Time-to-Customer (TTC) wesentlich verkürzen.⁵ Diese Zeiten sind angesichts der immer stärker globalisierten Märkte und immer individuelleren Produkten ein wichtiger Faktor zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit.⁶ Die DF stellt digitale Werkzeuge zur Planung, Modellierung und Simulation bereit. Ein wesentlicher Punkt der DF ist eine gemeinsame Datenbasis aller Anwendungen sowie eine Einbindung der realen Fabrik.⁵

Die Nutzung einer Datenbasis für alle Prozesse trägt dazu bei, das gemeinsame Verständnis aller am Produktentstehungsprozess beteiligten Abteilungen und Personen zu erhöhen.⁷

Als Ergebnis folgt eine nachgewiesene bessere Planungsqualität, die daraus resultiert, dass Erkenntnisse aus den digitalen Modellen in die Realität übertragen werden. Somit

⁴ Vgl. Bracht (o.J.), S. 1ff

⁵ Vgl. Kühn (2006), S. 1

⁶ Vgl. VDI Richtlinie 4499 (2006), S. 2

⁷ Vgl. Pawellek (2008), S. 311

wird der Erkenntnisprozess vorverlegt, Fehler können früher erkannt und idealerweise noch im Modell behoben werden.⁸

Der Begriff Digitale Fabrik wird in der VDI Richtlinie 4499 wie folgt beschrieben:

„Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u.a. der Simulation und 3D–Visualisierung - die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.“⁹

Durch den Einsatz der DF sollen organisatorische, technische und betriebswirtschaftliche Ziele erreicht werden. Diese Ziele sind:

- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit
- Verbesserung der Planungsqualität
- Verkürzung der Produkteinführungszeit
- Transparente Kommunikation
- Standardisierung von Planungsprozessen
- Kompetentes Wissensmanagement

Die genannten Ziele werden im Folgenden kurz beschrieben.

Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

Durch die Methoden der DF lassen sich Planungs- und Inbetriebnahme-Prozesse beschleunigen. Dies wird durch die weitgehende Parallelisierung der Einzelprozesse und der gemeinsamen Nutzung der digitalen Modelle erreicht.¹⁰ Der Einsatz der DF begünstigt das sogenannte Simultaneous Engineering (SE). Das Prinzip des SE ist in Abbildung 1 verdeutlicht.¹¹ Die weiter oben beschriebene Verkürzung der TTM wird dabei auch durch die verbesserte Zusammenarbeit der einzelnen Abteilungen, die mit redundanzfreien und aktuellen Daten arbeiten, begünstigt.¹²

⁸ Vgl. Bracht (o.J.) S. 1ff

⁹ Vgl. VDI Richtlinie 4499 (2006c), S. 2

¹⁰ Vgl. Kühn (2006), S. 6

¹¹ (Eigene Darstellung nach VDI 449 (2006c), S. 6)

¹² Vgl. VDI Richtlinie 4499 (2006c), S. 5

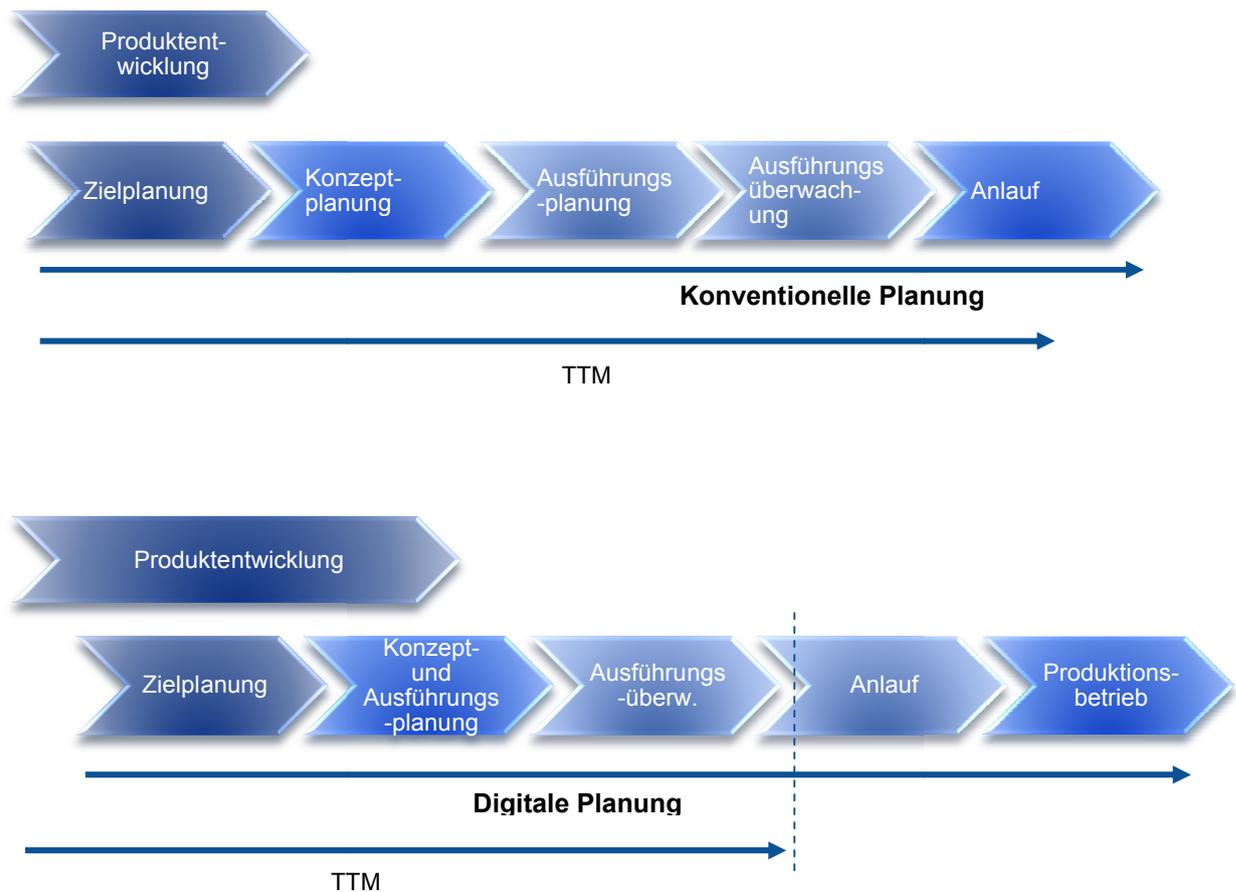


Abbildung 1: Verkürzung der TTM durch digitale Planung

Mit den Werkzeugen der DF lassen sich so Planungskosten reduzieren. Voraussetzung hierfür ist, dass die Planungsgrundlagen aktuell sind und die darauf aufbauenden Planungen korrekt durchgeführt werden. Ist dies der Fall, müssen Planungen nicht immer aufgrund von falschen Ausgangsbedingungen korrigiert werden. Daraus folgt, dass die Potenziale zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in den Bereichen der Investitionsplanung und der operativen Planung zu finden sind.¹³

Verbesserung der Planungsqualität

Mithilfe der DF wird dazu beigetragen, dass die in den Unternehmensprozessen verwendeten Daten aktuell und transparent sind. Zusätzlich unterstützen die Methoden der DF einen in Bezug auf Daten, Informationsaustausch und Ressourcen durchgängigen Planungsprozess. Die frühzeitige Vernetzung von Produktentwicklung und Produktionsplanung trägt dazu bei, das Produkt, die Fertigungsverfahren und Abläufe zu einem frühen Zeitpunkt abzusichern und somit die Planungssicherheit zu steigern.¹⁴ Eine Absicherung der Produkte wird dabei über die 3D-Modelle der DF erreicht. Die Modelle tragen dazu bei, dass die realen Produktionslinien vorausberechnet werden können.

¹³ Vgl. Kühn (2006), S. 6f

¹⁴ Vgl. Kühn (2006), S. 2f

Durch die einfache Visualisierung werden die Modelle auch für Mitarbeiter aus fachfremden Bereichen leichtverständlich.¹⁵

Durch den Einsatz der Werkzeuge der DF können verschiedene Planungsvarianten erstellt und leicht überprüft werden.¹⁶ Dies hilft Fehler in der Planung aufzudecken, die Planungsqualität zu erhöhen und die entstehenden Kosten zu reduzieren. Somit ist ein Weg zu einer, für die jeweilige Fertigungsstrategie, optimierten Produktionsstruktur geschaffen.¹⁶

Verkürzung der Produkteinführungszeit

Die Werkzeuge der DF ermöglichen eine möglichst komplett digitale Bearbeitung von Produktentwicklung und Produktionsplanung bis hin zum virtuellen Anlauf und Betrieb der geplanten Fertigungslinien.¹⁷ Durch die digitale Unterstützung können unterschiedliche Prozesse parallel ablaufen, dies führt zu der, in Abbildung 1 gezeigten Verkürzung der TTM. Die Verkürzung der Produkteinführungszeiten ist der Grundgedanke des SE.¹⁸ Die von der DF bewirkte Parallelisierung entspricht somit auch den Methoden des SE.

Transparente Kommunikation

An den Produktentwicklungs- und Planungsprozessen sind viele verschiedene Anwendergruppen beteiligt, da diese Prozesse meist sehr stark ineinandergreifen bzw. starke Abhängigkeiten bestehen.¹⁹ In diesen Prozessen ist die Schaffung einer transparenten Kommunikation daher ein wichtiges Ziel. Durch die Nutzung einheitlicher Daten, der standortübergreifenden Planung und die Unterstützung durch aktuelle Informationen wird dieses Ziel mithilfe der DF ermöglicht. Die Software Lösungen der DF bieten in allen Phasen der Planung ein wirkungsvolles Instrument für eine transparente Kommunikation.

Standardisierung von Planungsprozessen

Die Möglichkeiten unterschiedliche Planungsvarianten zu erstellen und die optimale Variante auszuwählen, trägt dazu bei Best-Practice Lösungen zu entwickeln.¹⁹ Durch die DF wird es möglich, die Modelle als Referenz-Lösungen, für neue Planungsprojekte zu verwenden. Diese Referenzmodelle können zu Standards umgewandelt werden, die für alle Prozesse verbindlich sind. Die Standards können als Planungsbausteine in neuen

¹⁵ Vgl. Sandler, (2009), S.12

¹⁶ Vgl. Intelligenter produzieren (2005), S. 38

¹⁷ Vgl. Kühn (2006), S. 8ff

¹⁸ Vgl. Kuster et.al. (2006), S. 25 ff

¹⁹ Vgl. Kühn (2006), S. 8ff, bezieht sich auf den nächsten Absatz

Produkten oder geänderten Prozesses wieder eingesetzt werden. Sie tragen damit zu der Erreichung der bereits genannten Ziele der DF bei.²⁰

Kompetentes Wissensmanagement

Die mit der DF erstellten Planungsvarianten und entwickelten Standards und Best-Practice-Lösungen bilden zukünftig das Planungs-Know-How der Unternehmen.²¹ Aus diesem Grund können der Wissenserwerb, die Wissensvermittlung und die Speicherung des Wissens als wesentliche Elemente der DF bezeichnet werden. Ziel ist es, durch eine effiziente und kompetente Wissensvermittlung, Produktentwickler sowie Planer in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses zu unterstützen. Zusätzlich wird die Wiederverwendung von bereits vorhandenem Wissen gefördert.

Die Fabrikplanung wird mit der DF zu einem kontinuierlichen Prozess, der die physikalischen Produktionssysteme mit den Planungswerkzeugen und digitalen Modellen zu einem wandlungsfähigen Fabrikssystem verknüpft.²²

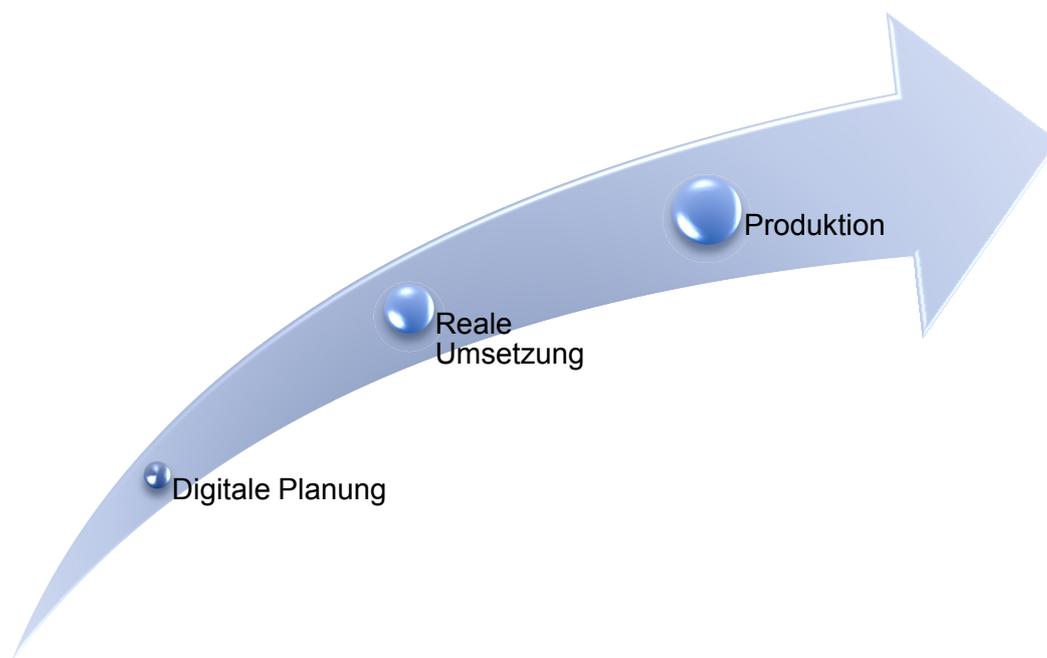


Abbildung 2: Vernetzung der realen Fabrik mit der Digitalen Fabrik²³

Fasst man die Ziele der DF zusammen und abstrahiert diese, so wird die grundlegende Bedeutung der DF in der Planung von zukünftigen Produktionsprozessen deutlich. Die Vernetzung der DF mit der realen Fabrik ist in Abbildung 2 noch einmal grafisch dargestellt.

²⁰ Vgl. Syska, (2006), S. 40ff

²¹ Vgl. Kühn (2006), S. 9f, bezieht sich auf die nächsten drei Sätze.

²² Vgl. Kühn (2006), S. 3

²³ (Eigene Darstellung in Anlehnung an Pawellek, G. (2008), S. 311)

2.1.2 Digitale Fabrik bei Volkswagen

Die Volkswagen Aktiengesellschaft (VW AG) hat sich Ende der 90er Jahre zusammen mit anderen Automobilherstellern zur Einführung der DF zusammengesetzt und markante Ziele definiert. Ziel ist es, durch die Einführung der DF, die Qualität und die Stückzahlen der realen Fabrik vor dem Bau der Fertigungslinien digital abzusichern.²⁴

Die VW AG hat für die Einführung der Digitalen Fabrik folgende Ziele definiert.

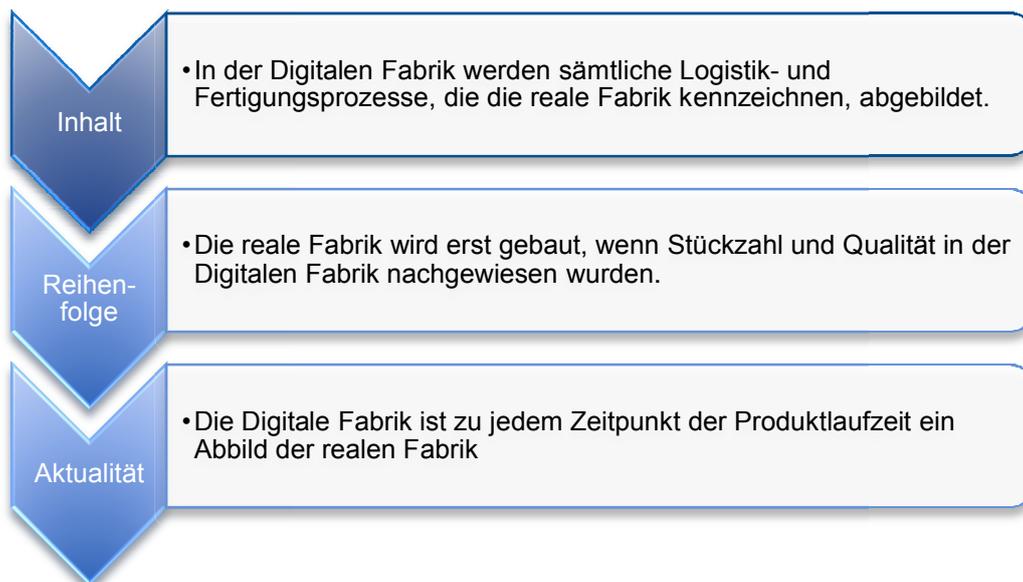


Abbildung 3: Ziele der Volkswagen AG zur Einführung der Digitalen Fabrik.²⁵

Durch ein konzernweites Projekt bei Volkswagen wird die Einführung der DF forciert. In mehreren Standorten des Konzerns wird, durch die Arbeit der verschiedenen Projektteams, die Einbindung der Werkzeuge der DF in den Planungsprozess vorangetrieben. Alle Projektteams verfolgen dabei die Erreichung der in Abbildung 3 genannten Ziele.

Die Einführung der DF ist eine Ergänzung zu den Methoden des Volkswagen–Weges und dem Volkswagen Produktionssystem. Beide Konzepte zielen darauf ab, Volkswagen an die Spitze der Automobilhersteller zu heben. Die Volkswagen Aktiengesellschaft hat es sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2018 der größte Automobilhersteller weltweit zu werden.²⁶ Die DF kann mit ihren eigenen Zielen und Werkzeugen einen großen Beitrag zur Erreichung des oben genannten Zieles leisten.

²⁴ Vgl. projektinterne Dokumente

²⁵ (Eigene Darstellung in Anlehnung an Projektinterne Präsentationen)

²⁶ Vgl. http://www.volkswagenag.com/vwag/vwcorp/content/de/the_group/strategy.html

Stand: 08.08.2010

2.1.3 Digitale Fabrik in der Business Unit Braunschweig

Das Team der DF setzt sich in der Business Unit Braunschweig (BUBS) aus einem Projektleiter und zurzeit 14 Praktikanten zusammen. Die Praktikanten arbeiten mit Software-Lösungen an verschiedenen Projekten und testen so deren Funktionen und untersuchen die Potenziale für den Einsatz im Planungsprozess. Im Rahmen verschiedener Diplom- und Bachelorarbeiten werden z. B. Standards für die Arbeit mit dem Process Designer (PD) oder dem Hallen-Layout-System (HLS) erarbeitet. Auf die genannten Programme wird in Kapitel 2.1.4 näher eingegangen.

Eine weitere Aufgabe ist die Unterstützung in den so genannten 3P-Workshops am Standort Braunschweig. In den 3P-Workshops wird seit Anfang des Jahres 2010 standardisiert mit dem HLS gearbeitet. Die HLS-Betreuung wird von dem Team der DF realisiert. Seit Mitte 2010 wird die Unterstützung durch den PD erprobt. Die Mitarbeit in den 3P-Workshops stellt einen wesentlichen Teil des operativen Einsatzes der DF am Standort Braunschweig dar. Die Bedeutung der Workshops wird im Folgenden kurz erläutert.

3P - Product Preparation Process

Die Abkürzung 3P steht für Product-Preparation-Process. Es handelt sich hierbei um den Produkt-Planungsprozess, der durch diese Workshops voran getrieben wird. In diesen Workshops werden zu einem frühen Zeitpunkt im Planungsprozess mit einem interdisziplinären Team verschiedene Varianten eines Planungslayouts entwickelt und diskutiert. Zu einem solchen Team gehören immer Mitarbeiter (MA)²⁷ der betroffenen Bereiche, der zuständige Planer und Vertreter aus anderen Fachbereichen wie Logistik und Arbeitssicherheit. Für Volkswagen ergeben sich durch die Einbeziehung der operativen Mitarbeiter hohe Verbesserungspotenziale.²⁸

Die 3P-Workshops sind ein wesentlicher Bestandteil des Volkswagen-Weges. Der Volkswagen-Weg ist dabei als Organisationsentwicklungsprozess zu sehen, durch den alle Bereiche von der Prozesskette im Produktentstehungsprozess bis hin zum Kunden berücksichtigt werden.²⁹ Ausgangsbasis für diesen Entwicklungsprozess ist der kontinuierliche Verbesserungsprozess.³⁰ Um den Volkswagen-Weg zu unterstützen, wird ein eigenes Volkswagen-Produktionssystem (VPS) eingeführt, welches den Weg zu einem wertschöpfungsorientierten, synchronen Unternehmen beschreibt. Das VPS hat die

²⁷ Um die Lesbarkeit des Textes nicht zu erschweren, wird im Folgenden nur die männliche Form verwendet.

²⁸ Vgl. Neuhaus (2007), S. 40

²⁹ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft (2006a), S. 1 - 3

³⁰ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft (2007a), S. 3

Erhöhung der Qualität und Termintreue bei einhergehender Kostenreduzierung zum Ziel.³¹

Durch die Arbeit der Praktikanten ist es dem Projektteam in Braunschweig gelungen, an Platz 1 der konzernweiten Projektrangliste der DF zu gelangen. Diese Stellung in der DF des Volkswagen-Konzerns hat dazu geführt, dass das Team in Braunschweig zunehmend andere Standorte bei der Einführung der DF unterstützt.

Das Team am Standort Braunschweig ist zurzeit für die Unterstützung bei der Einführung der DF für 13 verschiedene Standorte des Konzerns zuständig. Diese Unterstützung spiegelt sich im Wesentlichen dadurch wieder, dass die Praktikanten Bereiche der Produktionslinien anderer Standorte modellieren. Vor Ort werden die Planer anschließend in den 3P-Workshops, durch die Praktikanten der BUBS, unterstützt. Zudem werden in Braunschweig Standardlösungen für den Umgang mit der DF entwickelt, die von anderen Standorten übernommen werden können.

2.1.4 Werkzeuge der Digitalen Fabrik

Um die gesetzten Ziele zu erreichen, bietet die DF die Möglichkeit verschiedene Software-Lösungen zu nutzen. Die Software-Pakete ermöglichen es, die verschiedenen Unterprozesse des Produktentstehungsprozess (PEP) am Computer abzubilden. Der PEP beschreibt den gesamten Prozess für die Entstehung eines Produktes. Angefangen von der Layoutplanung bis hin zu einer Analyse von erstellten Logistikkonzepten können die verschiedenen Prozesse durch eine 3D-Modellierung und eine Simulation unterstützt werden. In der BUBS werden in der DF bislang die Layoutplanung und die Fertigungsaustattung durch unterschiedliche Software-Tools unterstützt. Die Software-Lösungen, die für die Bearbeitung dieser Arbeit verwendet wurden, werden im Folgenden kurz beschrieben.

Hallen-Layout-System

Das HLS bietet eine digitale Unterstützung in der Layoutplanung. Diese Unterstützung wird durch die Modellierung von Produktionsanlagen gewährleistet. Ein wichtiger Punkt bezüglich des HLS ist die Begleitung in den 3P-Workshops. Zur Vorbereitung einer solchen Begleitung werden der betroffene Produktionsort sowie die benötigten Betriebsmittel modelliert und in eine dreidimensionale Produktionsumgebung eingebunden. In der Layoutplanung können durch das HLS unterschiedliche Layoutkonzepte verglichen werden. Es ist hierbei möglich, nachträgliche und kurzfristige

³¹ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft (2008b), S.11

Umbaumaßnahmen frühzeitig zu vermeiden und darüber hinaus die Planungsqualität zu optimieren.

Ein weiterer Vorteil besteht in der optimierten Raumnutzung durch den Einsatz detaillierter 3D-Modelle.³²

Process Designer

Der Process Designer ist Teil der Siemens Product–Lifecycle–Management (PLM) Software-Lösungen.³³ Es handelt sich um eine digitale Lösung, um die Planung von Fertigungsprozessen in einer 3D-Umgebung zu unterstützen. Mit dieser Plattform wird die Entwicklung, Standardisierung, Speicherung und Wiederverwendung bewährter Prozesspläne ermöglicht. Mit dem PD kann die Erstellung und Überprüfung von Fertigungsprozessen, von der Konzeption über die Produktionsplanung bis hin zur Ausführung, vereinfacht werden.³⁴ Durch den PD können verschiedene Alternativen eines Fertigungsprozesses verglichen werden und die, für die jeweilige Fertigungsstrategie, beste Layoutvariante ausgewählt werden. Bei der Entwicklung von Fertigungsprozessen können in der Umgebung des PDs Kosten und Ressourcen an die Betriebsmittel angehängt werden.³⁴ Durch diese Funktion ist schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt eine grobe betriebswirtschaftliche Analyse der Prozesspläne möglich.³³ Fasst man die Vorteile des PDs zusammen, kann man diese wie folgt aufzählen:

- Unterstützung bei der Erstellung des Fertigungsprozesses
- Erhöhung der Planungsqualität verbunden mit einer Reduktion von Aufwand und Dauer im Planungsprozess.
- Kostenreduzierung bei Änderungen

Process Simulate

So wie der PD ist auch Process Simulate (PS) ein Teil der Siemens PLM Software.³⁵ Mit PS und seiner 3D–Umgebung kann das Verhalten von Fertigungsprozessen simuliert werden. Zusätzlich können Zykluszeiten und Prozesssequenzen optimiert werden. Durch die Nutzung von PS können Montagevorgänge, manuelle Operationen und Arbeitsabläufe von Werkzeugen und Robotern simuliert und kontrolliert werden. Durch die Integration von PS in die Siemens PLM Software ist eine Kopplung zu dem PD möglich. Durch diese Kopplung lassen sich detaillierte Prozesssimulationen durchführen mit denen der Prozess auf seine Machbarkeit und Robustheit überprüft werden kann. Aus dem PD werden hierzu

³² Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft (2010)

³³ Vgl. www.siemens.com/plm Stand: 15.05.2010

³⁴ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft (2010a)

³⁵ Vgl. www.siemens.com/plm Stand: 15.05.2010, bezieht sich auf den gesamten Abschnitt zu Process Simulate.

die Layouts der Fertigungsprozesse übernommen und im PS kinematisiert. Für Fertigungsingenieure wird es durch PS möglich eine Machbarkeitsanalyse der geplanten Montageprozesse durchzuführen und die Sequenz zu ermitteln, die dem Ideal am nächsten kommt.

Zu der Betrachtung von Montageprozessen oder der Planung von Produktionslinien gehört auch die Gestaltung von Arbeitsplätzen. PS bietet die Möglichkeit, die Gestaltung von Arbeitsplätzen unter ergonomischen Gesichtspunkten zu unterstützen. Durch eine Erreichbarkeitsanalyse kann sichergestellt werden, dass Produktkomponenten dem menschlichen Arbeitsraum entsprechend erreicht, montiert und gehalten werden können. In Abhängigkeit von dem untersuchten Menschmodell werden die Belastungen an den jeweiligen Arbeitsplätzen durch eine unterschiedliche Färbung der Menschmodelle gekennzeichnet. Als Grundlage für eine Bewertung der Belastungen und Erreichbarkeiten können an die Bewegungen der Menschmodelle MTM Zeiten oder andere Zeitmodelle hinterlegt werden.

MALAGA

Die Abkürzung MALAGA setzt sich aus folgenden Begriffen zusammen: Materialflussanalyse (MA), Layout-Entwicklung und Analyse (LA) und Grafische Anbindung Datenmanagement (GA).³⁶

Mit dem Tool MALAGA können Logistik-Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette analysiert werden. Die Prozesse vom Lieferanten über die Lager bis hin zum Versand können abgebildet werden. Schon im Fabrik-Layout kann durch MALAGA ein visuelles Modell des gesamten Materialflusses erstellt werden. Durch die Funktionen der Software wird es möglich, laufende und zukünftige Projekte in einer virtuellen Umgebung zu planen, zu validieren und zu optimieren. In MALAGA wird jedes Bauteil einer Logistikkette zugeordnet, wobei automatisch die optimalen Wege ermittelt werden. Beispielsweise kann die Belastung der Wege und Ressourcen untersucht werden. Somit können zu einem sehr frühen Zeitpunkt die benötigten Ressourcen und damit die Kostenstruktur ermittelt werden.

MALAGA bietet zusätzlich die Möglichkeit, die Modelle durch eine Simulation zum Leben zu erwecken. Die Simulation bietet einen tieferen Einblick in die Produktionsprozesse und kann dabei helfen weitere Optimierungsmöglichkeiten aufdecken. Durch eine Simulation können auch die statischen Ergebnisse nochmals überprüft werden.

³⁶ Vgl. <http://www.zip.de/deu/malaga/index.php?id=1> Stand 12.07.2010, diese Quelle bezieht sich auf den gesamten Abschnitt

2.2 Arbeitsschutz

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Bedeutung des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit (ASi) vermittelt.

2.2.1 Definition

Betrachtet man die Veränderung der Arbeitsplätze in den letzten Jahrzehnten wird deutlich, wie wichtig ein angemessener Schutz der Beschäftigten vor den berufsbedingten Gefahren ist.³⁷ Die Arbeitsplätze in Unternehmen sind in einem immer stärkeren Maß von Technologie, verschiedenen Arbeitsstoffen und Arbeitsverfahren durchzogen. Diese Entwicklung führt auch zu Veränderungen bei den auftretenden Unfallgefahren und deren Folgen.

Die Beschäftigten vor den Gefahren der Arbeit zu schützen, ist eine humanitäre Verpflichtung für die Unternehmen. Die Folgen von Arbeitsunfällen oder berufsbedingten Erkrankungen können für die Unternehmen weitreichend sein.³⁸ In der EU müssen jährlich 4 % des Bruttoinlandsproduktes investiert werden, um für die Folgen von berufsbedingten Erkrankungen und Verletzungen aufzukommen. Dieser Wert zeigt, welches Potenzial in einer durchdachten Strategie zum Arbeitsschutz steckt.³⁹ Gründe, dem Arbeitsschutz eine hohe Priorität zu gewähren, sind:

- Der mit dem Produktionsausfall entstehende wirtschaftliche Schaden.
- Die Vermeidung von Folgekosten durch die Einbindung des Arbeitsschutzes schon in der Planungsphase um effiziente und effektive Lösungen zu entwickeln.
- Die soziale Verantwortung der Unternehmen gegenüber ihren Arbeitnehmern. Zu dieser Verantwortung gehört es, die Arbeitsplätze sicher zu gestalten. Sichere Arbeitsplätze tragen dazu bei, die Motivation der Mitarbeiter zu erhalten. Motivierte Mitarbeiter tragen in einem hohen Maße zur Produktqualität und Produktionseffizienz bei.⁴⁰

Damit diese Gründe auch umgesetzt werden, ist der Arbeits- und Gesundheitsschutz in den Zielen und Vereinbarungen der Unternehmen verankert. Um die Thematik des Arbeitsschutzes zu verstehen, ist es zunächst notwendig bestimmte begriffliche

³⁷ Vgl. Schmidt, (1990), S. 1, bezieht sich auf die nächsten drei Sätze

³⁸ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft, (2004d), S. 4

³⁹ Vgl. VDI Richtlinie 4064 (2006a), S. 2

⁴⁰ Vgl. Volkswagen Intranet – Der Weg zur Arbeitsschutzpolitik, (2010c)

Grundlagen zu klären. Im Rahmen dieser Arbeit werden daher im Folgenden die Begriffe „Arbeitsschutz“ und „Arbeitssicherheit“ differenziert.

Arbeitsschutz

Im klassischen Arbeitsschutz war die Aufmerksamkeit in der Vergangenheit hauptsächlich auf die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten gerichtet.⁴¹ In den letzten Jahren hat es in diesem Bereich Veränderungen gegeben. Im modernen Arbeitsschutz werden auch andere Faktoren, die zu einer Minderung der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter führen berücksichtigt. Abbildung 4 zeigt eine Auswahl dieser Funktionen.



Abbildung 4: Moderner Arbeitsschutz⁴²

Arbeitsplatzbedingungen und die Belastungen am Arbeitsplatz sind die Ursachen für arbeitsbedingte Erkrankungen.⁴³ Im modernen Arbeitsschutz ist die Gesundheit der Mitarbeiter mehr als nur das Fehlen von Krankheiten. Psychische und seelische Faktoren, die einen großen Einfluss auf die Gesundheit haben, müssen ebenfalls beachtet werden. Hierbei ist ein Gleichgewicht aus den Faktoren aufseiten der Arbeitgeber (Störungsfreie Produktion, Technik etc.) und den Faktoren aufseiten der Arbeitnehmer (Gesundheit, Umwelt etc.) anzustreben.

Um den Anforderungen eines modernen Arbeitsschutzes gerecht zu werden, wird der Begriff weiter untergliedert.⁴⁴ Diese Gliederung hilft auch dabei, die notwendigen Maßnahmen zu treffen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Begriffe nicht nebeneinander existieren sondern eng ineinandergreifen. Eine eindeutige Abgrenzung ist nicht möglich, viel mehr ergänzen sich die verschiedenen Bereiche sinnvoll.

⁴¹ Vgl. VDI 4064 (2006a), S. 3

⁴² (Eigene Abbildung in Anlehnung an VDI 4064 (2006a), S.3)

⁴³ Vgl. VDI 4064 (2006a), S. 3, bezieht sich auf den gesamten Absatz.

⁴⁴ Vgl. Schmidt, (1990), S. 3, bezieht sich auf den gesamten Absatz.

Abbildung 5 zeigt die begriffliche Aufteilung des Arbeitsschutzes.

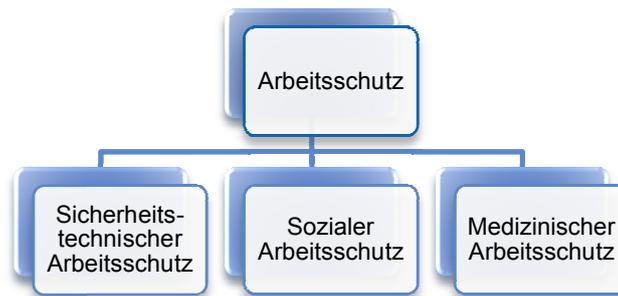


Abbildung 5: Aufteilung des Arbeitsschutzes⁴⁵

Für ein besseres Verständnis werden die Begriffe kurz erläutert.

Sicherheitstechnischer Arbeitsschutz

Hier werden alle getroffenen Maßnahmen zusammengefasst, die eine gesundheitliche Schädigung des Arbeitnehmers ausschließen. Hierzu gehören Maßnahmen zur Unfallverhütung, die Arbeitshygiene, aber auch die Beachtung von arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen.⁴⁶

Sozialer Arbeitsschutz

In den gesetzlichen Bestimmungen finden sich eine Reihe von Vorschriften und Regelungen, die dem Erhalt der Arbeitskraft und/oder dem Schutz bestimmter Personengruppen dienen. Diese Vorschriften werden dem sozialen Arbeitsschutz zugeordnet.

Medizinischer Arbeitsschutz

Unter diesem Begriff werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die dem Schutz der Gesundheit der Arbeitnehmer und der menschengerechten Gestaltung der Arbeit (Ergonomie) dienen.

Arbeitssicherheit

Mit dem Begriff Arbeitssicherheit werden die Ziele des Arbeitsschutzes beschrieben. Bei der ASi geht es in erster Linie darum, die Arbeitsplätze sicher zu gestalten. Die Arbeitsplätze sind so zu gestalten, dass eine Gefahr für die Arbeitnehmer weitgehend ausgeschlossen werden kann.⁴⁷

Der Arbeitsschutz wird über eine Vielzahl von gesetzlichen Vorschriften und Bedingungen geregelt.⁴⁸ Eine Aufzählung dieser Regelungen kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit

⁴⁵ (Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmidt, D. (1990), S. 4)

⁴⁶ Vgl. Schmidt, (1990), S. 3, bezieht sich auf die nächsten drei Absätze.

⁴⁷ Vgl. Schmidt, (1990), S. 4ff

⁴⁸ Vgl. VDI 4064 (2006a), S. 9

erheben, da der Umfang der Vorschriften zu groß ist und die Übersichtlichkeit stark leiden würde. Aus diesem Grund wird in diesem Abschnitt nur kurz auf die in Deutschland verbindlichen Regelungen eingegangen.

Zu beachten ist, dass der Arbeitsschutz in Deutschland aus einem dualen System besteht.⁴⁹ Zum einen gibt der Staat Gesetze und Verordnungen vor und überprüft deren Einhaltung. Auf der anderen Seite erlassen die Unfallversicherungsträger sogenannte Unfallverhütungsvorschriften, die von den Unternehmen eingehalten werden müssen, um den Versicherungsschutz aufrecht zu erhalten.

Die Tabelle 1 zeigt eine Auswahl der wichtigsten Gesetze und Verordnungen zum Arbeitsschutz in Deutschland.

Tabelle 1: Übersicht über wichtige Regelungen zum Arbeitsschutz

Kategorie	Titel
Gesetze	Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
	Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG)
Verordnungen	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
	Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
	Lastenhandhabungsverordnung (LasthandV)

In einer Reihe weiterer Gesetze und Verordnungen werden die Rechte von besonderen Personengruppen z. B. Jugendlichen oder Müttern geregelt. Zusätzlich zu den gesetzlichen Vorschriften haben die Unfallversicherungsträger verschiedene Vorschriften erlassen, die in einem sogenannten autonomen Arbeitsschutzrecht zusammengefasst werden.

⁴⁹ Vgl. VW AG (2004d), S. 6, bezieht sich auf den gesamten Absatz.

2.2.2 Arbeitsschutz bei Volkswagen

In den Grundsätzen der ASi des Volkswagen Konzerns von 1986 heißt es: „Arbeitssicherheit ist eines der vorrangigen Ziele unseres Unternehmens. Diese besondere Aufgabe des Schutzes der Mitarbeiter vor Unfällen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen ist menschlich aber auch rechtlich und wirtschaftlich begründet. Voraussetzung dafür ist ein selbstverständliches Engagement aller Führungskräfte.“⁵⁰ An diesem Zitat wird die Bedeutung des Arbeitsschutzes für den Konzern deutlich.

Der Volkswagen Konzern ist ein Konzern, der in den letzten Jahren seine globale Ausrichtung forciert hat.⁵¹ Die Globalisierung führt nicht nur dazu, dass die einzelnen Gesellschaften enger zusammenrücken, sondern auch dazu, dass in verschiedenen Kulturkreisen mit den gleichen Materialien und Verfahren gefertigt wird. Die Folge ist, dass es konzernweit auch zu ähnlichen und vergleichbaren Problemen im Arbeitsschutz kommt.⁵¹ Bisher wurden diese Probleme jedoch durch werkspezifische Lösungen behoben. Die Adaption von bewährten Lösungen aus anderen Standorten war oft nicht Teil des Problemlösungsweges. Um Synergien aus den bewährten Arbeitsschutzkonzepten zu erzeugen, wurde im Volkswagen-Weg eine Arbeitsschutzpolitik eingeführt.⁵¹ Neben der Erzeugung von Synergien sollen so die Qualität und vor allem die Effizienz des Arbeitsschutzes gesteigert werden. Die Umsetzung des Arbeitsschutzes wird durch ein Gegenstromverfahren aus Top-down und Bottom-up Prozessen realisiert.⁵² Durch die Führungskräfte des Konzerns werden die Ziele für die jeweiligen Verantwortungsbereiche definiert und spezifiziert. Die Ziele richten sich dabei nach den Bedingungen des jeweiligen Landes bzw. des Standortes aus. Durch die Arbeit der Mitarbeiter werden diese umgesetzt.⁵³ In regelmäßigen Abständen berichten die Führungskräfte den Vorständen und Geschäftsführern über die Erreichung der gesetzten Ziele. Um die Belange des Konzerns bezüglich des Arbeitsschutzes noch besser zu beachten, hat der Volkswagen Konzern ein sogenanntes Konzern-Arbeitsschutzmanagementsystem (KAMS) eingeführt. Das Konzept des KAMS ist seit Ende des Jahres 2009 freigegeben und muss nun durch die jeweiligen Gesellschaften eigenverantwortlich gestaltet werden.⁵² Das KAMS basiert auf der zuvor beschriebenen Arbeitsschutzpolitik und richtet sich an die Fachkräfte der ASi. Durch das KAMS sollen grundlegende Arbeitssicherheitsziele und gemeinsame Standards zu deren Erreichung festgelegt werden.⁵⁴

⁵⁰ Vgl. Volkswagen Intranet-Der Weg zur Arbeitsschutzpolitik, (2010c)

⁵¹ Vgl. Volkswagen Intranet-Notwendiger Arbeitsschutz, (2010b)

⁵² Vgl. Volkswagen Intranet-Konzern Arbeitsschutz-Managementssystem (2010e)

⁵³ Vgl. Volkswagen Intranet-Umsetzung der Arbeitsschutzpolitik, (2010d)

⁵⁴ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft, (2009b)

2.2.3 Arbeitssicherheit im Planungsprozess

In diesem Abschnitt wird beschrieben, welche Rolle die ASi im Planungsverlauf der BUBS hat und an welchen Stellen sie in den Prozess eingreift.⁵⁵ In der BUBS ist im Jahr 2008 ein Prozessstandard für die Beschaffung von Maschinen und Anlagen definiert worden. Dieser Standard beschreibt die Vorgehensweise bei der Beschaffung von Anlagen bzw. Maschinen und erläutert, welche Fachabteilungen, an welchen Stellen, an diesem Prozess beteiligt sind. Neben der Werktechnik, der Logistik und dem Gesundheitsschutz ist auch die ASi an diesem Prozess beteiligt.

Die ASi wird von Anfang an in den Planungsprozess mit einbezogen. Nachdem ein Planer ein neues Projekt erhalten und ein Konzept erstellt hat, findet eine Konzeptvorstellung statt. Hier ist die ASi zum ersten Mal mit Vertretern beteiligt. Zu diesem Zeitpunkt kann die ASi das vorhandene Layout beurteilen und eventuelle Problempunkte aufdecken. Somit können Layoutkonzepte, die den Anforderungen der ASi nicht entsprechen, schon frühzeitig überarbeitet werden.

Ist das Layout freigegeben, wird ein Angebot erarbeitet und mit den Fachabteilungen abgestimmt. Zur Dokumentation der Arbeitsergebnisse und als Informationsgrundlage für die Fachabteilungen wird eine Auf- / Umstellinformation erstellt.

Im weiteren Planungsverlauf ist immer wieder eine Abstimmung unter den beteiligten Fachabteilungen notwendig. An all diesen Punkten im Planungsprozess ist auch die Arbeitssicherheit durch ihre Fachkräfte vertreten.

Ist die Maschine oder Anlage bewilligt und anschließend bestellt worden, folgt die Auslieferung an die BUBS. Die ASi ist in den nun folgenden Prozessschritten dafür zuständig, dass eine Sicherheitsbelehrung für die Mitarbeiter stattfindet. Solange diese Belehrung nicht stattgefunden hat, bleibt die Anlage für die Produktion gesperrt. In Abstimmung mit dem Lieferanten, dem Betreiber und den Fachabteilungen kann für maximal 2 x 4 Wochen eine befristete Freigabe erteilt werden.

Ist die Freigabe durch die ASi erteilt, wird eine Maschinenprüfung durchgeführt. Wird die Fähigkeit der Anlage bestätigt und dokumentiert, ist der Beschaffungsprozess beendet.

⁵⁵ Vgl. Volkswagen interner Prozessstandard, diese Quelle bezieht sich auf den gesamten Abschnitt 2.2.3

2.3 Leistungsgewandelte Mitarbeiter

Mit dem Begriff „leistungsgewandelte Mitarbeiter“ werden Personen mit angeborenen Behinderungen und Krankheiten, genauso wie Personen mit erworbenen Behinderungen als Folge einer Krankheit (oder einem Unfall) beschrieben.⁵⁶ Es muss beachtet werden, dass es sich in dem meisten Fällen um eine erworbene krankheitsbedingte Einschränkung der Leistungsfähigkeit handelt. Nur 4,7 Prozent der Schwerbehinderten haben seit Geburt an eine Einschränkung. Über 95% der Behinderungen werden im Laufe des Lebens durch Krankheiten oder Unfälle erworben.⁵⁶

Im Neunten Buch des Sozialgesetzbuches (SGB IX) stehen Regelungen für die Rehabilitation und die Teilhabe behinderter Menschen am Arbeits- und gesellschaftlichen Leben geschrieben. In §2 Absatz wird Behinderung wie folgt definiert:

„Menschen sind behindert, wenn ihre körperliche Funktion, geistige Fähigkeit oder seelische Gesundheit mit hoher Wahrscheinlichkeit länger als sechs Monate von dem für das Leben typischen Zustand abweichen und daher die Teilhabe am Leben in der Gesellschaft beeinträchtigt ist. Sie sind von Behinderung bedroht, wenn die Beeinträchtigung zu erwarten ist.“⁵⁷

Bei dieser Definition muss beachtet werden, dass eine Behinderung nicht nur durch körperliche, sondern auch durch seelische Beeinträchtigungen erworben werden kann.⁵⁷ Viele Menschen leben mit angeborenen Behinderungen, die von der Gesellschaft nicht wahrgenommen werden. Dies ist besonders bei seelischen Beeinträchtigungen der Fall.⁵⁶ Nach § 72 des SGB IX müssen alle Arbeitgeber, die im Jahresmittel mehr als 20 Arbeitnehmer beschäftigen, mindestens 5% der Arbeitsplätze mit leistungsgewandelten Mitarbeitern besetzen.⁵⁸ Wird diese Vorgabe nicht eingehalten, müssen nach § 77 des SGB IX sogenannte Ausgleichszahlungen geleistet werden. Diese Ausgleichabgaben entbinden die Arbeitgeber aber nicht von der generellen Pflicht, behinderte Menschen zu beschäftigen.⁵⁹ Für die Berechnung der Quote ist es wichtig zu untersuchen, welche Arbeitsplätze von einem Arbeitgeber mit leistungsgewandelten Mitarbeitern besetzt werden. Die Definition dieses Begriffs ist in §73 des SGB XI enthalten. Durch die Eingrenzung des Begriffes kann die Berechnung der Quote vergleichbar gemacht werden.

⁵⁶ Vgl. Adenauer, (2004), S. 2

⁵⁷ Vgl. Bundesministerium für Justiz, (2001), §2

⁵⁸ Vgl. Bundesministerium für Justiz, (2001), §71

⁵⁹ Vgl. Bundesministerium für Justiz, (2001), §77

Leistungsgewandelte Mitarbeiter sind meist ältere, jedoch nur zu einem kleinen Teil behinderte Menschen. Die Mitarbeiter haben aufgrund einer ärztlich attestierten irreversiblen Krankheit eine Tätigkeitseinschränkung.⁶⁰ Die Integration und Rehabilitation der leistungsgewandelten Mitarbeiter ist für viele Unternehmen ein Problem mit steigender Priorität.

Im Rahmen von Outsourcing, Rationalisierung und dem technologischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte sind Tätigkeitsfelder, die den Anforderungen leistungsgewandelter Mitarbeiter entsprechen, immer seltener geworden.⁶¹ Die Verlängerung der Lebensarbeitszeit und die, durch den Zwang zur Produktivität, steigende psychologische Belastung führen dazu, dass der Anteil der leistungsgewandelten Menschen an der arbeitenden Gesellschaft stetig zunimmt.⁶² Wie zuvor beschrieben sind meist ältere Menschen von Leistungseinschränkungen betroffen. Betrachtet man den demografischen Wandel, so wird deutlich, dass die Anzahl älterer Menschen stark ansteigt.⁶³ Dies ist ein weiterer Grund, aus dem die Erfüllung der Anforderungen von leistungsgewandelten Menschen in der Arbeitswelt eine immer größer werdende Bedeutung zu kommen wird.

Es stellt sich also die Frage nach den Einsatzmöglichkeiten für leistungsgewandelte Mitarbeiter. In dem untenstehenden Gliederungsbaum sind einige Möglichkeiten des Einsatzes für leistungsgewandelte Mitarbeiter dargestellt. Dabei kann unterschieden werden, ob die Einsatzmöglichkeit im eigenen Unternehmen stattfindet oder ob mit anderen Unternehmen Kooperationen getroffen werden.



Abbildung 6: Einsatzmöglichkeiten leistungsgewandelter Mitarbeiter⁶⁴

⁶⁰ Vgl. Göldner et. al., (2006), S.1

⁶¹ Vgl. www.m-e-z.de/mez/3-Handlungsf_Personalp/3-1-4.html, Stand 13.06.2010

⁶² Vgl. Aussage aus einem Gespräch mit einer Mitarbeiterin des Bereiches Work2Work.

⁶³ Vgl. Bremm et. al., (2006), S. 81

⁶⁴ (Eigene Darstellung in Anlehnung an www.m-e-z.de/mez/3-Handlungsf_Personalp/3-1-4.html, Stand 13.06.2010)

Soll ein Mitarbeiter nach einer längeren Krankheit wieder in das Arbeitsleben integriert werden, stellt sich immer die Frage, wo er wieder zum Einsatz kommt. Je nach Leistungsstärke kann er eventuell an seinen alten Arbeitsplatz zurückkehren oder es muss für den Mitarbeiter ein neuer Arbeitsplatz gefunden werden.

In den meisten Fällen stellen die Ärzte besondere Anforderungen an diese Arbeitsplätze. Für Mitarbeiter, die bspw. ein Rückenleiden haben, ist die Kombination aus stehenden, sitzenden und gehenden Tätigkeiten zu empfehlen.⁶⁵ Diese Kombination ist aber an stark automatisierten Anlagenbereichen, wie z. B. in den Schweißbereichen, oft sehr schwierig zu finden. Eine große Herausforderung für den Arbeitgeber ist die Vielseitigkeit der vorhandenen Leistungseinschränkungen. Wurde zwei Mitarbeitern von ihren Ärzten eine Behinderung von 30% attestiert, heißt das nicht, dass beide auch die gleiche Einschränkung in ihrer Leistung haben. Es muss für jeden Mitarbeiter einzeln geprüft werden, wo und wann er wieder eingesetzt werden kann. Da der Arbeitgeber jedoch dazu verpflichtet ist einen gewissen Anteil an leistungsgewandelten Mitarbeitern zu beschäftigen und diese unter einem besonderen Kündigungsschutz stehen, müssen Möglichkeiten geschaffen werden, den Betroffenen die Rückkehr ins Arbeitsleben zu erleichtern.

⁶⁵ Vgl. Aussage aus einem Gespräch mit einer Mitarbeiterin des Bereiches Work2Work

3. Methodik und Vorgehen

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen beschrieben, nach dem in dieser Arbeit die Ergebnisse entwickelt werden.

Um die Anforderungen, die an eine Unterstützung seitens der DF für die ASi bestehen, ableiten zu können, werden Interviews mit Mitarbeitern der Planungsabteilung des Standortes Braunschweig geführt. Die Interviews dienen dazu, die Wünsche und Anforderungen verschiedener Fachabteilungen aufzudecken. In einer Literaturrecherche und den Interviews mit den Mitarbeitern der ASi soll herausgefunden werden, welche gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften eingehalten werden müssen. Zu den untersuchenden Vorschriften zählen auch die Bestimmungen der Versicherungsträger und Gewerkschaften. Durch die Betrachtung der Anforderungen der Planer und der Anforderungen, die sich durch die gesetzlichen Bestimmungen ergeben, wird eine ganzheitliche Untersuchung der Optimierungspotenziale gewährleistet. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die theoretischen Anforderungen an eine digitale Unterstützung der ASi berücksichtigt werden.

In einem nächsten Schritt werden die abgeleiteten Anforderungen aus den Ergebnissen der Interviews und den gesetzlichen Vorschriften zusammengeführt. Hierbei werden die beiden Seiten verglichen und überprüft. Durch diesen Schritt sollen zwei Dinge überprüft werden:

1. Soll so überprüft werden, ob auf den beiden Seiten gemeinsame Anforderungen bestehen.
2. Sollen die Anforderungen identifiziert werden, die jeweils nur von einer Seite her bestehen.

Für eine ganzheitliche Betrachtung ist es notwendig, alle Anforderungen zu überprüfen. Dazu gehören auch diejenigen, die möglicherweise durch die Planer genannt, aber nicht durch gesetzliche Bestimmungen abgesichert werden. Zusätzlich wird so sichergestellt, dass gesetzlich vorgeschriebene Anforderungen, die von den Planer nicht genannt worden, identifiziert werden.

Die zuvor beschriebenen Schritte entsprechen den Prozessschritten im unteren Teil der Abbildung 7. Diese Abbildung zeigt alle Schritte des methodischen Vorgehens in dieser Arbeit. Im oberen Bereich der Abbildung sind, der Reihenfolge nach, die Tätigkeiten aufgeführt, die zur Zielerreichung verwendet werden. Zu den einzelnen Prozessschritten sind die verwendeten Methoden aufgeführt.

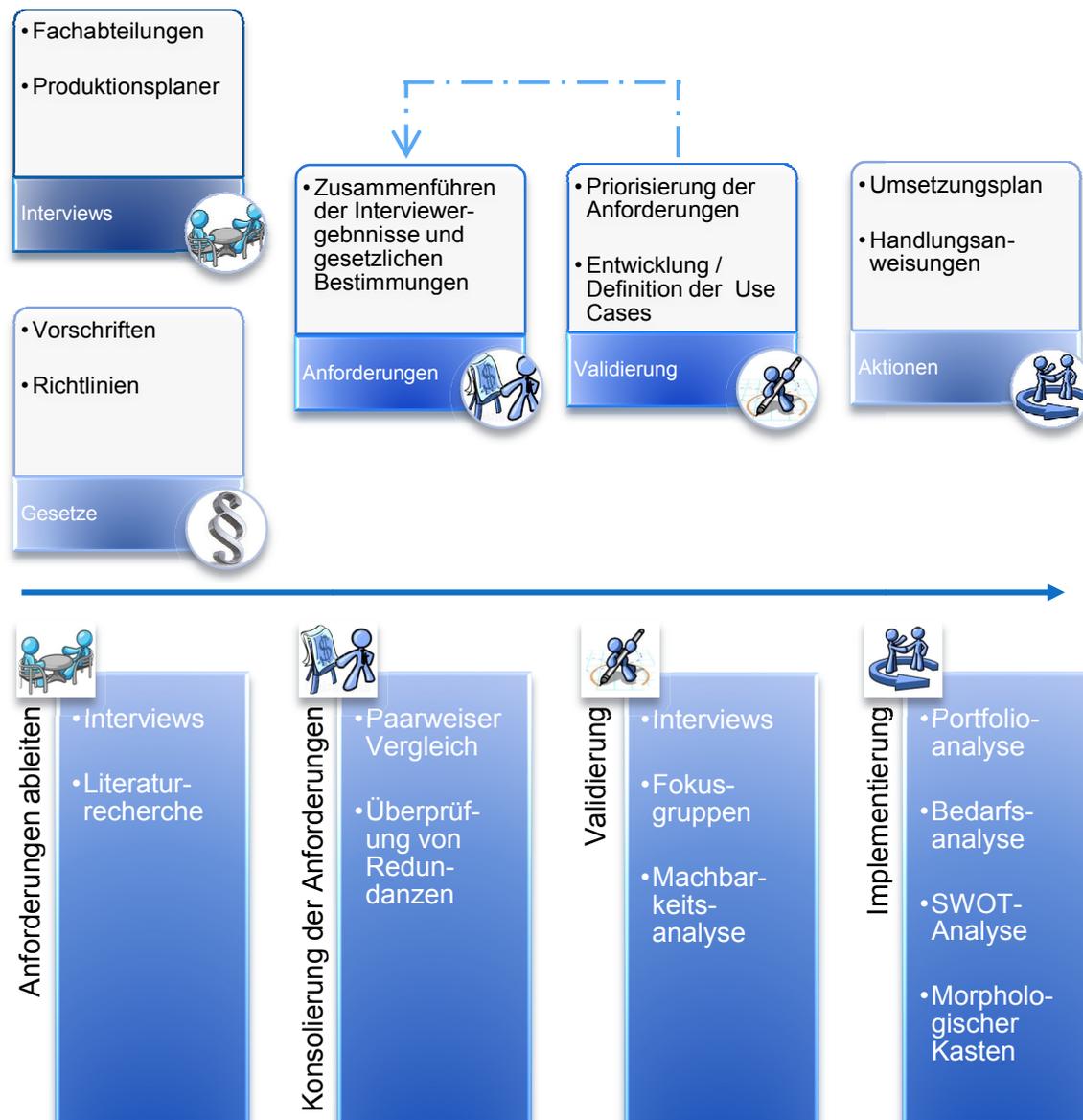


Abbildung 7: Darstellung des methodischen Vorgehens⁶⁶

Im dritten Schritt findet ein Validierungsprozess der identifizierten Anforderungen statt. Zunächst werden Use Cases entwickelt, wobei darauf geachtet werden muss, dass alle identifizierten Anforderungen enthalten sind. Wurden alle Use Cases entwickelt, müssen diese hinsichtlich ihrer Wichtigkeit priorisiert werden. Durch Interviews mit den beteiligten Fachabteilungen und der Bildung von Fokusgruppen werden die Schwerpunktthemen einer Wertung unterzogen. Diese Bewertung ist die Grundlage für die anschließende Priorisierung. An diesem Punkt kann, falls die Erkenntnisse es erfordern, eine Rückkopplung zu den Anforderungen geschehen. Diese Rückkopplung ist nur an diesem Punkt sinnvoll, da zu diesem Zeitpunkt die definierten Use Cases mit den beteiligten Fachabteilungen abgestimmt werden.

⁶⁶ (Eigene Darstellung)

Nachdem die Use Cases mit einer Priorität versehen wurden, müssen diese in einer Machbarkeitsanalyse überprüft werden. Die Umsetzungsmöglichkeiten mit den Tools der DF sollen so kontrolliert werden.

Mithilfe der Ergebnisse der Machbarkeitsanalyse wird eine Portfolio-Analyse durchgeführt. Diese Analyse soll dazu dienen, die Potenziale mit dem größten Nutzen für die ASi zu identifizieren.

Sind die größten Potenziale für eine Optimierung der Planungsprozesse herauskristallisiert, muss untersucht werden, durch welche Handlungen, diese in den Prozess implementiert werden können. Durch eine Bedarfsanalyse soll geklärt werden, welche Bedingungen für eine solche Implementierung gelten. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk darauf, herauszufinden, welche Soft- und Hardware bereitgestellt werden muss.

In einer SWOT-Analyse⁶⁷ und mithilfe eines Morphologischen Kasten⁶⁸ soll untersucht werden welche Möglichkeiten bestehen, die bisherigen Prozesse der DF um die der ASi zu erweitern. (In einer SWOT-Analyse werden systematisch Stärken, Chancen, Schwächen und Risiken gegenübergestellt.) In der Arbeit soll die SWOT-Analyse in einer einfachen Form dazu beitragen, zu untersuchen wie sich ein Prozess, zur Unterstützung der ASi durch die DF, auf den Planungsprozess auswirken könnte. Der Morphologische Kasten dient dazu, verschiedene Lösungsvarianten für die Einführung der notwendigen Prozess zu entwickeln und zu bewerten.

Ziel ist es, in diesem Schritt alle notwendigen Handlungen zu definieren, die dafür sorgen, dass die DF, die ASi möglichst umfangreich unterstützen kann. Diese Unterstützung soll durch einen operativen Einsatz der DF in der ASi umgesetzt werden.

⁶⁷ Vgl. Schwab, (2008), S. 417

⁶⁸ Vgl. Hoder, (2005), Script-Teil 4

4. Digitale Potenziale in der Arbeitssicherheit

Um die Arbeitssicherheit durch die DF unterstützen zu können, muss zunächst geklärt werden, in welchen Bereichen diese Unterstützung stattfinden kann und soll. Hierfür ist es notwendig herauszufinden, welche Anforderungen an eine digitale ASi gestellt werden. In diesem Kapitel wird auf die Vorgehensweise zur Ermittlung der Potenziale und Use Cases einer digital unterstützten ASi eingegangen.

4.1 Potenzialermittlung

Um herauszufinden, in welchen Bereichen die DF die ASi unterstützen kann, wurden in drei Schritten Themenschwerpunkte entwickelt. Mithilfe der Abbildung 8 soll die Vorgehensweise zur Identifizierung der Themenschwerpunkte erläutert werden.



Abbildung 8: Ermittlungsschritte der Potenziale einer digital unterstützten ASi⁶⁹

1. Interviews mit den Produktionsplanern

Um aufzuzeigen, welche Anforderungen an eine digitale Unterstützung der ASi bestehen, wurden in offenen Interviews die Produktionsplaner des Standortes Braunschweig befragt. Die Planer sind durch ihre tägliche Arbeit direkt mit den Problemen der ASi konfrontiert. Werden die Themen unterstützt, die den Planern am häufigsten Probleme bereiten, dann wird deren Arbeit im Ganzen optimiert.

Um ein umfassendes Bild der Anforderungen zu erhalten, wurden Interviews mit Planern aus allen fünf Planungsbereichen geführt. Die fünf Planungsbereiche sind nach Aufgabenfeldern unterteilt.

⁶⁹ (Eigene Darstellung)

Die fünf Bereiche sind:

- HFP / 11 mech. Bearbeitung / Dämpfer / Fahrwerkkomponenten
- HFP / 12 Umformen und Schweißen Fahrwerk
- HFP / 13 Fabrikplanung
- HFP / 21 Lenkung und Elektronikkomponenten
- HFP / 22 Montage von Komponenten und Hoch – Volt – Speicher – Medien

Um die Interviews vorzubereiten, wurde eine Punkteliste erarbeitet, mit deren Hilfe die Interviews geführt werden sollten. Diese Punkteliste erwies sich schon in den ersten Interviews als nicht zweckmäßig. Die Anforderungen an die ASi sind von Bereich zu Bereich so unterschiedlich, dass von dem Einsatz eines standardisierten Fragebogens abgesehen wurde. Die weiteren Interviews wurden in Form eines offenen Gesprächs geführt. Um ein zielführendes Gespräch zu gewährleisten, wurde darauf geachtet, dass die folgenden Fragestellungen beantwortet wurden:

- Welche Probleme tauchen in Ihrem Bereich bezüglich der ASi auf?
- Was würde Ihnen helfen, um diese Probleme möglichst früh zu erkennen und zu beheben?

Das Thema Arbeitssicherheit beschäftigt aber nicht nur die Planer in Ihrer täglichen Arbeit. Aus diesem Grund wurden auch Mitarbeiter aus anderen Fachabteilungen zu diesem Thema befragt. (Zu diesen Fachabteilungen gehören die ASi, die Fabrikplanung, der Werkzeugbau und der Bereich Work2Work.⁷⁰)

Die Interviews wurden in einem Zeitraum von ca. einem Monat mit einer durchschnittlichen Dauer von einer Stunde geführt. Die Ergebnisse der Interviews wurden jeweils im Anschluss in einer Art Gliederungsbaum festgehalten. In diesem Gliederungsbaum wurden die Themenschwerpunkte des Gesprächs und in weiteren Spalten die Unterpunkte und die dahinter stehenden Fragestellungen festgehalten. So konnten die Gliederungsbäume im Verlauf der Interviews stetig erweitert werden. Um eine bessere Übersicht zu schaffen, wurde für jede befragte Fachabteilung ein separater Gliederungsbaum erstellt.

Insgesamt wurden 20 Planer und 5 Mitarbeiter aus den Fachabteilungen befragt. Nach der Befragung von circa 15 bis 20 Planer wurden in den Interviews wiederholt die schon bekannten Themengebiete angesprochen. Aus diesem Grund wurde die Befragung zu diesem Zeitpunkt beendet.

⁷⁰Der Bereich Work2Work beschäftigt sich mit dem Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern. Der Bereich ist dem Personalwesen zugeordnet. Dieser Bereich ist die Anlaufstelle für Mitarbeiter, die nach einer langen Krankheit oder einem Unfall, wieder in das Arbeitsleben integriert werden müssen.

Die auf die zuvor beschriebene Weise entwickelten Gliederungsbäume sind im Anhang A zu sehen. Die Gliederungsbäume sind nach einzelnen Themengebiete der Planungsbereiche unterteilt.

Betrachtet man die Gliederungsbäume, fällt auf, dass Themen wie Sicherheitsabstände, in unterschiedlicher Art und Weise, nicht nur in einem Bereich eine Rolle spielen. Dies zeigt, dass es neben den großen Unterschieden auch Anforderungen gibt, die in allen Bereichen vorkommen.

Themenbereiche, die während der Interviews identifiziert wurden, sind beispielsweise:

- Sicherheitsabstände
- Flucht- und Rettungswege
- Schnittstellen
- Ergonomie

2. Auflistung der gesetzlichen Forderungen

Für eine Untersuchung der Potenziale, die sich aus einer digitalen Unterstützung der ASI ergeben, reicht die Betrachtung der Anforderungen der Planer allein nicht aus. Die Anforderungen und Bedingungen, die die ASI erfüllen muss, sind in zahlreichen Gesetzen, Vorschriften, Richtlinien und Verordnungen festgeschrieben. Im Rahmen dieser Arbeit wird auf den Anspruch einer vollständigen Auflistung dieser Bestimmungen verzichtet. Durchsucht man das interne Normenverzeichnis bei Volkswagen nach dem Schlagwort `Sicherheit` werden 1400 Treffer angezeigt. Eine Untersuchung der gesamten Treffer würde zum einen den Rahmen dieser Arbeit überschreiten und wäre zum anderen auch nicht zielführend.

Um die Auswahl der zu untersuchenden Bestimmungen und Vorschriften einzugrenzen, wurden, in Gesprächen mit der ASI, die Gesetze ermittelt, die am häufigsten zum Lösen von Problemen, herangezogen werden. Diese Gesetze sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Durch die genannten Gesetze und Verordnungen werden nicht alle Bereiche, die von den Planern genannt wurden, abgedeckt. Aus diesem Grund wurde in einer Schlagwortsuche die Auswahl, der zu untersuchenden Vorschriften, erweitert. Die verwendeten Schlagworte beziehen sich auf die Themenbereiche und Anforderungen, die im vorherigen Schritt ermittelt wurden. Die Schlagworte dienen dazu, die Aussagen der Planer durch gesetzliche Bestimmungen zu stützen. Beispielsweise wurde nach Schlagwörtern wie Wege, Beleuchtung, Maschinensicherheit und elektrische Anlagen gesucht. Für die verwendeten Schlagworte wurden jeweils 2 bis 3 Vorschriften und/oder

Gesetze ermittelt. Am Anschluss daran wurde die Suche nach weiteren Vorschriften beendet. In die Untersuchung wurden die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft Metall (BGM) und die Arbeitsanweisungen zum Arbeitsschutz (AzA) des Volkswagen-Konzerns einbezogen. Diese Vorschriften gestalten die zum Teil sehr ungenau beschriebenen, gesetzlichen Vorschriften aus. Des Weiteren wurden durch die Schlagwortsuche viele VDI Richtlinien und DIN ermittelt, die Regelungen bezüglich der ASi enthalten. Die vollständige Auflistung aller untersuchten Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Normen und Richtlinien ist im Anhang B aufgeführt.⁷¹

3. *Tracken der verschiedenen Auflistungen*

In diesem Schritt werden die Anforderungslisten der Planer und des Gesetzes zu einem Anforderungsmodell zusammengeführt. Durch die Zusammenführung wird sichergestellt, dass sowohl die praktischen als auch die theoretischen Anforderungen an die ASi, bei der Entwicklung eines digitalen Unterstützungsmodells, beachtet werden.

Bei der Zusammenführung wurde zum einen darauf geachtet, dass die Schnittmenge der beiden Auflistungen vollständig berücksichtigt wird. Zum anderen wurden hierbei auch Themen berücksichtigt, die nur von einer Seite genannt wurden, aber eine hohe Wichtigkeit bezüglich der ASi aufweisen. Bei der Befragung der Planer sind Themen genannt worden, zu denen bei der Recherche keine gesetzlichen Bestimmungen gefunden wurden. Ein solches Thema ist z. B. die Gestaltung von Schutzeinrichtungen. In der praktischen Arbeit der ASi-Fachkräfte ist dies ein Gebiet, das vielfach zu Problemen führt. Die Ausgestaltung von Schutzeinrichtungen ist gesetzlich nicht definiert. Eine sichere Gestaltung ist aber eine Voraussetzung für die Freigabe der geplanten Anlagen. Die Gestaltung dieser Bereiche wird oftmals aufgrund von Erfahrungswerten durchgeführt.

Durch diese Vorgehensweise ist ein Anforderungsmodell mit 14 Themenschwerpunkten, in denen eine Unterstützung durch die DF möglich scheint, entstanden. Die Schwerpunkte setzten sich aus einer Vielzahl von Themen zusammen, bei denen Berührungspunkte mit der ASi bestehen.

Die Themenschwerpunkte entsprechen Potenzialen für eine Optimierung des Planungsprozesses in Bezug auf die Betrachtung der Arbeitssicherheit.

⁷¹ Alle verwendeten Gesetze und Vorschriften sind im Literaturverzeichnis als Quellen angegeben.

Die 14 definierten Themenschwerpunkte sind:

1. Wege
2. Sicherheits- und Schutzeinrichtungen
3. Sicherheitsabstände
4. Kennzeichnungen
5. Arbeitsplatzgestaltung
6. Leistungsgewandelte Mitarbeiter
7. Schnittstellen
8. Auf- und Umstellinformation
9. Instandhaltung
10. Feuerschutz
11. Beleuchtung
12. Lärm und Vibrationen
13. Arbeitsanweisungen
14. Ergonomiebetrachtung

Eine Auflistung mit allen zu den Themenschwerpunkten gehörigen Unterpunkten zeigt der Anhang Ca. In dieser Tabelle sind auch die jeweils hinter den Themen stehenden Vorschriften gezeigt. In der gezeigten Tabelle finden sich zusätzlich Informationen auf die im weiteren Verlauf der Arbeit näher eingegangen wird.

4.2 Auswahl der Use Cases

In Kapitel 4.1 wurde beschrieben, wie die Potenziale für eine digital unterstützte ASI ermittelt wurden.

In einem nächsten Schritt müssen, aus den verschiedenen Schwerpunkten Use Cases entwickelt werden, die in einer weitergehenden Machbarkeitsanalyse auf ihre Umsetzungsmöglichkeiten untersucht werden sollen. Abbildung 9 zeigt die Schritte zu den zu untersuchenden Use Cases.



Abbildung 9: Vorgehensweise zur Definition der Use Cases⁷²

Ähnlich wie bei der Potenzialanalyse wurden auch bei der Entwicklung der Use Cases drei Schritte verfolgt.

1. Voruntersuchung der Themenschwerpunkte

Im Rahmen der Potenzialermittlung wurde festgestellt, dass einige der Themenbereiche zu einem gewissen Anteil durch die Arbeit der DF bereits realisiert werden. Ein Beispiel hierfür ist die Gestaltung von Sicherheitseinrichtungen. Wird ein Layout im HLS modelliert, werden hierbei auch die vorhandenen Schutzeinrichtungen berücksichtigt. Allerdings ist dies nur ein kleiner Teil der möglichen Unterstützung in diesem Bereich. Durch geringe Änderungen in der Modellierungsweise kann die DF in diesem Punkt eine weitergehende Unterstützung bieten. Anderen Themenschwerpunkten kann zusätzlich entsprochen werden, hierfür sind aber entweder größere Veränderungen in der Modellierungsweise oder ein erhöhtes Maß an Informationen notwendig. Da die definierten Themenschwerpunkte sehr umfangreich und komplex sind, erschien es sinnvoll zu entscheiden, welche Programme für eine mögliche Umsetzung infrage kommen. Die Untersuchung von jedem Unterpunkt mit jedem Tool der DF ist zum einen nicht als zweckmäßig zu bezeichnen. Auf der anderen Seite konnten durch die Erfahrungen der

⁷² (Eigene Darstellung)

Mitarbeiter der DF bestimmte Umsetzungsmöglichkeiten im Vorfeld ausgeschlossen werden. So ist eine Betrachtung von Simulationen mit dem HLS gar nicht und mit dem PD nur bedingt möglich. In den betreffenden Schwerpunkten kommt nur die Betrachtung der Möglichkeiten von PS infrage. Die Einschätzungen der Mitarbeiter in der DF wurden in der Tabelle der Schwerpunktthemen festgehalten. Diese Tabelle ist in Anhang Ca zu finden. In der Tabelle ist durch ein Kreuz gekennzeichnet, mit welchem Tool der jeweilige Fall untersucht werden soll.

2. *Priorisierung*

In diesem Schritt wurde mit Fachkräften der ASi untersucht, welche der Themenschwerpunkte bei einer Umsetzung durch die DF den größten Nutzen erzielen würden. In der anschließenden Machbarkeitsanalyse sollen nur die Themen überprüft werden, die auch einen realen Nutzen für die ASi haben und somit Optimierungspotenziale für den Planungsprozess darstellen.

In Gesprächen mit den Fachkräften der ASi wurden die Schwerpunktthemen durchgesprochen. Aus den Gesprächen resultierte, dass einige der Unterpunkte zwar einen Berührungspunkt mit der ASi haben, jedoch keinen direkten Einfluss auf ihren operativen Einsatz bewirken. Ein solcher Punkt ist z. B. die Gestaltung der Sozialräume. Die ASi muss die Sicherheit dieser Räume bestätigen. Die eigentliche Planung und Ausgestaltung liegt jedoch im Aufgabenbereich der Fabrikplanung. Diese Themengebiete wurden aus der Auflistung gestrichen, da sie nicht direkt zu einer Unterstützung der ASi beitragen.

Die Themenschwerpunkte, von denen ein großer Nutzen bei einer digitalen Unterstützung der ASi erwartet wird, sind:

- Wege
- Sicherheits- und Schutzeinrichtungen
- Sicherheitsabstände
- Kennzeichnung
- Sichtverbindungen
- Schnittstellen
- Instandhaltung
- Beleuchtung
- Lärm

3. Festlegung der zu untersuchenden Use Cases

Durch die Interviews mit den Planern und den Fachabteilungen hat sich herausgestellt, dass die Themen Ergonomie und leistungsgewandelte Mitarbeiter eine große Rolle spielen. Wie in Kapitel 2.2 und 2.3 beschrieben, stehen die Unternehmen vor der Herausforderung die Arbeitsplätze nach ergonomischen Gesichtspunkten zu gestalten. Die Arbeitsplätze nach bestimmten Kriterien zu untersuchen, bevor die Produktionsanlagen aufgebaut werden, kann bei der Einhaltung ergonomischer Grundsätze hilfreich sein. Um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie eine Überprüfung von Arbeitsplätzen digital realisiert werden kann, werden die beiden oben genannten Themen mit in die Untersuchungen einbezogen.

Die Formulierungen der Schwerpunktthemen werden für die Benennung der Use Cases übernommen. Somit ergeben sich die untenstehenden Namen für die spezifischen Use Cases. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auch die Nummerierung der Schwerpunktthemen (siehe Anhang Ca) übernommen. Diese Use Cases sollen in einer anschließenden Machbarkeitsanalyse näher betrachtet werden.

- Use Case 1 Wege
- Use Case 2 Sicherheits- und Schutzeinrichtungen
- Use Case 3 Sicherheitsabstände
- Use Case 4 Kennzeichnung
- Use Case 5.2 Sichtverbindungen
- Use Case 6.2 Arbeitsplatzgestaltung
- Use Case 7 Schnittstellen
- Use Case 8 Auf- und Umstellinformation
- Use Case 9 Instandhaltung
- Use Case 11 Beleuchtung
- Use Case 12.1 Lärm
- Use Case 13 Arbeitsanweisungen
- Use Case 14.1 – 14.4 Ergonomiebetrachtung

Somit sind diejenigen Use Cases definiert, in denen Optimierungspotenziale für den Planungsprozess vermutet werden. Im Weiteren gilt es zu untersuchen wie ein operativer Einsatz der DF in der ASi gestaltet werden muss, damit die identifizierten Potenziale genutzt werden können. Hierzu muss auch untersucht werden, welche der Use Cases überhaupt realisiert werden können. Durch die Nutzung der beschriebenen Potenziale könnte auch die Umsetzung der volkswageninternen Arbeitsschutzpolitik voran getrieben werden. Der Anhang Cb zeigt eine Tabelle mit den zu untersuchenden Use Cases und deren Unterpunkten.

4.3 Kurzerklärung der Use Cases

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Use Cases kurz inhaltlich erklärt. Dabei wird näher auf die Bedeutung der einzelnen Themen für die ASi eingegangen. Weiter wird beschrieben, welche Maßnahmen zur Unterstützung der ASi denkbar wären.

Use Case 1 Wege

Von Verkehrswegen innerhalb der Produktionshallen geht ein hohes Unfallrisiko für die Mitarbeiter aus. Die Wege werden von Fahrzeugen unterschiedlicher Art benutzt, wodurch im hohen Maße Unfallgefahren entstehen. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, dass die Wege bestimmten Anforderungen entsprechen.⁷³ Als wichtige Anforderungen sind zu nennen, dass die Wege

- ausreichend breit und über eine hinreichende Höhe verfügen,
- auffällig gekennzeichnet sind,
- aufgabengerecht beleuchtet sind.

Zu einer ganzheitlichen Betrachtung des Wegenetzes gehören auch die Flucht- und Rettungswege. Die Anforderungen, denen Flucht- und Rettungswege unterliegen, werden in der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR) A 2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungspläne beschrieben.⁷⁴ In dieser Richtlinie sind die Fluchtwegbreiten in Abhängigkeit von der Mitarbeiteranzahl beschrieben.⁷⁵

In diesem Use Case steht die Visualisierung von Wegen jeglicher Art in den Anlagenlayouts im Vordergrund. Werden neue Anlagen aufgestellt oder bestehende Anlagen umgestellt, hat dies fast immer einen Einfluss auf das bestehende Wegenetz. Bei der Gestaltung von Wegen kommt es zum einen auf die richtigen Breiten aber auch auf die Anordnung an. Wege sind so zu gestalten, dass eine Gefährdung der Beschäftigten ausgeschlossen werden kann.⁷⁶

Ein weiterer wichtiger Punkt, der von der ASi in Bezug auf die Verkehrswege beachtet wird, ist deren Auslastung. Damit ist die Frequenz, mit der die Fahrwege befahren werden, gemeint. Diese Frequenz ist wichtig, wenn es darum geht, Wege, die die MA zurücklegen müssen, beurteilen zu können. Bei Volkswagen wird in einem 3-Schicht-Rhythmus gearbeitet. Zu den Schichtwechseln ist ein erhöhtes Fußgängeraufkommen auf den Fahrwegen zu verzeichnen. Zu diesen Zeitpunkten ist es besonders wichtig, dass die Wege, die die MA überqueren müssen, nicht zu stark befahren sind. Durch das, sich

⁷³ Vgl. Schmidt, (1990), S. 175

⁷⁴ Vgl. ASR 2.3, (2007a), S 1ff

⁷⁵ Vgl. ASR 2.3, (2007a), S. 5ff

⁷⁶ Vgl. Rocker, (2008), S. 20

überlappende, flexible Schichtmodell bei Volkswagen, kommt es auch zum Schichtwechsel zu starkem Fahrverkehr.

Use Case 2 Sicherheits- und Schutzeinrichtungen

Maschinen und Einrichtungen, von denen eine Gefahr für die Mitarbeiter ausgeht, sind durch besondere technische Schutzeinrichtungen zu sichern. Wie die Schutzeinrichtungen auszuführen sind, wird in den AzA der VW AG beschrieben. Zu den Einrichtungen gehören neben Schutzgittern auch Lichtschranken und Not-Aus-Schalter. Werden Anlagen auf- oder umgebaut, ist darauf zu achten, dass der ordnungsgerechte sichere Zustand wiederhergestellt wird.⁷⁷ In diesen Situationen spielt die Anordnung von Schutztüren eine wichtige Rolle. Durch den Einsatz der DF können verschiedene Schutzkonzepte verglichen und bewertet werden. Die Unterstützung in diesem Punkt trägt dazu bei, den Anforderungen des sicherheitstechnischen Arbeitsschutzes zu entsprechen.

Use Case 3 Sicherheitsabstände

Zu der Gestaltung von sicheren Arbeitsplätzen gehört auch, dass im Arbeitsraum bestimmte Abstände einzuhalten sind. Diese sogenannten Sicherheitsabstände sind notwendig, um die Gefährdung des MA zu vermeiden. In verschiedenen gesetzlichen Vorschriften werden Regelungen bezüglich der einzuhaltenden Abstände getroffen. So ist z. B. in DIN EN 349 geregelt, welche Abstände zur Sicherung von Quetschstellen beachtet werden sollten.⁷⁸ Wird ein Layout für eine Anlage entworfen, stellt sich immer die Frage, ob die Sicherheitsabstände eingehalten wurden. In einem 3D-Layout ist es möglich, alle relevanten Abstände zu messen, bevor die Anlage aufgebaut wird. Somit kann schon bei der Layout-Entwicklung bewertet werden, ob die relevanten Vorschriften eingehalten werden.

Use Case 4 Kennzeichnung

Durch Vorschriften der BGM ist der Arbeitgeber verpflichtet, alle Gefahrenstellen durch Gefahrenschilder zu kennzeichnen. Diese Schilder warnen die Mitarbeiter durch Signalfarben und eine bildhafte Darstellung vor der Gefahr, die von dem gekennzeichneten Objekt ausgeht. In diesem Use Case werden alle Möglichkeiten zur Kennzeichnung von Gefahrenstellen zusammengefasst.

⁷⁷ Vgl. Volkswagen Aktiengesellschaft, (2009a), S. 12

⁷⁸ Vgl. DIN EN 349, (2008a), S. 7f

Use Case 5.2 Sichtverbindungen

In diesem Punkt steht die Sicht der Mitarbeiter nach außen im Vordergrund. Arbeitsplätze und Arbeitsräume sollten so gestaltet sein, dass eine Sicht ins Freie möglich ist.⁷⁹ In den Regelungen zur ArbStättV wird beschrieben, wie Fenster angeordnet und welche Abmessungen diese haben sollten. Nach der ASR 7/1 sollten Fenster eine Fläche von mindestens 1,25 m² aufweisen, wenn die Raumtiefe 5m nicht überschreitet. Wird diese Raumtiefe überschritten, erhöht sich die Flächenvorschrift auf 1,5 m². In der ASR 7/1 ist auch beschrieben, welchen Flächenanteil der Raumgrundfläche aus Fenster bestehen sollte. Für eine Raumgrundfläche von 600m² sollten 1/10 der Fläche als Fenster geplant werden. Zur Kontrolle der Sichtverhältnisse müssen bestimmte Kennwerte eingehalten werden. Durch den Einsatz der DF könnte schon bei der Planung, überprüft werden, ob diese Kennwerte erfüllt werden.

Use Case 6.2 Arbeitsplatzgestaltung

In diesem Use Case sind die Gestaltungsmaßnahmen zusammengefasst, die für den Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern notwendig sind. Um einen Arbeitsplatz für einen solchen MA zu schaffen, müssen erweiterte Bedingungen berücksichtigt werden. Zu diesen Bedingungen zählt auch, dass der MA die Möglichkeit haben sollte, sich während seiner Arbeitszeit hinsetzen zu können. Um einen Großteil der leistungsgewandelten MA beschäftigen zu können, ist eine Kombination aus sitzenden, stehenden und gehenden Tätigkeiten zu realisieren. Durch diese Maßnahme wird den Anforderungen der Mitarbeiter entsprochen, die Probleme mit ihrem Rücken haben. Eine Erkrankung der Rückenmuskulatur oder der Wirbelsäule ist, laut einer Aussage der Mitarbeiter aus dem Bereich Work2Work, die häufigste Ursache einer Leistungseinschränkung. Die Gestaltung dieser und natürlich auch aller anderen Arbeitsplätze gilt es mit Hilfe der DF durch Simulationen abzusichern.

Use Case 7.1 / 7.3 Schnittstellen

Unter dem Anwendungsfall Schnittstellen werden alle Übergaben zwischen Maschine, Menschen und Anlagen zusammengefasst. Hierunter fällt beispielsweise das Einlegen von Rohteilen oder das Entnehmen der Fertigteile. An diesen Schnittstellen kommt es, nach Aussagen der Planer, immer wieder zu Problemen mit der ASi. Durch eine Simulation könnten die Arbeitsfolgen (AFO) an den Schnittstellen überprüft werden und eine eventuelle Gefährdung der Mitarbeiter beurteilt werden.

⁷⁹ Vgl. ASR 7/1, (1974), S.1, Quelle bezieht sich auf den gesamten Absatz.

Use Case 8 Auf- und Umstellinformation

Die Auf- und Umstellinformation ist ein Standard, der während des Planungsprozesses erzeugt wird. Mit dieser Information werden alle Fachabteilungen, darunter die ASi und die Werktechnik, über bevorstehende Änderungen informiert. Die Auf- und Umstellinformation setzt sich aus folgenden Informationen zusammen:

1. Das Projekt und der zuständige Planer werden benannt,
2. Der Ist- und Soll-Stand wird durch 2D-Plänen aufgezeigt.

Mithilfe der DF könnte die Auf- und Umstellinformation verändert werden. Es wäre möglich, die Informationen durch 3D-Layouts aufzuwerten und die Diskussionsgrundlage zu verbessern. Durch die 3D-Layouts ist eine genauere Betrachtung schon zu diesem Zeitpunkt möglich. Es gilt hierbei zu untersuchen, welche Unterstützungsmöglichkeiten die DF an diesem Punkt bieten kann.

Use Case 9 Instandhaltung

Wartungsarbeiten bedeuten, dass der Mitarbeiter in den gesicherten Bereich der Anlagen eingreifen muss. Hier stellt sich die Frage, wie der Bereich abgeschaltet wird und wo der Mitarbeiter seine Arbeiten durchführen kann. Für die Arbeit der ASi wäre es hilfreich, wenn diese Situationen durch eine Simulation abgesichert werden könnten.

Use Case 11 Beleuchtung

Arbeitsplätze müssen in einem ausreichenden Maße beleuchtet sein, dabei richtet sich die Beleuchtung nach der Art der Sehaufgabe.⁸⁰ Dabei wird ein Unterschied zwischen natürlicher Beleuchtung und Beleuchtung durch künstliches Licht gemacht. Für beide Bereiche werden in den gesetzlichen Vorschriften Richtwerte definiert, die eingehalten werden müssen. In der ASR 7/3 sind in Tabellen alle Regelungen für die Beleuchtungsstärken von künstlichen Beleuchtungseinrichtungen aufgelistet.⁸¹ Durch den Einsatz der DF erhofft man sich die Möglichkeit, die Einhaltung dieser Richtwerte kontrollieren zu können.

Use Case 12.1 Lärm

Mit dem Betrieb von Maschinen ist, durch die verursachten Geräusche, eine gewisse Lärmbelastung für die Mitarbeiter verbunden. In großen Hallen, in denen eine Vielzahl von Anlagen betrieben werden, kann die Belastung Schwierigkeiten verursachen. In der Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) sind Auslösewerte definiert, die bestimmte Handlungen und Schutzmaßnahmen mit sich ziehen.⁸²

⁸⁰ Vgl. Rocker, (2008), 20

⁸¹ Vgl. ASR 7/3, (1993), S. 2 ff

⁸² Vgl. Bundesministerium für Justiz, (2007)

Durch die Auf- oder Umstellung von Anlagen werden die Lärmkennwerte innerhalb der Produktionshallen verändert. Dies kann zur Folge haben, dass zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vorgenommen werden müssen. Solche Maßnahmen sind nach §7 der LärmVibrationsArbSchV z. B. der Einsatz alternativer Fertigungsverfahren oder technische Maßnahmen zur Luftschallminderung.⁸³

Die DF könnte dabei helfen, herauszufinden an welchen Stellen Lärmschutzmaßnahmen erforderlich und sinnvoll sind.

Use Case 13 Arbeitsanweisungen

Arbeitsanweisungen tragen durch ihren Bildungsansatz zur Sicherung der Qualifikation der Mitarbeiter bei.⁸⁴ Arbeitsanweisungen werden vielfach in Papierform an die Mitarbeiter verteilt und an den Arbeitsplätzen ausgehängt. Die Anweisungen bestehen dabei meist aus reinen Texten ohne visuelle Unterstützung. Eine Möglichkeit diese Arbeitsanweisungen sinnvoller zu gestalten, bietet die DF. Werden von den Arbeitsplätzen in einem frühen Planungsstadium Simulationen erstellt, können diese genutzt werden um, Videos oder Bilder für die zukünftigen Arbeitsanweisungen abzuleiten. An Arbeitsplätzen, an denen viele AFOs abgeleistet werden müssen, könnte eine visuelle Unterstützung in der Arbeitsanweisung darüber hinaus zu einem besseren Verständnis beitragen.

Use Case 14.1 – 14.4 Ergonomiebetrachtung

Unter diesen Use Cases sind alle Themen zusammengefasst, die eine Schnittmenge mit der Ergonomie haben. Die Ergonomie spielt, gerade bei der sicheren Arbeitsplatzgestaltung, eine wichtige Rolle. Bei einer ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen werden zum einen die Handlungs- und Bewegungsabläufe und Aufgabenumfänge aber auch die körperlichen Fähigkeiten der Mitarbeiter berücksichtigt.⁸⁵ Es stellt sich folglich die Frage, wie bei einer ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen vorgegangen werden soll.⁸⁶

Für die Planung und Entwicklung von Arbeitssystemen ist eine Folge von Entscheidungen notwendig. Für diese Entscheidungen gelten verschiedene Rahmenbedingungen, die beachtet werden müssen. So hängt die Gestaltung der Arbeitssysteme von der Wahl der Technologie, des Fertigungsverfahrens oder der Arbeitsstruktur, also fertigungstechnisch begründeten Entscheidungen, ab. Eine Vernachlässigung von ergonomischen Erkenntnissen hat bei der Ausführung der Arbeitsplatzgestaltung immer Rückwirkungen auf die vorangegangenen Entscheidungen.⁸⁷ Eine ergonomische Gestaltung sollte daher

⁸³ Vgl. Bundesministerium für Justiz, (2007), §7

⁸⁴ Vgl. Hettinger, Wobbe, (1993), S. 579

⁸⁵ Vgl. Lange, Windel, (2009), S. 4

⁸⁶ Vgl. Laurig, (1992), S. 195

⁸⁷ Vgl. Laurig, (1992), S. 196ff, Quelle bezieht sich, auf den gesamten Abschnitt.

nicht als isolierte Teilaufgabe betrachtet werden. Die erwähnten Rückwirkungen führen zwangsläufig dazu, dass Änderungen an Arbeitssystemen erst dann durchgeführt werden, wenn die Gestaltung durch Mitarbeiter und / oder den Betriebsrat kritisiert wurde.

Korrektive Ergonomie

Bei einer korrektiven Ergonomie werden ergonomische Erkenntnisse erst nachträglich berücksichtigt. Somit können an den bereits fertig geplanten oder bestehenden Arbeitssystemen nur noch Korrekturen durchgeführt werden.

Prospektive Ergonomie

Eine prospektive ergonomische Gestaltung hingegen, versucht schon während der Planung die Auswirkungen der Arbeitsbedingungen auf den Menschen zu beschreiben, zu bewerten und zu beurteilen. Hierbei müssen die ergonomischen Gestaltungsziele immer mit den vorrangigen Planungszielen verbunden werden.

Durch eine solche Unterstützung kann auch die Gestaltung von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter gefördert werden. Durch den Einsatz der DF könnte geklärt werden, welcher Arbeitsplatz an der Fertigungslinie für einen leistungsgewandelten Mitarbeiter am besten geeignet ist. Ein Arbeitsplatz ist schon dann für einen solchen Mitarbeiter geeignet, wenn die Möglichkeit besteht einen Stuhl in den Arbeitsraum zu stellen. Dies würde der Empfehlung entsprechen, den Mitarbeitern eine Tätigkeitsvariation aus sitzen, stehen und gehen zu bieten.

Aus diesen verschiedenen Ausführungsbedingungen ergeben sich Gestaltungsmaßnahmen, in denen berücksichtigt werden muss, dass der Mitarbeiter aus einer sitzenden Position ein anderes Sicht- und Bewegungsfeld hat als aus einer stehenden Position.

In der anschließenden Machbarkeitsuntersuchung gilt es zu klären, inwieweit die DF in diesen Punkten Unterstützung anbieten kann.

Ist eine Unterstützung in diesem Use Case möglich, kann mithilfe der DF eine prospektive ergonomische Gestaltung der Arbeitssysteme unterstützt und erleichtert werden. Die Digitale Fabrik könnte so, schon früh im Planungsprozess, dazu beitragen, die Gestaltung der Arbeitsplätze nach ergonomischen Anforderungen zu unterstützen.

5. Machbarkeitsanalyse

In Kapitel 5 wird eine Machbarkeitsanalyse für die in Kapitel 4 definierten Use Cases durchgeführt. Hierbei soll untersucht werden, wie die Use Cases durch die Tools der DF abgebildet werden können und mit welchen Funktionen dies geschehen kann. Die Use Cases werden hierzu an ausgewählten Beispielen untersucht.

In der in Kapitel 4.2 erwähnten Voruntersuchung zu dieser Machbarkeitsanalyse hat sich heraus gestellt, dass die Anforderungen der ASi durch den Einsatz des PD nur sehr schwer realisiert werden können. Um im PD die verwendeten Layouts verändern zu können, muss immer der Weg über das HLS gewählt werden. Bei der Modellierung eines Layouts im PD wird auf eine 3D-Elementen Bibliothek zurück gegriffen. Diese Elemente können im PD jedoch nicht mehr verändert werden. Alle Elemente des Layouts, also auch alle für die ASi relevanten Elemente, müssen somit zuerst im HLS modelliert werden, bevor sie im PD verwendet werden können. Im PD wäre keine andere Art der Visualisierung möglich als im HLS. Der Aufwand, für ein sehr ähnliches Ergebnis, ist allerdings im PD sehr viel höher als im HLS. Aus diesem Grund wurde auf eine Untersuchung der Use Cases mit dem PD verzichtet. Nur in einzelnen Fällen, in denen der PD durch seine Funktionen eine unterstützende Wirkung hat, wurde dies untersucht und bewertet.

Die Machbarkeit der Use Cases wurde durch die Programme HLS, MALAGA und PS untersucht und bewertet. Dabei wird die Dokumentation der Machbarkeitsanalyse soweit wie möglich zusammengefasst, wobei in den meisten Use Cases nicht explizit auf alle Unterpunkte eingegangen wird.

5.1 Use Case Wege

In diesem Abschnitt sollen die Use Cases 1.1 Wege, 1.2 Flucht- und Rettungswege und 1.3 Zugänglichkeiten untersucht werden.

Use Case 1.1 Verkehrswege

Die in diesem Begriff zusammengefassten Themen lassen sich durch eine Modellierung im HLS schnell und ohne großen Aufwand umsetzen.

Um die Anordnung und Abmessungen der Verkehrswege abzubilden ist es notwendig, die in den Hallen vorhandenen Bodenmarkierungen zu modellieren. Diese Markierungen ergeben dann im Layout die Verkehrswege in den Produktionshallen.

Auf Abbildung 10 wird deutlich, wie sich die Verkehrswege durch die Modellierung der Markierungen ergeben.



Abbildung 10: Abbildung von Verkehrswegen in den Produktionshallen⁸⁸

Durch diese Art der Modellierung ist es möglich, auf einen Blick alle relevanten Wege in einer Halle zu erkennen. Um eine Betrachtung der Wege noch weiter zu erleichtern, kann im HLS zusätzlich eine Beschriftung hinzugefügt werden. Durch eine zusätzliche Beschriftung wird nicht nur die Anordnung visualisiert, sondern auch schnell ersichtlich, um welche Art von Wegen es sich handelt. Bei einer Betrachtung von Wegen spielen deren Breiten eine entscheidende Rolle. Ist die Breite der Wege bekannt, kann kontrolliert

⁸⁸ (Eigene Abbildung aus dem 3D Datenbestand des HLS)

werden, ob diese den Anforderungen nach DIN 18225 entsprechen. In dieser DIN wird beschrieben, welche Maße Wege mindestens haben sollten, um bei einer Benutzung als Fahr- und oder Gehweg die Sicherheit der MA zu gewährleisten.⁸⁹

In Abbildung 11 ist zu erkennen, wie ein Layout mit eingefügten Bemaßungen und Beschriftungen aussehen könnte.

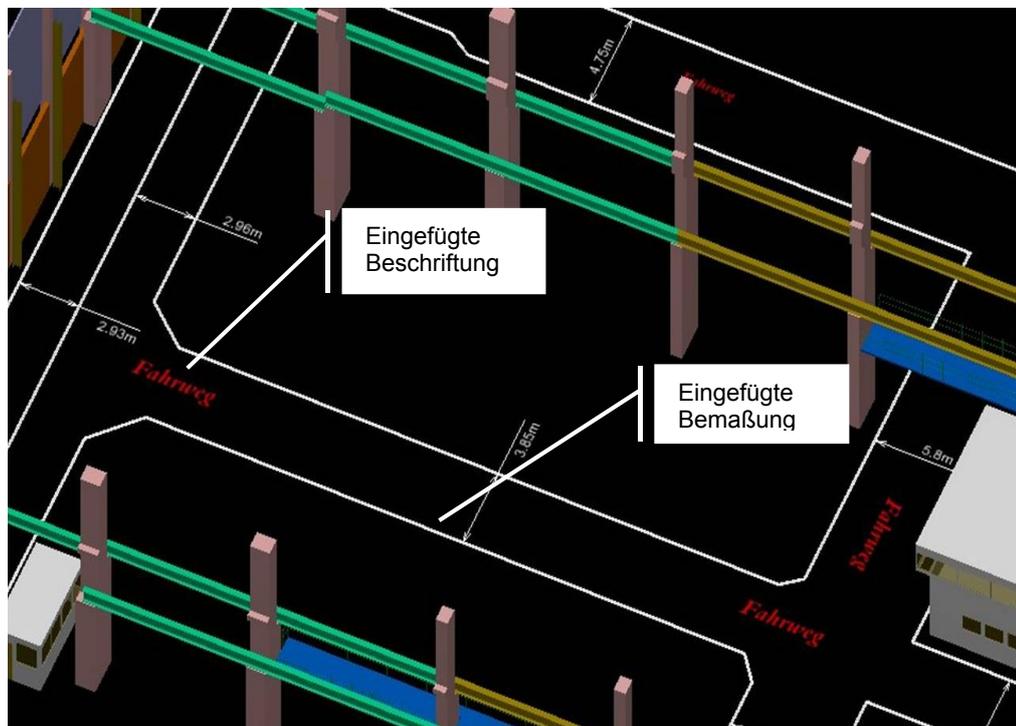


Abbildung 11: Wege mit eingefügten Bemaßungen und Beschriftungen⁹⁰

Durch die in Abbildung 11 gezeigte Darstellung wird bei der Modellierung den Anforderungen des Use Case 1.1 Verkehrswege entsprochen.

Bei einer Betrachtung der Verkehrswege ist auch die Belastung dieser Wege von großer Bedeutung. Durch das Tool MALAGA ist es möglich die Belastungen von Wegen zu analysieren. Hierfür ist eine Vielzahl von Daten notwendig. Soll ein bestimmter Weg untersucht werden, ist es notwendig, dass die Daten aller Produkte, die über diesen Weg transportiert werden, vorhanden sind. Nur wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, kann eine Analyse durchgeführt werden. Bis festgestellt wurde welche Transporte einen Einfluss auf den betreffenden Weg haben und die notwendigen Daten beschafft wurden, können einige Wochen vergehen. Der Zeitaufwand, der für die Belastungsanalyse eines Weges benötigt wird, steht nicht in einem angemessenen Verhältnis zu dem erzielbaren Nutzen. Eine Belastungsanalyse für Fahrwege erzielt den größten Nutzen bei einer Betrachtung während eines 3P-Workshops. Hier wird das Layout der betreffenden Anlage meist noch stark verändert, was häufig Auswirkungen auf die zu benutzenden Wege mit sich bringt.

⁸⁹ Vgl. DIN 18225, (1988), S. 1

⁹⁰ (Eigene Abbildung aus dem 3D Datenbestand des HLS)

Die beschriebene Analyse eignet sich jedoch nicht, um in einem kurzen Zeitraum, eine Änderung in den Bedingungen vorzunehmen. Die Unterstützung an diesem Punkt erweist sich somit, aufgrund des hohen Aufwands, als nicht sinnvoll.

Use Case 1.2 Fluchtwege und Notausgänge

Die Visualisierung der Anordnung und Abmessungen von Fluchtwegen wird durch die Modellierungsarbeit der Fabrikplanung bereits umgesetzt. Die Fabrikplanung erstellt für alle Produktionshallen Fluchtwegpläne. In diesen Plänen sind alle Notausgänge und die umliegenden Sammelpunkte dargestellt. Im ProjektWise, dem Datenbankprogramm des HLS, sind sämtliche Flucht- und Rettungswegpläne zu finden. Abbildung 12 zeigt ein Beispiel eines solchen Plans.

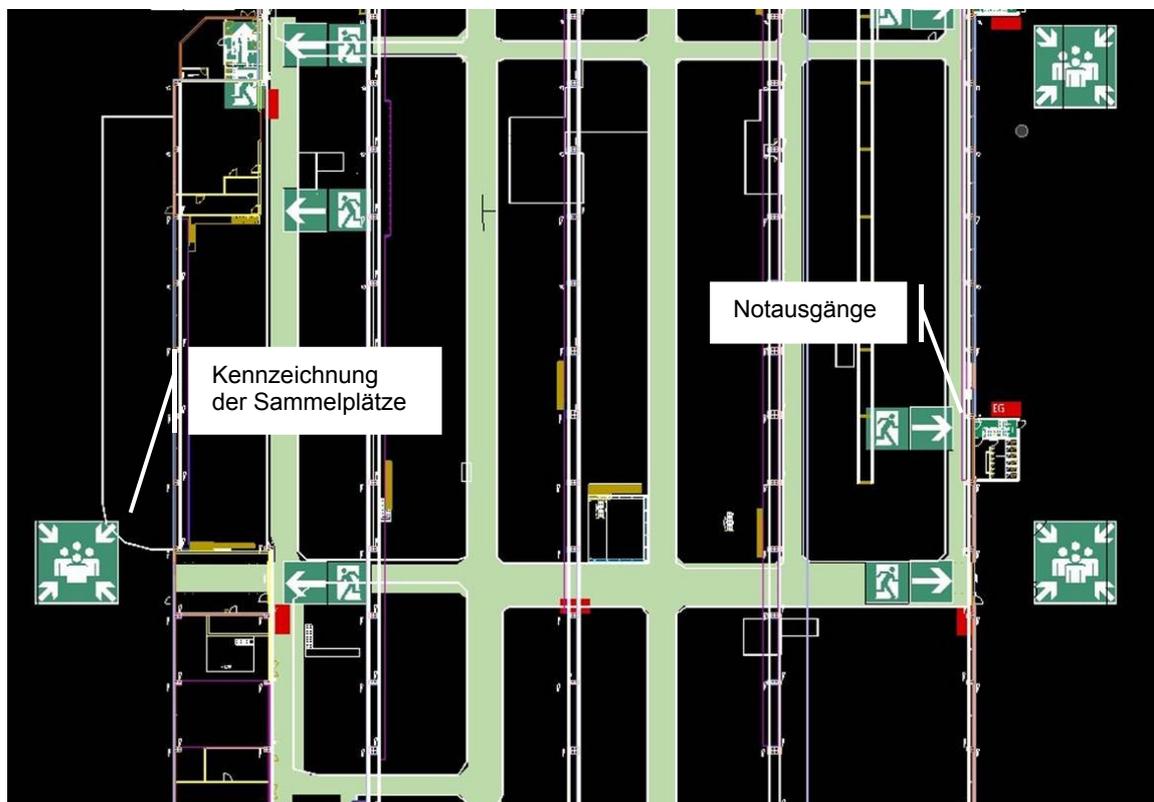


Abbildung 12: Flucht- und Rettungswegplan⁹¹

Diese Pläne können im 3P-Workshop als Referenz benutzt werden, um bei notwendigen Änderungen eine Diskussionsgrundlage zu bilden.

Bei der Planung von Toren und Türen zeichnet sich die DF durch die Möglichkeit, Änderungen an den Modellen schnell abbilden zu können aus. Wird im HLS eine Halle abgebildet, ist es ohne großen Aufwand möglich, die Positionen oder Abmessungen von Türen zu verändern. Ergeben sich aus diesen Änderungen Folgen für Wege oder andere Hallenbestandteile, können diese grafisch hervorgehoben werden.

⁹¹ (Eigene Abbildung aus dem 2D-Datenbestand des HLS)

Use Case 1.3 Zugänglichkeiten

Die Kennzeichnung von Zugängen in den Anlagen kann auf dieselbe Weise, wie oben beschrieben, geschehen. Alle Zugänge und Durchgangsöffnungen in den Anlagen können, durch in das Layout eingefügte Beschriftungen, gekennzeichnet werden. In der Modellierungsweise des Teams der DF ist die Abbildung von Treppen und Türen vorgesehen. Ist eine weitere Kennzeichnung hilfreich, kann diese zusätzlich eingefügt werden. Es ist aus Übersichtlichkeitsgründen darauf zu achten, nicht unnötig alle möglichen Beschriftungen in das Layout einzufügen.

5.2 Use Case Sicherheits- und Schutzeinrichtungen

Bei einer Layout-Modellierung im HLS werden auch die dazugehörigen Schutzeinrichtungen berücksichtigt. Eine Abbildung dieses Use Cases ist bereits in die Prozesse der DF eingebunden. Wie diese Schutzeinrichtungen modelliert werden können, ist auf der Abbildung 13 zu sehen.

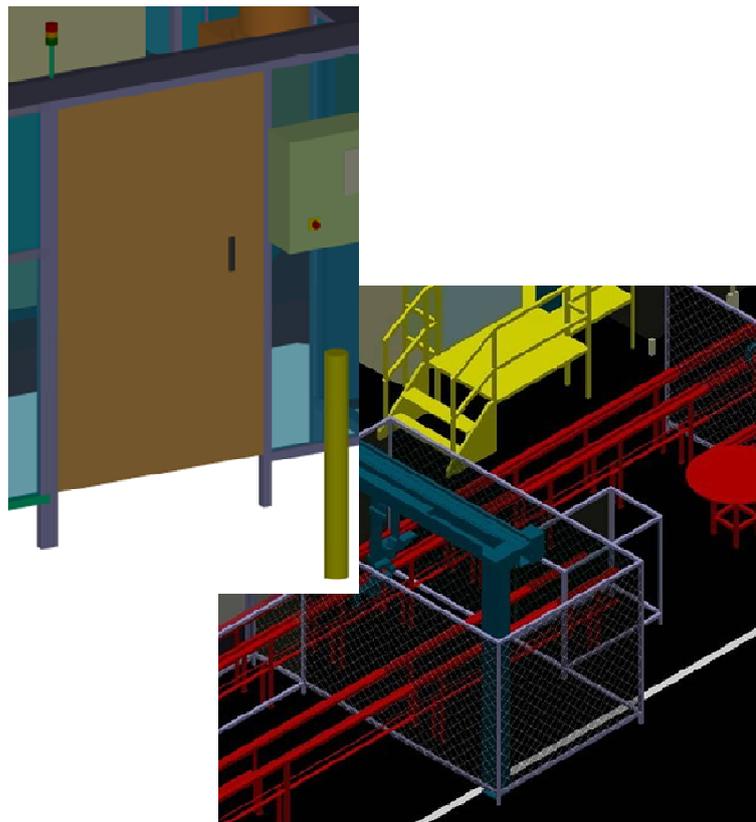


Abbildung 13: Modellerte Schutzeinrichtungen in einem Layout⁹²

⁹² (Eigene Abbildung aus dem 3D-Datenbestand des HLS)

Für eine optimierte Unterstützung in diesem Themenbereich können im Layout zusätzlich die Schutzkreise visualisiert werden.

Hierzu werden 2D-Flächen unter die betroffenen Bereiche modelliert. Abbildung 14 zeigt eine so gekennzeichnete Fläche in einem HLS-Layout.

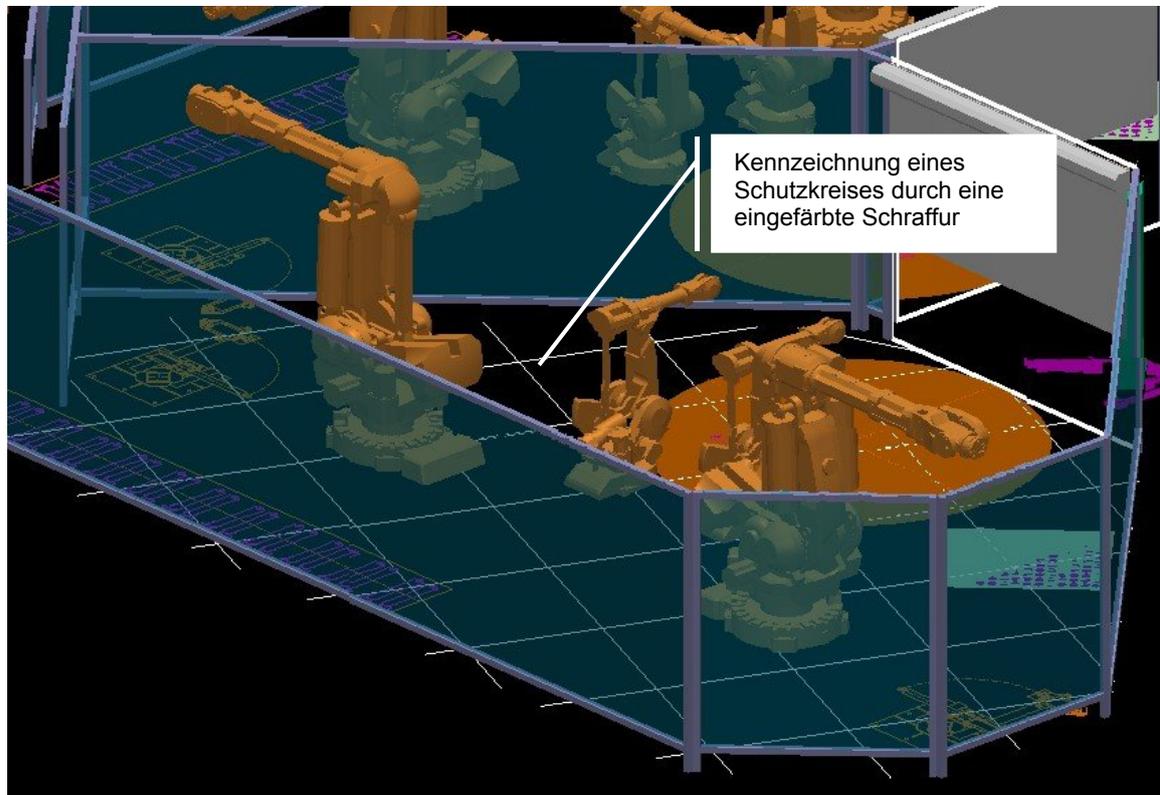


Abbildung 14: Kennzeichnung eines Schutzkreises⁹³

Bei der Visualisierung von Schutz- oder Not-Aus-Kreisen müssen auch die dazugehörigen Schalter beachtet werden. Durch die bei der Modellierung vorgegebene Genauigkeit von $\pm 1\text{cm}$ und den bisher nicht genau festgelegten Detailierungsgrad, werden die Not-Aus-Schalter in den meisten Fällen nicht beachtet. Die Modellierung dieser Schalter verursacht aber keinen nennenswerten Aufwand. Wird ein solcher Schalter standardisiert als Bibliothekselement verwendet, kann der Aufwand weiter reduziert werden. Durch die eingefügte Schraffur könnte die Visualisierung der Schutzbereiche unterstützt werden. Abbildung 15 zeigt ein Bedienpanel mit einem eingezeichneten Not-Aus-Schalter.

Bei der Bewertung unterschiedlicher Schutzkonzepte kann auch auf den PD zurückgegriffen werden. Der PD bietet die Möglichkeit eines Angebotsvergleiches. Auf diese Weise könnten im PD unterschiedlich gestaltete Schutzkonzepte entwickelt werden und die dazu gehörigen Angebote von Partnerfirmen verglichen und bewertet werden. Diese Funktion kann dabei helfen, das beste Konzept auszuwählen und somit auch dazu beitragen eventuelle nachträgliche Änderungen zu vermeiden.

⁹³ (Eigene Darstellung aus dem 3D-Datenbestand des HLS)

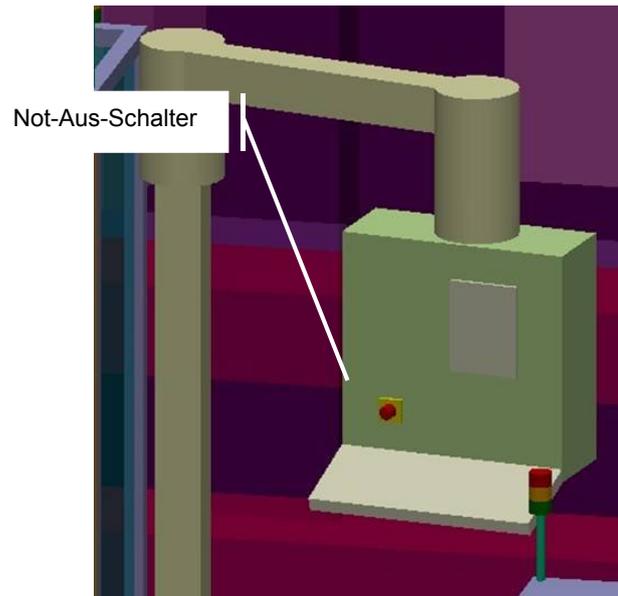


Abbildung 15: Not-Aus-Schalter an einem Bedienpanel⁹⁴

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Simulation der Wirkweisen der Schutzeinrichtungen. Dies kann im Rahmen der DF durch eine Simulation mit PS abgebildet werden. In einer Simulation kann gezeigt werden, welche Anlagenkomponenten stehen bleiben, wenn ein MA einen Not-Aus-Schalter betätigt. Hiermit wäre schon im frühen Planungsprozess eine Überprüfung unterschiedlicher Schutzkonzepte möglich. Diese Annahmen beruhen auf ersten Simulationstests mit PS durch die MA der Digitalen Fabrik. Wie genau diese Simulationen aussehen und welche Ergebnisse daraus gezogen werden können, kann zu diesem Zeitpunkt nicht sicher festgestellt werden.

Der Use Case Sicherheits- und Schutzeinrichtungen ist der einzige Use Case der sich dadurch auszeichnet, dass für seine Umsetzung alle zurzeit in Braunschweig verwendeten Programme genutzt werden können.

5.3 Use Case Sicherheitsabstände

Das HLS bietet die Möglichkeit in die Modelle dauerhafte Bemaßungen einzufügen. Diese Bemaßungen können genutzt werden, um jegliche Art von Abständen zu visualisieren. Werden Elemente, an denen eine Bemaßung gekoppelt ist, im Raum verschoben, so ändern sich die angezeigten Abstände automatisch mit. Mit dieser Funktion ist gewährleistet, dass der Einfluss auf die Abstände bei Änderungen sofort sichtbar wird.

Durch den Einsatz von HLS und einer Kennzeichnung der Abstände kann einem der wichtigsten Themen der ASi entsprochen werden. Schon im Layout können auf diese Weise alle relevanten Abstände analysiert werden. Dies bedeutet, dass schon im 3P-

⁹⁴ (Eigene Darstellung aus dem 3D-Datenbestand des HLS)

Workshop, also bei der Layout-Entwicklung, darauf geachtet werden kann, dass die Abstände im Arbeitsraum den Richtlinien zur ASi entsprechen. Eine 3D-Ansicht kann in diesem Punkt gerade bei schwer einsehbaren Bereichen sehr hilfreich sein.

Die folgende Abbildung zeigt eine isometrische Ansicht eines Arbeitsplatzes mit eingezeichneten Abständen. (Dieser Ausschnitt ist noch einmal im Anhang Da in einem größeren Layout vorzufinden.)

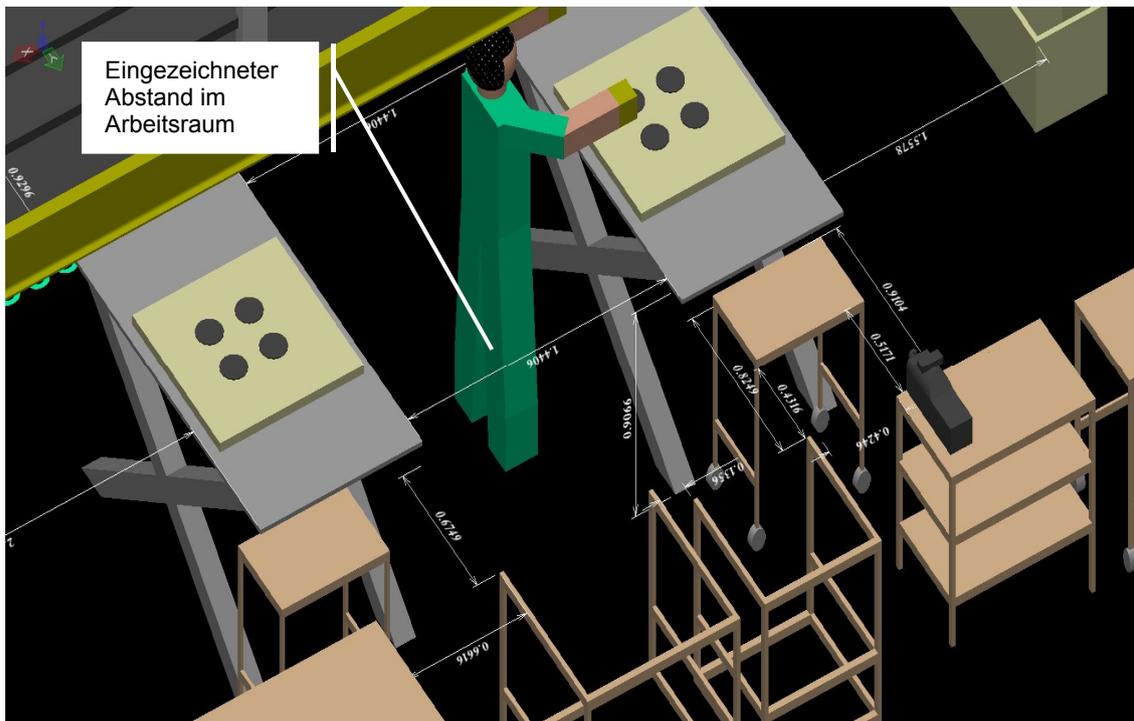


Abbildung 16: Arbeitsplatz mit eingezeichneten Sicherheitsabständen⁹⁵

5.4 Use Case Kennzeichnung

Die Kennzeichnung verschiedener Bereiche durch eine unterschiedliche Farbgebung oder Schraffierung ist bei der Modellierung im HLS realisierbar. Dies erfordert keinen erhöhten Aufwand oder besondere Kenntnisse in dem Programm. Auch die Abbildung der Betriebsdatenerfassungsmonitore kann ohne eine nennbare Erhöhung des Modellierungsumfanges verwirklicht werden.

Eine Visualisierung dieser Bereiche wird auf eine andere Weise schon durch die momentane Arbeit der DF erzielt. Bereiche für die Materialanstellung werden beispielsweise durch das Platzieren von Behältern oder Gestellen gekennzeichnet. Abbildung 17 zeigt einen Ausschnitt dieser Bereiche.

⁹⁵ (Eigene Darstellung aus dem 3D-Datenbestand des HLS)

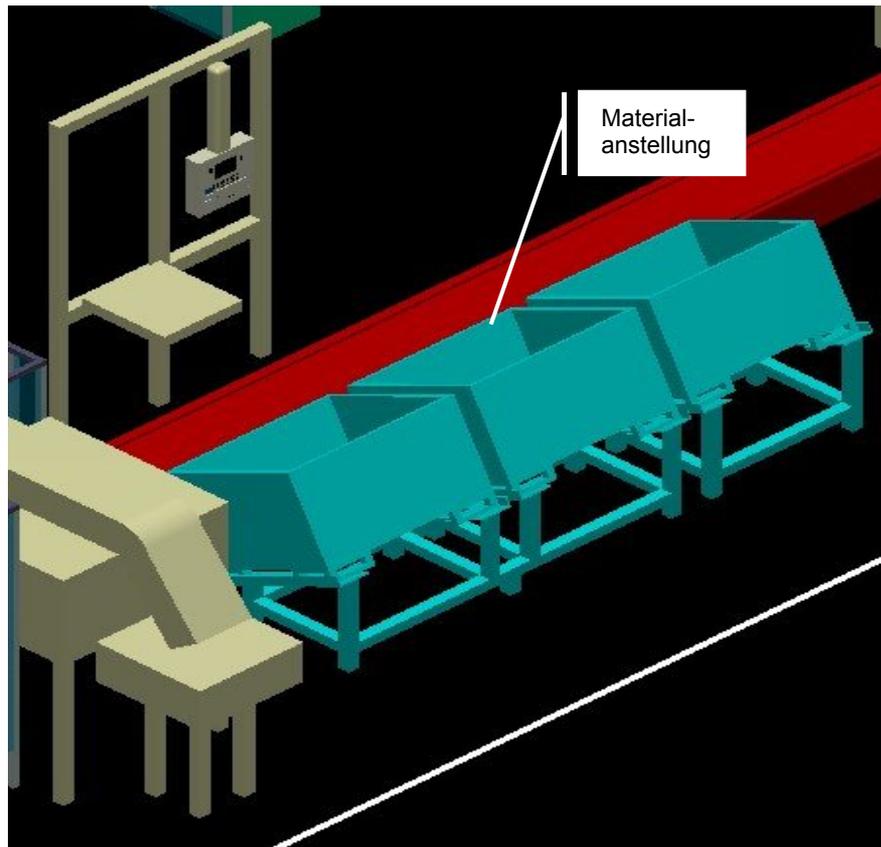


Abbildung 17: Kennzeichnung der Flächen für die Materialanstellung⁹⁶

Auch Lagerflächen in den Anlagenbereichen werden auf diese Art und Weise gekennzeichnet.

Wird von dem zuständigen Planer eine andere Kennzeichnung gewünscht, kann dies durch eine entsprechende Schraffur geschehen.

Anders gestaltet es sich bei der Sicherheitskennzeichnung durch Gefahrenschilder. Es besteht die Möglichkeit, Bilder, in diesem Fall die Gefahrenschilder, in die Datei der Modelle zu importieren. Allerdings werden diese Bilder immer parallel zur gewählten Ansicht angezeigt, sodass sie sich folglich nicht an bestimmte Elemente binden lassen. Das bedeutet, dass die Bilder sich mit der jeweils eingestellten Ansicht drehen und nicht an dem vorgesehenen Punkt im Layout bleiben. Eine Ansicht eines so eingefügten Gefahrenschildes ist Abbildung 18 gezeigt.

⁹⁶ (Eigene Abbildung aus dem 3D-Bestand des HLS)

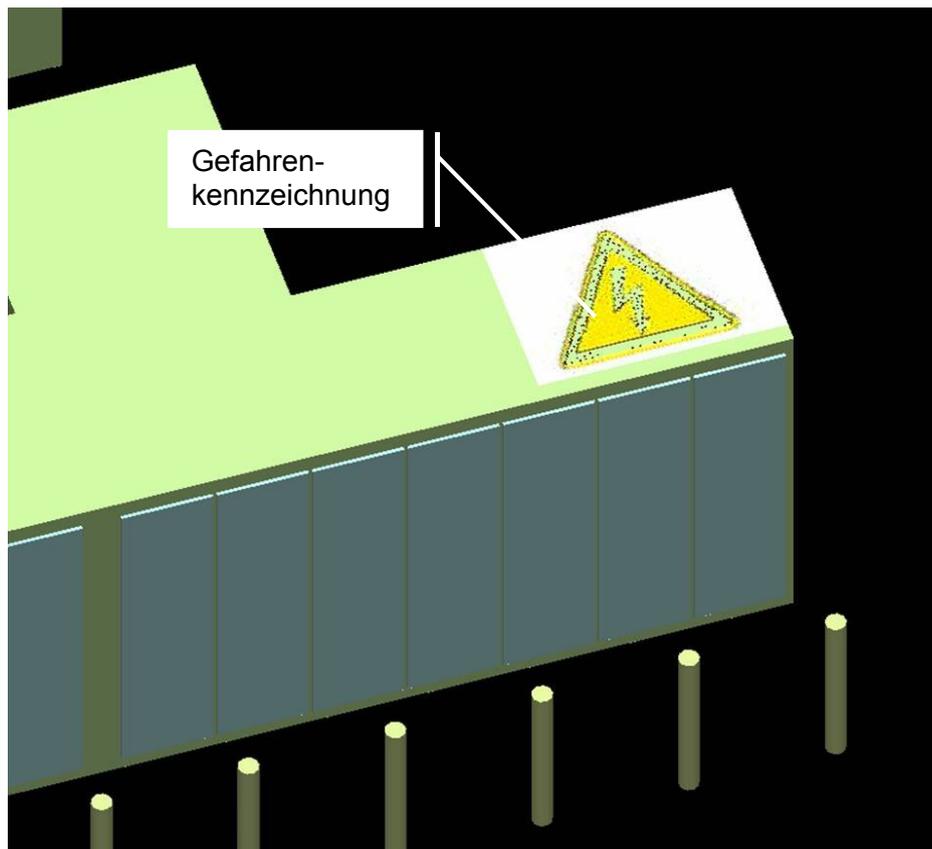


Abbildung 18: Gefahrenschild in einem HLS-Layout⁹⁷

Wie in der Abbildung zu sehen, ist die Qualität der so eingefügten Bilder gering. Das liegt zum einen an der Bildgröße und zum anderen daran, dass sich die Bilder schlecht an dem vorgesehenen Platz platzieren lassen. Die Abbildungen der Gefahrenschilder sollten immer einige Millimeter oberhalb der Elemente platziert werden. Diese Positionierung führt zwar dazu, dass die Abbildungen besser erkennbar werden, allerdings wird so das Handling der Modelle erschwert.

Eine andere Vorgehensweise wäre, alle notwendigen Gefahrenschilder als 2D-Objekte zu modellieren und diese dann an den entsprechenden Stellen im Modell zu platzieren. Diese Vorgehensweise erscheint jedoch als nicht sinnvoll, da der benötigte Modellierungsaufwand wesentlich höher wäre, als der zu erwartende Nutzen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass eine Gefahrenkennzeichnung in dem Layout möglich wäre. Allerdings muss hier beachtet werden, dass der resultierende Nutzen gering ist. Die Änderung von Gefahrenschildern erzeugt keine nennenswerten Kosten. Hinzu kommt, dass eine sinnvolle Kennzeichnung nach dem Aufbau der Anlage leichter zu realisieren ist.

⁹⁷ (Eigene Abbildung aus dem 3D-Datenbestand des HLS)

5.5 Use Cases Sichtverbindungen und Beleuchtung

Die Use Cases „Sichtverbindungen“ und „Beleuchtungen“ zeichnen sich durch gemeinsame Schnittstellen aus. Aus diesem Grund wird deren Machbarkeit gemeinsam überprüft. Die Sichtverbindungen begünstigen an nah gelegenen Plätzen die Beleuchtung. Das Licht, welches von den Fenstern her in die Hallen hereinscheint, kann zur Beleuchtung der Arbeitsplätze genutzt werden. Die Beleuchtungsstärke nimmt mit zunehmendem Abstand vom Fenster stark ab. An Arbeitsplätzen im hinteren Hallenbereich muss auf künstliche Beleuchtung zurückgegriffen werden.

Die Abbildung der Hallenfenster ist bereits in den Modellierungsvorschriften der DF enthalten. Alle Hallen werden so modelliert, dass sowohl die Außenfenster als auch die Fenster in den Büroräumen in dem entstehenden Modell sichtbar sind. In dem in Abbildung 19 gezeigten Hallenabschnitt zeigt sich die Ausgestaltung der Sicht nach außen. Mitarbeiter, die in dem gezeigten Büroraum arbeiten, können durch die vorhandenen Fenster nach außen sehen.

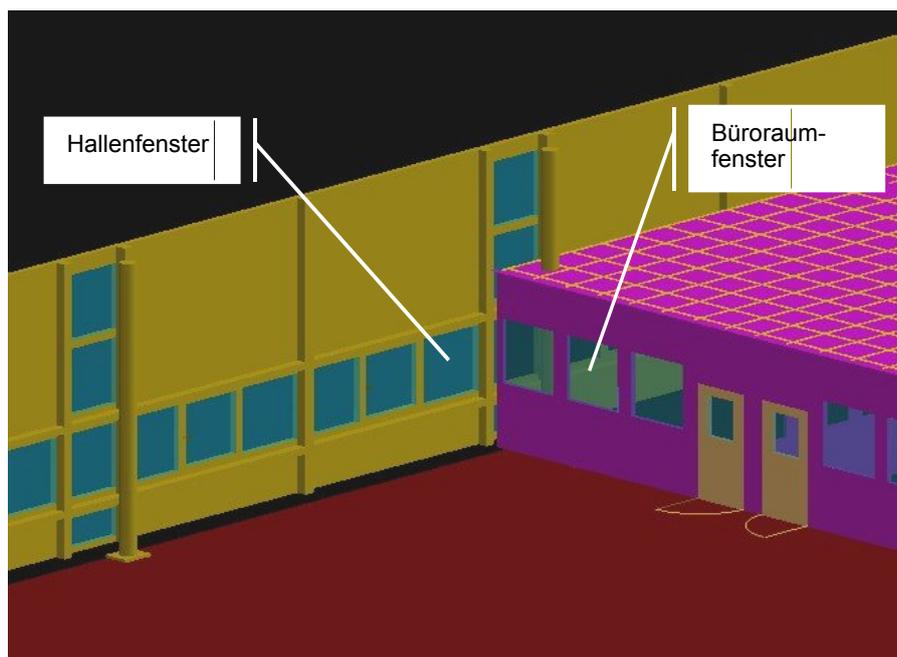


Abbildung 19: Fensterflächen⁹⁸

Durch diese Modellierungsweise kann analysiert werden, ob die vorgeschriebenen Fensterflächen und Kennwerte eingehalten werden. Anders als bei der Modellierung von Sichtverbindungen, ist die Simulation der Hallenbeleuchtung nicht zu realisieren. Die Tools, die zurzeit in Braunschweig eingesetzt werden, bieten keine Möglichkeit Beleuchtung zu simulieren.

⁹⁸ (Eigene Darstellung aus dem 3D-Datenbestand des HLS)

In einer Schlagwortsuche zum Thema Beleuchtungssimulation wurden mehrere Software-Programme entdeckt, mit denen eine solche Simulation durchgeführt werden kann. Die Programme Autodesk VIZ oder DIALux ermöglichen eine schnelle Analyse von Beleuchtungsdaten.⁹⁹ Beide Programme sind in der BUBS nicht verfügbar. Die Unterstützung in der Beleuchtungssimulation kann deswegen nicht realisiert werden.

5.6 Use Cases Arbeitsplatzgestaltung und Ergonomiebetrachtung

In diesem Use Case stellt sich die Frage, ob die DF bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen unter ergonomischen Gesichtspunkten Unterstützung bieten kann.

Generell ist dazu zu sagen, dass die Tools diese Möglichkeiten bieten. Durch einen Einsatz von PS kann die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen begleitet werden. Durch einzelne Simulationen können Arbeitsplätze überprüft werden. Eine Kontrolle bezüglich der Erreichbarkeit von Werkzeugen oder der Belastung für den Mitarbeiter sind möglich. Anhang Db zeigt eine Bilderfolge einer solchen Simulation.

In dieser Bilderfolge ist zu erkennen, welche Bewegungsfolgen der Mitarbeiter tätigen muss um die AFO ausführen zu können. In dieser Simulation wurden den Bewegungen des Mitarbeiters Zeitwerte nach OWAS¹⁰⁰ hinterlegt, dabei wurde auf die in Process Simulate vorhandenen Berechnungsalgorithmen zurückgegriffen. Durch diese Zeitwerte lassen sich Rückschlüsse auf die Belastung für den Mitarbeiter ziehen. Bei einer Unterstützung bezüglich der Gestaltung für Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen ergeben sich einige Schwierigkeiten. Durch die Möglichkeiten von PS wäre eine Unterstützung theoretisch durchzuführen. Allerdings besteht in diesem Punkt eine Vielzahl an offenen Fragen, die zum Zeitpunkt dieser Arbeit nicht beantwortet werden konnten. Eine dieser offenen Fragen ist, ob die Bereitstellung eines Stuhles das einzige Kriterium sein soll, nach dem Arbeitsplätze für leistungsgewandelte Mitarbeiter gestaltet werden. Im Sinne einer prospektiven Ergonomie sollten für die Gestaltung der Arbeitsplätze für leistungsgewandelte Mitarbeiter weitere Kriterien wie die mögliche Entkopplung vom Takt oder die Position des Arbeitsplatzes herangezogen werden.

⁹⁹ Vgl. http://www.erco.com/guide_v2/guide_2/simulation_95/dialux_2701/de/de_dialux_intro_1.php, Stand 13.08.2010

¹⁰⁰ Bei OWAS handelt es sich, um eine Methode zur Bewertung von Körperhaltungen bei der Arbeit. Bei dieser Methode beobachtet der Anwender, in einem fest definierten Zeitraum, permanent die Körperhaltung eines Arbeiters und beschreibt diese durch einen 4stelligen Code. Anhang dieses Codes werden die Körperhaltungen festgehalten und klassifiziert. (Vgl. Richters, 2009a)

5.7 Use Case Schnittstellen

Bei der Planung von Anlagen und Maschinen stellen vor allem die Schnittstellen zu anderen Bereichen oder Mitarbeitern eine große Herausforderung dar. Die Schwierigkeit hierbei besteht darin, die unterschiedlichen Bereiche so miteinander zu verknüpfen, dass der Prozess störungsfrei ablaufen kann.

Durch eine Simulation in PS können diese Anlagenbereiche überprüft werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Simulationsaufwand von dem jeweiligen Bereich abhängig ist. In einer solchen Simulation könnte überprüft werden, ob ein Roboter die fertigen Produkte in einen Behälter oder ein Gestell einlegen kann. Ein Ergebnis der Simulation könnte sein, dass der Roboter die ihm gestellte Aufgabe nicht ableisten kann. Ist dies der Fall, müssen andere Lösungen gefunden werden. Verschiedene Varianten können mithilfe von PS so überprüft werden.

Eine Unterstützung der DF in diesem Bereich erscheint als sehr hilfreich, da die Schnittstellen zu großen Problemen im Planungsprozess führen können. Am Standort Braunschweig befindet sich der Einsatz von Process Simulate in der Probephase. Aus diesem Grund kann die Umsetzung dieses Use Cases – zum Zeitpunkt dieser Arbeit - nicht direkt umgesetzt und abschließend geprüft werden.

5.8 Use Case Instandhaltung

Ähnlich wie bei dem Use Case Schnittstellen ist eine Unterstützung der ASi durch die DF auch hier möglich. Durch verschiedene Simulationen könnte geklärt werden, ob ein MA die notwendigen Reparaturen und Wartungsarbeiten an einem sicheren Ort vornehmen kann. In diesem Zuge wäre eine Optimierung des vorhandenen Arbeitsbereiches möglich. Schon während der Layout-Entwicklung könnten verschiedene Schutzkonzepte verglichen und analysiert werden. Im Anhang Dc ist eine Bilderfolge abgebildet, die Momentaufnahmen einer Simulation zeigt. Die mit PS durchgeführte Simulation dient dazu eine Roboterschutzzone zu optimieren. In verschiedenen Schritten wird deutlich, wie der Arbeitsraum verkleinert werden kann und durch ein verändertes Schutzkonzept die Sicherheit des MA erhöht wird. Auch in diesem Punkt kann zurzeit keine wirkungsvolle Unterstützung durch die DF in die ASi eingebracht werden. Es ist abzuwarten bis der Einsatz von PS vollständig erprobt wurde und die Einsatzgebiete abgesteckt sind. In anschließenden Untersuchungen muss geklärt werden, wie genau die Unterstützung der ASi in diesem Use Case gestaltet werden soll.

5.9 Use Case Auf- und Umstellinformation

Die Auf- und Umstellinformation zeigt eine Veränderung in der Flächenbelegung innerhalb der BUBS auf. Mithilfe der DF können die bisher verwendeten 2D-Layouts durch 3D-Layouts ersetzt werden. Es wäre möglich, die Information so aufzubereiten, dass jede Fachabteilung die für Sie notwendigen Informationen erhält. Die Auf- und Umstellinformation wird zu einem Zeitpunkt erzeugt, zu dem die Arbeit der DF weitestgehend abgeschlossen ist. Ein Einsatz der DF würde den gesamten Planungsprozess unterstützen. Damit ein solcher Einsatz verwirklicht werden kann, muss ein Konzept zur Veränderung der Auf- und Umstellinformation entwickelt werden. Dieses Konzept wurde im Rahmen der Arbeit im Team der DF entwickelt. In dem Konzept wurden auch die Gesamtprozesse des HLS und des PDs berücksichtigt. Das Konzept enthält als Kernelement 3D-pdf Dateien. Diese Dateien machen es möglich, 3D-Layouts in einem neutralen Austauschformat zu betrachten. Somit ist gewährleistet, dass alle Fachabteilungen ohne besondere Software auf die Daten zugreifen können. Da es sich bei der Auf- und Umstellinformation um einen volkswageninternen Prozess handelt, kann das entwickelte Konzept in diesem Rahmen nicht gezeigt werden.

5.10 Use Case Lärm

Dieser Use Case ist von der ASi als einer mit dem höchsten Nutzen eingestuft worden. Wenn eine Simulation der Lärmausbreitung in den Produktionshallen möglich werden würde, könnten schon vor der Aufstellung neuer Anlagen die Auswirkungen für die Mitarbeiter untersucht werden. Zum jetzigen Zeitpunkt ist eine Simulation von Lärm und dessen Überlagerung mit den gängigen Software-Lösungen nicht zu bewerkstelligen. Die Berechnung von Geräuschpegeln erfolgt über eine logarithmische Funktion. Bei Überlagerungen verschiedener Geräuschquellen können die dabei entstehenden Lautstärken nicht einfach summiert werden, sondern müssen über anspruchsvolle Mathematik gelöst werden. Im Laufe der Recherchearbeit zu diesem Use Case konnte keine Möglichkeit gefunden werden mit der eine solche Berechnung sinnvoll in die Prozesse der DF eingebunden werden kann. Es gibt sogenannte Lärmampeln, die die Lärmbelastung darstellen. Diese werden aber überwiegend dazu eingesetzt, Schulklassen für die von ihnen verursachte Lautstärke zu sensibilisieren.¹⁰¹ Diese Lärmampeln sind hingegen ungeeignet, um die Lärmbelastung in den Produktionshallen bei Volkswagen darzustellen oder zu kontrollieren. Der Lärm entsteht durch die Bearbeitungsprozesse der Maschinen und nicht durch die Mitarbeiter. Eine eingesetzte Lärmampel würde

¹⁰¹ Vgl. <http://www.laermampel.de/content.php?aktion=laermampel> Stand 30.06.2010

wahrscheinlich eine konstante Belastung anzeigen. Diese Information wäre nicht hilfreich, um die Mitarbeiter vor der Belastung zu schützen. Um den Schutz der Beschäftigten besser zu gestalten, müsste eine Software die Überlagerungen der Geräuschquellen erkennen und berechnen können. Aus einer Visualisierung oder Ähnlichem sollte anschließend ersichtlich sein, an welchen Stellen die Grenzwerte überschritten werden. Aus einem solchen Ergebnis könnten dann entsprechende Schutzmaßnahmen abgeleitet werden.

Eine Unterstützung der ASi in diesem Use Case ist durch die Digitale Fabrik mit dem jetzigen Stand der Technik nicht realisierbar.

5.11 Use Case Arbeitsanweisungen

Prinzipiell bieten die Tools der DF die Möglichkeit, aus den erstellten Simulationen Videos und Bilder abzuleiten. Somit kann eine Unterstützung der ASi in diesem Punkt entsprochen werden. Der wirkliche Nutzen eines Videos als Arbeitsanweisung kann zu diesem Zeitpunkt nicht geklärt werden. Zu diesem Use Case müssten weitergehende Untersuchungen stattfinden, die es zum Ziel haben herauszufinden, ob diese Unterstützung einen nennenswerten Nutzen erzielen kann. Der Aufwand, der zur Erstellung der Videos erbracht werden muss, ist abhängig von der AFO, die beschrieben werden soll. Fraglich ist an diesem Punkt, ob es notwendig ist von allen Arbeitsplätzen solche Videos zu erstellen. In einer anschließenden Untersuchung sollte geklärt werden, welche Arbeitsanweisungen auf diese Art und Weise unterstützt werden. Eine Unterstützung zeitnah umzusetzen erscheint nicht als sinnvoll. Um eine Unterstützung sinnvoll zu gestalten, sind zum jetzigen Zeitpunkt zu viele offene Fragen zu beantworten.

5.12 Ergebnisse der Machbarkeitsanalyse

Durch die Machbarkeitsanalyse hat sich herausgestellt, dass eine Vielzahl der Use Cases in die Prozesse der DF integriert werden können. Als wichtiger Punkt ist dabei zu sehen, dass diese Integration keinen großen Aufwand bedeutet. Durch eine Erweiterung der Modellierungsvorschriften im HLS können viele Use Cases abgebildet werden. Interessant ist hierbei, dass die Anforderungen, die am einfachsten umzusetzen sind, auch die mit dem höchsten Nutzen sind. In diesen Use Cases wird die Visualisierung der Geometrie oder die Kennzeichnung von Bereichen um die Anlagen thematisiert. Hierunter fällt der Punkt 2.1. Durch die Nutzung der 3D-Layouts können alle Beteiligten auf einen Blick erkennen wo in den Anlagen Schutzgitter und -türen verbaut sind. Es kann bewertet

werden, ob und wie weit Türen sich öffnen lassen. All dies wird schon durch die Modellierung der Anlagen in 3D möglich, ohne das große Änderungen in den bisherigen Prozessen der DF vorgenommen werden müssen. Ein anderes Ergebnis der Machbarkeitsanalyse ist, dass es eine Reihe von Use Cases gibt, die schwer umzusetzen sind, aber einen hohen Nutzen erzielen würden. Unter diese Rubrik fallen die Use Cases 14.2 (Erreichbarkeiten) und 7.1 (Schnittstellen Mensch-Maschine). Für eine vollständige Betrachtung der Ergonomie oder der Schnittstellenproblematik ist ein standardisierter Einsatz von Process Simulate Voraussetzung. Durch PS wird die Möglichkeit geboten, verschiedenste Bereiche der ASi durch Simulationen abzusichern. Der große Vorteil dieser Simulationen besteht darin, dass diese schon in der Planungsphase der Anlagen durchgeführt werden können. Wichtige Erkenntnisse über die Prozesse der Anlagen, werden viel früher im Planungsprozess bereitgestellt. Auf die Einführungsbedingungen für PS wird im weiteren Textverlauf näher eingegangen.

Um eine bessere Übersicht darüber zu bekommen, welche Anforderungen sich mit welchem Nutzen umsetzen lassen, wurde ein Portfolio entwickelt. Dieses Portfolio ordnet die einzelnen Use Cases nach ihrer Machbarkeit und dem erzielbaren Nutzen. (Siehe Abbildung 20 und Anhang Dd) Um die Use Cases innerhalb des Portfolios anzuordnen, wurde von den jetzigen Bedingungen in der BUBS ausgegangen Abbildung 20 zeigt das entwickelte Portfolio. (Die Abbildung ist in einem größeren Format auch im Anhang Dd zu finden. Dies gilt auch für die weiteren Abbildungen des Portfolios.) In dem Portfolio sind alle Unterpunkte der Use Cases aufgeführt. Viele der Unterpunkte zu einem Use Case lassen sich nicht in dieselbe Kategorie einordnen, daher werden diese getrennt im Portfolio aufgetragen. Der Use Case 8 (Auf- und Umstellinformation) ist nicht in diesem Portfolio aufgelistet. Der Nutzen bzw. Aufwand dieses Use Cases kann zu diesem Zeitpunkt nicht endgültig festgestellt werden. Das entwickelte Konzept sollte zunächst erprobt werden, bevor hierüber verlässliche Aussagen getroffen werden können.

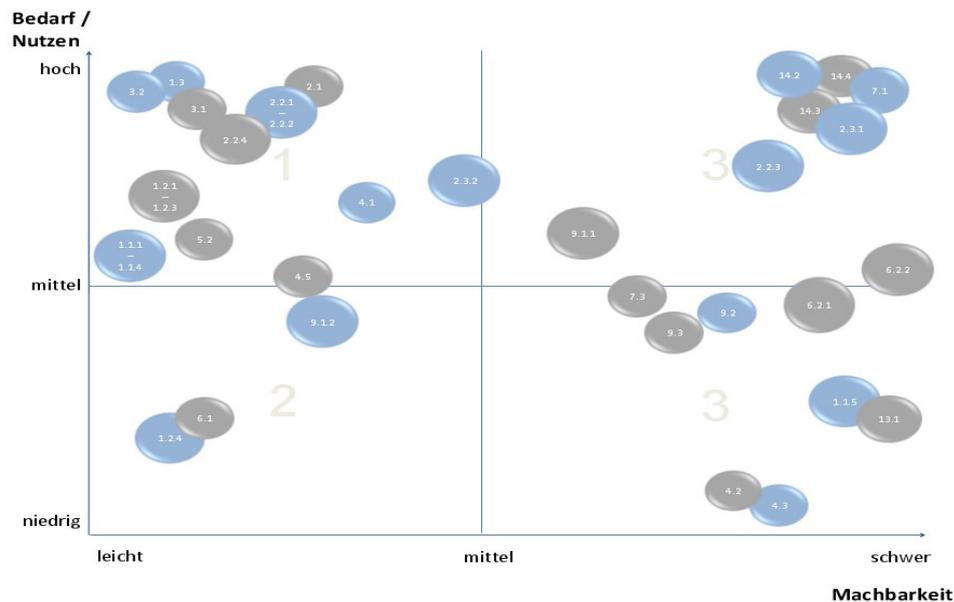


Abbildung 20: Portfolio-Analyse der Use Cases¹⁰²

Während der Machbarkeitsanalyse kristallisierte sich heraus, dass bei den Use Cases eine Unterscheidung in drei Kategorien sinnvoll erscheint. Die drei Kategorien spielen eine wichtige Rolle, wenn die heutigen bzw. zukünftigen Umsetzungsmöglichkeiten betrachtet werden. Kategorie 1 beinhaltet alle die Fälle, die leicht umzusetzen sind und einen hohen Nutzen erzielen. Kategorie 2 fasst die Fälle zusammen, von denen man sich einen geringeren Nutzen verspricht, die aber leicht umzusetzen wären.

Die dritte Kategorie vereinigt alle die Fälle, die bei der Umsetzung einen hohen Aufwand bei hohem oder geringem Nutzen mit sich bringen. Eine weitere Unterscheidung der dritten Kategorie erscheint nicht als sinnvoll, da für die Umsetzung dieser Use Cases der standardisierte Einsatz von PS erforderlich sind. Ist ein Einsatz von PS gesichert, können alle diese Use Cases abgebildet werden. Eine weiterführende Nutzenbetrachtung der einzelnen Fälle ist dann zu empfehlen. Alle Fälle und Anforderungen, die sich in der Kategorie 1 finden lassen, können durch den Einsatz von HLS abgebildet werden. Die Umsetzung der Use Cases führt zur Nutzung bislang unentdeckter Potenziale.

Hierbei ist besonders zu erwähnen, dass durch die Visualisierung der Thematiken der Abstimmungsprozess zwischen Planung und ASi erheblich vereinfacht werden kann. Bisher wurden diese Abstimmungsprozesse aufgrund von statischen 2D-Layouts getroffen. In einer Auf- und Umstellinformation werden alle beteiligten Fachabteilungen über die geplanten Änderungen informiert. Diese Vorgehensweise führt zu vielen Konflikten, da bestimmte Bereiche nicht einsehbar sind. Werden die notwendigen

¹⁰² (Eigene Darstellung)

Absprachen aufgrund von 3D-Layouts getroffen, kann vielen Konflikten vorgebeugt werden.

An dieser Stelle sei die Einhaltung von Sicherheitsabständen in den Arbeitsräumen als Beispiel genannt. Durch ein 3D-Layout wird es möglich, alle relevanten Abstände zu kontrollieren und eventuelle Änderungen zeitnah umzusetzen. Durch die erzielbare optimierte Kommunikation können die Ziele des Arbeitsschutzes und der Digitalen Fabrik verbunden werden. Die Use Cases, die sich im rechten oberen Bereich des Portfolios befinden, können nur durch die Anwendung von PS umgesetzt werden. All diese Use Cases können zurzeit nicht durch einen operativen Einsatz der DF abgebildet werden. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die Use Cases geordnet nach ihrer Einteilung zu den Programmen. Im Anhang De ist diese Einteilung zusätzlich im Portfolio zu erkennen. Die Abbildung im Anhang soll dazu dienen, die Programmeinteilung mit der Nutzen/Aufwand Analyse zu verbinden.

Tabelle 2: Einteilung der Use Cases nach Programmen¹⁰³

Use Cases HLS	Use Cases Process Simulate
1.1.1 – 1.1.4 Verkehrswege → Anordnung, Abmessung, Kennzeichnung, Durchfahrtshöhe	2.2.3 Lichtschranken → Wirkweise
1.2.1 – 1.2.3 Fluchtwege und Notausgänge → Türen und Tore, Anordnung, Abmessungen	2.3.1 Not-Aus-Einrichtungen → Wirkweise
1.3 Zugänglichkeiten	7.1 Schnittstellen → Maschine-Mensch
2.1 Schutzgitter	7.3 Schnittstellen → Maschine-Maschine
2.2.1 – 2.2.2 Lichtschranken → Höhe, Schutzkreise	9.1.1 Instandhaltung → Sicherheitsmaßnahmen
2.2.4 Lichtschranken → Anordnung	9.1.3 Instandhaltung → Wartung der Anlagen
2.3.2 Not-Aus-Einrichtungen → Visualisierung	9.1.4 Instandhaltung → Reparatur der Anlagen
3.1 Sicherheitsabstände → Wege	14.2 Erreichbarkeiten
3.2 Sicherheitsabstände → Abstände im Arbeitsraum	14.3 Transport
4.1 Kennzeichnung → Bereiche	14.4 Schnittstelle Mensch Technik
5.2 Sichtverbindungen	

Das langfristige Ziel sollte es jedoch sein alle Use Cases, die sich in der oberen rechten Ecke des Portfolios befinden, in die erste Kategorie zu überführen. Der Anhang Df zeigt das Portfolio mit einer Kennzeichnung der Use Cases die in die erste Kategorie überführt werden sollten. In dem roten Kasten, der auf der Abbildung in Anhang Df zu sehen ist,

¹⁰³ (Eigene Darstellung)

finden sich die Punkte 2.2.3, 2.3.1, 14.2,14.3,14.4 und 7.1.¹⁰⁴ Bei diesen Fällen handelt es sich zum einen, um die Use Cases, die eine Schnittmenge mit der Ergonomie aufweisen, aber auch um die Use Cases, die die Wirkweise von Schutzeinrichtungen beinhalten. Die Betrachtung dieser Fälle würde dazu führen, dass die Komplexität einer digitalen ASi weiter steigt. Schon im Planungsprozess könnte z. B. die Wirkweise verschiedener Schutzkonzepte überprüft werden. Die Folge davon wäre eine weiterführende Parallelisierung der Planungsprozesse und somit letztendlich die Reduktion von Aufwand und Kosten.

Als Fazit der Machbarkeitsanalyse können drei wichtige Punkte festgehalten werden:

1. Durch den Einsatz von HLS können bestehende Potenziale sofort genutzt werden. Hierfür müssen Prozesse definiert werden, damit der operative Einsatz der DF standardisiert verläuft. Durch den genannten Prozess können alle HLS Use Cases (siehe Tabelle 2) umgesetzt werden. Durch Umsetzung dieser Use Cases können erhebliche Optimierungspotenziale im Planungsverlauf genutzt werden. Die Use Cases tragen desweiteren dazu bei, dass die Daten, auf deren Grundlage die Fachkräfte der ASi Entscheidungen treffen, aufzuwerten. Durch einfache Visualisierungsmaßnahmen können die identifizierten Anforderungen an eine digitale Arbeitssicherheit abgebildet werden. Es ist allerdings zu beachten, dass die Unterstützung durch das HLS eine minimale Unterstützung der ASi darstellt.
2. Es gibt Use Cases die einen hohen Nutzen aufweisen, aber mit den Möglichkeiten der DF noch nicht zu realisieren sind. Der Zeitaufwand ist durch die bestehenden Ressourcen nicht zu bewältigen. Eine Untersuchung der zusätzlich benötigten Ressourcen ist notwendig, um die betroffenen Use Cases mit in die Arbeit der Digitalen Fabrik aufzunehmen.
3. Ein Einsatz von Process Simulate in der DF würde die Möglichkeit bieten, die unter Punkt 2 zusammengefassten Use Cases abzubilden. Durch die Anwendung von PS könnte die Unterstützung der ASi um ein vielfaches erweitert werden. Die Abbildung der identifizierten Use Cases im PS stellt die zweite Stufe einer digitalen ASi dar und trägt zu einer weiteren Erhöhung der Planungsqualität bei.

Die Machbarkeitsanalyse hat gezeigt, dass sich durch eine digitale Unterstützung der ASi große Potenziale zur Optimierung des Planungsprozesses ergeben. Wie diese Potenziale genutzt werden können und welche Folgen sich daraus, für die Prozesse der Digitalen Fabrik ergeben, wird in Kapitel 6 betrachtet.

¹⁰⁴ In Anhang Cb können die Bezeichnungen der einzelnen Use Cases mit ihren Unterpunkten nach gelesen werden.

6. Operativer Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit

In Kapitel 6 wird der operative Einsatz der DF in der Arbeitssicherheit beschrieben. In einem ersten Schritt wird erläutert, welche Bedingungen für einen solchen Einsatz bestehen. Anschließend werden der Prozess und die dazugehörigen Prozessstandards beschrieben. Im dritten Unterkapitel wird der Personalbedarf für den Prozess ermittelt. Eine Kostenanalyse soll abschließend Klarheit über die finanziellen Auswirkungen eines operativen Einsatzes der DF in der ASi schaffen. Sind alle notwendigen Prozesse definiert und beschrieben, werden diese an einem Fallbeispiel erprobt.

6.1 Einführungsbedingungen

In diesem Abschnitt soll geklärt werden, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit ein operativer Einsatz der DF stattfinden kann. Da für die beiden Programme HLS und Process Simulate unterschiedliche Bedingungen herrschen, werden diese auch getrennt voneinander betrachtet.

HLS

Für die Arbeit mit dem HLS müssen - neben der benötigten Hardware - Lizenzen für das HLS beschafft werden, sofern diese nicht vorhanden sind. Für die BUBS ist das Beschaffen der Lizenzen nicht notwendig, da am Standort ausreichend Lizenzen verfügbar sind. Für andere Standorte der Marke Volkswagen kann der Kauf von HLS-Lizenzen notwendig sein. Eine Schulung für die zuständigen Mitarbeiter ist eine weitere Voraussetzung für einen effektiven Einsatz der DF in der ASi.

Process Simulate

In der Theorie sind für einen Einsatz von PS dieselben Bedingungen zu erfüllen wie für den Einsatz des HLS. Neben der benötigten Hard- und Software muss eine Lizenz bereitgestellt werden damit ein Mitarbeiter die Aufgaben bewältigen kann.

In der BUBS wird PS seit dem zweiten Quartal des Jahres 2010 eingesetzt. Die Abbildungsmöglichkeiten von PS haben sich als äußerst komplex erwiesen. Für ungeübte Anwender ist Process Simulate nur sehr schwer zu bedienen. Soll PS als Tool in der DF eingesetzt werden, ist eine Schulung der Mitarbeiter sehr zu empfehlen. Die Einarbeitungszeit in das Programm würde anderenfalls einen sehr langen Zeitraum in Anspruch nehmen. In der Machbarkeitsstudie wurde als ein Ergebnis festgehalten, dass durch PS weitere Use Cases abgebildet werden könnten.

Zurzeit können die Potenziale durch die DF aus mehreren Gründen nicht genutzt werden. Zum einen verfügt das Team der DF nicht über die notwendigen Ressourcen, um die Erprobung von Process Simulate effektiv voranzutreiben. Zum anderen sind die notwendigen Rahmenbedingungen, für wirkungsvoll gestaltete Simulationen, nicht vorhanden. Allgemein gültige Berechnungsalgorithmen, die für die, den Simulationen hinterlegten, Zeiten erforderlich sind werden zurzeit noch entwickelt. Diese Algorithmen sind aber erforderlich, da eine Vergleichbarkeit der erstellten Simulationen anderenfalls nicht gewährleistet werden kann. Auch ein Prozess nach dem PS angewendet werden soll muss entwickelt werden. Sind die vorhandenen offenen Fragen bezüglich des Einsatzes von PS untersucht und beantwortet, kann nach Abbildung 21 eine weitreichende Potenzialsteigerung bewirkt werden. Eine größere Anzahl der ermittelten Use Cases könnte in die Prozesse eingebunden werden. Dies betrifft speziell die Use Cases die nur durch eine Simulation einen Nutzen erzielen können. Hierzu gehört neben der Ergonomiebetrachtung auch die Prüfung der Wirkweise von Schutzkonzepten.



Abbildung 21: Potenzialsteigerung durch den Einsatz von Process Simulate¹⁰⁵

Abschließend kann festgehalten werden, dass der Einsatz von HLS keine Herausforderung darstellt. Somit können die Use Cases der ersten Kategorie im Portfolio zeitnah in den Prozess der DF eingebunden werden. Eine Nutzung von PS für die Abbildung der für die ASi wichtigen Themen ist unter den gegebenen Bedingungen nicht zu empfehlen.

Nachdem die Einführungsbedingungen für einen operativen Einsatz der DF in der ASi geklärt wurden stellen sich zwei Fragen.

1. Welchen Nutzen bzw. welche Stärken hat der Prozess?
2. Die zweite Frage lautet: Welche Schwächen hat der Prozess?

Um diese Fragen zu beantworten ist eine SWOT-Analyse durchgeführt worden. Die SWOT-Analyse stellt Stärken und Schwächen einer Lösungsidee gegenüber.¹⁰⁶ Abbildung 22 zeigt die Analyse für einen operativen Einsatz der DF in der ASi.

¹⁰⁵ (Eigene Darstellung)

¹⁰⁶ Vgl. Hoder, (2005), Script-Teil 4



Abbildung 22: SWOT-Analyse zum Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit¹⁰⁷

Die Möglichkeiten eines Einsatzes der DF zur Unterstützung der ASi sind offensichtlich. Durch einen solchen Einsatz können viele, bisher unerkannte, Potenziale genutzt werden. Die Nutzung dieser Potenziale würde dazu beitragen, die Planungsqualität in der BUBS zu erhöhen. Als ein Grund hierfür kann die geförderte, fachübergreifende Zusammenarbeit der Abteilungen genannt werden. Die mit dem Prozess verbundenen Stärken liegen vor allem in der detaillierten Visualisierung der Problemfelder der ASi. Durch eine entsprechende Visualisierung kann schon früh im Planungsprozess die Grundlage für die Kommunikation zwischen den Fachabteilungen optimiert werden. Bei einer genauen Betrachtung der Use Cases und der Einführungsbedingungen für eine digitale Unterstützung der ASi dürfen aber einige Risiken nicht vergessen werden.

Die Risiken ergeben sich insbesondere durch den Einsatz von Process Simulate. Bei einem Einsatz von Simulationen besteht immer die Gefahr, dass die dazu gehörigen Modelle in einem zu starken Maße von der Realität abweichen. Bei einer Simulation wird immer ein Modell der Wirklichkeit erzeugt. Da das Modell nur ein Abbild der Realität ist, besteht immer das Risiko, dass bestimmte Funktionen in der Simulation nicht mit einer ausreichenden Genauigkeit abgebildet werden.¹⁰⁸

Die Simulationen, die bezüglich der ASi durchgeführt werden sollen, beziehen sich auf die Ergonomie und die Wirkweisen von Schutzmechanismen. Insbesondere bei diesen Themen ist eine sehr verlässliche Aussage der Simulationen unabdingbar. Werden aus den Ergebnissen der Simulationen falsche Schlüsse bezüglich der Gestaltung von Arbeitsplätzen gezogen kann, dies weitreichende Folgen haben.

¹⁰⁷ (Eigene Darstellung)

¹⁰⁸ Vgl. Franck, (2004/2005) Script-Teil Simulation

Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, dass definierte Standards für die Simulationen mit Process Simulate entwickelt werden. Dies muss geschehen, bevor im Planungsprozess mit diesem Tool Entscheidungen vorbereitet werden. Zu diesen Standards muss neben einem allgemein gültigen Berechnungsalgorithmus für die Simulationen von Zeiten auch eine detaillierte Umfangsbeschreibung gehören. Der Algorithmus ist notwendig um vergleichbare und verlässliche Aussagen über Zeiten für Bewegungsabläufe der Mitarbeiter zu erhalten. Die Umfangsbeschreibung bezieht sich auf die, mit PS, zu realisierenden Use Cases. In einer weiterführenden Untersuchung muss geklärt werden welche Potenziale, außer den bereits ermittelten, noch aus einem Einsatz von PS abgeleitet werden können. Trotz der genannten Gefahren und Risiken ist es zu empfehlen (angesichts der entdeckten Potenziale) einen Prozess zum operativen Einsatz der DF in der ASi einzuführen.

6.2 Prozessablauf

Im vorherigen Abschnitt wurde untersucht, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um einen operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit einzuführen. In diesem Abschnitt soll der dazu notwendige Prozess entwickelt werden. Zunächst wird der Prozess der DF im Planungsablauf untersucht, um heraus zu finden, an welchen Punkten innerhalb des Prozesses Schnittstellen mit der Arbeitssicherheit bestehen. Anschließend wird der notwendige Prozess entwickelt und dessen Ausführung beschrieben. Abschließend werden Standards entwickelt, die für einen reibungslosen Ablauf des Prozesses sorgen sollen.

6.2.1 Gesamtprozess der Digitalen Fabrik im Planungsablauf

In diesem Abschnitt soll zunächst der Gesamtprozess der DF im Planungsverlauf beschrieben werden. Dazu ist der Gesamtprozess als Flussdiagramm im Anhang Ea zu finden. Dieses Flussdiagramm und somit der Prozess werden im Folgenden kurz beschrieben. Das Flussdiagramm zeigt zusätzlich an welchen Punkten ein Prozess zur digitalen ASi eingreifen sollte. Der Prozess ist so weit wie möglich vereinfacht da an dieser Stelle nur ein grober Überblick über den Arbeitsablauf in der DF gegeben werden soll. Die Prozesse der DF starten ab dem Moment, zu dem einem Planer ein neues Projekt zugeteilt wird. Ist dies geschehen, wendet sich der Planer mit einem Projektantrag an das Team der Digitalen Fabrik.

Der Projektantrag beinhaltet Informationen, wie z.B. die Standortangabe und den Termin des 3P-Workshops.

Ist der Projektantrag bei dem Team der DF eingegangen, wird ein Mitarbeiter bestimmt, der mit der Betreuung des Projektes beauftragt wird. Zu diesem Zeitpunkt findet ein erstes Gespräch zwischen dem Planer und dem Mitarbeiter der DF statt. In diesem Gespräch wird festgelegt, welche Bereiche der Halle und welche Betriebsmittel für das Projekt im HLS modelliert werden müssen. Dieses Gespräch ist das erste Element, bei dem die ASi in den Prozess eingreift. Für den operativen Einsatz der DF in der ASi muss bei Projektstart abgesichert werden, welche Umfänge für das jeweilige Projekt abgebildet werden sollen.

Im nächsten Schritt werden die Hallenbereiche und die Betriebsmittel (BeMi) modelliert und so der erste Planungsstand des Anlagen-Layouts in das HLS aufgenommen. An diesem Punkt müssen Modellierungsvorschriften für die Use Cases der ASi entwickelt werden. Dies ist notwendig, um zu gewährleisten, dass alle Mitarbeiter der DF nach den gleichen Prinzipien modellieren und in allen Layouts die für die ASi relevanten Elemente modelliert werden.

Anschließend findet ein 3P-Workshop statt, in dem verschiedene Layout-Varianten entwickelt werden. In diesem 3P-Workshop unterstützt der zuständige Mitarbeiter der DF die Arbeit der Workshop-Teilnehmer. Während des 3P-Workshops werden die verschiedenen Layout-Varianten im HLS abgebildet. Nach dem 3P-Workshop wird das dort entwickelte Layout komplett und mit allen Betriebsmitteln modelliert. Zu diesem Zeitpunkt wird von dem Mitarbeiter der DF eine Checkliste ausgefüllt, mit der protokolliert wird, dass das Layout den geltenden Qualitätsstandards entspricht. Auf die gleiche Weise sollte auch in der ASi die Einhaltung der entsprechenden Vorschriften kontrolliert werden. Ist die Checkliste ausgefüllt und wurde diese durch den HLS-Koordinator geprüft, wird die Projektdatei in den Datenbestand aufgenommen.

Mit der Aufnahme in den Datenbestand ist der Einsatz der DF im Planungsablauf beendet.

6.2.2 Prozessentwicklung

Um die Prozesse der DF übersichtlich und effektiv zu gestalten ist es sinnvoll, sich bei der Entwicklung des Prozesses für die ASi an dem Gesamtprozess zu orientieren. Um eine wirkungsvolle Unterstützung der ASi zu ermöglichen ist es notwendig, dass der ASi-Prozess parallel zu dem Gesamtprozess abläuft. Die Unterstützung kann nur dann erfolgen, wenn die ermittelten Use Cases zeitgleich mit dem Layout abgebildet werden. Diese Vorgehensweise bietet einige Vorteile. Zum einen wird durch die Parallelisierung der Prozesse Zeit eingespart und somit dem SE entsprochen. Zum anderen wird der Arbeitsaufwand für die MA der DF gering gehalten. Um den Prozess für einen operativen Einsatz der DF umzusetzen, müssen zunächst alle erforderlichen Arbeitsschritte ermittelt werden. Die untenstehende Aufzählung zeigt die ermittelten Arbeitsschritte:

1. Gespräch mit dem zuständigen Planer
2. ASi-Anforderungen in das Layout modellieren
3. Betreuung des 3P-Workshops
4. Checkliste HLS ausfüllen
5. Dokumentation

Die obenstehenden Arbeitsschritte ergeben zusammen den Prozess einer operativ unterstützen ASi.

Um alle bestehenden Möglichkeiten für die Prozessausführung untersuchen zu können wurde ein Morphologischer Kasten entwickelt. Der Morphologische Kasten in Tabelle 3 zeigt alle möglichen Lösungsmöglichkeiten für die einzelnen Arbeitsschritte. Insgesamt wurden auf diese Weise 3 Lösungsvarianten für die Ausführung des Prozesses gefunden. Die denkbaren Lösungsvarianten sind in der Tabelle 3 gezeigt und werden im Anschluss erklärt und bewertet.

Tabelle 3: Morphologischer Kasten inkl. der Lösungsvarianten¹⁰⁹

Teilfunktionen	Lösungen	
	1	2
Gespräch mit zuständigen Planer	ASi-Koordinator führt Gespräche mit den Planern	MA der das Projekt betreut führt Gespräch mit dem Planer
ASi Anforderungen in das Layout einfügen	ASi-Koordinator modelliert alle für die ASi relevanten Elemente nachdem das Layout erstellt wurden ist.	MA der das Projekt betreut, modelliert auch ASi-Anforderungen
Betreuung des 3P-Workshops	ASi-Koordinator übernimmt die Betreuung des 3P-Workshops	MA betreut Projekt und 3P-Workshop
Checkliste HLS ausfüllen	ASi-Koordinator füllt Liste aus	MA, der das Layout erstellt, füllt Liste aus
Dokumentation	ASi-Koordinator prüft die ausgefüllten Checklisten und legt diese standardisiert ab	MA prüft Checkliste und legt diese standardisiert ab
Weitergabe der Daten an den HLS-Koordinator	ASi-Koordinator informiert HLS-Koordinator über die Fertigstellung der ASi-Umfänge	MA informiert HLS-Koordinator über die Fertigstellung der ASi-Umfänge

LV 3
LV 1
LV 2

Lösungsvariante 1

Die erste Lösungsvariante beinhaltet die Funktion eines ASi-Koordinators. In dieser Lösung, für die Prozessausgestaltung, wäre er für den gesamten Prozess zuständig. Angefangen bei dem Projektantrag bis hin zur Dokumentation müsste der ASi-Koordinator alle Aufgaben übernehmen. Diese Lösungsvariante ist aus zwei Gründen als nicht umsetzbar zu bezeichnen:

1. Der ASi-Koordinator müsste jedes Layout bearbeiten. Das bedeutet, dass er entweder jedes Projekt selbst bearbeitet oder er jedes Layout nachträglich ändern muss. Diese Vorgehensweise würde somit einen sehr hohen Zeitaufwand für die Bearbeitung eines Projektes herbeiführen.
2. Bei der Vielzahl der Projekte und Workshops, die zeitlich parallel laufen, ist es als unrealistisch anzusehen, dass ein Mitarbeiter diesen Arbeitsumfang allein bewältigen kann. Zusätzlich müsste für die Umsetzung dieser Variante der gesamte Arbeitsablauf der DF geändert werden.

¹⁰⁹ (Eigene Darstellung)

Lösungsvariante 2

Lösungsvariante 2 ist der Ersten sehr ähnlich. Hier übernimmt ein MA der DF alle in dem Prozess anfallenden Aufgaben. Ähnlich wie die erste Variante, ist auch diese Variante nicht für eine Umsetzung geeignet. Die Variante sieht vor, dass der MA seine Arbeit selbst kontrolliert und eigenständig an die weiterführenden Prozesse übergibt.

Um eine effektive Qualitätsprüfung am Ende des Prozesses zu garantieren, sollte diese von einem neutralen Mitarbeiter durchgeführt werden. Muss der Mitarbeiter seine Arbeit selbst kontrollieren, ist die Gefahr groß, dass die Kontrolle nicht stattfindet. Der MA geht davon aus, dass er alle Vorschriften eingehalten hat und meldet das Projekt nach seinem persönlichen subjektiven Empfinden als fertig.

Lösungsvariante 3

Bei der dritten Lösungsvariante handelt es sich um eine Kombination der beiden vorherigen Lösungen. Hier bearbeitet ein Mitarbeiter der DF, der das gesamte Projekt betreut, auch die ASi Umfänge. Er ist dafür zuständig, dass alle Umfänge in dem Layout abgebildet werden. Zur Qualitätskontrolle wird das Layout an den ASi-Koordinator übergeben. Der ASi-Koordinator ist dem Layout gegenüber neutral und kann daher eine wirkungsvollere Qualitätsprüfung vornehmen. Die dritte Lösungsvariante ist bei der Prozessgestaltung zu favorisieren.

Im folgenden Kapitel wird die Prozessgestaltung nach Lösungsvariante 3 beschrieben. Hierbei wird erwähnt, an welchen Punkten im Prozess Standards vorgesehen sind. Prozessstandards sind ein sehr wichtiges Instrument, um zum einen für den immer gleichen Ablauf des Prozesses zu sorgen und zum anderen um dabei zu helfen, die Prozesse für die Mitarbeiter transparent und leicht verständlich zu machen.¹¹⁰

¹¹⁰ Vgl. Keßler, (2006), S. 11-13

6.2.3 Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit

Der benötigte Prozess für eine digitale Unterstützung der ASi wurde nach der Lösungsvariante 3 entwickelt. Anhang Eb zeigt ein Flussdiagramm, das den entwickelten Prozess zeigt.

Der Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit lässt sich in drei Phasen einteilen. Anhand dieser drei Phasen und einem Beispiel wird in diesem Abschnitt der Prozessablauf beschrieben.

Zum besseren Verständnis ist in Anhang Ec das Flussdiagramm mit der Phaseneinteilung abgebildet. In Abbildung 23 sind die drei Phasen und die für die Phasen relevanten Schritte dargestellt.

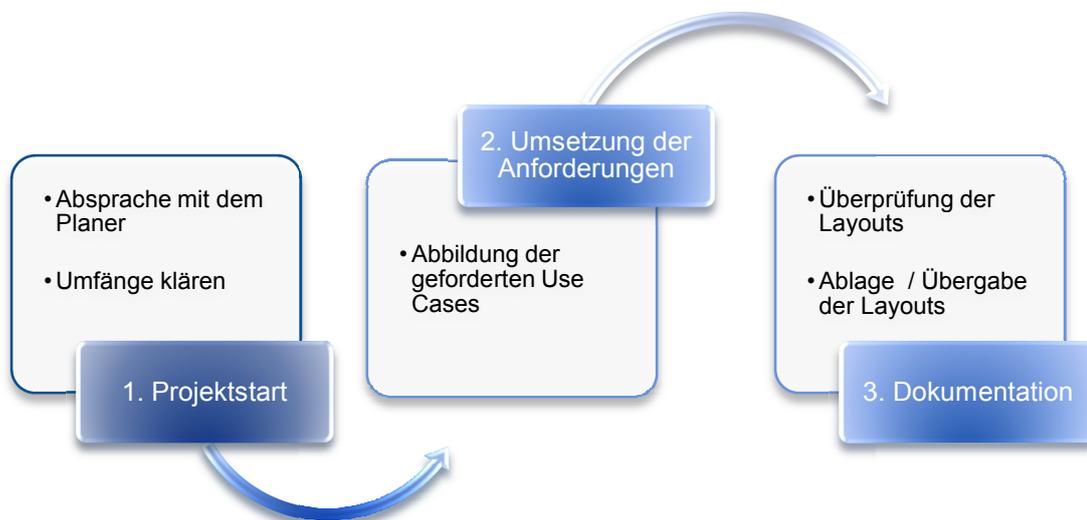


Abbildung 23: Einteilung des Prozesses in unterschiedliche Bereiche ¹¹¹

In der zweiten Phase teilt sich der Prozess in zwei Teilprozesse auf. Diese Teilprozesse wurden ebenfalls in einem Flussdiagramm dargestellt und sind in Anhang Ed bis Anhang Ee zu finden.

1. Projektstart

Der Planer wendet sich mit einem Projektantrag an die Digitale Fabrik. In diesem Projektantrag wird geklärt um welche Art von Projekt es sich handelt und welche Modellierungsumfänge durch die DF zu realisieren sind. Zu diesem Zeitpunkt füllt der Planer nur den Kopf des Antrages aus. Im Team der DF wird ein Mitarbeiter mit der Betreuung des Projektes beauftragt. Ist dies geschehen, findet ein erstes Abstimmungsgespräch zwischen Planer und Mitarbeiter der DF statt. In diesem Gespräch

¹¹¹ (Eigene Darstellung)

müssen die Umfänge, die bezüglich der ASi abgebildet werden sollen, aufgenommen werden. Mithilfe des Projektantrags für die ASi wird festgehalten welche der möglichen Umfänge für das jeweilige Projekt abgebildet werden müssen. Da Projekte aus der Montage ganz andere Anforderungen an die ASi stellen als Projekte der mechanischen Bearbeitung, ist es nicht zu empfehlen grundsätzlich alle Umfänge zu modellieren. Damit der MA der Digitalen Fabrik mit der Modellierung beginnen zu kann, muss der zuständige Planer den aktuellen Planungsstand zur Verfügung stellen. Desweiteren finden im Folgenden Prozessschritte statt, die zum einem dem allgemeinen HLS-Prozess und zum anderen dem PD-Prozess zugeordnet werden können.

2. Projektbetreuung

Der Prozess unterteilt sich in dieser Phase in zwei Teilprozesse, die zeitliche Überschneidungen aufweisen. Diese Teilprozesse werden nachfolgend kurz beschrieben:

Teilprozess 1 – Umfang ASi Infrastruktur modellieren

Die Modellierung beginnt für den Mitarbeiter damit, nach vorhandenen Hallen-Daten im Bestand zu suchen. Im Datenbestand der DF lassen sich alle bisher modellierten Hallen- und Logistikpläne finden. Sind die benötigten Daten verfügbar, müssen diese auf die ASi-Aspekte kontrolliert werden. Falls die benötigten Daten bereits vorhanden sind und sie den ASi-Anforderungen entsprechen, ist der Teilprozess bereits beendet. (Die eventuelle Kontrolle muss nur so lange erfolgen, bis die bereits in der Datenbank vorhandenen Pläne kontrolliert und bearbeitet worden. Für die Kontrolle stehen ASi-Modellierungsvorschriften als Bewertungsgrundlage zur Verfügung.)

Sind die gewünschten Hallenbereiche nicht im Datenbestand zu finden, muss der Mitarbeiter diese modellieren. Zu der Infrastruktur gehören die ASi-Use Cases Sichtverbindungen, Wege und Kennzeichnung mit den jeweiligen Unterpunkten. In Anhang Ed ist der Teilprozess 1 als Flussdiagramm grafisch dargestellt. In diesem Flussdiagramm wird verdeutlicht, welche Umfänge in diesem Teilprozess modelliert werden müssen. Mit Hilfe von Modellierungsvorschriften und einer Checkliste kann der MA überprüfen ob er alle Use Cases abgebildet hat. Hat der Mitarbeiter alle, für diesen Teilprozess, erforderlichen Umfänge abgebildet, kann er mit dem zweiten Teilprozess beginnen.

Teilprozess 2 - Umfang ASi Betriebsmittel (BeMi) modellieren

Dieser Teilprozess startet, ähnlich wie der Obere, mit einer Suche nach den benötigten Elementen in der Bibliothek (Bibo). Hat der Mitarbeiter diese Suche erfolgreich abgeschlossen, muss er die BeMi auf die ASi-Umfänge kontrollieren. (Die Qualitätsansprüche, die durch die Arbeitssicherheit an die BeMi gestellt werden, werden

erst durch den hier beschriebenen Prozess eingeführt. Daher ist die genannte Überprüfung solange durchzuführen, bis die bereits in die der Bibo vorhandenen Elemente dem neuen Qualitätsansprüchen genügen. Ist dies der Fall, kann die Überprüfung entfallen) Der Teilprozess 2 ist als Flussdiagramm in Anhang Ee dargestellt.

Welche Umfänge an den BeMi für die Arbeitssicherheit relevant sind, kann der Mitarbeiter in einem neu entwickelten ASi-Handbuch nach lesen. Sind alle für die ASi relevanten Elemente vorhanden kann dieser Prozess beendet werden.

Für den Fall, dass die BeMi nicht in der Bibo zu finden sind, müssen diese, durch den MA modelliert werden. Dabei muss dieser ebenfalls auf die ASi-Modellierungsvorschriften achten. Bei der Modellierung eines Elementes, dass den ASi-Anforderungen entspricht muss folgendes beachtet werden:

- Not-Aus-Schalter müssen modelliert werden,
- Das Schutzkonzept muss vollständig also inkl. aller Schutzkreise abgebildet werden,
- Alle Sicherheitsabstände sind einzuzeichnen und
- Alle Zu- und Abgänge müssen in dem Layout gekennzeichnet werden.

Neben den ASi-Modellierungsvorschriften muss der Mitarbeiter der DF sich auch an die allgemeingültigen Modellierungsvorschriften halten.

Zu den generellen HLS Modellierungsvorschriften gehört auch, dass alle Elemente in der dafür vorgesehenen Ebene platziert werden. Die Ebenen dienen dazu, dass bestimmte Elemente im Layout ein- und ausgeblendet werden können. Für die ASi wurden im HLS neue Ebenen geschaffen, denen die Schutzkreise und Kennzeichnungen zugeordnet werden sollen. Für die Darstellung der Schutzkreise war bisher keine Ebene vorgesehen. Um das Layout aber nicht unübersichtlich werden zu lassen, ist es sinnvoll, die Schutzkreise nach Bedarf ein- und ausblenden zu können. Die geschaffenen Ebenen sind in dem Handbuch für die Digitale ASi zu finden. Während der Modellierung muss auch hier, auf das ausfüllen einer Checkliste geachtet werden.

Nachdem die BeMi's modelliert sind, nimmt der MA Kontakt zu dem Bibo-Key User auf, um ihn darüber zu informieren, dass neue Elemente für die Bibo modelliert wurden. Der Bibo-Key User muss anschließend kontrollieren, ob die modellierten Elemente den Anforderungen der Bibo genügen. Ist dies der Fall werden die Elemente in die Bibo eingepflegt. Entsprechen die Elemente nicht den Anforderungen (hier sind sowohl die ASi-Anforderungen als auch die HLS-Anforderungen gemeint) muss der MA die Elemente solange nach modellieren, bis sie die geforderte Qualität erfüllen. Diese Teilschritte entsprechen dem HLS-Prozess.

Sind alle BeMi und Hallenbestandteile des Layouts abgebildet, kann das jeweilige Layout fertig gemeldet werden. Der MA muss nun die ausgefüllten Checklisten, mit einem Link auf seine Projektdatei an den ASi-Key User senden. Ab diesem Punkt beginnt die dritte Phase des Prozesses für einen operativen Einsatz der DF in der Arbeitssicherheit.

3. Projektabschluss

Der ASi-Key User muss nun die ausgefüllte Checkliste prüfen und kontrollieren ob das Layout tatsächlich den Qualitätsstandards der DF für die ASi entspricht. Ist dies der Fall, meldet der ASi-Key User dem HLS-Key User, dass das jeweilige Layout alle für die ASi relevanten Umfänge enthält. Ist dies nicht der Fall muss die Datei durch den jeweiligen Mitarbeiter nachgearbeitet werden. Zur gleichen Zeit erfolgt durch den ASi-Key User eine Meldung an die Fachabteilung der Arbeitssicherheit. In dieser Meldung wird die ASi darüber informiert, dass das entsprechende Projekt nach den ASi-Vorschriften im HLS modelliert wurde und nun zur Verfügung steht. Der ASi-Koordinator ist auch dafür zuständig, dass alle Checklisten standardisiert in einem Ordner abgelegt werden. Die Checklisten dienen nicht nur der Qualitätskontrolle sondern auch der Dokumentation. Mithilfe der Listen kann die DF ihre Arbeitsergebnisse nachweisen. Parallel zu der Qualitätskontrolle in der ASi findet eine solche Kontrolle auch für die generelle Modellierung statt. Diese Qualitätskontrolle wird durch den HLS-Koordinator durchgeführt. Wurden beide Kontrollen positiv abgeschlossen, kann das Layout durch den HLS-Key User in den Datenbestand der DF übernommen werden. Bis die modellierten Layouts in den Bestand aufgenommen werden, laufen weitere Prozessschritte in den Prozessen des HLS, des PDs und der Bibliothek ab. In diesen Prozessschritten wird eine weitere Unterstützung des Planungsablaufes gewährleistet und sichergestellt, dass die Elemente auch den Qualitätsansprüchen der Bibliothek genügen.

Der Prozess einer Digitalen Arbeitssicherheit ist an diesem Punkt beendet.

6.2.4 Prozessstandards

Innerhalb des Prozesses sind einige Standardformulare vorgesehen, die einen einheitlichen Prozessablauf gewährleisten sollen.¹¹² Die entwickelten Standardformulare sollen auch dazu dienen, einen Qualitätsstandard innerhalb des entwickelten Prozesses einzuführen. Im zuvor beschriebenen Prozess kann die ASi als Kunde der DF angesehen werden. Die Mitarbeiter der DF müssen, durch die Einhaltung einer gewissen Qualität, darauf achten, dass ihr Kunde (ASi) zufrieden ist.¹¹³ Anders formuliert bedeutet das, dass

¹¹² Vgl. Reeder, (2008)

¹¹³ Vgl. Wiendahl, (2005), S. 188

die Standardformulare sicher stellen sollen das alle Anforderungen an eine digitale ASi erfüllt werden.

Zusätzlich wurden Dokumente entwickelt, die die Einarbeitung neuer Mitarbeiter in die beschriebene Thematik erleichtern sollen. In diesem Abschnitt werden diese Dokumente kurz vorgestellt. Die Dokumente werden in der Reihenfolge beschrieben, in der sie ein neuer Mitarbeiter der DF durcharbeitet.

Don't Panic

Das Don't Panic kann als Benutzerhandbuch für das HLS angesehen werden. Das Don't Panic durchzulesen und die erwähnten Funktionen im HLS auszuprobieren, sind die ersten Aufgaben für einen neuen Mitarbeiter in der Digitalen Fabrik. Die definierten Prozessstandards sind hier erwähnt. Als Ergänzung zu dem bestehenden Don't Panic wurden einige Folien, die den Ablauf des ASi-Prozesses beschreiben entwickelt. Dadurch wird sichergestellt, dass jeder neue MA schon zu Beginn einen groben Einblick in den Prozess zum operativen Einsatz der DF erhält. Die im Prozess definierten Standard-Emails sind in dem Don't Panic beschrieben. Das Don't Panic enthält zusätzlich Informationen darüber, wo die Standardformulare gefunden werden können und wie diese abgelegt werden.

Im Anhang Ef sind die, bezüglich der ASi, neuentwickelten Folien für das Don't Panic abgebildet.

Handbuch Digitale Arbeitssicherheit

Um den Mitarbeitern der DF einen Einblick in den ASi-Prozess zu geben, wurde ein Handbuch entwickelt. Dieses Handbuch dient dazu, die Mitarbeiter mit allen wichtigen Informationen über den operativen Einsatz in der ASi zu versorgen.

Das Handbuch ist folgendermaßen aufgebaut:

Übersicht über die Leistungsumfänge

Hier sind die Umfänge beschrieben, die von der DF bezüglich der ASi erfüllt werden müssen. Es sind sowohl die HLS als auch die PS Umfänge aufgezählt.

Prozessbeschreibung

Die Prozessbeschreibung soll dazu dienen, den Mitarbeitern einen kurzen Überblick über den Prozessablauf zu geben. In der Beschreibung sind alle wichtigen Punkte des Prozesses erklärt.

Übersicht Prozessstandards

Der Entwickelte Prozess enthält einige Standardformulare, die der Mitarbeiter ausfüllen und ablegen muss. Die Übersicht zeigt wo die Vorlagen für die Formulare zu finden sind und wo diese Abgelegt werden müssen.

Modellierungsvorschriften

In diesem Formular sind die Vorschriften, nach denen Hallen, Betriebsmittel und Layouts modelliert werden sollen aufgelistet. Diese Modellierungsvorschriften sind als Ergänzung zu den bereits bestehenden Vorschriften im HLS zu verstehen. Zum Teil sind in den Modellierungsvorschriften für die digitale ASi Vorschriften enthalten, die generell schon für das HLS gelten. Um hervorzuheben, dass diese Dinge besonders für die ASi von Bedeutung sind, werden sie im ASi-Handbuch noch einmal erwähnt.

Funktionsübersicht

Hier sind die HLS Funktionen erwähnt, mit denen die ASi-Umfänge in den Layouts abgebildet werden können. Durch diese Übersicht ist auf einen Blick erkennbar, welche Funktionen notwendig sind, um Leistungen bezüglich der ASi erfüllen zu können.

Ebenenzuweisung

Um das Layout übersichtlich zu gestalten, ist es notwendig, die einzelnen Elemente im HLS in verschiedene Ebenen zu ordnen. Mithilfe dieser Ebenen können einzelne Elemente in das Layout ein- und ausgeblendet werden. Für die ASi-Umfänge wurden im HLS drei neue Ebenen geschaffen. Diesen Ebenen sollen die Schutzkreise, Not-Aus-Kreise und Sicherheitsabstände zugewiesen werden. Für die verbleibenden ASi-Umfänge können die bereits bestehenden Ebenen verwendet werden. Welche Elemente welcher Ebene zugewiesen und mit welcher Farbe versehen werden sollen, ist in der Ebenenzuweisung beschrieben.

Projektantrag

Der Projektantrag dient, am Anfang des Projektes dazu, die Umfänge, die für das jeweilige Projekt abgebildet werden sollen, zu klären. Da nicht jedes Projekt die gleichen Anforderungen bezüglich der ASi hat, ist ein solcher Antrag sinnvoll. Hiermit wird verhindert, dass Umfänge abgebildet werden, ohne dass sie einen Nutzen für das jeweilige Projekt haben.

Checklisten

Die Checklisten sind aus zwei Gründen Bestandteil des Handbuchs:

1. Sie sind ein wichtiger Bestandteil des Prozesses und sollten daher bei einer Prozessübersicht nicht fehlen.
2. Können sich die neuen Mitarbeiter auf diese Weise mit den Checklisten vertraut machen, bevor sie die Listen gegen Projektende erstmals ausfüllen müssen.

Übersicht Vorschriften

In dieser Übersicht ist aufgelistet, welche Vorschriften hinter den Use Cases stehen. In diesen Vorschriften sind die Ausführungsbedingungen für die einzelnen Use Cases aufgeführt. Diese Übersicht soll den Mitarbeitern einen schnellen Überblick über die benötigten Ausführungsbedingungen geben.

Dieses Handbuch muss zusammen mit dem Don't Panic an jeden Mitarbeiter ausgegeben werden. Somit wird ein gleicher Wissensstand zur digitalen ASi bei allen Mitarbeitern der DF garantiert. Das vollständige Handbuch ist in Anhang Eg zu finden.

Dokumentation

Die Checklisten dienen zur Qualitätskontrolle. Mit dem Ausfüllen der Checkliste bescheinigt der jeweilige Mitarbeiter, dass er alle notwendigen Umfänge abgebildet hat. Ist ein Umfang nicht abgebildet, muss der Mitarbeiter hierfür eine Erklärung liefern. Die Checklisten werden anschließend kontrolliert und dann standardisiert abgelegt. Der Ablageprozess ist wichtig, damit die DF nachweisen kann, dass sie ihre Aufgaben bezüglich der ASi erfüllt hat. Auf dem Laufwerk der DF existiert ein Ordner in dem die Standardvorlagen der Checklisten zu finden. Die Vorlagen sind so benannt, dass eine einheitliche Benennung der ausgefüllten Listen ermöglicht wird. Desweiteren ist in diesem Ordner auch die Ablage der ausgefüllten und kontrollierten Checklisten vorgesehen. Die Checklisten sind als Teil des Handbuchs in Anhang Eg abgebildet.

Eine standardisierte Ablage aller Checklisten ist auch in Bezug auf eine mögliche Auditierung des Prozesses von großer Bedeutung. Durch die Abgelegten Checklisten kann der Qualitätsstandard der DF nachgewiesen werden. Ziel der Dokumentation soll dabei sein, alle Aktivitäten der DF in Bezug auf die ASi chronologisch nachvollziehbar zu machen. Zu dem kann, durch die Dokumentation erreicht werden, dass eine Abweichung der festgelegten Vorschriften und Ziele begründet und festgehalten werden kann.¹¹⁴

¹¹⁴ Vgl. Kuster et. al., (2006), S. 171 ff

6.3 Personalbedarf

Für den operativen Einsatz der DF in der ASi muss der entstehende Personalbedarf gedeckt werden. Unter dem Personalbedarf wird dabei die Anzahl der Mitarbeiter, die erforderlich ist, um einen Aufgabenkomplex in einem definierten Zeitraum zu bearbeiten, verstanden.¹¹⁵ Für die Bestimmung des Personalbedarfes wird die durchschnittliche Bearbeitungsdauer eines Projektes zu Grunde gelegt. Die Berechnung der benötigten Arbeitskräfte wird auf die Faktoren Zeit und Menge bezogen. Diese Faktoren sind erforderlich um den Zeitwert je Vorgang zu bestimmen. Die zu bearbeitenden Projekte stellen in diesem Fall einen Vorgang dar.¹¹⁶

Für die beiden Programme HLS und PS wird der Personalbedarf jeweils einzeln ermittelt. Für Process Simulate wurde kein eigenständiger Prozess entwickelt. In der Machbarkeitsanalyse wurden jedoch eine Reihe Anwendungsfälle für PS entwickelt. Um diese Aufgaben zu erfüllen, muss Personal bereitgestellt werden. Aus diesem Grund wird auch für Process Simulate eine Personalbedarfsermittlung durchgeführt.

HLS

Die Modellierungsumfänge, die im HLS für die ASi abgebildet werden sollen, werden durch diejenigen Mitarbeiter realisiert, die mit der jeweiligen Projektbetreuung beauftragt sind. Für die Erstellung aller für das Layout relevanten Sachverhalte kann von einer zusätzlichen Modellierungszeit von maximal 3 Stunden ausgegangen werden. Bei einer durchschnittlichen Projektanzahl von 50 Projekten, die im HLS jährlich bearbeitet werden, ergibt dies 150 Personenstunden (Ph).

Der durch den entwickelten Prozess entstehende Mehraufwand ist dementsprechend wesentlich geringer als der erzielbare Nutzen. Nachdem Prozess sollen die zusätzlichen Umfänge durch einen Mitarbeiter der Digitalen Fabrik abgeleistet werden. Für die Abbildung der definierten Use Cases ist kein weiterer Mitarbeiter im HLS-Team der Digitalen Fabrik vorzusehen. Die entstehenden Mehraufwände können durch die vorgesehenen Mitarbeiterstellen bewältigt werden.

Process Simulate

Für die Arbeitssicherheits-Umfänge, die mit Process Simulate abgebildet werden sollen, gestaltet sich die Personalbedarfsermittlung schwieriger. Um zu untersuchen, welcher Arbeitsaufwand mit den Use Cases im PS verbunden ist, müssen zunächst einige Annahmen getroffen werden. Diese Annahmen sind erforderlich, da bis zum jetzigen

¹¹⁵ Vgl. Wittlage, (1995), S.23

¹¹⁶ Vgl. AWV-Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung e.V. (1989), 5ff

Zeitpunkt keine ausreichenden Erfahrungswerte für die Arbeit mit PS vorliegen. Die Herausforderung bei der Bestimmung des Arbeitsaufwandes für ein Projekt liegt in der hohen Variabilität der Projekte. Der Aufwand, der für eine Simulation aufgebracht werden muss, hängt dabei von sehr vielen unterschiedlichen Variablen ab. Für eine Simulation ist z.B. entscheidend, um welche Art von Projekt es sich handelt. Weiter spielen der jeweilige Umfang des Projektes, die Zusammensetzung der Arbeitsfolgen, die vorherige Aufbereitung des Projektes und der vorhandene Datenbestand eine entscheidende Rolle. Zu den Faktoren, die zum jetzigen Zeitpunkt beurteilt werden können, wurden Schätzwerte ermittelt. Die Schätzwerte beruhen auf den Zeitwerten, die in einem Probeprojekt durch die Mitarbeiter der DF ermittelt wurden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer weiteren Untersuchung der Möglichkeiten von Process Simulate zusätzliche Faktoren ermittelt werden, von denen der Simulationsaufwand abhängig ist.

Für die Berechnung des jeweiligen Zeitbedarfes für die Abbildung der ASi Umfänge in PS wurden folgende Annahmen getroffen:

- Projektanzahl pro Jahr 25
- Dauer der Simulationen im Probeprojekt 380 Sekunden
- Bearbeitungsdauer für das Probeprojekt 8 Arbeitstage
- Simulationsdauer pro Projekt 300 Sekunden
- Aufschlag für die Datenbeschaffung 50 Prozent
- Jahresarbeitszeit 46 Wochen
- Wochenarbeitszeit 7 Tage
- Tagesarbeitszeit 7 Stunden
- Urlaubstag pro Jahr 30 Tage

Die Annahmen führen zu den in Anhang Eh gezeigten Berechnungen. Die Berechnungen sind hier mit Erläuterungen dokumentiert. Aus den Rechnungen ergibt sich, dass ein ungeübter Mitarbeiter innerhalb eines Jahres knapp 24 Projekte bearbeiten kann.

Da davon auszugehen ist, dass die Fähigkeiten des Mitarbeiters in PS im Laufe der Zeit erfahrungsbedingt zunehmen, wird die Bearbeitungszeit für ein Projekt mit hoher Wahrscheinlichkeit abnehmen. Nach einer im VDI Fortschritt-Bericht veröffentlichten Dissertation kann ein Wert von 1:360 erreicht werden. Das bedeutet, dass in 360 Zeiteinheiten Arbeit eine Zeiteinheit Simulation erzeugt werden kann. Anders ausgedrückt heißt das, dass für die Erstellung einer Sekunde Simulation 6 Minuten Arbeitszeit aufgebracht werden müssen.¹¹⁷ Nach Aussagen der Mitarbeiter der DF ist dieser Wert als realistisch anzunehmen. Aufgrund dieser Annahmen wurde eine erneute Berechnung durchgeführt, die zeigen soll, wie viele Projekte durch einen Process Simulate Key User

¹¹⁷ Vgl. Borspflug, (20017), S. 49

innerhalb eines Jahres abgewickelt werden könnten. Diese Rechnung ist ebenfalls in Anhang Eh aufgeführt.

Wird einem Mitarbeiter ausreichend Einarbeitungszeit gewährt, so könnten innerhalb eines Jahres ungefähr 43 Projekte mithilfe von PS überprüft werden.

Die bedeutet, dass durch den Einsatz eines Mitarbeiters der gesamte Prozess zur operativen Unterstützung der ASi durch die DF realisiert werden kann. Zusätzlich ist zu beachten, dass dies auch zur Folge hat, dass all diejenigen Use Cases, die zurzeit nicht abgebildet werden können, umsetzbar werden. Somit wären alle Use Cases, aus dem in Anhang Df dargestellten roten Kasten in die erste Kategorie des Portfolios überführt.

6.4 Kostenanalyse

Die im oberen Kapitel ermittelten Bedingungen für eine digitale Unterstützung der ASi sind mit Anschaffungen und dadurch entstehenden Kosten verbunden. In diesem Kapitel werden die Kosten ermittelt und dargestellt. Neben den Kosten wird versucht, den erzielbaren Nutzen zu quantifizieren.

In der BUBS, sind aufgrund des aktuellen Einsatzes der Digitalen Fabrik andere Bedingungen für eine digitale Unterstützung gegeben als an anderen Standorten. Aus diesem Grund wird eine Kostenanalyse für die BUBS einzeln dargestellt. In allen gezeigten Darstellungen sind die Kosten bzw. der Nutzen in T€ angegeben.

Kostenanalyse für einen beliebigen Standort

In der untenstehenden Grafik sind die Kostenpositionen für die einzelnen Bedingungen des operativen Einsatzes der DF in der ASi dargestellt.

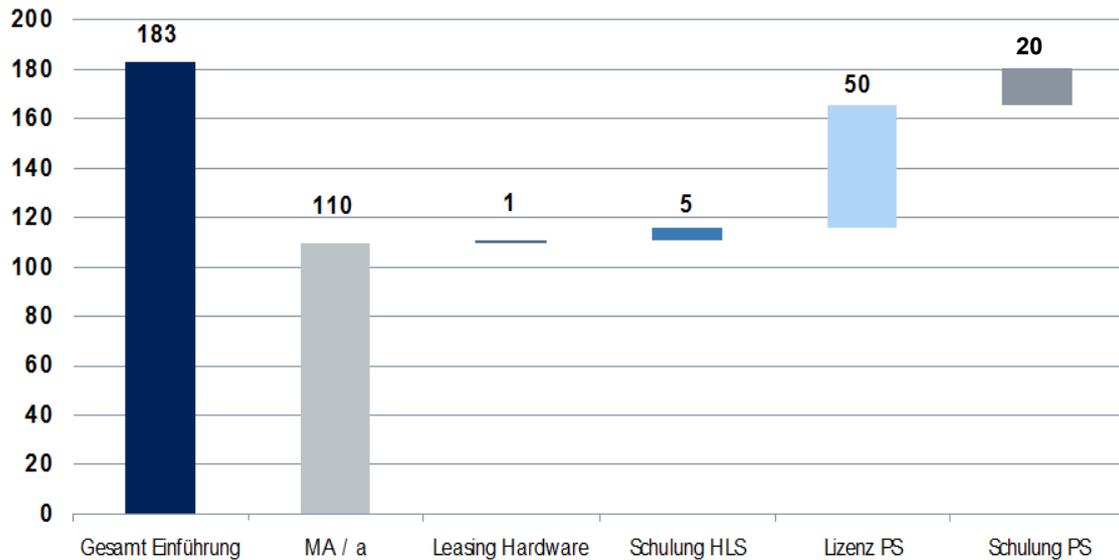


Abbildung 24: Budgetbedarf für die Einführung eines operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit (Angaben in T€)¹¹⁸

Die einzelnen Budgetpositionen setzten sich wie folgt zusammen:

Mitarbeiter

Für einen Mitarbeiter werden pro Jahr 110 T€ berechnet.

Hardware

Hardware wird bei Volkswagen zu einem großen Teil durch Leasing-Verträge beschafft. Für eine Workstation fallen pro Monat 50€ an Leasing-Gebühren an. Auf ein Jahr hochgerechnet, ergibt dies bei einer statischen Berechnung eine Budgetposition von 600€. Bei der Berechnung werden Kosten in Höhe von 1000 € angenommen. In dem Aufschlag sind Kosten für eventuelle Austauschkosten für Tastaturen, Monitore oder ähnlichem enthalten.

Schulung HLS

Für die Schulung eines Mitarbeiters durch die Volkswagen Coaching GmbH werden 5 T€ berechnet. In den veranschlagten Kosten sind Schulungen für Zusatzmodule des HLS berücksichtigt. Für die Standorte, an denen das HLS nicht eingesetzt wird, ist eine Schulung der Mitarbeiter zu empfehlen.

Lizenz Process Simulate

Aus Unterlagen der Siemens PLM Software GmbH ergeben sich für die Lizenz für Process Simulate Kosten in Höhe von 50 T€.¹¹⁹

¹¹⁸ (Eigene Darstellung)

¹¹⁹ Die genaue Zusammensetzung dieser Kosten kann, aus Gründen der Geheimhaltung, nicht beschrieben werden.

Schulung Process Simulate

Durch die Siemens PLM Software GmbH wird bei einer Einführung von PS eine 16tägige Schulung empfohlen. Für diese Schulung fallen einmalige Kosten in Höhe von 20 T€ an.

Durch einen Budget-Einsatz von insgesamt 183 T€ lassen sich alle Hard- und Softwarebedingungen für einen operativen Einsatz der DF in der ASi realisieren. Die, durch eine digitale Unterstützung der ASi, erzielbaren Einsparungen werden weiter unten im Text näher beschrieben.

Kostenanalyse für die BUBUS

In der BUBS ist die DF im Planungsprozess bereits zum Teil eingeführt. Aus diesem Grund können einige der oben genannten Kostenpositionen bei der Einführung des Prozesses zur operativen Unterstützung der ASi durch die Digitale Fabrik vernachlässigt werden. In der BUBS sind die Mitarbeiter im HLS geschult. Auch die benötigte Hardware und die Lizenz für Process Simulate sind in der BUBS vorhanden und müssten nicht beschafft werden. Für die BUBS verringern sich die Einführungsbedingungen auf die Schaffung einer Stelle innerhalb der DF und die Durchführung der Schulung für Process Simulate.

Abbildung 25 zeigt wie sich diese Bedingungen auf das zur Einführung des Prozesses benötigte Budget auswirken.

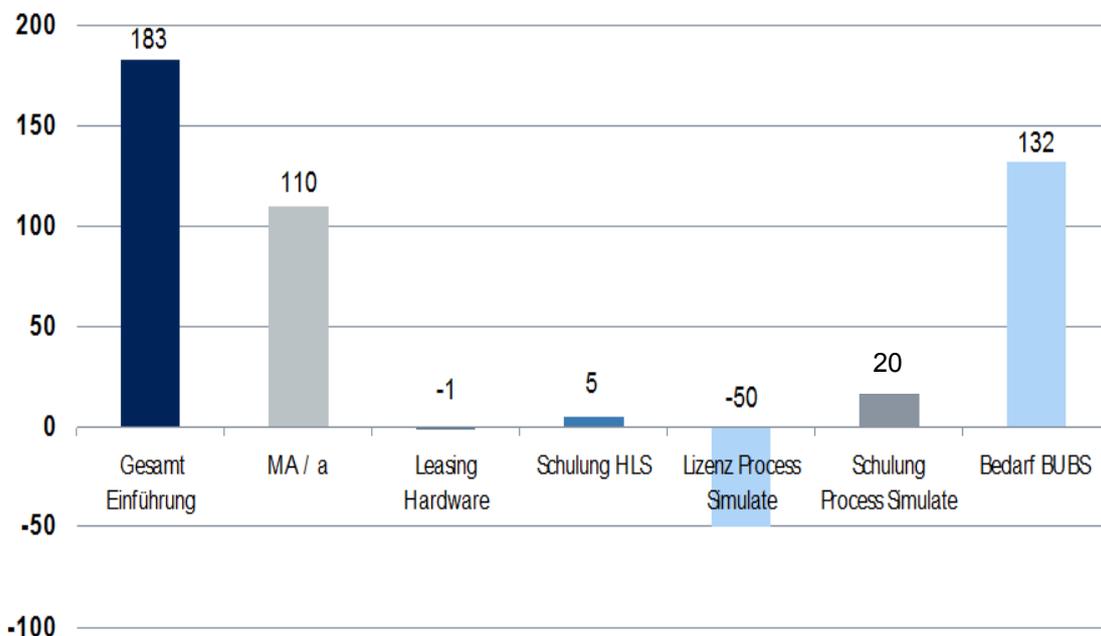


Abbildung 25: Budgetbedarf für die BUBS (Angaben in T€)¹²⁰

¹²⁰ (Eigene Darstellung)

Für die BUBS ergibt sich ein Budgetbedarf von 132 T€, mit dem die digitale Unterstützung der ASi eingeführt werden kann.

Kosten-Nutzen Analyse für den Prozess¹²¹

Um eine Kosten-Nutzen-Analyse durchführen zu können, muss zunächst der zu erzielende Nutzen ermittelt werden. Durch Gespräche mit den Planern der BUBS und den Fachkräften der ASi wurde untersucht welche, Faktoren diesen Nutzen beeinflussen. Der ermittelte Nutzen setzt sich aus Kosteneinsparungen zusammen, die durch die Umsetzung der Use Cases erzielt werden können. Es handelt sich hierbei um Annahmen und Schätzwerte. Bei der Ermittlung der Schätzwerte wurde sich an den Business Cases der Digitalen Fabrik orientiert und so Werte für die Unterstützung der ASi abgeleitet.

Durch den Einsatz der Digitalen Fabrik und den damit verbundenen 3D-Layouts können schon früh im Planungsprozess notwendige Konstruktionsbedingungen ermittelt werden, die dazu beitragen die Planungsqualität zu erhöhen. Durch die frühe Ermittlung von Konstruktionsbedingungen, die für einen reibungslos ablaufenden Prozessablauf sorgen, können Investitionen eingespart werden. Werden diese Konstruktionsbedingungen nicht aufgezeigt kann es nach Aufstellung der Anlage zu möglichen Umbaumaßnahmen kommen. Gerade diese nachträglichen Umbaumaßnahmen verursachen hohe Kosten. Eine solche Umbaumaßnahme bedeutet, dass die Inbetriebnahme der Anlagen verzögert wird. Es entstehen nicht nur Kosten, die zur Realisierung der Umbaumaßnahmen anfallen sondern auch Kosten, die aus dem verursachten Produktionsverzug resultieren. Nach Aussagen der Planer am Standort Braunschweig können auf diese Weise bis zu 10 % der Investitionen eingespart werden. Die BUBS setzt im laufenden Jahr für insgesamt 304 Planungsprojekte eine Investitionssumme von 80 Mio € ein. In Abbildung 26 ist die durch den Einsatz der Digitalen Fabrik mögliche Investitionseinsparung grafisch dargestellt. Die Nutzung der 3D-Layouts könnte somit dazu beitragen die benötigte Investitionssumme um rund 8 Mio € zu senken. Diese Einsparungen beziehen sich auf den allgemeinen Einsatz der Digitalen Fabrik.

Einsparungen, die sich aus einer digitalen Unterstützung ASi ergeben, können als Teil der oben genannten Summe betrachtet werden.

¹²¹ Die gezeigte Kosten-Nutzen-Analyse bezieht sich vollständig auf die BUBS.

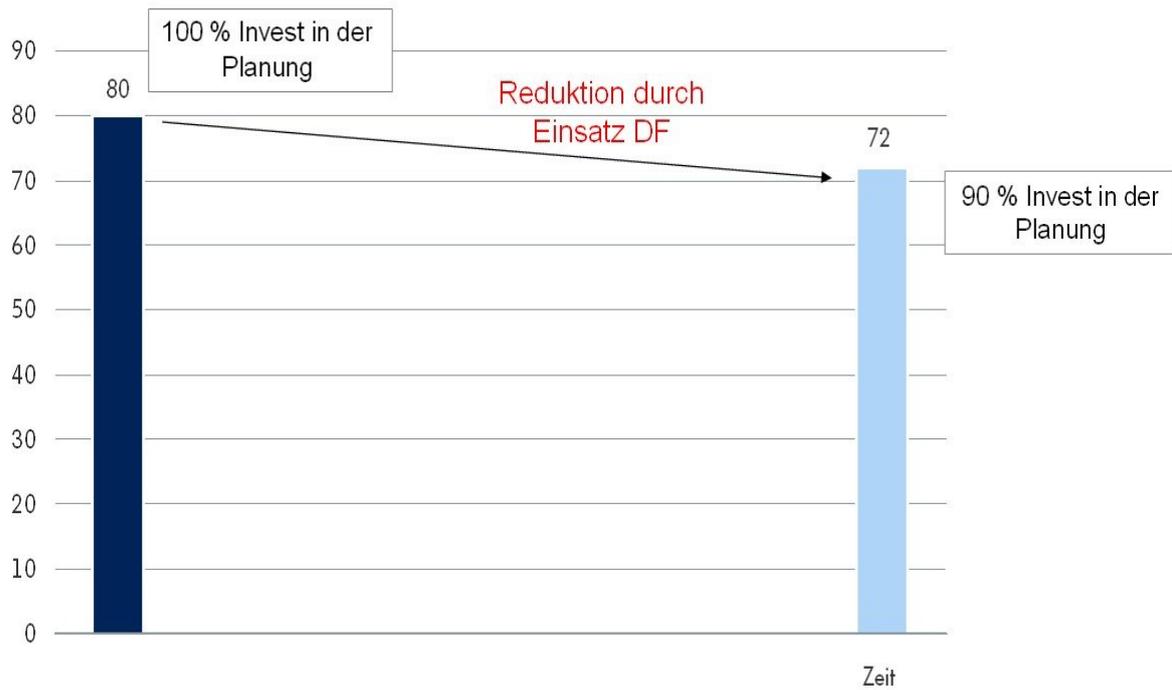


Abbildung 26: Mögliche Investitionseinsparungen (Angaben in Mio€)¹²²

Ein weiterer Punkt, an dem durch einen Einsatz der Digitalen Fabrik Einsparungen erzielt werden können, ist die Reduktion von Termenschleifen. Diese Reduktion führt zu einer Zeitersparnis im Planungsablauf. Die einzelnen Fachabteilungen können, schon früh im Planungsprozess, das Layout untereinander abstimmen. Nach Schätzungen der Digitalen Fabrik könnten die Termenschleifen um circa 30 % reduziert werden. Zurzeit werden bei 25 Projekten ungefähr 350 Personenstunden für Meetings aufgewendet (Innerhalb eines Projektes werden im Schnitt mit 2 MA 7 Meetings für jeweils 1 Stunde durchgeführt).

Bei einer Reduktion um 30 % könnte die Anzahl der Meetings auf knapp 100 Verringert werden. Diese Terminreduktion ist in Abbildung 27 grafisch verdeutlicht.

Für einen Einsatz der DF in der Arbeitssicherheit würde das bedeuten, dass der zuständige Planer die ASi sehr früh über bestimmte Problemfelder in seinem Layout benachrichtigen kann. Gemeinsam, kann dann auf Grundlage von 3D-Layouts eine Lösung gefunden werden, die den Anforderungen beider Parteien genügt. Eine Zeitersparnis kann auch bei der Kommunikation mit den externen Partnerfirmen erzielt werden. Hierbei sei die Kontrolle der Schutzkonzepte erwähnt. Durch einen Einsatz der DF können die Anforderungen an die Konzepte detaillierter angegeben werden. Somit wird auch hier der Prozessablauf optimiert.

¹²² (Eigene Darstellung)

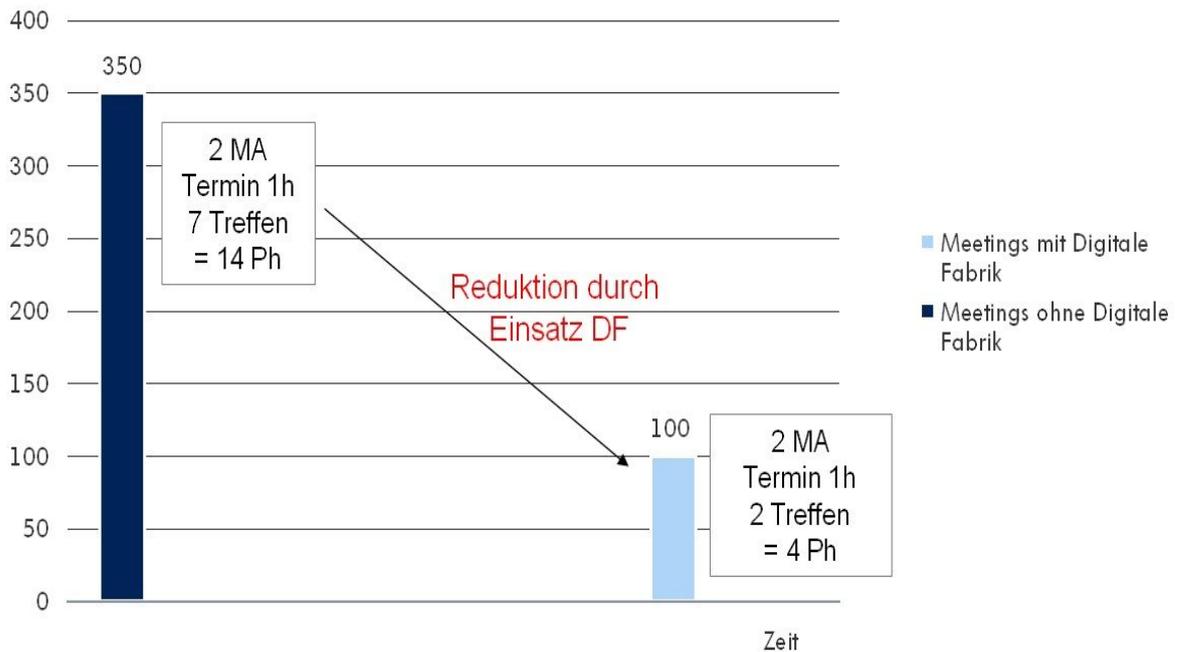


Abbildung 27: Einsparungspotenzial durch Reduktion von Terminalschleifen (Angaben in Personenstunden) ¹²³

Die Abbildung 26 und 27 zeigen Einsparungspotenziale für einen generellen Einsatz der DF in der Planung. Aus diesen Werten lassen sich nun Einsparungspotenziale für einen operativen Einsatz der DF in der ASi ableiten. Dieser Einsatz beruht auf der Anwendung von zwei Software-Tools, mit denen jeweils andere Use Cases umgesetzt werden sollen.

Für diese Tools, müssen die möglichen Einsparungen getrennt aufgelistet werden. Die Use Cases, die durch das jeweilige Tool abgebildet werden sollen weisen große Unterschiede auf. Aus diesem Grund wird im Folgenden eine Nutzen-Analyse für das HLS und eine für PS betrachtet.

Aufgrund der oben beschriebenen Business Cases der Digitalen Fabrik wird angenommen, dass sich durch den Einsatz des HLs in einer digitalen ASi jährlich ca. 250 T€ eingespart werden können. Wie bereits in Kapitel 6.1 erläutert, kann durch einen Einsatz von PS das Potenzial einer digitalen ASi weiter gesteigert werden. Im Weiteren wird angenommen, dass durch die Anwendung von PS in der ASi jährlich 300 T€ eingespart werden können.

Dieser Nutzen wird den Kosten gegenüber gestellt, um zu analysieren, ob durch den Einsatz der DF in der ASi ein Gewinn erwirtschaftet werden kann. Diese Analyse bezieht sich auf die BUBS und wird zunächst für die beiden eingesetzten Software-Tools getrennt betrachtet. Es wird ein Zeitraum von 3 Jahren betrachtet.

¹²³ (Eigene Darstellung)

HLS

Die Kosten-Nutzen-Analyse für den Einsatz des HLS in der digitalen ASi wird in Abbildung 28 gezeigt.

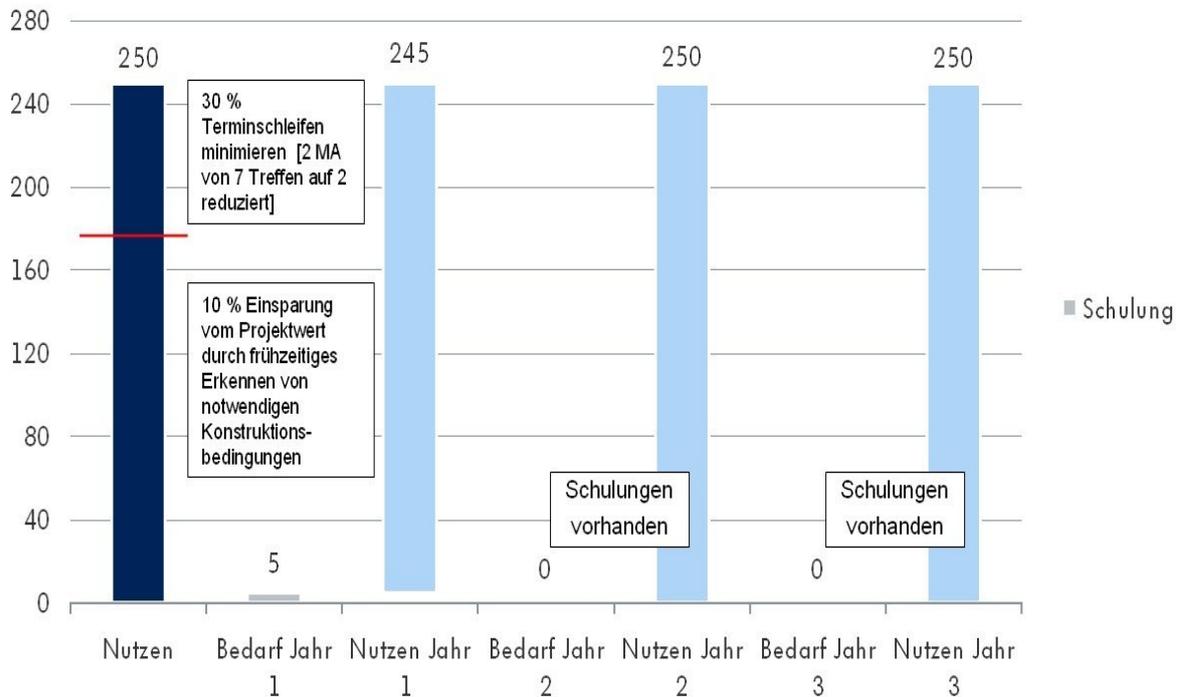


Abbildung 28: Kosten/Nutzen-Analyse für den Einsatz von HLS (Angaben in T€)¹²⁴

In der oben stehenden Grafik wird deutlich, dass für die Prozesseinführung, für die BUBS, nur im ersten Jahr Kosten zu berechnen sind. Im ersten Jahr fallen, für die benötigte Mitarbeiter Schulung 5 T€ Budget an. Diese Kosten beziehen sich auf den Einsatz des HLS in einer digitalen ASi.

Die Abbildung 28 zeigt, dass bereits im ersten Jahr nach Einführung des Prozesses die Einsparungen die Ausgaben überschreiten. Ausgaben in Höhe von 5 T€ stehen Einsparungen in Höhe von 245 T€ gegenüber. In den weiteren Jahren erhöhen sich die Einsparungen, da die Kosten für die Schulung im HLS entfallen.

Dies bedeutet, dass schon innerhalb des ersten Jahres die Amortisation des Prozesses, mit einem Einsatz des HLS, realisiert wird.

¹²⁴ (Eigene Darstellung)

Process Simulate

Für Process Simulate ergibt sich die Kosten-Nutzen-Analyse nach Abbildung 29.

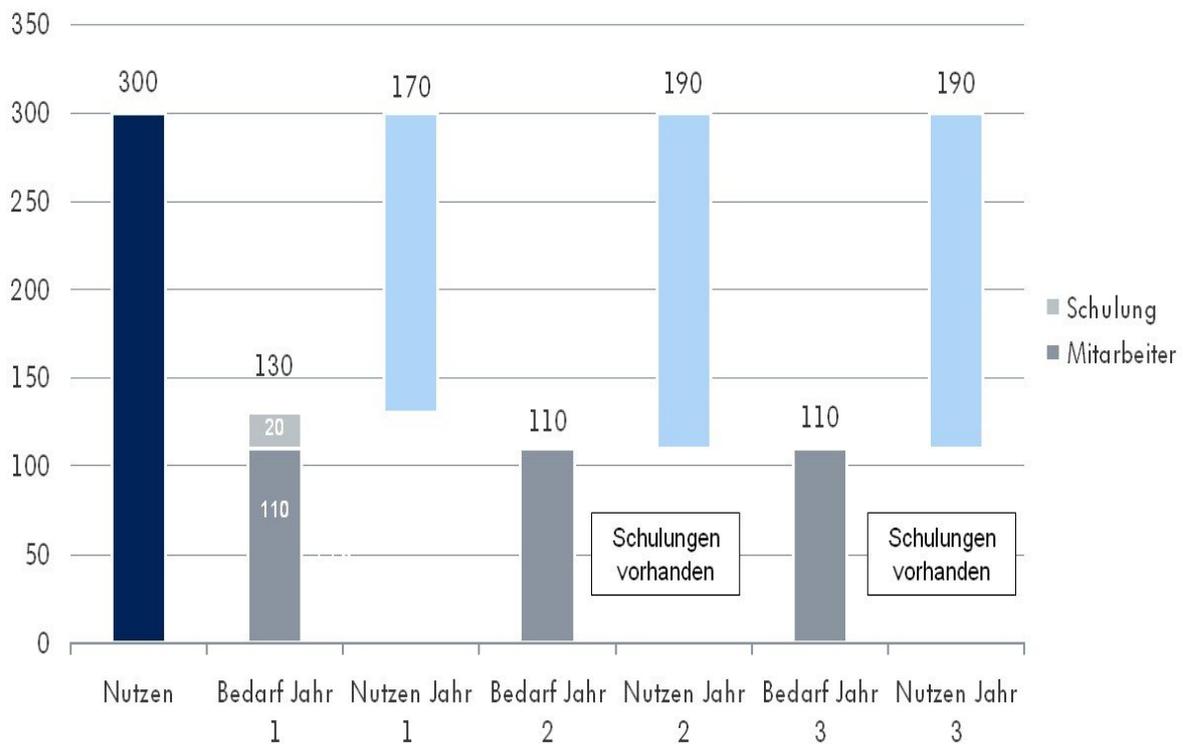


Abbildung 29: Kosten/Nutzen-Analyse für den Einsatz von Process Simulate (Angaben in T€)¹²⁵

Ein Ergebnis der Personalbedarfsermittlung ist, dass sich der Einsatz von Process Simulate in einer digitalen ASi nur durch die Schaffung einer festen Planstelle realisieren lässt.

Um den erzielbaren Nutzen des Einsatzes von Process Simulate in der digitalen ASi bestimmen zu können, hat man sich an den zuvor erwähnten Schätzungen orientiert. Durch die Use Cases, die mit PS abgebildet werden, lassen sich Themengebiete unterstützen, die bei auftretenden Fehlern weitreichende Konsequenzen haben können. Aus diesem Grund wird der erzielbare Nutzen durch PS mit 300 T€ jährlich, etwas höher angenommen als im HLS.

Im ersten Jahr nach Einführung des Prozesses fallen Kosten für den Mitarbeiter und seine Schulung an. Trotz der höheren Kosten übersteigen auch hier die Einsparungen die Kosten. Auch der Einsatz von Process Simulate erzielt schon im ersten Jahr einen Überschuss an Einsparungen.

In den folgenden Jahren müssen nur die Kosten für den Mitarbeiter aufgewendet werden. Die jährlichen Einsparungen summieren sich auf rund 190 T€.

In Abbildung 30 sind die beiden oben gezeigten Analysen zusammengefasst worden.

¹²⁵ (Eigene Darstellung)

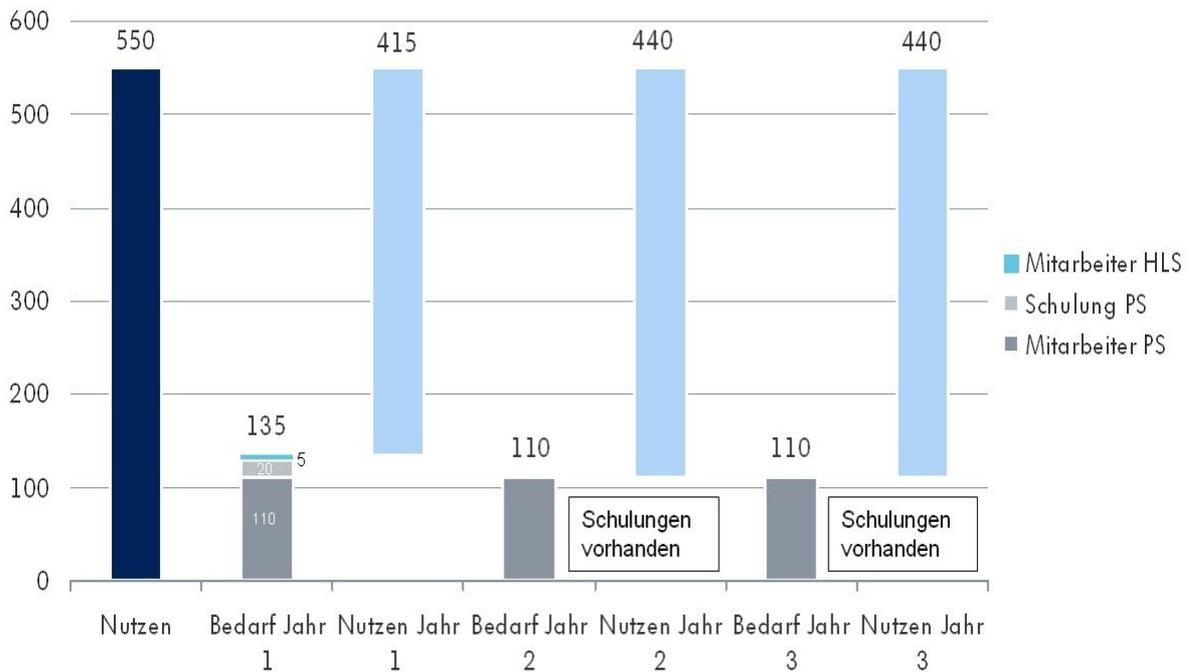


Abbildung 30: Zusammengeführte Kosten/Nutzen-Analyse (Angaben in T€)¹²⁶

Die Abbildung 30 verdeutlicht, dass durch den Einsatz der beiden Tools in der digitalen Arbeitssicherheit am Standort Braunschweig ein Einsparungspotenzial von 550 T€ pro Jahr besteht. Im ersten Jahr werden erneut die benötigten Schulungen als Budgetbedarf verdeutlicht. Sind die Mitarbeiter in im HLS und in PS geschult, reduziert sich der Budgetbedarf und es sind nur noch die Kosten für den Mitarbeiter zu berechnen.

In Abbildung 31 wird der unterschiedliche Anstieg von Kosten und Einsparungen verdeutlicht. In dieser Abbildung wird auch deutlich, dass der entwickelte Prozess bereits im ersten Jahr seine Amortisationsgrenze durchschreitet.

¹²⁶ (Eigene Darstellung)

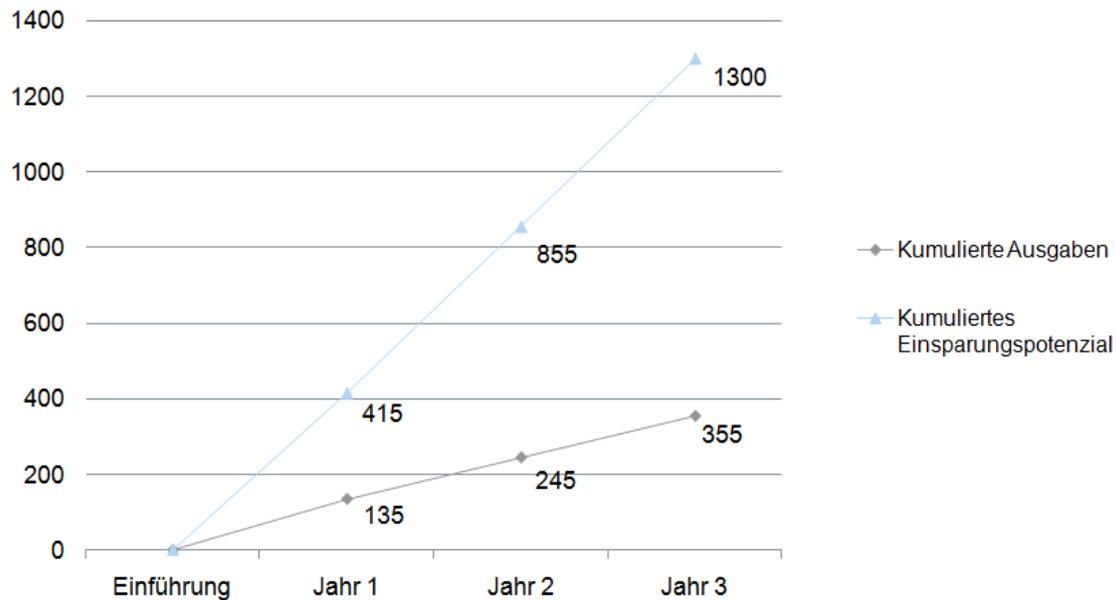


Abbildung 31: Vergleich von Ausgaben und Gewinn (Angaben in T€)¹²⁷

Werden die kumulierten Ausgaben mit den kumulierten Einsparungen verglichen, fällt die unterschiedliche Steigung der Graphen auf. Innerhalb von 3 Jahren lassen sich durch die Einführung des Prozesses zum operativen Einsatz der DF in der ASi knapp 1,3 Mio€ Budget einsparen. Diesen Einsparungen stehen kumulierter Kosten in Höhe von 355 T€ gegenüber.

Für andere Standorte des Volkswagen-Konzerns können ähnliche Werte für eine Kosten-Nutzenanalyse angenommen werden. Es ist jedoch zu empfehlen, eine für den jeweiligen Standort spezifische Grobschätzung durchzuführen. Da die Möglichkeit besteht, dass an anderen Standorten weitere Use Cases betrachtet werden müssen, sollte der erzielbare Nutzen jeweils spezifisch ermittelt werden. Ein Themengebiet, das an anderen Standorten des Konzerns große Bedeutung haben könnte, ist beispielsweise der Einsatz von Gefahrenstoffen.

Nach der Einführung des Prozesses kann der tatsächlich erzielbare Nutzen und somit der Gewinn im positiven sowie negativen Maße von diesem Ergebnis abweichen. Bei den dargelegten Werten handelt es sich um erste grobe Schätzungen der betroffenen Fachabteilungen. Die Schätzungen müssen durch Erfahrungswerte ergänzt und konkretisiert werden.

¹²⁷ (Eigene Darstellung)

6.5 Fallbeispiele

In diesem Abschnitt soll mithilfe von zwei Fallbeispielen, die Visualisierung der Use Cases gezeigt werden. Die Beschreibungen sollen dazu dienen, ein nach ASi-Vorschriften modelliertes Layout zu zeigen. Im Folgenden werden die Layouts kurz beschrieben, im Anhang Ei bzw. Ej sind jeweils Bilderfolgen dargestellt, die die Layouts zeigen. Zu den einzelnen Abbildungen sind zusätzliche Erklärungen hinzugefügt.

Projekt A

In diesem Beispiel wird ein manueller Arbeitsplatz zum externen Rüsten von Dreh- und Fräsmaschinen betrachtet. An dem gezeigten Arbeitsplatz ist das Einhalten der vorgesehenen Sicherheitsabstände besonders wichtig. In der gezeigten Bilderfolge (Anhang Ei) sind die relevanten Abstände, durch die in Kapitel 5 beschriebenen Bemaßungen, eingefügt.

An dem beschriebenen Arbeitsplatz werden Rohteile mit sehr unterschiedlichen Abmaßen und Gewichten für die Bearbeitung an den Dreh- und Fräsmaschinen des Werkzeugbaus vorbereitet. Um den Arbeitsplatz so zu gestalten, dass möglichst viele unterschiedliche Rohteile bearbeitet zu können, wurde ein höhenverstellbarer Werkzeuggestisch in das Layout eingefügt. Dieser Tisch sorgt für eine ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes schon während der Planungsphase. In diesem Beispiel wird somit einer prospektiven Ergonomie entsprochen (siehe Kapitel 4.3)

Projekt B

Dieses Beispiel zeigt eine Anlage, die sowohl Roboter als auch Bearbeitungszentren enthält.¹²⁸ Diese Produktionslinie weist Schnittstellen zwischen Maschinen (Roboter-Bearbeitungszentrum) und zwischen Mensch-Maschine auf. An diesen Schnittstellen ist die Kennzeichnung der einzelnen Schutzkreise besonders wichtig. Wie in Abbildung 14 (Kapitel 5.2) dargestellt, werden in diesem Beispiel die Schutzkreise durch Schraffuren dargestellt. Um das Schutzkonzept der gezeigten Anlage zu komplettieren, wurden zusätzlich alle Schutzzäune, Schutztüren und Not-Aus-Schalter bei der Modellierung des Layouts berücksichtigt. Wird das Schutzkonzept genau untersucht, fällt auf, dass an einem Punkt ein Eingang für die Wartung der Roboter und Verkettungselemente nicht vorgesehen ist. Dies ist ein Beispiel, für die schnelle Visualisierung von Planungsfehlern. In dem gezeigten 3D-Layout wird der Fehler schnell offensichtlich. In einem 2D-Layout wäre dieser Fehler weniger offensichtlich und womöglich erst nach Aufbau der Anlage erkannt wurden.

¹²⁸ Bei diesem Layout handelt es sich um ein fiktives Beispiel, das für diese Arbeit entwickelt wurde.

7. Zusammenfassung

In Kapitel 7 soll abschließend diese Arbeit zusammengefasst werden und ein kurzer Ausblick in die Zukunft der Digitalen Fabrik gegeben werden.

7.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass durch die Möglichkeiten der DF eine Vielzahl von Optimierungsansätzen innerhalb des Planungsprozesses aufgedeckt werden kann.

Die ASi ist nicht das Top-Thema, wenn über die Möglichkeiten der DF diskutiert wird. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen jedoch, dass sich bei einer näheren Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten der DF in der ASi hohe Einsparungspotenziale erreichen lassen.

Das besondere an diesen Einsatzmöglichkeiten ist, dass sich eine Vielzahl der Optimierungsansätze realisieren lässt, ohne dass dadurch ein nennenswerter Mehraufwand für die Mitarbeiter in der DF erzeugt wird (Hier wird die BUBS als Bewertungsgrundlage herangezogen). Durch den Einsatz eines weiteren Software-Tools (Process Simulate) kann eine beachtliche Potenzialsteigerung erzielt werden.

Die Ergebnisse des entwickelten Prozesses lassen sich anschaulich in Wirkungsketten darstellen. Für die, durch den Prozess ermöglichte Fehlervermeidung und die genutzte Visualisierung werden im Folgenden zwei Wirkungsketten dargestellt. Der Prozess trägt hauptsächlich durch eine geeignete Visualisierung dazu bei, dass Problemfelder frühzeitig erkannt werden und die Kommunikation verbessert wird. Die genannten Merkmale des Prozesses bilden einen Wirkkomplex und begünstigen sich gegenseitig.

Die Abbildung 32 zeigt, wie sich durch den entwickelten Prozess Fehler erkennen lassen und welche Ergebnisse sich somit erzielen lassen.

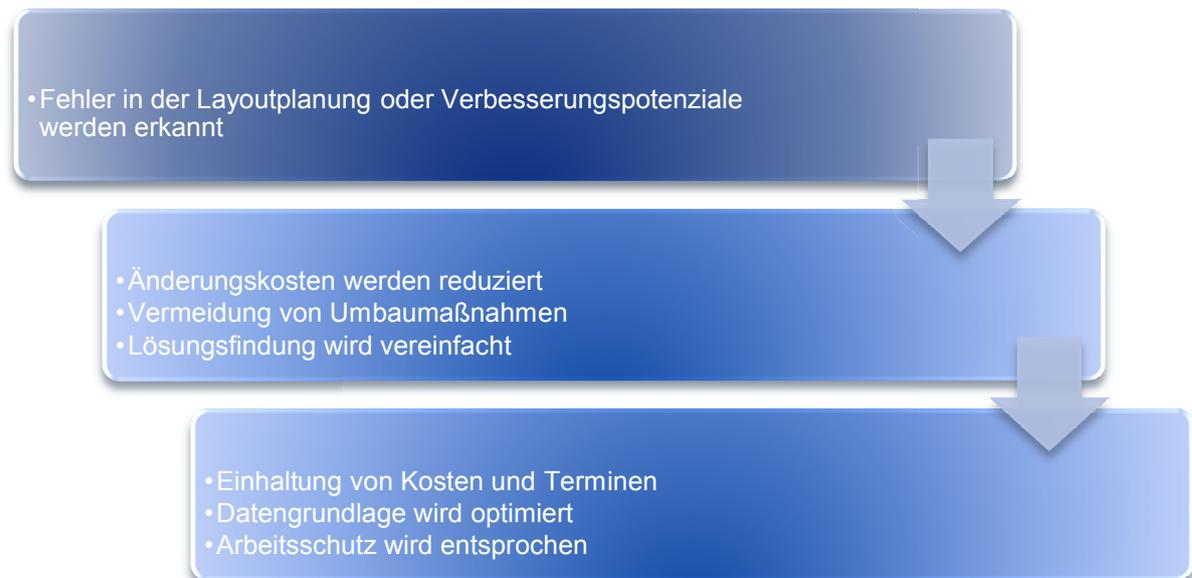


Abbildung 32: Wirkungskette Fehlervermeidung¹²⁹

Durch die Abbildung der identifizierten Use Cases in den Layouts können schon während des Planungsprozesses Fehler oder Verbesserungspotenziale erkannt werden. Aufgrund der nach arbeitssicherheitstechnischen Anforderungen aufbereiteten Layouts werden alle Problemfelder sichtbar. Dies führt zu einer optimierten Datengrundlage, aufgrund derer Entscheidungen getroffen werden können.

Diese Optimierung in den Eingangsdaten für die Entscheidungen der ASi führt dazu, dass nachträgliche Umbaumaßnahmen und daraus entstehende Änderungskosten reduziert werden können. Zusätzlich kann festgehalten werden, dass die Lösungsfindung für Problemfelder erleichtert wird.

Die genannten Faktoren führen dazu, dass die Einhaltung der gesetzten Kosten und Termine im Planungsprozess vereinfacht wird. Abstrahiert man die Ergebnisse des operativen Prozesses der Digitalen Fabrik in der ASi, dann wird durch diesen Prozess die Gestaltung und Ausführung des Arbeitsschutzes in einem erheblichen Maße unterstützt.

Eine weitere Wirkungskette zeigt, aus welchem Grund die Modellierung der Use Cases im HLS und PS den genannten Einfluss auf den Planungsprozess ausübt. Abbildung 33 zeigt eine Wirkungskette zur Visualisierung, die aus dem Einsatz der beiden Software-Tools resultiert.

¹²⁹ (Eigene Darstellung)

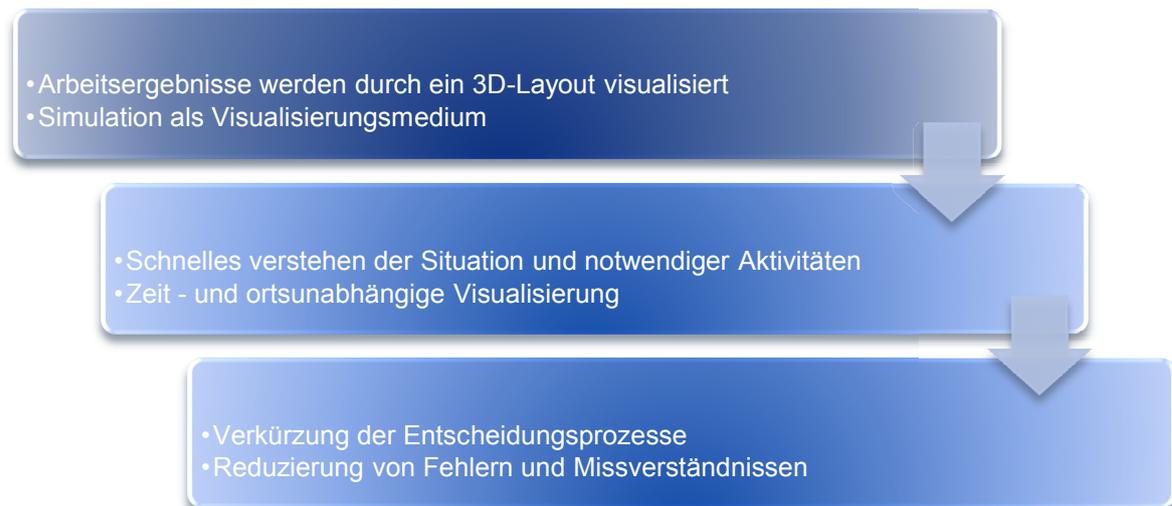


Abbildung 33: Wirkungskette Visualisierung¹³⁰

Für den operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit werden 3D-Layouts und Simulationen dazu genutzt, Problemfelder der ASi zu visualisieren. Durch diese Visualisierungsmedien können bestimmte Sachverhalte und Maßnahmen schnell verstanden werden auch dann, wenn der betroffene Personenkreis nicht gemeinsam an einem Ort zusammen kommen kann.

Die genutzte Visualisierung hat zur Folge, dass Entscheidungsprozesse beschleunigt und Fehler bzw. Missverständnisse reduziert werden.

Der entwickelte Prozess kann dazu beitragen den gesamten Planungsprozess zu optimieren. Die Arbeitssicherheit wird in ihren Aufgaben massiv unterstützt, was positive Auswirkungen auf den gesamten Planungsablauf hat.

Diese Arbeit zeigt, dass es durchaus sinnvoll sein kann bei der Diskussion über die Einsatzbereiche der Digitalen Fabrik auch Themen zu betrachten, die im ersten Augenblick nicht betroffen scheinen. Auch in einem Bereich, der nicht primär mit der DF verbunden wird, lassen sich viele Optimierungspotenziale finden.

Der berühmte Blick über den Tellerrand kann sich auch in Bezug auf die Digitale Fabrik lohnen. Unter Umständen können so Potenziale aufgedeckt werden, von denen bisher niemand etwas geahnt hat.

¹³⁰ (Eigene Darstellung)

7.2 Ausblick

Diese Arbeit zeigt, dass die in dem Kapitel Grundlagen beschriebenen Ziele der DF in vielen Bereichen erzielt werden können. Durch den Einsatz der DF wird in einem starken Maße dem Prinzip des SE entsprochen. Hiermit wird die Erreichung weiterer Ziele, wie die Parallelisierung der Prozesse oder die Optimierung der Wirtschaftlichkeit begünstigt.

In Zukunft werden die weiterentwickelten Software-Lösungen dazu beitragen, die Prozesse in den Betrieben zu unterstützen und zu optimieren. Insbesondere im Bereich der Ergonomie wird die digitale Planung einen großen Stellenwert einnehmen. Hier lassen sich zu einem sehr frühen Zeitpunkt im Planungsprozess Arbeitsplätze nach ergonomischen Richtlinien gestalten und durch vorab Simulationen überprüfen.

Bei aller Euphorie gegenüber den Möglichkeiten der DF sollten die Voraussetzungen und Gefahren, die damit verbunden sind, nicht außer Acht gelassen werden. Eine grundlegende Bedingung für einen flächendeckenden und effektiven Einsatz der DF ist eine einheitliche Datenbank, auf die alle Abteilungen global zugreifen können und die diese immer mit den aktuellsten Daten versorgen.

In dem Einsatz der Digitalen Fabrik steckt ein großes Potenzial, die Prozesse der Unternehmen zu optimieren und effektiver zu gestalten. Ein Teil dieser Optimierung lässt sich durch einen operativen Einsatz der DF in der ASi erzielen.

V. Literaturverzeichnis

Bücher

Adenauer, S., Die (Re-) Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in den Arbeitsprozess, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V., Köln, 2004

Ausschuss für Arbeitsstätten, Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A1.3 – Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung, 2007

Ausschuss für Arbeitsstätten, Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A 1.7 – Türen und Tore, 2009

Ausschuss für Arbeitsstätten, Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A 2.3 – Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan, 2007a

Ausschuss für Arbeitsstätten, Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4/3 – Sicherheitsbeleuchtung, optische Sicherheitssysteme, 2009a

AWV-Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung e.V., Personalbedarfsermittlung Zeit und Mengen, AWV Schrift 456, AWV-Eigenverlag, Eschborn, 1989

BG Vereinigung der Metall – Berufsgenossenschaft, BG – Information 523 Mensch und Arbeitsplatz, 2008

BGM Nord Süd, Arbeitssicherheitsgesetz, Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Ausgabe 1973 Stand 2006

BGM Nord Süd, Arbeitsstätten - Richtlinie – ASR, staatliche Vorschrift zur Gestaltung von Arbeitsstätten, Ausgabe 1976 Stand 2001 – beinhaltet die Vorschriften ASR 5, ASR 7/1, ASR 7/3, ASR 7/4, ASR 12/1-3, ASR 13/1,2, ASR 17/1-2, ASR 29/1-4, ASR 34/1-5, ASR 35/1-4, ASR 37/5 und ASR 38/2

BGM Nord Süd, Arbeitsstättenverordnung, Mainz, 2008a

BGM Nord Süd, BG – Vorschrift A1 Grundsätze der Prävention, 2007

BGM Nord Süd, BG – Vorschrift A3 Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, Fassung 1997a

BGM Nord Süd, BG – Vorschrift A8 Unfallverhütungsvorschrift Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung am Arbeitsplatz, Fassung 2002

BGM Nord Süd, BG – Vorschrift D6 Unfallverhütungsvorschrift Krane, Fassung 2001

- BGM Nord Süd**, Lasthandhabungsverordnung, Verordnung über die Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit, Ausgabe 1996 Stand 2006
- BGM Nord Süd**, PSA – Benutzerverordnung, 1996
- Boespflug**, A., Virtuelle Inbetriebnahme von Montageprozessen mit Man-Modell – Simulation, Fortschr. – Bericht VDI Reihe 16 Nr. 186, VDI Verlag, Düsseldorf, 2007
- Bracht**, U., Ansätze und Methoden der Digitalen Fabrik, TU Clausthal, IMAB, Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik, o.J.
- Bremm**, A., **Claaßen**, K., **Engelmann**, D., **Latz**, W., **Weidner**, W., Diercke Erdkunde 12/13, 1. Auflage, Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig, 2006
- Bundesministerium der Justiz**, Arbeitsschutzgesetz, Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit, letzte Änderung 2009
- Bundesministerium der Justiz**, Betriebssicherheitsverordnung, Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Betriebsmittel und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes, 2002
- Bundesministerium der Justiz**, Neuntes Buch Sozialgesetzbuch – Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen, 2001
- Bundesministerium der Justiz**, Siebtes Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Unfallversicherung, 1996
- Bundesministerium der Justiz**, Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdung durch Lärm und Vibrationen, Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung, 2007
- Deutsche Industrie Norm**, DIN 18225 Industriebau – Verkehrswege in Industriebauten -, 1988
- Deutsche Industrie Norm**, DIN 31051 Grundlagen Instandhaltung, 2003
- Deutsche Industrie Norm**, DIN EN 349 Sicherheit von Maschinen – Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen, 2008a
- Deutsche Industrie Norm**, DIN EN 547 – 1 Sicherheit von Maschinen – Körpermaße des Menschen – Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper an Maschinenarbeitsplätzen, 2009c
- Deutsche Industrie Norm**, DIN EN 614 – 1 Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze, 2009a

Deutsche Industrie Norm, DIN EN 614 – 2 Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben, 2008b

Deutsche Industrie Norm, DIN EN 894 – 1 Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Benutzung – Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen, 2009b

Deutsche Industrie Norm, DIN EN ISO 6385 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen, 2004

Europa Parlament, Richtlinie 1989/391/EWG des Rates über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit, 1989

Europa Parlament, Richtlinie 2009/104/EG Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit, 2009

Franck, H., Prof. Dr., Management-Methoden, Script Simulation, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg, 2009

Göldner, R., Rudow, B., Neubauer, W., Krüger, W., Paeth, L., Arbeit und Gesundheit für leistungsgewandelte Mitarbeiter – Erfahrungen aus der Automobilindustrie, Arbeitsmedizinische Praxis, 2006

Hettinger, Th., Wobbe G., Kompendium der Arbeitswissenschaften Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation, Kiehl, Ludwigshafen (Rhein), 1993

Hoder, H., Prof. Dr. -Ing., Methodisches Konstruieren (Marktorientierte Produktentwicklung) Teil 4: Lösungsfindung, Lösungsbewertung, 6. Auflage, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg, 2005

Intelligenter produzieren, Vernetzung der Digitalen Fabrik mit der realen Produktion, VDMA Verlag GmbH, 2005/01

Internationale Arbeitsorganisation (IAO), Übereinkommen über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Berufsgefahren infolge von Luftverunreinigungen, Lärm und Vibration an den Arbeitsplätzen, 1977

Keßler, S. Dipl. -Wirt. -Ing., Methoden und Tools für eine schlanke Produktion, Universität Dortmund Lehrstuhl für Fabrikorganisation, 2006

Kreutzfeldt, J. Prof. Dr.-Ing., Produktionsplanung und -steuerung, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Department Maschinenbau und Produktion, 2007

- Kühn, W.**, Digitale Fabrik Fabriksimulation für Produktionsplaner, Carl Hanser Verlag, München Wien, 2006
- Kuster, J., Hüber, E., Lippmann, R., Schmid, A., Schneider, E., Witschi, U., Wurst, R.**, Handbuch Projektmanagement, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2006
- Lange W., Windel A.**, Kleine Ergonomische Datensammlung, 13. aktualisierte Auflage, TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland Group, Köln, 2009
- Laurig, W.**, Grundzüge der Ergonomie Erkenntnisse und Prinzipien, 4. Auflage, Beuth Verlag GmbH, Berlin Köln, 1992
- Neuhaus, R.**, Produktionssysteme Entstehung – Aufbau – Implementierung, Leistung und Lohn Zeitschrift für Arbeitswirtschaft, Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände, Berlin, 2007
- Pawellek, G.**, Ganzheitliche Fabrikplanung, Grundlagen, Vorgehensweise, EDV – Unterstützung, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 2008
- Reeder, L.**, Vorlesung Prozessmanagement, Hein & Oetting Feinwerktechnik GmbH, Hamburg, 2008
- Richters, Th., Prof. Dr.**, Ergonomie und Zeitmanagement, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg, 2009a
- Rocker, M.**, Sicherheitsleitsätze für Führungskräfte, 13. Auflage, ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 2008
- Schmidt, D.**, Arbeitssicherheit Physiologische, psychologische, organisatorische und rechtliche Grundlagen, R. v. Deckers Verlag, G. Schenck, Heidelberg, 1990
- Schwab, A.**, Managementwissen für Ingenieure, Führung, Organisation, Existenzgründung, 4. neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008
- Sendler, U.**, Das PLM-Kompodium Referenzbuch des Produkt-Lebenszyklus-Managements, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009
- Spath, D.**, Ganzheitlich produzieren Innovative Organisation und Führung, LOG_X Verlag GmbH, Stuttgart, 2003
- Staatliche Gewerbeaufsicht Baden Württemberg**, Arbeitsstättenrichtlinie, Verkehrswege, 1988
- Syska, A., Produktionsmanagement**, Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2006
- Verein Deutscher Ingenieure**, VDI 4064 Technik und Organisation der betrieblichen Sicherheit Arbeitsschutzorganisation in KMU, 2006a

- Verein Deutscher Ingenieure**, VDI 4065 Technik und Organisation der betrieblichen Sicherheit Gefährdungsbeurteilung, 2006b
- Verein Deutscher Ingenieure**, VDI Richtlinie 2854 Sicherheitstechnische Anforderungen an automatisierte Fertigungssysteme, 1991
- Verein Deutscher Ingenieure**, VDI Richtlinie 4499 Digitale Fabrik Grundlagen Blatt 1 Entwurf, 2006c
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisung zum Arbeitsschutz, C26 Instandhaltung, Wolfsburg, 2009c
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, Allgemeine Anweisungen, Wolfsburg, 2009a
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, B06 Mechanische Fertigung, Wolfsburg, 2004a
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, C02 Lager- und Stapelverordnung, Wolfsburg, 2006c
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, C04 Transportieren von Hand, Wolfsburg, 2008a
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, C05 Anweisung für Fahrerinnen / Fahrer von Flurförderzeugen, Wolfsburg, 2008d
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, C16 Laserstrahlung, Wolfsburg, 2006b
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, C21 Montage- und Reparaturarbeiten im Anlagenbau, Wolfsburg, 2004b
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, E01.01 Flucht- und Rettungswege, Wolfsburg, 2004c
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Anweisungen zum Arbeitsschutz, E01.02 Not – Aus – Funktion an verketteten Fertigungsanlagen im Karosseriebau, Wolfsburg, 2004d
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Arbeitsschutz, Wolfsburg, 2004d
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Betriebsvereinbarung „Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, Wolfsburg 2007a
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Betriebsvereinbarung „Rahmenvereinbarung zum „Volkswagen Weg“, Wolfsburg, 2006a
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Das Produktionssystem, Wolfsburg, 2008b
- Volkswagen Aktiengesellschaft**, Der Volkswagen – Weg, Wolfsburg, 2008c

Volkswagen Aktiengesellschaft, Konzern Arbeitsschutz Jahres Bericht 2009, Wolfsburg, 2009b

Volkswagen Aktiengesellschaft, Projektinterner Informationsflyer Hallen – Layout – System, Braunschweig, 2010

Volkswagen Aktiengesellschaft, Projektinterner Informationsflyer Process Designer, Braunschweig, 2010a

Volkswagen Aktiengesellschaft, Prozessstandard zur Beschaffung von Maschinen und Anlagen, Braunschweig, 2008d

Volkswagen Braunschweig, Komponente Werk Braunschweig, Standortinformation, Braunschweig, o.J.

Wiendal, H. – P., Betriebsorganisation für Ingenieure, 5. Aktualisierte Auflage, Carl Hanser Verlag, München Wien, 2005

Wittlage, H., Personalbedarfsermittlung, R. Oldenbourg Verlag, München Wien, 1995

Internet

http://www.erco.com/guide_v2/guide_2/simulation_95/dialux_2701/de/de_dialux_intro_1.p hp Stand 13.08.2010

<http://www.laermampel.de/content.php?aktion=laermampel> Stand 30.06.2010

http://www.volkswagenag.com/vwag/vwcorp/content/de/the_group/strategy.html
Stand 08.08.2010

<http://www.zip.de/deu/malaga/index.php?id=1> Stand 12.07.2010

www.m-e-z.de/mez/3-Handlungsf_Personal/3-1-4.html Stand 13.06.2010

www.siemens.com/plm Stand: 15.05.2010

www.vw-braunschweig.de Stand: 20.05.2010

Intranet Volkswagen

Volkswagen Intranet, Der Weg zur Arbeitsschutzpolitik, Stand 09.06.2010(c)

Volkswagen Intranet, Konzern Arbeitsschutz Managementsystem, Stand 09.06.2010(e)

Volkswagen Intranet, Notwendiger Arbeitsschutz, Stand 09.06.2010(b)

Volkswagen Intranet, Umsetzung der Arbeitsschutzpolitik, Stand 09.06.210(d)

Anhang

A. Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

- a. Allgemein
- b. Fabrikplanung
- c. Gießen
- d. Umformen und Schweißen
- e. Werkzeugbau
- f. Mechanische Bearbeitung
- g. Montage
- h. Materialanstellung – Logistik
- i. Leistungsgewandelte Mitarbeiter

B. Gesetzliche Bestimmungen für die Arbeitssicherheit

- a. Vorschriftensammlung zur Arbeitssicherheit

C. Analysetabellen

- a. Zusammenfassung der Schwerpunktthemen zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit
- b. Ausgewählte Use Cases zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

D. Machbarkeitsanalyse

- a. Arbeitsplatz mit, im HLS, eingezeichneten Sicherheitsabständen
- b. Bilderfolge: Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes
- c. Bilderfolge: Process Simulate Simulation einer Roboterzelle
- d. Portfolio – Einteilung aller untersuchten Use Cases inkl. Unterpunkte
- e. Portfolio – Einteilung der Use Cases nach Programmen
- f. Portfolio – Abbildung der zu überführenden Use Cases

E. Operativer Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit

- a. Prozess der Digitalen Fabrik
- b. Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit
- c. Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit inkl. Phaseneinteilung
- d. Teilprozess 1 – Umfang ASi Infrastruktur modellieren
- e. Teilprozess 2 – Umfang ASi Betriebsmittel (BeMi) modellieren
- f. Don't Panic – Arbeitssicherheit -
- g. Handbuch „Digitale Arbeitssicherheit“
- h. Personalbedarfsermittlung zum operativen Einsatz der DF in der ASi
- i. Bilderfolge und Prozessstandards zum Fallbeispiel „Projekt A“
- j. Bilderfolge und Prozessstandards zum Fallbeispiel „Projekt B“

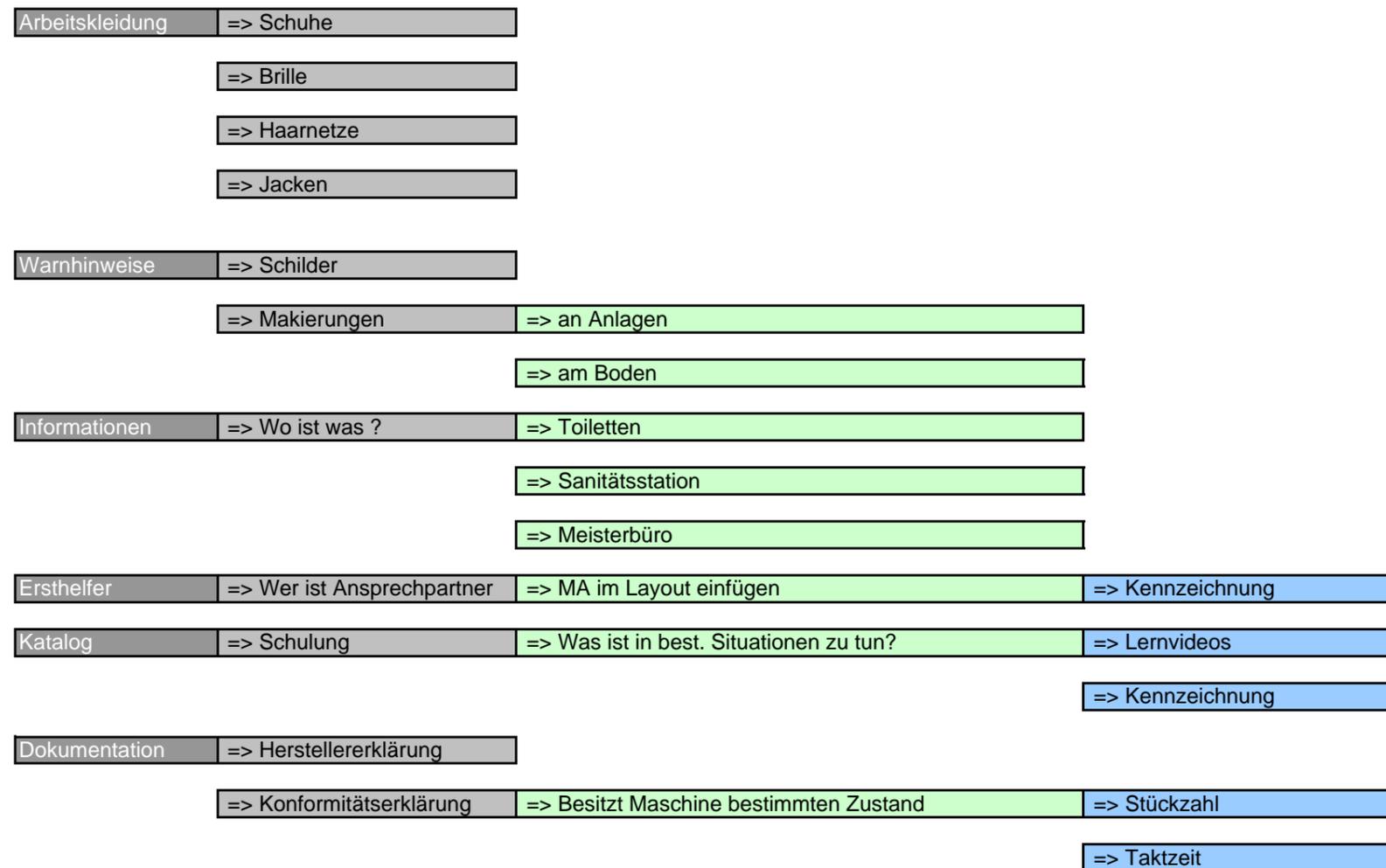
A

A. *Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte*

- a. Allgemein
- b. Fabrikplanung
- c. Gießen
- d. Umformen und Schweißen
- e. Werkzeugbau
- f. Mechanische Bearbeitung
- g. Materialanstellung – Logistik
- h. Leistungsgewandelte Mitarbeiter

Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Allgemein



Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Fabrikplanung



Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Fabrikplanung



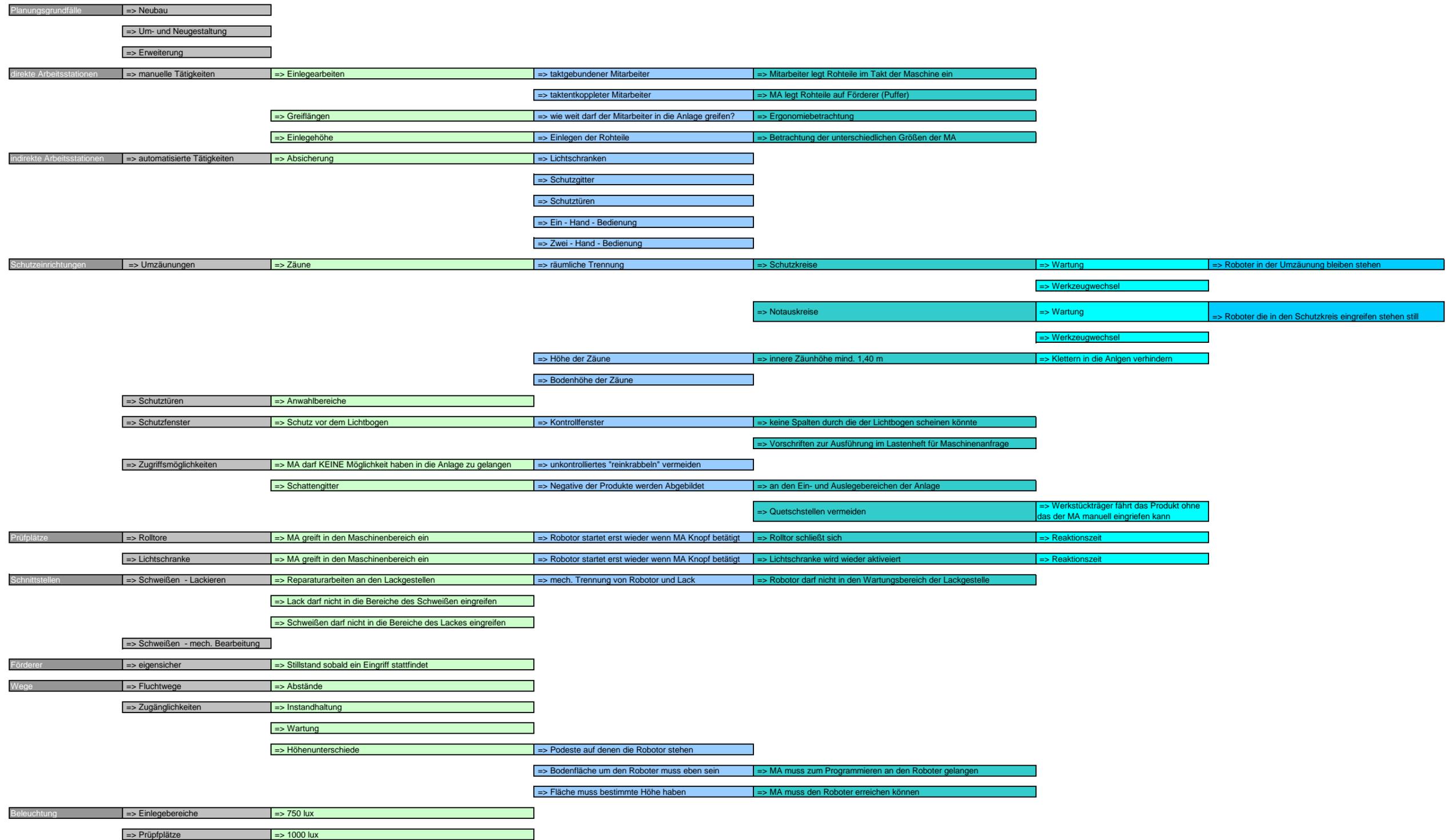
Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Gießen

automatisierte Anlagen	=> MA machen Kontrollrunden	=> in die Anlage ansich kann niemand eingreifen
Schutzeinrichtungen	=> Schutztüren	=> Anlage steht still sobald Tür betätigt wird
	=> Schutzgitter	=> Anlage steht still sobald Tür betätigt wird
Materialzufuhr	=> Gabelstapler fördern das flüssiges Material	=> kein besonderer Schein notwendig
		=> umsichtiges Fahren da Ladung schwer und heiß => keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen

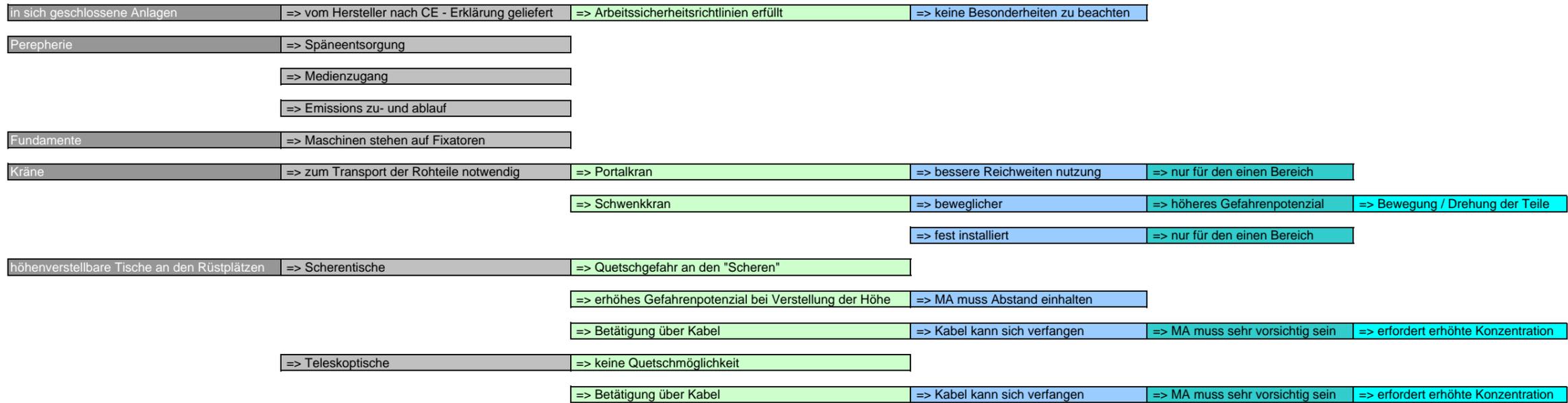
Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Umformen und Schweißen



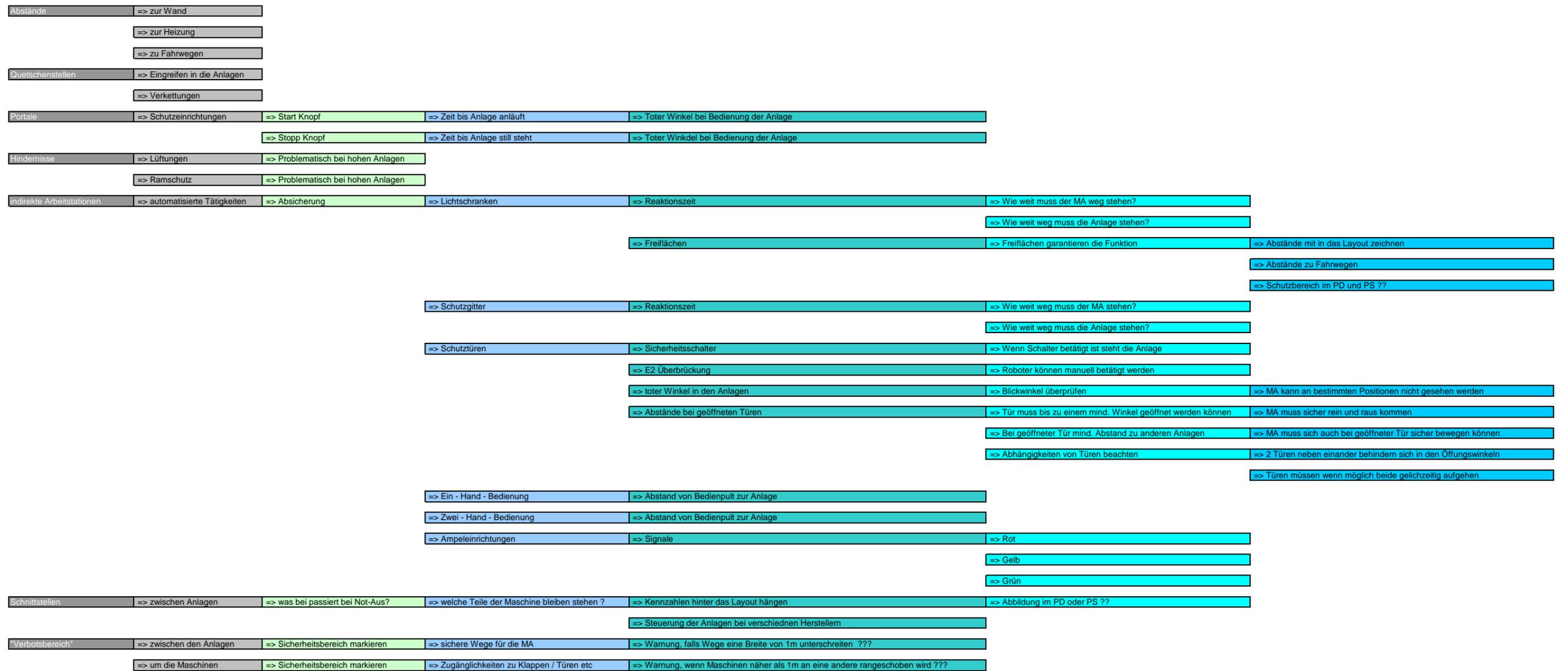
Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Werkzeugbau



Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

mechanische Bearbeitung



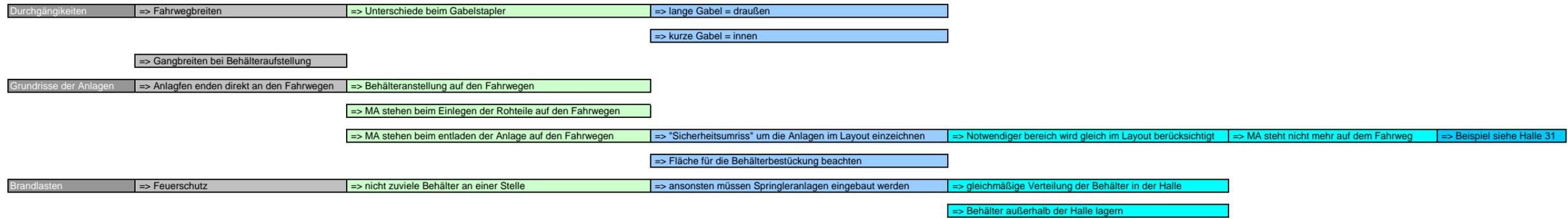
Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Montage



Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

Materialanstellung / Logistik



Gliederungsbaum Arbeitssicherheitsaspekte

leistungsgewandelte Mitarbeiter

Arbeitsplatzgestaltung	=> MA haben sehr häufig Probleme mit dem Muskelskelett	=> MA muss gehen können	=> Arbeit sollte aus einem Mix von gehen / stehen / sitzen gestaltet sein
		=> MA muss stehen können	=> Arbeit sollte aus einem Mix von gehen / stehen / sitzen gestaltet sein
		=> MA muss sitzen können	=> Arbeit sollte aus einem Mix von gehen / stehen / sitzen gestaltet sein
		=> kein heben schwerer Lasten	=> Arbeit sollte aus einem Mix von gehen / stehen / sitzen gestaltet sein
		=> MA kann sich nicht tief bücken	=> Arbeit sollte aus einem Mix von gehen / stehen / sitzen gestaltet sein
Greiflängen	=> max 40 cm	=> Beeinträchtigung in der Bewegung der Wirbelsäule	
Blickwinkel	=> eingeschränkt max 50 - 60 cm	=> Beeinträchtigung in der Bewegung der Wirbelsäule	
Einsatz leistungsgewandelter MA	=> Schwierigkeiten an bestimmten Linien	=> Einsatz an den Schweißlinien in Halle 8 und 10 fast unmöglich	=> Belsatzung zu hoch
			=> AP's können Mix aus gehen/stehen/sitzen nicht bieten
	=> Entkopplung vom Takt	=> MA arbeitet entkoppelt vom Takt	=> Vermeidung des Zeitdruckes
			=> Verringerung der psychischen Belastung
		=> Vormontagen Taktentkoppelt	=> Einsatzmöglichkeit von leistungsgewandelten MA
Einschränkungen	=> individuelle Einsetzbarkeit	=> keine definierten Einschränkungen bei bestimmtem Grad der Behinderung	
		=> keine definierte Zeitspanne der Behinderung	
		=> keine definierten Einsatzmöglichkeiten von Schwerbehinderten	=> evt. Eingeschränkter Einsatz an den Linien möglich
			=> evt. Auch Einsatz ohne Einschränkungen möglich
Vorgaben	=> 5% aller Beschäftigten müssen lg. MA sein	=> bei Unterschreitung muss Strafe gezahlt werden	=> Strafen werden genutzt um die Gestaltung von AP zu fördern
		=> bei Übererfüllung bekommt das Unternehmen Förderung	
	=> MA gilt als Schwerbehindert	=> 30% eingetragender Behinderung mit Antrag auf Gleichstellung	
		=> 50% eingetragender Behinderung	
AP Gestaltung	=> beschäftigung von erkrankten MA ermöglichen	=> berücksichtigung des demographischen Wandels	
	=> Erkrankung gesunder MA vermeiden	=> Arbeitsplatzes ergonomisch und gesundheitlich unbedenklich gestalten	
	=> AP's müssen grundsätzlich sicher gestaltet werden	=> unabhängig davon welcher MA an dem Platz arbeitet	
Demographischer Wandel	=> Anzahl leistungsgewandelter MA nimmt zu		
	=> MA werden immer älter	=> MA müssen bis 67 arbeiten (tauglich für 3 Schichtbetrieb)	

B

B. Gesetzliche Bestimmungen für die Arbeitssicherheit

- a. Vorschriftensammlung zur Arbeitssicherheit

Vorschriftensammlung zur Arbeitssicherheit

Quelle	Seite	Thema	Wie kann DF unterstützen ?
Bundesrecht			
Gesetze			
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)			- Digitale ASI trägt zur Umsetzung des ArbSchG bei
	3	Gefahrenbewertung	- Simulation in der Digitalen Fabrik kann die Bewertung der Gefahrenbewertung unterstützen und ergänzen
	2	Grundpflichten des Arbeitgebers	- dieser Paragraph kann durch die digitale Arbeitssicherheit optimiert umgesetzt werden
- Sozialgesetzbuch VII	6 14 - 16	Prävention, Rehabilitation, Entschädigung Prävention	- durch die Unterstützung werden alle zur Verfügung stehen Mittel genutzt um Unfälle zu vermeiden
- Sozialgesetzbuch IX Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen	6 17	Teilhabe behinderter Menschen am Leben in der Gesellschaft ist zu fördern Teilhabe behinderter Menschen am Arbeitsleben ist zu fördern und möglichst auf Dauer zu sichern	
- Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG)	7 - 8	Aufgaben von Fachkräften für Arbeitssicherheit	- Unterstützung erleichtert die Arbeit der Fachkräfte für Arbeitssicherheit
Verordnungen			
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)	3	Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten	- Einhaltung dieser Vorschriften kann durch eine digitale Unterstützung optimiert werden --> Planung wird genauer
	3	Besondere Anforderungen an das Betreiben von Arbeitsstätten	- genauere Planung erleichtert die Einhaltung der Vorgaben
	7 - 8	Verkehrswege	- Unterstützung der Planung sorgt für bessere Umsetzung der Vorgaben
	8 - 9	Maßnahmen zum Schutz vor besonderen Gefahrer	
	9	Fluchtwege und Notausgänge	- digitale Planung kann bei der Gestaltung von Fluchtwegen und Notausgängen unterstützen --> Laufwege messer
	10	Sanitärräume	- Unterstützung bei der Planung von Sanitärräumen --> Entfernungen können genauer bestimmt werden
	10 - 11	Pausen- und Bereitschaftsräume	- Unterstützung bei der Planung von Pausen- und Bereitschaftsräume
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)	5	Gefährdungsbeurteilung	- Gefährdungsbeurteilung kann verbessert werden
	9 - 10	Betrieb (überwachungsbedürftiger Anlagen)	
	10 - 12	Prüfung vor Inbetriebnahme	- Auf- und Umstellinformationen können detaillierter ausgeführt werden
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung	9 11	Auslösewerte und Schutzmaßnahmen bei Lärm Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte für Vibrationen	- Einrichten von Schutzmaßnahmen, wenn Grenzwerte erreicht sind
- PSA - Benutzerverordnung	1 - 4	Bereitstellung von persönlicher Schutzausrüstungen	- Schutzkleidung als Attribute an die Werker im PD hängen
- Lastenhanhabungsverordnung (LasthandV)	4	Maßnahmen um Gefährdung der Sicherheit/Gesundheit der Mitarbeiter zu vermeiden	- Arbeitsplatzgestaltung unter Berücksichtigung der potenziellen Gefährdung durch Lasten --> Ergonomiebrachtung
Richtlinien			
- Arbeitsstättenrichtlinie			
- ASR 5 Lüftungen	2 - 4	Freie Lüftungen	- Unterstützung der Fabrikplanung bei Einhaltung der vorgeschriebenen Lüftungsverhältnisse
- ASR 7/1 Sichtverbindung nach außen (nicht mehr gültig, aber zulässig als Planungshilfe)	1 - 2 2	Lage (von Sichtverbindungen (Fenster) nach außen) Abmessungen von Fenstern	- Planung der Fenster und Sichtverbindungen nach außen durch DF unterstützbar
- ASR 7/3 künstliche Beleuchtung	2	Grobschätzung Beleuchtungseinrichtungen	- Betriebsmittelkenndaten können im PD angehängt werden und somit die Einhaltung der Abstände unterstützt werden
	2	Prüfung von Beleuchtungseinrichtungen	- Anordnung der Beleuchtungseinrichtungen kann optimiert kontrolliert werden
	3	Tabelle der Nennbeleuchtungsstärke --> Beschränkung auf die vorkommenden Räumlichkeiten	- Anordnung der Beleuchtungseinrichtungen kann optimiert kontrolliert werden
- ASR 7/4 Sicherheitsbeleuchtung	1 2 - 3	Sicherheitsbeleuchtung Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege	
	3 - 4	Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung	- in der Modellierung min. Abstände und min. Abmaße beachten
- ASR 12/1-3 Schutz gegen Absturz und herabfallende Gegenstände	1 - 2	Sicherung gegen Absturz und Hineinstürzen	- Maßnahmen schon bei der Modellierung beachten

Vorschriftensammlung zur Arbeitssicherheit

Quelle	Seite	Thema	Wie kann DF unterstützen ?
- ASR 13/1,2 Feuerlöscheinrichtungen	10 - 11	Anzahl der bereitzustellenden Feuerlöscher und deren Anordnung	- Unterstützung der Feuerlöscher aufstellung --> Bessere Visualisierung für die Feuerwehr
- ASR 17/1,2 Verkehrswege	2 2-5 5-6 7 8	Anordnung von Verkehrswegen Maße von Verkehrswegen Anforderungen an Verkehrswege Allgemeine Sicherheitsanforderungen Kennzeichnung von Gefahrenstellen auf Verkehrswege	- Planung der Verkehrswege kann durch die Tools optimiert werden
- ASR 29/1-4 Pausenräume	2 2 3 4 - 6	Lage der Pausenräume Beschaffenheit der Pausenräume Lüftung der Umkleieräume Bemessung und Aufteilung von Umkleieräumen	- Lage kann durch die Tools untersucht werden - Beschaffenheit kann genauer Geplant werden - Unterstützung der Fabrikplanung
- ASR 35/1-4 Waschräume	1 2 2 - 4 4 5 - 6	Lage der Waschräume Beschaffenheit der Waschräume Ausstattung der Waschräume Lüftung der Waschräume Bemessung und Aufteilung der Waschräume	- Unterstützung der Fabrikplanung
- ASR 37/5 Toilettenräume	1 - 2 2 3 3 - 4 4 - 5	Bereitstellung von Toiletten Lage der Toiletten Beschaffenheit der Toiletten Ausstattung der Toiletten Bemessung und Aufteilung der Toiletten	- Unterstützung der Fabrikplanung
- ASR 38/2 Sanitätsräume	2 - 7	Anforderungen an Sanitätsräume und vergleichbare Einrichtungen	- Unterstützung der Fabrikplanung
Technische Regeln für Arbeitsstätten			
- ASR 1.3 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung	10 10 - 11	Hindernisse und Gefahrenstellen Markierung von Fahrwegen	- Visualisierung von Sicherheitskennzeichnung
- ASR 1.7 Türen und Tore	8 - 9 11 - 14	Planung von Türen und Toren Sicherheit gegen mechanische Gefährdung	- Planung und Anordnung von Türen und Toren kann durch die Digitale Fabrik optimiert werden
- ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan	5 9 9	Anordnung, Abmessung von Türen und Toren Kennzeichnung Sicherheitsbeleuchtung	- Anordnung und Auslegung der Fluchtwege, Rettungswege, und Notausgänge kann optimiert werden
Volkswagen interne Vereinbarungen			
Anweisungen zum Arbeitsschutz (AzA)			
- Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz	5 5 9 12 12 13 14 - 15 19 33	Fluchtwege Zugänglichkeiten Visualisierung Gefahrenschilder Visualisierung Not - Aus Sicherheits- und Schutzeinrichtungen Schutzausrüstung Visualisierung Schutzkleidung Bewegungsfreiheit von Kranen Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung am AP	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik in den Layouts angewendet werden
- B06 Mechanische Fertigung	3 4	Schutzgitter / Lichtschranken Quetschstellen	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik schon im Layout angewendet werden
- C02 Lager- und Stapelverordnung	3 4 6 - 9 8 - 9	Einteilung der Bereiche (Be- und Entladestellen etc.) Umgang mit Transportmitteln Sicherheitsabstände Hinweise zum Stapeln von Transportmitteln	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitalen Fabrik schon im Layout angewendet werden
- C04 Transportieren von Hand	3 6-7	Bewegen von Lasten mit Hand Ergonomie beim Heben	- Ergonomiebetrachtung durch die Digitale Fabrik ergänzen
- C05 Fahrerinnen / Fahrer von Flurförderfahrzeugen	25	Gesamthöhe / Durchfahrts Höhe	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik in den Layouts angewendet werden
- C16 Laser	5	Abgrenzung und Kennzeichnung von Laserbereichen	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik in den Layouts angewendet werden
- C21 Montage und Reparaturarbeiten im Anlagenbereich	2 3	Kennzeichnung von Wegen in den Anlagen Kennzeichnung aller Zu- und Abgänge in den Anlagen	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik in den Layouts angewendet werden
- C26 Instandhaltung	4 - 11 11 - 13	Verhalten bei Instandhaltung Absicherung gegen Wiedereinschalten der Anlagen	- Ablauf der Instandhaltung kann durch die Werkzeuge der Digitale Fabrik visualisiert werden - Visualisierung kann Handlungsfolgen zur Absicherung der Anlagen enthalten
- E01.01 Flucht- und Rettungswege	2	Darstellung von Fluchtwegen / Sammelplätzen / Notausgänge	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik in den Layouts angewendet werden
- E01.02 Not-Aus an verketteten Fertigungsanlagen	2 3 3	Abbildung von Not - Aus - Schaltern Betriebsart von Verkettungen Wirkweise von Not - Aus - Schalter in Verkettungen	- Anweisungen können durch eine Unterstützung der Digitale Fabrik in den Layouts angewendet werden

Vorschriftensammlung zur Arbeitssicherheit

Quelle	Seite	Thema	Wie kann DF unterstützen ?
internationales Recht / EU Recht			
Internationales Recht			
- Übereinkommen über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Berufsgefahren infolge von Luftverunreinigung, Lärm und Vibration an den Arbeitsplätzen	2	Teil III Verhütungs- und Schutzmaßnahmen Artikel 9	- Artikel kann durch die Digitale Fabrik optimiert umgesetzt werden
EU Recht			
- EU Richtlinie 2009/104/EG Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit	Kapitel II	Allgemeine Pflichten	- Arbeitgeber muss erforderlichen Vorkehrungen zum Schutz der Arbeitgeber treffen
	Kapitel II	Ergonomie und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	- Ergonomiebetrachtung kann durch die Digitale Fabrik ergänzt werden
- EU Richtlinie 89/391/ EWG Verbesserung der Sicherheit und de Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit	2 - 3	Abschnitt II Artikel 6 Allgemeine Pflichten des Arbeitgebers	- Ergonomiebetrachtung kann durch die Digitale Fabrik ergänzt werden
	3	Abschnitt II Artikel 8 Erste Hilfe, Brandbekämpfung, Evakuierung der Arbeitnehmer, ernst und unmittelbare Gefahren	
DIN Normen			
- DIN 18 225 Verkehrswege in Industriebauten	1	Anordnung von Verkehrswegen	- Planung von Verkehrswegen kann durch eine verbesserte Qualität durch die Digitale Fabrik gestützt werden
	2	Wege für den Fahrverkehr und den gemeinsamen Geh- und Fahrverkehr	
	3	Wege für Gehverkehr	
	4	Anforderungen an Verkehrswegen	
	4	Rampen	
- DIN EN 349 Sicherheit von Maschinen - Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen	4 - 8	Mindestabstände	- Abstände können schon im Layout berücksichtigt werden
- DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze -	9	Barrierefreie Gestaltung für Personen mit besonderen Anforderungen	- Ergonomiebetrachtung kann durch Digitale Fabrik ergänzt werden
	9 - 12	Gestaltungsanforderungen unter Berücksichtigung der Körpermaße, Körperhaltungen, Körperbewegungen und Körperkräften der Person	
	20 - 21	Leitlinien für die Anwendung des 3 - Zonen - Bewertungssystem	
- DIN EN 614-2 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 2	6 - 7	Merkmale gut gestalteter Arbeitsaufgaben	- Ergonomiebetrachtung kann durch Digitale Fabrik ergänzt werden
- DIN EN 894-1 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1	8 - 9	Prinzipien zur Erreichbarkeit von Steuerungselementen	- Erreichbarkeitsanalyse in den Tools der Digitalen Fabrik
	11	Anpassbarkeit und Erlernbarkeit	
- DIN EN 547-1 Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen -	6 - 10	Durchgangsöffnungen	- Anforderungen können in einer verbesserten Qualität umgesetzt werden
	11 - 13	Anwendung der Maße in der Praxis	
- DIN EN ISO 6385 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen	6 - 7	Gestaltung von Arbeitssystemen	- Ergonomiebetrachtung durch die Digitale Fabrik ergänzen
	11	Gestaltung von Arbeitsumgebungen	
	12 - 13	Gestaltung des Arbeitsraum und des Arbeitsplatzes	
	13 - 14	Bewertung	

Vorschriftensammlung zur Arbeitssicherheit

Quelle	Seite	Thema	Wie kann DF unterstützen ?
VDI Richtlinien			
- VDI 2854 Sicherheitstechnische Anforderungen an automatisierte	6 - 10	Schutzeinrichtungen	- Anordnung und Ausstattung kann schon im Layout berücksichtigt werden
	12 - 13	Not - Aus - Einrichtungen	- Kennzeichnung schon im Layout
	13	Fehlersuche und Fehlerbeseitigung	- Planungsqualität wird durch die Digitale Fabrik verbessert
	13	Hinweise auf schwer erkennbare Gefahren	- Kennzeichnung schon im Layout
Unfallverhütungsvorschriften Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd			
Berufsgenossenschaftliche Verordnungen			
- BGV A1 Grundsätze der Prävention	1 - 34	Grundsätze der Prävention	- digitale Unterstützung trägt zur generellen Verbesserung der Arbeitssituation bei
	9	Zutritts- und Aufenthaltsverbote	- Abbildung der verschiedenen Bereiche schon im Layout
	17	Erforderliche Einrichtung und Sachmittel	- Bedingungen für den Rettungstransport können schon früh beachtet und beurteilt werden
- BGV A3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel	16	Arbeiten in der Nähe aktiver Bereiche	- Bedingungen an den Arbeitsplätzen können durch die Digitale Fabrik optimiert werden
	18 - 19	Einhaltung von Schutzabständen	- Abstände können schon in der Layoutplanung berücksichtigt werden
- BGV A8 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz	8 - 9	Auswahl der geeigneten Kennzeichnungsart	- Kennzeichnung schon im Layout beachten
	10	Wirksamkeit	- Überprüfung der Kennzeichnung durch Blickwinkeländerung
	14	Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrenstellen	- Kennzeichnung schon im Layout beachten und Chancen zur besseren Kommunikation nutzen
	14 - 15	Markierung von Fahrwegen	
- BGV D6 Krane	17	Sicherheitsabstände zur Vermeidung von Quetsch- und Schergerfahren	
	35	Sicherheitsabstände bei ortsfest gebundenen und schienengeführten Kranen	- Abstände können schon in der Layoutplanung berücksichtigt werden
	38 - 39	Einsatz bei Gefahren durch elektrischen Strom	
Berufsgenossenschaftliche Informationen			
- BGI 523 Mensch und Arbeitsplatz	25 - 51	Schnittstelle Mensch - Technik	- durch die DF kann eine genauere Bewertung von Abständen / Belastungen in die AP -Gestaltung einfließen
	81 - 88	Physische Belastung	- durch PS können verschiedene Belastungen von Arbeitsplätzen simuliert werden
	99 - 102	Systematische Arbeitsgestaltung	- durch die DF kann eine zyklische Arbeitsgestaltung erleichtert werden

C

C. *Analysetabelle*

- a. Zusammenfassung der Schwerpunktthemen zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit
- b. Ausgewählte Use Cases zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

Zusammenfassung der Schwerpunktthemen zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

Nr.	Schwerpunktthemen	Thematik	Gesetzliche Vorschrift	HLS	MALAGA	PD	PS
1	Wege						
1.1	Verkehrswege		ArbStättV DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten				
		Anordnung	ASR 17 / 1,2 Verkehrswege DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten	X			
		Abmessungen	ASR 17 / 1,2 Verkehrswege	X			
		Kennzeichnung / Markierung	ASR 1,3 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung BGV A8 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz	X			
		Gesamthöhe / Durchfahrtshöhe	AzA C05 Fahrerinnen / Fahrer von Flurförderfahrzeugen	X			
		Auslastung der Wege			X		
1.2	Fluchtwege und Notausgänge		ArbStättV AzA E01.01 Flucht- und Rettungswege AzA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz				
		Planung von Toren und Türen	ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht und Rettungsplan ASR 1.7 Türen und Tore	X Halle		X Anlage	
		Anordnung	ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht und Rettungsplan ASR 17 / 1,2 Verkehrswege	X Halle		X Anlage	
		Abmessungen	ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht und Rettungsplan ASR 17 / 1,2 Verkehrswege	X Halle		X Anlage	
		Sammelplätze	AzA E01.01 Flucht- und Rettungswege	X Halle			
1.3	Zugänglichkeiten						
		Wege in Anlagen	AzA C21 Montage und Reparaturarbeiten im Anlagenbereich	X		X	
		Kennzeichnung der Zu- und Abgänge	AzA C21 Montage und Reparaturarbeiten im Anlagenbereich	X		X	X
		Durchgangsöffnungen	DIN EN 547-1 Sicherheit von Maschinen - Körpermaße des Menschen -	X		X	X
1.4	Geh- und Fahrwege						
		Anforderungen an gemeinsame Wege	DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten	X	X		
		Anforderungen an getrennte Wege	DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten	X	X		
2	Sicherheits- und Schutzeinrichtungen						
2.1	Schutzgitter		AzA B06 Mechanische Fertigung AzA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz				
		mindest Höhe von Zäunen		X		X	
		Schutzkreise		X			
		Anordnung		X		X	
		Schutz vor besonderen Gefahren	ArbStättV				
2.2	Lichtschranken		AzA B06 Mechanische Fertigung AzA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz				
		mindest Höhe		X		X	
		Schutzkreise		X			
		Wirkweise					X
		Anordnung		X		X	
		Schutz vor besonderen Gefahren	ArbStättV				
2.3	Not - Aus - Einrichtungen		VDI 2854 Sicherheitstechnische Anforderungen an automatisierte Fertigungssysteme AzA E01.02 Not - Aus an verketteten Fertigungsanlagen AzA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz				
		Wirkweise von Not - Aus - Schalter in Verkettungen		X			
		Visualisierung Not - Aus		X		X	X
3	Sicherheitsabstände						
3.1	Wege		AzA C02 Lager- und Stapelverordnung ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht und Rettungsplan DIN EN 349 Sicherheit von Maschinen				
		Transport		X			
		Flucht- und Rettungswege		X	X		
		Sicherheit von Maschinen		X			
3.2	Abstände im Arbeitsraum						
		Sicherheitsabstände zu Maschinen		X		X	X
		Bewegungsfreiheiten der MA		X		X	X

Zusammenfassung der Schwerpunktthemen zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

Nr.	Schwerpunktthemen	Thematik	Gesetzliche Vorschrift	HLS	MALAGA	PD	PS
4	Kennzeichnungen						
4.1	Bereiche						
		Zutritts- und Aufenthaltsverbote	BGV A1 Grundsätze der Prävention	X			
		Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan	ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht und Rettungsplan	X			
		Einteilung der Bereiche Be- und Entladen	AzA C02 Lager- und Stapelverordnung	X	X		
		Stapel von Transportmitteln	AzA C02 Lager- und Stapelverordnung	X	X		
4.2	Gefahrenstellen						
		Gefahrenschilder	AZA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz	X			
		Hindernisse und Gefahrenstellen	ASR 1.3 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung	X			
		Hinweise auf schwer erkennbare Gefahren	VDI 2854 Sicherheitstechnische Anforderungen an automatisierte Fertigungssysteme	X			
4.3	Arbeitsplatz						
		Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung	AZA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz	X			
4.4	Hindernisse						
		Lüftungen	ASR 5 Lüftungen	X		X	
4.6	BDE Bildschirme						
		Visualisierung der Betriebsdaten		X			X
5	Arbeitsplatzumgebung						
5.1	Gefährdungsbeurteilung						
			BetrSichV				
			ArbSchG				
		Bewertung der Arbeitsplätze	DIN EN ISO 6385 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen				x
		3 Zonen Bewertungssystem	DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze-				x
		Maßnahmen zum Schutz vor besonderen Gefahren	Arbeitsstättenverordnung				X
		Sicherung von hängenden Gegenständen	ASR 12/1-3 Schutz gegen Absturz und herabfallenden Gegenständen				X
5.2	Sichtverbindungen						
		Sicht nach außen	ASR 7/1 Sichtverbindung nach außen	X			
		Abmessungen von Fenstern	ASR 7/1 Sichtverbindung nach außen	X			
		Lage von Fenstern	ASR 7/1 Sichtverbindung nach außen	X			
5.3	Sozial Räume						
		Lage	ASR 29/1-4 Pausenräume ; ASR 35 / 1-4 Waschräume ; ASR 35 / 5 Toilettenräume	X			
		Beschaffenheit	ASR 29/1-4 Pausenräume ; ASR 35 / 1-4 Waschräume ; ASR 35 / 5 Toilettenräume	X			
		Aufteilung	ASR 29/1-4 Pausenräume ; ASR 35 / 1-4 Waschräume ; ASR 35 / 5 Toilettenräume	X			
5.4	Sanitätsräume						
		Anforderungen	ASR 38/2 Sanitätsräume	X			
5.5	Schutzausrüstung						
		Planung der notwendigen Schutzausrüstung	Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz				X
		Visualisierung	Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz				X
5.6	Elektrische Anlagen						
		Arbeiten in der Nähe von aktiven Bereichen	BGV A3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel				X
		Einhalten von Schutzabständen	BGV A3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel				X
6	Leistungsgewandelte Mitarbeiter						
6.1	Barrierefreiheit						
		Gestaltung für Personen mit besonderen Anforderungen	DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze -	X			X
		Rampen	DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten	X			
6.2	Arbeitsplatzgestaltung						
		Tätigkeit mit Kombination aus gehen, stehen, sitzen					X
		Entkopplung vom Takt					X
		Verringerung der psychischen Belastung					X
		Vorbeugen von berufsbedingten Erkrankungen - demographischer Wandel					X
7	Schnittstellen						
7.1	Maschine -Mensch						
		Einlegearbeiten					X
		Bedienung der Anlagen					X
		Entladen der Anlagen					X
7.2	Maschine - Verkettung						
		Be- und Entladen der Anlagen					X
		Qualitätsprüfung auf der Verkettung					X
		Betriebsarten	AzA E01.02 Not - Aus an verketteten Fertigungsanlagen				X
		Eingreiflängen					X
		Schattengitter					X
		Schutzbereiche					X
7.3	Maschine - Maschine						
		Unterschiedliche Bereiche					X
		Unterschiedliche Hersteller					X

Zusammenfassung der Schwerpunktthemen zur digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

Nr.	Schwerpunktthemen	Thematik	Gesetzliche Vorschrift	HLS	MALAGA	PD	PS
8	Auf- und Umstellinformationen						
8.1	Inbetriebnahme						
		Prüfung					
8.2	Inbetriebnahme nach Umstellung						
		Prüfung					
		Dokumentation					
9	Instandhaltung						
9.1	Wartung						
		Sicherheitsmaßnahmen	AzA Instandhaltung				X
		Visualisierung	AzA Instandhaltung	X			X
		Wartung der Anlagen (Roboter etc.)					X
		Reparatur der Anlagen					X
9.2	Inspektion						
		Sicherheitsmaßnahmen	AzA Instandhaltung				X
9.3	Instandsetzen						
		Sicherheitsmaßnahmen	AzA Instandhaltung				X
10	Feuerschutz						
10.1	Feuermelder						
		Anzahl		X			
		Anordnung		X			
10.2	Feuerlöscher						
		Anzahl	ASR 13 / 1,2 Feuerlöscheinrichtungen	X			
		Anordnung	ASR 13 / 1,2 Feuerlöscheinrichtungen	X			
10.3	Brandlasten						
		Anzahl		X			
		Anordnung		X			
11	Beleuchtung						
11.1	Sicherheitsbeleuchtung						
		Fluchtwege, Notausgänge	ASR A2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht und Rettungsplan				
			ASR 7/4 Sicherheitsbeleuchtung				
		Arbeitsplatz	ASR 7/4 Sicherheitsbeleuchtung				
11.2	Beleuchtungseinrichtungen						
		Grobschätzungen	ASR 7/3 künstliche Beleuchtung				
		Prüfung	ASR 7/3 künstliche Beleuchtung				
		Nennbeleuchtungsstärke	ASR 7/3 künstliche Beleuchtung				
12	Lärm und Vibrationen						
12.1	Lärm						
		Auslösen von Schutzmaßnahmen bei zu starkem Lärm	Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung				
12.2	Vibrationen						
		Auslösen von Schutzmaßnahmen bei zu starkem Vibrationen	Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung				
13	Arbeitsanweisungen						
13.1	Anweisungen						
		Anweisungen zu den AFO als Video					X
14	Ergonomiebetrachtung						
14.1	Gefährdungsbeurteilung						
			BetrSichV				
			ArbSchG				
		Bewertung der Arbeitsplätze	DIN EN ISO 6385 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen				X
		3 Zonen Bewertungssystem	DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen -Ergonomische Gestaltungsgrundsätze-				X
14.2	Erreichbarkeiten						
		Steuerelemente	DIN EN 894-1 Sicherheit von Maschinen -Ergonomische Anforderungen für die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen-				X
		Anforderungen durch Körpermaße, -haltung und -bewegung	DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze				X
14.3	Transport						
		Bewegen von Lasten mit Hand	AzA Transportieren mit Hand				X
		Heben von Lasten	AzA Transportieren mit Hand				X
14.4	Schnittstelle Mensch Technik						
		Belastung	BGI 523 Mensch und Arbeitsplatz				X
14.5	Barrierefreiheit						
		Gestaltung für Personen mit besonderen Anforderungen	DIN EN 614-1 Sicherheit von Maschinen -Ergonomische Gestaltungsgrundsätze-				X
		Rampen	DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten				X

Ausgewählte Use Cases zu digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

Nr.	UseCase	Thematik	Kategorie
1	Wege		
1.1	Verkehrswege		
1.1.1		Anordnung	1
1.1.2		Abmessungen	1
1.1.3		Kennzeichnung / Markierung	1
1.1.4		Gesamthöhe / Durchfahrtshöhe	1
1.1.5		Auslastung der Wege	3
1.2	Fluchtwege und Notausgänge		
1.2.1		Planung von Toren und Türen	1
1.2.2		Anordnung	1
1.2.3		Abmessungen	1
1.2.4		Sammelplätze	2
1.3	Zugänglichkeiten		
1.3.1		Wege in Anlagen	1
1.3.2		Kennzeichnung der Zu- und Abgänge	1
1.3.3		Durchgangsöffnungen	1
2	Sicherheits- und Schutzeinrichtungen		
2.1	Schutzgitter		
2.1.1		mindest Höhe von Zäunen	1
2.1.2		Schutzkreise	1
2.1.3		Anordnung	1
2.2	Lichtschranken		
2.2.1		mindest Höhe	1
2.2.2		Schutzkreise	1
2.2.3		Wirkweise	3
2.2.4		Anordnung	1
2.3	Not - Aus - Einrichtungen		
2.3.1		Wirkweise von Not - Aus - Schalter in Verkettungen	3
2.3.2		Visualisierung Not - Aus	1
3	Sicherheitsabstände		
3.1	Wege		
3.1.1		Transport	1
3.1.3		Sicherheit von Maschinen	1
3.2	Abstände im Arbeitsraum		
3.2.1		Sicherheitsabstände zu Maschinen	1
3.2.2		Bewegungsfreiheiten der MA	1
4	Kennzeichnungen		
4.1	Bereiche		
4.1.1		Zutritts- und Aufenthaltsverbote	1
4.1.3		Einteilung der Bereiche Be- und Entladen	1
4.1.4		Stapel von Transportmitteln	1
4.2	Gefahrenstellen		
4.2.1		Gefahrenschilder	3
4.2.2		Hindernisse und Gefahrenstellen	3
4.3	Arbeitsplatz		
		Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung	3
4.5	BDE Bildschirme		
		Visualisierung der Betriebsdaten	1

1	leicht Umsetzbar / hoher Nutzen
2	mit Schwierigkeiten Umsetzbar / geringen Nutzen
3	nur unter großem Aufwand umsetzbar / geringer bis hoher Nutzen

Ausgewählte Use Cases zu digitalen Unterstützung der Arbeitssicherheit

Nr.	UseCase	Thematik	Kategorie
5	Arbeitsplatzumgebung		
5.2	Sichtverbindungen		
5.2.1		Sicht nach außen	1
5.2.2		Abmessungen von Fenstern	1
5.2.3		Lage von Fenstern	1
6	Leistungsgewandelte Mitarbeiter		
6.2	Arbeitsplatzgestaltung		
6.2.1		Tätigkeit mit Kombination aus gehen, stehen, sitzen	3
6.2.2		Entkopplung vom Takt	3
7	Schnittstellen		
7.1	Maschine - Mensch		
7.1.1		Einlegearbeiten	3
7.1.2		Bedienung der Anlagen	3
7.1.3		Entladen der Anlagen	3
7.3	Maschine - Maschine		
7.3.1		Unterschiedliche Bereiche	3
7.3.2		Unterschiedliche Hersteller	3
8	Auf- und Umstellinformationen		
8.1	Inbetriebnahme		
8.1.1		Prüfung	
8.2	Inbetriebnahme nach Umstellung		
8.2.1		Prüfung	
8.2.2		Dokumentation	
9	Instandhaltung		
9.1	Wartung		
9.1.1		Sicherheitsmaßnahmen	3
9.1.2		Visualisierung	2
9.1.3		Wartung der Anlagen (Roboter etc.)	3
9.1.4		Reparatur der Anlagen	3
9.2	Inspektion		
9.2.1		Sicherheitsmaßnahmen	3
9.3	Instandsetzen		
9.3.1		Sicherheitsmaßnahmen	3
11	Beleuchtung		
11.1	Sicherheitsbeleuchtung		
11.1.1		Fluchtwege, Notausgänge	
11.1.2		Arbeitsplatz	
11.2	Beleuchtungseinrichtungen		
11.2.1		Grobschätzungen	
11.2.2		Prüfung	
11.2.3		Nennbeleuchtungsstärke	
12	Lärm und Vibrationen		
12.1	Lärm		
		Auslösen von Schutzmaßnahmen bei zu starkem Lärm	
13	Arbeitsanweisungen		
13.1	Anweisungen		
		Anweisungen zu den AFOs als Video	3
14	Ergonomiebetrachtung		
14.2	Erreichbarkeiten		
14.2.1		Steuerungselemente	3
14.2.1		Anforderungen durch Körpermaße, -haltung und -bewegung	3
14.3	Transport		
14.3.1		Bewegen von Lasten mit Hand	3
14.3.2		Heben von Lasten	3
14.4	Schnittstelle Mensch Technik		
		Belastung	3

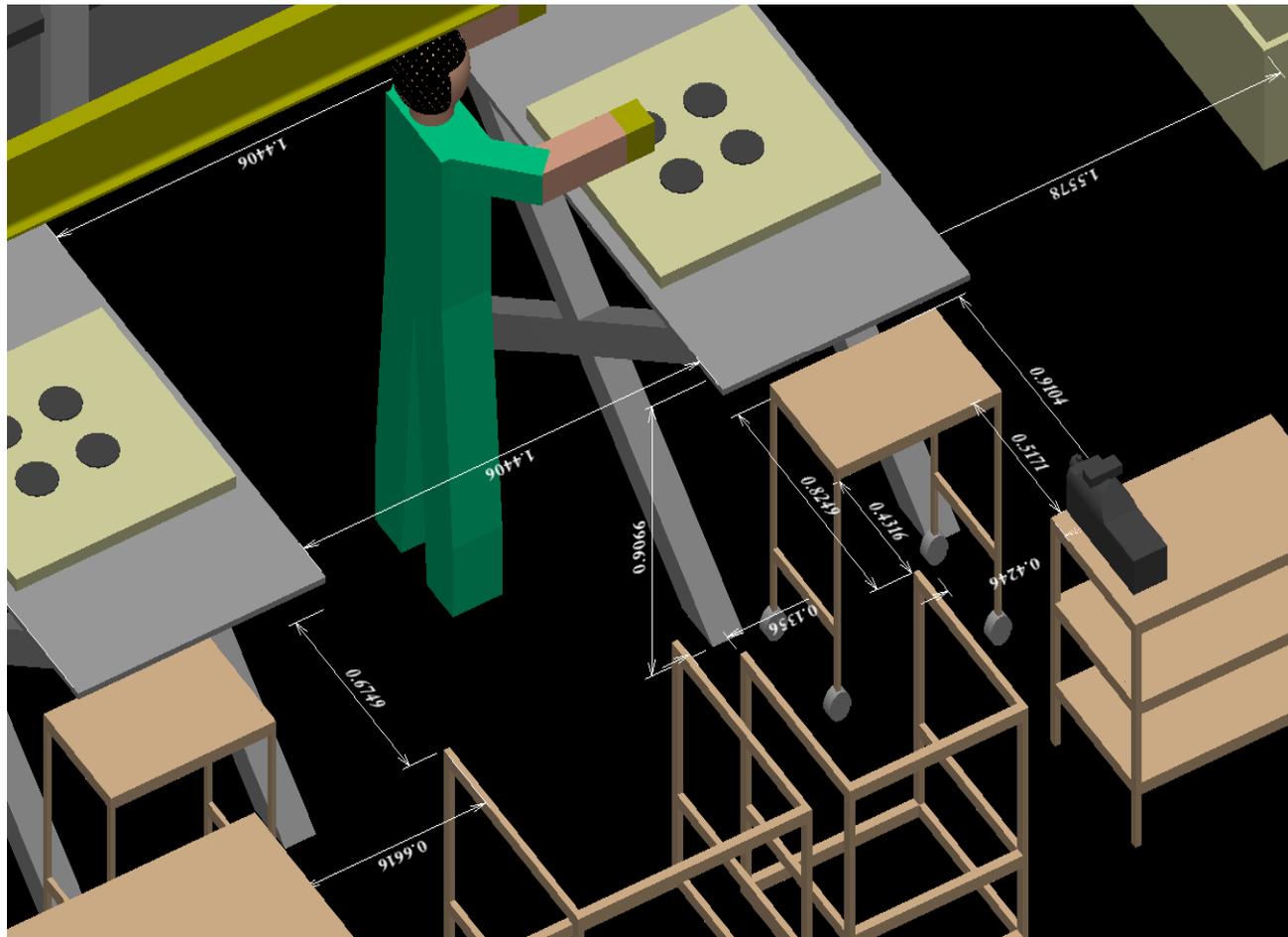
1	leicht Umsetzbar / hoher Nutzen
2	mit Schwierigkeiten Umsetzbar / geringen Nutzen
3	nur unter großem Aufwand umsetzbar / geringer bis hoher Nutzen

D

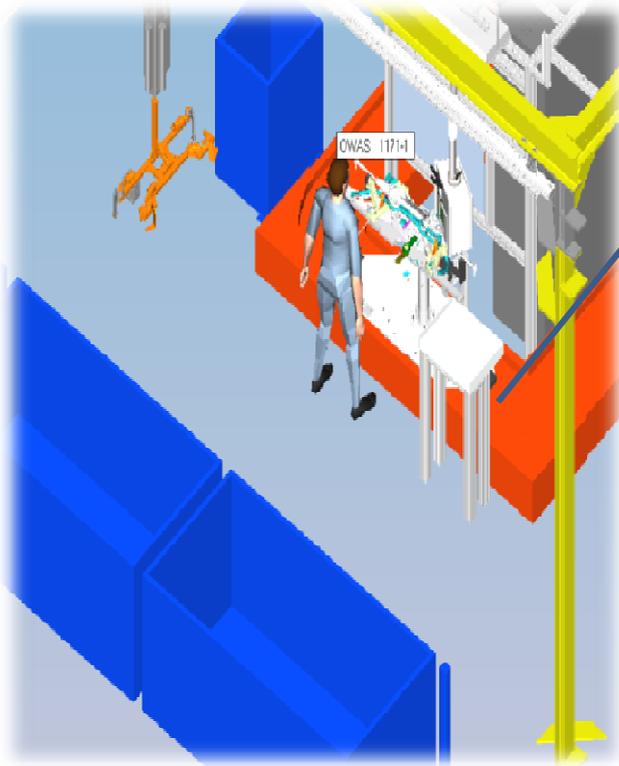
D. Machbarkeitsanalyse

- a. Arbeitsplatz mit, im HLS, eingezeichneten Sicherheitsabständen
- b. Bilderfolge: Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes
- c. Bilderfolge: Process Simulate Simulation einer Roboterzelle
- d. Portfolio – Einteilung aller untersuchten Use Cases inkl. Unterpunkte
- e. Portfolio – Einteilung der Use Cases nach Programmen
- f. Portfolio – Abbildung der zu überführenden Use Cases

Arbeitsplatz mit, im HLS, eingezeichneten Sicherheitsabständen

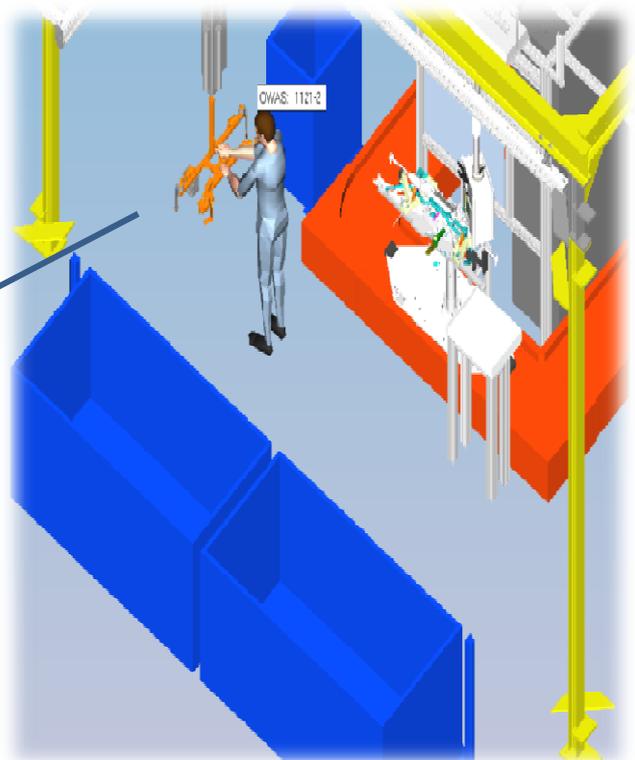


Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes

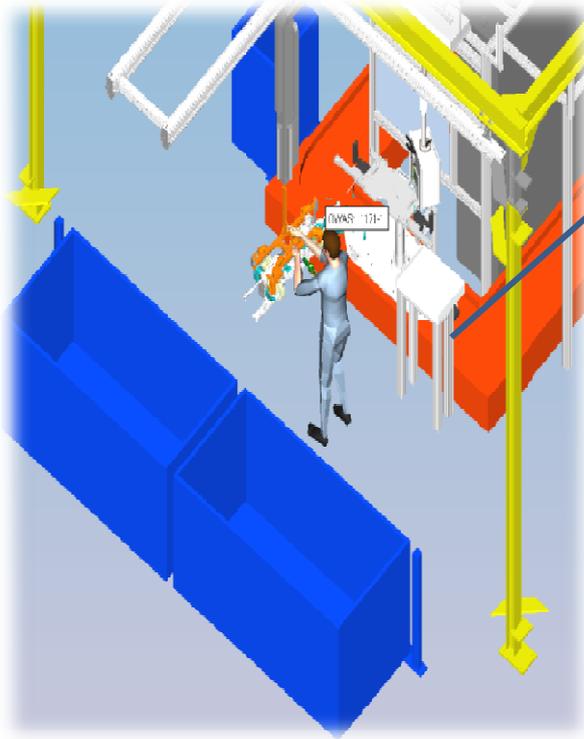


In dieser Bilderfolge ist eine Simulation zweier Arbeitsplätze dargestellt. In der Simulation wurde die, an den Arbeitsplätzen bestehende, Belastung für die Mitarbeiter abgebildet. Der MA nimmt im ersten Schritt den Werkstückträger auf. Dieser ist im oberen linken Rand des Bildes zu sehen.

Wie in diesem Bild gezeigt, folgt das Menschmodell den Arbeitsfolgen, die ein MA an der realen Anlage ableisten muss. Das Textfeld oberhalb des Menschmodells zeigt einen OWAS-Code. Bei der OWAS Methode handelt es sich um eine Methode zur Klassifizierung von Arbeitshaltungen. Im Laufe der Simulation ändert sich dieser Code, je nach bestehender Belastung

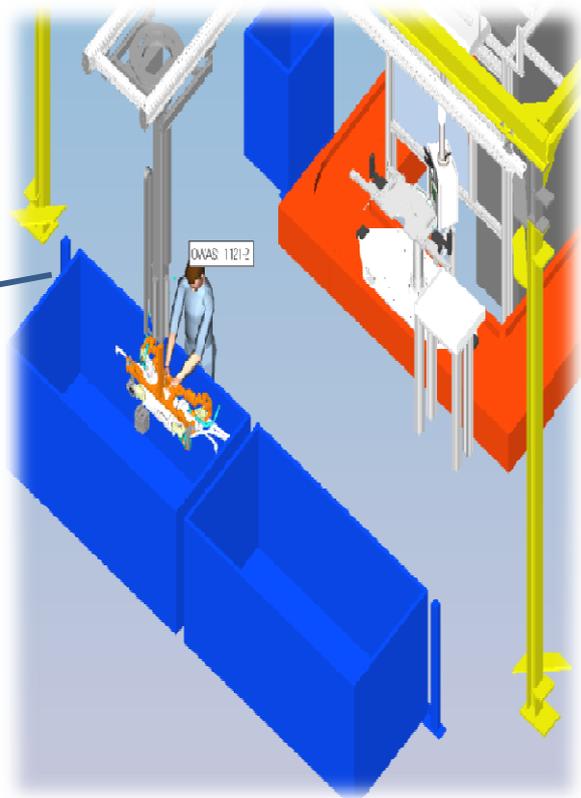


Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes



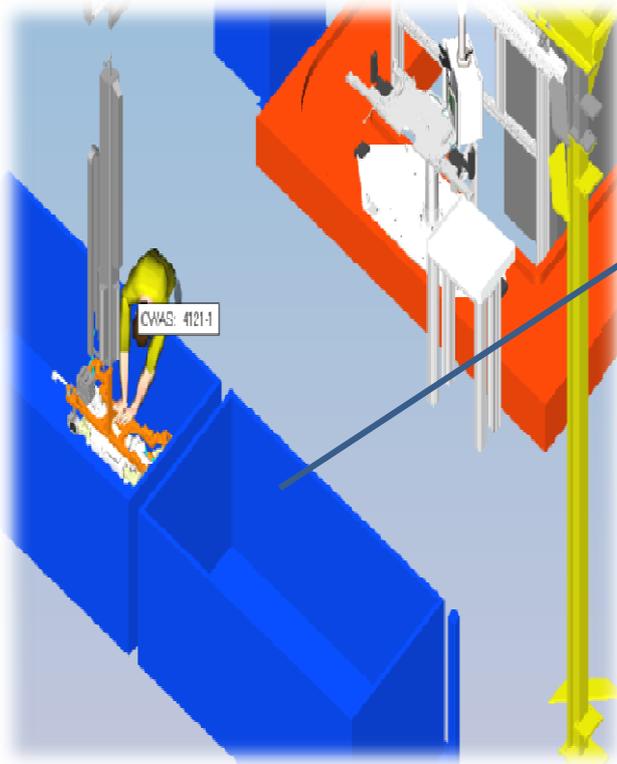
In diesem Bild ist gezeigt, wie der MA das Bauteil, zusammen mit dem Werkstückträger, aus seiner ursprünglichen Position entnommen hat.

Durch die blaue Färbung des Mitarbeiters in der Simulation wird gezeigt, das sich die Belastung in einem zulässigen Rahmen befindet.



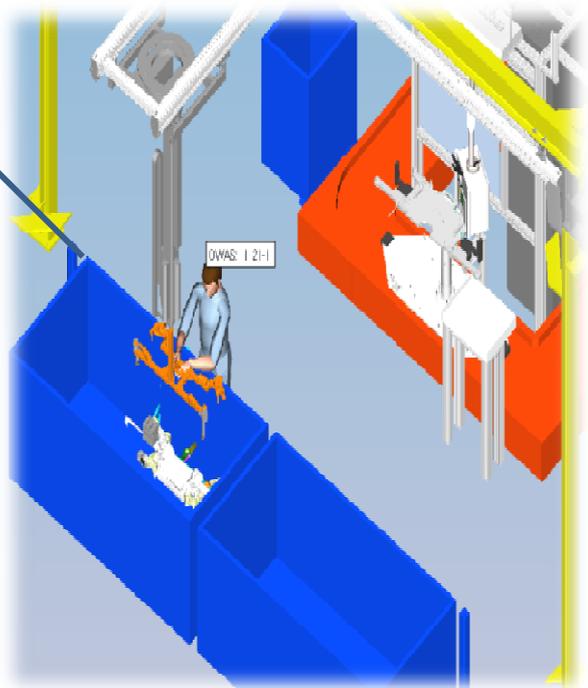
In diesem Bild ist zu sehen, wie der MA das Bauteil in den dafür vorgesehenen Behälter legt. Der Angezeigte OWAS Code hat sich zu diesem Zeitpunkt verändert. Die Belastung an dieser Position befindet sich jedoch immer noch im zugelassenen Bereich. Die Frage, die sich stellt, ist ob die Belastung sich wesentlich ändert, wenn der MA das Bauteil ablegt.

Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes

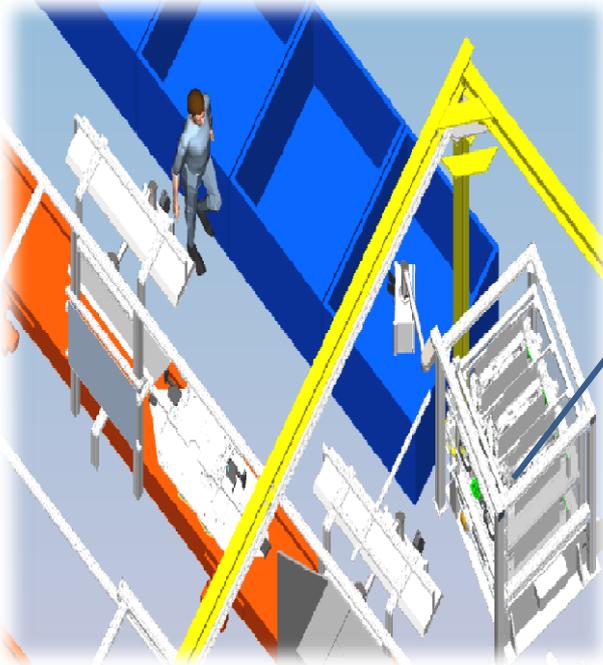


In dieser Situation muss sich der MA tief bücken um das Bauteil in den Behälter abzulegen. Wie in diesem Bild, durch die gelbe Färbung des Menschmodells und des OWAS Code, zusehen liegt die Belastung in einem kritischen Bereich. Diese Belastung tritt schon bei der ersten Durchführung dieser AFO auf. Während seiner Arbeitszeit muss der MA die AFO allerdings viele hundertmale wiederholen. Die Belastung zeigt also mit zunehmender Arbeitszeit an. Diese Überlagerung von Belastungen können durch eine Simulation nicht abgebildet werden.

Im nächsten Schritt hat sich der MA wieder aufgerichtet und die Belastung ist gesunken. Der MA hat das Bauteil in den Behälter abgelegt und kann nun den Werkstückträger wieder in seine ursprüngliche Position zurückführen. Die Simulation hat gezeigt, dass die Bewegungsreihenfolge, die der MA ausführen muss, starke Belastungen mit sich bringt. An diesem Arbeitsplatz könnte mit Hilfe einer Simulation untersucht werden, ob durch eine Veränderung an der Behälteraufstellung die Belastung für den MA reduziert werden kann. Eine denkbare Möglichkeit wäre die Behälter um einen bestimmten Winkel an zu kippen.

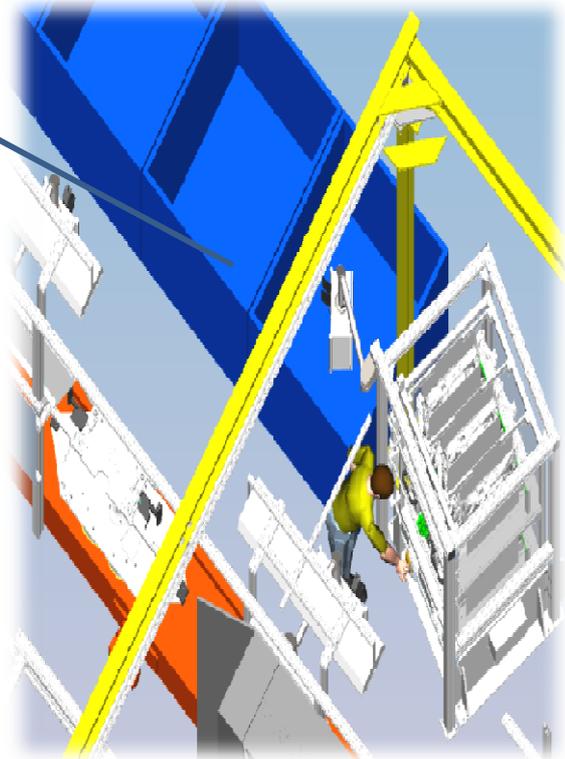


Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes

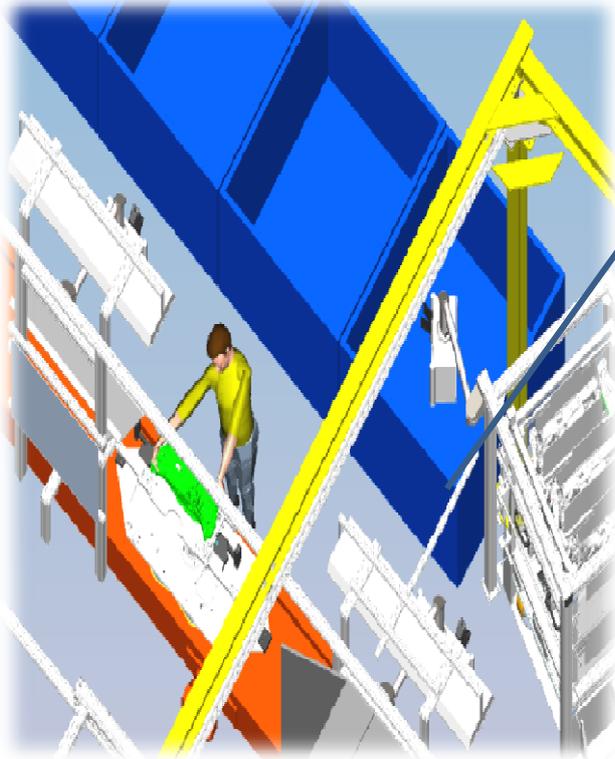


An diesem Arbeitsplatz muss der MA Teile aus dem Behälter, am rechten Bildrand zu sehen, entnehmen und sie auf den Werkstückträger platzieren. Der Werkstückträger ist etwas unterhalb des Menschmodell abgebildet.

In diesem Bild ist gut zu sehen wie der Mitarbeiter sich bewegen muss um an das Bauteil zu gelangen. Auch hier zeigt die gelbliche Färbung an, das die Belastung für den MA außerhalb des vertretbaren Rahmen liegt. An dieser Position sollten Maßnahmen getroffen werden um die Belastung für den MA zu reduzieren. Diese Erkenntnis wird durch die Simulation schon sehr früh im Planungsprozess gewonnen. Der Arbeitsplatz kann unter ergonomischen Gesichtspunkten optimiert werden, bevor die realen Arbeitsplätze geschaffen werden.

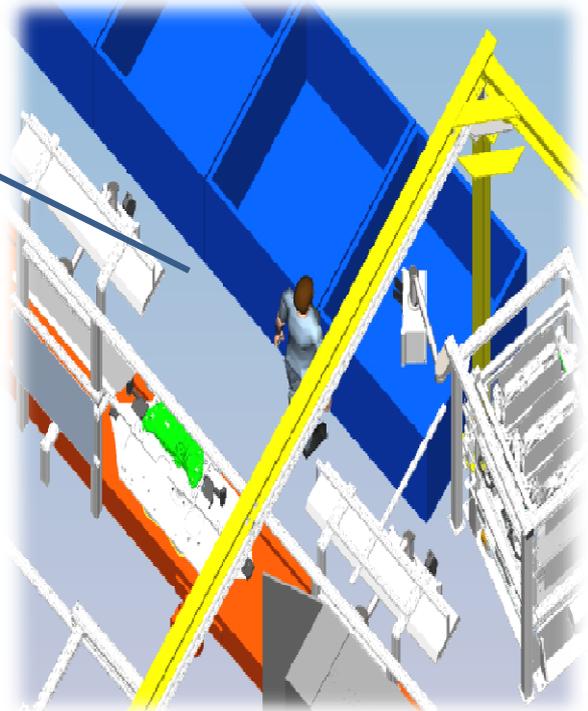


Process Simulate Simulation eines Arbeitsplatzes



An diesem Arbeitsplatz ist auch die folgende AFO, das auflegen des Bauteils auf den Werkstückträger, durch eine erhöhte Belastung für den MA gekennzeichnet. Die Belastung entsteht hier entweder durch die Höhe der Einlegearbeit oder aber durch das zu hohe Gewicht des Bauteils.

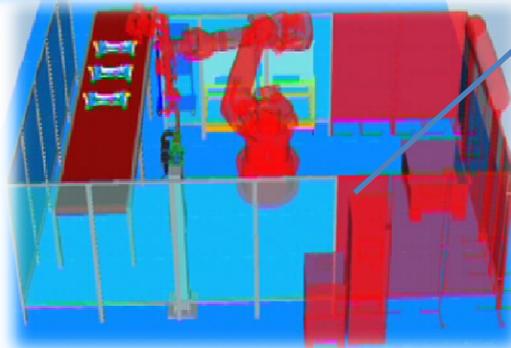
Dieses Bild zeigt das Ende der AFOs an diesem Arbeitsplatz. In der entsprechenden Taktzeit legt der MA erneut ein Bauteil auf den Werkstückträger. Durch die in diesen Bilderfolgen gezeigten Simulationen können die Anforderungen aus dem Use Case 14 Ergonomiebetrachtung abgebildet werden. Allerdings muss dazu genau geklärt werden, was einen ergonomischen Arbeitsplatz ausmacht und wie dieser gestaltet werden muss. Dabei sind auch, die Anforderungen leistungsgewandelter Mitarbeiter zu berücksichtigen.



Process Simulate Simulation einer Roboterzelle



Hier ist eine Roboterzelle mit der vorhandenen Schutztür zusehen. Der Roboter nimmt Teile von der Verkettung und legt diese in den Behälter, am rechten Bildrand, ab. Diese Zelle wurde, unter dem Einsatz von Process Simulate, einer Analyse unterzogen. In diesem Layout muss der MA einmal quer durch den Sicherheitsbereich gehen um an die betreffende Stelle zu kommen. Der Bereich, der von dem MA durchquert werden muss, stellt auch gleichzeitig den Bewegungsbereich des Roboters dar.

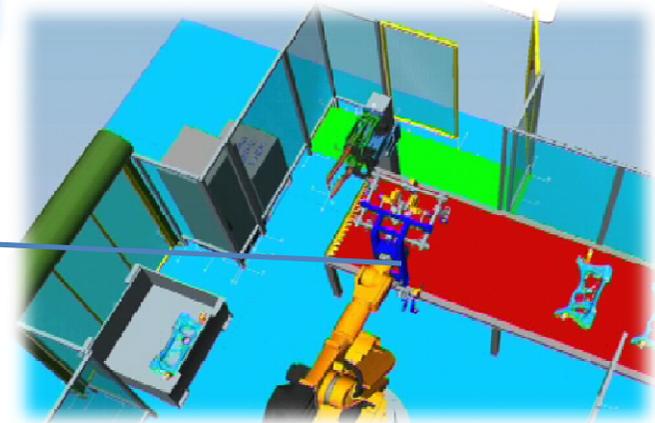


Der, in diesem Bild, rot markierte Bereich, kann durch eine Flächenoptimierung eingespart werden. Durch diese Optimierung werden 2 Veränderungen realisiert.

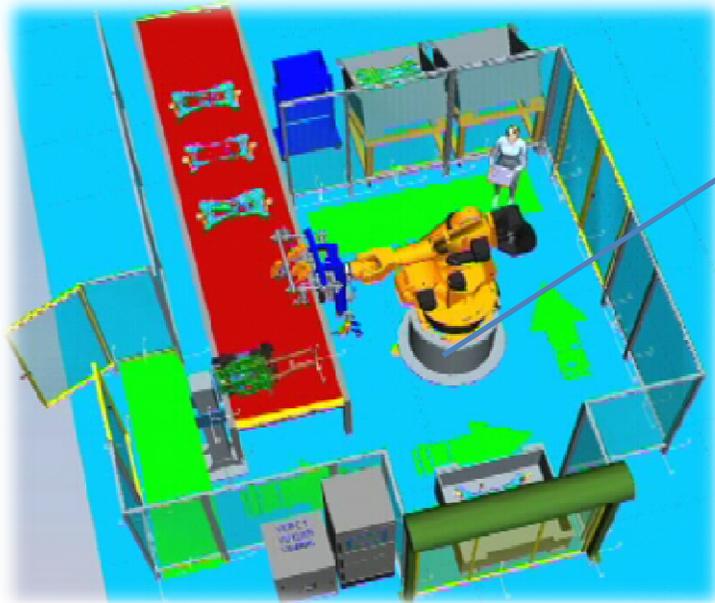
1. muss das Rolltor, an der der Warenbehälter, neu platziert werden.
2. muss die Schutztür an einer neuen Stelle aufgebaut werden.

Die weiteren Elemente innerhalb der Roboterzelle bleiben unverändert bestehen.

In diesem Bild ist, am oberen Rand, die neu platzierte Schutztür erkennbar. Der sichere Bereich, in dem der MA zukünftig Wartungsarbeiten durchführen kann, ist in grün gekennzeichnet. Im Gegensatz zu dem bisherigen Wartungsbereich muss der MA kaum in den sicheren Bereich ein greifen um die Wartung durchzuführen. Die Bewegungsfreiheit des Roboters hat keine Berührungspunkte mit dem Bereich, in dem die Wartung durchgeführt wird.



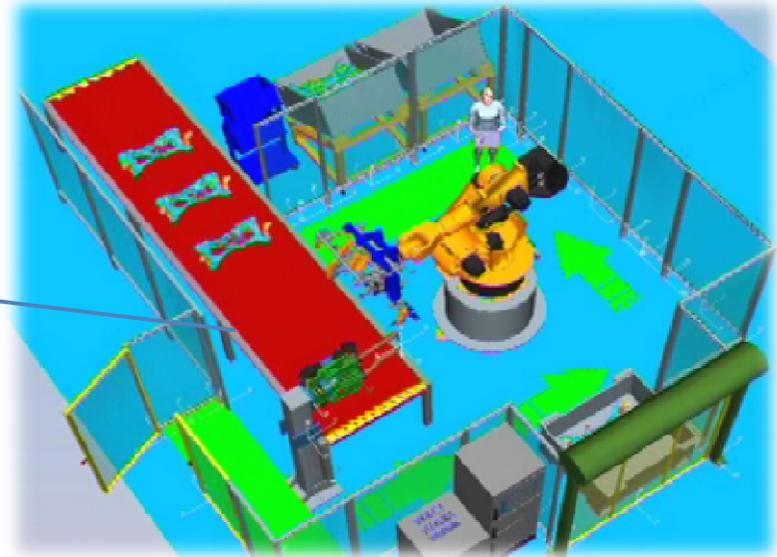
Process Simulate Simulation einer Roboterzelle



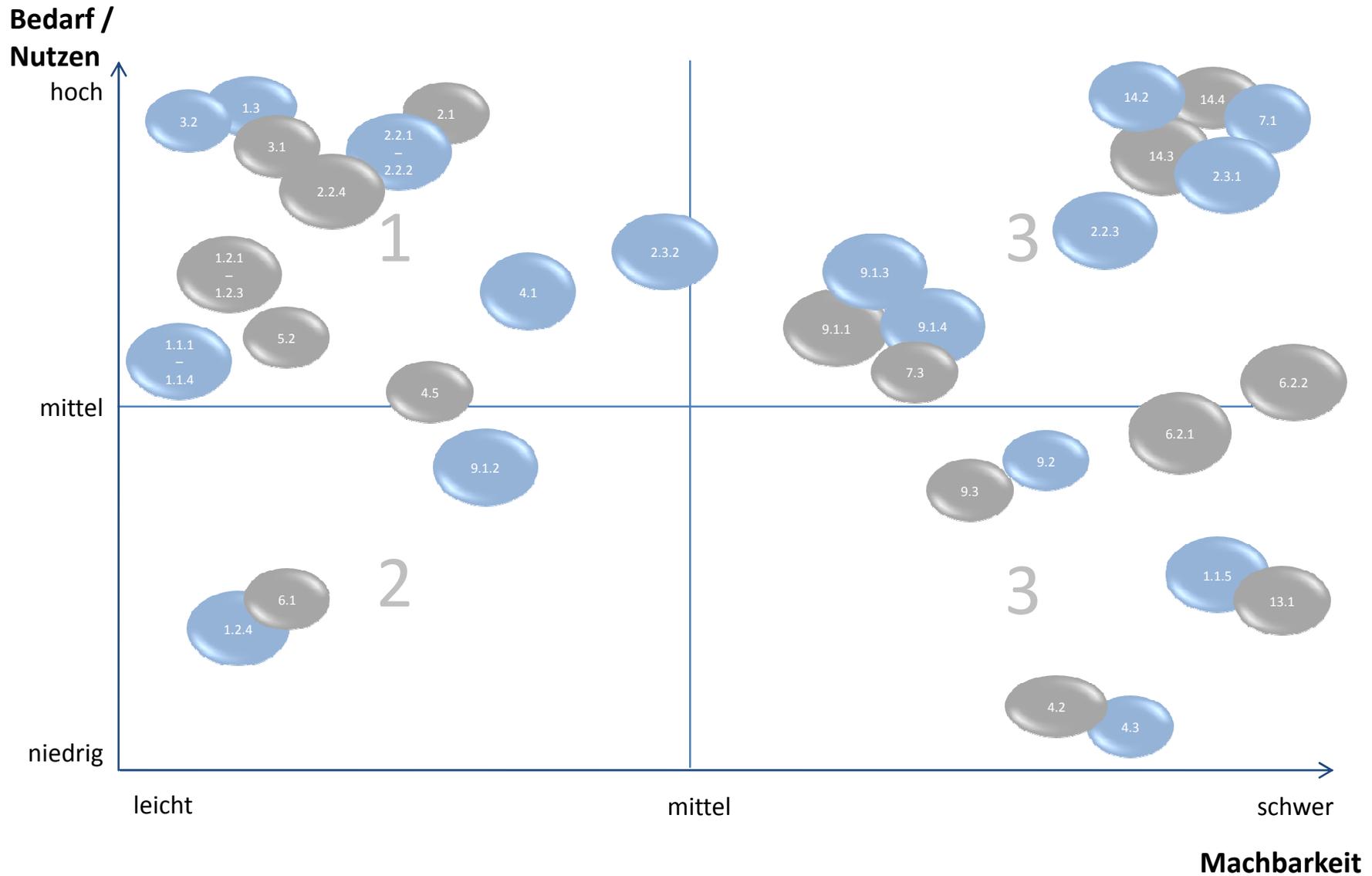
In diesem Bild ist der Weg gekennzeichnet, den ein MA durchqueren muss, um in einem sicheren Bereich Programmierungen an dem Roboter vorzunehmen. Am oberen rechten Bildrand ist noch eine weitere Schutztür zu sehen. Durch die Simulation konnte nachgewiesen werden, dass diese Schutztür nicht weiter benötigt wird. Das Einsparen der zweiten Schutztür hat zwei Vorteile:

1. Ist eine Schutztür besser einsehbar. Der MA innerhalb der Zelle läuft nicht Gefahr, dass ein anderer MA ausversehen die zweite Tür schließt und somit die Abschaltung des Roboters überbrückt
2. stellt eine solche Schutztür auch einen Investitionsfaktor dar, der vermieden werden kann. Dies kann aber nur geschehen, wenn abgesichert ist, dass die Tür tatsächlich nicht benötigt wird und die Sicherheit des MA gewährleistet ist.

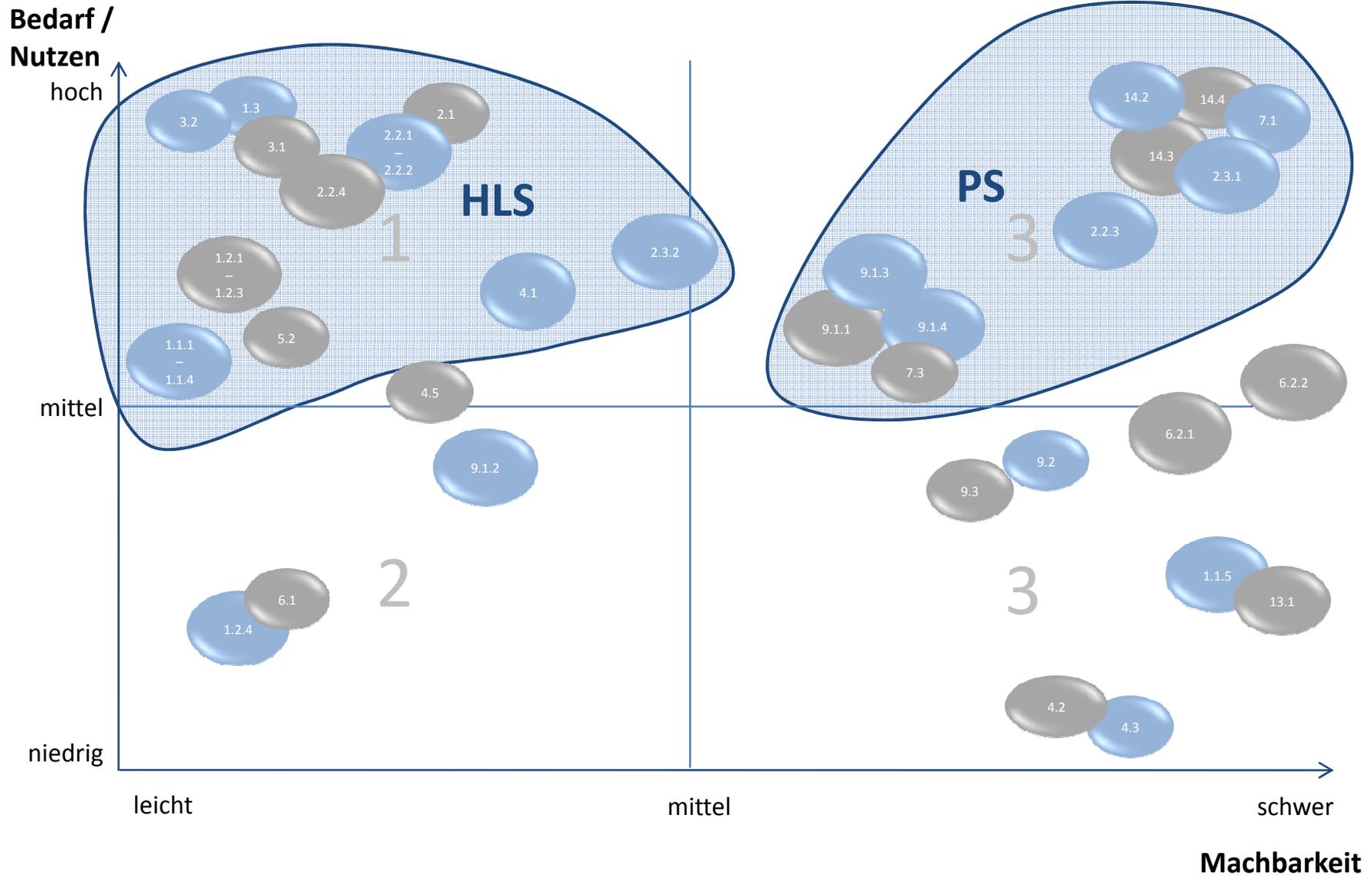
Hier ist die neu gestaltete Roboterzelle, mit den eingezeichneten sicheren Bereichen, zu sehen. Der neue Bereich ist so ausgelegt, dass Wartungsarbeiten und Programmierungen an sicheren Orten ausgeführt werden können. Durch die Simulation mit Process Simulate konnte gezeigt werden, dass die vorgenommenen Veränderungen nicht nur eine optimierte Flächennutzung sondern auch ein sicheres Arbeiten für den MA bedeuten.



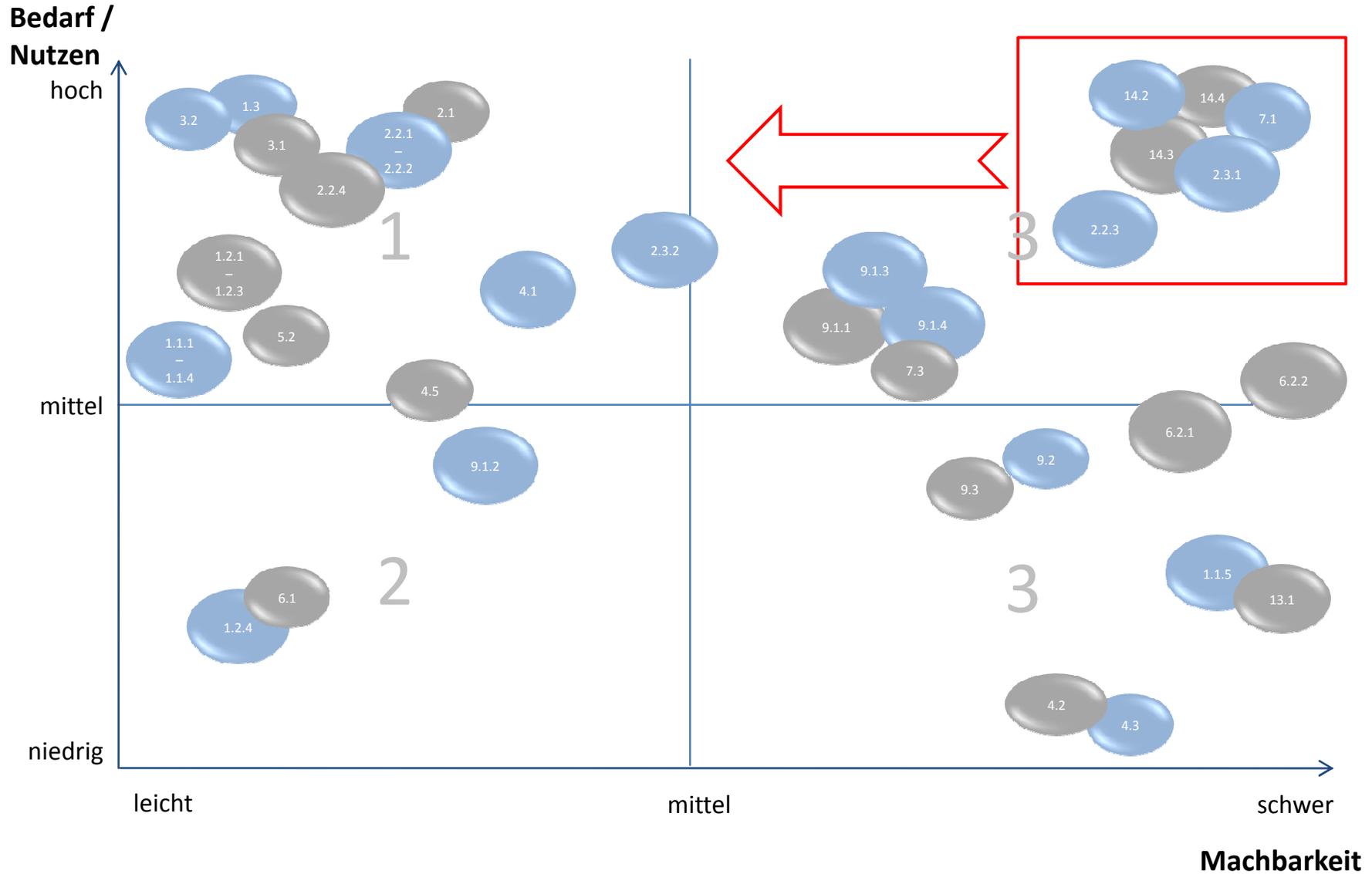
Portfolio – Einteilung aller untersuchten Use Cases inkl. Unterpunkten



Portfolio – Einteilung der Use Cases nach Programmen



Portfolio – Abbildung der zu überführenden Use Cases



E

E. Operativer Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit

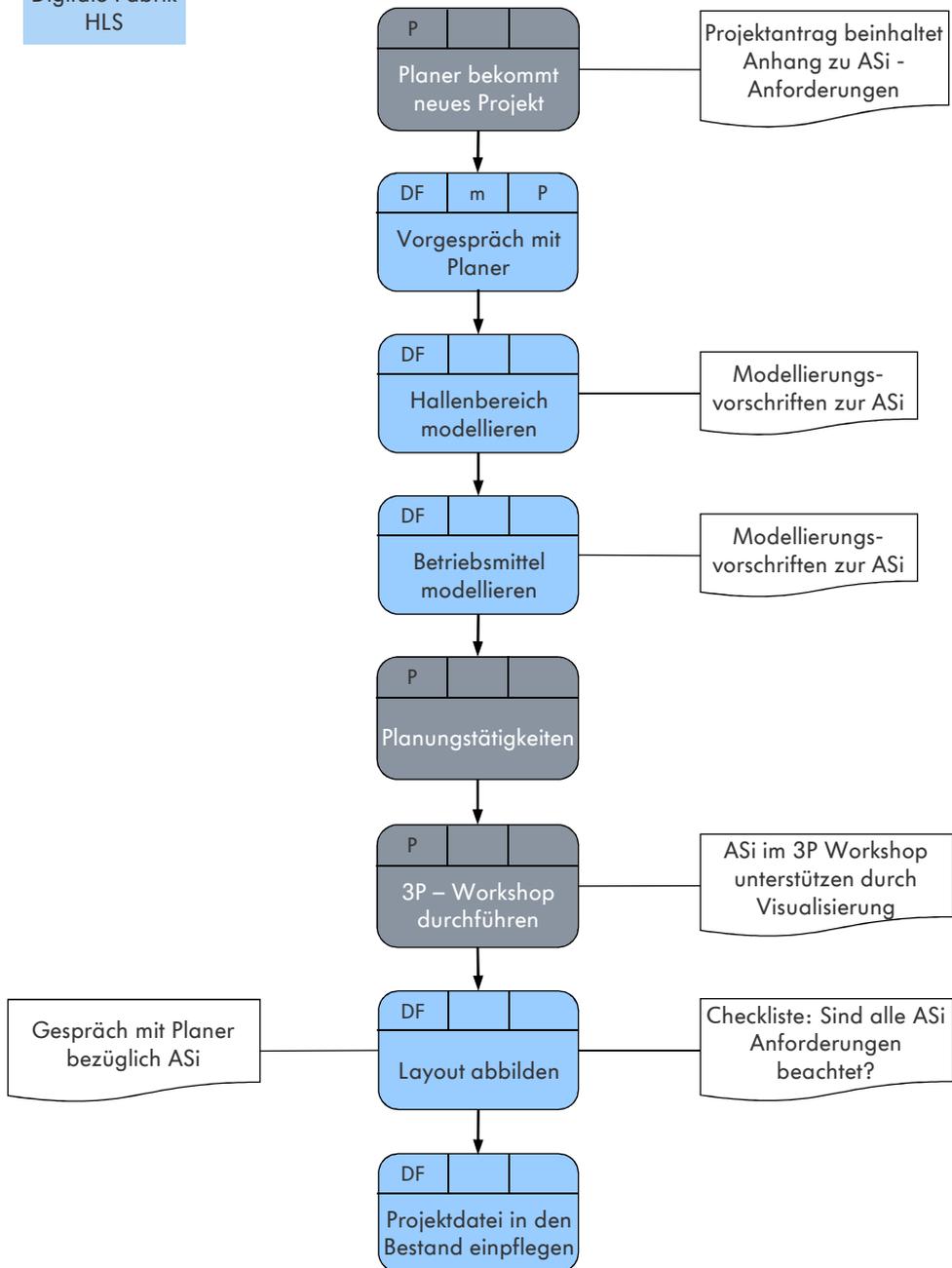
- a. Prozess der Digitalen Fabrik
- b. Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit
- c. Prozess zum operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit inkl. Phaseneinteilung
- d. Teilprozess 1 – Umfang ASi Infrastruktur modellieren
- e. Teilprozess 2 – Umfang ASi Betriebsmittel modellieren
- f. Don't Panic – Arbeitssicherheit -
- g. Handbuch „Digitale Arbeitssicherheit“
- h. Personalbedarfsermittlung zum operativen Einsatz der DF in der ASi
- i. Bilderfolge und Prozessstandards zum Fallbeispiel „Projekt A“
- j. Bilderfolge und Prozessstandards zum Fallbeispiel „Projekt B“

Prozess der Digitalen Fabrik

- Einsatzpunkte einer digitalen ASi -

Planer

Digitale Fabrik
HLS



DF: Digitale Fabrik
m: mündlich
P: Planer

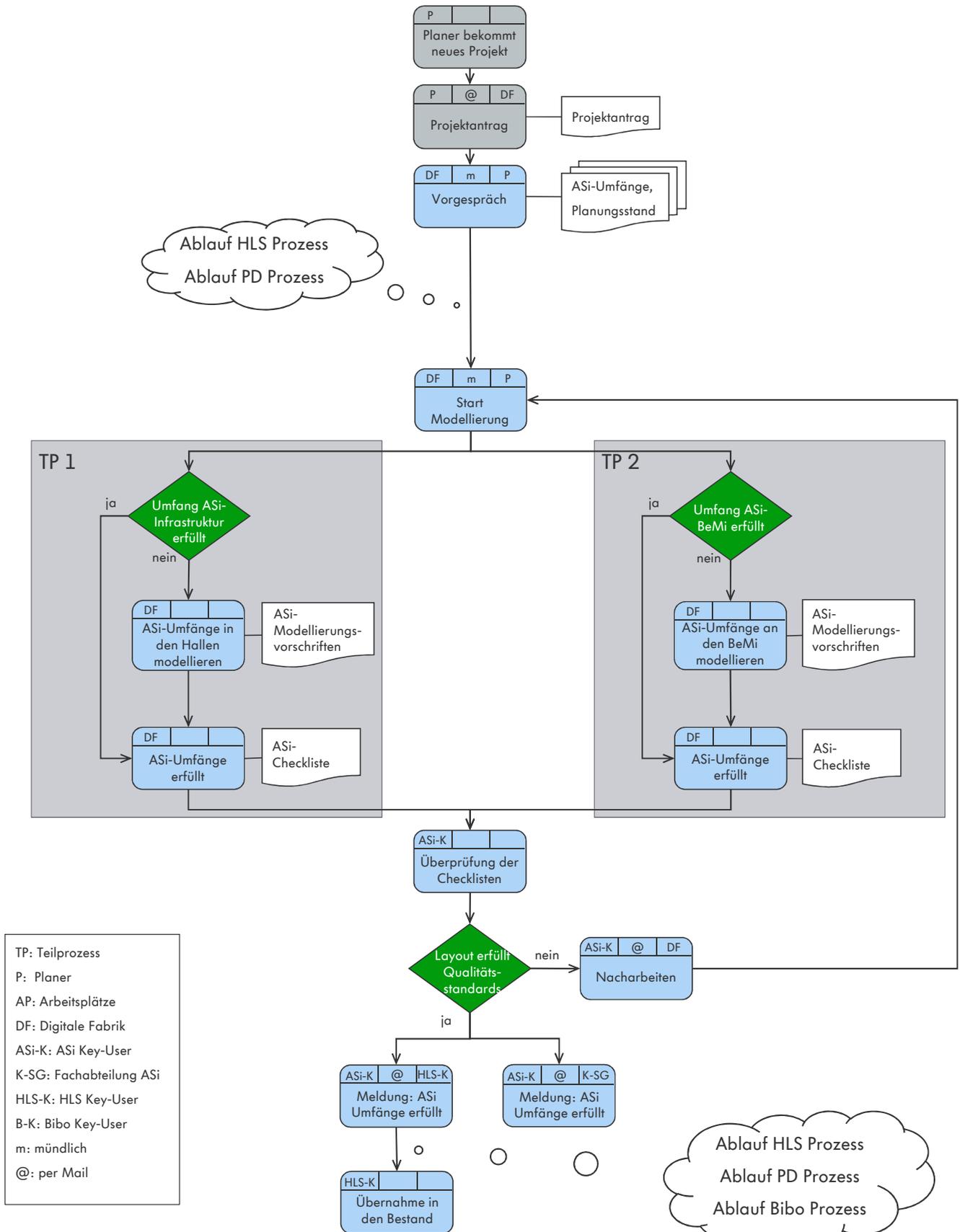


KOMPONENTE

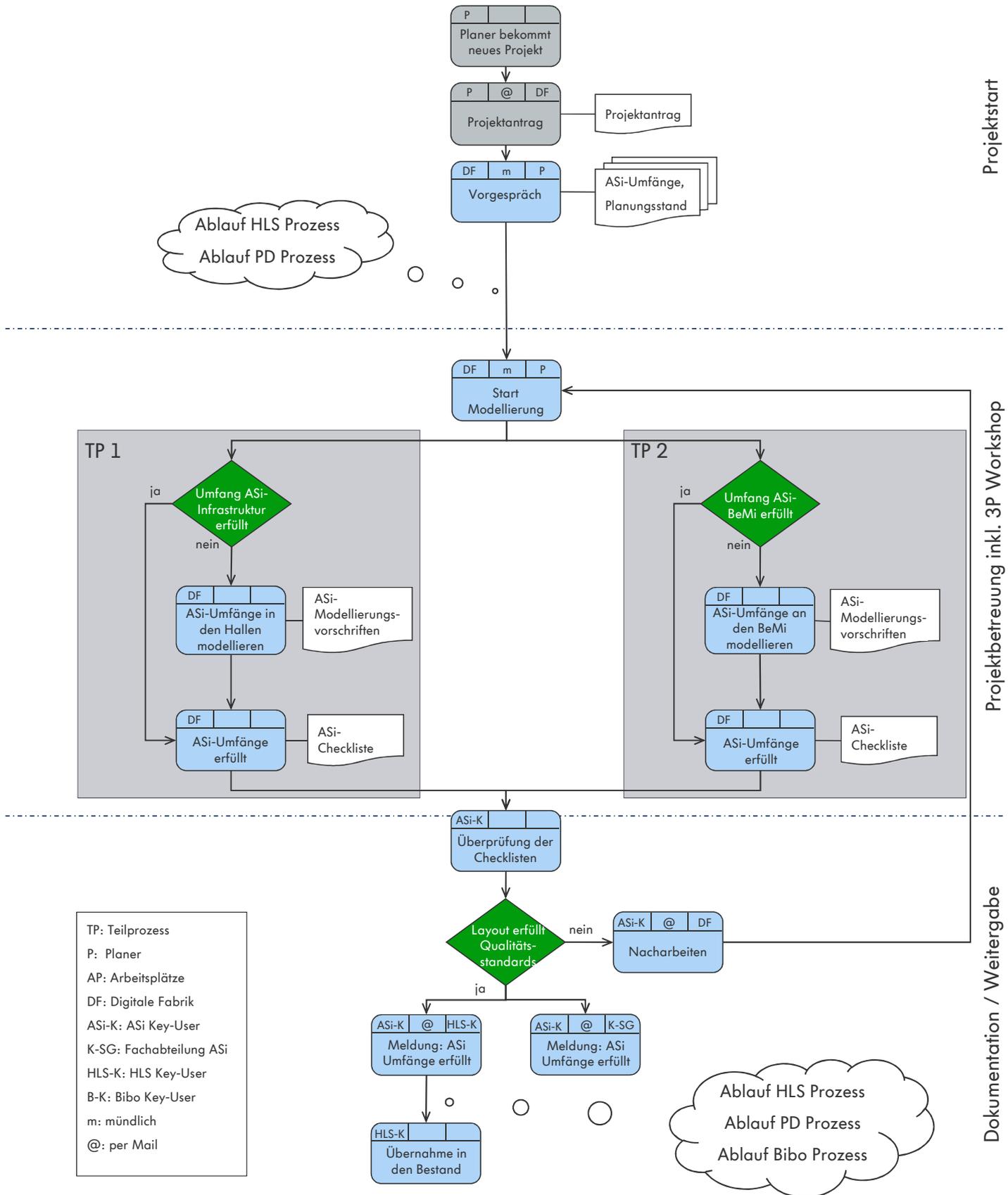
WERK Braunschweig



Prozess zum operativen Einsatz der DF in der ASi

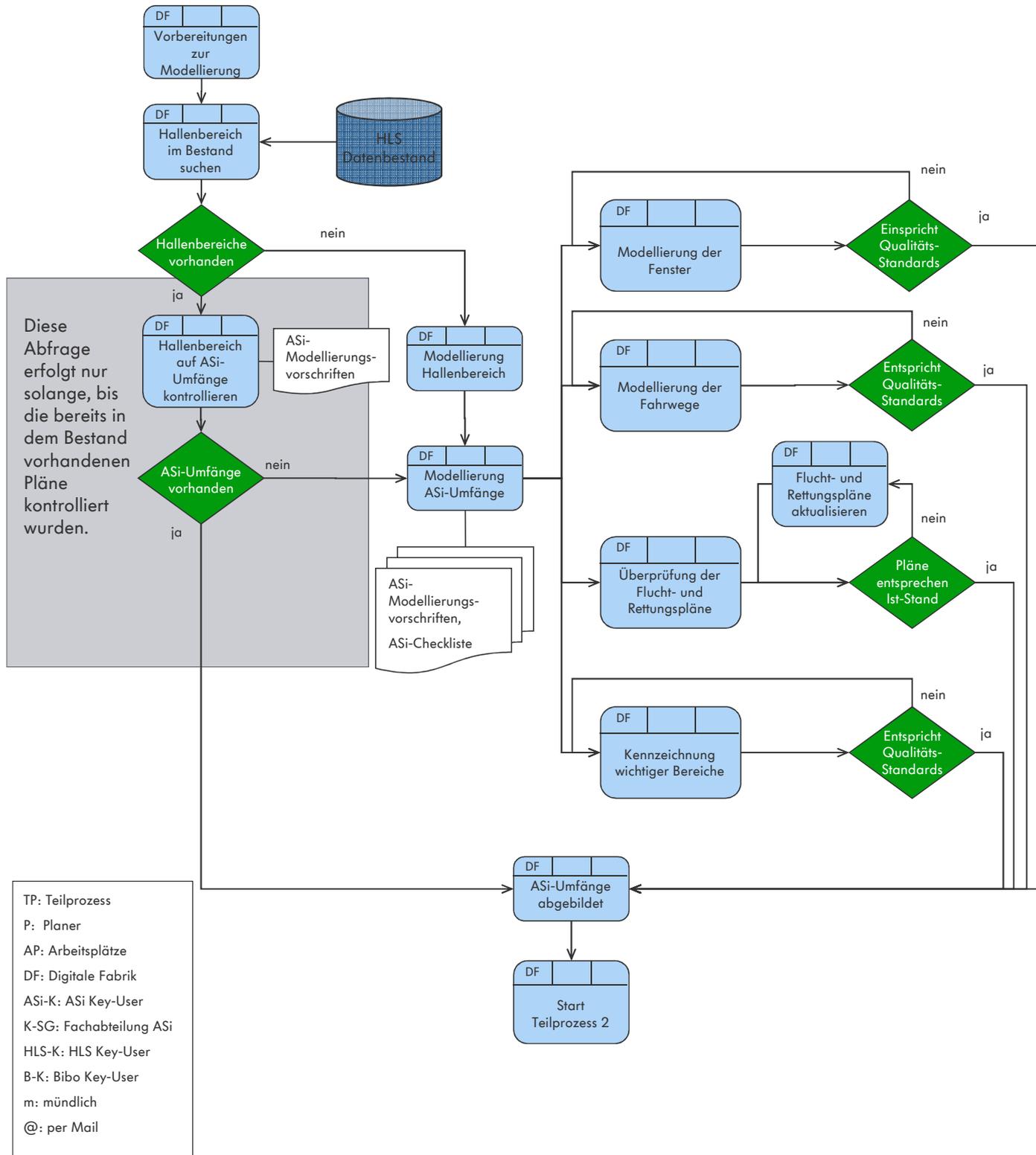


Prozess zum operativen Einsatz der DF in der ASi



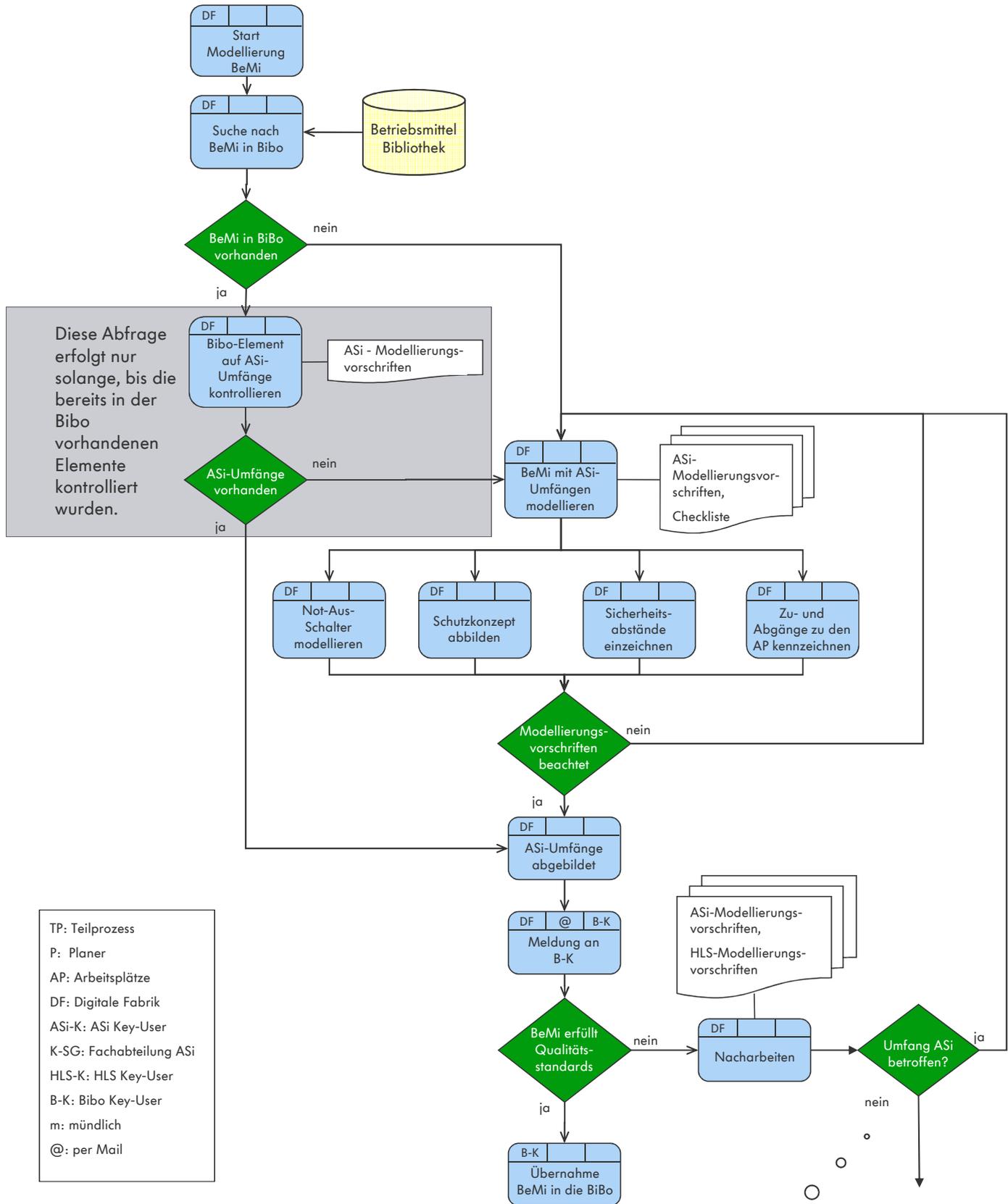
Prozess zum operativen Einsatz der DF in der ASi

Teilprozess 1 – Umfang ASi Infrastruktur modellieren



Prozess zum operativen Einsatz der DF in der ASi

Teilprozess 2 – ASi Umfang Betriebsmittel (BeMi) modellieren



- TP: Teilprozess
- P: Planer
- AP: Arbeitsplätze
- DF: Digitale Fabrik
- ASi-K: ASi Key-User
- K-SG: Fachabteilung ASi
- HLS-K: HLS Key-User
- B-K: Bibo Key-User
- m: mündlich
- @: per Mail





Don't Panic HLS - Arbeitssicherheit -

1.7 Ebenen der Pläne

In den Plänen kann man einzelnen Elementen bestimmte Ebenen zuweisen. Eine Ebene ist eine Art Gruppenzugehörigkeit. Die Ebenenzuweisung dient einer besseren Visualisierung einzelner Elemente. Die zur Auswahl stehenden Ebenen sind Planart-abhängig. So werden z.B. im E3-Plan alle Transportbänder (auf dem Hauptlevel) in der Ebene PA_FT Verkettung Flur oder im A1-Plan alle Stützen in der Ebene A_1 Stahlbau Hauptträger zusammengefasst. Dadurch können durch Ausblenden aller anderen Ebenen nur die Verkettungen angezeigt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Ebenen aus referenzierten Plänen ein- und auszublenden. Referenziert man sich zu einem Anlagenmodell die entsprechende Halle, kann man sich nur die Hauptträger der Halle anzeigen lassen, so dass man die Anlage zwischen den Hallenstützen platzieren kann.

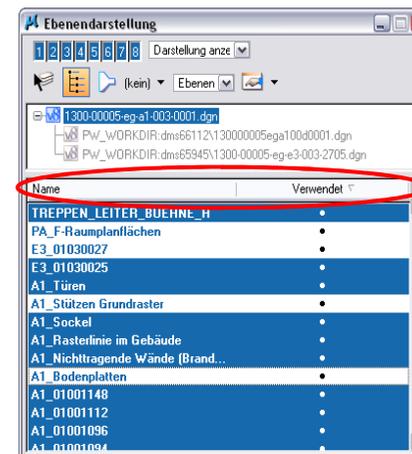
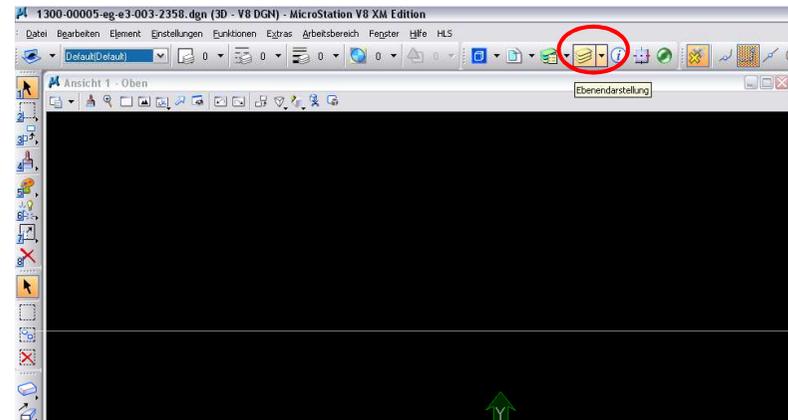
1.7 Ebenen der Pläne

1.7.1 Ebenen ein-/ausblenden (1)

Durch Öffnen des Fenster „Ebenendarstellung“ können einzelne Ebenen ein- und ausgeblendet werden.

In dem geöffneten Fenster können sowohl Ebenen der Zeichnungsdatei, als auch der angehängten Referenzen ein- und ausgeblendet werden, indem die blaumarkierten Ebenen angewählt werden.

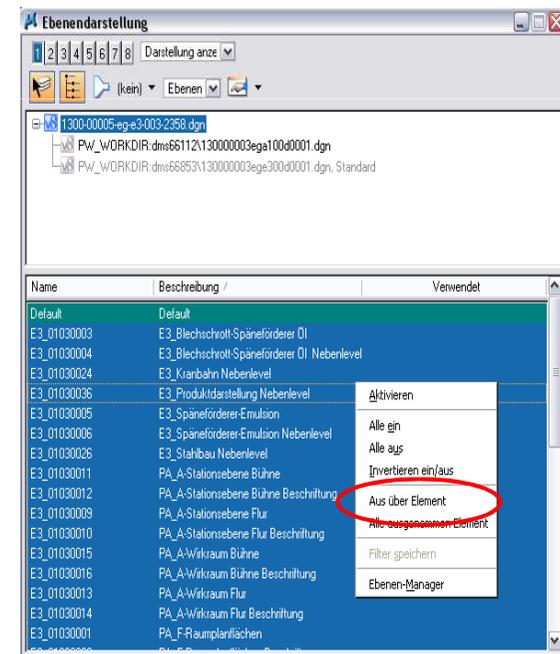
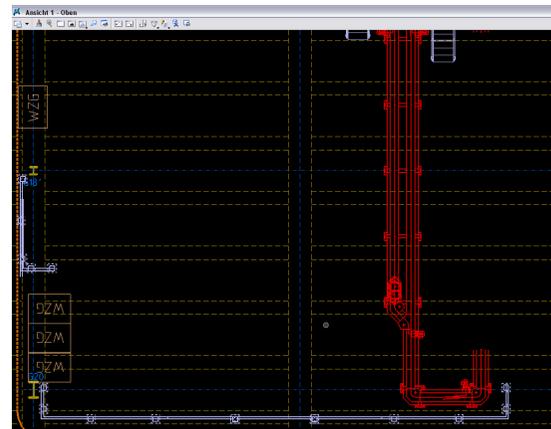
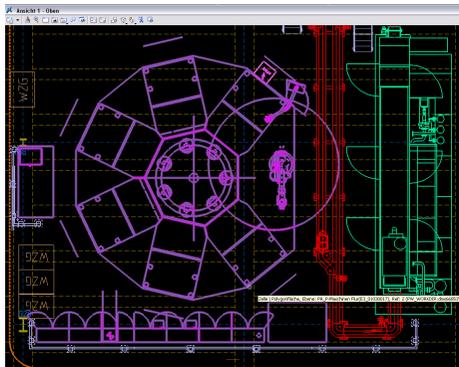
Über RMK sind folgende Funktionen möglich: Alle Ebenen ein/aus, invertiere ein/aus



1.7 Ebenen der Pläne

1.7.1 Ebenen ein-/ausblenden (2)

Über die Funktion „Aus über Element“ (Klick rechte Maustaste in die Ebenenliste) können durch Anwählen einzelner Anlagenteile deren Ebene ausgeblendet werden

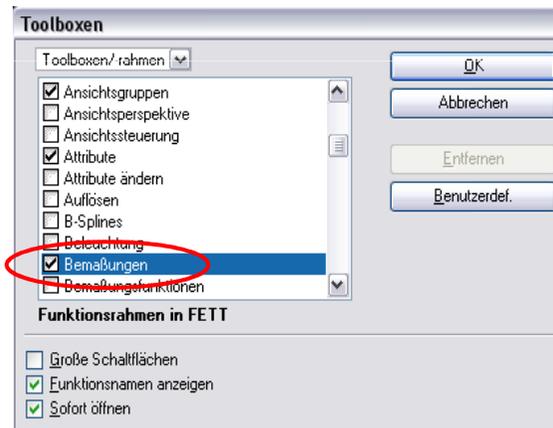
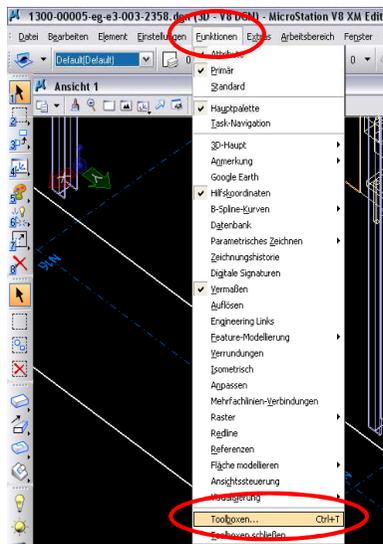


1.8 Messen in Plänen

1.8.3 Bemaßen

Um in Plänen bemaßen zu können sollte die Toolbox „Bemaßung“ aktiviert sein.

Diese kann über „Funktionen“ → „Toolboxen“ → „Bemaßung“ angewählt werden.

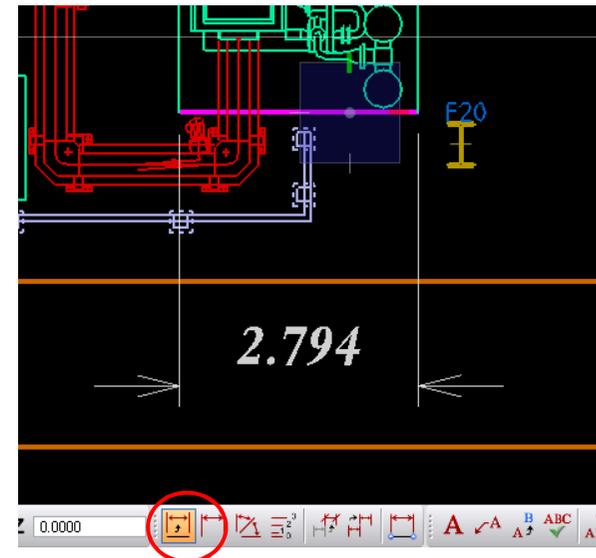


1.8 Messen in Plänen

1.8.4 Elemente bemaßen

Um Elemente zu bemaßen wählt man die gewünschte Bemaßungsfunktion über die Toolbox aus.

Um Schriftgröße oder Nachkommastellen zu wählen, klickt man vor dem Bemaßen auf das Lupensymbol im Fenster „Element Bemaßung“. Nun öffnet sich das Fenster Bemaßungsstile. Dort stellt man die gewünschten Werte ein.

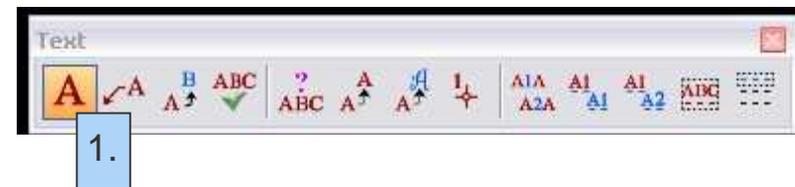


Einfügen von Texten Beschriftungen

Über die **Toolbox Text** können Beschriftungen in das Layout eingefügt werden.

Durch das wählen von „**Text platzieren**“ (1.) öffnet sich der Texteditor, in dem der Text eingegeben werden muss (2.).

Der Text kann durch Klicken mit der linken Maustaste anschließend an einer beliebigen Position im Layout platziert werden.



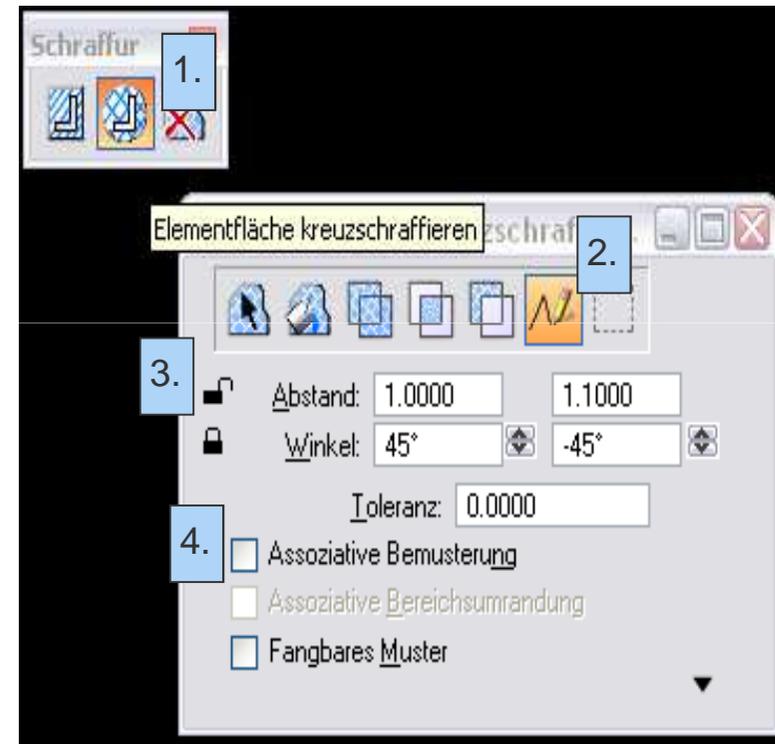
2.7 Linien, Bögen und Flächen

2.7.5 Schraffur Arbeitssicherheit

Für die Arbeitssicherheit müssen Schutzkreise modelliert werden. Dazu wählt man „**Elementfläche kreuzschraffieren**“ (1.) und stellt die Funktion „**Punkte**“ (2.) ein.

Durch Einstellen des, in der Abbildung gezeigten, Abstandes und Winkels (3.) können die vorgesehen Schraffuren erzeugt werden.

Der Punkt „**Assoziative Bemusterung**“ (4.) ist immer zu deaktivieren!



3.4 Modellieren

3.4.2 Ebenen und Farben

Nach öffnen der Datei muss zunächst die erweiterte Ebenendatei importiert werden. Dazu klickt man im Ebenenmanager auf Ebenen → Importieren, den PW-Explorer schließen und im Windows-Explorer die Datei [ebenen_df_bs.dgnlib](#) unter *02_Projekte\02_HLS\90_Standardisierung* auswählen.

Für E3-Pläne sind ausschließlich die gezeigten Ebenen zu verwenden. Die weiteren Farben für die Ebene **Maschinen Flur** sind der gewohnten Farbtabelle zu entnehmen.

Name	Beschreibung	Details	Farbe
default	default	alles Unbekannte	0
E3_01030005	E3_Späneförderer-Emulsion	alle Späneförderer	108
E3_01030017	PA_P-Maschinen Flur	BeMi's und Anlagen	130
E3_01030018	PA_P-Maschinen Flur Beschriftung	Maschinenbeschriftungen und MA	84
E3_01030019	PA_P-Maschinen Bühne	auf Bühnen	130
E3_01030023	PA_FT-Kranbahn	Kranbahnen komplett	108
E3_01030025	PA_G-Stahlbau allgemein	Bühnepfeiler, Treppen	124
E3_01030026	PA_G-Stahlbau Nebenlevel	Plattform, Geländer, weitere Treppen nach oben	124
E3_01030027	PA_P-Werkstattausstattung Flur	Werkzeugschränke, Tische, Regale, Rollwagen	139
E3_01030029	PA_P-Werkstattausstattung Bühne	auf Bühnen	139
E3_01030031	PA_FT-Verkettung Flur	Transpotbänder und weitere Verkettungen	12
E3_01030032	PA_FT-Verkettung Flur Nebenlevel	auf Bühnen	12
E3_01030037	PA_P_Schutzkreise	Flächen Schutzenkreise	136
E3_01030038	PA_P_NotAusKreise	Flächen NotAusKreise	136
E3_01030039	PA_P_Asi_Sicherheitsabstände	Sicherheitsabstände	0
C1_01014043	C1_Beschriftung Allgemein	Beschriftung Arbeitssicherheit	0
F6_01034031	PA_L-Behälter-Gestelle Flur	Behälter, Kisten und Paletten	96
F6_01034032	PA_L-Behälter-Gestelle Bühne	auf Bühnen	96
A1_01001195	A1_X_Fahrstraße	Fahrwege	0
A1_01001148	A1_Sonstige	Rammschutz	137



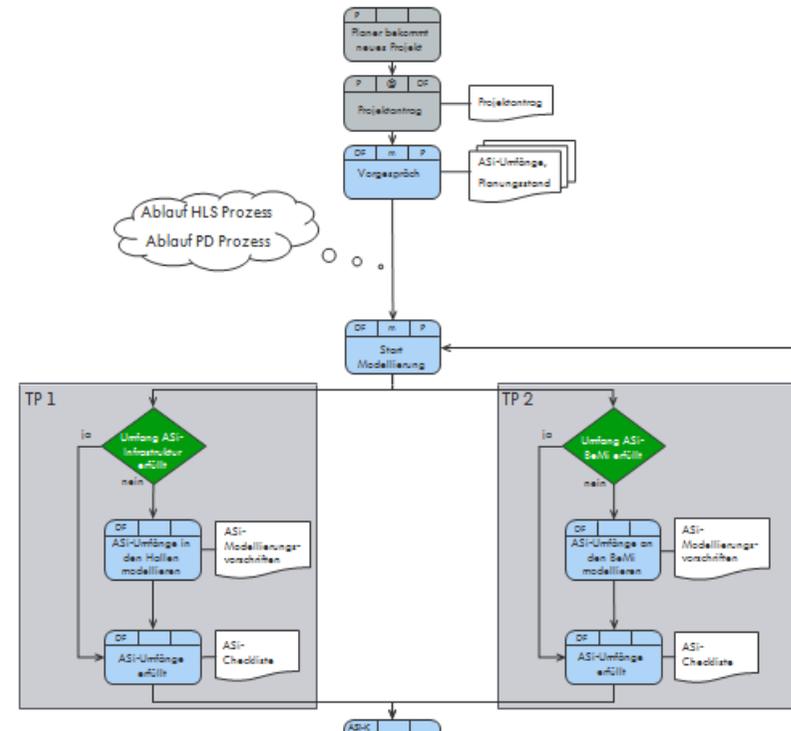
3.8 Arbeitssicherheit

3.8.1 Workflow

Der Workflow beschreibt, welche Aufgaben die Digitale Fabrik bezüglich der Arbeitssicherheit erfüllt.

Eine vollständige Übersicht findet sich unter:

X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit



3.8 Arbeitssicherheit

3.8.2 Handbuch

Das Arbeitssicherheits-Handbuch beinhaltet:

- Kurzübersicht über die Aufgaben in der ASi
- Prozessbeschreibung
- Modellierungsvorschriften
- Ebenenzuweisung
- Checkliste

Das Handbuch findet sich unter:

X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik
_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit

Modellierung von Hallen

- Fenster und Türen müssen modelliert werden
- alle Fußbodenmarkierungen sind zu modellieren
- Die bestehenden Flucht- und Rettungswegpläne sind zu kontrollieren und gegebenenfalls anzupassen
- Hindernisse (Rammschutz / Lüftungen) sind zu modellieren

Checkliste Arbeitssicherheit - HLS -

Projekt: Externes Rüsten Ausgefüllt: 02.08.2010
Planer: Werkzeugbau

Punkt	Thematik	Erfüllt	
		ja	nein
1.	Verkehrswege		
	- Alle Bodenmarkierungen wurden berücksichtigt	x	
	- Alle Wege sind mit Bemaßungen versehen	x	
	- Alle Fahr- und Gehwege sind durch Beschriftungen gekennzeichnet	x	
	- Durchfahrtshöhen wurden gekennzeichnet		x
	- Zugänge in die Anlagen sind mit Beschriftungen gekennzeichnet	x	
2.	Fluchtwege und Notausgänge		
	- Vorhandener Fluchtwegplan entspricht den Begebenheiten in der Halle		x
	- Fluchtwegeplan wurde angepasst	x	

3.8 Arbeitssicherheit

3.8.3 Standardmails

E-Mail Aufnahme von Dateien in den Datenbestand:

Bitte folgende Datei ([Pfad und Dateiname aus dem PW kopieren](#))
überprüfen und in den Datenbestand aufnehmen.

E-Mail Aufnahme Elemente in die Bibo

Folgendes Element ([Pfad und Dateiname aus dem PW kopiere](#))
in die Bibo übernehmen. Es handelt sich um
([Elementbezeichnung einfügen](#))

3.8 Arbeitssicherheit

3.8.3 Standardmails

E-Mail Meldung ASi Umfänge erfolgreich abgeschlossen:

Für das Layout ([Pfad und Dateiname aus dem PW kopieren](#)) wurden die ASi-Umfänge erfolgreich abgeschlossen.

E-Mail bei anfallenden Nacharbeiten:

In der Datei ([Pfad und Dateiname aus dem PW kopieren](#)) fehlen folgende Punkte:

1..... 2..... 3.....

Bitte die genannten Punkte nacharbeiten.

3.8 Arbeitssicherheit

3.8.3 Checkliste

Nach erfolgter Modellierung muss das Ergebnis in einer Checkliste dokumentiert werden. Für die Arbeit mit dem HLS und PS sind getrennte Checklisten auszufüllen. Die Dokumente befinden sich unter

X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit

Von der Vorlage ist eine Kopie zum Bearbeiten auf dem Desktop anzulegen. Die aufgelisteten Punkte sind selbstständig zu prüfen.

Die ausgefüllte Checkliste ist unter

X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit
\03_Ablage_Checkliste_ASi

abzulegen und mit einem Link, auf die Datei, an den ASi-Koordinatoren zu senden.

Die Datei ist entsprechend der Vorlage zu benennen.



Handbuch

Digitale Arbeitssicherheit



Digitale Fabrik

digitale.fabrik.komponente@volkswagen.de

Braunschweig



Handbuch "Digitale Arbeitssicherheit"

Inhalt

- 1 Übersicht Leistungsumfänge
- 2 Prozessbeschreibung
- 3 Übersicht Prozess Standards
- 4 Modellierungsvorschriften
- 5 Funktionsübersicht
- 6 Ebenenzuweisung
- 7 Projektantrag
- 8 Checkliste HLS
- 9 Checkliste Process Simulate
- 10 Vorschriftenübersicht

Diese Handbuch dient dazu den Arbeitssicherheits-Koordinator über alle wichtigen Sachverhalte bezüglich der Arbeitssicherheit zu informieren



Leistungsumfänge der Digitalen Fabrik zur Arbeitssicherheit

Thematik	Abbildungsumfänge HLS
Verkehrswege	- Modellierung der Verkehrswege, dazu gehört
	- die Anordnung und Abmessungen
	- die Kennzeichnung durch Beschriftung
	- die Kennzeichnung der Durchfahrtshöhe
Fluchtwege und Notausgänge	- Modellierung der Flucht- und Rettungswege, dazu gehört
	- die Anordnung und Abmessungen
	- Abmessungen sind abhängig von der Anzahl der Mitarbeiter, die an der Linie arbeiten
	- die Planung / Kontrolle von Türen und Toren
Zugänglichkeiten	- Betrachtung der Wege in den Anlagen, dazu gehört
	- die Kennzeichnung alle Zu- und Abgänge
	- die Kennzeichnung aller Durchgangsöffnungen
Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	- Modellierung der Schutzkonzepte, dazu gehört
	- die Abbildung von Schutzgitter
	- die Abbildung von Lichtschranken
	- die Abbildung von Schutzkreisen
	- die Abbildung aller Not-Aus-Schalter
Sicherheitsabstände	- Betrachtung aller Sicherheitsabstände, dazu gehören
	- die Sicherheitsabstände an Wegen inkl. Flucht- und
	- die Sicherheitsabstände im Arbeitsraum, diese sollten mind. 80 cm betragen
Kennzeichnung	- Kennzeichnung von besonderen Bereichen, dazu gehört
	- Bereiche für Materialanstellung
	- Bereiche für Transportmittel
	- Bereiche in denen Zutritts- bzw. Aufenthaltsverbote gelten
Sichtverbindungen	- Modellierung der Sichtverbindungen, dazu gehört
	- die Modellierung aller Fenster in den Hallen und Büroflächen



Leistungsumfänge der Digitalen Fabrik zur Arbeitssicherheit

Thematik	Abbildungsumfänge Process Simulate
Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	- Modellierung der Schutzkonzepte, dazu gehört
	- die Simulation der Wirkweise von Lichtschranken
	- die Simulation der Wirkweise von Not-Aus-Schaltern und deren Schutzkreisen
Schnittstellen	- Modellierung von Schnittstellen im Layout, dazu gehört
	- die Simulation von Einlegearbeiten und Entnahmearbeiten
	- die Simulation der Anlagenbedienung
	- Simulation der Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Anlagenbereichen
Instandhaltung	- Modellierung von Wartung- und Instandhaltungsarbeiten, dazu gehört
	- die Simulation von Wartung- und Reparaturarbeiten in den Anlagen
	- die Simulation von den zutreffenden Sicherheitsmaßnahmen
Ergonomie	- Modellierungen zur Ergonomiebetrachtung, dazu gehört
	- die Simulation von der Arbeitsplätze in Bezug auf Erreichbarkeiten
	- die Simulation von Transportbewegungen am Arbeitsplatz
	- die Simulation der Arbeitsfolgen um die auftretenden Belastungen für die Mitarbeiter beurteilen zu können



Prozessbeschreibung

Die Prozessbeschreibung dient dazu, einen kurzen Überblick über den Prozess-Ablauf zu erhalten.

Projektstart
Planer nimmt mit DF Kontakt auf:
<ul style="list-style-type: none">- Im Projektantrag alle Asi-Umfänge abklären- Benötigten Daten vom Planer geben lassen- Modellierung starten
Projektbetreuung und 3P Workshop
Infrastruktur modellieren
<ul style="list-style-type: none">- Modellierungsvorschriften beachten- Hallenbereiche im HLS Bestand suchen, falls vorhanden aus Asi-Umfang kontrollieren, anderenfalls neu modellieren- Fenster modellieren- Fahrwege kennzeichnen- Flucht- und Rettungswege überprüfen- Kennzeichnung wichtiger Bereiche (Materialanstellung)- Checkliste ausfüllen
BeMi modellieren
<ul style="list-style-type: none">- Modellierungsvorschriften beachten- BeMi in der BiBo suchen, falls vorhanden auf Asi-Umfänge kontrollieren, anderenfalls neu modellieren- Schutzkonzept modellieren- Not-Aus-Schalter modellieren- Sicherheitsabstände einzeichnen- Zu- und Abgänge einzeichnen- Checkliste ausfüllen- Neu modellierte Elemente dem Bibo-K melden
Dokumentation
Projektabschluss
<ul style="list-style-type: none">- Asi Koordinator muss Checkliste prüfen- Entspricht das Layout den Anforderungen, wird es an den HLS-Koodinatoren weiter geleitet- Entspricht das Layout den Anforderungen nicht, muss nachmodelliert werden- Meldung an die Asi, das das Layout XY nach ASI-Vorschriften modelliert wurde- HLS-Koordinator übernimmt Layout in den Bestand



Übersicht Prozessstandards

In dieser Übersicht wird gezeigt, wo die einzelnen Prozess Standards zu finden sind wo sie Abgelegt werden sollen.

Projektantrag
Fundort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit
Ablageort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit\03_Ablage_Projektantrag
Checklisten
Fundort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit
Ablageort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit\04_Ablage_Checkliste_ASi
Handbuch
Fundort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit
Arbeitssicherheit - Vorschriften
Fundort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit\05_ASi-Vorschriften
Dont´t Panic
Fundort:
X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\02_HLS\04_Lernunterlagen_Dont_Panic



HLS Modellierungsvorschriften zur Arbeitssicherheit

Modellierung der Infrastruktur

- Fenster und Türen müssen modeliert werden
 - an den Türen müssen die Öffnungswinkel eingezeichnet werden
- alle Fußbodenmarkierungen / Fahrwege sind zu modellieren
- Die bestehenden Flucht- und Rettungswegpläne sind zu kontrollieren und gegebenenfalls anzupassen
- Hindernisse (Rammschutz / Lüftungen) sind zu modellieren
- Bereiche für Materialanstellung müssen gekennzeichnet werden

Modellierung der Betriebsmitteln

- alle Not-Aus-Schalter müssen im Layout erkennbar sein
 - Not-Aus-Schalter sind in der Bibo als Elemente vorhanden
- Schutzeinrichtungen sind inkl. Bedienvorrichtungen zu modellieren
- das Schutzkonzept ist bei der Erstellung des Layouts zu beachten
 - alle Schutzgitter, Schutztüren und Lichtschranken müssen modelliert werden
 - alle Schutzkreise müssen, in Absprache mit den zuständigen Planer, beachtet werden
 - die Schutzkreise werden, nach Punkt 2.7 im HLS Don't Panic, als 2D Schraffur modelliert und in die entsprechende Ebene eingeordnet
- An den Arbeitsplätzen müssen, durch das Einfügen von Bemaßungen, die Sicherheitsabstände gekennzeichnet werden
- In dem Laoyut müssen alle Fahrwege durch Beschriftungen markiert werden
- In den Anlagen sind die Zu- und Abgänge, für die Mitarbeiter, durch Beschriftungen zu kennzeichnen



HLS Funktionen zur Arbeitssicherheit

Thematik	Toolbox	Funktion	Tastenkürzel
Abmessungen von Wegen			
	Bemaßung	lineare Bemaßung	
	Sonstiges	Bemaßung einfügen	
	Sonstiges	Bemaßung entfernen	
	Sonstiges	Bemaßung ändern	
Zugänglichkeiten			
	Text	Text platzieren	
Schutzkreise			
	Schraffur	Elementfläche kreuzschraffieren	
Sicherheitsabstände			
	Bemaßung	lineare Bemaßung	
	Sonstiges	Bemaßung einfügen	
	Sonstiges	Bemaßung entfernen	
	Sonstiges	Bemaßung ändern	
Beschriftungen			
	Text	Text platzieren	



Ebenenzuweisung

Element	Name	Bezeichnung	Farbe	Bemerkung
Schutzkonzept				
- Schutzzaun	E3_01030017	PA_P_Maschinenflur	118 / 112	
- Schutztür	E3_01030017	PA_P_Maschinenflur	174	
- Not-Aus-Schalter	E3_01030017	PA_P_Maschinenflur	2	
- Schutzkreise	E3_01030037	PA_P_Schutzkreise	136	Bei Verkettungselementen innerhalb des Schutzkreises Farbe 198 verwenden
- Not-Aus-Kreise	E3_01030038	PA_P_NotAusKreise	136	
Kennzeichnungen				
- alle Beschriftungen	E3_01030040	PAP_P_Asi_BeschriftungenAllgemein	0	
- Maße von Wegen	A1_01001195	A1_X_Fahrstraße	0	
- Maße im Arbeitsraum	E3_01030039	PA_P_Asi_Sicherheitsabstände	0	
Sichtverbindungen				
- Türen	E3_01030017	PA_P_Maschinenflur	174	
- Fenster	E3_01030017	PA_P_Maschinenflur	105	
- Tore	E3_01030017	PA_P_Maschinenflur	174	

werden.

Die Datei ist unter dem unten stehenden Pfad zu finden.

X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\02_HLS\90_Standardisierung

Anprechpartner: André Roddewig
 Email: digitale.fabrik.komponente@volkswagen.de
 Telefon: +49-531-298-2424

Projektdaten

Arbeitssicherheit + Digitale Fabrik

Projekt: _____ Ausgefüllt: _____
 Planer: _____

Abbildungsmöglichkeiten	trifft zu	Daten vorhanden
Verkehrswege		
- Abmessungen und Beschriftungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flucht- und Rettungswege		
- werden Pläne benötigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Unterstützung bei der Planung von Türen und Toren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zugänglichkeiten		
- Kennzeichnung aller Zu- und Abgänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sicherheits- und Schutzeinrichtungen		
- Abbildung des Schutzkonzeptes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Abbildung von Schutz- und Not-Aus-Kreisen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sicherheitsabstände		
- Sicherheitsabstände im Layout einzeichnen	<input type="checkbox"/>	
- Sicherheitsabstände an den Arbeitsplätzen einzeichnen	<input type="checkbox"/>	
Kennzeichnung		
- Bereiche für Materialanstellung	<input type="checkbox"/>	
- Zutritts- und Aufenthaltsverbote	<input type="checkbox"/>	

Kommentar



Checkliste Arbeitssicherheit - HLS -

Projekt: _____
 Planer: _____

Ausgefüllt: _____

Punkt	Thematik	Erfüllt	
		ja	nein
1.	Verkehrswege		
	- Alle Bodenmarkierungen wurden berücksichtigt		
	- Alle Wege sind mit Bemaßungen versehen		
	- Alle Fahr- und Gehwege sind durch Beschriftungen gekennzeichnet		
	- Durchfahrtshöhen wurden gekennzeichnet		
	- Zugänge in die Anlagen sind mit Beschriftungen gekennzeichnet		
2.	Fluchtwege und Notausgänge		
	- Vorhandener Fluchtwegplan entspricht den Begebenheiten in der Halle		
	- Fluchtwegeplan wurde angepasst		
	- Öffnungswinkel sind an den Türen eingezeichnet		
3.	Schutzkonzept		
	- Schutzkonzept ist, entsprechend den Vorgaben des Planers modelliert		
	- Schutzkonzept ist, entsprechend der Anlage modelliert		
	- Schutzkreise sind im Layout gekennzeichnet		
4.	Not-Aus-Einrichtungen		
	- alle Not-Aus-Schalter sind modelliert		
	- Not-Aus-Kreis ist im Layout gekennzeichnet		
5.	Sicherheitsabstände		
	- alle relevanten Sicherheitsabstände sind im Layout eingezeichnet		
	- alle Abstände betragen mind. 80 cm		
	- alle Fluchtwege in den Anlagen sind gekennzeichnet		
6.	Kennzeichnung		
	- Bereich für Logistik, Materialanstellung sind gekennzeichnet		
7.	Sichtverbindungen		
	- alle Fenster in Türen, Wänden und Sozialräumen sind modelliert		



Checkliste Arbeitssicherheit - HLS -

Projekt: _____
Planer: _____

Ausgefüllt: _____

Wenn nein, warum:



Checkliste Arbeitssicherheit - Process Simulate -

Projekt: _____

Ausgefüllt: _____

Planer: _____

Punkt	Thematik	Erfüllt	
		ja	nein
1.	Lichtschraken		
	- Die Wirkweise der geplanten Lichtschraken wurde überprüft		
	- Simulationen wurden im Projektordern abgelegt		
2.	Not-Aus-Einrichtungen		
	- Wirkweise wurde überprüft		
	- Simulationen wurde im Projektordner abgelegt		
3.	Schnittstellen		
	- alle Einlegetätigkeiten wurden durch eine Simulation überprüft		
	- die Be- und Entladestationen wurden durch eine Simulation überprüft		
4.	Instandhaltung		
	- Wartungsarbeiten sind in einer Simulation abgebildet		
	- Reperaturen sind in einer Simulation abgebildet		
	- Maßnahmen zur absicherung des Arbeitsraumes sind in der simulation berücksichtigt		
5.	Ergonomie		
	- alle Arbeitsplätze wurden nach ergonomischen Gesichtpunkten und unterhilfenahme einer Simulation gestaltet		



Checkliste Arbeitssicherheit - Process Simulate -

Projekt: _____

Ausgefüllt: _____

Planer: _____

Wenn nein, warum:



Übersicht Vorschriften

Alle hier aufgeführten Vorschriften sind, zum nachlesen, im folgenden Order zu finden:

X:\Teams\P_Digitale_Fabrik\02_Abteilung_Digitale_Fabrik_Braunschweig\02_Projekte\10_Arbeitssicherheit\04_ASi-Vorschriften

Thema	Vorschrift
Verkehrswege	
	ArbStättV ASR 17/1,2 Verkehrswege
	DIN 18225 Verkehrswege in Industriebauten
	ArbStättV ASR 1,3 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung
	BGV A8 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung am Arbeitsplatz
	AZA C05 Fahrerinnen / Fahrer von Flurförderfahrzeugen
Fluchtwege und Notausgänge	
	ArbStättV ASR A 2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und
	ASR 1.7 Türen und Tore
	ArbStättV ASR 17/1,2 Verkehrswege
	AZA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz
	AZA E01.01 Flucht- und Rettungswege
Zugänglichkeiten	
	DIN EN 547-1 Sicherheit von Maschinen - Körpermaße von
	AZA C21 Montage und Reparaturarbeiten im Anlagenbereich
Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	
	AZA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz
	AZA B06 Mechanische Fertigung
	AZA E01.02 Not-Aus-an verketteten Fertigungsanlagen
	ArbStättV
Sicherheitsabstände	
	DIN EN 349 Sicherheit von Maschinen
	ASR A 2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan
	AZA C02 Lager- und Stapelverordnung
Kennzeichnung	
	AZA Allgemeine Anweisungen zum Arbeitsschutz
	AZA C02 Lager- und Stapelverordnung
	ASR A 2.3 Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan
	ASR 1.3 Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung
	VDI 2854 Sicherheitstechnische Anforderungen an automatische Fertigungssysteme
Sichtverbindungen	
	ASR 7/1 Sichtverbindungen nach außen

Personalbedarfsermittlung für den operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit

In den untenstehenden Berechnungen wird gezeigt wie hoch der Personalbedarf für den Einsatz von Process Simulate in der digitalen Arbeitssicherheit ist. Wie im Text beschrieben, beruhen diese Berechnungen auf Schätzungen der Mitarbeiter der Digitalen Fabrik. Die Annahmen lauten wie folgt:

Allgemeine Annahmen:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| a. Arbeitszeit pro Woche: | $T_{WA} = 35 \frac{h}{w}$ |
| b. Arbeitszeit pro Tag: | $T_{TA} = 7 \frac{h}{d}$ |
| c. Urlaubstage pro Jahr: | $T_{JU} = 30 \frac{h}{a}$ |
| d. Jahresarbeitszeit: | $T_{JA} = 46 \frac{w}{a}$ |

Annahmen für Process Simulate

- | | |
|---|---------------------------|
| a. Anzahl an Projekten pro Jahr: | $n = 25$ |
| b. Simulationsdauer pro Projekt: | $T_{SDV} = 5 \text{ min}$ |
| c. Aufschlag für Datenbeschaffung: | $x_{DB} = 50 \%$ |
| d. Dauer der Simulation im Versuchsmodell: | $T_V = 380s$ |
| e. Bearbeitungszeit für das Versuchsmodell: | $T_{BV} = 8 d$ |

Annahmen für einen PS Experten

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| a. Arbeitszeit pro Simulationssekunde | $t_{Aminn} = 5 \frac{\text{min}}{s}$ |
|---------------------------------------|--------------------------------------|

Mit den getroffenen Annahmen werden zwei Berechnungen durchgeführt. Die erste Berechnung beruht auf dem Versuchsprojekt, das durch die Digitale Fabrik in Process Simulate bearbeitet wird. Weiterhin wird bei dieser Berechnung davon ausgegangen, dass der zuständige Mitarbeiter noch nicht mit der Software vertraut ist und noch eingearbeitet werden muss.

Für die zweite Rechnung wird angenommen, dass der Mitarbeiter in die Software eingearbeitet ist und so seine Effektivität steigern konnte.

Erste Berechnung zum Personalbedarf:

Simulationssekunden pro Arbeitstag:

$$t_s = \frac{T_V}{T_{BV}} = \frac{380s}{8 d} = 47,5 \frac{s}{d} \quad [1]$$

Simulationsdauer, die in einer Minute Arbeit erstellt werden kann:

$$t_{Smin} = \frac{t_S}{T_{AT}} = \frac{47,5 \frac{s}{d}}{7 \frac{h}{d}} = 6,79 \frac{s}{h} = 0,133 \frac{s}{min} \quad [2]$$

Arbeitszeit pro Simulationssekunde:

$$t_{Amin} = \frac{1}{t_{Smin}} = \frac{1}{0,133 \frac{s}{min}} = 8,84 \frac{min}{s} \quad [3]$$

Arbeitszeit pro Projekt in Stunden:

$$t_{Ph} = \frac{T_{SDV}}{t_{Smin}} = \frac{5 \text{ min} \cdot 60 \frac{s}{min}}{0,133 \frac{s}{min} \cdot 60 \frac{min}{h}} = 44,21h \quad [4]$$

Arbeitszeit pro Projekt in Wochen:

$$t_{Pw} = \frac{t_{Ph}}{T_{AW}} = \frac{44,21h}{35 \frac{h}{w}} = 1,26w \quad [5]$$

Bearbeitungszeit für 25 Projekten in Wochen:

$$t_P = t_{Pw} \cdot n = 1,26w \cdot 25 = 31,56w \quad [6]$$

Die Rechnung ergibt, dass ein Mitarbeiter für die Bearbeitung der 25 angenommenen Projekte im Jahr circa 32 Wochen benötigt. In dieser Berechnung sind allein die Arbeitsumfänge für die Erstellung der Simulationen berücksichtigt. Die Datenbeschaffung ist als wesentlicher Faktor für die Bearbeitung von Simulationen zu sehen. Aus diesem Grund wird auf die ermittelte Bearbeitungszeit ein Aufschlag für die Datenbeschaffung zugerechnet. Die Berechnung dieses Aufschlages ergibt sich wie folgt:

Arbeitszeit pro Projekt inkl. Aufschlag in Stunden:

$$t_{PhA} = t_{Ph} \cdot (1 + x_{DB}) = 44,21h \cdot (1 + 0,5) = 66,32h \quad [7]$$

Arbeitszeit pro Projekt in Wochen inkl. Datenbeschaffung:

$$t_{PwA} = \frac{t_{PhA}}{T_{AW}} = \frac{66,32h}{35 \frac{h}{w}} = 1,89w \quad [8]$$

Bearbeitungszeit für 25 Projekte inklusive Datenbeschaffung in Wochen:

$$t_{PA} = t_{PWA} \cdot n = 1,89w \cdot 25 = 47,37w \quad [9]$$

Wird der Zeitbedarf für die Beschaffung aller benötigten Daten berücksichtigt, erhöht sich die Bearbeitungszeit für die 25 Projekte auf 47,37 Wochen.

Für den Prozess des operativen Einsatzes der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit ist ein ASi-Koordinator vorgesehen. Dieser soll nicht nur die Bearbeitung der Simulationen übernehmen sondern auch die Kontrolle der HLS-Layouts durch die Checklisten übernehmen. Auch für diese Aufgabe benötigt der Mitarbeiter Zeit, die bisher in der Berechnung nicht berücksichtigt wurde. Für die Kontrolle der Checklisten wird angenommen, dass pro Projekt ungefähr eine Stunde Arbeit anfällt. Somit ergibt sich:

Bearbeitungszeit für die Kontrolle der Checklisten für 25 Projekte:

$$t_{KLh} = T_{KL} \cdot n = 1 h \cdot 25 = 25 h \quad [10]$$

Bearbeitungszeit für die Kontrolle der Checklisten für 25 Projekte:

$$t_{KLw} = \frac{t_{KLh}}{T_{AW}} = \frac{25 h}{35 \frac{h}{w}} = 0,71w \quad [11]$$

Gesamtbearbeitungszeit für 25 Projekte innerhalb eines Jahres:

$$t_{ges} = t_{PA} + t_{KLw} = 47,37 w + 0,71 w = 48,08 w \quad [12]$$

Die Berechnung zeigt, dass ein Mitarbeiter der nicht mit Process Simulate vertraut ist ungefähr 48 Wochen benötigt um 25 Projekte zu bearbeiten. Dies übersteigt knapp die angenommen Jahresarbeitszeit. Die Anzahl der Projekte, die innerhalb eines Jahres bearbeitet werden können ergibt sich zu:

Projekte die pro Jahr bearbeitet werden könnten:

$$n_{möglichV} = \frac{T_{AJ}}{t_{PWA}} = \frac{46 \frac{w}{a}}{1,89w} = 24,28 \frac{1}{a} \quad [13]$$

Der ungeübte Mitarbeiter kann der Rechnung entsprechend 24,28 Projekte pro Jahr bearbeiten.

Wenn der Mitarbeiter ein Jahr täglich Process Simulate anwendet, wird er seine Fähigkeiten in diesem Programm stetig steigern können. Es ist also als sehr wahrscheinlich anzunehmen, dass dieser Mitarbeiter schon innerhalb seines ersten

Arbeitsjahres mind. 25 Projekte bearbeiten kann. Wie schnell sich ein Lerneffekt einstellt, wird jedoch von Mitarbeiter zu Mitarbeiter unterschiedlich sein. Eine exakte Berechnung des sich einstellenden Lerneffektes ist nicht möglich.

Zweite Berechnung zum Personalbedarf:

In dieser zweiten Berechnung soll untersucht werden, wie viele Projekte durch einen Process Simulate Experten innerhalb eines Jahres bearbeitet werden könnten. Für diese Berechnung wird angenommen das die in Formel 3 berechnete Arbeitszeit je Simulationssekunde auf $t_{Aminn} = 5 \frac{min}{s}$ reduziert werden kann.

Für diese Annahme ergeben sich die folgenden Ergebnisse.

Simulationsdauer, die in einer Minute Arbeit erstellt werden kann:

$$t_{smin} = \frac{1}{t_{Aminn}} = \frac{1}{5 \frac{min}{s}} = 0,2 \frac{s}{min} \quad [14]$$

Arbeitszeit pro Projekt in Stunden:

$$t_{Ph} = \frac{T_{SDV}}{t_{smin}} = \frac{5 \text{ min} \cdot 60 \frac{s}{min}}{0,2 \frac{s}{min} \cdot 60 \frac{min}{h}} = 25 \text{ h} \quad [15]$$

Zusätzlicher Zeitbedarf für die Datenbeschaffung in Stunden:

$$t_A = t_{Ph} \cdot x_{DB} = 25 \text{ h} \cdot 0,5 = 12,5 \text{ h} \quad [16]$$

Zeitbedarf für die Bearbeitung der Checkliste in Woche:

$$t_{KLh} = \frac{T_{KL}}{T_{AW}} = \frac{1 \text{ h}}{35 \frac{h}{w}} = 0,03 \text{ w} \quad [17]$$

Arbeitszeit pro Projekt in Stunden:

$$t_{ges} = t_{Ph} + t_A + t_{KLh} = 25 \text{ h} + 12,5 \text{ h} + 0,03 \text{ h} = 37,53 \text{ h} \quad [18]$$

Arbeitszeit pro Projekt in Wochen:

$$t_{PwA} = \frac{t_{ges}}{T_{AW}} = \frac{37,53 \text{ h}}{35 \frac{h}{w}} = 1,07 \text{ w} \quad [19]$$

Projekte die pro Jahr bearbeitet werden könnten:

$$n_{m\ddot{o}glichproj} = \frac{T_{AJ}}{t_{PWA}} = \frac{46 \frac{W}{a}}{1,07 \frac{W}{a}} = 42,90 \frac{1}{a} \quad [20]$$

Das Ergebnis aus Formel 20 zeigt, dass durch einen Process Simulate Experten circa 43 Projekte jährlich bearbeitet werden können.

Hieraus ergibt sich eine prozentuale Steigerung der Projektanzahl, im Vergleich zur ersten Berechnung, zu:

$$x_S = 1 - \left(\frac{n_{m\ddot{o}glichV}}{n_{m\ddot{o}glichproj}} \right) \cdot 100\% = 1 - \left(\frac{24,28 \frac{1}{a}}{42,90 \frac{1}{a}} \right) \cdot 100\% = 43 \% \quad [21]$$

Anzahl der Projekte, die zusätzlich Bearbeitet werden können:

$$n_S = n_{m\ddot{o}glichproj} - n_{m\ddot{o}glichV} = 42,90 \frac{1}{a} - 24,28 \frac{1}{a} = 18,62 \frac{1}{a} \quad [22]$$

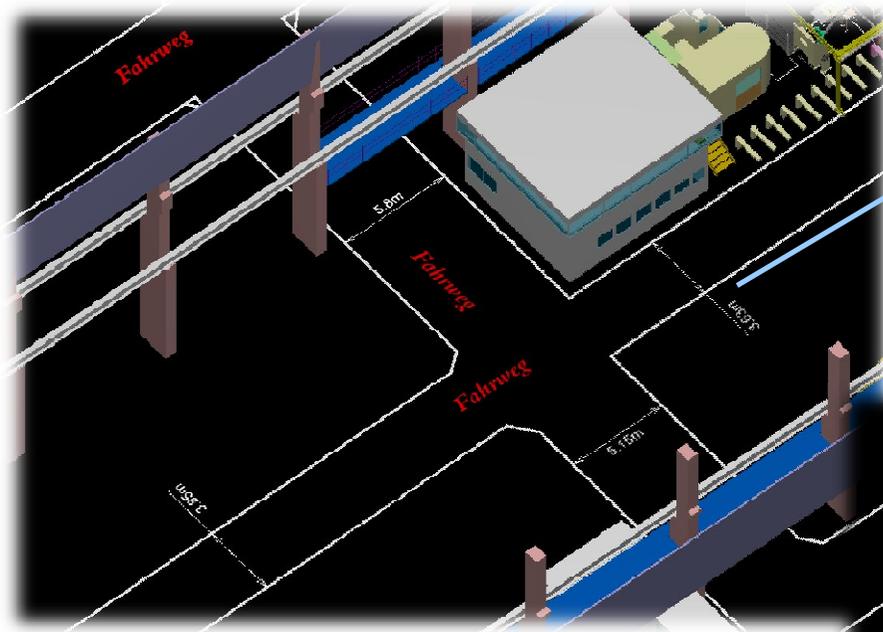
Die Rechnungen zeigen, dass durch einen Process Simulate Experten ungefähr 18,62 Projekte pro Jahr mehr bearbeitet werden können, als durch einen ungeübten Anwender. Die Ergebnisse der ersten Rechnungen sind als ein Minimum, die Ergebnisse der zweiten Rechnung als Maximum der innerhalb eines Jahres bearbeitbaren Projekte anzusehen. Die tatsächliche Anzahl wird sich sehr wahrscheinlich innerhalb dieser Differenz befinden.

Zu einer umfassenden Einarbeitung der Mitarbeiter in PS sollte, die genannte Schulung durchgeführt werden. Zusätzlich sollte dem Mitarbeiter ein Zeitraum von circa 6 Monaten zur Einarbeitung eingeräumt werden.

Die Berechnungen zeigen, dass durch die Schaffung einer Stelle in der DF für PS alle Use Cases abgebildet werden können, von denen ein hoher Nutzen erwartet wird. Für den operativen Einsatz der Digitalen Fabrik in der Arbeitssicherheit muss die Schaffung einer neuen Stelle empfohlen werden.

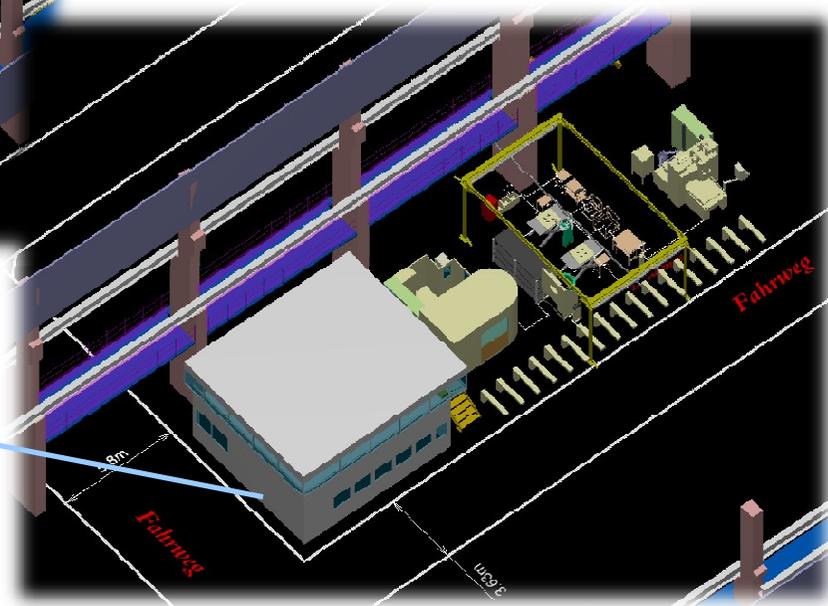
Bilderfolge Fallbeispiel Projekt A

Übersicht Arbeitsplatz



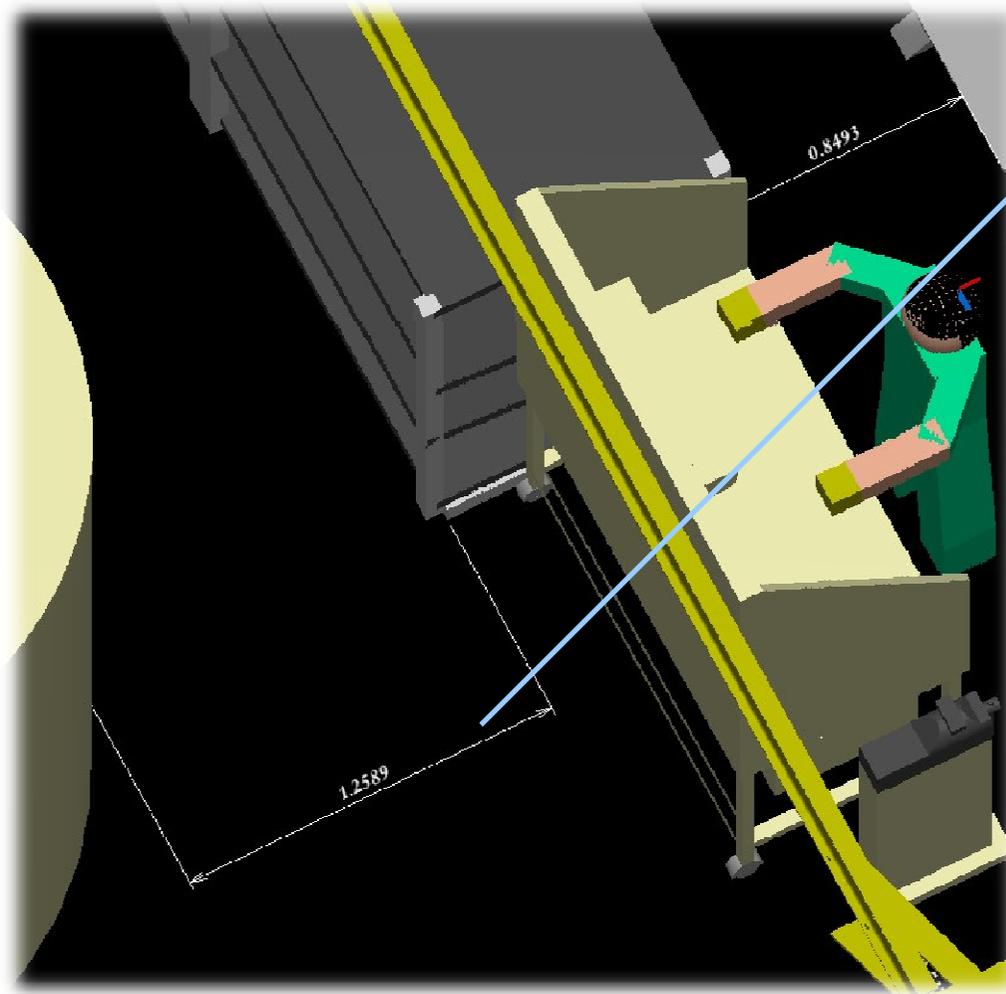
Fahrbahnmarkierung inkl.
Bemaßung

Büro- und Pausenraum in der Nähe des
Arbeitsplatzes. Fenster wurden bei der
Modellierung berücksichtigt



Bilderfolge Fallbeispiel Projekt A

Arbeitsplatz

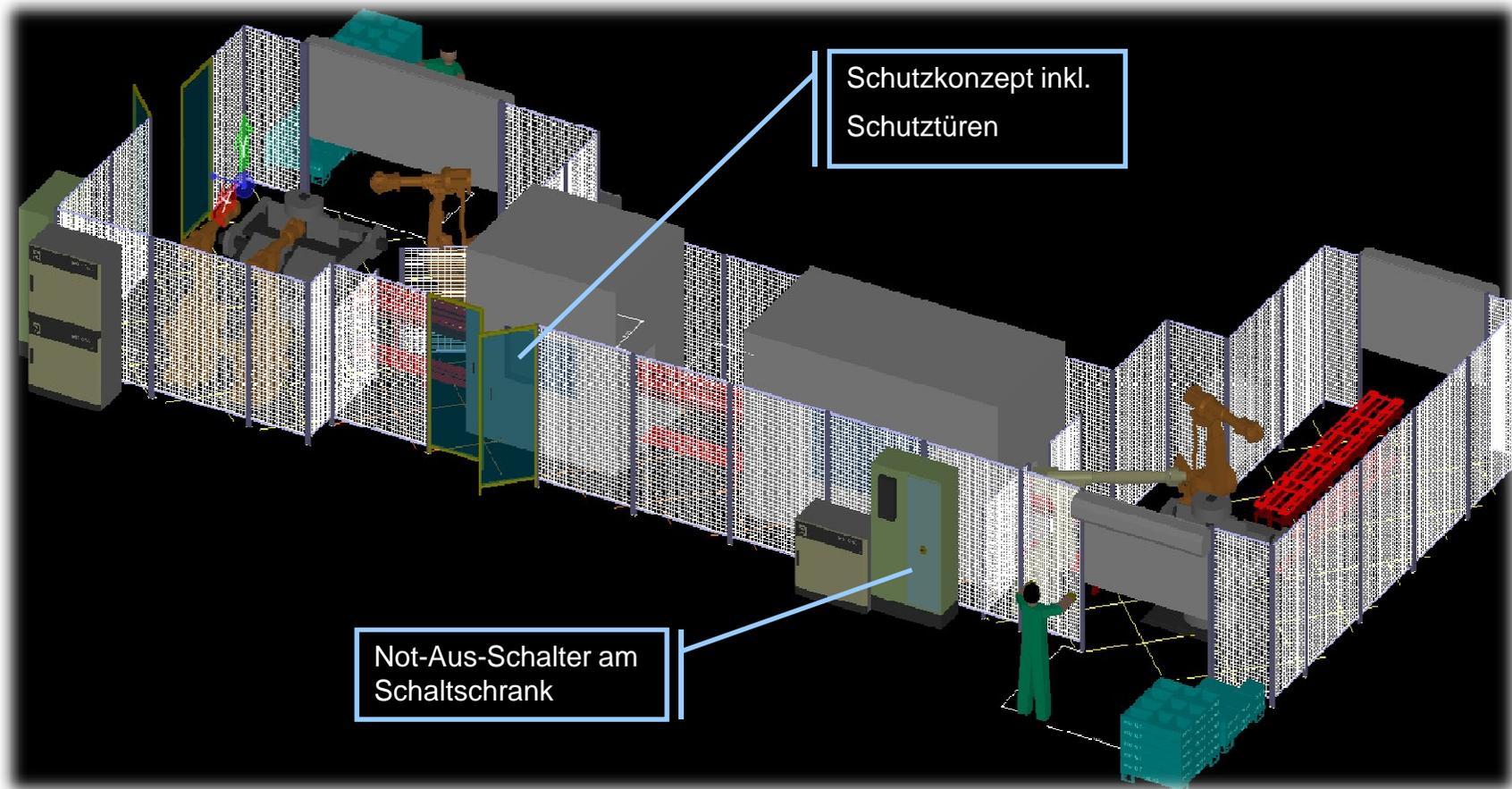


Eingezeichneter Abstand zwischen dem Arbeitsplatz und der nebenstehenden Anlage.

Der Abstand ist größer als 1m, somit wird der notwendige mindest Abstand eingehalten.

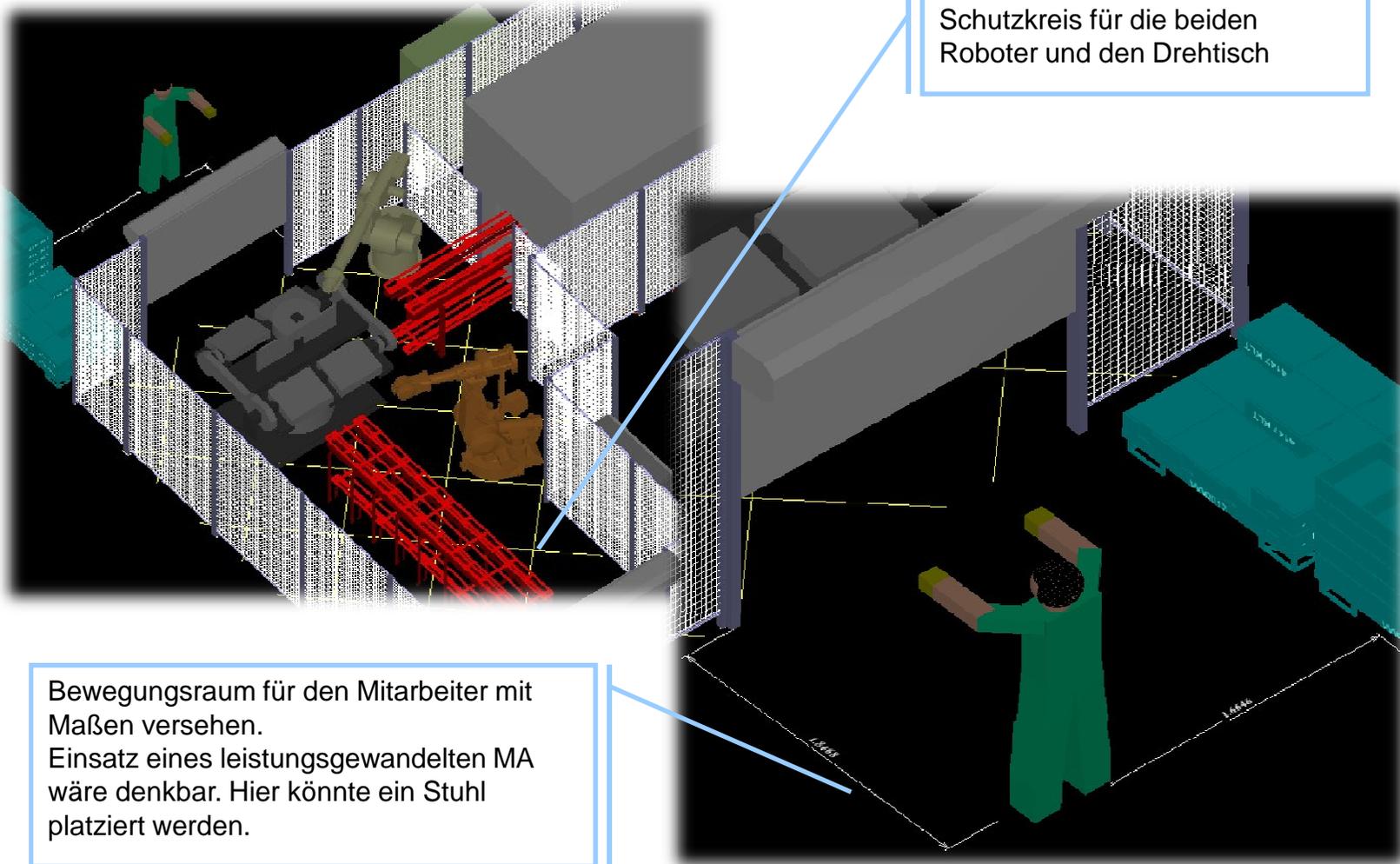
Bilderfolge Fallbeispiel Projekt B

Anlagenübersicht



Bilderfolge Fallbeispiel Projekt B

Schutzkreis und Arbeitsplatz

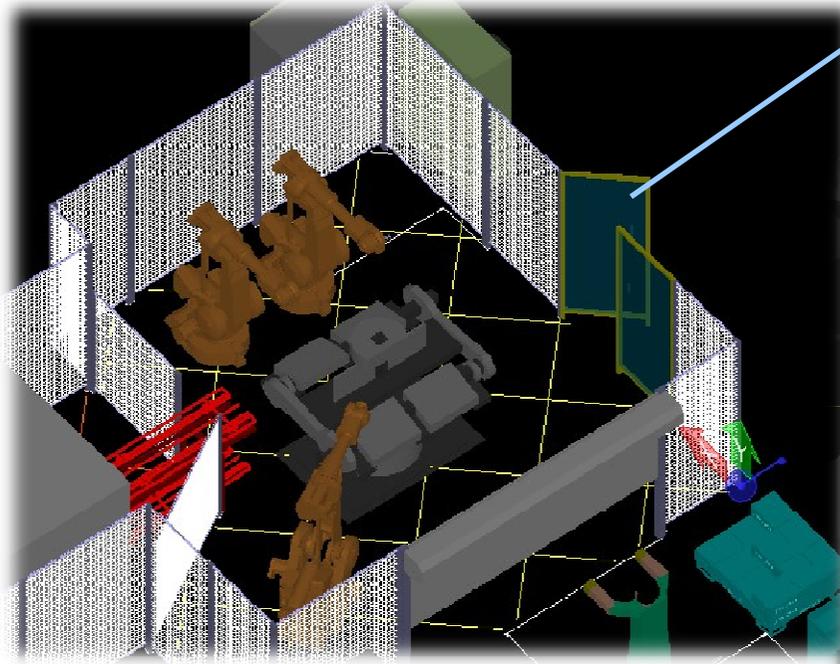


Schutkreis für die beiden Roboter und den Drehtisch

Bewegungsraum für den Mitarbeiter mit Maßen versehen. Einsatz eines leistungsgewandelten MA wäre denkbar. Hier könnte ein Stuhl platziert werden.

Bilderfolge Fallbeispiel Projekt B

Schutzkreis und Arbeitsplatz



Diese Schutztür dient als Eingang in den Roboterraum für Wartungsarbeiten

Bewegungsraum für den Mitarbeiter mit Maßen versehen.
Einsatz eines leistungsgewandelten MA wäre denkbar. Hier könnte ein Stuhl platziert werden.

