

**Modellierung und Realisierung eines IT-Systems
zur Verwaltung und Analyse industrieller Arbeitsplätze
unter Einbeziehung von ergonomischen und gesundheitlichen Aspekten**

Dissertation

zur Erlangung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Doktorgrades

„Doctor rerum naturalium“

der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

Clemens Dubian

aus Friedberg

Göttingen 2009

Referent: Prof. Dr. Wolfgang May

Korreferent: Prof. Dr. Reinhard Nöring

Tag der mündlichen Prüfung: 14.05.2009

Abstract

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer mehrjährigen Zusammenarbeit des Instituts für Informatik mit dem Volkswagenwerk Kassel. Sie beschreibt die Modellierung und Entwicklung eines Informationssystems zur systematischen Erfassung und strukturierten Abbildung von Arbeitsplätzen und deren Gefährdungsanalysen.

Bestehende Informationssysteme unterstützen jeweils nur spezifische Fragmente der eigentlich gemeinsamen Ontologie. So werden z.B. in den Bereichen Personal und Produktion separate, zueinander inkompatible Datenbestände unterhalten, so dass Informationen bei Bedarf aus verschiedenen Systemen manuell integriert werden müssen. In der Arbeit wird eine integrierte Modellierung und Realisierung entwickelt, auf deren Basis die beiden zuvor genannten Aspekte (sowie bei Bedarf weitere) als Sichten definiert werden können.

Das System dient als Instrument für den Abgleich der Analyseergebnisse mit den Tätigkeitseinschränkungen von Mitarbeitern und die Zuordnung von Mitarbeitern auf geeignete Arbeitsplätze. Die benötigten Informationen werden aus diversen existierenden Systemen integriert und durch weitere Informationen vervollständigt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei dem Design des Systems besteht in der Gestaltung einer auch für Nicht-Informatiker intuitiv bedienbaren Benutzeroberfläche. Das neue System wurde insbesondere unter dem Aspekt der Usability gestaltet.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
2 Anforderungsanalyse und Modellierung	7
2.1 Vorgehensmodell	7
2.2 Interessengruppen	7
2.3 Informationsbedarfsanalyse.....	11
2.4 Nutzung bestehender Informationsquellen	13
2.4.1 Informationen zum Mitarbeiter	13
2.4.2 Informationen zum Arbeitsplatz	14
2.5 Integration bestehender Systeme	17
2.6 Das konzeptuelle Modell	18
2.6.1 Modellierung der Produktionsstruktur als Analyseobjekt.....	19
2.6.2 Die Kategorisierung	22
2.6.3 Beispiel.....	23
2.7 Applikationsspezifische Modellierung der Arbeitsplatzanalyse.....	24
2.7.1 Ganzheitlicher Ansatz.....	24
2.7.2 Die Belastungsanalyse bezüglich der Ergonomie und der Umwelt	25
2.7.3 Vorsorgeuntersuchungen	26
2.7.4 Sicherheitschemische Analyse	26
2.7.5 Arbeitssicherheitstechnische Analyse.....	27
2.8 Technische Anforderungen an das APMS	27
2.9 Zielbestimmung	28
3 Realisierung	30
3.1 Architektur	30
3.1.1 3-Schichten-Architektur	30
3.1.2 Data Layer.....	31
3.1.3 Business Layer	32
3.1.4 Presentation Layer	33
3.1.5 Fat-Client vs. Webanwendung.....	35
3.1.6 Sicherheitskonzept	36
3.2 Systemmodule.....	38
3.2.1 Produktionsstrukturierung.....	38
3.2.2 Räumliche Erfassung und Visualisierung der Produktionsstruktur	39
3.2.3 Stammdatenerfassung	42
3.2.4 Belastungsanalyse	43

3.2.5	Sicherheitschemische Analyse	45
3.2.6	Erstellung von Analysezusammenfassungen.....	47
3.2.7	Mitarbeiterzuordnung.....	51
3.2.8	Tabellarische Visualisierung	54
3.2.9	Administration.....	56
3.3	Ausgewählte Technikentwürfe.....	57
3.3.1	Anwendersteuerung und Workflow	57
3.3.2	Zuordnungen	59
3.3.3	Dynamische Dokumentstrukturierung.....	61
3.3.4	Ajax	62
3.3.5	Transaktionen.....	63
4	Diskussion	65
4.1	Related Work.....	65
4.1.1	Automotive Domain Engineering	65
4.1.2	Arbeitswissenschaften.....	67
4.1.3	Einordnung der eigenen Arbeit	69
4.2	Akzeptanz	69
4.2.1	Usability.....	69
4.2.2	Nutzungsübersicht.....	71
4.2.3	Erfahrungen	72
4.3	Validierung der Anforderungen an die Anwendung.....	75
4.3.1	Betrieblicher Gesundheitsbericht	75
4.3.2	Demographischer Wandel	76
4.3.3	Tarifvertrag.....	78
4.3.4	Gesetzesentwicklung.....	78
4.4	Ausblick.....	79
4.4.1	Übertragbarkeit.....	80
4.4.2	Weiterer Projektverlauf	80
4.4.3	Weiterführende Arbeiten im Bereich der Informatik.....	80
4.4.4	Weiterführende Arbeiten in anderen Disziplinen	82
5	Zusammenfassung.....	84
6	Literaturverzeichnis	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Integrierte Betrachtung von Personal- und Produktionssicht	3
Abbildung 2.	Anwendungsfälle des Arbeitsplatzmanagementsystems	10
Abbildung 3.	Informationen zum Mitarbeiter	11
Abbildung 4.	Informationen zum Arbeitsplatz	12
Abbildung 5.	Systemübersicht.....	17
Abbildung 6.	ER-Diagramm des Arbeitsplatzmanagementsystems.....	18
Abbildung 7.	Verteilung der Mitarbeiterzeit auf auszuführende Tätigkeiten	20
Abbildung 8.	Verteilung der auszuführenden Tätigkeiten auf Mitarbeiter	21
Abbildung 9.	Typischer Pünktchenplan der Komponentenfertigung	22
Abbildung 10.	Beispiel der Kategorisierung.....	23
Abbildung 11.	Darstellung der möglichen Verknüpfungsstruktur	27
Abbildung 12.	3-Schichten-Architektur	31
Abbildung 13.	Ausschnitt des Datenmodells	32
Abbildung 14.	Klassendiagrammausschnitt.....	33
Abbildung 15.	Seitenaufbau entsprechend dem Corporate Identity Design	34
Abbildung 16.	Windows Sicherheitstechnik mit dem Kerberos Distribution Center	36
Abbildung 17.	Klassendiagrammausschnitt zur Produktionsstruktur	38
Abbildung 18.	Produktionsstruktur vor dem Hintergrund des Hallenlayouts.....	40
Abbildung 19.	Flussdiagramm des grafischen Objekthandlings	41
Abbildung 20.	Erfassung und Pflege von Stammdaten	42
Abbildung 21.	Ergonomische Analyse.....	44
Abbildung 22.	Datenmodell der Belastungsanalyse	45
Abbildung 23.	Ausschnitt des Datenmodells der sicherheitsschemischen Analyse	46
Abbildung 24.	Analysezusammenfassung.....	47
Abbildung 25.	Ablaufdiagramm der Analysezusammenfassung für eine Gruppe	48
Abbildung 26.	Zusammenfassung von Belastungsanalysen.....	49
Abbildung 27.	Beispiel zur Zusammenfassung von Belastungsanalysen	50
Abbildung 28.	Zusammenfassung der Arbeitsplatzdaten und -analyse	51
Abbildung 29.	Grafische Zuordnung von Objekten.....	52
Abbildung 30.	Zusammenfassung von Arbeitsplätzen.....	53
Abbildung 31.	Statistik zu Belastungen nach Organisationseinheiten	54
Abbildung 32.	Liste der Arbeitsplätze, sortiert nach Belastungsgrad	55
Abbildung 33.	Klassendiagrammausschnitt für die Berechtigungsverwaltung	57
Abbildung 34.	Generierung eines Arrays mit Seitenaufbauten	59
Abbildung 35.	Datenmodell für Zuordnungen.....	59
Abbildung 36.	Zuordnungen – Business Layer.....	60
Abbildung 37.	Datenmodell der Dokumentenverwaltung	61
Abbildung 38.	Intelligente Eingabeergänzung mittels Ajax	63
Abbildung 39.	Bereiche von Related Work.....	66
Abbildung 40.	Entwicklung ergonomischer Screening Verfahren	68
Abbildung 41.	Hochrechnung der Altersstruktur der Belegschaft des Volkswagenwerks Kassel auf Basis des Jahres 2003	76
Abbildung 42.	Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen nach Alter.....	77

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer mehrjährigen Zusammenarbeit des Instituts für Informatik mit dem Volkswagenwerk Kassel. Sie beschreibt die Entwicklung eines Informationssystems zur systematischen Erfassung und strukturierten Abbildung von Arbeitsplätzen und deren Gefährdungsanalysen. Das System dient als Instrument für den Abgleich der Analyseergebnisse mit den Tätigkeitseinschränkungen von Mitarbeitern und die Zuordnung von Mitarbeitern auf geeignete Arbeitsplätze. Die benötigten Informationen werden aus diversen existierenden Systemen integriert und durch zusätzliche Informationen vervollständigt.

Motivation des Projekts

- a.) Das Arbeitsschutzgesetz schreibt Industrieunternehmen die Dokumentation aller arbeitsspezifischen Gefährdungen, die sogenannte Gefährdungsanalyse [KP03] für jeden einzelnen Arbeitsplatz vor.
- b.) Beim Einsatz von Mitarbeitern müssen vor dem Hintergrund des demografischen Wandels vermehrt Tätigkeitseinschränkungen berücksichtigt werden.
- c.) Epidemiologische Forschung setzt die Möglichkeit zur Gruppierung von Beschäftigten nach Belastungskategorien voraus.
- d.) Berufsgenossenschaften stellen Anfragen zu Arbeitsbedingungen früherer Beschäftigter, deren Beschäftigungsverhältnis teilweise Jahrzehnte zurück liegt. Das Unternehmen ist hierzu auskunftspflichtig.

Das EDV-System dieser Arbeit wurde zur Hilfestellung bei diesen vier Kernproblematiken entwickelt. Die manuelle Umgangsweise vor Einführung des Systems war mit erheblichem zeitlichem und personellem Aufwand verbunden und in Bezug auf die epidemiologische Forschung schlicht nicht praktikabel.

Die Personaleinsatzoptimierung unter Berücksichtigung von Gesundheits- und Belastungsaspekten, also die Optimierung des Einsatzes von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen, nimmt hierbei eine Sonderstellung ein. Durch den Einsatz von Mitarbeitern auf ungeeigneten Arbeitsplätzen und die dadurch entstehenden Produktivitätsverluste könnten dem Volkswagenwerk Kassel bereits im Jahr 2018 aufgrund des demografischen Wandels Kosten in Höhe von 12,6 Millionen Euro entstehen [Nö07].

Ausgangssituation: Betriebliche Informationsinfrastruktur

Die Analyse der existierenden betrieblichen Informationsinfrastruktur nicht nur bei Volkswagen, sondern allgemein im Bereich industrieller Informationssysteme, zeigte, dass die angestrebte Funktionalität nicht einfach auf Basis der existierenden Informationssysteme umgesetzt werden kann, sondern dass die dazu notwendigen Informationen grundsätzlich nicht in brauchbarer Form vorhanden sind. Aus diesem Grund setzt die Arbeit an einem sehr viel allgemeineren Punkt an.

In der in Unternehmen bestehenden Informationsinfrastruktur sind umfassende und leistungsfähige Informationssysteme sowohl für den Bereich der Human Resources

(Personalstammdaten / -verwaltung), als auch der Produktion (Modellierung des Produktionsablaufs aus prozessorientierter Sicht) als separate Systeme, i.d.R. von unterschiedlichen Anbietern, vorhanden, jedoch ist die Verknüpfung von Personalstammdaten mit Produktionsablaufdaten im Allgemeinen nicht berücksichtigt (siehe Kapitel 4.1.3). Sämtliche Systeme dieser Art sind auf einen der beiden Bereiche, also entweder das Personalwesen oder die Produktion, fixiert. Die jeweils komplementäre Sicht ist nur fragmentarisch vorhanden. So sind beispielsweise im Produktionsablauf Fertigungszeiten für einzelne Schritte abstrakt vorgesehen, jedoch findet keine Zuordnung zu konkreten Mitarbeitern statt.

Wie die Realität zeigt, ist diese Separierung der Sichten in der Praxis aus rein betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten vollkommen unproblematisch.

Anforderungen des Projektes an die betriebliche Informationsinfrastruktur

Mit weiterem Informationsbedarf, wie bei dem gegebenen Projekt der Fall, wird jedoch eine integrierte Sichtweise benötigt:

Die Gefährdungs- und Belastungsanalyse ist jeweils mit den Daten eines konkreten Arbeitsplatzes verbunden, während die Tätigkeitseinschränkungen mit dem ebenso konkret zuzuordnenden Mitarbeiter verknüpft sind. Analog muss bei Anfragen an die frühere Belastungssituation eines Mitarbeiters dessen Zuordnung zu einem Arbeitsplatz sowie die Analyse des Arbeitsplatzes betrachtet werden.

Ein wesentlicher Beitrag dieser Arbeit besteht daher zum einen in der Entwicklung eines Domänenmodells, das die Personal- und Produktionssicht integriert, und zum anderen aus der konkreten Anwendung im Bereich der Gefährdungsanalyse, bei der die gesundheitlichen Daten der Mitarbeiter mit den Gefährdungsdaten der Produktion kombiniert werden (vgl. Abbildung 1). Diese Integration der Anforderungen beider Bereiche und die Verknüpfung der Daten beider Bereiche in ihrer Modellierung und als EDV-Lösung ist vollständig neu.

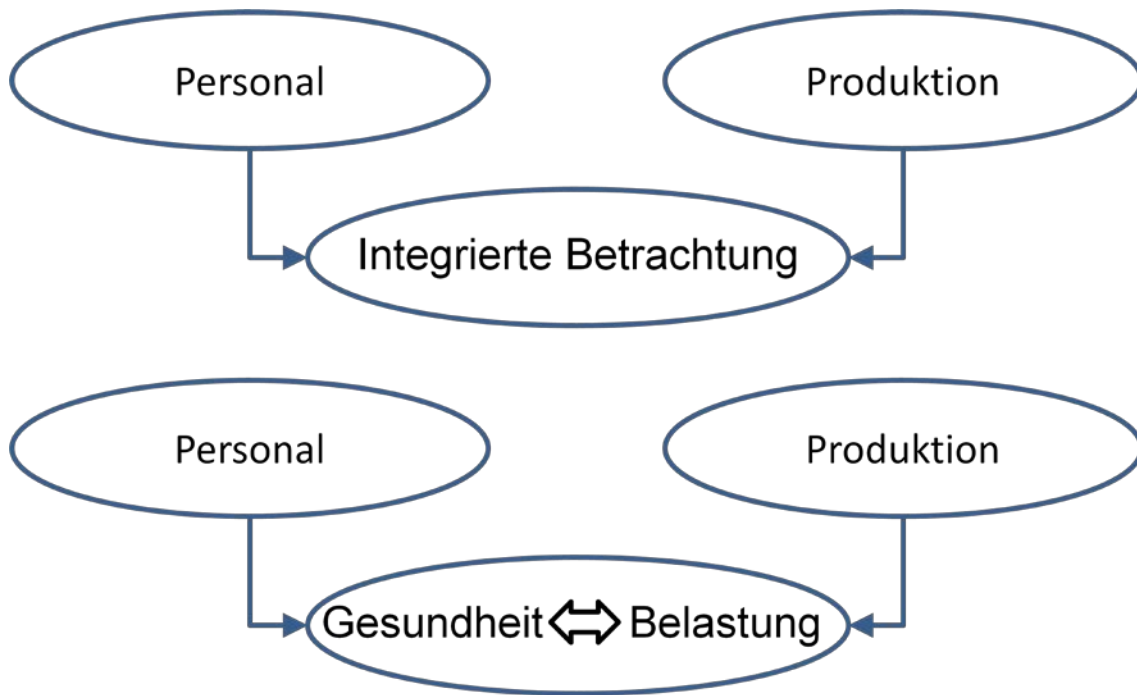


Abbildung 1. Integrierte Betrachtung von Personal- und Produktionssicht

Eine analoge Separierung der Betrachtungsweisen findet sich im Übrigen auch in Forschung. Die Arbeitsmedizin entwickelt Formulierungen, die gesundheitliche Einschränkungen für Mitarbeiter wiedergeben. Die Arbeitswissenschaften entwickeln Methoden, die insbesondere die Ergonomie in der Produktion bewerten und somit als Gefährdungseinschätzung dienen können. Die Zusammenführung der jeweiligen Forschungsergebnisse wurde bislang nur unzureichend angegangen. In Kapitel 4.1 wird auf den Stand der Forschung in den beteiligten Disziplinen eingegangen.

Anforderungen an das Projekt aus der Praxis

Die praktische Nutzung des Systems stellt Anforderungen bezüglich der Performance, Usability und Datensicherheit; einige davon werden im Folgenden kurz angesprochen.

Die Größenordnung der zu erfassenden und zu pflegenden Daten erfordert eine effiziente Modellierung, die eine größtmögliche Wiederverwendbarkeit erlaubt. Aus diesem Grund nutzt die Modellierung ein dynamisches, rekursives Kategorienmodell. Dieses erlaubt weiterhin eine automatisierte Berechnung komplexer Analysen aus den einzelnen unter unterschiedlichen Aspekten (Ergonomie, Sicherheitschemie, etc.) und auf unterschiedlicher Granularität aufgenommenen Einzelanalysen.

Die zentralen Anwendergruppen haben im Allgemeinen eine geringe IT-Affinität: Personalwesen, Gesundheitswesen, Arbeitssicherheit, Sicherheitschemie, Betriebsräte und vor allem die betrieblichen Vorgesetzten innerhalb der Produktion. Aus diesem Grund sind eine intuitive Benutzerführung durch anwenderspezifische grafische Nutzeroberflächen, sowie geringe Antwortzeiten kritische Erfolgsfaktoren.

Begriffe und Konzepte

Das entwickelte System, im Folgenden „Arbeitsplatzmanagementsystem“ bzw. kurz „APMS“ genannt, kombiniert Informationen über verschiedene Sichten auf das Unternehmen, insbesondere den Produktionsbereich. Der strukturelle Aufbau der Volkswagen AG in „Organisationseinheiten“ ist dabei essenziell für die Benutzerführung sowie die Verwaltung von Anwenderrechten.

Im Produktionsbereich der Volkswagen AG beginnt die Klassifikation in den einzelnen Werken beim Werkmanagement und führt über die Abteilungshierarchien bis hin zu Meisterschaften und einzelnen Teams. Ein Großteil der Arbeit im Produktionsbereich bei Volkswagen ist in Teams organisiert, jeweils geführt von einem Teamsprecher. Eine derartige durchgängig hierarchische Struktur ist in vielen großen Industrieunternehmen anzutreffen, so dass die Strukturierung für Benutzerführung und Rechtevergabe problemlos übertragen werden kann.

Das Projekt startete im Volkswagenwerk Kassel, in dem ca. 13.000 Menschen an ca. 7.000 verschiedenen Arbeitsplätzen arbeiten (zum Teil 2- bzw. 3-Schichtarbeit). Von den 13.000 Mitarbeitern arbeiten ca. 2/3 im direkten Bereich der Produktion. Aufgrund der höheren Relevanz für die Gefährdungsanalyse in der Produktion wird hierauf der Schwerpunkt gelegt, ein Großteil der Modellierung betrifft deshalb den Produktionsbereich. Ein Arbeitsplatz lässt sich häufig weiter in die Bedienung verschiedener Maschinen bzw. Montagestationen untergliedern. In Kassel führt diese Detaillierungsstufe zu ca. 20.000 Objekten. Die Analysen werden hierbei nicht für jedes Objekt einzeln durchgeführt, sondern für Kategorien auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen. Konzeptuell ist die Mehrfachvererbung in unterschiedlichen Dimensionen modelliert. Die Dimensionen sind (i) die Ontologie von Maschinen und (ii) die Strukturierung nach Arbeitsinhalten. Um diese Zusammenhänge korrekt zu formalisieren, beschreibt das abstrakte Konzept der *Kategorie* eine „zu analysierende Entität“. Kategorien erben von anderen Kategorien und fügen eigene Eigenschaften hinzu. Kategorien spezifizieren Maschinenklassen (z.B. Fräsmaschinen), Maschinentypen (z.B. Gleason Pfauter GP90 als speziellen Typ einer Fräsmaschine), spezifische Aufgaben (z.B. Fahrtätigkeiten) oder jedes andere (abstrakte) Konzept das mit Arbeitsinhalten verknüpft ist.

Aus Sicht der Arbeitsprozessstruktur lässt sich der Fokus der Analyse für einen Arbeitsplatz in einzelne Aufgaben splitten. Große Montagelinien werden in einzelne (abstrakte) Komponenten gegliedert. Ein *Arbeitsplatz* beinhaltet alle Maschinen und Aufgaben, die für einen Mitarbeiter bestimmt sind. Die Zuordnung von Maschinen zu Arbeitsplätzen ist prozentual gewichtet, so dass eine Maschine auch zu mehreren Arbeitsplätzen gehören kann.

Die Gefährdungsanalyse kombiniert beide Sichten. Die grundlegenden Analyseobjekte sind konkrete Objekte wie Maschinen und Kategorien. Die Gefährdungsanalyse jedes Arbeitsplatzes ergibt sich durch Vererbung aus den ihm zugeordneten Objekten. Neben den Analysen dieser Objekte gibt es Umweltvariablen wie Lärm, Zugluft oder Ge-

fahstoffexpositionen aus der Umgebung, die ebenfalls das Gesamtergebnis für den Arbeitsplatz beeinflussen.

Über den Arbeitsplätzen gibt es die Gruppenarbeit als weitere Aggregationsebene. Die Gruppen werden aus inhaltlich zusammenhängenden Arbeitsplätzen gebildet. Für die Berechnung einer Gesamtbelastung für die Gruppe wird von einer gleichmäßigen Rotation zwischen den Arbeitsplätzen ausgegangen. Die Pflege der Zuordnungen von Maschinen/Aufgaben zu Arbeitsplätzen und von Arbeitsplätzen zu Arbeitsgruppen ist eine wichtige Funktion des APMS. Die entsprechende Sicht wird in Kapitel 3.2.1 näher beschrieben.

In der bisherigen Beschreibung wurde das abstrakte Konzept des „Arbeitsplatzes“ zur Beschreibung der Produktionsumgebung verwendet. Um den tatsächlichen Produktionsprozess zu modellieren, werden den Arbeitsplätzen bzw. Arbeitsgruppen Mitarbeiter zugeordnet. Diese Zuordnung stellt eine zentrale Funktion der Anwendung dar. Es wird zwischen der kurzfristigen und der langfristigen Zuordnung unterschieden. Bei einer kurzfristigen Zuordnung geht es darum, den Einsatz der Mitarbeiter zu Schichtbeginn festzulegen, um z.B. auf den kurzfristigen Ausfall eines Mitarbeiters zu reagieren. Bei der langfristigen Zuordnung geht es darum, die Verknüpfung von Mitarbeiter zu Arbeitsplatz oder Gruppe auf lange Sicht herzustellen. Kurzfristige Versetzungen sollen hier nicht berücksichtigt werden.

Das Gesundheitswesen untersucht Mitarbeiter mit körperlichen Einschränkungen und attestiert ggf. Tätigkeitseinschränkungen (z.B. „Kein schweres Heben und Tragen“). So stehen auf der einen Seite die Arbeitsplätze mit den durch die Gefährdungsanalyse gefundenen Belastungen und auf der anderen Seite die Mitarbeiter mit den durch das Gesundheitswesen festgestellten Tätigkeitseinschränkungen.

Weitere Analysegegenstände seitens der Arbeitsplätze sind der Umgang mit Gefahrstoffen, Gefahrstoffkonzentrationen und notwendige Vorsorgeuntersuchungen bzw. auf der Mitarbeiterseite Allergien und Vorsorgeuntersuchungsergebnisse.

Strukturierung dieser Arbeit

Die Struktur dieser Arbeit unterteilt sich nach dieser Einleitung grundlegend in drei Abschnitte:

In Kapitel 2 wird die Anforderungsanalyse und Modellierung beschrieben. Zunächst werden die verschiedenen Interessengruppen für das APMS dargestellt, um alle benötigten Funktionen heraus zu arbeiten. Aus den Funktionen kann im Anschluss der Informationsbedarf abgeleitet werden. Die Prüfung auf Nutzbarkeit und die Integration bestehender Systeme veranschaulicht den Zielumfang des APMS. Als Grundlage zur Realisierung werden das konzeptuelle Modell zur Produktionsstrukturierung beschrieben und die einzelnen applikationsspezifischen Analysen modelliert. Zum Ende des Abschnitts erfolgen die technische Anforderungsanalyse und eine Zusammenfassung aller Anforderungen zur Zielbestimmung.

In Kapitel 3 wird die Realisierung des APMS beschrieben. Zunächst werden die Architektur des Programmaufbaus und ein Überblick über die jeweilige Realisierung gegeben. Im zweiten Unterabschnitt wird dargestellt, wie die Funktionen des APMS über die einzelnen Systemmodule realisiert wurden. Dabei steht Veranschaulichung der zugrundeliegenden Logik sowie des grafischen Aufbaus der Userinterfaces im Vordergrund. Im letzten Unterabschnitt werden ausgewählte, übertragbare Technikentwürfe dargestellt.

Nach der Realisierung erfolgt in Kapitel 4 die Diskussion. Hier wird die Arbeit in die aktuelle Forschung eingeordnet. Im Anschluss wird die Anwendung validiert. Zunächst wird hierfür der Bereich der Usability betrachtet und die Akzeptanz der Anwender dargestellt. Im Anschluss werden die funktionalen Anforderungen an die Anwendung betrachtet. Zum Schluss erfolgt ein Ausblick über den weiteren Projektverlauf sowie weiteren Forschungsbedarf.

2 Anforderungsanalyse und Modellierung

Zu Beginn des Kapitels wird das grundlegende Vorgehensmodell für die Entwicklung der Anwendung beschrieben. Im Anschluss werden die Anforderungen untergliedert nach den einzelnen Anwendergruppen dargestellt. Aus den Anforderungen wird in Kapitel 2.3 der Informationsbedarf abgeleitet. In Kapitel 2.4 werden bestehende Systeme als mögliche Informationsquellen untersucht und in Kapitel 2.5 das Ergebnis anhand der Integration der identifizierten Systeme dargestellt. In Kapitel 2.6 wird das konzeptuelle Modell und in Kapitel 2.7 die applikationsspezifische Modellierung bezüglich der Arbeitsplatzanalyse vorgestellt.

2.1 Vorgehensmodell

Auch bei großen Konzernen wie Volkswagen starten Innovationen häufig in kleinen Arbeitsgruppen. Eine vollständige Anforderungsanalyse ist in der Regel zu Beginn eines Projekts nicht durchführbar, da insbesondere eine Vielzahl an Interessengruppen unterschiedliche Ziele mit unterschiedlichen Intensitäten verfolgt. Ein Anforderungsprofil entsteht vielmehr nach und nach.

Die generelle Realisierbarkeit des Projekts konnte zu Beginn nicht vorausgesetzt werden. Die entscheidenden Punkte, die zu einem Scheitern des Vorhabens hätten führen können, waren (i) der hohe Aufwand für die Erfassung und Pflege der Analysedaten und (ii) die Pflege der Mitarbeiterzuordnungen. Aus diesem Grund wurde zunächst eine Machbarkeitsstudie durchgeführt (vgl. Kapitel 3).

Nach erfolgter Prüfung wurde für die Erstellung des finalen Anforderungsprofils das evolutionäre Prototyping [BMR00, Seiten 215ff] als Vorgehensmodell gewählt um den Interessengruppen möglichst schnell auch visuell eine Rückkopplung ihrer Anforderungen geben zu können.

2.2 Interessengruppen

An dem Projekt sind verschiedene Interessengruppen beteiligt. Grundlegend ist die Akzeptanz und Nutzung des Systems durch die betrieblichen Vorgesetzten für den Erfolg des Projekts ausschlaggebend. Parallel dazu spielen politische Entscheidungen bezüglich der Entwicklung eine Rolle, die auch von anderen Interessengruppen maßgeblich beeinflusst werden. Im Folgenden werden die grundlegenden Anforderungen der einzelnen Gruppen dargestellt.

An dem Projekt sind die folgenden verschiedenen Abteilungen mit ihren unterschiedlichen Zielen und entsprechenden Anforderungen beteiligt:

Betriebliche Vorgesetzte

Hauptnutzer des neuen Systems ist die Produktion, genauer die betrieblichen Vorgesetzten. Betriebliche Vorgesetzte sind alle Vorgesetzten entlang der Hierarchiestufen:

Teamsprecher, Meister, Unterabteilungsleiter, Abteilungsleiter usw. Teamsprecher und Meister sind direkt für den gesundheitsgerechten Arbeitseinsatz ihrer Mitarbeiter verantwortlich. Sobald innerhalb des eigenen Bereichs kein entsprechend geeigneter Arbeitsplatz mehr gefunden werden kann, muss die nächsthöhere Hierarchiestufe mit hinzugezogen werden. Als zentrale Funktion des APMS steht die Personaleinsatzoptimierung unter Gesundheits- und Belastungsaspekten. Für Mitarbeiter, die z.B. aufgrund eines Unfalls körperliche Einschränkungen erleiden, müssen andere, geeignete Arbeitsplätze gefunden werden. Das APMS soll durch das Aufzeigen potentiell geeigneter Arbeitsplätze auf verschiedenen Hierarchiestufen hierbei unterstützen.

Neben der Beachtung gesundheitlicher Einschränkungen ist der betriebliche Vorgesetzte verpflichtet, seine Mitarbeiter zu allen vorgeschriebenen Vorsorgeuntersuchungen zu schicken und auch die Gültigkeitsdauer zu überwachen. Dies bedeutet zum einen, dass er sich über die Notwendigkeit von Vorsorgeuntersuchungen für jeden einzelnen Arbeitsplatz kundig machen muss und zum anderen bedeutet es, dass er über die erhaltenen Vorsorgeuntersuchungsergebnisse sowie deren Ablauffristen genau Buch führen muss. Dieser Aufwand soll durch das System minimiert werden, indem durch die Zuordnung des Mitarbeiters auf seinen Arbeitsplatz ein entsprechender automatischer Abgleich integriert wird.

Bei der Versetzung eines Mitarbeiters auf einen neuen Arbeitsplatz muss der Mitarbeiter entsprechend den arbeitssicherheitstechnischen Gefahren unterrichtet werden. Der betriebliche Vorgesetzte muss hierzu alle zutreffenden Unterlagen der Arbeitssicherheit zusammensuchen und die Unterweisung durchführen. Durch das neue System soll der Vorgang des Zusammensuchens automatisiert werden.

Gesundheitswesen

Das Gesundheitswesen ist generell bestrebt, den Gesundheitsstand der Belegschaft zu verbessern. Für eine Differenzierung effizienter Ansatzmöglichkeiten ist es notwendig, betriebliche Epidemiologie zu betreiben, also die Zusammenhänge zwischen Arbeitsbedingungen und Erkrankungen zu erforschen. Seitens der Betriebskrankenkasse besteht hierfür die Möglichkeit, Diagnosehäufigkeiten zu Mitarbeitergruppen zu erfahren. Für diese Kollektivauswertungen benötigt das Gesundheitswesen die Funktion, Mitarbeiter nach Belastungen während ihrer Arbeit und deren Dauer zu gruppieren. Eine typische Anfrage wäre „gib mir alle Mitarbeiter, die über fünf Jahre an Schweißarbeitsplätzen gearbeitet haben“. Für diese Gruppe könnte anhand der Diagnosen der Krankenkasse geprüft werden, ob der Anteil der Lungenerkrankungen signifikant über dem der Grundgesamtheit der Volkswagen-Belegschaft liegt.

Grundsätzlich ist das Gesundheitswesen bestrebt, Belastungen zu reduzieren. Die Erstellung eines Belastungskatasters zur Identifizierung von Belastungsschwerpunkten gehört damit ebenfalls zu den Anforderungen für das Gesundheitswesen.

Eine weitere Aufgabe ist die Beratung von Mitarbeitern bei gesundheitlichen Problemen am Arbeitsplatz. Die Funktion, den Arbeitsplatz zu einem Mitarbeiter abzurufen, soll dem Arzt ermöglichen, sich ein besseres Bild von den Arbeitsverhältnissen zu ma-

chen und diese sofort zusammen mit dem Mitarbeiter besprechen zu können. Die detaillierte Belastungsanalyse sowie die Visualisierung sind hierbei besonders wichtig.

Das Gesundheitswesen ist für die Durchführung und, zusammen mit der Sicherheitschemie, für die Identifikation der Notwendigkeit von Vorsorgeuntersuchungen zuständig. Zum einen wird eine systemtechnische Kommunikationsmöglichkeit mit den betrieblichen Vorgesetzten benötigt, um Vorsorgeuntersuchungsergebnisse sowie Fristen an die zuständigen Personen weiterzugeben. Zum anderen muss, in Zusammenarbeit mit der Sicherheitschemie, der Informationsfluss, an welcher Stelle eine Prüfung auf benötigte Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden muss, hergestellt werden.

Betriebsrat

Der Betriebsrat ist kein primärer Anwender des Systems. Es ist aber seine Aufgabe, sich für die Interessen der Mitarbeiter einzusetzen und zusammen mit dem Datenschutz auf die restriktive Verwendung von Personalstammdaten zu achten. Der Betriebsrat hat deshalb Interesse, mit Hilfe des Systems die Belastungsbedingungen an Arbeitsplätzen zu verbessern, den gesundheitsgerechten Arbeitseinsatz von Mitarbeitern sicher zu stellen und den Wiedereingliederungsprozess zu erleichtern. Der Betriebsrat ist bezüglich der Realisierbarkeit des Projekts aus politischen Gesichtspunkten die wichtigste Interessengruppe.

Personalwesen

Das Personalwesen ist, wie das Gesundheitswesen auch, an einem möglichst hohen Gesundheitszustand der Belegschaft interessiert. Aus datenschutzrechtlichen Gründen sind die Möglichkeiten des Personalwesens in Bezug auf die epidemiologische Forschung allerdings eingeschränkt (Mindestgrößen für untersuchte Kollektive). Es nimmt hier eine unterstützende Rolle ein.

Bei bereichsübergreifenden Personalverschiebungen muss geprüft werden, ob im Zielbereich ein geeigneter Arbeitsplatz vorhanden ist. Diese Funktion entspricht der für betriebliche Vorgesetzte für einen größeren Bereich.

Sicherheitschemie

Die Sicherheitschemie ist verpflichtet, Gefahrstoffanalysen durchzuführen und in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitswesen ggf. die Notwendigkeit von Vorsorgeuntersuchungen festzulegen. Für jeden Gefahrstoffumgang erstellt sie eine Betriebsanweisung mit allen betriebsrelevanten Informationen und hängt diese ortsnahe auf. Theoretisch ist die Sicherheitschemie im wesentlichen Datenlieferant. Da aber für den hier benötigten Datenbestand bisher kein System existiert, gehört die Erstellung eines sicherheitschemischen Erfassungs- und Verwaltungsprogramms für Gefahrstoffe und Betriebsanweisungen zum Umfang der Funktionsanforderungen.

Sonstige

Bereichsübergreifend werden von der Berufsgenossenschaft Anfragen zur Belastungssituation von ehemaligen Mitarbeitern gestellt. Die Frage nach der Belastungssituation einer konkreten Person, die vor 15 Jahren bei Volkswagen gearbeitet hat, führt zu auf-

wendigen Recherchen, speziell bei damals zuständigen betrieblichen Vorgesetzten, Personalcoachs und Ärzten. Diese Abfragen sollen systemtechnisch realisiert werden.

Zentraler Bestandteil des benötigten Systems ist die detaillierte Dokumentation aller Arbeitsplätze in Bezug auf ihre Belastungssituation und die Prüfung der Einsatzmöglichkeiten von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen, die Bildung von belastungsabhängigen Mitarbeitergruppen sowie die Auswertbarkeit von Belastungshistorien zu jedem Mitarbeiter. Jede der in Kapitel 2.4 aufgeführten Abteilungen betreibt ein eigenes System in dem unter anderem arbeitsplatzrelevante Daten erfasst und gespeichert werden. Die bestehenden Systeme der Volkswagensystemlandschaft bieten für die betreibenden Stellen die jeweils erforderliche Funktionalität. Bisher gab es aber kein System, das die Informationen der Einzelsysteme zusammenfasst um dem Anwender umfassende Informationen zur Verfügung stellen zu können.

Zusammenfassend ergeben sich die in Abbildung 2 dargestellten Anwendungsfälle.

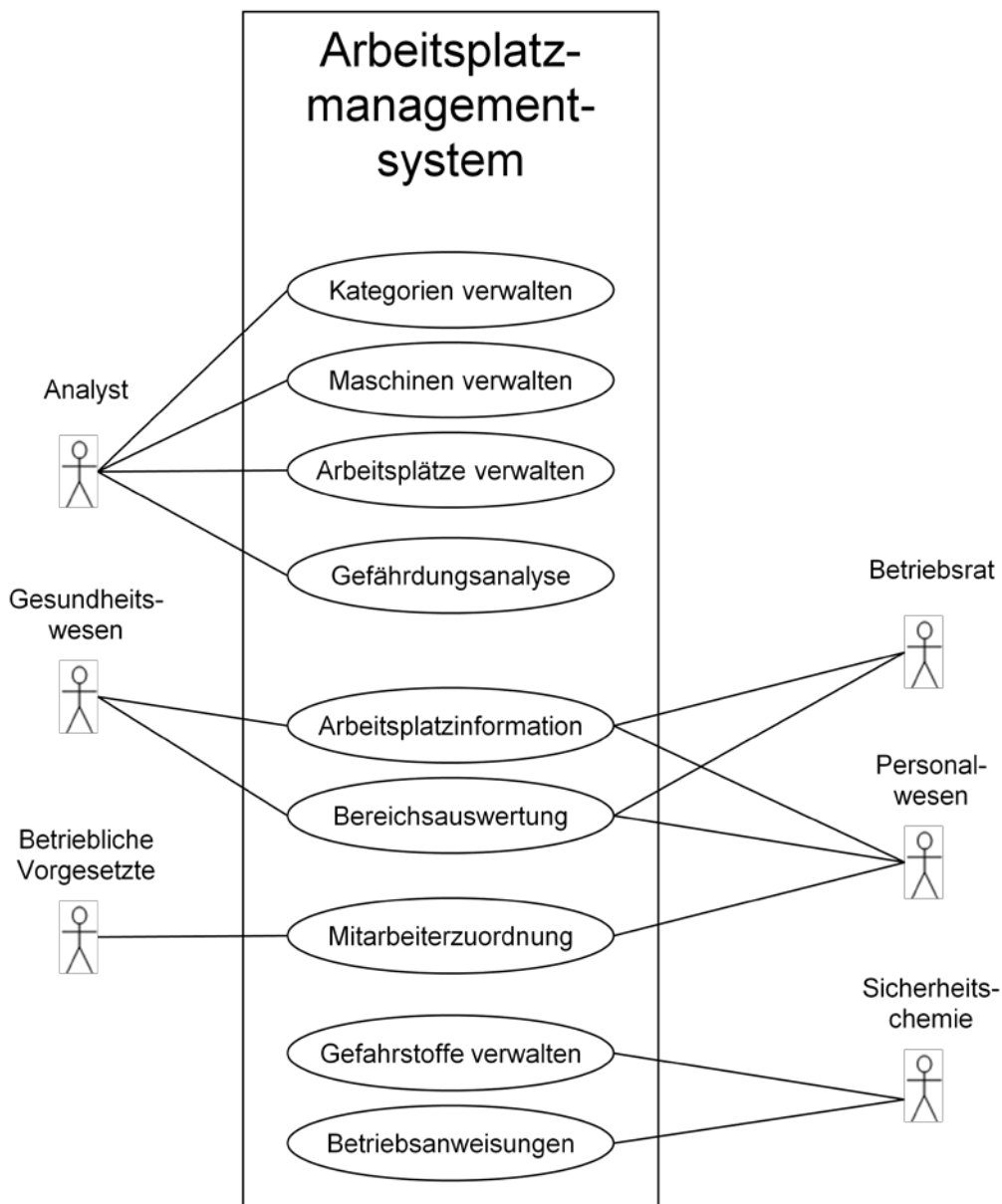


Abbildung 2. Anwendungsfälle des Arbeitsplatzmanagementsystems

2.3 Informationsbedarfsanalyse

In der bestehenden IT-Systemlandschaft gibt es in diversen Fachbereichen verteilte Informationen zu Arbeitsplätzen. Im Folgenden wird zunächst dargestellt, welche Informationen in dem neu zu schaffenden EDV-System benötigt werden, anschließend wird ein Überblick über existierende Systeme gegeben, die als Quellsysteme in Frage kommen.

Grundlegend werden im APMS Informationen zu Arbeitsplätzen und Mitarbeitern sowie deren Eigenschaften benötigt. Letztendlich wird ein integriertes Modell der beiden Sichten erstellt.

Auf der Seite der Mitarbeiter werden neben den Stammdaten wie Personalnummer, Name, Vorname, Geschlecht und Geburtsjahr die organisatorische Zuordnung und als Eigenschaften die Tätigkeitseinschränkungen und die Ergebnisse von Vorsorgeuntersuchungen benötigt. Für die Tätigkeitseinschränkungen und die Ergebnisse der Vorsorgeuntersuchungen muss des Weiteren ein Gültigkeitszeitraum verfügbar sein.

Um den kurzfristigen Zuordnungsprozess zu Beginn einer Schicht zu unterstützen, wird eine Information darüber benötigt, ob der Mitarbeiter physisch anwesend ist. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht aller Informationen, die zu einem Mitarbeiter benötigt werden.

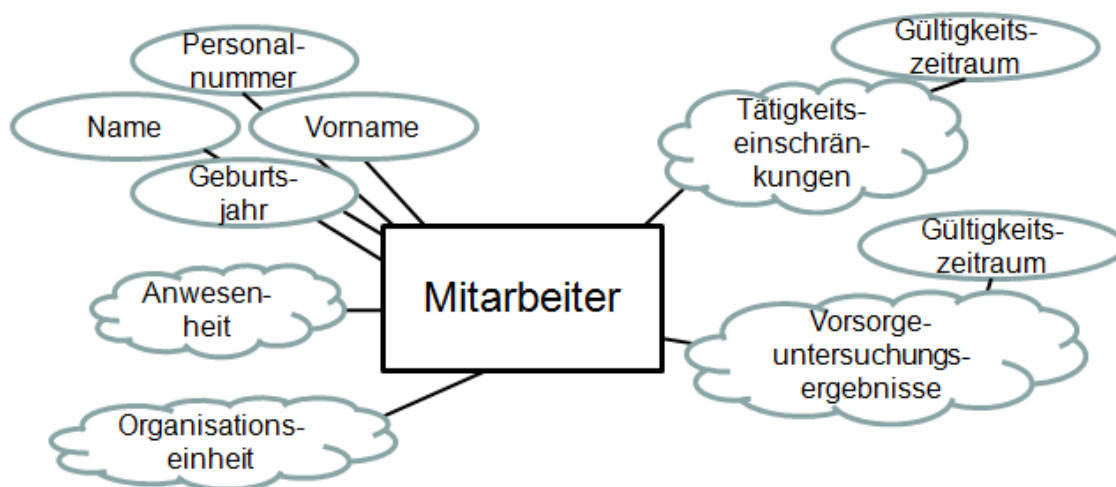


Abbildung 3. Informationen zum Mitarbeiter

Auf der Seite des Arbeitsplatzes werden zunächst alle Informationen benötigt, die gegen den Einsatz bestimmter Mitarbeiter sprechen, also speziell alle Belastungen und notwendigen Vorsorgeuntersuchungen, sowie eine organisatorische Einordnung. Da die Arbeit häufig in Gruppen organisiert ist, wird ggf. zusätzlich die Information benötigt, zu welcher Gruppe der Arbeitsplatz gehört.

Die Information „Tätigkeitseinschränkungen“ für den Mitarbeiter beinhaltet die Einschränkungen, die das Gesundheitswesen einem Mitarbeiter attestiert. Die Information „alle Belastungen“ für den Arbeitsplatz ist hingegen nicht so einfach zu definieren. Grundlegend müssen Belastungen in drei Bereiche untergliedert werden: (i) ergonomische Belastungen, (ii) Umweltbelastungen, also die Belastungen aufgrund der Umwelt

um den Arbeitsplatz (Lärm, Zugluft, ...) und (iii) stoffliche Belastungen. Jede der drei Belastungsarten erfordert eine spezifische Analyse. Ähnlich komplex stellt sich die Notwendigkeit einer Vorsorgeuntersuchung dar, da sie sich aus der Tätigkeit an sich oder aus dem Umgang mit einem Gefahrstoff ergeben kann.

Ein Mitarbeiter ist anhand seiner Stammnummer, häufig auch allein anhand seines Namens einfach und eindeutig identifizierbar. Für Arbeitsplätze ist dies nicht so leicht. Häufig werden sie z.B. nach ihrer Montagestation benannt. Die Montagestation mit der Bezeichnung „M60“ existiert aber in mehreren verschiedenen Montagelinien, so dass M60 bei einer Suche kein eindeutiges Ergebnis liefert. Als zweites eindeutiges Identifikationsmerkmal bietet sich die räumliche Position des Arbeitsplatzes an, ähnlich der Angabe von Längen- und Breitengrad zur weiteren Spezifizierung des Namens einer Stadt. Der Standort soll durch eine grafische Positionierung veranschaulicht werden.

Mit der Zuordnung des Mitarbeiters auf seinen Arbeitsplatz bzw. zu seiner Gruppe endet die Funktionalität des APMS noch nicht. Als nächstes muss der Mitarbeiter entsprechend den Anforderungen seines neuen Arbeitsplatzes arbeitssicherheitstechnisch unterwiesen werden. Diese Unterweisungsunterlagen werden ebenfalls benötigt.

Während der direkte betriebliche Vorgesetzte eines Mitarbeiters seine Arbeitsplätze vollständig kennt und im Zweifelsfall räumlich in der Nähe ist, ist es für andere Bereiche wie Gesundheitswesen und Personalwesen häufig nicht leicht, durch die Information einer Arbeitsplatzbezeichnung sofort ein entsprechendes Bild der Arbeit vor Augen zu generieren. Es wird deshalb zusätzlich eine visuelle Information zum Arbeitsplatz benötigt.

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht der Informationen, die zum Arbeitsplatz benötigt werden.

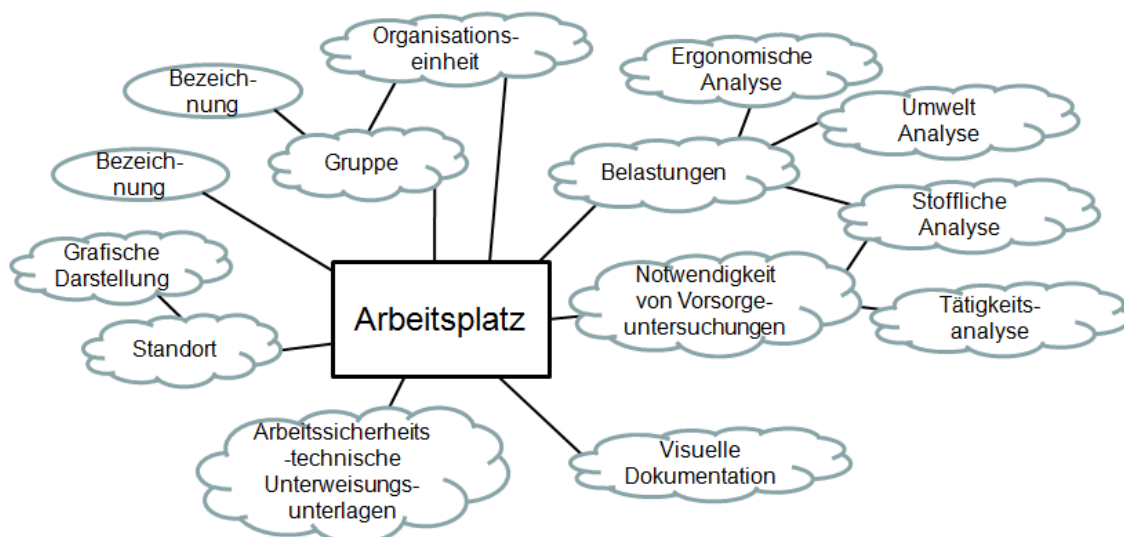


Abbildung 4. Informationen zum Arbeitsplatz

Nachdem die für das APMS benötigten Informationen spezifiziert wurden, werden in Kapitel 2.4 die bestehenden IT-Systeme beschrieben, die ggf. als Quellsysteme in Frage kommen.

2.4 Nutzung bestehender Informationsquellen

Die Darstellung bestehender IT-Systeme wird durch die Unterscheidung nach Quellsystemen zu den zuvor spezifizierten Informationen gegliedert. Am Ende des Kapitels wird ein Überblick über die mögliche Nutzbarkeit der Systeme gegeben.

2.4.1 Informationen zum Mitarbeiter

Die Informationen zum Mitarbeiter lassen sich grob in Personalstammdaten, gesundheitliche Daten und die Anwesenheit untergliedern. Zur Einordnung des Mitarbeiters werden außerdem Strukturdaten, namentlich die Organisationsstruktur benötigt.

Personalstammdaten

Das Personalwesen speichert in den meisten Gesellschaften des Volkswagen-Konzerns Personalstammdaten in dem eigens für Volkswagen entwickelten SAP-Modul IPS (Innovativer Personal Service). Die Personalstammdaten werden täglich gepflegt. IPS ist damit das optimale Quellsystem für Personalstammdaten.

Strukturdaten

Die Organisationsstruktur ist die hierarchische Ordnung für Mitarbeiter und wird entsprechend ebenfalls in IPS gepflegt. Eine thematische Trennung wird hier vorgenommen, weil die Struktur auch an anderen Stellen zur Einordnung verwendet wird. Die Untergliederung der Organisationseinheiten reicht von der Konzernspitze bis hin zum Mitarbeiter:

Konzern → Marke → Sparte → Werk → Hauptabteilung → Abteilung → Unterabteilung → Meisterschaft → Gruppe → Mitarbeiter.

Parallel zu der Personalsicht der Organisationsstruktur existiert eine Struktur aus Kostengesichtspunkten. Diese Struktur wird in dem SAP Modul PROFIS gepflegt.

Für die Strukturdaten existiert bereits ein täglicher Export für diverse andere Systeme, in dem auch eine Verbindung der beiden Strukturen durch Zuordnungen ermöglicht wird. Dieser Export wird auch als Schnittstelle zum APMS verwendet.

Gesundheitliche Daten

Das Gesundheitswesen speichert in den meisten Gesellschaften des Volkswagenkonzerns personenbezogene Daten wie Diagnosen, Tätigkeitseinschränkungen und Vorsorgeuntersuchungsergebnisse in AMVW (Arbeitsmedizinisches Verwaltungsprogramm Volkswagen). Für die Kommunikation mit anderen Bereichen müssen die Daten spezifisch gefiltert werden, um den Auflagen der ärztlichen Schweigepflicht sowie zusätzlichen Auflagen des Datenschutzes nachzukommen. Ebenfalls aus Datenschutz-

gründen existierte bis zum Abschluss dieses Projektes lediglich eine manuelle Schnittstelle für Daten wie Tätigkeitseinschränkungen und Vorsorgeuntersuchungsergebnissen zu IPS. Da aus diesen Gründen auch in Zukunft nicht davon auszugehen ist, dass AMVW als Quellsystem für diverse andere Systeme in Frage kommt, wird stattdessen das oben erwähnte IPS verwendet. Als zentrales Personalsystem ist IPS das geeignetste System als Datenknotenpunkt für personenbezogene Daten allgemein.

Mitarbeiteranwesenheit

Volkswagen verwendet in vielen Werken eine Zugangssteuerung über den Werkausweis der Mitarbeiter. Zum Öffnen der Schranke am Werkstor muss sich der Mitarbeiter durch seinen Werkausweis authentifizieren. Dieser Vorgang wird durch das Zugangsberechtigungssystem (ZUBESY) erfasst. ZUBESY überträgt die Daten zeitversetzt an IPS.

Für das APMS ist ZUBESY ein geeignetes Quellsystem um dem betrieblichen Vorgesetzten einen Überblick über die aktuelle Anwesenheit seiner Mitarbeiter zu verschaffen und so Zuordnungen zu erleichtern. Die zeitliche Versetzung des Datentransfers von ZUBESY zu IPS hat allerdings den Grund, dass eine Überwachung der Mitarbeiter verhindert werden soll. Vor dem Hintergrund muss bereits an dieser Stelle festgestellt werden, dass die Anzeige der Mitarbeiteranwesenheit aus Datenschutzgründen nicht sinnvoll realisierbar ist.

2.4.2 Informationen zum Arbeitsplatz

Auf der Seite des Arbeitsplatzes können die Informationen grob in Arbeitsplatzstammdaten, grafische Hallenpläne, Analysedaten und Unterweisungen untergliedert werden.

Arbeitsplatzstammdaten

Der Aufbau und die Pflege von „Arbeitsplatzstammdaten“ sind bei Volkswagen auf die Abteilungen Planung und Industrial Engineering (IE) aufgeteilt. Zentrales Aufgabengebiet der Planung ist der Entwurf von Fertigungs- und Montagelinien. Für jede zu verrichtende Tätigkeit werden Arbeitsfolgen angelegt. Für jede Arbeitsfolge wird die Zeit hinterlegt, die ein Mitarbeiter für ihre Bearbeitung benötigt (Fertigungszeit, kurz F-Zeit).

Bei der Planung von Produktionsabschnitten wie z.B. einer Montagelinie interessiert zunächst ausschließlich diese F-Zeit. Jeder Abschnitt wird fein in Arbeitsfolgen zerlegt erfasst, analysiert und optimiert. Die Arbeitsfolgen werden entsprechend ihres Ablaufs in einem Plan angeordnet. Auf Basis der fertigen Pläne werden Flächenbedarf, Personalbedarf usw. berechnet und schließlich die Produktkosten abgeleitet. Jeder Plan wird eindeutig einer Kostenstelle zugeordnet.

Die laufende Verbesserung und Anpassung bestehender Fertigungssysteme ist bei Volkswagen Aufgabe von IE. Hier wird geplant, welche Stückzahlen wo mit wie vielen Mitarbeitern produziert werden sollen.

Die Bereiche Planung und Industrial Engineering verwenden hierzu das System Arbeitsplan (AP) zur Abbildung von Produkt- und Fertigungsprozess-Beschreibungen.

Die hier gepflegten Fertigungspläne beginnen z.B. auf der Ebene eines Getriebes und reichen über die verschiedenen Einzelteile zu den einzelnen Fertigungsschritten und weiter bis hinunter zur Arbeitsfolge auf Basis von MTM¹ Analysen. Neben der reinen Datenerfassung unterstützt AP dreidimensionale Simulationen von Fertigungsabläufen. Das System dient insbesondere zur Abrechnung von Produktfertigungszeiten.

Zum Start des Projekts enthielt das System Arbeitsplan keine weiteren Gliederungsebenen, einem Plan waren direkt sämtliche Arbeitsfolgen zugeordnet. Jede Arbeitsfolge hat eine F-Zeit, so dass sich für einen Plan durch die Summe der F-Zeiten der Personalbedarf berechnen lässt. Der Personalbedarf für einen Plan ist eine grobe Sicht auf die eigentlich benötigten Daten. Eine Rekonstruktion, welche Arbeitsfolge von welchem Mitarbeiter zu tun ist, ist nicht möglich.

Eine systemtechnische Analyse der Arbeitsfolgen auf Belastungen bestand in AP nicht. Aus diesen Gründen nutzt das APMS das System AP nicht als Quelle für die Arbeitsplatzstammdaten. Stattdessen wird prototypisch ein neues Modul entwickelt, das nach Fertigstellung als Grundlage für eine entsprechende Erweiterung des Systems AP dienen kann.

Die Neuerfassung und die Pflege der Arbeitsplatzstammdaten stellt einen erheblichen Aufwand dar. Da es sich bei der Neuerfassung um einen einmaligen Aufwand handelt, muss insbesondere der Pflegeaufwand minimiert werden. Um diesen Aufwand bei sich ändernden Arbeitsinhalten zu reduzieren, werden unterhalb des Arbeitsplatzes Teiltätigkeiten erfasst. Diese können dann z.B. bei Änderungen des Arbeitsumfangs für einen Arbeitsplatz zwischen Arbeitsplätzen verschoben werden. Eine solche Teilaufgabe kann die Bedienung einer Maschine darstellen, so dass Maschinenstammdaten als weiterer Informationsbedarf hinzukommen.

Maschinenstammdaten werden in der Zentraldatei Betriebsmittel und Maschinen (ZBM) gepflegt. Das System ZBM ist damit als Quellsystem für das APMS geeignet.

Grafische Hallenpläne

Für die grafische Planung der Produktion wird das Hallen Layout System (HLS) genutzt. Hier werden maßstabsgetreue Layout-Pläne zu jeder Halle angelegt und gepflegt. Die Pläne sind bis in die Produktion bestens bekannt und hängen für den jeweiligen Bereich als großflächiger Ausdruck in den meisten Büros der betrieblichen Vorgesetzten. Auf den Plänen sind in verschiedenen Layern Objekte von der einzelnen Kiste über Maschinen bis hin zu Mitarbeiterpositionen als Graphen realisiert. Das HLS ist damit das ideale Quellsystem um die Position von Arbeitsplätzen zu veranschaulichen.

¹ Method Time Measurement, MTM Gesellschaft

Analysedaten

Die Analysedaten müssen auch für die Untersuchung auf bestehende Informationsquellen in ihre einzelnen Bestandteile untergliedert werden.

Die ergonomische Analyse und die Umweltanalyse wurden bislang nur in Problemfällen und ohne systemtechnische Unterstützung durchgeführt. Hier ist kein System vorhanden.

Für die Analyse des Vorsorgeuntersuchungsbedarfs existiert ebenfalls kein System.

Die stoffliche Analyse wird von den Abteilungen Arbeitssicherheit / Sicherheitschemie durchgeführt. Für jeden Ort, an dem mit einem Gefahrstoff umgegangen wird, erstellt die Sicherheitschemie eine Betriebsanweisung, die dort ausgehängt wird. Sie enthält Informationen über den Gefahrstoff selbst, die Art des Umgangs, eine genaue Spezifikation der Gefahren, Schutzmaßnahmen, Verhaltensvorschriften und insbesondere die Notwendigkeit von Vorsorgeuntersuchungen.

Für die Erstellung und Pflege der Betriebsanweisungen gibt es neben Microsoft Word keine systemtechnische Unterstützung.

In Stichproben wird die Konzentration von Stoffen gemessen. Aus den Spezifikationen des Stoffs, dem Messergebnis, dem Grenzwert und der Art des Umgangs ergibt sich die Schutzstufe.² Stoffe werden detailliert im System Material-Freigabe-Prozesstechnik (MFP) gepflegt. Die Messergebnisse werden im System Arbeitsplatzmessung (APM) gepflegt. Diese beiden Großrechnersysteme sind auf die Bedienung von Fachpersonal der Abteilungen Arbeitssicherheit / Sicherheitschemie ausgelegt und durch Berechtigungen entsprechend eingeschränkt.

Die Sicht der Sicherheitschemie auf den Umgang mit Gefahrstoffen bezieht sich auf Maschinen, deren Umgebung sowie die Lagerstätten. Untersuchungen und Vorschriften werden Inventarnummern bzw. Feldbereichen zugeordnet.

Die ideale Informationsquelle für das APMS wären die Betriebsanweisungen mit Ergänzung der Messergebnisse. Aus diesem Grund wird ein Modul zur Erstellung von Betriebsanweisungen prototypisch neu erstellt und kann nach Fertigstellung ggf. als Vorlage für eine Erweiterung vorhandener Systeme verwendet werden. Obwohl Betriebsanweisungen auf Gefahrstoffen aufbauen, wird MFP nicht als Datenquelle verwendet, da es sich dabei um ein Legacy-System handelt und eine Schnittstelle für den Prototyp deshalb nicht ohne erheblichen Aufwand realisierbar ist. Stattdessen findet ein einmaliger Import statt, und die Pflege von Gefahrstoffen wird in das neue Modul integriert.

Unterweisungen

Die Arbeitssicherheit pflegt ein Handbuch mit fachlich strukturierter Untergliederung für die sicherheitstechnischen Arbeitsunterweisungen. Dieses stellt sie im Intranet zur Ver-

² In Abhängigkeit von der Schutzstufe ergeben sich weitere durchzuführende Maßnahmen für den Arbeitgeber.

fügung. Das APMS kann die Unterweisungen durch eine einfache Verlinkung einbinden.

Nachdem Quellsysteme identifiziert und analysiert wurden, wird als nächstes der zusätzliche Informationsbedarf des APMS unter Einbindung der möglichen Quellen verfeinert.

2.5 Integration bestehender Systeme

In der Informationsbedarfsanalyse wurde der Informationsbedarf für die gewünschte Funktionalität des APMS unabhängig von anderen Systemen dargestellt. Im Folgenden wird das Ergebnis der Analyse bestehender Informationsquellen aus dem vorherigen Kapitel integriert und das APMS im Kontext der hier relevanten IT-Systemlandschaft dargestellt.

Abbildung 5 zeigt das APMS mit den Schnittstellen zu anderen Systemen. Die Schnittstelle zum System ZUBESY ist eine theoretisch denkbare Schnittstelle, die aus Datenschutzgründen nicht realisiert wird. Für Informationen, die derzeit nicht aus anderen Informationsquellen gewonnen werden können, sind Module dargestellt, in denen diese neu erfasst werden. Gleichwohl handelt es sich bei den Modulen um eine prototypische Implementierung mit dem langfristigen Ziel, die bestehenden Systeme zu erweitern.

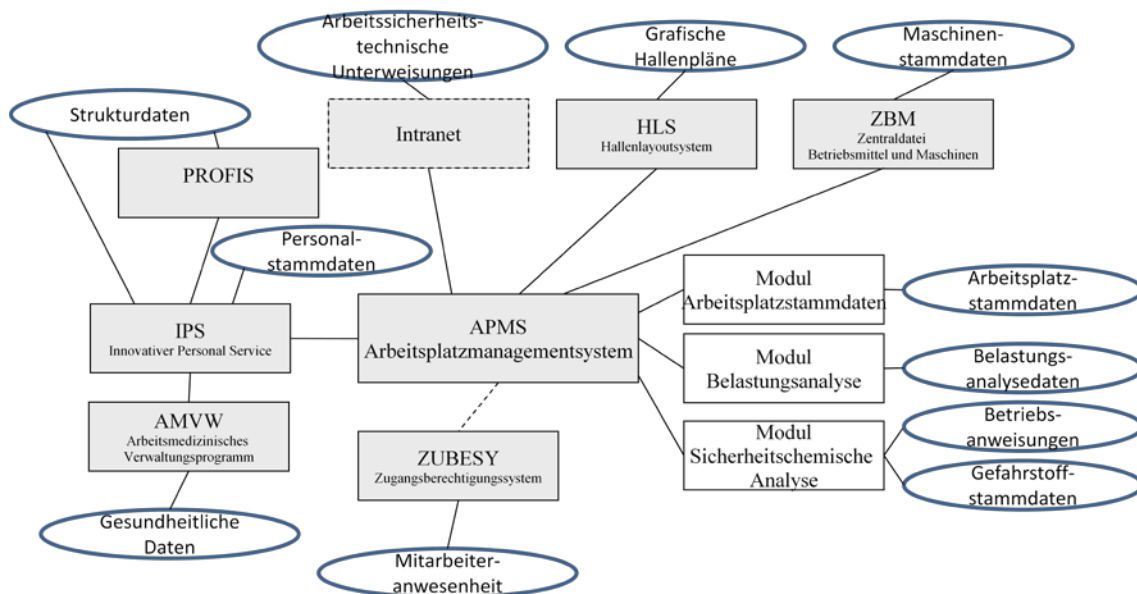


Abbildung 5. Systemübersicht

Durch die Informationsbedarfsanalyse wurde insbesondere festgestellt, welche Informationen neu erfasst werden müssen. Im folgenden Kapitel wird das konzeptuelle Modell zur Realisierung der neuen Module und der Kernfunktionen des APMS dargestellt.

2.6 Das konzeptuelle Modell

Das konzeptuelle Modell wird in Abbildung 6 dargestellt [DM07]. Es teilt sich in die Bereiche personenbezogene Daten, Arbeitsplatzstruktur und Arbeitsbedingungen.

Die Arbeitsbedingungen enthalten die Gefährdungsanalyse. Hier stehen Belastungen aller Art (ergonomisch, Umwelt), benötigte Vorsorgeuntersuchungen und die Gefahrstoffe, mit denen umgegangen wird. Diese Analysedaten werden für jeden Arbeitsplatz benötigt.

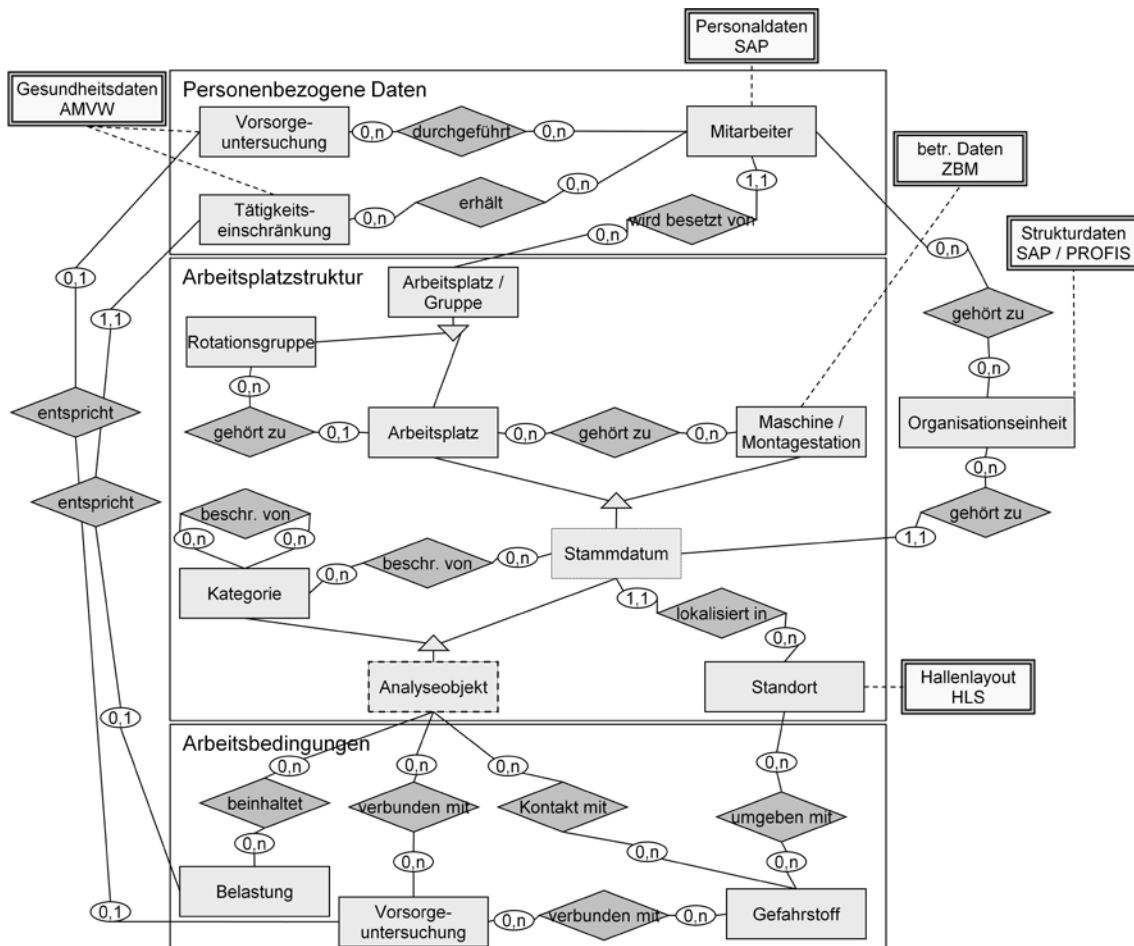


Abbildung 6. ER-Diagramm des Arbeitsplatzmanagementsystems

Entsprechend den bereits beschriebenen strukturellen Aspekten stellt sich die Arbeitsplatzstruktur dar. Das Objekt *Analyseobjekt* umfasst den sinnvoll abstrahierbaren Anteil der Gefährdungsanalyse. Diese Informationen stellen die Grundlage für das entwickelte *Kategorisierungsmodell* dar und ermöglichen jede beliebige Zusammenfassung von Analysen auf verschiedenen Gruppierungsebenen. Ein *Standort* ist eine konkrete Position im Werk mit Verweis auf das Hallenlayoutsyste. Mit einem Standort werden durch Bereichsanalysen Gefahrstoffkonzentrationen verknüpft. Das abstrakte Objekt *Stammdatum* erweitert das Analyseobjekt um einen Standort und eine *Organisations-einheit* aus den Systemen IPS und PROFIS. Die *Maschine* oder *Montagestation* stellt ein konkretes Objekt dar. Für betriebliche Daten wird das System ZBM verknüpft. Ein Arbeitsplatz stellt in der Regel lediglich die Zusammenfassung verschiedener Maschi-

nen/Montagestationen und Kategorien dar. In Ausnahmefällen werden aber auch auf dieser Ebene noch Analysedaten erfasst.

Die personenbezogenen Daten beinhalten Stammdaten wie Name, Vorname, Geburtsdatum etc. aus IPS, und die verknüpfungsrelevanten Gesundheitsdaten enthalten Tätigkeitseinschränkungen und Ergebnisse von Vorsorgeuntersuchungen aus AMVW. Im Regelfall wird ein Mitarbeiter einer Gruppe zugeordnet. Nur wenn keine geeignete Gruppe gefunden werden kann, erfolgt die Zuordnung auf einen einzelnen Arbeitsplatz. Während der Zuordnung eines Mitarbeiters führt das Arbeitsplatzmanagementsystem die gesundheitliche Eignungsprüfung durch. Speziell wird geprüft, ob der Schlüssel einer Tätigkeitseinschränkung des Mitarbeiters mit dem Schlüssel einer Belastung am Arbeitsplatz kollidiert und ob der Mitarbeiter über positive Vorsorgeuntersuchungsergebnisse für alle benötigten Vorsorgeuntersuchungen verfügt. Eine Prüfung der qualifikatorischen Eignung wird bislang nicht durchgeführt. Möglichkeiten der Weiterentwicklung des APMS werden in Kapitel 4.4 dargestellt.

Aus dem Bereich der Arbeitsplatzstruktur werden im Folgenden der Begriff des *Analyseobjekts* und das *Kategorienmodell* detailliert beschrieben und anhand eines ausführlichen Beispiels erläutert.

2.6.1 Modellierung der Produktionsstruktur als Analyseobjekt

Kern der Strukturierung der Produktion ist seine Generalisierung auf Analyseobjekte. Hierfür wird die Arbeit an einem Arbeitsplatz in einzelne Teile untergliedert und diese als Analyseobjekte definiert.

Ein Arbeitsplatz beinhaltet die Arbeit für genau einen Mitarbeiter. Der Arbeitsinhalt an einem Arbeitsplatz umfasst in der Regel die Bedienung von Maschinen in der Fertigung oder die Bedienung von Stationen einer Montagelinie.

Die Analyseobjekte unterscheiden sich stark je nach Bereich der Arbeitsinhalte. Die wichtigste Unterscheidung liegt in den Bereichen *Fertigung* und *Montage*. Die Fertigung stellt z.B. ein Zahnrad her (Fräsen, Entgraten, Härten...). Der Fokus der Arbeit liegt hier auf der Bearbeitung des einen Werkstücks. In der Montage wird dieses Zahnrad neben diversen anderen Einzelteilen in z.B. ein Getriebe montiert. Im Folgenden werden die beiden Bereiche gesondert betrachtet.

Montage

Die Montage für Komponenten findet an Montagelinien statt. Die Arbeiten sind in einzelne Montagestationen untergliedert. Ein Mitarbeiter kann eine oder mehrere Stationen bedienen. Die vorrangigen Tätigkeiten sind das Bereitstellen und das Montieren von Material sowie bei Bedarf die Fehlerbehebung.

Aufgrund differenzierter und häufig wechselnder Arbeitsinhalte, die sich jedoch in Teilen gleichen, wird nicht der Arbeitsplatz als Ganzes analysiert, sondern es werden die einzelnen Arbeitsinhalte, wie z.B. die Bedienung einer Maschine betrachtet.

Ein Analyseobjekt ist in diesem Fall ein Arbeitsinhalt, der einen Bestandteil eines Arbeitsplatzes darstellt. In der Regel wird die Bedienung einer Maschine oder einer Arbeitsstation betrachtet.

Prinzipiell werden Analyseobjekte bei ihrer Zuordnung zur nächsthöheren Aggregationsstufe mit Prozenten gewichtet. Die Vergabe der Prozentwerte lässt sich aus zwei verschiedenen Blickwinkeln betrachten: Die Prozentwerte ergeben sich entweder (i) aus dem zeitlichen Anteil, den die Arbeit für einen Mitarbeiter bedeutet oder (ii) aus dem Arbeitsanteil, mit dem die Arbeit auf einzelne Mitarbeiter verteilt wird.

(i) Abbildung 7 zeigt die Skizze eines Montagelinienteils mit prozentualer Gewichtung nach dem zeitlichen Anteil, den die Arbeit für einen Mitarbeiter bedeutet. Die Analyse wird bei diesem Vorgehen für einen einzelnen Takt vorgenommen und über die Montagestückzahl innerhalb einer Schicht hochgerechnet. Wenn z.B. an einer Montagestation ein Werkstück zum Montieren von einem Behälter zur Montagestation bewegt werden muss, wird dieser Vorgang einmal analysiert. Das Belastungsergebnis wird dynamisch mit der Stückzahl multipliziert, die aktuell während einer Schicht montiert wird.

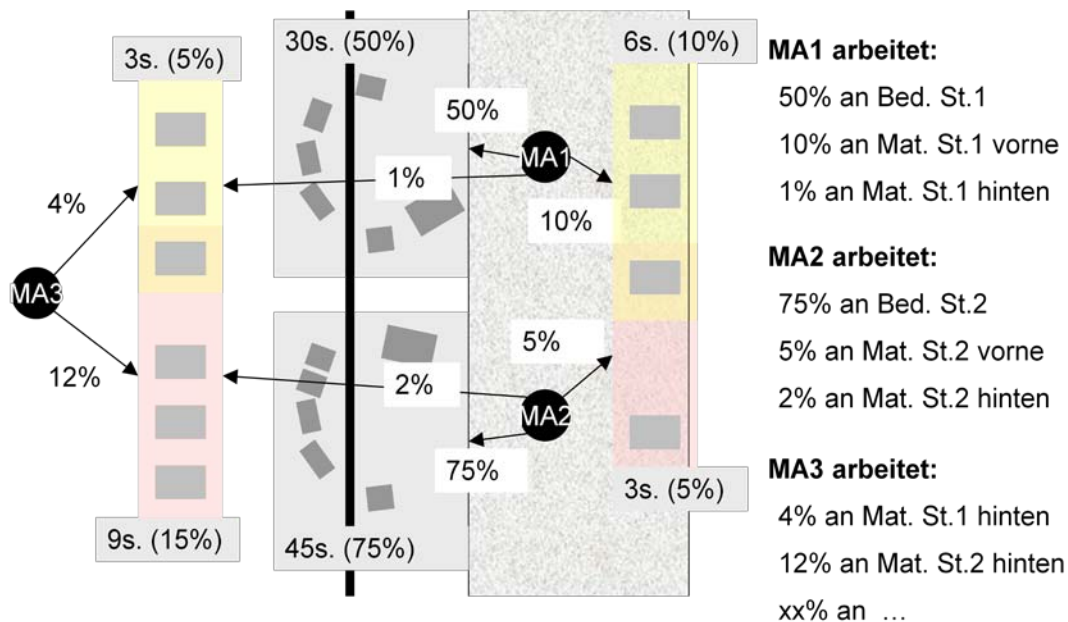


Abbildung 7. Verteilung der Mitarbeiterzeit auf auszuführende Tätigkeiten

(ii) Abbildung 8 zeigt die Skizze des gleichen Montagelinienteils mit prozentualer Gewichtung der Analyseobjekte nach dem Anteil, mit dem die Arbeit von einem Mitarbeiter durchgeführt wird. Die Arbeit jedes Analyseobjekts wird in Summe zu 100% von ggf. verschiedenen Mitarbeitern durchgeführt. Bei dieser Analyse wird das Analyseobjekt für eine gegebene Stückzahl für eine Schicht bewertet. Die prozentuale Zuordnung lässt keinen Schluss auf die Mitarbeiterauslastung zu, da hier die zu verrichtenden Tätigkeiten auf die Mitarbeiter verteilt werden und nicht die Arbeitszeit des Mitarbeiters auf die zu verrichtenden Tätigkeiten.

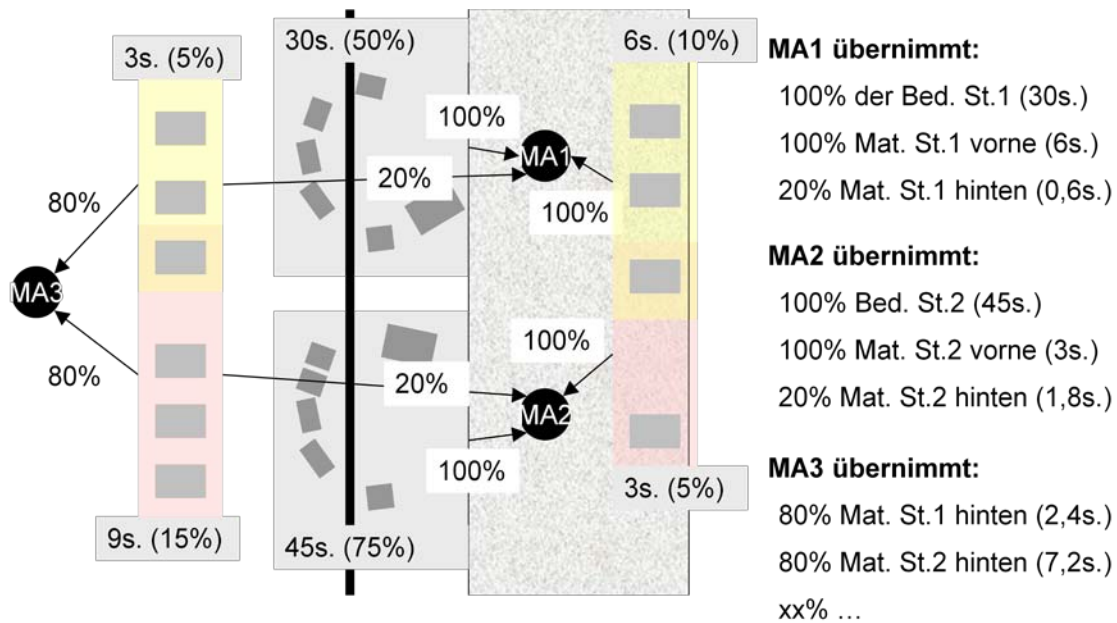


Abbildung 8. Verteilung der auszuführenden Tätigkeiten auf Mitarbeiter

Die Analyse nach (i) ist auf den ersten Blick sehr exakt. Allerdings birgt sie ein enormes Risiko für systematische Analysefehler. Ein kleiner Fehler in der Einzelanalyse hat z.B. durch die Multiplikation von mehreren Tausend Montagen pro Schicht erhebliche Auswirkungen für das Gesamtergebnis. Es wird ein Grad der Detaillierung dargestellt, der so exakt nicht gemessen werden kann. Die transparente Darstellung der Mitarbeiterauslastung stößt zudem auf Bedenken seitens der Mitarbeitervertretung. Aus diesen Gründen wurde die Alternative (ii) gewählt.

Fertigung

Bei der Fertigung von Einzelteilen handelt es sich in der Regel für jeden Mitarbeiter um Mehrmaschinenbedienung. Die zu bedienenden Maschinen sind häufig vom gleichen Typ. Jede Maschine ist eindeutig über ihre Inventarnummer identifizierbar. Die vorrangigen Tätigkeiten sind das Auflegen und Abnehmen von Material, die Maschinenüberwachung, der Werkzeugwechsel sowie Arbeiten zur Fehlerbehebung. Abbildung 9 zeigt einen typischen Pünktchenplan der Fertigung, in dem über Punkte die Einteilung von Mitarbeitern geplant wird. Die Rechtecke stellen die einzelnen zu bedienenden Maschinen dar. Zur Veranschaulichung wurden hier Maschinen des gleichen Typs farblich gekennzeichnet. Die Pünktchen im Plan stellen die Mitarbeiter dar. Farblich unterschieden sind hier Mitarbeiter, die während einer Schicht ihre Arbeitsplätze tauschen. Auf dem Plan sind auf diese Weise drei Gruppen zu unterscheiden, die graue Gruppe (zwei Mitarbeiter), die rote Gruppe (vier Mitarbeiter) und die weiße Gruppe (drei Mitarbeiter).

Analog den Montagearbeitsplätzen wird in der Fertigung nicht der Arbeitsplatz als Ganzes analysiert, sondern in Teiltätigkeiten untergliedert. Im Regelfall ist die Teiltätigkeit die Bedienung einer Maschine. Die zuvor beschriebene prozentuale Gewichtung ist auf den Bereich der Fertigung übertragbar.

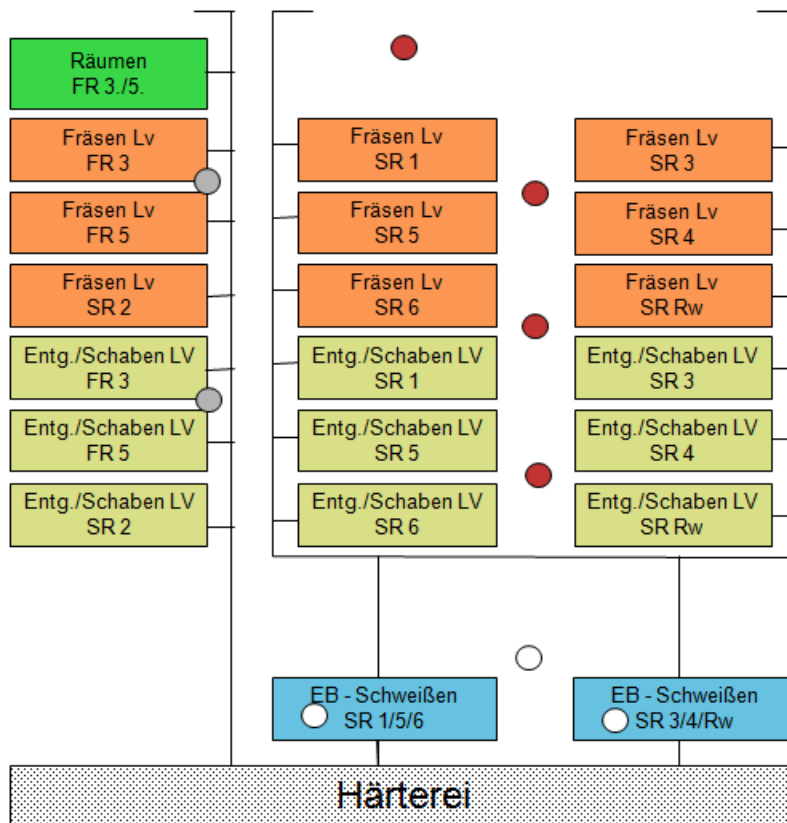


Abbildung 9. Typischer Pünktchenplan der Komponentenfertigung

Die farbliche Kennzeichnung der Maschinen macht deutlich, dass bereits in einem kleinen Abschnitt der Fertigung mehrere Maschinen des gleichen Typs und damit auch mit der gleichen Belastungssituation für den Mitarbeiter eingesetzt werden. Im folgenden Kapitel wird die Vermeidung möglicher Redundanzen durch das Kategorienmodell dargestellt.

2.6.2 Die Kategorisierung

Personalstammdaten und Gesundheitsdaten werden vollständig und aktuell in den Systemen des Personalwesens und des Gesundheitswesens gepflegt. Die Produktion pflegt ebenfalls Systeme. Im Vordergrund stehen hier die Fertigungszeiten der Produkte anhand derer die Kosten über Maschinenzeiten und Personalbedarf berechnet werden. Der Personalbedarf ist dabei ein theoretischer Faktor, weil sich durch die Zusammenfassung der einzelnen Arbeitsfolgen³ keine tatsächlichen Arbeitsplätze ableiten lassen. Für die Berechnung der Kosten ist es irrelevant, wie viele *verschiedene* Mitarbeiter an dem Prozess beteiligt sind oder welcher Mitarbeiter welche Arbeitsfolge ausführt (vgl. Kapitel 2.4.2). Bisher gibt es kein System der Produktion, das eine geeignete Schnittstelle zu Mitarbeiterdaten aufweist. Sowohl die Arbeitsplatzstruktur als auch die Arbeitsbedingungen werden deshalb im APMS durch ein Analyseteam neu aufgenommen. Nicht nur vor dem Hintergrund des enormen Aufwands, die gesamte Produktion

³ Eine Arbeitsfolge ist der kleinste betrachtete Teil einer Tätigkeit.

Nachdem in diesem Abschnitt das Modell zur Generalisierung der Produktionsstruktur zu Analyseobjekten beschrieben wurde, geht das folgende Kapitel auf die Modellierung der Analysen für ein einzelnes Analyseobjekt ein.

2.7 Applikationsspezifische Modellierung der Arbeitsplatzanalyse

Im Folgenden wird zunächst der ganzheitliche Ansatz als Basis für die Gestaltung des APMS dargestellt und seine Auswirkung beschrieben. Im Anschluss werden einzelne Analysebestandteile modelliert.

2.7.1 Ganzheitlicher Ansatz

Aus dem Bereich der Informationstechnik ist der Begriff des „Ganzheitlichen Informationsmanagements“ bekannt [BMR00]. Dieser lässt sich problemlos auf die Arbeitswissenschaften übertragen. Zur Schaffung eines Instruments zur Personaleinsatzoptimierung ist die ergonomische Analyse von Arbeitsinhalten nicht ausreichend. Neben Tätigkeitseinschränkungen, die durch die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen beeinflusst werden, existieren weitere Einschränkungen wie z.B. die des Hör- oder Sehvermögens. Entsprechende Anforderungen eines Arbeitsplatzes müssen ebenfalls erfasst werden, wenn die Eignung eines Arbeitsplatzes für einen Mitarbeiter geprüft werden soll. Für jeden Arbeitsplatz muss hinterlegt sein, welche Tätigkeitseinschränkungen den Einsatz an ihm ausschließen. Dies beinhaltet insbesondere auch Umgebungseinflüsse wie Lärmbereiche oder Zugluft.

Für die Personaleinsatzplanung ist die Analyse zum Zeitpunkt des ersten tatsächlichen Arbeitseinsatzes auf dem Detaillierungsgrad des gesamten Arbeitsplatzes relevant. Das heißt, die Analyse findet nicht im Rahmen einer Simulation, sondern nach dem Aufbau von z. B. einer Montagelinie direkt in der Produktion statt. Es wird kein einzelner Handgriff, sondern ein ganzer Arbeitsabschnitt bewertet, so dass möglichst wenige Teilanalysen für einen Arbeitsplatz zusammengefasst werden müssen.

Die Voraussetzung für die Durchführung betrieblicher Epidemiologie ist die historisierte Zuordnung des Mitarbeiters auf seinen Arbeitsplatz. Erst diese Zuordnung bringt die Möglichkeit zur Bildung von Mitarbeitergruppen mit über einen längeren Zeitraum gleichen Belastungen. So könnte z.B. eine Gruppe von Schweißern untersucht werden, die mehr als fünf oder mehr als zehn Jahre geschweißt haben. Mit Hilfe von Daten der Betriebskrankenkasse kann dann geprüft werden, ob eine Häufung von Atemwegserkrankungen vorliegt.

Die Arbeitsplatzanalyse beinhaltet insgesamt die ergonomische Analyse, die Umweltanalyse, die Gefahrstoffanalyse, die Zuordnung von Vorsorgeuntersuchungen und die Zuordnung von Arbeitssicherheitsdokumenten. Zusammen ergibt die im APMS durchgeführte Analyse einen Großteil der durch den Gesetzgeber vorgeschriebenen Gefährdungsanalyse der Arbeitsbedingungen und des Arbeitsumfelds.

Im Folgenden wird detailliert auf die einzelnen Bestandteile der Analyse eingegangen. Zur Vereinfachung wird als Belastungsanalyse die Belastungsanalyse der Ergonomie und der Umwelt betrachtet. Die sicherheitsschemische Belastungsanalyse wird einzeln behandelt.

2.7.2 Die Belastungsanalyse bezüglich der Ergonomie und der Umwelt

Grundlage der Belastungsanalyse ist ein Fragebogen, der unter anderem Fragen mit den zu den Tätigkeitseinschränkungen von Mitarbeitern passenden Schlüsseln enthält. So gibt es auf der Seite der Mitarbeiter die Tätigkeitseinschränkungen „Kein häufiges Bücken“. Bei der Belastungsanalyse muss passend dazu die Frage beantwortet werden, wie viel Prozent der Arbeitszeit an dem konkreten Analyseobjekt im Bücken vorgenommen werden muss.

Weitere Aspekte der Datenerhebung dienen der Untersuchung möglicher Optimierungen der Ergonomie.

Um eine Aussage über die Eignung eines Arbeitsplatzes für einen Mitarbeiter treffen zu können, werden Möglichkeiten zur Zusammenfassung von Belastungen einzelner zugeordneter Analyseobjekte geschaffen. So ergibt sich die Belastung für einen Arbeitsplatz durch die in den zugeordneten Maschinen begründeten Belastungen, sowie aus indirekten Belastungen, z.B. Umwelteinflüssen wie Lärm oder Temperatur. Bei der Zusammenfassung von Arbeitsplätzen zu Gruppen wird ebenfalls eine Gewichtung der Belastungen vorgenommen.

Für die Zusammenfassung von Belastungen gibt es folgende Klassifizierung:

(1) Eine *Belastung ohne Gewichtung* schließt den Einsatz eines Mitarbeiters mit entsprechender Tätigkeitseinschränkung generell aus („ja“ / „nein“). Es ist dabei nicht relevant, ob die Belastung nur bei einer Teiltätigkeit oder während der gesamten Arbeitszeit vorliegt. Die Belastung „Kontakt mit hautbelastenden Stoffen“ z.B. schließt den Einsatz von Mitarbeitern mit entsprechenden Allergien aus, egal wie lang der Mitarbeiter mit dem Stoff umgehen müsste.

(2) Eine *Belastung mit Gewichtung* enthält eine prozentuale Zuordnungsspezifizierung. Solche Belastungen führen erst dann zum Ausschluss des Einsatzes eines Mitarbeiters mit entsprechender Einschränkung, wenn die Belastung in der Summe zu mehr als einem gewissen Schwellenwert der Arbeitszeit vorliegt. Die Tätigkeitseinschränkung „Kein häufiges Bücken“ führt z.B. erst dann zum Ausschluss von Arbeitsplätzen, wenn an diesen in der Summe das Kriterium für „häufig“ überschritten wird.

(3) Für besonders schwer einschätzbare Belastungen wurden von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin *Leitmerkmalmethoden* [CSL99] entwickelt, mit deren Hilfe einzelne Belastungen berechnet werden können. Das Ergebnis einer Leitmerkmalmethode ist ein Punktwert. Zur Summenbildung können die Punktwerte mehrerer zugeordneter Analyseobjekte allerdings nicht addiert werden. Für das Summenergebnis müssen die Zwischenergebnisse nach definierten Kriterien zusammengefasst und das Ergebnis der Leitmerkmalmethode mit Hilfe der zusammengefassten Werte

neu berechnet werden. Das Ergebnis ist eine strukturierte Bewertung mit mehreren Attributen.

Die Tätigkeitseinschränkungen werden analog in Verboten („Kein Kontakt mit hautbelastenden Stoffen“) bzw. Schwellen („Kein häufiges Bücken“) beschrieben.

2.7.3 Vorsorgeuntersuchungen

Das gesetzlich vorgeschriebene Angebot bzw. die Durchführung von Vorsorgeuntersuchungen für Mitarbeiter kann sich aus verschiedenen Gründen ergeben. Zum einen gibt es Arbeitsinhalte, die dies notwendig machen, wie z.B. das Fahren eines Staplers. Zum anderen kann der Kontakt mit bestimmten Gefahrstoffen im Rahmen eines Arbeitsganges oder allgemein über die Arbeitsumgebung zu einer vorgeschriebenen Vorsorgeuntersuchung führen. Zusätzlich gibt es bei Volkswagen betriebliche Vereinbarungen zur Durchführung von Vorsorgeuntersuchungen unter bestimmten Umständen.

2.7.4 Sicherheitschemische Analyse

Neben der Zuordnung der grundsätzlichen Belastung „Kontakt mit hautbelastenden Stoffen“ wird die Gefahrstoffexposition detailliert von der Sicherheitschemie analysiert. Als Ergebnis der Gefahrstoffanalyse steht unter Berücksichtigung der spezifischen Gefahrstoffe und technischer Möglichkeiten die Schutzstufe. Diese bestimmt den weiteren Handlungsbedarf, wie z.B. regelmäßige erneute Analysen.

Für das APMS als Informationssystem werden insbesondere die Dauer des Umgangs, der Hautkontakt und die Messwerte erfasst sowie Detaildaten wie Grenzwerte über die Gefahrstoffstammdaten verknüpft.

Für bestimmte Gefahrstoffe wird zudem die Notwendigkeit einer Vorsorgeuntersuchung geprüft und ggf. hinterlegt. Diese Feststellung übersteigt den Zuordnungsbereich der Sicherheitschemie. In jedem Einzelfall erfolgt eine Abstimmung mit dem Gesundheitswesen.

Die Verknüpfung der Gefahrstoffanalyse mit dem Arbeitsplatz erfolgt über die Inventarnummer der Maschine bzw. über den Standort für Bereichsanalysen. Über das Kategorienmodell genügt die Analyse zum Typ einer Maschine um für alle Maschinen dieses Typs zu gelten. Abbildung 11 zeigt die mögliche Verknüpfungsstruktur einer benötigten Vorsorgeuntersuchung zu einem Mitarbeiter.

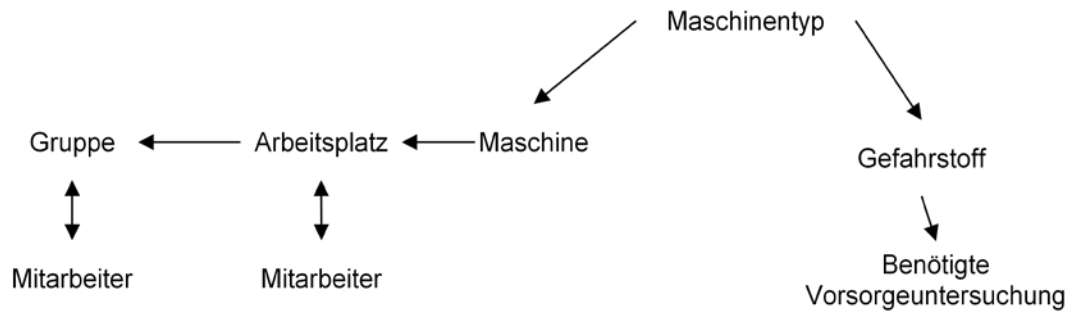


Abbildung 11. Darstellung der möglichen Verknüpfungsstruktur

2.7.5 Arbeitssicherheitstechnische Analyse

Gefahren bezogen auf die Arbeitssicherheit werden in der arbeitssicherheitstechnischen Analyse untersucht. Die Abteilung „Arbeitssicherheit“ hat umfassende Dokumente erstellt, die Vorsichtsmaßnahmen und Vorgehensweisen bezüglich des Umgangs mit sicherheitsrelevanten Situationen beinhalten, die „Anweisungen zum Arbeitsschutz“. Um die für eine Mitarbeiterunterweisung für einen speziellen Arbeitsplatz relevanten Informationen zu erhalten, werden diese im Rahmen der Arbeitsplatzanalyse verknüpft.

Nachdem die fachliche Anforderungsanalyse an das APMS in den vorherigen Abschnitten beschrieben wurde, werden im Folgenden die technischen Anforderungen analysiert.

2.8 Technische Anforderungen an das APMS

Der folgende Abschnitt beschreibt die technischen Anforderungen an das APMS. Hierin wird insbesondere die konkrete Entwicklungsumgebung festgelegt und ihre Verwendung begründet.

Zu Beginn der Entwicklung des APMS gab es bei Volkswagen keine einheitliche Vorgabe für die Verwendung von Programmiersprachen oder „Programmiersprachen“. Es wurden sowohl Java-Anwendungen als auch .net-Anwendungen entwickelt und in Auftrag gegeben. Auch bezüglich der Datenbank gab es keine Vorgabe, so dass DB2, Oracle und Microsoft SQL Server parallel betrieben wurden.

Die Analyse des Softwareumfelds [FHH02] ergab, dass sowohl für Clients als auch für Server das jeweilige Microsoft Windows Betriebssystem verwendet wird.

Das VW-Rechenzentrum in Kassel bot die Nutzung eines vorhandenen Microsoft SQL Servers zur Implementierung der Datenbank des APMS Prototyps an, seitens der Fachabteilungen wurde Unterstützung bei der Umsetzung mit Hilfe des dotnet Frameworks zugesichert.

Aus diesen Gründen wurden für die Entwicklung des APMS durchgängig Microsoft-Technologien verwendet. Das System wird mittels Internet-Technologie als Intranet-

Anwendung eingerichtet. Um die Datensicherheit zu erhöhen, wird neben dem Applikationsserver ein Datenbankserver betrieben und der Zugriff durch den Applikationsserver begrenzt. Da die Clients auf dem MS Windows Betriebssystem basieren, kann von einer Nutzung des MS Internet Explorers ausgegangen werden.

Während der Entwicklung des APMS kam es zu einer Grundsatzentscheidung bezüglich des IT-Konzernstandards. In einem neu erstellten „Book of Standards“ wurde Java als zu verwendende Programmiersprache und Oracle als zu verwendende Datenbank festgelegt. Hier ist anzumerken, dass das im Rahmen dieser Dissertation entwickelte System als Prototyp zu sehen ist. Gleichwohl wurde durch einen Exkurs im Rahmen einer Bachelorarbeit [Tr08] die Umsetzung von Kernfunktionen mit Hilfe von Java-Technologien gezeigt.

Die entwickelten Anforderungen an das APMS werden im folgenden Kapitel als Zielbestimmungen zusammengefasst.

2.9 Zielbestimmung

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Ziele für das System:

Zu entwickeln ist ein System zur Erfassung und Verwaltung von Arbeitsplätzen, deren Analyse nach gesundheitlichen Aspekten und zur Zuordnung von Mitarbeitern auf Arbeitsplätze und Gruppen.

Das System soll aufbauend auf dem Erfassungsbogen zur Belastungsanalyse den Anwender bei der Erfassung und Analyse von Arbeitsplätzen Schritt für Schritt begleiten, die Daten in geeigneter Form speichern und sie auf Abruf in ansprechender Form darstellen. Es soll nach der Eingabe insbesondere einen Überblick über die während der Arbeit entstehenden Belastungen geben, so dass gesundheitliche Einschränkungen eines Mitarbeiters bei der Suche nach einem Arbeitsplatz berücksichtigt werden können.

Für jeden Arbeitsplatz soll neben der Beantwortung der Analysefragen die Zuordnung von Vorsorgeuntersuchungen erfasst werden, die sich durch die Arbeit an dem Arbeitsplatz oder aufgrund von Gefahrstoffen ergeben.

Wie in Kapitel 2.6 im konzeptionellen Modell vorgestellt, wird als kleinste analysierbare Einheit nicht ein ganzer Arbeitsplatz, sondern eine im Rahmen des Arbeitsplatzes zu bedienende Maschine / Arbeitsstation oder sonstige Teilaufgabe gewählt.

Um den Eingabe- und Pflegeaufwand zu verringern und um eine spätere Analyse zu ermöglichen, müssen Kategorien erstellt und gepflegt werden können.

Alle einmal eingegebenen Daten müssen dauerhaft verfügbar bleiben, für Änderungen sind Historien anzulegen.

Das System soll die EDV-technische Zuordnung von Mitarbeitern zu Arbeitsplätzen ermöglichen. Während des Zuordnungsprozesses soll der Abgleich von Tätigkeitseinschränkungen mit Belastungen sowie von Vorsorgeuntersuchungsergebnissen mit be-

nötigten Vorsorgeuntersuchungen erfolgen und die Ergebnisse dem Anwender übersichtlich dargestellt werden. Der Anwender soll eine Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten für jeden einzelnen Mitarbeiter erhalten. Andersherum soll in der Übersicht geprüft werden können, welche Mitarbeiter für jeden einzelnen Arbeitsplatz geeignet sind.

Des Weiteren ist die Erstellung eines bereichsbezogenen Belastungskatasters zu realisieren.

Ein besonderes Augenmerk wird auf die Zugriffskontrolle gelegt. So muss das System nicht nur die Kontrolle über den Zugriff allgemein (Authentifizierung), sondern auch über den Zugriff auf einzelne Systemteile und spezifische Daten ermöglichen (Autorisierung). Ein Abteilungsleiter darf beispielsweise nur auf Daten seiner Abteilung zugreifen können; es muss eine entsprechende personalisierte Umgebung geschaffen werden.

Das System soll zum Einsatz in mehreren Werken mandantenfähig sein. Es soll möglich sein für jedes Werk einen Mandanten anzulegen um Datensätze nach Werken differenziert betrachten zu können.

Bei der Erstellung des Systems ist auf einen modularen Aufbau zu achten um spätere Erweiterungen zu ermöglichen.

In diesem Kapitel wurden die Anforderungen des APMS analysiert und die Konzepte modelliert. Im Folgenden wird die Realisierung des APMS beschrieben.

3 Realisierung

Der Abschnitt der Realisierung befasst sich mit der Umsetzung der Anforderungsanalyse in ein konzernweit nutzbares Anwendungssystem. Zunächst wird in Kapitel 3.1 die Architektur des Systems beschrieben. In Kapitel 3.2 werden die einzelnen Systemmodule vorgestellt und in Kapitel 3.3 einige ausgewählte allgemeine Technikentwürfe dargestellt.

Vorarbeiten

In einem ersten Prototyp wurde die Realisierbarkeit der Erfassung aller Arbeitsplätze unter Zuhilfenahme des in Kapitel 2.6.2 dargestellten Kategorienmodells getestet [Du05]. Im Wesentlichen ging es dabei um eine Aufwandsabschätzung auf Grundlage der benötigten Zeit zur Analyse einiger Arbeitsplätze sowie der Eingabe von Ergebnissen in den Prototyp. Hochrechnungen ergaben, dass das angestrebte Ziel der Gesamterfassung als realistisch einzuschätzen ist. Auf Basis der Ergebnisse des Prototyps wurde die Freigabe für das Projekt zur Erstellung des hier dargestellten Systems gegeben.

3.1 Architektur

Das Kapitel gibt zunächst einen Überblick über die verwendete Architektur und geht im Anschluss auf die einzelnen Schichten ein. Hier wird jeweils ein Gesamtüberblick über die Realisierung des APMS in der jeweiligen Schicht gegeben.

Hardwaretechnisch verwendet das APMS wie in Kapitel 2.8 beschrieben eine Client-Server Architektur mit einem Anwendungsserver und einem Datenbankserver.

3.1.1 3-Schichten-Architektur

Für das APMS ist die 3-Schichten-Architektur vorgesehen [Ec95].

Die erste Schicht (Data Layer) beinhaltet dabei die persistente Speicherung innerhalb eines Datenspeichers und die Aufbereitung der Daten. Die zweite Schicht (Business Layer) beinhaltet die funktionelle Logik; hier wird die Infrastruktur aufgebaut. Die dritte Schicht (Presentation Layer) beinhaltet schließlich die Benutzerschnittstelle.

Alle drei Schichten werden in den folgenden Kapiteln einzeln beschrieben und es werden jeweils Übersichten für die Umsetzung im APMS dargestellt.

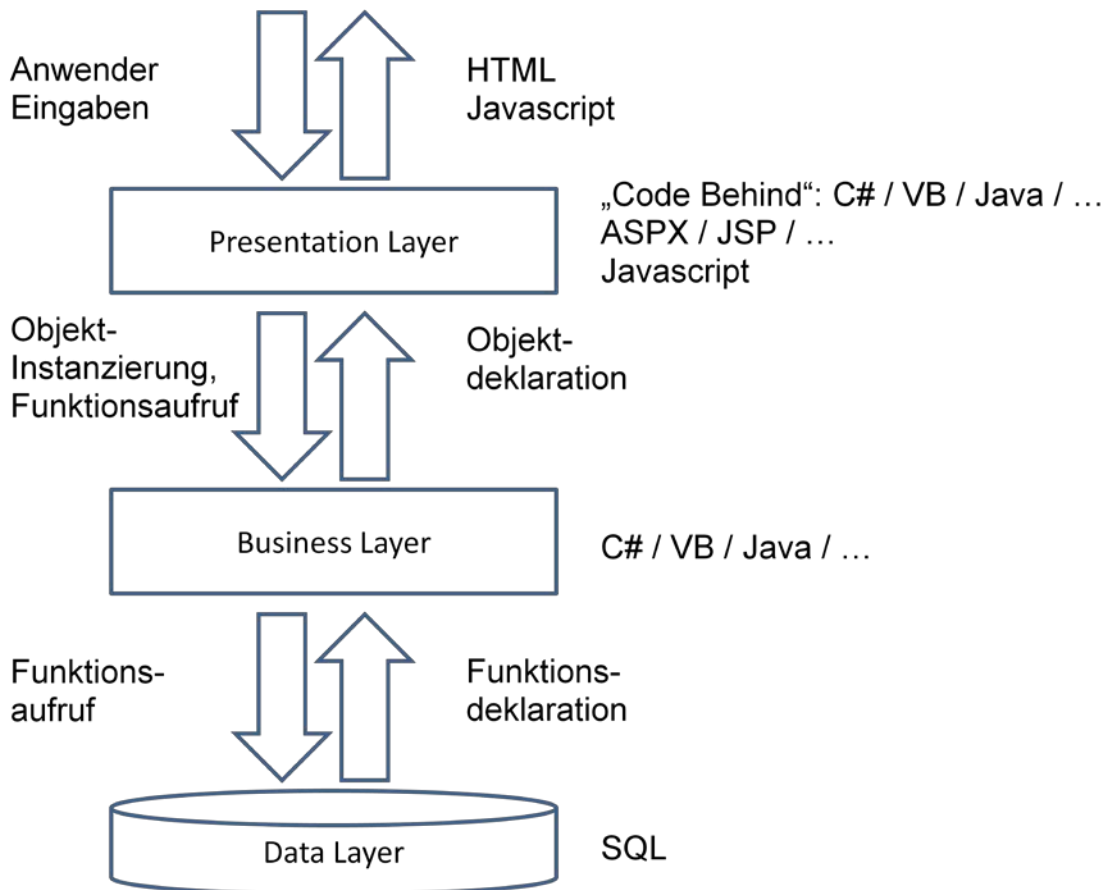


Abbildung 12. 3-Schichten-Architektur

3.1.2 Data Layer

Die unterste Schicht bildet die Datenbank. Hier befinden sich neben den Tabellen selbst auch alle Funktionen zur Datenanfrage und -manipulation. Die zur Abfrage von relationalen Datenbanken verwendete Sprache SQL wird ausschließlich hier genutzt. Als definierte Schnittstellen zwischen der Datenschicht und der mittleren Schicht werden in der Datenschicht Funktionen definiert, die von der mittleren Schicht aufgerufen werden können. Aus dem in Kapitel 2.6 dargestellten ERM ergibt sich für die unterste Schicht das Datenmodell. Abbildung 13 zeigt einen Ausschnitt des Datenmodells. Im Zuge der Beschreibung der Systemmodule in Kapitel 3.2 werden Teile dieses Ausschnitts detailliert beschrieben.

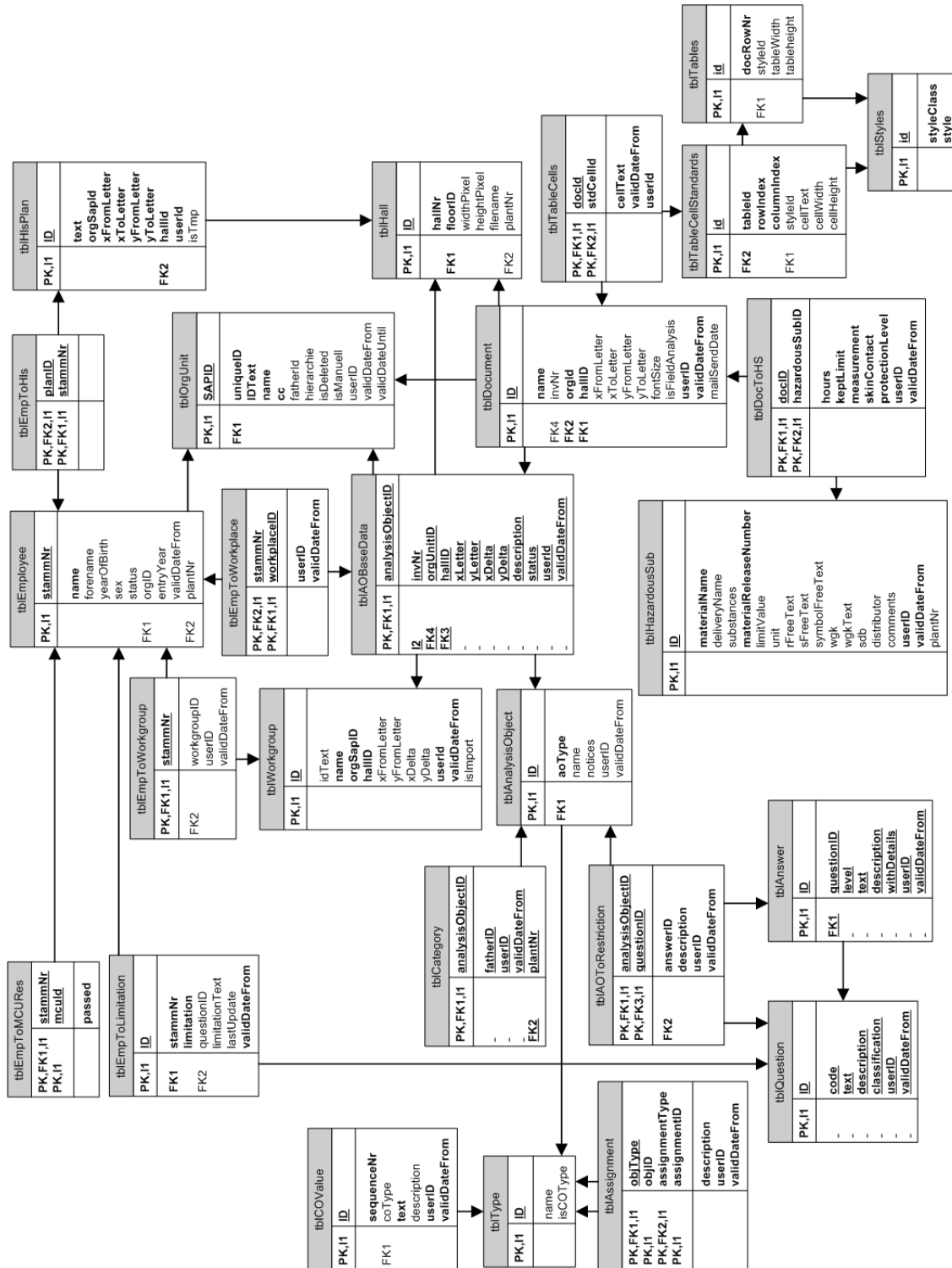


Abbildung 13. Ausschnitt des Datenmodells

3.1.3 Business Layer

Die mittlere Schicht beinhaltet die Programmlogik. In den Klassen werden die Daten über Funktionen der Datenschicht geladen und objektorientiert und funktional aufbereitet. Die Deklarationen der Objekte, ihrer Methoden und Funktionen stellen das Interface zur oberen Schicht dar. Die Ausführung erfolgt auf dem Anwendungsserver. Ab-

Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt des Klassendiagramms. Im Zuge der Beschreibung der Systemmodule in Kapitel 3.2 werden Teile dieses Ausschnitts detailliert beschrieben.

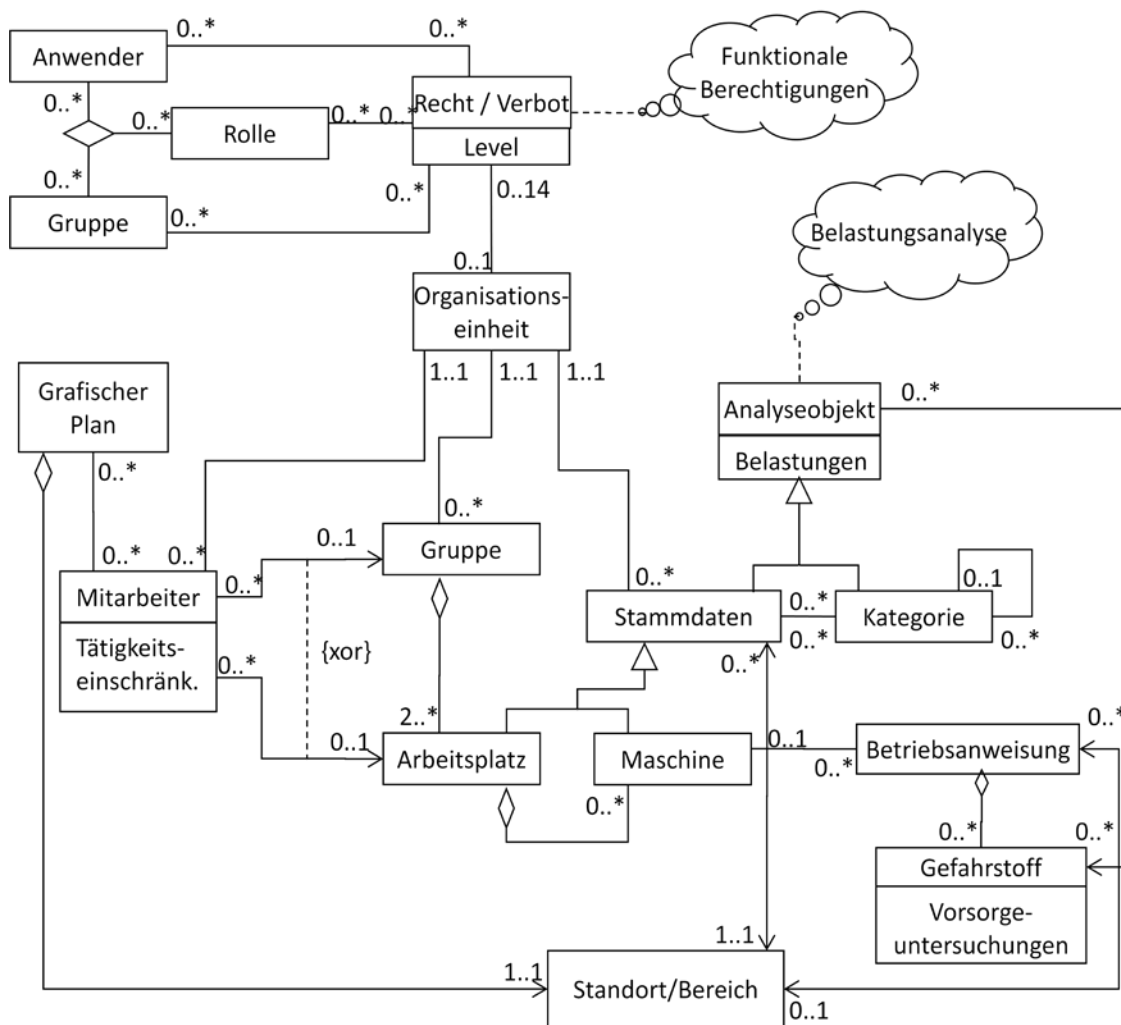


Abbildung 14. Klassendiagrammausschnitt

3.1.4 Presentation Layer

Die obere Schicht ist die Darstellungsschicht. Hier sind alle Elemente enthalten, die für die Benutzerschnittstelle vorgesehen sind. Von hier aus erfolgt kein direkter Zugriff auf die untere Schicht, sondern nur auf die Objekte der mittleren Schicht. Die Ausführung der Aufbereitung für die Darstellung erfolgt hauptsächlich auf dem Anwendungsserver. Einzelne Funktionalitäten werden in Form von JavaScript auf den Client verschoben.

Für die Repräsentationsschicht werden wiederverwendbare Funktionalitäten als Packages (hier: „UserControls“ z.B. [We02, Seiten 111ff]) entwickelt und bei Bedarf eingebunden (vgl. Kapitel 3.3.1).

Grafische Gestaltung

Der Aufbau der Intranetseite ist in vier Bereiche eingeteilt (vgl. Abbildung 15).

Die Bereiche 1 (Titel), 2 (Menü) und 4 (Hilfe) werden durch je ein UserControl realisiert und sind statisch implementiert. Das Menü wird auf Basis von Anwenderberechtigungen zusammengestellt, bleibt aber als Strukturelement immer an seiner Stelle. Der Bereich 3 wird dynamisch zur Laufzeit erstellt und angepasst. Hier werden grundlegend unterschiedliche Inhalte dargestellt. Je nach Bedarf werden hier ein oder mehrere UserControls geladen.

Der Bereich 1 stellt den Titel der Website dar. Das Benutzersteuerelement beinhaltet neben dem VW-Logo den Systemnamen, das aktuelle Datum und die Windows User ID des angemeldeten Anwenders. Es ist statisch in die Website integriert und kann durch das in gleicher Größe vorhandene Titel-Frame der VW-Intranet-Homepage ersetzt werden.

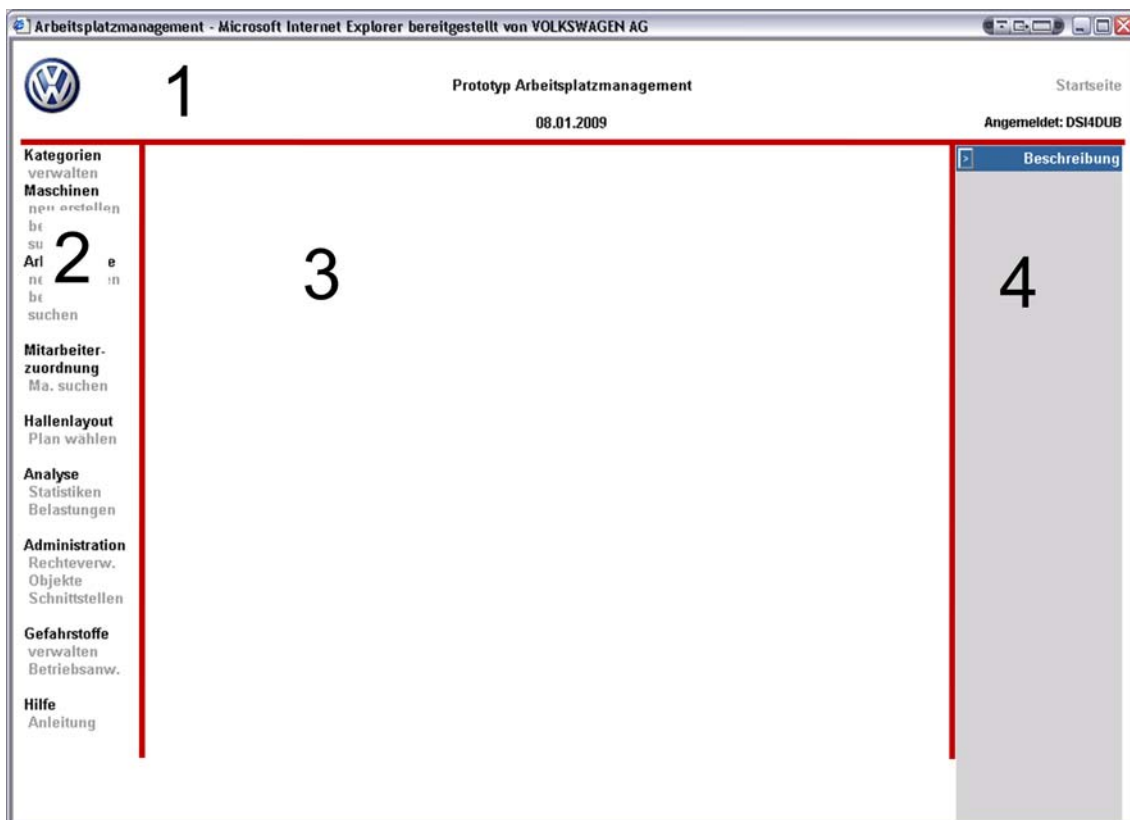


Abbildung 15. Seitenaufbau entsprechend dem Corporate Identity Design

Der Bereich 2 beinhaltet die Hauptmenüpunkte. Die Anzeige jedes einzelnen Menüoberpunktes sowie der Zugriff auf einzelne Unterpunkte werden durch gesetzte Rechte in der Rechteverwaltung ermöglicht.

Der Bereich 3 ist das Zentrum des Systems. Hier werden Analysen durchgeführt, Auswertungen angezeigt, Rechte vergeben, Listenobjekte angepasst und die Benutzerführung erweitert. Dies ist der einzige Bereich der immer sichtbar sein muss und für die verschiedenen Anwendungen komplett unterschiedlich ist.

Der Bereich 4 stellt den Hilfebereich des Systems dar. Hier werden, zumeist client-seitig, Hilfetexte und Beschreibungen angezeigt sowie Rückmeldungen auf fehlerhafte Eingaben gegeben. Der Bereich lässt sich jederzeit nach rechts minimieren um ggf. mehr Platz zu schaffen. Er öffnet sich automatisch nach einer fehlerhaften Eingabe.

3.1.5 Fat-Client vs. Webanwendung

Die Umsetzung des Schichtmodells ist teilweise eindeutig vorgegeben. So wird die unterste Schicht von einem Datenbankserver umgesetzt. Für die mittlere und obere Schicht gibt es verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten, die im Folgenden diskutiert werden.

Für Business Layer und Presentation Layer des 3-Schichten-Modells gibt es die Möglichkeiten der Umsetzung über eine Fat-Client-Anwendung oder eine Webanwendung.

Bei Fat-Client-Anwendungen übernimmt der Client die Arbeit der Datenverarbeitung und im Regelfall auch die für die Berechnung der Benutzeroberfläche. Anwendungen greifen über installierte Module auf Funktionen des Betriebssystems zu. Hier liegen die Vor- und Nachteile des Fat-Clients. Durch die Nutzung des Clients zur Berechnung von Routinen lassen sich aufwändige grafische Benutzeroberflächen realisieren. Die Anwendung kann zudem auf Interaktionen sofort reagieren, weil die entsprechenden Events lokal zur Verfügung stehen. Die hierfür notwendigen Berechtigungen machen es auf der anderen Seite notwendig, dass Module auf dem Client installiert werden. Die Verteilung der aktuellsten Versionen muss sichergestellt werden. Über entsprechende Updateroutinen vor dem eigentlichen Start einer Anwendung ist dies zwar möglich, es bedeutet aber zum einen, dass für wesentliche Updates Administrationsrechte benötigt werden und zum anderen, dass der Start der Anwendung verzögert wird. Für neue Software sind häufige Updates nicht unüblich. Der große Nachteil von Fat-Client-Anwendungen ist die Skalierbarkeit. Jede Fat-Client-Anwendung hat Mindestanforderungen an die Rechenleistung jedes Clients, die mit zunehmender Komplexität grafischer Darstellungen steigen. Die Lauffähigkeit der Anwendung ist von der Ausstattung des Clients abhängig.

Bei einer Webanwendung übernimmt der Webserver die Datenverarbeitung und die Berechnung der Benutzeroberfläche. Der Client hat, abgesehen von Skripten, ausschließlich darstellende Funktionalität. Die Verteilung der Software beschränkt sich auf die Weitergabe einer Webadresse. Der wesentliche Nachteil einer herkömmlichen Website stellt die Verzögerung durch den erneuten Aufbau einer Site bei der Kommunikation mit dem Server dar.

Als ideale Symbiose stellt sich die Webanwendung mit einer über JavaScript gesteuerten im Wesentlichen asynchronen Kommunikation dar (Ajax, vgl. Kapitel 3.3.4). Auf diese Weise werden die Vorteile einer Webanwendung genutzt und dem Anwender wird trotzdem der Komfort einer Windowsanwendung vermittelt.

Aufbauend auf den getroffenen Entscheidungen zur Architektur des APMS wird als nächstes das Sicherheitskonzept beschrieben.

3.1.6 Sicherheitskonzept

Das APMS integriert personenbezogene Daten, dementsprechend hoch sind die Anforderungen des Datenschutzes.

Sowohl die für das System verwendeten Server als auch die das System nutzenden Clients werden unter den jeweiligen Windows-Betriebssystemen betrieben (vgl. Kapitel 2.8). Diese Tatsache macht es möglich, das von Microsoft für mehrschichtige Anwendungen vorgesehene Sicherheitskonzept zu verwenden. Im Folgenden wird diese Technik in Bezug auf das System erläutert.

Das Windows Sicherheitskonzept basiert auf dem Kerberos-Anmelde- und Zugriffsverfahren für das Active Directory [SCS03, Seiten 299ff] unter Windows Server Betriebssystemen (vgl. Abbildung 16). Es handelt sich dabei um ein Public-Private-Key-Verfahren. Diesen Prozess unterstützend verfügt bei Volkswagen jeder Mitarbeiter mit PC-Zugriff über einen Werkausweis mit integriertem Smartcard-Chip.

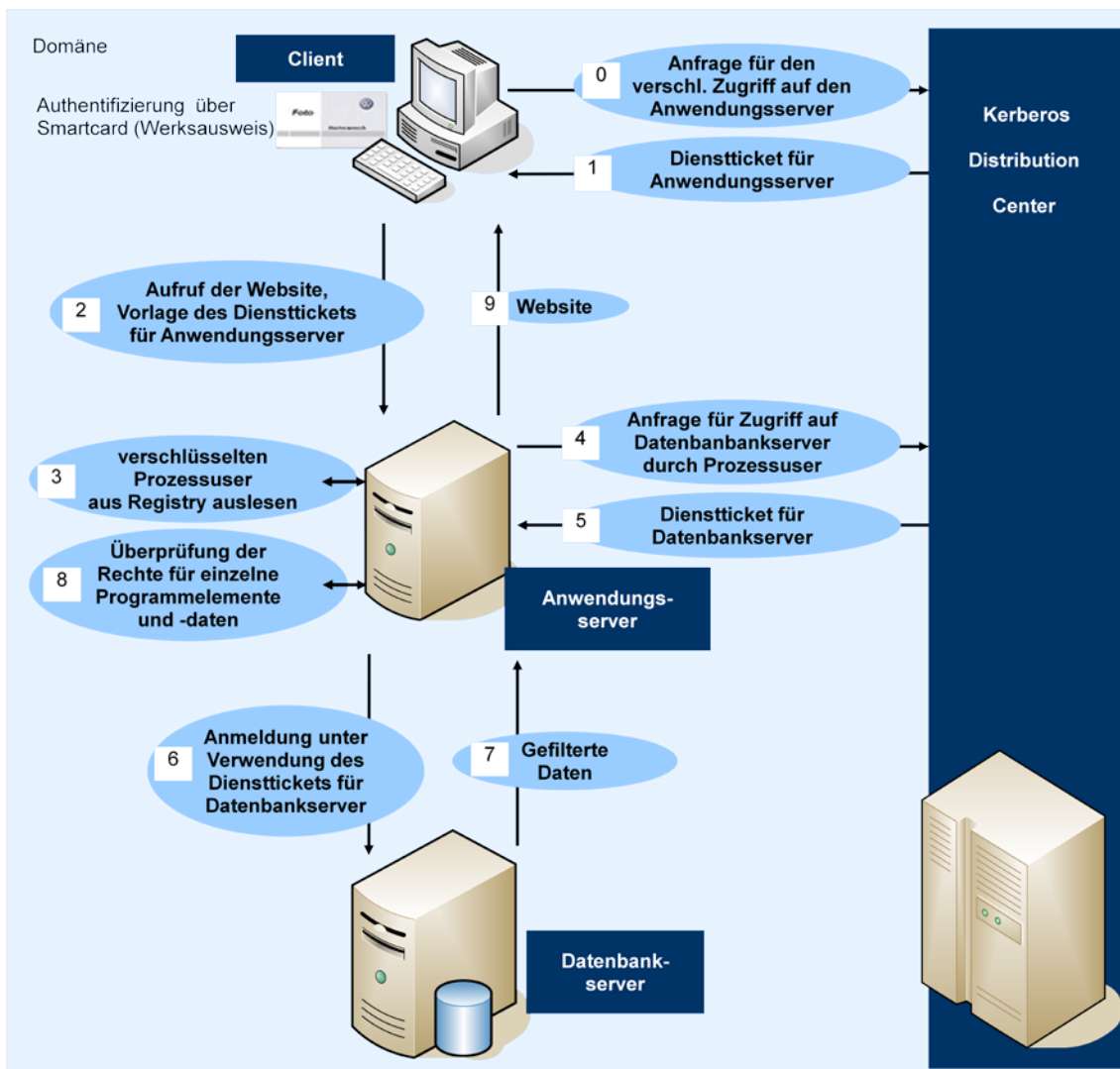


Abbildung 16. Windows Sicherheitstechnik mit dem Kerberos Distribution Center

Für den Zugriff auf den Datenbankserver (Übergang zwischen Business- und Data-Layer, vgl. Kapitel 3.1.1) wurde eigens ein Prozessuser innerhalb der Domäne eingerichtet und seine Anmeldedaten verschlüsselt in der Registry des Anwendungsservers hinterlegt. Auf der Datenbank selbst wird ausschließlich dieser Prozessuser berechtigt, so dass ein direkter, ggf. ungesteuerter Zugriff auf die Datenbank ausgeschlossen ist.

Client, Web-Server und SQL-Server müssen sich über die Windows-Anmeldung an der Domäne anmelden. Ruft der Client das APMS auf, muss er sich zunächst ein entsprechendes „Dienstticket“ beim KDC beschaffen (0). Zur Authentifizierung wird die Smartcard (Werkausweis) verwendet. Das Dienstticket wird bei bestehender Berechtigung vom KDC ausgestellt. Es beinhaltet neben den Autorisierungsdaten für den Anwendungsserver auch die Authentifizierungsdaten des Clients. Mit dem öffentlichen Schlüssel des Anwendungsservers verschlüsselt, sendet das KDC das Dienstticket an den Client (1). Dieser kann das Ticket zwar nicht entschlüsseln, verwendet es aber um sich bei dem Anwendungsserver anzumelden. Der Anwendungsserver entschlüsselt das Ticket schließlich mit seinem privaten Schlüssel. Anschließend lädt er den verschlüsselt gespeicherten Prozessuser aus seiner Registry (3) und meldet diesen an der Domäne an. Der Prozess des Anwendungsaufrufs läuft ab diesem Zeitpunkt unter dem Domänenkonto des Prozessusers [TRS04, Seite 165]. Für den Prozessuser wird jetzt, analog zu Schritt 0, ein Dienstticket für den Zugriff auf den Datenbankserver beim KDC angefragt (4). Das KDC stellt das entsprechende Ticket aus (wieder eine Kombination aus Autorisierung und Authentifizierung) und sendet es verschlüsselt mit dem öffentlichen Schlüssel des Datenbankservers an den Anwendungsserver (5). Der Anwendungsserver meldet sich mit Hilfe des Tickets am Datenbankserver an (6). Der Datenbankserver entschlüsselt das Ticket und gewährt den Zugriff. Hier liegt der entscheidende Vorteil des Prozessusers: Der Datenbank sind die User IDs der tatsächlichen Anwender für die Autorisierung selbst nicht bekannt, direkt würden sie also keinen Zugriff erhalten. Sie kennt hingegen den Prozessuser, gewährt diesem Zugriff auf die vordefinierten Funktionen und schickt die angefragten Daten an den Anwendungsserver (7). Eine generelle Zugriffsberechtigung ist auch für den Prozessuser aufgrund des verwendeten Schichtenmodells nicht notwendig. Beim ersten Aufruf des APMS durch den Anwender werden seine systemspezifischen⁴ Rechte aus der Datenbank geladen. Die Rechte werden auf dem Anwendungsserver geprüft (8), damit schließlich die Website entsprechend diesen Rechten generiert und an den Client geschickt werden kann (9).

Nachdem die Architektur des APMS beschrieben wurde, werden in Kapitel 3.2 die enthaltenen Systemmodule dargestellt.

⁴ Die systemspezifischen Rechte beinhalten die Rechte des Anwenders auf Menüpunkte und Daten des Systems.

3.2 Systemmodule

Das Modul zur Realisierung der Generalisierung der Produktion zu Analyseobjekten wird in Kapitel 3.2.1 beschrieben. Im Anschluss wird das Modul für die Erfassung und Visualisierung der Produktionsstruktur mit Hilfe eines lokalen GIS⁵ dargestellt. Die Kapitel 3.2.3 bis 3.2.5 beschreiben die Erfassung aller Produktionsobjektdaten inklusive Analysen. Die Produktionsstrukturierung ermöglicht die Zuordnung einer Vielzahl von Unterobjekten zu einem Objekt. Die Zusammenfassung der jeweiligen Analysen zu einem Gesamtergebnis wird in Kapitel 3.2.6 dargestellt. In den Kapiteln 3.2.7 und 3.2.8 wird schließlich der Abgleich der erfassten Produktionsdaten mit personenbezogenen Daten dargestellt.

Allen Modulen gemein ist die Basis der grundlegenden Technikentwürfe (vgl. Kapitel 3.3). Die einzelnen Module werden im Folgenden beschrieben, wobei je nach Relevanz eine Untergliederung in die einzelnen Schichten vorgenommen wird.

3.2.1 Produktionsstrukturierung

Im APMS werden alle Objekte der Produktion zu Analyseobjekten generalisiert. Jedes einzelne Analyseobjekt beinhaltet alle Attribute und Methoden, die für die Analysen notwendig sind. Der Komplexitätsgrad wird erheblich durch den Zusammenhang mit seiner Einordnung in das dynamische, rekursive Kategorienmodell erhöht. Sowohl bei der Erfassung, aber vor allem bei der Auswertung sind Informationen über alle verknüpften Objekte zu beachten und wiederzugeben.

Das Klassendiagramm in Abbildung 17 zeigt alle Klassen der Produktionsstrukturierung (für einen größeren Ausschnitt vgl. Abbildung 14, Seite 33).

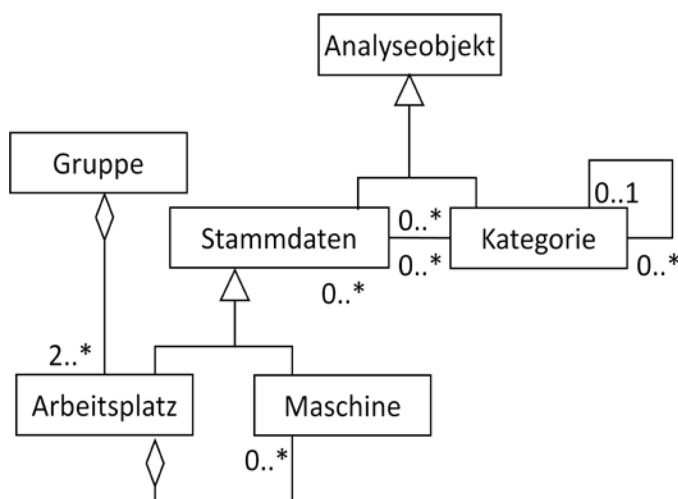


Abbildung 17. Klassendiagrammausschnitt zur Produktionsstruktur

Bei der Ansicht einer Gruppe müssen die Informationen aller enthaltenen Analyseobjekte zusammengesucht werden.

⁵ Geographic Information System

Für die Darstellung und Pflege der Produktionsstruktur wurde das im folgenden Kapitel dargestellte Modul zur räumlichen Erfassung und Visualisierung entwickelt.

3.2.2 Räumliche Erfassung und Visualisierung der Produktionsstruktur

Die Realisierung räumlich pflegbarer Objekte mit Hilfe von Webtechnologie beinhaltet aufgrund des hohen Anteils von Script-Sprachen erheblichen programmiertechnischen Aufwand. Dieser Aufwand wurde aus den in Kapitel 3.1.5 dargestellten Gründen betrieben und ein Modul realisiert, dessen Interaktionsverhalten eher an das einer Fat-Client-Anwendung erinnert.

Lokales GIS

Einer der wichtigsten Ansatzpunkte für die Realisierung des APMS ist es, die Pflege der Daten so einfach wie möglich zu gestalten. In mehreren Gesprächen mit betrieblichen Vorgesetzten wurde die Implementierung einer grafischen Zuordnung von Objekten vor dem Hintergrund des Hallenlayouts beschlossen.

Bei Volkswagen sind die Produktionshallen in Felder untergliedert. Die Achsenbezeichnungen sind Buchstaben auf der einen Achse und Zahlen auf der anderen. Das an Säulen und Decken angebrachte Raster dient der Orientierung und wird im sprachlichen Gebrauch zur Positionsbestimmung verwendet. Aus diesem Grund wurde bei der Erfassung der Arbeitsplätze und Maschinen das Feld als Standort mit aufgenommen. Für die grafische Positionierung ist das Raster allerdings zu grob, auf der Fläche eines Feldes befinden sich fast immer mehrere zu analysierende Objekte. Jedes Objekt erhält deshalb als Zusatz zu seiner Feldangabe auf beiden Achsen den Prozentwert seiner Position zum nächsten Feldübergang.

Das Layout der Fabrik wird bei Volkswagen im System HLS maßstabsgetreu abgebildet. Diese Hallenlayoutpläne werden von der Produktion großflächig ausgedruckt und z.B. zur Veranschaulichung der Personaleinsatzplanung oder zum Aufzeigen des Standorts von Problemen verwendet. Die Zeichnungen in HLS werden mit Hilfe von Graphen und Layern durchgeführt. Für den hier benötigten Zweck der grafischen Veranschaulichung der Position von Arbeitsplätzen und Maschinen ist der Import als einfaches Bild vollkommen ausreichend und spart erheblich Ressourcen.

Der Import der Hallenlayoutpläne findet hallenweise statt. Das Bild einer gesamten Halle wird in hoher Auflösung importiert.

Abbildung 18 zeigt einen Produktionsausschnitt im APMS. Die dargestellten Maschinen und Arbeitsplätze können frei positioniert und zugeordnet werden.

In einer Anfangsversion wurde das genaue Pixelraster eines Hintergrunds anhand der Anzahl der Rasterschritte und der Rasterbreite bzw. -höhe berechnet. Nachdem dies in einigen Hallen problemlos funktioniert hatte, kam es zu immer mehr Ausnahmen. Die Kennzeichnung der Breite des Rasters erfolgt mit Buchstaben, die allerdings nicht durchgängig vergeben sind. Zudem können die Rasterabstände innerhalb einer Halle variieren. Aus diesen Gründen wird das Feldraster in Pixeln zu jedem Rasterpunkt in

der Datenbank hinterlegt und während des Import-Vorgangs aktualisiert. Dadurch ergibt sich anhand der Feldangabe eines Objekts und der Prozentwerte für den nächsten Schritt die pixelgenaue Position auf dem Hintergrund.

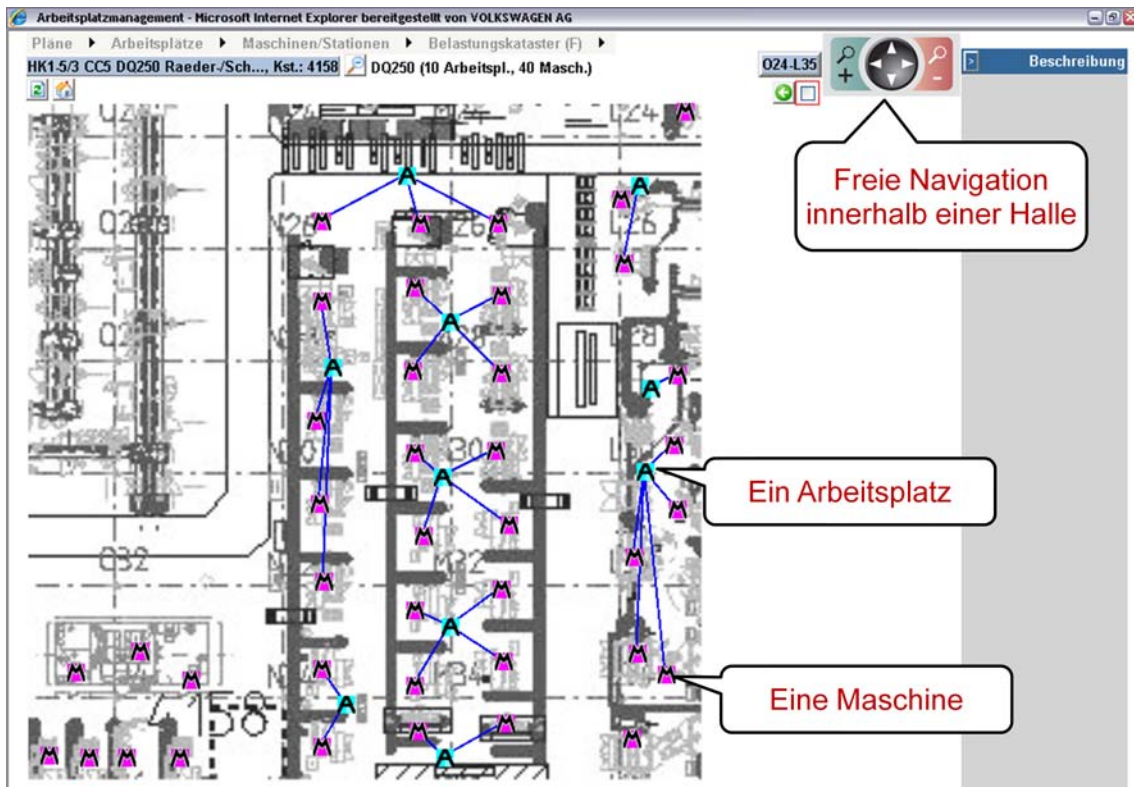


Abbildung 18. Produktionsstruktur vor dem Hintergrund des Hallenlayouts

Auf diese Weise kann ein vom Anwender spezifizierter Feldbereich als Array pixelgenau aus dem Gesamtbild kopiert und angezeigt werden.⁶ Auch eine freie Navigation innerhalb einer Halle wird so möglich.

Zuordnungen

Das Modul zur grafischen Zuordnung von Objekten erleichtert die Pflege der Arbeitsplatzdefinitionen erheblich. Durch einfaches drag&drop können positionierbare Objekte vor dem Hintergrund des Hallenlayouts einander zugeordnet werden.

Abbildung 19 zeigt das Flussdiagramm der drag&drop-Ereignisse. Durch das Bewegen und Loslassen eines Objekts wird zum Abschluss das client-seitige Ereignis „onDrop“ ausgelöst. Als erstes wird geprüft, ob mit der Objektbewegung eine Zuordnung zu einem anderen Objekt oder eine Verschiebung durchgeführt werden soll.

Im Fall einer Positionierung erfolgt der asynchrone Aufruf des entsprechenden Webservice. Dieser speichert die neue Position des Objekts und quittiert das Ergebnis. Da auch die Rückmeldung client-seitig bearbeitet wird, muss die Seite für den Prozess der Positionierung insgesamt nicht neu geladen werden (vgl. Kapitel 3.3.4).

⁶ Die Ungenauigkeit aufgrund der Tatsache, dass nicht jede Angabe eines Feldbereichs ein Rechteck darstellt, wird in Kauf genommen.

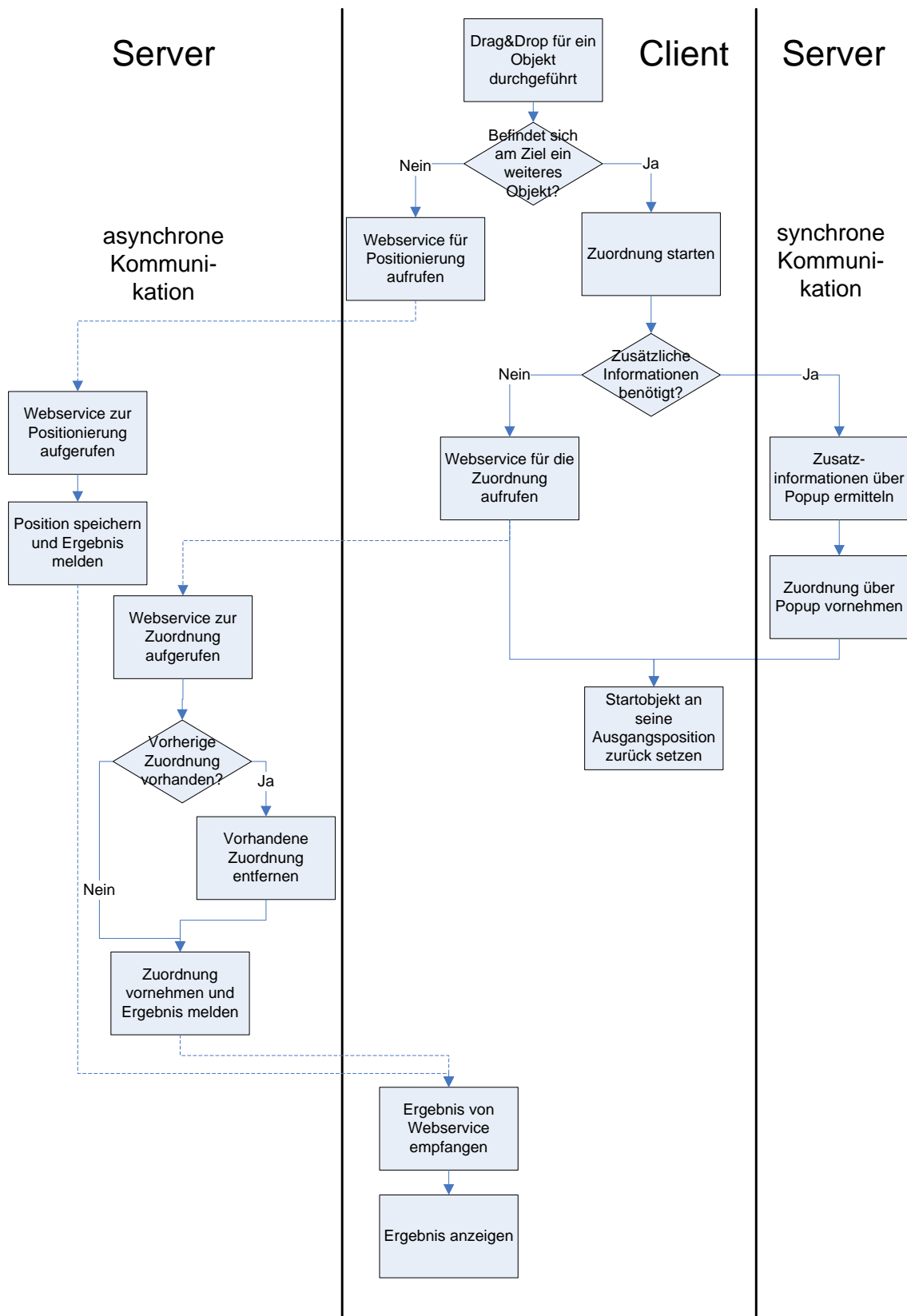


Abbildung 19. Flussdiagramm des grafischen Objekthandlings

Im Fall der Zuordnung muss nach zusätzlichem Informationsbedarf differenziert werden. Werden weitere Informationen benötigt, müssen diese beim Anwender erfragt

werden. Hierzu wird ein Popup-Fenster mit den entsprechenden Eingabemöglichkeiten geöffnet. Ein Beispiel für solche Zusatzinformationen ist die Zuordnung einer Maschine zu einem Arbeitsplatz. Für die Berechnung der Belastungszusammenfassung muss angegeben werden, zu wie viel Prozent die Maschine von dem Mitarbeiter des Arbeitsplatzes bedient wird. Die Kommunikation zwischen Server und Client über ein Popup-Fenster erfolgt synchron.

Für Zuordnungen, die keine zusätzlichen Informationen benötigen, wird der entsprechende Webservice asynchron aufgerufen. Dies ist z.B. bei der Zuordnung eines Mitarbeiters auf einen Arbeitsplatz der Fall. Der Webservice prüft, ob der Mitarbeiter zuvor einem anderen Arbeitsplatz zugeordnet war und entfernt/historisiert die veraltete Zuordnung. Anschließend wird die neue Zuordnung gespeichert und eine entsprechende Rückmeldung gesendet. Der Client empfängt das Ergebnis und zeigt es an.

Bei Zuordnungen wird das Objekt-Icon auf seine Startposition zurückgesetzt.

Zur Realisierung der dargestellten Funktionalität müssen zuvor die Objekte erfasst und analysiert werden. Nach Darstellung der Module zur Erfassung und Pflege der Stammdaten und der einzelnen Analysen wird in Kapitel 3.2.6 die Mitarbeiterzuordnung beschrieben, die ebenfalls das lokale GIS verwendet.

3.2.3 Stammdatenerfassung

Die Erfassung und Pflege von Stammdaten erfolgt mittels geläufiger Eingabemasken. Abbildung 20 zeigt beispielhaft die Eingabemaske von Stammdaten für Arbeitsplätze.

Abbildung 20. Erfassung und Pflege von Stammdaten

Im Wesentlichen handelt es sich um Zuordnungen wie hier von Kategorien, Gefahrstoffen, Vorsorgeuntersuchungen, Arbeitsgruppen, allgemeinen Dokumenten und arbeitssicherheitstechnischen Dokumenten. Der Prozess von Zuordnungen allgemein wurde abstrahiert und einheitlich implementiert. Er wird in Kapitel 3.3.2 dargestellt.

Stammdaten bilden die Grundlage für Analyseobjekte an sich. Darauf aufbauend werde im Folgenden die Erfassung und Pflege der benötigten Analysen beschrieben.

3.2.4 Belastungsanalyse

Die Belastungsanalyse beinhaltet im Wesentlichen die Analyse der Belastungen in Bezug auf die Eignung von Mitarbeitern mit Tätigkeitseinschränkungen. Für jeden Schlüssel der Tätigkeitseinschränkungen gibt es eine entsprechende Frage in der Belastungsanalyse.

Die Repräsentationsschicht ist aufgrund von Anwenderanforderungen darauf angelegt, Registerkarten darzustellen. Die Anzeige der Fragen und Antwortoptionen erfolgt vollständig dynamisch. Die Funktion „questionFormBuilder“ (vgl. Kapitel 3.3.1) ermittelt die Anzahl benötigter Registerkarten und stellt für jede Registerkarte die Fragen und Antworten zusammen.

Jede Registerkarte markiert die zuvor gewählten Antwortoptionen. Zudem werden geerbte Belastungen neben der entsprechenden Antwortoption kenntlich gemacht sowie deren Herkunft vermerkt.

Fragen, Antworten, Beschreibungstexte und farbliche Kennzeichnungen werden dynamisch aus der Datenbank geladen und können in einem Administrationsdialog gepflegt werden (vgl. 3.2.9). Auch das Entfernen von Fragen und Antworten sowie das Hinzufügen neuer Fragen und Antworten sind im Administrationsbereich möglich. Über Historien wird sichergestellt, dass gegebene Antworten nicht durch Änderungen z.B. der Formulierung von Antwortoptionen verfälscht werden.

Abbildung 21 zeigt einen Ausschnitt der ergonomischen Analyse. Auf der linken Seite des Analysebereichs sind die Fragen des aktuell gewählten Reiters D7 bis E1 dargestellt (blau hinterlegt). Rechts neben jeder Frage werden die Antwortoptionen dargestellt (beige hinterlegt). Jede Antwortoption wird entsprechend ihres Levels farblich gekennzeichnet. Per mouseover-Effekt werden zu Fragen und Antworten Beschreibungstexte im Bereich rechts neben den Antworten dargestellt. Die Position der Maus über dem „x“ neben der Antwortoption E1 → C bewirkt die Einblendung des Beschreibungstextes der Antwortoption im Beschreibungsbereich und zusätzlich die Einblendung der Herkunft der geerbten Belastung als Tooltip.

Die Anwendungslogik der mittleren Schicht verwaltet das Analyseobjekt, lädt Daten aus der Datenbank und gibt diese aufbereitet an die Repräsentationsschicht weiter.

Abbildung 21. Ergonomische Analyse

Die Datenschicht besteht aus einer Tabelle mit Fragen, einer verknüpften Tabelle mit Antworten und einer Zuordnungstabelle (vgl. Abbildung 22, für einen Gesamtüberblick vgl. Abbildung 13, Seite 32). Um die unterschiedlichen Klassifizierungen (siehe Kapitel 2.7.2) zu ermöglichen, ist die Tabelle der Fragen um ein Attribut „Klassifizierung“ erweitert, das die Zugehörigkeit angibt. Die Zuordnungstabelle enthält ein zusätzliches Attribut zur ggf. notwendigen Beschreibung von Zuordnungsprozenten (z.B. 10% Tätigkeit in gebückter Körperhaltung). Das Attribut „withDetails“ in der Tabelle der Antworten steuert die Anzeige eines zusätzlichen Eingabefelds zur Spezifizierung der Antwortoption z.B. durch die Angabe eines Prozentwerts.

Die Belastungsanalyse beinhaltet den Analyseteil, der sich als Antwort auf Analysefragen modellieren lässt, also die ergonomische Analyse und die Umweltanalyse. Zusätzlich werden sicherheitschemische Analysedaten benötigt, deren Erfassung und Pflege im folgenden Kapitel beschrieben werden.

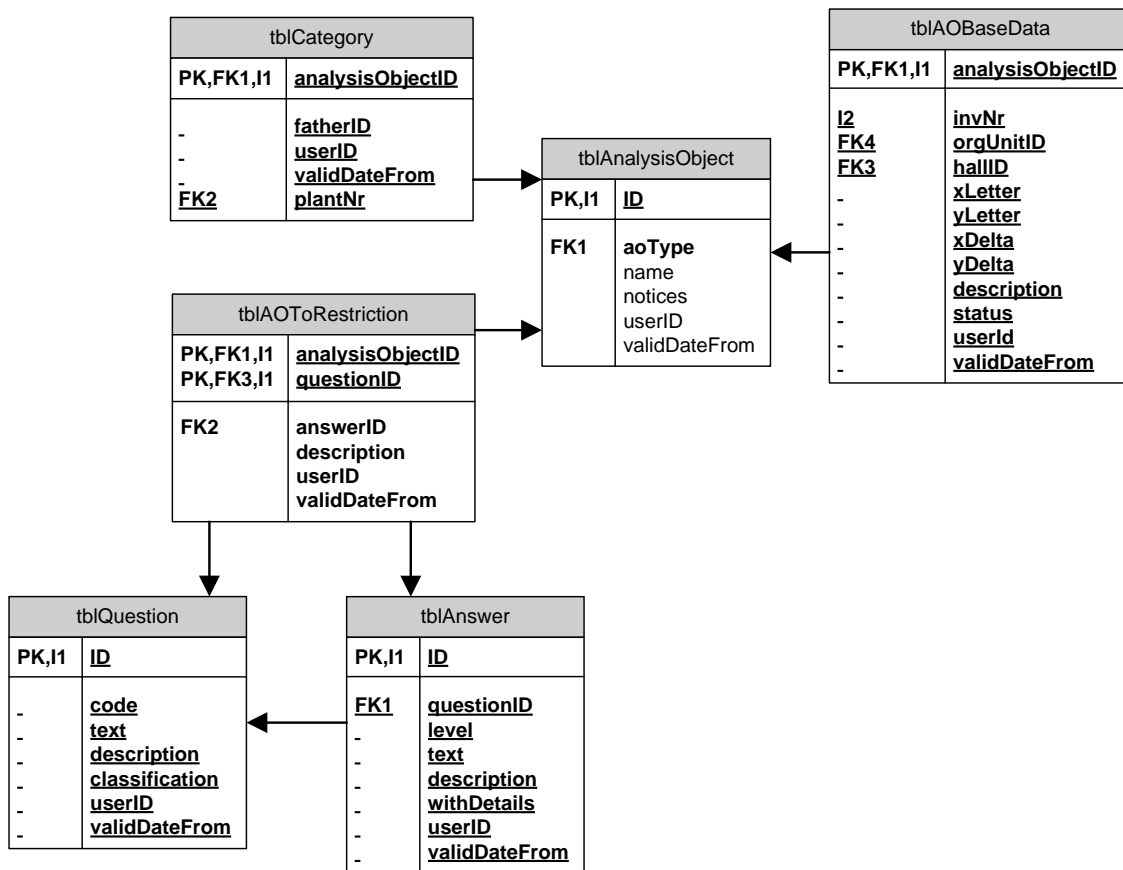


Abbildung 22. Datenmodell der Belastungsanalyse

3.2.5 Sicherheitschemische Analyse

Die sicherheitschemische Analyse teilt sich in die Erfassung und Verwaltung von Gefahrstoffen und Betriebsanweisungen. Die Verwaltung von Gefahrstoffen beinhaltet neben der Stammdatenpflege die Zuordnung von Symbolen zu verschiedenen Kategorien, die Zuordnung von einheitlichen Textpassagen, von Vorsorgeuntersuchungen und sonstigen Dokumenten. Die Stammdatenpflege von Gefahrstoffen erfolgt analog der von anderen Objekten wie Arbeitsplätzen (vgl. Kapitel 3.2.3).

Betriebsanweisungen nehmen hier eine Sonderstellung ein.

Eine Betriebsanweisung ist eine große Ansammlung von Textbausteinen. Um die Flexibilität in Bezug auf die Zusammenstellung und die Formatierung für dieses Modul zu maximieren, werden die Reihenfolge der Elemente und die Formatierung mittels Styles in der Datenbank abgelegt. Auf diese Weise können Anpassungen über einen Administrationsdialog ohne die Notwendigkeit einer neuen Kompilierung vorgenommen werden (vgl. Kapitel 3.3.3).

Abbildung 23 zeigt das Datenmodell für die Sicherheitschemische Analyse (für einen Gesamtüberblick vgl. Abbildung 13, Seite 32). Die Tabelle „tblDocument“ enthält neben dem Namen der Betriebsanweisung Schnittstelleninformationen. Für Analysen von Gefahrstoffen zu Maschinen ist dies die Inventarnummer, für Bereichsanalysen der angegebene Feldbereich, der durch die Koordinatenpunkte eingeschlossen wird.

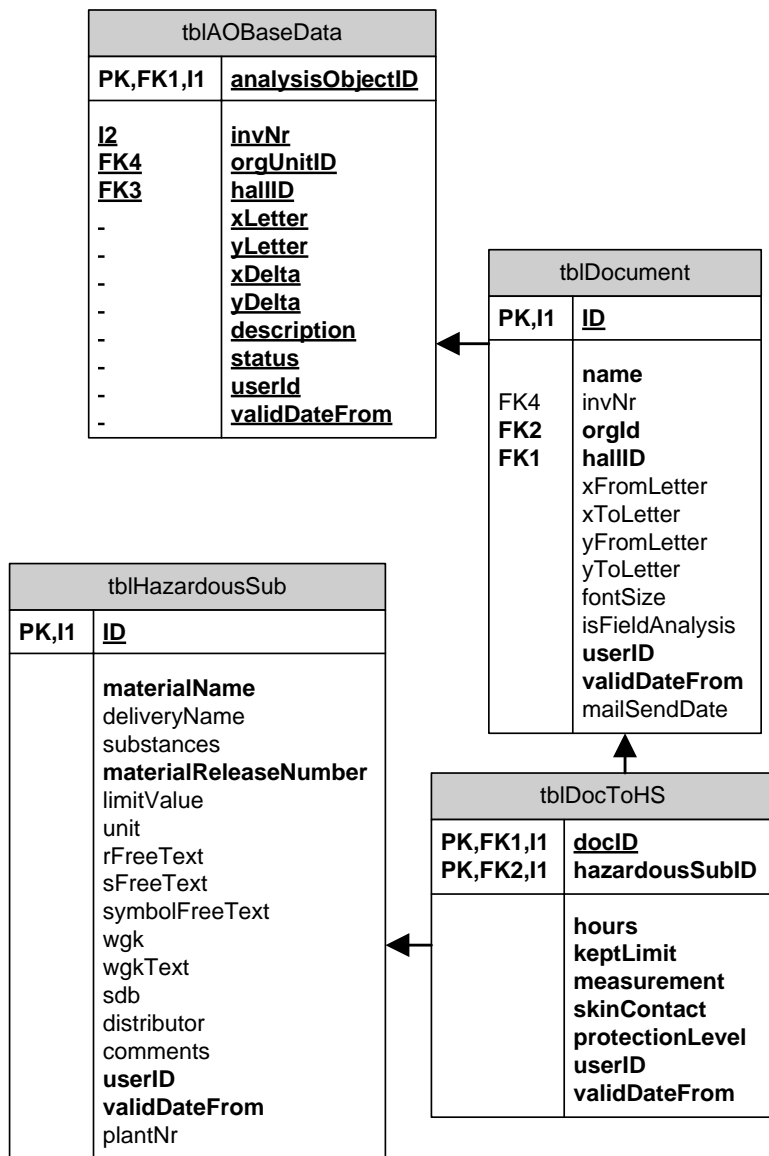


Abbildung 23. Ausschnitt des Datenmodells der sicherheitschemischen Analyse

Grundlage von Betriebsanweisungen sind die zugeordneten Gefahrstoffe. Besonders relevant für das APMS ist hierbei die mögliche Notwendigkeit von Vorsorgeuntersuchungen. Die Zuordnung von Vorsorgeuntersuchungen bei Gefahrstoffen selbst beschränkt sich in der Regel auf die Zuordnung „nach Rücksprache mit dem Gesundheitswesen“. Sobald eine Betriebsanweisung zu einem solchen Gefahrstoff erstellt wird, erfolgt eine E-Mail-Benachrichtigung an den zuständigen Arzt und den zuständigen Sicherheitschemiker um die Notwendigkeit einer konkreten Vorsorgeuntersuchung in Abhängigkeit von den gegebenen Umständen des Umgangs mit dem Gefahrstoff zu prüfen. Im Administrationsbereich werden die Zuständigkeiten auf Ebene von Organisationseinheiten und Hallen gepflegt, so dass die entsprechenden Personen benachrichtigt werden können.

Nach der Prüfung wird das Ergebnis in der Betriebsanweisung vermerkt. Über die Inventarnummer einer Maschine oder den Feldbereich einer Bereichsanalyse wird der Bezug zum Arbeitsplatz und damit auch zum Mitarbeiter hergestellt. Auf diese Weise

kann das System prüfen, welche Vorsorgeuntersuchungen ein Mitarbeiter aufgrund des Umgangs mit einem Gefahrstoff während seiner Arbeit benötigt.

Die bisher beschriebenen Module haben die Erfassung und Pflege der Produktionsstruktur inklusive Analysedaten beschrieben. Bereits ein einzelner Arbeitsplatz enthält über die Produktionsstruktur eine Vielzahl von zugeordneten Analyseobjekten. Im folgenden Kapitel wird die Zusammenfassung der Einzelanalysen zu einem Gesamtergebnis beschrieben.

3.2.6 Erstellung von Analysezusammenfassungen

Für jedes Analyseobjekt wird eine Belastungsanalyse durchgeführt. Diese Flexibilität bedeutet, dass für Übersichten ggf. eine Vielzahl von Einzelanalysen zusammengefasst werden müssen (vgl. Abbildung 24).

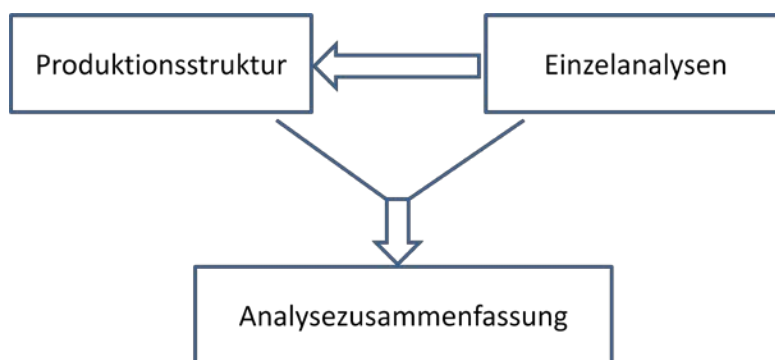


Abbildung 24. Analysezusammenfassung

Das Flussdiagramm in Abbildung 25 veranschaulicht die möglichen Verzweigungen für eine einzelne Gruppensummaryfassung. Es wird ein interner Ablauf ohne Interaktionsanteil gezeigt.

Der Berechnungsaufwand für die Zusammenfassung für eine Gruppe ist erheblich, im Einzelfall aber vertretbar. Im vorherigen Kapitel wurde die Darstellung von Arbeitsplätzen vor dem Hintergrund des Hallenlayouts beschrieben. Hier können mehrere Gruppen mit einer Vielzahl von Arbeitsplätzen gleichzeitig betrachtet werden. Die Berechnung dieser Zusammenfassungen zur Laufzeit führt zu nicht hinnehmbaren Verzögerungen. Aus diesem Grund verwendet das APMS materialisierte Sichten, die bei der Speicherung von einzelnen Objekten aktualisiert werden.

Der Prozess „Objektanalyse zusammenfassen“ beinhaltet die Integration und Strukturierung der Objektstammdaten, der Belastungsanalyse, der sicherheitsschemischen Analyse, der Vorsorgeuntersuchungen und der arbeitssicherheitstechnischen Analyse (vgl. Kapitel 2.7). Abbildung 26 zeigt hiervon die Integration der Belastungsanalyse in Abhängigkeit von der Produktionsstruktur und der Belastungsklassifizierung (vgl. Kapitel 2.7.2). Die Produktionsstruktur muss bei der Integration über die prozentuale Gewichtung mit einfließen.

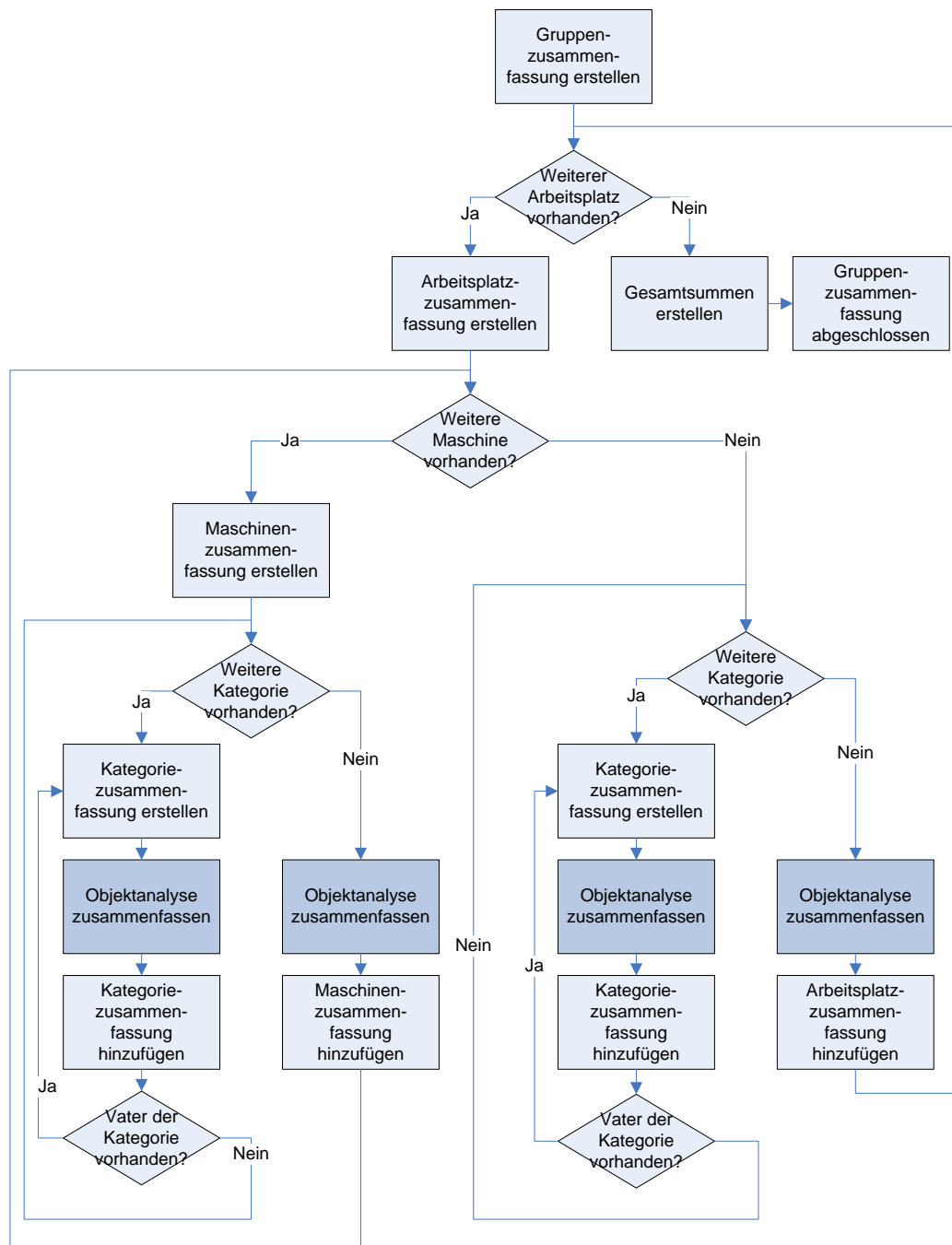


Abbildung 25. Ablaufdiagramm der Analysezusammenfassung für eine Gruppe

Der Prozess der Migration einer gewichteten Detailanalyse wird im Folgenden beispielhaft detailliert dargestellt.

Grundlage der Analysezusammenfassungen ist die Information der aktuell gültigen Gewichtung. Jede Zuordnung kann durch einen Prozentwert gewichtet werden, der sich auf darunter liegenden Zuordnungen überträgt. Einem Arbeitsplatz kann z.B. die Bedienung einer Maschine zu 50% zugeordnet werden. Der Maschine sind wiederum verschiedene Kategorien zu jeweils 50% zugeordnet. Die Analyse jeder dieser Kategorien muss dementsprechend zu 25% in das Gesamtergebnis einfließen ($0,5 \cdot 0,5 = 0,25$).

Eine Detailanalyse teilt sich in ihren Unterfragen in einen zeitlichen Anteil und einen zusammenfassbaren Belastungsanteil. Der zeitliche Anteil ist ein Punktwert, der über vorgegebene Funktionen für die Zusammenfassung von Einzelanalysen in Minuten, Anzahl oder Strecke umgewandelt werden muss. Er wird mit dem für die Zuordnung der Einzelanalyse gültigen Prozentwert gewichtet.

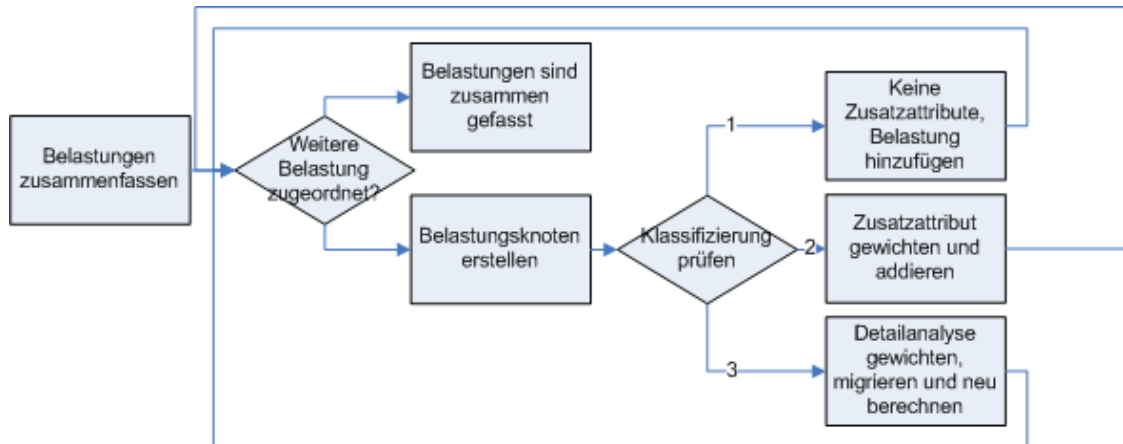


Abbildung 26. Zusammenfassung von Belastungsanalysen

Die Summierung der gewichteten Zeitwerte ergibt die Gesamtzeit für die zusammengefasste Detailanalyse. Nach Berechnung dieser Gesamtzeit können die einzelnen Belastungswerte mit ihrem zeitlichen Anteil an der Gesamtzeit gewichtet summiert werden.

Zum Abschluss erfolgt die Berechnung des neuen Gesamtergebnisses durch Multiplikation der Gesamtzeit (umgewandelt in den Punktwert) mit dem gewichteten Durchschnittsbelastungswert.

Das folgende Beispiel greift die Daten des Beispiels aus Kapitel 2.6.3 auf und wird in Abbildung 27 und Abbildung 28 veranschaulicht. Die Belastungsanalyse enthält zur Demonstration fiktive Zahlen.

Der Arbeitsplatz „Musterarbeitsplatz“ bedient zu 50% die Maschine „Mustermaschine“ (Inventarnummer „0815“). Die Maschine „Mustermaschine“ besteht zu 100% aus dem Typ „GP90“ (Gleason Pfauter 90). An diesem Maschinentyp wird in 90% der Zeit gefräst (Kategorie „Fräsen“) und zu 10% entgratet (Kategorie „Entgraten“).

Sowohl für das Fräsen als auch für das Entgraten müssen Teile gehoben werden (Auflegen und Abnehmen von Teilen). Unabhängig davon, ob an der Maschine gefräst oder entgratet wird, entsteht eine weitere Belastung durch Reinigungs- und Wartungsarbeiten. Die Arbeit an dem Arbeitsplatz erfordert zudem weitere Hebe- und Tragetätigkeiten. Da es sich bei der Frage „E1 Schweres Heben und Tragen“ um eine Frage der Klassifikation 3 handelt (vgl. Kapitel 2.7.2), wurde für jeden Belastungsvorgang im Rahmen der Belastungsanalyse die Leitmerkmalmethode „Heben und Tragen“ angewendet. Die Ergebnisse zwischen 6,45 und 34,5 Punkten können bei einer Zusammenfassung nicht addiert werden, sondern müssen wie zuvor beschrieben gewichtet zusammengeführt werden.

Berechnung der Belastungszusammenfassung

1. Berechnung der Gesamtzeit

Arbeitsplatz: 5 Minuten
 GP90: $0,5 * 1 * 25$ Minuten = 12,5 Minuten
 Fräsen: $0,5 * 1 * 0,9 * 30$ Minuten = 13,5 Minuten
 Entgraten: $0,5 * 1 * 0,1 * 3$ Minuten = 1,25 Minuten
 Gesamtzeit: 32,25 Minuten

2. Summierung der gewichteten Belastungen

Arbeitsplatz: $5 / 32,25 * 5 = 0,78$
 GP90: $12,5 / 32,25 * 7 = 2,71$
 Fräsen: $13,5 / 32,25 * 10 = 4,19$
 Entgraten: $1,25 / 32,25 * 5 = 0,19$
 Gewichtete Durchschnittsbelastung: 7,87

3. Berechnung des neuen Gesamtergebnisses

32,25 Minuten entsprechen einem Punktwert von 3,62
 $3,62 * 7,87 = 28,49$

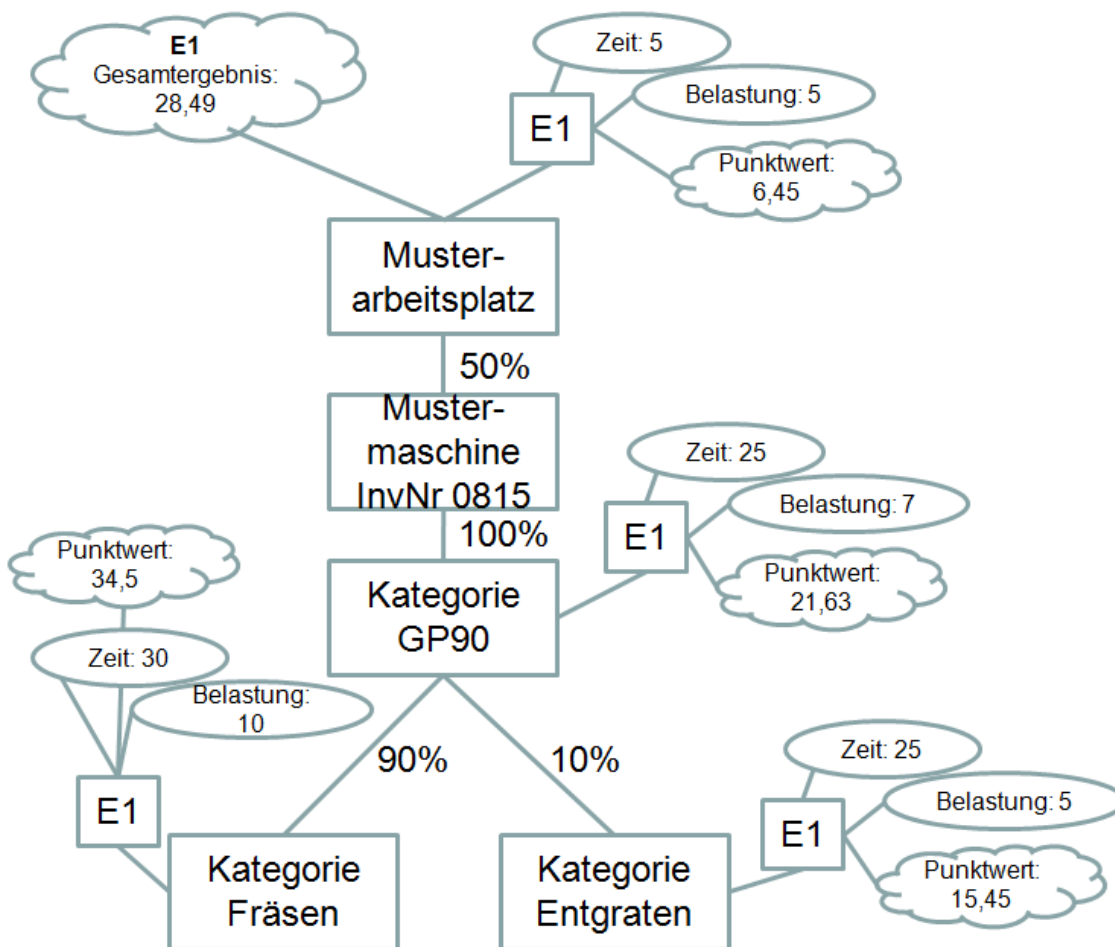


Abbildung 27. Beispiel zur Zusammenfassung von Belastungsanalysen

Die Zusammenfassung der verschiedenen Analysen birgt das Risiko, den Zusammenhang zu verlieren. Aus diesem Grund werden bei der Zusammenstellung der Informationen auch Metadaten zu deren jeweiliger Herkunft mitgeführt. Der Anwender erhält zu jedem einzelnen Analyseergebnis den genauen Pfad seiner Herkunft und somit die Information, an welcher Stelle Verbesserungspotential vorhanden ist.

Zur Strukturierung der Analyseinhalte ist aufgrund der streng hierarchischen Zuordnungen eine Baumstruktur gegeben. Abbildung 28 zeigt die Zusammenfassung des Arbeitsplatzes „Musterarbeitsplatz“ aus dem obigen Beispiel. Aktuell ist der Knoten „E1 Wesentlich erhöhte körperliche Belastung 28 Pkt.“ In der Darstellung erweitert. Darunter wird die Herkunft aus den verschiedenen Analyseobjekten projiziert. Um dem Anwender einen schnellen Überblick über die jeweilige Einzelanalyse zu verschaffen, wird diese per mouseover Effekt rechts im Beschreibungsbereich detailliert angezeigt.

The screenshot shows a web-based interface for workplace management. On the left, there's a sidebar with workplace details (ID: 594007, Org. Einheit: K.sg-4 Gesundheitswesen Kassel, etc.). The main area displays a tree of analysis results. A red circle highlights the 'E1 Wesentlich erhöhte körperliche Belastung 28Pkt' node. A red arrow points from this node to a 'mouseover-Effekt' box on the right, which displays detailed ergonomic data like 'Lastwichtung in kg.: Gewicht in kg.: 5 (1)'. Another red arrow points from the 'Herkunft' path to a 'Projektion der Herkunft' box.

Abbildung 28. Zusammenfassung der Arbeitsplatzdaten und -analyse

Nach der Beschreibung der Produktionsstammdaten und -analysen kann ein Abgleich mit personenbezogenen Daten vorgenommen werden. Das folgende Kapitel stellt diesen Abgleich im Zuge der Mitarbeiterzuordnung dar.

3.2.7 Mitarbeiterzuordnung

Der Zuordnungsprozess für Mitarbeiter auf den Arbeitsplatz ist die Kernfunktion des APMS. Bislang existiert nicht nur bei Volkswagen kein anderes System, das die tatsächliche Verknüpfung von personenbezogenen mit betrieblichen Daten ermöglicht. Wie bereits in Kapitel 1 beschrieben, fehlt eine gemeinsame Sicht auf Personal- und Produktionsdaten. Ein Überblick über bestehende Systemlösungen wird in Kapitel 4.1 gegeben.

Auf einen Blick soll dem betrieblichen Vorgesetzten die Eignung eines Mitarbeiters für zur Verfügung stehende Arbeitsplätze angezeigt und eine Zuordnung ermöglicht wer-

den. Zur übersichtlichen Darstellung zur Verfügung stehender Arbeitsplätze nutzt das APMS die Pläne des HLS (vgl. Kapitel 3.2.1). Neben dem Plan wird eine vom betrieblichen Vorgesetzten getroffene Auswahl von seinen Mitarbeitern angezeigt. Um Mitarbeiter zu Arbeitsplätzen oder Gruppen zuzuordnen, muss der Mitarbeiter über das entsprechende Objekt gezogen werden. Das Ereignis der Bewegung der Maus über einen Mitarbeiter hat mehrere Auswirkungen. Im Beschreibungsbereich rechts werden Detaildaten des Mitarbeiters, wie z.B. seine Tätigkeitseinschränkungen angezeigt. Zusätzlich wird jeder Arbeitsplatz im Sichtbereich entsprechend seiner Eignung für den Mitarbeiter farblich gekennzeichnet. Abbildung 29 zeigt die Sicht eines Planausschnitts (aus Datenschutzgründen mit Musterdaten). Durch die Position der Maus über Hans Mustermann wird im Beschreibungsbereich angezeigt, dass er nicht schwer heben oder tragen darf. Der Plan auf der linken Seite enthält für jeden Arbeitsplatz ein „A“ und für jede Gruppe ein „G“. Durch Linien ist die Zugehörigkeit der Arbeitsplätze zur jeweiligen Gruppe gekennzeichnet. Um die einzelnen Objekte wird ein farblicher Rahmen entsprechend der Eignung für den Arbeitseinsatz für Hans Mustermann dargestellt.

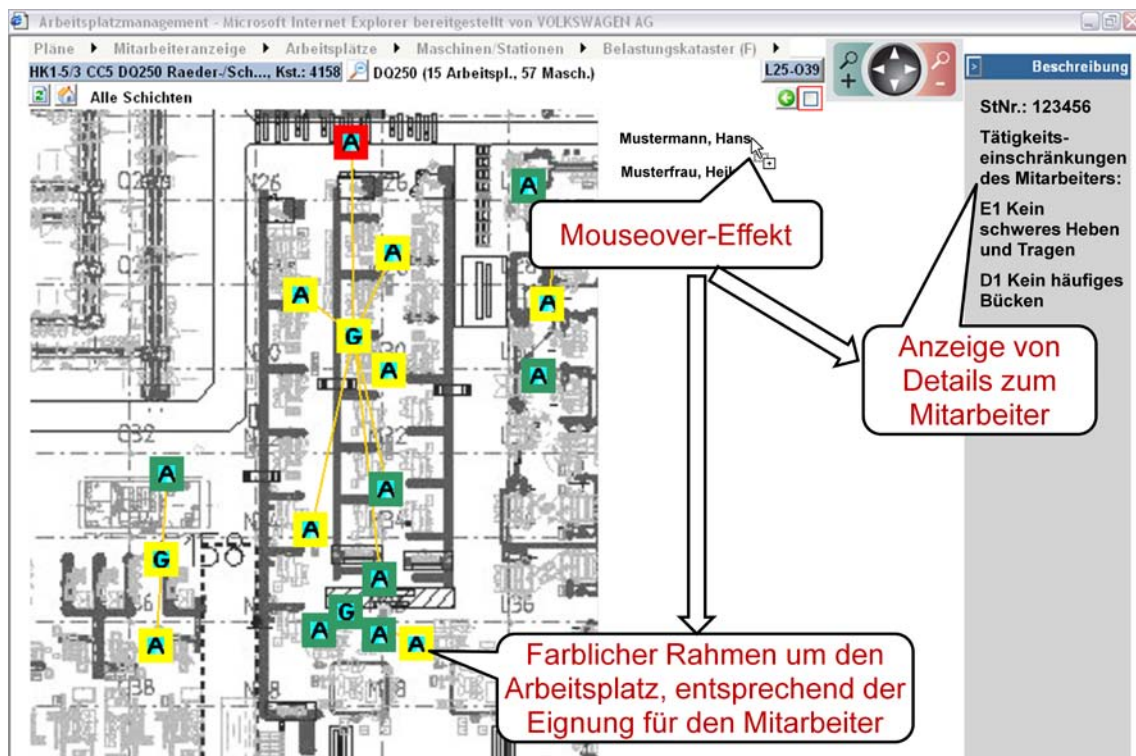


Abbildung 29. Grafische Zuordnung von Objekten

Neben der Eignung für Hans Mustermann veranschaulicht Abbildung 29 auch einen entscheidenden Punkt in der Belastungsanalyse: der oberste Arbeitsplatz auf dem Plan ist „rot“, also als ungeeignet für Hans Mustermann markiert. Durch die Rotation im Rahmen der Gruppenarbeit führt dies nicht dazu, dass der Mitarbeiter generell nicht in der Gruppe arbeiten kann. Diese ist insgesamt nur als „gelb“ markiert.

Für Detailinformationen zur besseren Einschätzung einzelner Objekte wird über einen Doppelklick die Übersichtsseite mit der Analysezusammenfassung aufgerufen. Einzel-

ne Zusatzinformationen lassen sich zudem über das angepasste Kontextmenü anzeigen.

Bereichsübergreifende Suche nach einem geeigneten Arbeitsplatz

Eine besondere Herausforderung stellt die Zuordnung von Mitarbeitern dar, die mehrere Tätigkeitseinschränkungen haben. In diesen Fällen kommt es verstärkt vor, dass innerhalb des Bereichs des betrieblichen Vorgesetzten kein geeigneter Arbeitsplatz gefunden werden kann. Der nächsthöhere betriebliche Vorgesetzte hat die Möglichkeit, die Suche nach einem geeigneten Arbeitsplatz über die Stufen der Organisationsstruktur zu eskalieren. Bei diesem Prozess werden schnell sehr viele Arbeitsplätze betrachtet. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit fasst das APMS bei über 50 Arbeitsplätzen diese zu den jeweiligen Organisationseinheiten zusammen. Die Anzeige enthält in dem Fall für jede enthaltene Organisationseinheit ein Rechteck, das in etwa die Position der Arbeitsplätze darstellt. Über farblich hinterlegte Zahlen wird angezeigt, wie viele Arbeitsplätze jeweils für den aktuell betrachteten Mitarbeiter geeignet sind (vgl. Abbildung 30). Ein Mausklick auf eines der Rechtecke vergrößert den entsprechenden Bereich. Sobald die Eskalationsstufe Organisationseinheiten mehrerer Hallen beinhaltet, wird eine Tabelle zur Visualisierung verwendet (vgl. Kapitel 3.2.8).

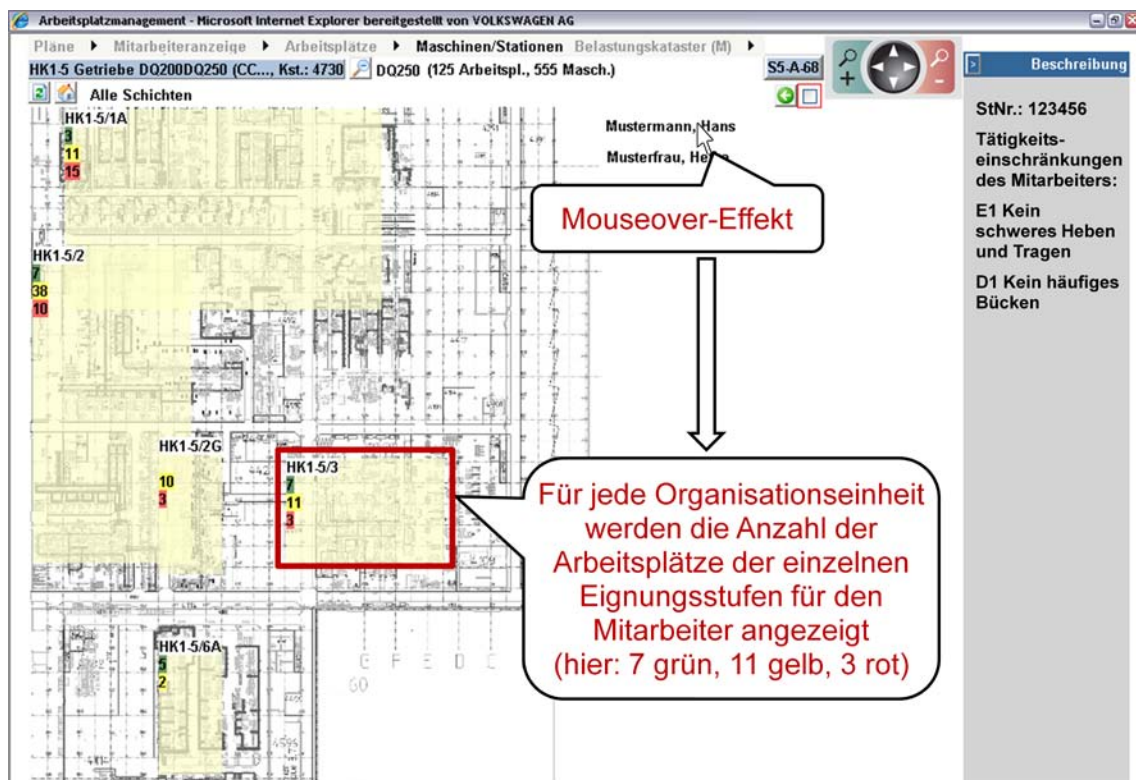


Abbildung 30. Zusammenfassung von Arbeitsplätzen

Belastungskataster

Ein Belastungskataster soll einen Überblick über vorhandene Belastungen gegliedert nach Bereichen geben. Das APMS realisiert dieses durch die Erstellung eines virtuellen Mitarbeiters. Diesem werden die zu untersuchenden Tätigkeitseinschränkungen

zugeordnet, so dass im Anschluss alle betrachteten Arbeitsplätze entsprechend ihrer Eignung, also dem Vorkommen der Belastungen, gekennzeichnet werden. Über die Eskalationsstufen kann das Belastungskataster grafisch auf eine komplette Halle ausgeweitet werden. Für die Ansicht des Katasters über mehrere Hallen hinweg stellt das APMS eine tabellarische Visualisierung zur Verfügung, die im folgenden Kapitel dargestellt wird.

3.2.8 Tabellarische Visualisierung

Die grafische Darstellung der Arbeitsplätze vor dem Hintergrund des HLS stößt an ihre Grenzen, sobald Arbeitsplätze aus mehreren Hallen in die Betrachtung aufgenommen werden sollen. Eine solche Sicht wird auch nicht zur Pflege von Daten verwendet, sondern dient z.B. der Identifizierung von Belastungsschwerpunkten und ihrer Auswirkungen. Abbildung 31 zeigt die nach Organisationseinheiten gegliederte Produktion. Ausgewählt wurde die Belastung „E1 Kein schweres Heben und Tragen“. Neben den einzelnen Organisationseinheiten wird die Anzahl der Arbeitsplätze angezeigt, die bezogen auf die gewählte Belastung mit „gelb“ bzw. „rot“ bewertet wurden. Direkt daneben wird die Anzahl der Arbeitsplätze insgesamt angezeigt. In dieser Ansicht können durch Einbindung weiterer Spalten mehrere Belastungen gleichzeitig betrachtet werden. Aufgrund der differenzierten Bewertung wird zwischen Männern und Frauen unterschieden.

Arbeitsplatzmanagement - Microsoft Internet Explorer bereitgestellt von VOLKSWAGEN AG

Prototyp Arbeitsplatzmanagement

13.01.2009

Startseite

VW PKI CARD Anmeldung erfolgreich: DSI4DUB

Belastungsbezogen Frau Mann

Arbeitsplätze: 896 Maschinen: 2105

ID	Organisationseinheit	KST	E1 Gelb	E1 Rot	AnzAp
HK1-1/1	CC1 MQ350 Raeder-/Wellenfertigung	4107	12	15	31
HK1-1/2	CC1 MQ350/MQ500 Montage	4120	38	10	55
HK1-1/2I	CC1 MQ500 Montage 1	4165	9	8	24
HK1-1/3	CC1 MQ350 SK/SM	4113	14	4	26
HK1-1/5	CC1 MQ500 Räderfertigung /Wellenfertigung	4162	6	5	12
HK1-1/5B	CC1 MQ500 Wellenfertigung	4163	4		6
HK1-1/6	CC1 MQ350 Wellenfertigung	4106	4	4	19
HK1-3/3C	CC3 Getriebemontage HL600/01R	4144			11
HK1-5/3	CC5 DQ250 Raeder-/Schiebemuffenfertig.	4158	2		23
HK1-5/3E	CC5 DQ250 Schiebemuffenfertigung 1	4729	1		11
HK1-5/4	CC5 DQ250 Wellenfertigung	4157	4		12
HK1-5/5	CC5 DQ250 Montage	4707	7	24	45
HK1-6/1	CC6 VL300 Montage	4179	32	11	61
HK1-6/2	CC6 VL300 Mechanische Bearbeitung	4176	9	16	29
HK1-S/1	SC2 Haerterei	4109	12	44	65
HK2-2/4	Karosseriebau 1	4262	25	43	72
HK2-2/4A1	Karosseriebau 1A PQ24/NF-PQ34	4261	4		5
HK2-2/4A4	Karosseriebau 1A KD-Fabrik	4264	1		1
HK2-2/4A5	Karosseriebau 1A PQ35/K-SUV	4265			
HK3-1/1	Giesserei Fert. 1 Druckguss MQ350/VL300	4705			2
PWA-M1/AA	CC-Montagen-M1-S1-Meisterschaft 1	1136	1		122
PWA-M1	Montagen I	1170	5		58

Abbildung 31. Statistik zu Belastungen nach Organisationseinheiten

Bei entsprechenden Berechtigungen können in der Tabelle zusätzlich Personaldaten integriert werden. Zu jeder Organisationseinheit wird dann angezeigt, wie viele Mitarbeiter dort arbeiten und wie viele von Ihnen eine Tätigkeitseinschränkung haben, die gegen den Einsatz auf einem Arbeitsplatz der gewählten Belastung spricht.

Neben einem Überblick über generell als „gelb“ oder „rot“ bewertete Arbeitsplätze bezüglich einer Belastung interessiert bei der Suche nach Belastungsschwerpunkten insbesondere der genaue Belastungsgrad der einzelnen Bewertung. Hierfür wurde im APMS für Arbeitsplätze unterhalb einer Organisationseinheit bezogen auf eine Belastung die Auflistung von Arbeitsplätzen, sortiert nach exakter Belastungsbewertung, integriert. Abbildung 32 zeigt beispielsweise die Auflistung aller bisher analysierten Arbeitsplätze des Werks Kassel, sortiert nach dem Punktwert zur Leitmerkmalmethode zur Lastenhandhabung. Der oberste Arbeitsplatz ist also der Arbeitsplatz mit der größten Belastung bezüglich des schweren Hebens und Tragens. Bei dieser Darstellung ist der Ausgleich von Belastungen durch die Rotation in Gruppen nicht berücksichtigt. Sie kann vielmehr dazu genutzt werden, besonders belastende Arbeitsplätze zu identifizieren und durch Verbesserungen der Prozesse die Belastungen zu verringern.

Arbeitsplatzmanagement - Microsoft Internet Explorer bereitgestellt von VOLKSWAGEN AG

Prototyp Arbeitsplatzmanagement

13.01.2009

VW PKI CARD Anmeldung erfolgreich: DSI4DUB

Startseite

Kategorien verwalten
Maschinen neu erstellen bearbeiten suchen
Arbeitsplätze neu erstellen bearbeiten suchen
Mitarbeiterzuordnung Ma. suchen
Hallenlayout Plan wählen
Analyse Statistiken Belastungen
Administration Rechteverw. Objekte Schnittstellen
Gefahrstoffe verwalten Betriebsanw.
Hilfe Anleitung

Filterobjekt Frau Mann

E1 Lastenhandhabung (Heben u. Tragen)

HK Werkleitung KasselKst.: 4351 Mitarbeiterstatistik

Arbeitsplätze: 194 233 214 Nach E1 sortieren

	Filterobjekt	Belastungen	Details
<input type="checkbox"/>	HK2-2/4, Kst.: 4262 SGR Säule B Links	E1: 56	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK2-2/4, Kst.: 4262 SGR Säule B Rechts	E1: 54	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK2-2/4, Kst.: 4262 Auflegeplatz Rahmen Stirnwand	E1: 54	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-5/5, Kst.: 4707 Arbeitsstation 010 (Gehäuse auflegen)	E1: 53	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-6/1A, Kst.: 4179 Arbeitsstation 580	E1: 52	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK2-2/4, Kst.: 4262 Passat C-Coupe Schweißanlage 2	E1: 50	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Ofenbediener 8 C-Reihe	E1: 49	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Bediener Strahler B 07	E1: 48	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-1/2I, Kst.: 4165 Arbeitsstation 210	E1: 48	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK2-2/4, Kst.: 4262 PQ 46 Aufnahme HIRA links	E1: 48	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK2-2/4, Kst.: 4262 PQ 46 Aufnahme HIRA Rechts	E1: 48	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Beschicker Strahler B 02	E1: 47	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Bediener Strahler B 02	E1: 47	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Ofenbediener 2 C-Reihe	E1: 47	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Ofenbediener 3 C-Reihe	E1: 47	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-S/1, Kst.: 4109 Bediener Strahler B 09	E1: 46	<input type="button" value="Details"/>
<input type="checkbox"/>	HK1-5/5, Kst.: 4707 Arbeitsstation 860 (Aufbau Wellen)	E1: 46	<input type="button" value="Details"/>

Beschreibung

Abbildung 32. Liste der Arbeitsplätze, sortiert nach Belastungsgrad

Es muss hierbei angemerkt werden, dass die Ergebnisdarstellung insbesondere Rückschlüsse auf den möglichen Arbeitseinsatz von Mitarbeitern mit der entsprechenden Tätigkeitseinschränkung zulassen soll. In Bezug auf gesunde und gesundheitlich eingeschränkte Mitarbeiter gibt es für einzelne Belastungsuntersuchungen unterschiedliche Beurteilungskriterien. Ein Arbeitsplatz mit besonderer Anforderung an die Sehkraft ist z.B. nur für einen Mitarbeiter mit eingeschränkter Sehkraft als „rot“ einzustufen. Für

den gesunden Mitarbeiter stellt sich die Aufteilung der Arbeitsplätze in die Bereiche „grün“ „gelb“ und „rot“ deshalb deutlich anders dar.⁷

Die Belastungsverteilung stellt den Zustand nach erfolgter Analyse dar. Hier wird insbesondere die Funktion des APMS zur Identifizierung von Belastungsschwerpunkten deutlich. Die gezeigten Arbeitsplätze wurden aufgrund der Identifizierung durch das APMS optimiert.

3.2.9 Administration

Das Administrationsmodul teilt sich grob in die Bereiche der Rechteverwaltung und der Listenverwaltung.

Rechteverwaltung

Die Rechteverwaltung des APMS teilt sich in zwei verschiedene Felder. Zum einen werden Berechtigungen auf Funktionen des APMS vergeben. So sind Mitarbeiter der Sicherheitschemie z.B. nicht berechtigt, eine ergonomische Analyse durchzuführen. Zum anderen werden Berechtigungen auf der Ebene der Organisationseinheit vergeben. So kann der Zugriff des betrieblichen Vorgesetzten auf seinen Bereich eingeschränkt werden. Die Berechtigung auf Ebene der Organisationseinheit wird zudem spezifiziert in Lese-, Schreib- und Löschrechte.

Für die Steuerung von Ausnahmen für Anwender in Gruppen und Rollen können zusätzlich Verbote zugeordnet werden. Analog zu Berechtigungen sind Verbote in Lese-, Schreib- und Löscherbote untergliedert, soweit sie sich auf Organisationseinheiten beziehen.

Die hierarchische Struktur der Organisationseinheiten macht die Vererbung von Berechtigungen möglich. Eine Berechtigung wird innerhalb der Struktur solange weiter gereicht, bis sie auf ein Verbot trifft.

Die Rechteverwaltung in Bezug auf Personalstammdaten und damit auch für den Zugriff auf Arbeitsplatzanalysen erfolgt bei Volkswagen auf der Ebene der IPS-Organisationsstruktur. Diese Struktur beinhaltet ca. 10.000 Knoten. Sie beginnt auf Konzernebene und führt über die einzelnen Werke über Cost Center bis hin zu einzelnen Schichten einer Meisterschaft.

Abbildung 33 zeigt den Ausschnitt des Klassendiagramms, für die Berechtigungsverwaltung (für einen größeren Ausschnitt vgl. Abbildung 14, Seite 33). Das Berechtigungskonzept sieht die Verwendung von Gruppen und Rollen vor. Gruppen fassen der Logik nach Anwender wie z.B. Personalwesen, Gesundheitswesen usw. zusammen. Rollen fassen Rechte, wie z.B. Analyse, Administration usw. zusammen.

⁷ Die Leitmerkmalmethoden weisen im Bereich von 25-50 Punkten darauf hin, dass die Belastung für den Mitarbeiter in Abhängigkeit von seiner Konstitution mehr oder weniger kritisch zu beurteilen ist. Für einen gesunden, kräftigen Mitarbeiter kann z.B. die Bewertung von 45 Punkten an seinem Arbeitsplatz eine für ihn problemlos durchführbare Arbeit beschreiben. Ein eher schwacher Mitarbeiter kann an einem solchen Arbeitsplatz hingegen unter Umständen nicht ohne Beschwerden arbeiten [CSL99].

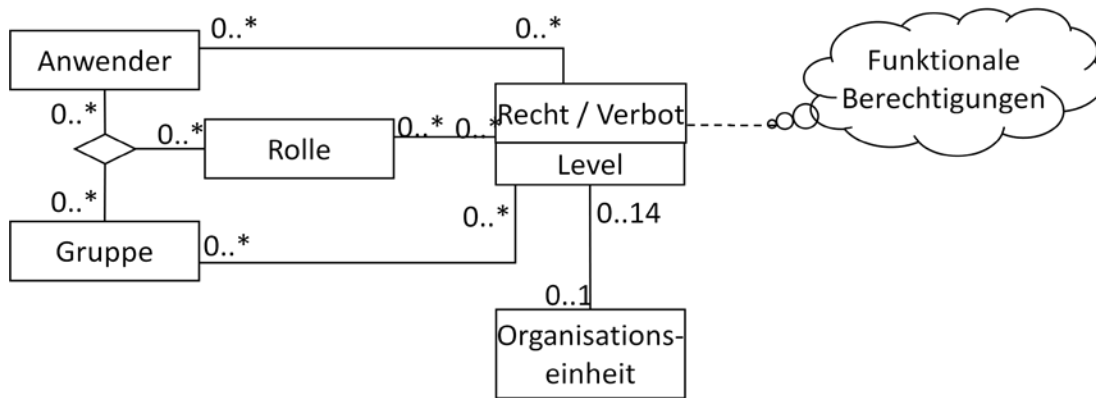


Abbildung 33. Klassendiagrammausschnitt für die Berechtigungsverwaltung

Auf diese Weise kann für jeden Anwender festgelegt werden, welche Funktionen er nutzen darf und auf welchen Datenbereich er zugreifen darf.

Objektverwaltung

Über die Objektverwaltung des Administrationsbereichs werden sämtliche Listenobjekte gepflegt. Hierzu gehören z.B. der Fragenkatalog der Belastungsanalyse und die verschiedenen Textbausteine der Sicherheitschemie.

Nach der vorherigen Beschreibung der Systemmodule werden im nächsten Kapitel einige Details zur technischen Umsetzung dargestellt.

3.3 Ausgewählte Technikentwürfe

In diesem Kapitel werden ausgewählte Ausschnitte der verwendeten Technik dargestellt. Die Techniken sind in der entwickelten Form auch für andere Anwendungen nutzbar. Zu Beginn wird die Realisierung der Anwendersteuerung und des Workflows über die Nutzung von dynamisch geladenen Programmpaketen beschrieben. Im Anschluss wird die Kapselung von Zuordnungsfunktionen durch Abstraktion dargestellt. Die dynamische Dokumentstrukturierung zeigt eine Möglichkeit der flexiblen Dokumentverwaltung über die Extraktion des Dokumentaufbaus in die Datenbank. Zum Abschluss wird auf die Nutzung der asynchronen Kommunikation zwischen Client und Webserver mittels Ajax eingegangen.

3.3.1 Anwendersteuerung und Workflow

Allen Modulen gemein ist der grundsätzliche Seitenaufbau. Anstelle einzelner Webseiten verwendet das APMS UserControls, die über die Benutzerführung variiert auf einer Hauptseite angezeigt werden.

Einzelne Seiten einer Website haben die Eigenschaft, dass sie von einem Anwender direkt angesteuert werden können. Für die meisten Websites ist dies ein Vorteil. Für komplexe Anwendungen ist ein Quereinstieg ohne aufgebauten Kontext zum Teil nicht

sinnvoll und muss deshalb abgefangen werden. Eine elegante Möglichkeit einen Quereinstieg zu verhindern bieten UserControls.

UserControls können wie reguläre Seiten aufgebaut werden, haben jedoch die Eigenschaft, dass sie nicht direkt aufgerufen werden können. Sie benötigen generell eine Seite, in die sie eingebettet werden. Ähnlich eines HTML Frames können auf einer Seite mehrere UserControls eingebunden werden. Das dynamische Laden von Programmmodulen kann über das Laden der entsprechenden UserControls gesteuert werden. Zum einen bleibt der modulare Aufbau von Programmteilen über die einzelnen Schichten erhalten. Zum anderen wird für die gesamte Anwendung nur eine einzige Seite benötigt und so jeglicher ungesteuerter Quereinstieg verhindert. Über die Hauptseite können nicht nur Berechtigungen gesteuert werden sondern auch andere zentrale Funktionen wie die Identifizierung der Bildschirmauflösung des Clients.

Die Nutzung von UserControls zur Steuerung der Berechtigungen und des Workflows macht eine Verwaltung der UserControls notwendig. Vorhandene Klassen erlauben das dynamische Laden von UserControls über Programmcode. Die neue Klasse „UserControllerControl“ erlaubt das dynamische Laden von UserControls über Datenbankeinträge in definierte Bereiche der Website.

Für Funktionen, die mehrere UserControls beinhalten, werden die Adressen aller betroffenen UserControls geladen und über verschiedene wählbare Navigationsleisten zur Verfügung gestellt.

Im APMS wird diese Funktionalität insbesondere für den Analysefragebogen genutzt. Mit Hilfe der Funktion „questionFormBuilder“ wird dynamisch ermittelt, welche Fragen aktuell angezeigt werden sollen. Anhand der betroffenen Fragen und der zugehörigen Antwortoptionen wird der Platzbedarf berechnet und die Anzahl benötigter Registerkarten bestimmt. Die aktuelle Registerkarte wird nebst Navigationsleisten für den sequenziellen Durchlauf sowie die direkte Anwahl über dynamisch beschriftete Tabulatoren geladen. Der Aufruf eines konkreten Analysebereichs bewirkt das Laden des entsprechend parametrisierten UserControls für Analysen. Abbildung 34 zeigt das Flussdiagramm der Funktion „questionFormBuilder“.

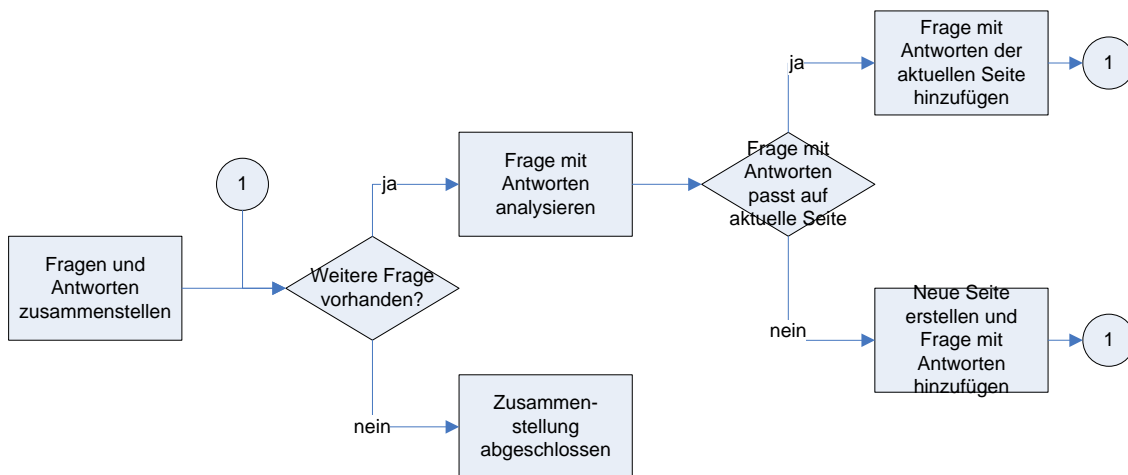


Abbildung 34. Generierung eines Arrays mit Seitenaufbauten

3.3.2 Zuordnungen

Zuordnungen sind eine zentrale Funktion jeder Software. Für das APMS können Zuordnungen in zwei Arten unterschieden werden: Einmal gibt es die Zuordnung von Objekten, deren Inhalt dynamisch in Berechnungen und Darstellungen eingeht. Beispiele hierfür sind Zuordnungen von Maschinen zu Arbeitsplätzen, von Vorsorgeuntersuchungen zu Analyseobjekten usw. Zum anderen gibt es die Zuordnung von Objekten, deren Inhalt nicht weiter EDV-technisch verarbeitet wird. Hier können z.B. Bilder, Videos, Arbeitsunterweisungen etc. genannt werden.

Zuordnung von dynamisch auswertbaren Objekten

Bei der objektorientierten Programmierung werden Funktionen bei ihren Objekten gehalten. Gleichzeitig unterscheiden sich Zuordnungen in der Regel nur unwesentlich durch Zuordnungsbeschreibungen. Die Abstraktion auf Datenebene spart Tabellen und Abfragen und erleichtert so die Pflfbarkeit. Abbildung 35 zeigt das Datenmodell für Zuordnungen im APMS. Der Primärschlüssel der Zuordnungstabelle besteht aus zwei Fremdschlüsseln, die jeweils aus einem Objekttyp und einer Objekt-ID bestehen. Als zusätzliche Attribute sind ein Beschreibungsfeld, die User-ID des Zuordnenden und ein Gültigkeitsdatum enthalten. Für jeden Objekttyp gibt es einen Namen und die Einordnung, ob es sich um ein vom Anwender pflfbares Listenobjekt handelt.

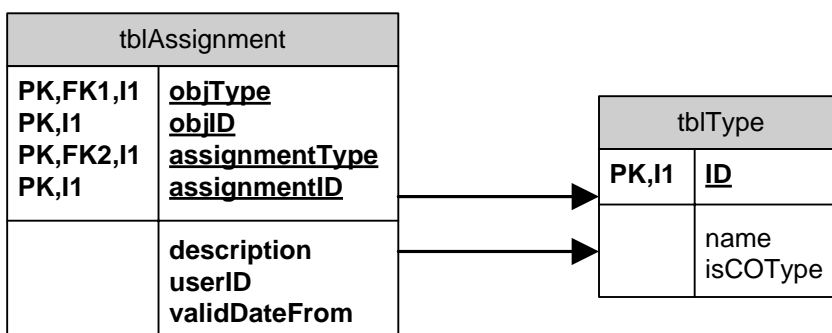


Abbildung 35. Datenmodell für Zuordnungen

Durch die Erweiterung aller Objekte durch das Attribut „Typ“ kann die Abstraktion bis in die mittlere Schicht gehalten werden.

Das System ist auf den Abgleich von Schlüsseln ausgelegt, so dass es wichtig ist, effizient auf einzelne Elemente von Zuordnungslisten zugreifen zu können. Aus diesem Grund werden Zuordnungen in Hashtabellen abgelegt. In der mittleren Schicht wurde die Klasse „hashtable“ um das Attribut „type“ sowie die Methoden „load“ und „save“ erweitert und so der Datenbankzugriff gekapselt. Da jedes Zuordnungsobjekt ein Attribut „description“ hat, wird hierfür die Klasse „TheHashTableItem“ eingeführt.

Konkrete Zuordnungsobjekte erben von der jeweiligen Oberklasse und überschatten i.d.R. das Attribut „item“, sowie die Methoden „add“ und „remove“. Andere Methoden, wie z.B. „save“ können hingegen ohne Anpassungen übernommen werden.

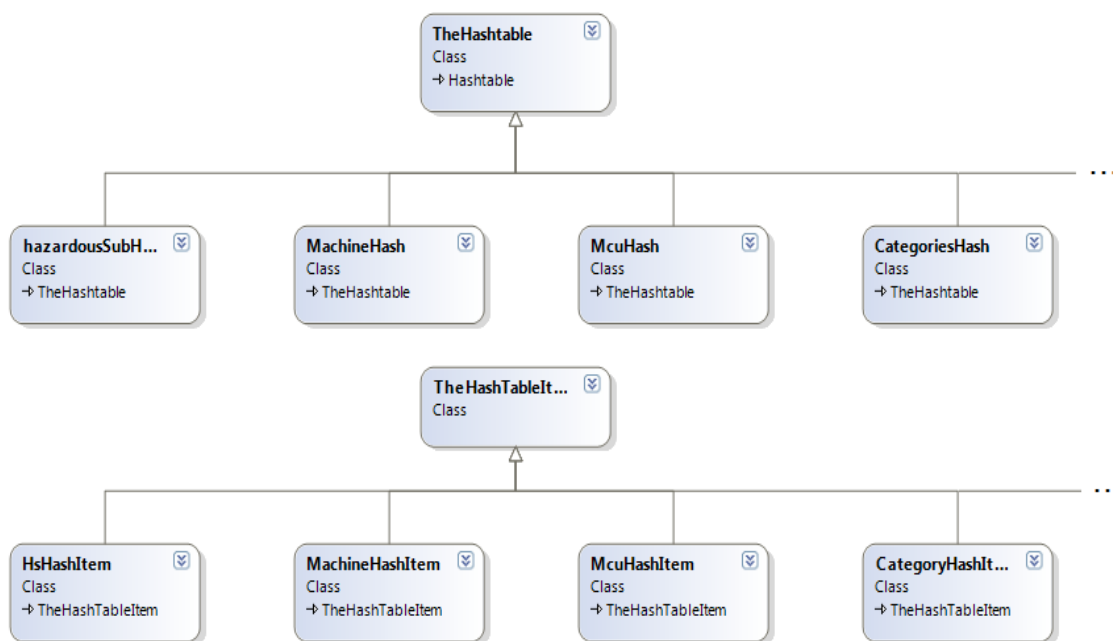


Abbildung 36. Zuordnungen – Business Layer

Zuordnung von statischen Dokumenten

Vom Prinzip her ist die Zuordnung eines statischen Dokuments nichts anderes als jede andere Zuordnung auch. Zwei wesentliche Unterschiede sind, dass Dokumente häufig zu groß für die sinnvolle Speicherung in einer Datenbank sind und keine programmtechnische Verwendung von Dokumentinhalten stattfindet. Des Weiteren enthalten die hier in Frage kommenden Dokumente keine hoch sensiblen Daten.

Aus diesen Gründen findet die Speicherung nicht in der oben gezeigten Datenstruktur sondern im Dateisystem des Anwendungsservers statt. Die Struktur des Dateisystems ist analog der Datenstruktur aufgebaut.

Durch das Merkmal, dass Dokumentinhalte nicht programmtechnisch ausgewertet werden, kann die Anzeige als Verlinkung unabhängig vom Dokumenttyp abstrahiert werden. In dem Fall macht es keinen Sinn, Hashtabellen zu verwenden, da die Doku-

mente nicht einzeln abgefragt werden. Vielmehr lässt sich die Abstraktion bis in die Repräsentationsschicht fortsetzen. Die Klasse „ObjectManagement“ erhält unter anderem eine Referenz auf ein „GenericHtmlControl“ als Übergabeparameter. Analog der Klasse für die Hashtabelle wurden Funktionen zum Laden und Speichern hinzugefügt. Die Funktion „sumFilesToPanel“ fügt die Verlinkungen zu den Dokumenten eines Typs dem übergebenen Panel hinzu, das dann an beliebiger Stelle auf der Website angezeigt werden kann.

3.3.3 Dynamische Dokumentstrukturierung

Für die Verwaltung von dynamischen, textlastigen Dokumenten ist es hilfreich, das Layout mit in der Datenbank zu speichern. Auf die Weise können Veränderungen vorgenommen werden, ohne dass die Anwendung neu kompiliert werden muss.

Abbildung 37 zeigt das Datenmodell zur Realisierung der vollständigen Flexibilisierung, das das APMS für den Aufbau der Betriebsanweisungen nutzt. Die implementierte Datenstruktur ist in der Form auch für andere Dokumente verwendbar.

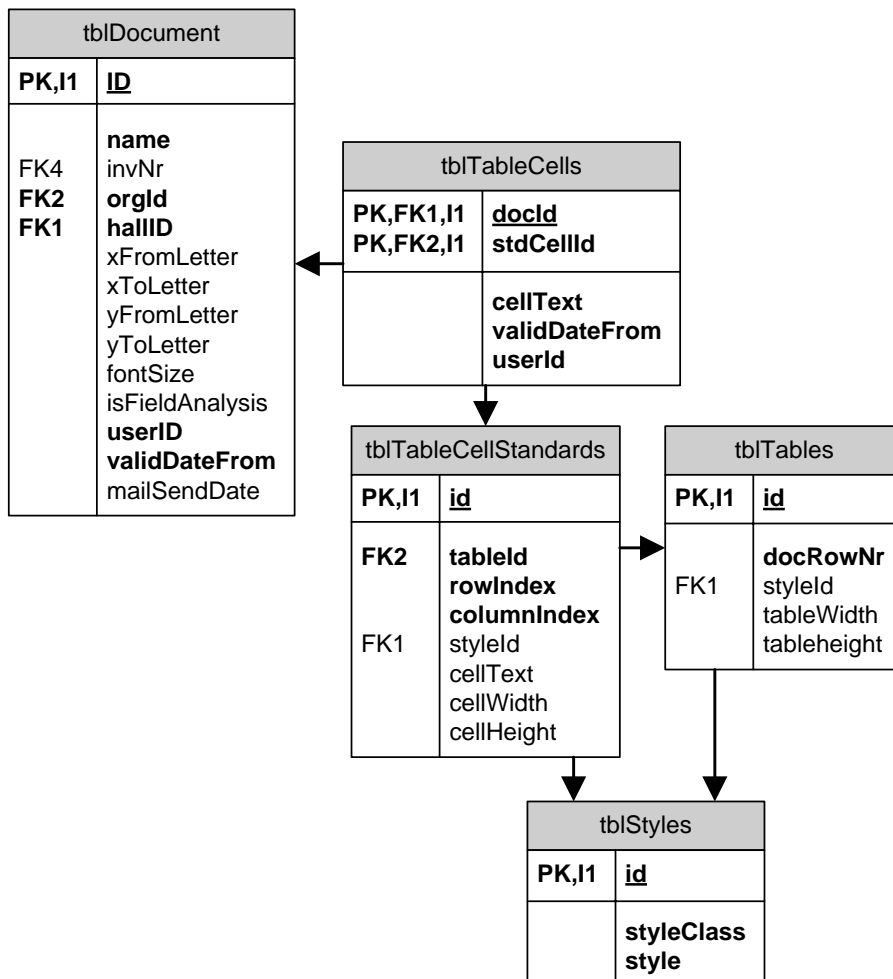


Abbildung 37. Datenmodell der Dokumentenverwaltung

Die Unterteilung des Dokuments („tblDocument“) erfolgt in Tabellen („tblTables“). Für jede Tabelle wird durch das Attribut „docRowNr“ spezifiziert, in welcher Zeile der Be-

triebsanweisung die Tabelle stehen soll. Für jede einzelne Zelle der Tabelle wird ein Standard definiert, der in einem leeren Dokument angezeigt wird („tblTableCellStandards“). Jede Zelle hat innerhalb ihrer Tabelle einen Zeilenindex und einen Spaltenindex. In „tblTableCells“ wird schließlich der eigentliche Inhalt der Betriebsanweisung gespeichert, der spezifisch angepasste „cellText“. Das Aussehen der einzelnen Zelleninhalte wird über die Tabelle „tblStyles“ gesteuert. Um den Pflegeaufwand zu minimieren werden in der Tabelle style-Klassen hinterlegt.

3.3.4 Ajax

Die Gestaltung des APMS erfolgte über ständiges Feedback mit den Anwendern. Im Rahmen der Gespräche mit der Sicherheitschemie kam es dabei zu folgender Anfrage:

„Können Sie eine Funktionalität einbauen, die mir während einer Suche bei Eingabe jedes Buchstabens sofort passende Ergebnisse zur Übernahme vorschlägt, wie bei der T9-Ergänzung meines Handys?“

Die Kommunikation des Client mit dem Server bei einer Webanwendung funktioniert standardmäßig dadurch, dass der Client seine Eingaben zusammen mit der kompletten aktuellen Seite an den Server schickt (Request). Dieser wertet die Informationen aus und schickt eine entsprechend angepasste Seite zurück (Response). Das offensichtliche Problem bei der zustandslosen Kommunikation ist der synchrone Ablauf: der Anwender muss nach einer Eingabe warten, bis der Server geantwortet hat und die neue Seite bei ihm geladen ist. Zudem wird ein erheblicher Overhead erzeugt. Ein Teil des Overheads wird durch intelligentes Zwischenspeichern von z.B. Bildern durch den Browser eliminiert. Hilfestellungen während der Eingabe eines Anwenders sind aber bei diesem Ansatz unrealistisch.

Zur Lösung dieser Problematik können Java-Applets verwendet werden. Vom Prinzip her sind Java-Applets kleine Programme, die durch die Nutzung vorinstallierter Bibliotheken keine eigene Installation notwendig machen. Sie können über den Browser angestoßen und innerhalb einer Website integriert werden.

Die Lösung mit Hilfe von Applets bringt allerdings neue Probleme. Applets benötigen für ihre Ausführung die Installation der von ihnen verwendeten Bibliotheken in der von ihnen verwendeten Version. Durch die Weiterentwicklung der Aktualisierungsroutinen wird dieser Punkt mehr und mehr vereinfacht und kann deshalb hier als nicht relevant angesehen werden. Der entscheidende Grund gegen die Anwendung von Applets im APMS ist die benötigte Zeit, die ein Applet zum Starten braucht. Der Prozess „mal eben schnell eine Betriebsanweisung suchen“ lässt sich nicht effizient gestalten, wenn für die Ergänzung einer Suchanfrage mehr Zeit vergeht als die Suche insgesamt benötigen sollte. Java-Applets bieten weitaus mehr als eine Hilfestellung für Suchanfragen und genau deshalb sind sie für diese einfachen Probleme nicht zu gebrauchen.

Die Lösung zur Verbesserung der Kommunikation zwischen Server und Client ist die Nutzung des XMLHttpRequest-Objekts für den asynchronen Datenaustausch in Verbindung mit JavaScript zur Integration der Daten in die Website. Das Konzept wird un-

ter dem Begriff Ajax, Asynchronous JavaScript and XML, zusammen gefasst. Die Anwendung von Ajax ist heute in nahezu jeder größeren Webanwendung zu finden. Gleichwohl war es zu Beginn des Projekts zur Erstellung des APMS im Jahr 2006 noch nicht verbreitet.

Durch intelligente Datenbankabfragen lassen sich in Anwendungen im Gegensatz zur reinen „T9-Ergänzung“ eines Handys weitaus hilfreichere Funktionalitäten integrieren. Das APMS bietet bei Sucheingaben semantische Ergänzungen. Die Eingabe „Aceton“ in das Suchfenster für Gefahrstoffe (Abbildung 38) bietet als Vorschläge nicht nur den Gefahrstoff Aceton selbst. Der Stoff kommt als Bestandteil auch in anderen Stoffen vor, die ebenfalls aufgelistet werden.

Neben der Ergänzung von Suchbegriffen verwendet das APMS Ajax für die grafische Positionierung und Zuordnung von Objekten. Durch den asynchronen Prozess und die client-seitige Einbindung der Rückmeldung wird die Kommunikation des Clients mit dem Server realisiert, ohne dass die komplette Website neu aufgebaut werden muss.

The screenshot shows the 'Arbeitsplatzmanagement' web application interface. A search bar contains the text 'acetone'. A dropdown menu is open, displaying a list of suggestions including 'Aceton', 'Ausbesserungslack mattschwarz', 'Kennzeichnungsfarbe', 'Klarlack', 'Lackspray Chromfarben', 'Lackspray Tornadorot', 'Lackspray: Chromfarben (400 ml)', 'Lackspray: Kobaltblau', 'Lacksprays', 'MR 79 Spezialreiniger', 'Nitro-Verdüner', 'Reiniger für Kennzeichnungssystem', 'Spezialreiniger', 'Sprühfarbe (div.)', 'Sprühfarbe Pistazie', and 'Verklebungsaktivator'. Below the suggestions is a table with columns 'MatNr.' and 'Lieferant'. The table lists various materials and their suppliers, such as '460-RS200' from 'BM-Nalco', '752 Kalt-Bezinkung-Mittel (Sprühdose)' from 'BM Chesterton', and 'Aceton' from 'CG Chemikalien'. A red callout box highlights the search input area with the text 'Semantische Ergänzung von Sucheingaben'.

MatNr.	Lieferant
290891	
1-Propanol (BM)	BM
AMV173D15 A	Henkel KGaA
AMV173D15 B	Henkel KGaA
AMV187200	Henkel KGaA
AMV186200	Henkel KGaA
ALN787220	Spies Hecker GmbH
2-Propanol (BM)	BM
460-RS200	BM-Nalco NALCO EUROPE B.V., Postbus 627, 2300 AP Leiden, NL
752 Kalt-Bezinkung-Mittel (Sprühdose)	BM Chesterton A. W. Chesterton Company
763 Rost-Umwandler	BM Chesterton A. W. Chesterton
803 Reinigungslösung	BM Chesterton A. W. Chesterton
Abschreckkonzentrat	226256 BW Petrofer Chemie
Abschreckkonzentrat	226256 BFS Osmirol GmbH
Aceton	292280 CG Chemikalien
Acetylen in Flaschen	292564 Air Liquide
ACOMIX PASTA WR5	BMAkzoNobel AkzoNobel Decorative Coatings b.v. Rijksstraatweg 31, 2170 Sassenheim. NL
Additiv fuer Universaloeel 294300	294301 Pfinder KG

Abbildung 38. Intelligente Eingabeergänzung mittels Ajax

3.3.5 Transaktionen

Die Sicherherstellung der Datenintegrität erfolgt im Arbeitsplatzmanagement durch die logische Aufgabenverteilung und die Rechtevergabe.

Der betriebliche Vorgesetzte hat die Berechtigung, Mitarbeiter seines Zuständigkeitsbereichs auf Arbeitsplätze und Gruppen seines Zuständigkeitsbereichs zuzuordnen. Durch die restriktive Rechtevergabe kann es nicht passieren, dass ein Mitarbeiter zur

gleichen Zeit von zwei verschiedenen Personen seinem Arbeitsplatz bzw. seiner Gruppe zugeordnet wird.

Bei der Stammdatenpflege erfolgt die Eingabe von Daten durch den Analysten. Alle Änderungen werden historisiert. Würden zwei Analysten parallel das gleiche Objekt erstellen, entstünden zwei Objekte, die in der Übersicht als solche identifiziert werden könnten. Dieses Vorgehen ist notwendig, da es für Arbeitsplätze und Gruppen keine eindeutigen logischen Schlüssel gibt. Für Maschinen hingegen existiert eine eindeutige Inventarnummer. Der Versuch, zweimal die gleiche Maschine anzulegen, führt zum Abbruch mit einer entsprechenden Rückmeldung.

Im letzten Kapitel wurde die Realisierung des APMS durch die Beschreibung seiner Architektur, seiner Systemmodule und einiger Technikentwürfe beschrieben. Im folgenden Diskussionskapitel werden das System und seine Konzepte im Rahmen der aktuellen Forschung betrachtet. Es werden seine Akzeptanz bei den Anwendern sowie seine Validierung anhand der Anforderungen diskutiert und ein Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten gegeben.

4 Diskussion

Zu Beginn des Abschnitts wird in Kapitel 4.1 der aktuelle Stand der Forschung dargestellt und als Ergebnis verdeutlicht, warum bestehende Konzepte und Systeme nicht ausreichen, aber durchaus als Grundlage zur Weiterentwicklung herangezogen werden konnten. In Kapitel 4.2 wird die Akzeptanz der Anwendung anhand ihrer Anwenderfreundlichkeit, ihres aktuellen Einsatzes sowie der Erfahrungen durch die Rückmeldung der Anwender diskutiert. In Kapitel 4.3 wird eine Validierung des APMS anhand der funktionalen Anforderungen durchgeführt. Kapitel 4.4 gibt einen Ausblick auf den weiteren Projektverlauf sowie auf ausstehende Forschungsarbeiten in den unterschiedlichen Disziplinen.

4.1 Related Work

Das Projekt zur Realisierung des APMS betrifft die Forschung in verschiedenen Disziplinen. Wie in Kapitel 2.3 dargestellt, werden Informationen zum Mitarbeiter und Informationen zum Arbeitsplatz benötigt. Die Mitarbeiterdaten teilen sich in Personalstammdaten und gesundheitsbezogene Daten, die Arbeitsplatzdaten ebenfalls in Stammdaten und Daten der Gefährdungsanalyse. Um sich einen Überblick über Software in den einzelnen Bereichen zu verschaffen, muss man sich dementsprechend Personalsysteme, Gesundheitssysteme, Produktionssysteme und Systeme zur Gefährdungsanalyse anschauen. Eine Herausforderung besteht darin, die vorhandenen Ansätze und Lösungen für die jeweiligen Bereiche auf ihre Kompatibilität zueinander zu prüfen.

Im Bereich der angewandten Informatik liegt der Forschungsaspekt in dem produktionsspezifischen Domain Engineering am Beispiel der Automobilindustrie. Für die Arbeitsplatzanalyse ist die Forschung der Arbeitswissenschaften zu betrachten.

4.1.1 Automotive Domain Engineering

Die durchgeführte Bestandsanalyse von benachbarten Forschungsarbeiten führte zu einer Untergliederung in vier Bereiche (vgl. Abbildung 39).

Die Forschung im Bereich des Domain Engineering speziell in der Automobilindustrie wird ausnahmslos auf die Anwendung von Software zur Steuerung innerhalb eines Automobils selbst betrieben (z.B. [Ba04], [FI08], [SS05]). Dieser Forschungsbereich hat keinerlei Überschneidung mit dieser Arbeit.

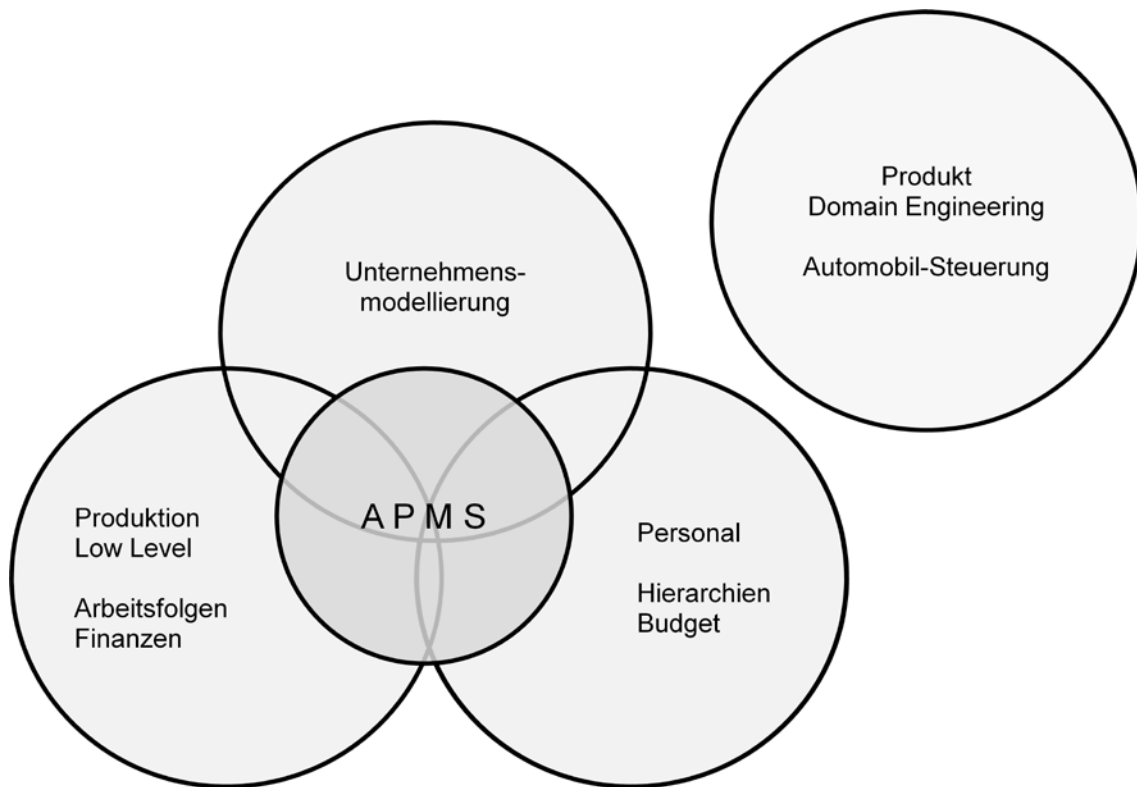


Abbildung 39. Bereiche von Related Work

Im Forschungsbereich der Unternehmensmodellierung (Business Engineering) werden Geschäftsprozesse, Funktionen, Daten und Arbeitsplätze modelliert [Ba98, Seiten 687ff], [UK95]. Hier endet die Unternehmenssicht bei der Betrachtung des Arbeitsplatzes als Ganzes, ohne ihn auf eine Detailtiefe zu untergliedern, die für Analysen, Informationszuordnung und Schnittstellen zu anderen Systemen notwendig ist. Die Modellierung findet allgemein auf einem für diese Arbeit zu abstrakten Level statt.

Der Bereich der Produktion auf dem Detaillierungsgrad von Arbeitsfolgen stellt einen schwer einsehbaren Forschungsbereich dar. Die Modellierung der detaillierten Produktionsumgebung wird zum einen in unternehmensinternen Entwicklungen durchgeführt und zum anderen im Rahmen der Entwicklung proprietärer Software. In beiden Fällen werden die Ergebnisse nicht veröffentlicht. So entwickelt Volkswagen das System Arbeitsplan und mit ihm eine Ontologie für Fertigungsprozesse.

Arbeitsplan wurde ursprünglich als System zur Planung von Arbeitsfolgen entwickelt. Es ist stetig gewachsen und hat bereits diverse Schnittstellen zu anderen System integriert. Die entwickelte Ontologie endet jedoch in der Produktion und ist in der bestehenden Form inkompatibel zur Ontologie des Personalwesens [AP09]. Bei Arbeitsplan handelt es sich um eine Eigenentwicklung von Volkswagen, so dass Beschreibungen und Handbücher außerhalb des Konzerns nicht zugänglich sind.

Auch andere Produktionssysteme auf dem Markt die prinzipiell Arbeitsinhalte beschreiben, vernachlässigen eine übergeordnete Sicht und damit die Integration von Kommunikationsmöglichkeiten mit z.B. Personalsystemen. Als Beispiel ist hier das System

TiCon der MTM Gesellschaft zu nennen [TC05]. Auch hier ist keine detaillierte Modellierung einsehbar. Der Funktionsrahmen der Anwendung macht aber deutlich, dass eine Kommunikation mit Personalsystemen nicht vorgesehen ist.

Personalsysteme auf der anderen Seite bieten zwar die Möglichkeit, Arbeitsplätze allgemein zu definieren. Eine Zusammenführung mit bestehenden Daten anderer Systeme ist hingegen weder möglich noch geplant. Die Planstellen im Personalmodul des SAP-Systemmoduls IPS können beliebig beschrieben, aber nicht mit anderen Systemen verknüpft werden.

Im Bereich der personenbezogenen Datenverarbeitung verschiedener Abteilungen gibt es derzeit Anstrengungen, neben der reinen Verknüpfung über den Mitarbeiter weitere, bislang unterschiedliche Schlüssel zu vereinheitlichen. Hier existieren allerdings beste Voraussetzungen um z.B. Schnittstellen zwischen dem Gesundheitssystem AMVW und dem SAP-Systemmodul IPS herzustellen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde aus den existierenden Systemen in der Automobilproduktion bei Volkswagen die Domäne der Produktionsstruktur als übergeordnete Ontologie herausgearbeitet. Mit dieser Struktur wurde die Grundlage, eine Art „Product Line Infrastructure“, zur Entwicklung kompatibler fachbezogener Software entwickelt. Auf Basis dieser Grundlage wurden die Module für die Bereiche Produktion, Personal und Gesundheitswesen sowie für die Sicherheitschemie erstellt. Die Modellierung ist als solche auf andere größere Firmen auch neben der Automobilbranche übertragbar.

4.1.2 Arbeitswissenschaften

Die Arbeitswissenschaften erarbeiten die Grundlage für die ergonomische Analyse von Arbeitsplätzen. Inhalt der Forschung in dieser Richtung ist die Gestaltung von Verfahren, mit denen auf unterschiedlichen Detaillierungsstufen Belastungen an Arbeitsplätzen gemessen werden können.

Grundlegend in der Untersuchung von Arbeitsplätzen ist die Unterscheidung zwischen objektiver Belastung und subjektiver Beanspruchung eines Mitarbeiters. Bei der Untersuchung einzelner Bereiche können beide Aspekte berücksichtigt werden. Für eine flächendeckende Analyse ist eine Befragung der Mitarbeiter aufgrund der hohen Kosten durch den Mitarbeiterausfall hingegen unrealistisch, da die Analysen auch nicht übertragbar sind. Im Folgenden werden deshalb nur objektive Analyseverfahren betrachtet.

Die ergonomische Analyse von Arbeitsinhalten unterscheidet sich insbesondere durch unterschiedliche Detaillierungsgrade des Analyseobjekts und durch unterschiedliche Analysezeitpunkte.

Der erste sinnvolle Analysezeitpunkt kann bereits in der Entwicklungsphase einer neuen Arbeitsumgebung, z. B. einer Montagelinie, bestehen. Noch bevor Investitionen in den realen Aufbau getätigt werden, können ergonomische Analysen zur Vermeidung von späteren Belastungen durchgeführt werden. Den spätesten Zeitpunkt stellt die Be-

urteilung einer bestehenden Arbeitsumgebung dar. Im Allgemeinen gilt: Je früher eine Analyse erfolgt, desto kostengünstiger ist eine ggf. durchzuführende Veränderung. Je später eine Analyse erfolgt, desto präziser lassen sich Aussagen über die tatsächliche Belastungssituation im Rahmen der Arbeit ermitteln.

Die Achse Detaillierungsgrad bezieht sich auf den Analysegegenstand. Im feinsten Detaillierungsgrad wird die ergonomische Analyse auf der Ebene der MTM-Analyse durchgeführt [BL06]. Für die gröbste Analyse wird der Arbeitsplatz als Ganzes betrachtet. Je feiner der Analysegegenstand gewählt wird, desto exakter lassen sich Belastungsschwerpunkte identifizieren, und desto flexibler können Anpassungen der Arbeitsinhalte zu Gesamtanalysen zusammengefasst werden. Je gröber der Analysegegenstand ist, desto aussagekräftiger ist das Analyseergebnis. Dies wird bedingt durch die entstehende Unschärfe bei der Zusammenfassung von Detailanalysen zu Gesamtanalysen.

Ziel auf dem Markt bestehender Analysekonzepte ist in erster Linie die ergonomische Optimierung von Arbeitsinhalten (z.B. [Bu07]). Hierfür sind ein früher Analysezeitpunkt und ein hoher Detaillierungsgrad zu wählen.

Für die dargestellten Analysekonzepte bestehen neben dem Projekt APMS weitere Software-Lösungen (vgl. Abbildung 40).

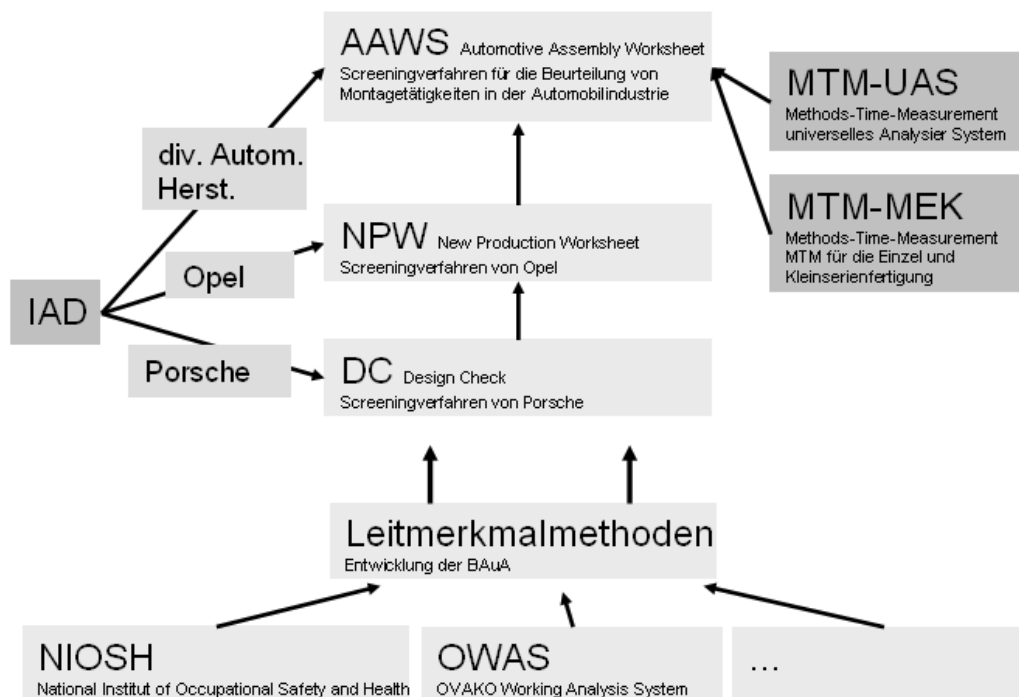


Abbildung 40. Entwicklung ergonomischer Screening Verfahren

Grundsätzlich ist im Bereich der ergonomischen Optimierung zwischen der Integration in größere Planungssoftware (z. B. Arbeitsplan⁸, TiCon⁹) und der Neuentwicklung von

⁸ Volkswagen AG

⁹ Deutsche MTM Gesellschaft mbH

reinen Analyse-Tools (z. B. MTM-Ergonomics¹⁰, ABATech¹¹, APSA¹²) zu unterscheiden (für einen Überblick siehe [La04]). Letztere wurden über Schnittstellen mehr oder weniger kommunikationsfreudig konzipiert.

4.1.3 Einordnung der eigenen Arbeit

Allen bestehenden Softwarelösungen gemein ist der Ansatz, dass Arbeitsplätze nach Belastungen und Bereichen gefiltert dargestellt, aber nicht EDV-technisch Mitarbeitern zugeordnet werden können. Als Grundlage für einen systemtechnischen Abgleich fehlt eine gemeinsame Ontologie für gesundheitliche Einschränkungen und Belastungen durch die Arbeit.

Dieser essentielle Ansatz der Modellierung einer übergeordneten Ontologie und einer der flächendeckenden physischen Verknüpfung von Mitarbeitern auf ihre analysierten Arbeitsplätze ist das Alleinstellungsmerkmal dieser Arbeit und nach gegenwärtigem Stand nicht nur in Deutschland einmalig. Auf die durch diesen Ansatz entstehenden weiteren Forschungsmöglichkeiten wird in Kapitel 4.4 näher eingegangen. Neben der Optimierung des Mitarbeiter Einsatzes ist es ein Ziel, Zusammenhänge zwischen Arbeitsbedingungen und Erkrankungen zu erhalten. Auch für diese Anforderung ist die physische Verknüpfung von Mitarbeitern mit ihren Arbeitsplätzen notwendige Voraussetzung.

Nach der Einordnung der Arbeit in die Forschung der beteiligten Disziplinen wird im folgenden Kapitel die für den Erfolg der Anwendung entscheidende Akzeptanz bei den Anwendern diskutiert.

4.2 Akzeptanz

Die Entwicklung des APMS erfolgte Schritt für Schritt in enger Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen. Durch die frühe Einbindung wird der entwickelte Prototyp des Systems bereits in mehreren Werken des Volkswagenkonzerns in der täglichen Arbeit genutzt. In diesem Kapitel wird zunächst kurz auf Usability-Aspekte der Softwaregestaltung eingegangen. Anschließend wird eine nach Werken gegliederte Nutzungsübersicht gegeben, bevor im dritten Abschnitt die Erfahrungen der einzelnen Anwendergruppen dargestellt werden.

4.2.1 Usability

Software sollte generell auf seine Anwender abgestimmt, intuitiv und effizient bedienbar sein. Für das APMS gibt es verschiedene Zielgruppen mit unterschiedlichen Anforderungen bezüglich der Anwendbarkeit. Grundsätzlich unterscheiden sich die Gruppen darin, ob sie Daten im APMS einfügen und pflegen oder ob sie Informationen abrufen.

¹⁰ Institut für Arbeitswissenschaften, Universität Darmstadt

¹¹ Bayrische Motorenwerke AG

¹² Audi AG

Der zweite wichtige Punkt für die Setzung von Prioritäten liegt in der Analyse zur Häufigkeit der Nutzung. Ein Anwender, der jeden Tag mit dem System arbeitet, wird sich besser einarbeiten können als der sporadische Anwender. Der dritte Faktor ist der Nutzen, den der Anwender aus dem System zieht.

Die Pflege der im APMS enthaltenen Daten obliegt in Bezug auf die Mitarbeiterzuordnung den betrieblichen Vorgesetzten. Die Pflege erfolgt nur bei Änderungen, also lediglich sporadisch. Der eigentliche Nutzen aus dem System für betriebliche Vorgesetzte wird erst in ca. 10 Jahren das volle Ausmaß erreichen (bis dahin treten Probleme bei der Zuordnung von Mitarbeitern auf ihre Arbeitsplätze eher selten auf). Trotzdem ist es wichtig, dass die Zuordnungen bereits heute erfolgen.

Die Anwendergruppe der betrieblichen Vorgesetzten ist damit die wichtigste Gruppe bei der Gestaltung der Anwenderfreundlichkeit. Vor diesem Hintergrund wurde der Prozess der Mitarbeiterzuordnung so intuitiv und das Antwortverhalten so schnell wie möglich gestaltet. Die permanente Abstimmung mit den betrieblichen Vorgesetzten führte zur Positionierung der Arbeitsplätze vor dem Hintergrund des Hallenlayouts und der Zuordnung der Mitarbeiter per drag&drop. Obgleich es sich bei dem APMS um eine Webanwendung handelt, wurde die Funktionalität so aufgebaut, dass die Bedienung der einer Windowsanwendung gleicht. Objekte verfügen über spezifische Kontextmenüs, die Anwendung differenziert zwischen Einzel- und Doppelklick, Objekte lassen sich per drag&drop positionieren und zuordnen und innerhalb einer Halle kann sich der Anwender über einen Navigationsbereich oder über das Ziehen eines Rahmens frei bewegen sowie herein und heraus zoomen (vgl. Kapitel 3.2.2 und 3.2.7). Die Wiedererkennung der Darstellung und die gewohnte Bedienung garantiert eine Minimierung des Einweisungsaufwandes. Über den Beschreibungsbereich wurde zudem über die gesamte Anwendung eine Fläche integriert, auf der für alle Objekte und Funktionalitäten unaufdringlich Hinweise zur Hilfestellung eingeblendet werden.

Durch die Nutzung von AJAX werden bei Anwenderinteraktionen nur direkt betroffene Teilbereiche der Webanwendung aktualisiert. Die Zuordnung eines Mitarbeiters auf einen Arbeitsplatz führt z.B. nicht zu einem Neuaufbau der Seite, sondern zu einem Hinweis im Beschreibungsbereich. Der Hinweis gibt eine Rückmeldung über den Zuordnungsstatus (vgl. Kapitel 3.3.4).

Die Laufzeit des Seitenaufbaus allgemein wurde zudem durch die Verwendung von materialisierten Sichten optimiert (vgl. Kapitel 3.2.1). Im Ergebnis erfolgt z.B. die Eignungsprüfung von 20 Mitarbeitern auf 200 Arbeitsplätzen in weniger als zwei Sekunden.

Für andere Anwendergruppen wie z.B. das Gesundheitswesen steht weniger die Geschwindigkeit der Transaktionsverarbeitung im Vordergrund als vielmehr die übersichtliche Gestaltung aller benötigter Informationen. Die Übersichtsseite zu einem Arbeitsplatz (vgl. Kapitel 3.2.6) bietet zum einen eine nach Bereichen untergliederte Informationsstrukturierung in Form eines Baums. Entscheidend ist hier der mögliche Detaillierungsgrad bis hin zu Einzelwerten der Leitmerkalmethode zu einer Belastung

inklusive projizierter Herkunftsangabe. Wenn sich z.B. ein Arzt auf Anfrage eines Mitarbeiters die Belastungen eines Arbeitsplatzes genau ansehen möchte, ist es für ihn wichtig zu wissen, wie die Belastung genau aussieht und durch welche Tätigkeit sie entsteht.

Eine weitere, besonders für die Sicherheitschemie entscheidende Bedienungshilfe, stellt die Bearbeitung von Suchanfragen dar. Durch die Darstellung von intelligenten Ergänzungsvorschlägen zu Suchbegriffen (vgl. Kapitel 3.3.4) erhöht sich der Anwendungskomfort erheblich.

Datenschutz

Bei der Gestaltung des APMS ist aufgrund der Integration personenbezogener Daten das Thema Datenschutz sehr wichtig. Vorgaben liegen z.B. in der zeitlichen Begrenzung einer Session bei Inaktivität auf fünf Minuten. Andere Vorgaben liegen im funktionalen Bereich, z.B. die Untersagung der Einbindung des „elektronischen Hakens“ zur Kennzeichnung der Anwesenheit von Mitarbeitern (vgl. Kapitel 2.5), oder die Art der Zuordnung von Maschinen zu Mitarbeitern, so dass keine vollständige Transparenz für die Auslastung von Mitarbeitern entsteht (vgl. Kapitel 2.6.1).

Einschränkungen in der Funktionalität oder des Handlings aufgrund von Datenschutzauflagen führen z.T. zur Reduktion der Akzeptanz der Anwender (Beispiel: Ablauf der Session). Auf der anderen Seite können Vorgaben das Vertrauen der Mitarbeiter erhöhen (Beispiel: Mitarbeiterauslastung).

4.2.2 Nutzungsübersicht

Im Folgenden wird die Nutzung des APMS gegliedert nach Werken dargestellt.

Kassel

In Kassel wird die Funktionalität des Prototyps in vollem Umfang im beruflichen Alltag genutzt. Es wurden ca. 800 Arbeitsplätze¹³ mit über 2.000 Maschinen erfasst und analysiert. Dies entspricht ca. 50% der Arbeitsplätze im direkt produzierenden Bereich der Werkorganisation Kassel. Für die Zusammenfassung übertragbarer Analysen wurden ca. 150 Kategorien erstellt. Unter Genehmigung des Datenschutzausschusses sind die Datensätze von 1.000 Mitarbeitern für ausgewählte Pilotbereiche in das System integriert und wurden von betrieblichen Vorgesetzten ihren Arbeitsplätzen und Gruppen zugeordnet. Die Sicherheitschemie hat ca. 450 Gefahrstoffe und ca. 430 Betriebsanweisungen angelegt und gepflegt.

¹³ Die relativ geringe Anzahl an Arbeitsplätzen im Vergleich zur Anzahl der Mitarbeiter ergibt sich durch den 3-Schicht Betrieb.

Insgesamt arbeiten in Kassel 74 betriebliche Vorgesetzte¹⁴, 5 Ärzte, 2 Ergonomen, 4 Sicherheitschemiker, 6 Betriebsräte und 7 Personalcoaches mit dem APMS, so dass pro Woche mehrere Hundert Zugriffe registriert werden.

Wolfsburg

Mit dem Werk Wolfsburg wurde der erste Versuch unternommen, Arbeitsplatzanalysen im Konzernsystem AP durchzuführen und anschließend in den Prototyp zu integrieren. Hier wurden ca. 200 Arbeitsplätze inklusive Analyse überspielt. Aktuell erfolgt die Freischaltung der betroffenen betrieblichen Vorgesetzten.

Hannover (Nutzfahrzeuge)

Das Werk Hannover arbeitet bislang ausschließlich mit den Modulen zur Erfassung und Pflege der Produktionsstruktur. Es wurden ca. 200 Arbeitsplätze und ca. 200 Maschinen erfasst und analysiert. Für die Analysen wurden 12 Kategorien angelegt. Sehr gute Rückmeldungen werden insbesondere für das Modul der räumlichen Erfassung und Visualisierung der Produktionsstruktur gegeben.

In Hannover arbeiten hauptsächlich 9 Planer mit dem System.

Sachsen GmbH

In Zwickau gibt es erste Versuche, mit dem APMS zu arbeiten. Bislang wurden wenige Anwender des Gesundheitswesens und des Personalwesens freigeschaltet und beispielhaft einige Arbeitsplätze und Maschinen angelegt und analysiert. Die Zurückhaltung begründet sich zum Teil daraus, dass es bei der Sachsen GmbH neben Konzernstandards gewachsene Quellsysteme sowohl im Personal-Bereich als auch im Produktions-Bereich gibt, für die bislang keine ausreichenden Schnittstellen zum APMS geschaffen wurden.

Die Sicherheitschemie nutzt das System bislang ebenfalls zu Testzwecken.

Zusammenfassung

Der Prototyp des APMS wird derzeit hauptsächlich von Kassel und teilweise in Hannover genutzt. In anderen Werken werden Piloten gestartet, um weitere Anregungen bei der Integration der Funktionalitäten in die Volkswagen-Systemlandschaft zu erhalten.

4.2.3 Erfahrungen

Während einer Vielzahl an Besprechungen, Präsentationen und sonstigen Vorträgen wurden stets positive Rückmeldungen zum Funktionsumfang und zur konkreten Umsetzung im APMS gegeben. Besonders hilfreich für die Einschätzung des Systems sind aber Erfahrungswerte aus der Praxis. Im Folgenden wird die Nutzung des APMS gegliedert nach Anwendergruppen konkretisiert und mit Beispielen belegt.

¹⁴ Die Nutzung des Systems durch betriebliche Vorgesetzte erfolgt nur in den Pilotbereichen, in denen der Zugriff auf die Mitarbeiterdaten möglich ist. Die Erweiterung der Integration auf die Personalstammdaten aller analysierten Bereiche wird derzeit vorangetrieben.

Analysten

Der Aufbau der Produktionsstruktur mit Hilfe des rekursiv dynamischen Kategorienmodells hat im Werk Kassel gut funktioniert. In Hannover wurde die Möglichkeit der abstrakten Modellierung von Maschinentypen und Arbeitsinhalten nur zurückhaltend genutzt. Dies zeigt insbesondere die Schwierigkeit, das Verständnis der abstrakten Modellierung in die Praxis zu bringen. In Kassel fand diesbezüglich ein intensiver Austausch mit den Analysten statt. Um den Aufnahme- und Analyseprozess auch in anderen Werken durch Verwendung von Kategorien zu beschleunigen, müssen die Schulungen intensiviert werden. Die Forderung der Analysten nach einer Kopierfunktion für Analyseobjekte macht einen weiteren Ansatzpunkt deutlich: Durch einen intelligenten Mechanismus zur Automatisierung der Kategorienerstellung könnte der Anwender zur Nutzung von Kategorien geleitet werden. Dieser Ansatz wird in Kapitel 4.4.3 diskutiert.

Betriebliche Vorgesetzte

Bei den betrieblichen Vorgesetzten ist die Nutzung abhängig von dem jeweiligen EDV-technischen Verständnis. Durch die Verwendung der bekannten Pläne des Hallenlayouts war in einigen Fällen keine Unterweisung in das APMS notwendig. Die eingebauten Funktionen der Zuordnung per drag&drop, die Reaktionen auf einen Doppelklick für Details, einen Rechtsklick für ein Kontextmenü und das Ziehen eines Rahmens zur Vergrößerung des Planausschnitts waren für die Anwender intuitiv verständlich. Durch die fortwährende Unterstützung mit kontextabhängigen Hilfetexten im Beschreibungsbereich der Anwendung fanden die dargestellten Auswertungen schnell Einzug in den Arbeitsablauf. Für den durchschnittlichen Anwender in der Gruppe der betrieblichen Vorgesetzten wird die Zeit für eine Erstunterweisung mit ca. 30 Minuten angesetzt.

Die Erfassung und die Analyse der gesamten Produktion sind auch für das Werk Kassel noch nicht abgeschlossen. Der Einsatz des APMS in den erfassten Bereichen führte zu häufigen Nachfragen weiterer Bereiche zur Aufnahme ihrer Produktionsstrukturen. Das Feedback war offenkundig positiv.

Den betrieblichen Vorgesetzten wird durch das APMS nicht nur eine Hilfestellung bei der Zuordnung von Mitarbeitern zu ihrer Gruppe bzw. auf ihren Arbeitsplatz gegeben. Sie erhalten zudem eine Argumentationsgrundlage gegenüber Mitarbeitern, die sie dankbar annehmen. Durch die gemeinsame Sicht des betrieblichen Vorgesetzten und des Mitarbeiters auf die Belastungsbeurteilung konnten in der Praxis zuvor strittige Arbeitseinsätze realisiert werden. Hier muss betont werden, dass das System nicht genutzt wird, um die Glaubwürdigkeit von Mitarbeitern bei Beschwerden anzuzweifeln. Die unabhängige Beurteilung der Belastungen an Arbeitsplätzen vermittelt auch den Mitarbeitern selbst, dass ihre Gesundheit dem Unternehmen wichtig ist. In Problemfällen wird selbstverständlich auch weiterhin nicht pauschal verfahren.

Gesundheitswesen

Das Ergebnis einer gemeinschaftlichen Einschätzung der Arbeitssituation auf Grundlage der Belastungsbeurteilung führte auch bei anderen Anwendergruppen zur erfolgrei-

chen Arbeitsunterstützung. Mitarbeiter bei Volkswagen haben die Möglichkeit, die Belastungssituation an ihrem Arbeitsplatz mit ihrem zuständigen Betriebsarzt zu besprechen. Eine solche Konsultation führt in der Regel zu einer Arbeitsplatzbegehung. Das APMS unterstützt hierbei, indem bereits beim Erstgespräch der Arbeitsplatz gemeinsam detailliert am Bildschirm betrachtet werden kann. In Einzelfällen kann das Besprechen der Arbeitssituation auf Basis der vorhandenen Belastungsanalyse zur Beseitigung von Bedenken seitens des Mitarbeiters ausreichen.

Für Problemfälle wird das APMS Arbeitsplatzbegehungen nicht ersetzen. Es hilft den beteiligten Personen aber zum einen den Gegenstand der Betrachtung sofort zu visualisieren und zum anderen die Problematik anhand vorhandener Belastungen einzuschätzen. Auf dieser Grundlage können die weiterhin notwendigen Arbeitsplatzbegehungen effizienter gestaltet werden.

Sicherheitschemie

Das Modul der Sicherheitschemie muss bezüglich der Akzeptanz gesondert betrachtet werden, da hier kein neuer Prozess erstellt, sondern ein bestehender vereinfacht wurde. Betriebsanweisungen wurden vor dem APMS einzeln mit Hilfe von Microsoft Word erstellt. Der Prozess bestand in der Regel daraus, eine vorhandene Betriebsanweisung zu kopieren und anzupassen. Das APMS hatte als Ziel, die Daten der Betriebsanweisungen zu nutzen ohne zusätzlichen Aufwand zu verursachen. Der Modulteil zur Erstellung der Betriebsanweisungen entspricht deshalb visuell dem Aussehen des Word-Dokuments. Zusätzlich wurde die Verwaltung der Dokumente deutlich verbessert.

Die Sicherheitschemie betreibt ein Legacy-System für Gefahrstoffe, das nicht spezifisch für die Erstellung von Betriebsanweisungen geeignet ist. Durch das APMS hat die Sicherheitschemie die Möglichkeit, die für Betriebsanweisungen benötigten Informationen zu Gefahrstoffen zentral zu pflegen und über eine einfache Zuordnung in die Betriebsanweisungen einzufügen.

Neben der intuitiven Bedienung und der einfachen Pflege bestehender Betriebsanweisungen stellt die semantische Ergänzung von Suchanfragen für Gefahrstoffe und Betriebsanweisungen ein entscheidendes Kriterium für die Akzeptanz dar.

Der Prototyp des APMS hat den bisherigen Prozess der Erstellung und Verwaltung von Betriebsanweisungen der Sicherheitschemie in Kassel vollständig ersetzt. Das sicherheitschemische Modul ist des Weiteren Inhalt einer Themenpartnerschaft der Arbeitssicherheit / Sicherheitschemie mit anderen Werken geworden und dient als Vorbild für ein Gefahrstoffinformationssystem. Für die anderen Werke wurden entsprechende Freischaltungen zur Erprobung und weiteren Verbesserung eingerichtet.

Sonstige

Für die weiteren Anwendergruppen wie Betriebsräte und Mitarbeiter des Personalwesens gibt es bislang zwar positive Rückmeldungen, aber noch keine Berichte über konkrete Anwendungsfälle. Kapitel 4.4.1 geht noch einmal auf die Akzeptanz in Bezug auf die Fortführung des Projekts ein.

Das folgende Kapitel diskutiert die Hintergründe zum Projektstart und Projektverlauf.

4.3 Validierung der Anforderungen an die Anwendung

Es gab verschiedene Gründe, die zur Durchführung des Projekts und letztendlich zur Erstellung des APMS geführt haben. In diesem Kapitel wird eine Validierung der Anforderungen an das APMS gegliedert nach diesen Gründen durchgeführt.

Der Start wurde zunächst im Rahmen des jährlich stattfindenden betrieblichen Gesundheitsberichts gesetzt. Hier findet insbesondere eine Auswertung der Krankendaten der Betriebskrankenkasse statt. Einen wichtigen Einfluss auf die Gestaltung des APMS nahm im Verlauf des Projekts die Thematisierung des demographischen Wandels, dessen Auswirkungen auf Volkswagen in Kapitel 4.3.2 dargestellt werden. Die Entwicklungsaussichten finden sich auch im aktuellen Tarifvertrag der Volkswagen AG wieder (Kapitel 4.3.3). Zum Ende dieses Kapitels wird die Entwicklung der Gesetzeslage bezüglich der Dokumentation von Belastungen am Arbeitsplatz beschrieben.

4.3.1 Betrieblicher Gesundheitsbericht

Bei Volkswagen werden jedes Jahr die Gesundheitsdaten der Betriebskrankenkasse anonymisiert ausgewertet und im Rahmen des Gesundheitsberichts präsentiert. Überdurchschnittliche Erkrankungshäufungen bei Mitarbeitern in einzelnen Bereichen können so aufgedeckt werden und sollen eine gezielte Ursachenforschung ermöglichen.

Die Krankenkasse ist in der Lage, Erkrankungsauswertungen für beliebige Kollektive zu liefern. Die Zusammenfassung von Mitarbeitern zu auswertbaren Gruppen war bisher auf die Ebene von organisatorischen Einheiten bzw. Kostenstellen beschränkt. Die Belastungssituation der einzelnen Arbeitsplätze innerhalb solcher Bereiche variiert allerdings erheblich. Um realistisch nicht nur in wenigen Ausnahmen den Zusammenhang zwischen Belastungssituation und Erkrankungshäufung feststellen zu können ist es notwendig, belastungsabhängige Mitarbeitergruppen auszuwerten.

Die Gewinnung dieser epidemiologischen Erkenntnisse gehört zu den zentralen Zielen des Gesundheitswesens, da sie als Grundlagenwissen für Prävention notwendig sind. Das Gesundheitswesen bei Volkswagen ist an der Durchführung und zusammen mit dem Personalwesen an den Ergebnissen betrieblicher Epidemiologie interessiert. Es besteht die Erwartung durch gezielte Prävention eine Reduktion des Krankenstandes bewirken zu können.

Im entwickelten APMS werden Mitarbeiter fest ihren Arbeitsplätzen bzw. ihren Gruppen zugeordnet und historisiert. Für jede einzelne Belastung sowie über das Kategorienmodell können Mitarbeiter gruppiert werden und auf Häufungen von Erkrankungen spezifiziert nach Diagnosen untersucht werden. Die gestellten Anforderungen werden somit durch das APMS vollständig erfüllt.

Als einen entscheidenden Faktor für die Entwicklung des Gesundheitsstandes der Belegschaft wurde der demographische Wandel identifiziert, dessen Auswirkungen im folgenden Kapitel diskutiert werden.

4.3.2 Demographischer Wandel

Das Kapitel zum demographischen Wandel stellt die prognostizierte Entwicklung der Altersstruktur speziell für die Volkswagen-Belegschaft dar. Auf Grundlage der aktuellen Prognosen wird zudem eine Kostenabschätzung diskutiert.

Der demografische Wandel führt in den nächsten Jahrzehnten allgemein zu einem höheren Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung [St06]. Um die Rentenzahlungen nicht weiter explodieren zu lassen, hat der Gesetzgeber das Renteneinstiegsalter auf 67 erhöht. Das offizielle Renteneintrittsalter entspricht allerdings nur selten dem tatsächlichen Renteneintrittsalter. Um die Menschen auch tatsächlich länger im Arbeitsleben zu halten, schränkt der Gesetzgeber zunehmend Möglichkeiten zum Vorruhestand ein, die bisher sogar bezuschusst wurden. Auf diese Weise werden Unternehmen mit einem stetig wachsenden Anteil älterer Arbeitnehmer konfrontiert.

Für Volkswagen trifft diese Entwicklung besonders stark zu. Einstellungswellen in den 80er Jahre in Verbindung mit einem anschließenden Einstellungsstopp haben zu einem überdurchschnittlich hohen Anteil der heute 40-50-jährigen geführt (vgl. Abbildung 41).

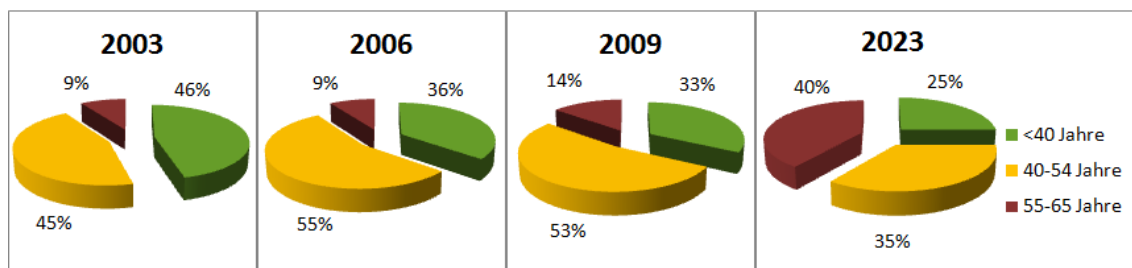


Abbildung 41. Hochrechnung der Altersstruktur der Belegschaft des Volkswagenwerks Kassel auf Basis des Jahres 2003

Diese „Welle“ rollt weiter und wird direkt von den verschärften Regelungen zur Alterszeit betroffen. Nach aktuellen Prognosen wird der Anteil der über 60-jährigen in 15 Jahren bei ca. 40% der Belegschaft liegen.

Diese dramatische Entwicklung ist im produzierenden Gewerbe folgenreich. Mitarbeiter im Alter von über 60 Jahren weisen einen erhöhten Anteil gesundheitlicher Probleme auf, die bei vielen Arbeitsplätzen zu Einsatzproblemen führen. Insbesondere die Muskel-Skelett-Erkrankungen sowie die Schichteinschränkung nehmen deutlich zu und führen zu entsprechenden Tätigkeitseinschränkungen (vgl. Abbildung 42).

Die finanziellen Folgen des demografischen Wandels werden derzeit in mehreren Studien analysiert. Das folgende Szenario ist denkbar:

Aktuell arbeiten rund 13.000 Mitarbeiter bei Volkswagen in Kassel. Die Einschränkungen im Alter sind hauptsächlich im Bereich der Muskel/Skelett sowie der Schichteinschränkungen. Es macht deshalb Sinn, nur den Produktionsbereich zu betrachten. Von den 13.000 Mitarbeitern arbeiten über 8.000 im Leistungslohn, also im direkten Bereich der Produktion. Im Jahr 2023 sind 40% (siehe Abbildung 41), also 3.200 Mitarbeiter mindestens 55 Jahre alt. Abbildung 42 zeigt das Vorkommen von Tätigkeitseinschränkungen in Abhängigkeit vom Alter und eine Untergliederung dieser Einschränkungen nach Relevanz für die Produktion. Etwa 40% der 60 Jahre alten Mitarbeiter sind in ihrer Tätigkeit eingeschränkt. Bei ca. 28% sind die Einschränkungen für die Produktion bedeutend, so dass ein geeigneter Arbeitsplatz gesucht werden muss. Für ca. 13% kann ein solcher geeigneter Arbeitsplatz nicht gefunden werden, so dass ihre Produktivität eingeschränkt ist.

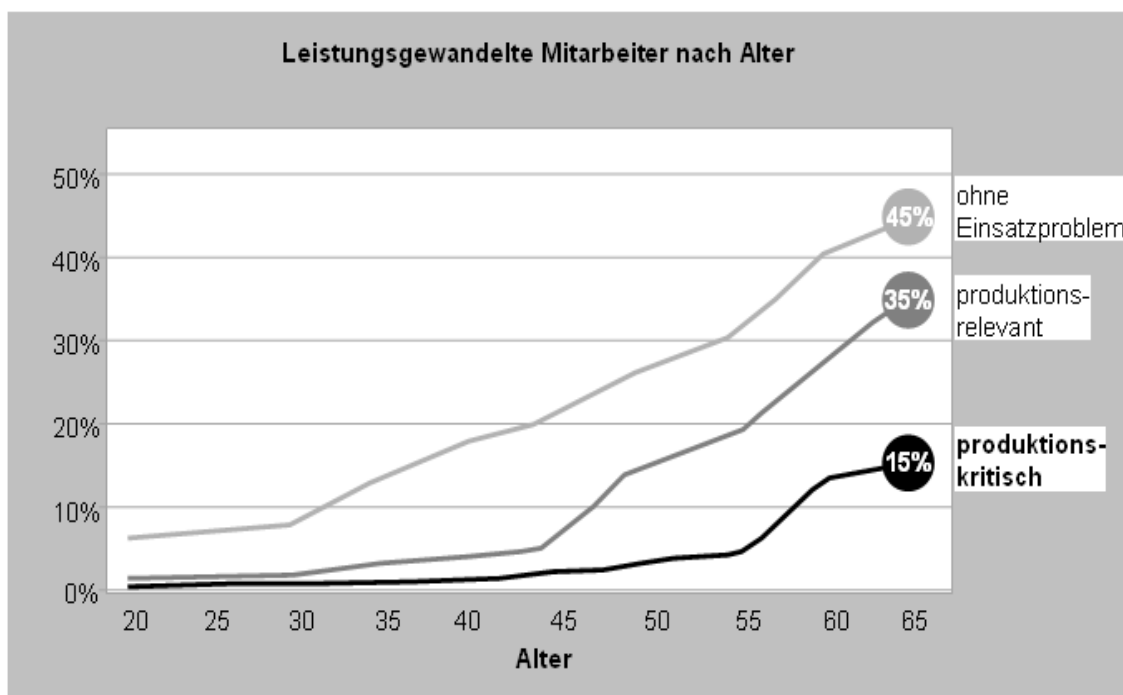


Abbildung 42. Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen nach Alter

Die Grafik zeigt auch, dass die Zunahme der Einschränkungen ab dem Alter von knapp 60 flacher ausfällt, besonders bei den produktionskritischen Einschränkungen. Dieser Knick lässt sich durch die bisherige Möglichkeit eines vorzeitigen Ruhestands erklären: Mitarbeiter mit schweren körperlichen Einschränkungen nutzen die Möglichkeit der Altersteilzeit. In Zukunft werden solche Sozialregelungen aufgrund gesetzlicher Änderungen nicht mehr möglich sein, so dass ein gleichmäßiger Kurvenverlauf angenommen werden kann.

Von den 3.200 Mitarbeitern, die nach dem Szenario im Jahr 2023 mindestens 55 Jahre alt sind und im direkten Bereich der Produktion arbeiten, hätten nach Begründung des Kurvenanstiegs aus Abbildung 42 ca. 500 Mitarbeiter produktionskritische Tätigkeitseinschränkungen. Bei einem angenommenen Produktivitätsverlust von 35% würden für das Volkswagenwerk Kassel Kosten von über 10 Millionen Euro entstehen. Eine ge-

naue Kostenabschätzung wird derzeit im Rahmen eines DFG-Projekts¹⁵ in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitswissenschaften der Universität Kassel durchgeführt.

Das entwickelte APMS erfüllt die Anforderungen an das geforderte Instrument zur Hilfestellung beim Personaleinsatz. Durch die übersichtliche Darstellung des möglichen Arbeitseinsatzes für Mitarbeiter mit Tätigkeitseinschränkungen auf unterschiedlichen Hierarchiestufen wird das Auffinden eines geeigneten Arbeitsplatzes erheblich vereinfacht. Die historisierte Zuordnung von Mitarbeitern macht zudem transparent, welche Mitarbeiter bisher an einem identifizierten Arbeitsplatz arbeiteten und ob diese ebenfalls über produktionskritische Tätigkeitseinschränkungen verfügen.

Die Problemstellung des demographischen Wandels findet sich auch im aktuellen Tarifvertrag der Volkswagen AG wieder. Die entsprechenden Ausschnitte werden im folgenden Kapitel beschrieben.

4.3.3 Tarifvertrag

Die grundlegende Positionierung von Volkswagen wird durch Vorgaben und Ziele in Tarifverträgen geregelt.

Im Tarifvertrag vom 13.11.2007 wurde im Abschnitt 2.2 zu ergonomischen Aspekten die „frühzeitige ergonomische Gestaltung von Arbeitsprozessen, Arbeitsbedingungen und Produkten“ als Voraussetzung für die Bewältigung des demographischen Wandels festgelegt.

In Abschnitt 2.3 zur Gesundheits- und altersngerechten Beschäftigung wurde im Tarifvertrag die Zielsetzung einer „systematischen Integration von arbeits- bzw. leistungseingeschränkten Beschäftigten“ vorgegeben.

Das entwickelte APMS sieht die ergonomische Analyse aller Arbeitsplätze vor. In der Konzernversion ist diese Analyse bereits 18 Montage vor Produktionsstart durchzuführen. Die transparente Darstellung geeigneter Arbeitsplätze für Mitarbeiter mit (mehrfachen) Tätigkeitseinschränkungen im APMS unterstützt die Integration von arbeits- und leistungseingeschränkten Mitarbeitern erheblich. Das APMS setzt damit die oben dargestellten Teile des Tarifvertrags um.

Neben betrieblichen Regelungen wurden die gesetzlichen Vorgaben zur Dokumentationspflicht für Arbeitsinhalte mehrfach verschärft. Diese Entwicklung wird im folgenden Kapitel diskutiert.

4.3.4 Gesetzesentwicklung

Die gesetzliche Situation in Bezug auf die Gefährdungsanalyse hat sich seit den 90er Jahren kontinuierlich verschärft. Hierbei existieren gesetzliche Vorgaben, die Industriebetriebe zur Dokumentation aller arbeitsplatzspezifischen Belastungen verpflichten.

¹⁵ „Altersdifferenzierte Arbeitssysteme“, Leitung: Prof. Dr. M. Weissenberger-Eibl, Universität Kassel

Arbeitgeber sind gesetzlich verpflichtet, Auskunft über die Belastungssituation von Mitarbeitern an ihren Arbeitsplätzen zu geben. Solche Anfragen kommen z.B. bei Berufskrankheitenverfahren zustande. Wenn ein aktiver oder ehemaliger Mitarbeiter schwer erkrankt, kann es zu einer Untersuchung durch die Berufsgenossenschaft kommen, ob die Erkrankung eine Folge von Belastungen am Arbeitsplatz ist. Es wird eine Anfrage nach den genauen Arbeitsumständen und Arbeitsabläufen für den Mitarbeiter an Volkswagen gestellt. Solche Anfragen beziehen sich nicht selten auf einen Arbeitszeitraum, der bereits 20 Jahre zurück liegt. Aufgrund fehlender Dokumentationen wird eine aufwändige Recherche nach dem damaligen Einsatzort und betrieblichen Vorgesetzten gestartet, um über Befragungen die Belastungssituation zu klären.

Die Analyse von Belastungen am Arbeitsplatz, die den Einsatz von Mitarbeitern mit entsprechenden Tätigkeitseinschränkungen ausschließt, umfasst insbesondere mit der ergonomischen Analyse einen großen Teil der nach aktueller Gesetzgebung vorgeschriebenen Gefährdungsanalyse. Um diese vollständig zu erfüllen, wurden weitere Teile in die Analyse aufgenommen:

Die Sicherheitschemie untersucht den Umgang mit Gefahrstoffen, führt Messungen durch, schreibt Betriebsanweisungen etc. Um diese Daten Nutzen zu können, werden die Analyseobjekte so gestaltet, dass eine Verknüpfung der Systeme möglich wird. Hierbei wird zwischen Maschinenmessungen und Bereichsmessungen unterschieden.

Die Arbeitssicherheit hat ein umfangreiches sicherheitstechnisches Nachschlagewerk entwickelt. Betriebliche Vorgesetzte sind angehalten, Mitarbeiter mit diesen „Anweisungen zum Arbeitsschutz“ zu schulen. Um hier eine Verknüpfung herzustellen, werden jedem Analyseobjekt die betroffenen Dokumente im Zuge der Analyse zugeordnet.

Im APMS wird die Gefährdungsanalyse aller Arbeitsplätze erfasst und gepflegt. Durch die historisierte Zuordnung der Mitarbeiter entsteht für jeden Mitarbeiter ein Belastungskataster, das für Recherchen verwendet werden kann. Das APMS erfüllt somit die gesetzlichen Auflagen zur Beurteilung arbeitsspezifischer Belastungen.

Nachdem die Validierung des APMS bezüglich der gestellten Anforderungen beschrieben wurde, wird im nächsten Kapitel darüber hinaus die Übertragbarkeit der entwickelten Konzepte diskutiert. Zudem wird ein Ausblick auf den weiteren Projektverlauf und die anstehende Forschung gegeben.

4.4 Ausblick

Das Projekt zur Entwicklung des APMS ist mit Abschluss dieser Arbeit nicht beendet. Kapitel 4.4.2 gibt einen Ausblick auf den weiteren geplanten Verlauf in Bezug auf die realisierte Anwendung. Zum Abschluss werden die erweiternden Forschungsmöglichkeiten im Bereich der Informatik, aber auch im Bereich der anderen beteiligten Disziplinen gegeben.

4.4.1 Übertragbarkeit

Die entwickelte Anwendung erfüllt die Anforderungen nicht nur für Volkswagen. Die grundlegenden abstrahierbaren Konzepte dieser Arbeit sind zum einen das dynamische, rekursive Kategorienmodell zur Realisierung einer aufwandsreduzierten Pflege von Produktionsstrukturen. Zum anderen wurde mit dem APMS das erste System zur Verknüpfung von Personaldaten mit Produktionsdaten unter Berücksichtigung von Gesundheits- und Belastungsaspekten geschaffen.

Die Problematik des Personaleinsatzes vor dem Hintergrund des demographischen Wandels besteht nicht nur bei Volkswagen. Das bedeutet, dass auch der Bedarf zur strukturierten Erfassung von Arbeitsinhalten sowie deren insbesondere ergonomische Analyse auch in anderen Unternehmen zur Anwendung kommen können. Anfragen seitens der IG Metall zur Erstellung eines an Mitglieder verteilbaren Analysetools belegen dies.

Als Ergebnis dieser Arbeit kann in weiteren Projekten der ganzheitliche Ansatz in Bezug auf beteiligte Disziplinen insbesondere für die Entwicklung einheitlicher Schlüssel verwendet werden.

4.4.2 Weiterer Projektverlauf

Das APMS entstand durch die Projektinitiative des Volkswagenwerks Kassel unter Leitung des Gesundheitswesens und Personalwesens mit Unterstützung des Betriebsrats. Mit fortschreitender Funktionalität wurde das System in diversen Präsentationen anderen Werken vorgestellt. Im Oktober 2007 entschied ein durch den Konzern-Personalvorstand beauftragter Steuerkreis die Umsetzung des APMS in Konzern-Systemen.

Die Entwicklung des Konzernmoduls wurde in drei Stufen für die Jahre 2008, 2009 und 2010 geplant und begonnen. Bis zur vollständigen Umsetzung wird in Kassel weiterhin der entwickelte Prototyp verwendet. Andere Werke sind aufgefordert den Prototyp zu testen, um ggf. noch Verbesserungsvorschläge einzubringen.

Aktuell wurde die Nutzung des Systems in die Betriebsvereinbarung als Instrument zur Gesundheitsförderung im Werk Kassel aufgenommen.

Wie beschrieben wird Volkswagen die entwickelten Konzepte des APMS in der täglichen Arbeit anwenden. Sie lassen sich aber auch auf andere Unternehmen / Bereiche übertragen (vgl. Kapitel 4.4.1).

Das folgende Kapitel geht auf mögliche Erweiterungen ein.

4.4.3 Weiterführende Arbeiten im Bereich der Informatik

Das APMS lässt sich EDV-technisch in vielen Punkten weiter entwickeln. Insbesondere im Bereich der Kategorisierung und bei den Auswertungen gibt es sehr gute Ausgangspositionen für die weitere Forschung.

Automatisierung der Kategorisierung

Die Unterstützung der Produktionsstrukturierung mit dem dynamischen, rekursiven Kategorienmodell erfordert bislang einen hohen Schulungsaufwand für die Analysten. Durch intelligente Automatismen könnten die Nutzung von vorhandenen Kategorien und die Erstellung von neuen Kategorien anstelle des Kopierens vorhandener Auswertungen unterstützt werden. Es ist denkbar auf, dass z.B. zum Abschluss einer Analyse die Zuordnung von Kategorien durch den internen Abgleich von Patterns vorgeschlagen wird oder dass durch Datenanalysen wiederkehrende Patterns erkannt und zur Bildung neuer Kategorien vorgeschlagen werden.

Übertragung von Verbesserungen

Der Produktionsbereich unterliegt dem ständigen Bestreben zur Prozessoptimierung. Häufig können Verbesserungen an einem Prozess auf andere Prozesse übertragen werden. Das Kategorienmodell bietet hierfür eine Grundlage. Bei Verbesserungen an einem Arbeitsplatz könnte eine Aufforderung erfolgen, die Umsetzung dieser Verbesserung auch an Objekten der gleichen Kategorie durchzuführen. Hier ist auch die Anwendung von Fuzzy Logics denkbar, um den Umfang vorgeschlagener Objekte zur Übertragung zu vergrößern.

Auswertungen

Das APMS bietet bislang Auswertungsmöglichkeiten für die Ist-Situation, bereits vorgesehen sind Historiensichten als Expositionsakten für Mitarbeiter. Darüber hinaus entsteht durch das APMS mit der Zeit eine mächtige Datenbasis für Auswertungen in alle Richtungen. Über Data Mining-Algorithmen könnte z.B. versucht werden, einen Zusammenhang von Belastungsgruppierungen und dem Auftreten von Tätigkeitseinschränkungen zu finden.

Neben den typischen Hypothesen der Arbeitswissenschaften könnten so ggf. auch neue Forschungsansätze für andere Disziplinen entstehen. Die Forschungsmöglichkeiten anderer Disziplinen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

Web 2.0

Die Pflege der Daten im APMS wird derzeit von Analysten und Planern durchgeführt. Es ist denkbar, dass die Pflébarkeit z.B. in Form von Wikis oder Annotationen auf die Anwender ausgeweitet wird. So könnten sich z.B. Prozessoptimierungen auch unabhängig von Belastungen verbreiten und eine Plattform zum Informationsaustausch entstehen.

Das System könnte eine Plattform im Sinne des Social Web für die Mitarbeiter selbst integrieren. Der direkte Austausch vor dem Hintergrund ähnlicher Arbeitsverhältnisse könnte den Umgang mit Belastungssituation z.B. durch kürzere Rotationszyklen positiv beeinflussen.

Nach der Darstellung möglicher Entwicklungen im Bereich der Informatik wird im folgenden Kapitel auf den Forschungsbedarf in anderen Disziplinen eingegangen.

4.4.4 Weiterführende Arbeiten in anderen Disziplinen

Gegenstand der aktuellen Forschung der Arbeitswissenschaften ist unter anderem die Entwicklung von Screening-Verfahren, die eine effektive und dennoch effiziente Analyse von Arbeitsinhalten zulassen. Im Bereich der ergonomischen Analyse sind hier bereits große Fortschritte zu verzeichnen. Allerdings gibt es weitere Bereiche wie psychische Belastungen und die Qualifikation, die insbesondere vor dem Hintergrund des möglichen Abgleichs zwischen Personal und Produktion erforscht werden sollten.

Altersspezifisches Einschränkungprofil

Der Abgleich der Gesundheitsdaten der Mitarbeiter mit den Belastungsdaten der Arbeitsplätze bezieht sich bislang auf alle Tätigkeitseinschränkungen. Bislang wird z.B. für das Heben und Tragen lediglich nach Geschlecht weiter differenziert. Hier könnte zusätzlich ein altersspezifisches Einschränkungprofil erarbeitet werden. Denkbar ist z.B., den Übergangswert von grün auf rot bei Leitmerkmalmethoden in Abhängigkeit zum Alter zu setzen.

Psychische Belastungen

Fehltage aufgrund psychischer und psychosomatischer Krankheitsbilder nehmen stetig zu¹⁶. Eine Untersuchung des Zusammenhangs mit spezifischen psychischen Belastungen ist hier angebracht.

Die Psychologie hat eine ganze Reihe von Fragebögen entwickelt, die psychische Beanspruchung messen können. Der Begriff der Beanspruchung zeigt das wesentliche Problem der Einbindung psychischer Belastungen in die Analyse von Arbeitsinhalten:

Die Beanspruchung ist die subjektive Auswirkung einer Belastung, abhängig von den Eigenschaften und Fähigkeiten eines Menschen [FS99, Seite 193].

Psychische Belastungen selbst sind bislang nur sehr schwer bzw. mit enormem Aufwand messbar. Nur ein Bruchteil ist durch einfache Beobachtungen feststellbar. Hierzu gehört z.B. die Untersuchung repetitiver Tätigkeiten. Ein Forschungsansatz für die Messung eines größeren Anteils der psychischen Belastungen könnte wie folgt aussehen:

Durch Fragebögen werden die psychischen Beanspruchungen der Mitarbeiter aller Arbeitsplätze aufgenommen. Über einen längeren Zeitraum könnte man versuchen, einen objektiven Charakter der gemessenen Beanspruchung durch die Beurteilung der gleichen Arbeitsinhalte durch Aggregation der Angaben einer Vielzahl von Mitarbeitern zu abstrahieren.

Eine Gefahr systematischer Verfälschung entsteht durch die Konfundierung durch interpersonelle psychische Belastungen. Besonders erschwerend für die Erforschung dieser Zusammenhänge kommt nach meiner Einschätzung hinzu, dass eine Veröffent-

¹⁶ Die Zunahme von Ausfalltagen am Arbeitsplatz (AU-Tage) aufgrund psychischer Erkrankungen wird in diversen Krankenkassenstatistiken belegt, z.B. [PA02]. Der interne Gesundheitsbericht des Volkswagenwerks in Kassel zeigt die gleiche Tendenz.

lichung mit hoher Wahrscheinlichkeit aus betriebsinternen politischen Gründen nicht erwünscht ist.

Abgesehen von der Messung psychologischer Belastungen durch Arbeitsinhalte gibt es bislang keine einheitliche Beurteilung der psychischen Belastbarkeit von Mitarbeitern. Für einen Abgleich müsste dieser entwickelt werden.

Qualifikation

Ein wichtiger Abgleich, der im derzeitigen APMS noch nicht berücksichtigt wird, sind Qualifikationen. Für Arbeitsinhalte könnten Anforderungsprofile erstellt werden, um diese mit den Qualifikationen von Mitarbeitern abzugleichen. Für die Integration des qualifikatorischen Abgleichs könnte das Kategorienmodell genutzt werden. So ist es denkbar, den historisierten bisherigen Arbeitseinsatz von Mitarbeitern als Qualifikation im Sinne von Erfahrung zu berücksichtigen.

Auswertungen

Mit dem APMS wurde die Grundlage zur Schaffung einer mächtigen Datenbasis entwickelt. Die Speicherung des Belastungskatasters für alle Arbeitsplätze sowie die Speicherung des zugehörigen Personaleinsatzes erschaffen eine Datenbasis, die die Forschungsmöglichkeiten im Bereich der epidemiologischen Forschung grundlegend verbessert. Der Nutzen dieser Forschungsmöglichkeiten wird sich im Wesentlichen durch die Analyse der Daten in einigen Jahren ergeben.

Die Nutzung der entstehenden Datenbasis stellt einen interdisziplinären Forschungsansatz dar. Im Bereich der Informatik können z.B. Data Mining-Algorithmen entwickelt werden, die Regelmäßigkeiten feststellen (vgl. vorheriges Kapitel) und deren Ergebnis im Anschluss seitens der Arbeitswissenschaften und Arbeitsmedizin ausgewertet werden.

5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Modellierung und Realisierung eines Arbeitsplatzmanagementsystems in der Automobilproduktion beschrieben. Die Bereiche Personal und Produktion boten zuvor zueinander inkompatible Sichten auf die gemeinsame Ontologie. Das System führt den Abgleich von Informationen zweier Systemwelten mit einer gemeinsamen, übergeordneten Ontologie durch.

Der konkrete Abgleich bezieht sich im Kern auf die Informationen der Belastungen an Arbeitsplätzen auf der Seite der Produktion und der Tätigkeitseinschränkungen von Mitarbeitern auf der Seite des Personals.

Nach Durchführung einer Analyse vorhandener Systeme wurden Informationen integriert und prototypisch alle Module entwickelt, die zusätzlich zur Informationsgewinnung für den Abgleich benötigt werden. Für die Realisierung von Produktionsanalysen wurde die Produktionsstruktur auf Analyseobjekte generalisiert. Durch die Schaffung eines dynamischen, rekursiven Kategorienmodells wurde der Aufwand der Produktionsanalysen durch die Redundanzvermeidung auf ein realisierbares Maß verringert. Die Produktionsanalysen wurden bis jetzt für über 50% der Arbeitsplätze des Volkswagenwerks Kassel durchgeführt.

Die entwickelten Konzepte wurden zum Standard für die Volkswagen AG erklärt und werden derzeit auf Basis des Prototyps in die Volkswagen-Systemlandschaft integriert. Der Prototyp selbst wird neben dem Ausgangswerk Kassel in drei weiteren Werken des Volkswagen-Konzerns genutzt.

Die Arbeit beinhaltet Aspekte mehrerer Disziplinen. Neben Informatik, Wirtschaftsingenieurwesen und Wirtschaftsinformatik sind insbesondere die Arbeitswissenschaften betroffen. Die Analyse vorhandener Tools für die Arbeitsplatzanalyse sowie die Integration in Zusammenarbeit mit z.B. der Bundesagentur für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sind ebenfalls Teil dieser Arbeit.

Die Forschungen im Bereich der Arbeitswissenschaften sowie im Bereich der Medizin finden aktuell unabhängig voneinander statt. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Brücke gebaut, die die Zusammenführung ermöglicht.

6 Literaturverzeichnis

- AP09 Intranet Website des Volkswagenkonzerns: <http://arbeitsplan>
- Ba98 Balzert, H.: *Lehrbuch der Software-Technik*. Spektrum, Akademischer Verlag, 1998.
- Bu07 Bubb, H.: *Ergonomische Arbeitsbewertung*. In Schäfer, E.; Buch, M.; Pahls, I.; Pfitzmann, J.: *Arbeitsleben!* pp. 152-177. kassel university press, 2007.
- BL06 Bokranz, R.; Landau, K.: *MTM-Handbuch*. Schäfer-Poeschel, 2006.
- BMR00 Biethahn, J.; Muksch, H.; Ruf, W.: *Ganzheitliches Informationsmanagement*. Oldenbourg, 2000.
- Ba04 Bayer, J.; Eisenbarth, M.; Lehner, T.; Puhmann, F.; Richter, E.; Schnieders, A.; Weiland, J.: *Domain Engineering Techniques and Process Modeling*. Fraunhofer IESE-Report No. 123.06/E, 2004.
- CSL99 Caffier, G.; Steinberg, U.; Liebers, F.: *Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen*. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Fb 850, Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wirtschaft GmbH, 1999.
- Du05 Dubian, C.: *Entwurf und Implementierung eines Informationssystems zu Arbeitsplatzprofilen nach Aspekten des Gesundheitsschutzes*. Universität Göttingen, Diplomarbeit, 2005
- DM07 Dubian, C.; May, W.: *Design and Usage of an IT-System for Workplace Management with Ergonomic Analysis under Health Protection Aspects*. In: Reichert, M.; Strecker, S.; Turowski, K.: *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, pp. 163-176. GI LNI 119, 2007.
- Ec95 Eckerson, W.: *Three Tier Client / Server Architecture: achieving scalability, performance, and efficiency in client server applications*. In: *Journal of Open Information Systems*. Volume 10, 1995.
- FI08 Florentz, B.: *Software and System Architecture Evaluation and Analysis in the Automotive Domain*. Braunschweig, Tech. Univ., Diss, 2008.
- FHH02 Frölich, U.; Heiden, A.; Heydemann, T.: *IT-Projektmanagement*. Mitp-Verlag, 2002.
- FS99 Frieling, E.; Sonntag, K.: *Lehrbuch für Arbeitspsychologie*. Verlag Hans Huber, 1999.

- KP03 Kittner, M.; Pieper, R.: *Arbeitsschutzgesetz: Basiskommentar mit Betriebs-sicherheitsverordnung*. Bund-Verlag, 2003.
- La04 Landau, K.: *Montageprozesse gestalten*. ergonomia Verlag, 2004.
- Nö07 Nöring, R.; Becker, H-H.; Deiwiks, J.; Dubian, C.; Sigi, T.; Stork, J.; Stumpf, J.: *Bis 67 mit Wohlbefinden arbeiten?* In: Schäfer, E.; Buch, M.; Pahls, I.; Pfitzmann, J.: *Arbeitsleben!* pp. 108-132. kassel university press, 2007.
- PA02 Website: http://www.psychiatrie-aktuell.de//news/detail_furlInter.jhtml?itemname=news_1241
- SCS03 Spenle, M.; Czichowski, B.; Steinhoff, S.: *Windows Sicherheit*. Data Becker, 2003.
- SS05 Salzmann, C.; Stauner, T.: *Automotive Software Engineering*. In: Grimm, C.: *Languages for System Specification*, pp 333-347. Kluwer Academic Publisher, 2004.
- St06 Statistisches Bundesamt Gruppe VI A: *11. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Statistisches Bundesamt, 2006
- TC05 Website:
https://www.dmtm.com/produkte/software/ticon_modul_ergo.php
- Tr08 Trang, S.: *Entwurf und Implementierung einer Matching-Komponente zur Personalzuordnung in einem Arbeitsplatzverwaltungssystem*. Universität Göttingen, Bachelor Arbeit, 2008.
- TRS04 Townsend, J.J.; Riz, D.; Schaffer, D.: *Building Portals, Intranets, and Corporate Web Sites Using Microsoft Servers*. Addison-Wesley, 2004.
- UK95 Uschold, M.; King, M.; Moralee, S.; Zorgios, Y.: *Towards a framework for enterprise modelling and integration*.
<http://www.aiai.ed.ac.uk/~entprise/enterprise/ontology.html>, 1995
- We02 Weyer, C.: *XML Web Service-Anwendungen mit Microsoft .NET*. Addison-Wesley, 2002.