



3.1. Allgemeine Angaben zum Teilprojekt C05

3.1.1 Titel: Modellgestützte Methode zur Bewertung der Lösungsverfahren in Planung und Realisierung insbesondere unter thermo-energetischen, qualitativen und wirtschaftlichen Aspekten (Bewertung)

3.1.2 Fachklassifizierung:

- 112-04 Betriebswirtschaftslehre
- 409-03 Betriebs-, Kommunikations- und Informationssysteme
- 402-01 Konstruktion, Maschinenelemente

3.1.3 Projektleitung

Geburtsdatum: 17.12.1955
Nationalität: deutsch
Dienstschrift: Technische Universität Dresden
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung
01062 Dresden
Telefon: +49 351 463 37671
E-Mail: werner.esswein@tu-dresden.de

Geburtsdatum: 07.12.1966
Nationalität: deutsch
Dienstschrift: Technische Universität Dresden
Fakultät für Maschinenwesen
Institut für Mechatronischen Maschinenbau
01062 Dresden
Telefon: +49 351 463 32004
E-Mail: hajo.wiemer@tu-dresden.de

Die Anstellung der Teilprojektleitung an der oben jeweils genannten Einrichtung ist für die Dauer der beantragten Förderperiode arbeitsvertraglich gesichert: Nein

Ist die Stelle einer oder mehrerer der oben genannten Personen befristet? Ja

Name der befristet beschäftigten Person: Dr.-Ing. Wiemer

Befristung bis / Vertragsende am: 30.04.2019

Die Finanzierung der Teilprojektleitung an der oben jeweils genannten Einrichtung erfolgt als Grundausrüstung (Landesmittel oder vergleichbare Mittel): Ja

Hinweis: Prof. Esswein wird zum September 2021 in Ruhestand gehen und plant, als Seniorprofessur weiter an der TU Dresden zu bleiben. Die Beantragung der Seniorprofessur kann jedoch erst im Jahr 2020 erfolgen, sodass derzeit keine gesicherte Aussage über den Verbleib von Prof. Esswein innerhalb des SFB/TR-96 getroffen werden kann.

3.1.4 Angaben zu forschungsrechtlichen Belangen

In diesem Teilprojekt sind geplant

1. Untersuchungen am Menschen oder an menschlichem Material.	nein
2. klinische Studien.	nein
3. Versuche mit Wirbeltieren.	nein
4. gentechnische Untersuchungen.	nein

Commented [TA1]: Der Antrag baut logisch auf und es ergibt sich ein roter Faden. Dennoch befindet man sich immer auf einem sehr hohen Abstraktionslevel. Es fehlt dem Leser an konkreten Beispielen, einer unmittelbaren Veranschaulichung der Vorgehensweise aber auch des Ergebnisses. Das wäre sehr hilfreich und würde die Qualität weiter steigern.

Commented [TA2]: Ist es strategisch sinnvoll zwei Antragsteller zu nennen, die beide nicht sicher bis zum Ende der 3. SFB-Phase Teil einer Forschungseinrichtung sind?



5.	Untersuchungen an humanen embryonalen Stammzellen.	nein
6.	Untersuchungen betreffend Übereinkommen über die biologische Vielfalt.	nein
7.	Untersuchungen mit möglichen sicherheitsrelevanten Aspekten im Rahmen von <i>dual-use research of concern</i>	nein

3.2 Zusammenfassung

Die im SFB/TR 96 verfolgten Verfahren zur Korrektur bzw. Kompensation thermisch bedingter Bearbeitungsfehler (kurz: Lösungsverfahren) wurden bisher vornehmlich isoliert an Maschinenkomponenten (Integrationsobjekten) und unter spezifischen Lastfällen untersucht. Für die Protokollierung dieser Untersuchungen und deren Aufbereitung für eine anwendungsfallsspezifische Aufwands-Nutzen-Bewertung entwickelte C05 erforderliche Methoden und stellte diese im Dokumentations- und Assistenzsystem DOCASYS (Wizard) bereit. Der Entwicklungsstand von DOCASYS umfasst die Module „Domain Manager“ (zur Beschreibung der Lösungsverfahren mit ihren Funktionen der WZM und der Produktionsperipherie und deren bewertungsrelevanten Eigenschaften), „Solution Overview“ (zur Dokumentation der Untersuchungen am Lösungsverfahren) und „Projektfiler“ (zum Suchen nach einzelnen Lösungen). Als Basis des Domänenmodells wurde die Bewertungsmethode hinsichtlich der Kopplung von Anwendungsfällen und Lastfällen weiterentwickelt. DOCASYS wurde schließlich genutzt, um die Lösungsverfahren der Teilprojekte zu dokumentieren und deren Aufwand und Wirksamkeit insbesondere an den Integrationsobjekten zu erfassen. Zum Nachweis der Wirksamkeit der Lösungsverfahren in der Gesamtmaschine wurde die auf einem Testwerkstück basierende Methode, welche die Geometrie und den Bearbeitungsprozess des Testwerkstücks, den Erwärmungsprozess der Maschine sowie die Mess- und Auswertemethoden umfasst, weiterentwickelt. In Phase 2 fokussierte die Methodenentwicklung auf deren Absicherung und Bewertung gegenüber alternativer Nachweismethoden sowie auf der Herstellung der Reproduzierbarkeit. Damit sind die Informationsbasis für die Beschreibung und Bewertung der Lösungsverfahren sowie die Nachweismethode geschaffen, die in Phase 3 auf die finalen Untersuchungen auf den Demonstratoren unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen angewendet und zu einem Empfehlungssystem weiterentwickelt werden.

Mit den Untersuchungen unter Betriebsbedingungen rücken die Bewertungsmethoden in Phase 3 in den Fokus der produktionsnahen Anwendungen, die bei den Erprobungen der Lösungsverfahren nachgebildet werden sollen. C05 erarbeitet deshalb adäquate praktikable Lastfälle aus den Referenz-Anwendungsfällen „Werkstattfertigung“, „Serienfertigung“ und „Hochpräzisionsfertigung“, ordnet geeignete Nachweismethoden zu und gibt diese für die experimentellen und simulativen Untersuchungen in den Teilprojekten vor, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und den Bezug zu den Anwendungsfällen herstellen zu können.

Vor dem Hintergrund der Hochpräzisionsfertigung werden Werkzeugmaschinen mit möglichst geringem thermisch bedingten Bearbeitungsfehler benötigt. Um dies erreichen und Alternativlösungen identifizieren zu können, werden in C05 die Potenziale und Möglichkeiten der Kombination von Lösungsverfahren analysiert und in die Bewertung einbezogen. - Die bisherige Bewertung betrachtete Aufwand und Wirksamkeit der Lösungsverfahren einzeln.

Im Zusammenhang mit der Betriebsanwendung untersucht C05, wie sich die Wirksamkeit der Lösungsverfahren über lange Zeit entwickelt und ob Anpassungen oder Wartungen erforderlich werden, um derartige Aufwände in die Bewertung einbeziehen zu können. Des Weiteren entwickelt C05 ein aktives Feedback-Management, um den Aufwand bei der Anwendung der Lösungsverfahren in der Betriebsphase erfassen und schließlich mittels geeigneter Maßnahmen senken zu können.

Für die o.g. Anwendungsfälle wird das in Phase 2 entwickelte DOCASYS angewendet, dessen Daten- und Methodenschicht begleitend stetig verfeinert und ausgebaut wird. Ferner werden vor allem das Regel- und Empfehlungsmodule in DOCASYS entwickelt. So soll der bestehende Regeleditor hinsichtlich der Konfigurierbarkeit der Bewertungsregeln weiterentwickelt werden. Die Entwicklung des Empfehlungsmoduls konzentriert sich das Management von unscharfen Daten und die automatische Ermittlung von Alternativvorschlägen, wo für Fuzzy-Techniken angewendet werden sollen.

3.3 Bisherige Entwicklung des Teilprojekts

3.3.1 Bericht und Stand der Forschung

Die bereits erfolgten konzeptionellen Vorarbeiten zur Entwicklung einer Bewertungsmethode erfordern eine möglichst standardisierte und IT-gestützte Dokumentation, auf dessen Basis rigorose Bewertungsaussagen

Commented [TA3]: Nicht verständlich

Commented [hw4]: Was ist noch zu erwähnen?

Commented [TA5]: Reale??

Commented [hw6]: Bleibt es bei diesem Begriff?

Commented [TA7]: Ist von Seiten C05 das tatsächlich leistbar? Die einzelnen Teilprojekte bekommen eine möglichst einheitliche Vorgabe bzgl. der Nachweismethode für die Wirksamkeit ihre Lösung? Dies erfordert meiner Meinung nach ein äußerst umfangreiches Verständnis der technologischen Lösungen aller TP

Commented [hw8]: Bleibt es bei diesem Begriff?

Commented [hw9]: Lebenszyklusmanagements und Predictive Analysis

Commented [hw10]: Wollen wir das in der Reihenfolge der AP im Antrag ordnen?

AP 1: Technische Beurteilung der Wirksamkeit der Korrekturverfahren
 AP 2: Technische Beurteilung der Wirksamkeit der Kompensationsverfahren
 AP 3: Modellgestützte Operationalisierung der Kennzahlen zur Bewertung der Lösungsvarianten
 AP 4: Bewertungsverfahren und Empfehlungssystem
 AP 5: Assistenz- und Simulationssystem für Anwendung des Bewertungsverfahrens/Konfiguration
 AP 6: Analyse und Bewertung von Nutzen und Aufwand der Lösungsverfahren des SFB/TR 96



getroffen werden können. Die Arbeiten in Phase 2 fokussierten die Entwicklung der Bewertungsmethode sowie deren technische Umsetzung im Dokumentations- und Assistenzsystem (Wizard) DOCASYS. Im diesem Anwendungssystem werden Lösungsvarianten unter anderem hinsichtlich Wirksamkeit, Anwendung und Aufwand charakterisiert. Auch wird ihre Vernetzung innerhalb des SFB/TR 96 beschrieben und eine erste Bewertung in Hinblick auf konkrete Anwendungs- und Lastfälle an Integrationsobjekten vorgenommen. Bei dem in C05 entwickelten Testwerkstück wurde in Phase 2 der Einfluss von Fertigungs- und Vermessungsstrategien auf die Oberflächenqualität des Testwerkstückes analysiert. Der Aufwand und Nutzen bei der Fertigung von Testwerkstücken wurde mit denen anderer Nachweismethoden verglichen.

Ergebnis 1: Bewertungsmethode (AP-4)

Ein zentrales Ergebnis der Phase 2 ist die weiterentwickelte Bewertungsmethode, welche sich aus den Komponenten „Bewertungsdaten“ und „Bewertungsmetrik“ zusammenstellt.

Komponente „Bewertungsdaten“:

In dieser Komponente wird die Ist-Bewertung der Lösungsverfahren hinsichtlich der Bewertungsdimensionen Wirkung, Anwendungsfalleignung und Aufwand vorgenommen. Die Daten werden durch C05 auf Basis der Analysen von Korrektur- und Kompensationsverfahren erhoben. Als Strukturrahmen wird das Fachmodell verwendet (siehe Ergebnis 2), welches technisch im DOCASYS-System realisiert ist (siehe Ergebnis 3). Die einzelnen Bewertungsdimensionen werden wie folgt gebildet.

Wirkung: Diese Dimension adressiert das Ziel Genauigkeit und steht somit für die technische Nutzung einer Lösung. Die Wirkung wird experimentell anhand von Lösungsuntersuchungen über Lastfälle realisiert. Lastfälle sollen praktische Anwendungsfälle in einer Untersuchungsumgebung abbilden und die Lösungen somit einer realitätsnahen Prüfung unterziehen. Als Untersuchungsumgebung fungieren einzelne Versuchsstände oder Integrationsobjekte. Daran wird der Lastfall einmal ohne Applizierung der Lösung und einmal mit Applizierung der Lösung durchgeführt. Anhand der Änderung der gemessenen Zielparameter lässt sich der Wirkungsgrad hinsichtlich der Verbesserung der Genauigkeit schließen.

Anwendungsfalleignung: Die Dimension adressiert das Ziel Genauigkeit für einen bestimmten Anwendungsfall. Die Einschätzung erfolgt auf Basis der Interpretation der ermittelten Wirkungen einer Lösung zu Lastfällen, welche einen bestimmten Anwendungsfall repräsentieren. Es wird dabei ein sogenanntes Eignungsprofil definiert, welches die Eignung selber und die Graduierung der Eignung wiedergibt (siehe Fachmodell).

Aufwand: Während vorgenannte Dimensionen den Nutzen einer Lösung adressieren, beschreibt der Aufwand die materiellen, immateriellen und zeitlichen Aufwände, die mit der Anwendung einer Lösung einhergehen. Gemäß der hinterlegten Arbeitsschritte sowie der erforderlichen Ressourcen (z.B. Daten, Materialien, Software) wird für jede Lösung ein sogenannter Aufwandspfad gebildet. Dieser basiert auf die Verknüpfung von Arbeitsschritten und Ressourcen ggf. über Lösungsgrenzen hinweg und summiert somit alle Arbeitsschritte und Ressourcen. Zeitliche Angaben sind teilweise konkret beschrieben und Ressourcen werden abstrakt beschrieben. Eine wertseitige Einschätzung (z.B. in konkreten Preisen) findet hier nicht statt, da dieses anwendungsabhängig konfiguriert werden muss.

Komponente „Bewertungsmetrik“:

Die Hauptaufgabe der Bewertungsmetrik besteht darin, die in den Bewertungsdaten definierten Dimensionen zu integrieren und anwendungsfallspezifische Rangfolgen von geeigneten Lösungen zu erstellen. Es werden somit Lösungen in Relationen zu Anwendungsfällen gestellt. In Phase 2 wurde die Methode zu Umsetzung der Bewertungsmetrik in Anlehnung an die TOPSIS-Bewertungsmethode entwickelt. Das Vorgehen beschreibt sich wie folgt:

- 1) Festlegung der zu analysierenden Anwendungsfälle und Lösungen
- 2) Erstellung und Berechnung der Eignungsmatrix (ggf. Ausschluss durch KO-Kriterien)
- 3) Erstellung und Berechnung der Aufwandsmatrix
 - a. Jeweils Berechnung des Aufwandspfades
 - b. Unternehmensabhängiger Aufwand (z.B. fixe Zeitelemente)
 - c. Unternehmensabhängiger Aufwand (Standardwerte, wenn keine Daten vorliegen)
- 4) Integration der Matrizen
- 5) Ermittlung der finalen Rangfolge

Die Bewertungsmetrik greift auf entsprechend festgestellte Bewertungsdaten zu und analysiert diese. Die technische Umsetzung der Bewertungsmetrik findet im „Recommender“-Modul statt. Die Definition der Entscheidungsregeln für die Matrizendefinition findet derzeit direkt im Softwarecode statt.

Ergebnis 2: Multiperspektivisches Fachmodell der Domäne und Bewertungsmodell (AP-3)

Entsprechend des AP-4 des Arbeitsplanes lag ein Schwerpunkt der Arbeiten auf der Analyse und Konzeption des Fachmodells des Gegenstandsbereichs. Entsprechend des verfolgten Ansatzes des modellgestützten

Commented [TA11]: Das hört sich für mich an, als hätten wir sehr viele Lösungen und deren Varianten, die wir kaum überblicken und strukturieren müssten. Ist das wirklich so?

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Deleted:

Deleted: , welche nachfolgend einzeln besprochen werden.

Commented [TA12]: Was für Analysen? Praktisch od. theoretisch? Vor Ort? Zusammen mit dem TP-Leiter?

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Commented [TA13]: Eine universelle Quantifizierung von Aufwand ist doch gar nicht möglich, es können nur Arbeitsschritte od. notwendige Ressourcen beschrieben werden. Wie kann dann überhaupt eine objektive Vergleichbarkeit von Aufwänden einzelner Lösungswege erfolgen? Darüber hinaus hängt Aufwand auch immer von der Qualifizierung der Mitarbeiter und vorhandener Ressourcen ab, hier kann meiner Meinung nach keine objektive Bewertungsbasis erfolgen.

Formatted: Highlight

Commented [TA14]: umformulieren

Formatted: Highlight

Commented [TA15]: Ich kann mir darunter nichts vorstellen

Formatted: Highlight

Managements sollte das Fachmodell alle relevanten Konzepte des Problem- und Lösungsbereiches in einem zentralen, ganzheitlichen Fachmodell der Domäne erfassen [2]. Das Fachmodell beschreibt alle relevanten Konzepte als Klassen in einem Klassendiagramm der Unified Modeling Language (UML). Es werden dabei neben Attributen auch Strukturbeziehungen und domänenspezifische Datentypen anhand sogenannter Enumerationen abgebildet. Insgesamt wurden ca. 90 Klassen bzw. Enumerationen modelliert. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des Gesamtmodells.

Mit dem Gesamtmodell wurden verschiedene Ziele verfolgt. **Zuerst** soll es die konzeptuelle und sprachliche Grundlage für die Bewertungsmethode darstellen, denn nur was klar beschrieben werden kann, kann auch verglichen und schlussendlich bewertet werden. In der Bewertung sollen nur Konzepte und Eigenschaften referenziert oder genutzt werden, welche auch im Fachmodell definiert sind.

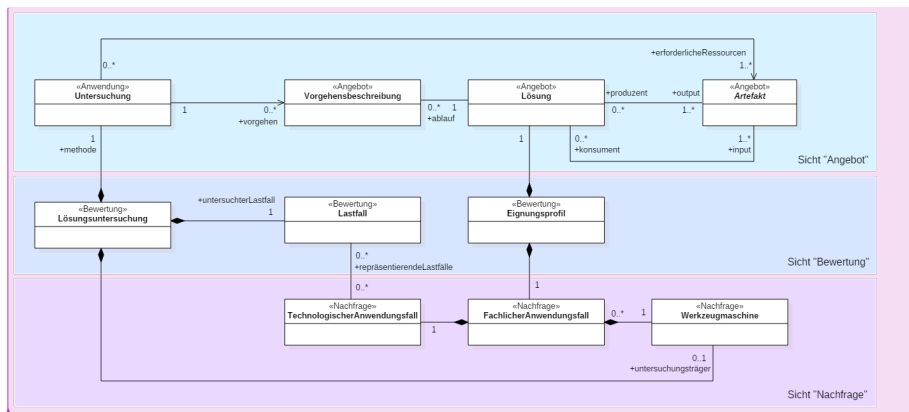


Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Fachmodell zur Darstellung des Sichtenkonzepts

Es wurde somit eine einheitliche Verständnisgrundlage geschaffen, die alle relevanten Konzepte aus dem Gegenstandsbereich eindeutig bezeichnet und charakterisiert [3]. Bis dato implizites Wissen über die Domäne Werkzeugmaschinenbau wurde ebenso expliziert wie die Spezifika der Lösungsbeschreibung der einzelnen Teilprojekte und der verfolgte Bewertungsansatz. Die einzelnen Konzepte sind dabei miteinander integriert und entsprechende Sichten ermöglichen das zweckspezifische Filtern von relevanten Konzepten (vgl. Abbildung 1). Zentrale Sichten sind „Angebot“ (die einzelnen Lösungen beschreibend), „Nachfrage“ (die praktische Lösungsanwendung betreffend) und „Bewertung“ (Bewertungskonzepte beschreibend). Man kann daher von einem multiperspektivischen Fachmodell der Domäne sprechen.

Im Sinne des wissenschaftsmethodischen Ansatzes des „Design Science“ [10] wurde das Fachmodell mehrfachen Evaluationen innerhalb des Projektverbundes unterzogen und iterative weiterentwickelt. Es ist somit gelungen, die Grundlage für ein gemeinsames Verständnis von für die Bewertung relevanten Konzepten zu erschaffen. Durch diese Vereinheitlichung senkt sich die Gefahr von sprachlicher oder semantischer Ambiguität, welche sich innerhalb des Sonderforschungsbereichs aufgrund der verschiedenen Fachdisziplinen als problematisch herausstellten. Das Teilprojekt C05 kommt somit nicht nur seiner Bewertungsaufgabe sondern auch seine „Vermittleraufgabe“ innerhalb des Gesamtverbundes nach.

Daneben bildet das Fachmodell auch den zentralen Ausgangspunkt für das Assistenz- und Bewertungssystem DOCASYS. Entsprechend des Paradigmas der modellgetriebenen Softwareentwicklung (Model-Driven Engineering) wurde ein Modelltransformator entwickelt, welcher automatisch standardkonforme UML-Klassendiagramme in entwurfsnahe ERM-Diagramme überführen kann. Diese repräsentieren wiederum die Datensicht des DOCASYS auf technischer Ebene. Es ist somit sehr effektiv und zeitsparend möglich, fachliche Anpassungen am Gesamtmodell auch im Datenbankmodell zu repräsentieren, sodass Fach- und Anwendungsebene gekoppelt werden.

Ergebnis 3: Konzeption und Entwicklung Dokumentations- und Assistenzsystems DOCASYS (AP-5)

Architektur:

Auf Grundlage Fachmodells wurde eine Softwarelösung entwickelt werden, welche sowohl die einheitliche Dokumentation der Kompensations- und Korrekturlösungen als auch deren Analyse und Bewertung ermöglicht. Die Software trägt die Bezeichnung „DOCASYS“, was als Akronym für „Documentation and Assistance

Deleted: Zuvorderst

Commented [TA16]: Diese Grafik ist sehr theoretisch. Auch ist die Schriftgröße zu klein.

Formatted: Highlight

System" steht. In Hinblick auf die Vorteile von cloudbasierten Lösungen wurde die Software als Webapplikation realisiert, um einen flexiblen und ortsunabhängigen Zugriff aller Projektbearbeiter an den einzelnen Standorten zu gewährleisten.

DOCASYS wurde im ersten Ansatz auf Basis des Programmier-Frameworks „Zend Framework 3“ implementiert. Die technische Reife und Funktionsvielfalt des Frameworks ermöglichten eine passgenaue Entwicklung. So konnte vor allem die Schnittstelle zur Integration des aus dem Fachmodell entstandenen Datenmodells derart entworfen werden, dass eine weitgehend automatische Transformation von Fachmodelländerungen umgesetzt werden konnte. Im Laufe der Arbeiten stellte sich der Entwicklungs- und Testaufwand dieser Individuallösung jedoch als problematisch und zeitkritisch heraus.

Es wurde daher die Migration auf ein flexibel erweiterbares Content Management Framework geprüft, was zum einen die Definition eigener Datenobjekte zulässt als auch funktionell erweiterbar ist. Nach der Analyse verschiedener Backendlösungen fiel die Entscheidung auf das etablierte und architektonisch reife Open-Source-System Typo3. Mit Hilfe der Erweiterungsschnittstelle wurden verschiedene domänen- und anwendungsspezifische Module implementiert [8], welche erstens die Dokumentation entsprechend des Fachmodells ermöglichen und zweitens anwendungsspezifische Applikationen umfassen. Der weitgehend automatisierte Transformationsprozess zur Einbindung des Fachmodells musste jedoch geringfügig abgeschwächt werden und funktioniert wie in Tabelle 1 dargestellt nunmehr nicht vollständig automatisiert.

Tabelle 1: Prozess vom Fachmodell zum Datenmodell

Schritt	Beschreibung	Durchführung	Werkzeug
1	Modellierung des Fachmodells als UML-Klassendiagramm	Manuell	StarUML (Einhaltung UML-Standard)
2	Transformation des Fachmodells (UML) in ein Entwurfsmodell (ERM, Entity Relationship Model)	Automatisch	Eigens Entwickeltes StarUML-Plugin „UML2ERD“
3	Transformation des ERM in ein Datenbankschema (SQL)	Automatisch	StarUML-Plugin „DDL“
4	Import des Datenbankschemas in Typo3 und Ergänzung der Spezifikation in der Typo3-spezifischen Formularsprache	Halb-automatisch	Typo3, Typo3-Plugin „Extension Builder“

Die in Typo3 entwickelten Module folgen dem MVC-Programmierparadigma, sodass die einzelnen System-sichten getrennt voneinander verwaltet werden können. Dies ist insbesondere für die „Model“-Ebene zur Datenhaltung wichtig, da diese den Änderungen aus dem Fachmodell unterworfen sind. Eine entsprechende Abstraktion der Datensicht über die Verwendung des Objektrelationalen Frameworks „Doctrine“ unterstützt dieses Anliegen. Objektrelationale Domänenklassen abstrahieren dabei von der physischen Datenspeicherung in der MySQL-Datenbank und repräsentieren somit schlussendlich die im Fachmodell erstellten Konzepte. Für die Realisierung von teilweise sehr komplexen Abfragen auf dem Domänenmodell wurden Repositories programmiert.

Neben diesen programmiertechnischen Grundprinzipien wurde weiterhin das Prinzip von „Dependency Injections“ eingehalten, um die Beziehungen zwischen einzelnen Programmklassen zu vereinfachen. Daneben wurden Services und Helper für die Umsetzung spezifischer Funktionen verwendet. Gemäß der Programmieransätze des Domain-Driven Engineering und des Model-Driven Engineering [11] wurden somit insgesamt eine stabile, performante und skalierbare Architektur geschaffen, die eine dauerhaft effektive Weiterentwicklung ermöglicht und technologisch dem Stand der Technik entspricht (vgl. Abbildung 2).

Nachfolgend werden die einzelnen Systemmodule vorgestellt.

Modul „Domain Manager“:

Der Domain Manager nimmt die wichtigste Rolle hinsichtlich der Dokumentation der einzelnen Lösungen und weiterer relevanter Datenobjekte ein. Er dient somit innerhalb des SFB/TR 96 zur Dokumentation und Integration von Daten und ist zugleich die faktische Basis für alle Auswertungen in anderen Modulen. Die Verwaltung der Datenobjekte ist intuitiv über Liste und Formulare möglich und kann durch Teilprojektbearbeiter in der Rolle von Redakteuren eigenständig übernommen werden. Es können insgesamt knapp 50 verschiedene Arten von Domänenobjekten verwaltet werden. Eine gemäß der wichtigsten Perspektiven gestaltete Ordnerstruktur erleichtert die Arbeiten. Neben Kernobjekten wie Lösungen, Anwendungsfällen und Lastfällen können im Domain Manager auch einzelne Lastfalluntersuchungen und deren Ergebnisse dokumentiert werden.

Formatted: Highlight

Commented [TA17]: Dies ist außerordentlich fachspezifisch und die Wahrscheinlichkeit ist gering, dass der Gutachter hier Vorteile eindeutig nachvollziehen kann.

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Commented [TA18]: s.o.

Formatted: Highlight

Deleted: [11]

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

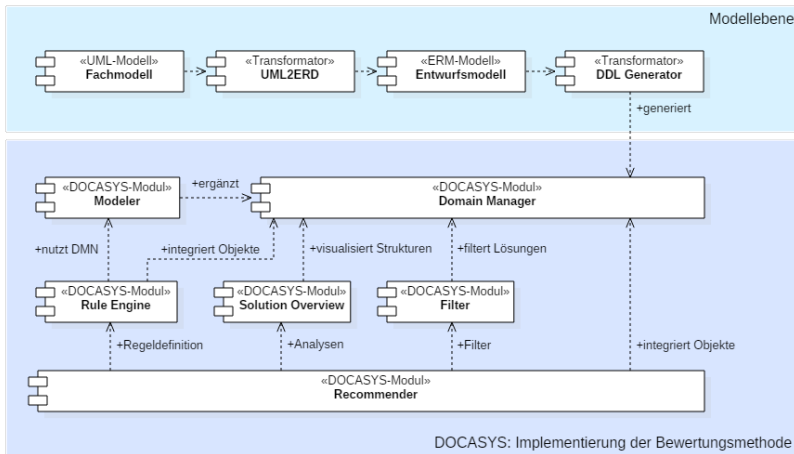


Abbildung 2: Architektur zur Umsetzung der Bewertungsmethode

Modul „Modeler“:

Das Modeler-Modul dient als integriertes Modellierungswerkzeug der Erweiterung des Domain Managers und soll die grafische Modellierung von Prozessen, Abläufen und Entscheidungen bei der Anwendung von Lösungsverfahren ermöglichen [6], [7], [9]. Hierzu wurden die folgenden Modellierungsstandards der Objekt Management Group verwendet:

- Business Process Model and Notation (BPMN) zur Prozessmodellierung
- Case Management Model and Notation (CMMN) zur Modellierung von Fällen und halbstrukturierten Prozessen mit Freiheitsgraden
- Decision Model and Notation (DMN) zur Modellierung von komplexen Entscheidungssituationen innerhalb von Prozessen

Die einzelnen Sprachen wurden mit Hilfe von Open-Source-Bibliotheken implementiert und generieren jeweils standardkonforme Modelldateien im XML-Format, welche bei Bedarf in externen Modellierungswerkzeugen geladen werden können. Auch sind die einzelnen Modelle direkt integrierbar mit Lösungen und Arbeitsschritten im Domain Manager. Eine Integration von einzelnen Modellelementen mit Domänenobjekten steht aus und ist für die Phase 3 geplant.

Modul „Solution Overview“:

Dieses Modul ermöglicht die effiziente Aggregation, Visualisierung und Auswertung der in der Datenbank des Domain Managers gespeicherten Inhalte. Es unterstützt somit die Analyse und kann durch Projektbearbeiter und auch externe Anwender verwendet werden. In der aktuellen Fassung sind verschiedene Funktionen implementiert:

- **Referenzmaschine:** Gemäß den hinterlegten Maschinenkomponenten wird eine Gesamtstruktur einer Referenz-Werkzeugmaschine generiert. Dabei wird ersichtlich, welche Lösungen (derzeit) an welchen Bereichen wirken. Es unterstützt sowohl die avisierte Analyse der Kombinierbarkeit von Lösungen als auch die Anwendung auf die Gesamtmaschine.
- **Anwendungsfallmatrix:** Anwendungsfälle und Lastfälle werden matrixförmig für jede Teilprojektlösung visualisiert. Es wird somit ersichtlich, welcher Anwendungsfall durch welche Lastfälle untersuchungstechnisch repräsentiert wird und welche Lösungen sich für welche Anwendungsfälle eignen.
- **Lösungen:** Jede Lösung wird in einer detaillierten Gesamtsicht dargestellt, die alle relevanten Aspekte aggregiert, gruppiert und visualisiert. Hierzu zählen z.B. generelle Stamminformationen (z.B. Klassifikationen) und erforderliche Voraussetzungen, Anwendungsschritte sowie Ergebnisse. Auch werden geeignete Anwendungsfälle, durchgeführte Lösungsuntersuchungen und festgestellte Bewertungen zusammengefasst.
- **Untersuchungen:** Dieser Funktionsbereich ermöglicht die individuelle Analyse der Lösungsuntersuchungen hinsichtlich adressierter Lösung, Lastfall, Untersuchungsträger und Zielparameter. Die Ent-

Formatted: Highlight

Commented [TA19]: s.o.

Formatted: Highlight

wicklung von gewählten Zielparametern im Zeitverlauf kann über automatisch generierte Verlaufskurven visualisiert werden. Somit kann z.B. für eine bestimmte Lösung die Wertentwicklung und ggf. Wertverbesserung über den Zeitverlauf dargestellt und begründet werden.

- **Input-Output-Netzwerk:** Die Lösungen innerhalb des Gesamtprojektes weisen unterschiedliche und mitunter komplexe Abhängigkeiten auf. Das Input-Output-Modul soll diese Interdependenzen auf Grundlage des Domain Managers ersichtlich und analysierbar machen. Dazu zählt die grafische Visualisierung der Input-Out-Beziehungen zwischen Lösungen, wobei Datenpakete, Ressourcen, Messverfahren und sonstige Modelldaten als Austauschobjekte unterschieden werden. Eine Filterung nach einzelnen Lösungen als Produzenten oder Konsumenten ist möglich. Dazu wird im Hintergrund das Netzwerk der Objektströme zwischen Lösungen vollständig analysiert. Diese Funktion ist von großer Wichtigkeit für die ganzheitliche Aufwandsbewertung von Lösungen, die sämtliche Voraussetzungen und Vorarbeiten mit einschließt.

Modul „Filter“:

Das Filter-Modul ermöglicht die Definition von individuellen Abfragen auf der Gesamtmenge aller dokumentierten Lösungen. Es kann dabei nach einfachen Parametern (z.B. Lösungsart) gefiltert werden als auch nach komplexen Domänenobjekten wie z.B. unterstützten Anwendungsfälle oder Optimierungsziele. Eine Eingrenzung anhand von verschiedenen Operatoren und Wertgrenzen ist möglich. Das Filter-Modul ist somit die Grundlage für das Recommender-Modul und ermöglicht eine zielabhängige Auswahl geeigneter Lösungen. Dementsprechend richtet sich das Modul auch an (externe) Lösungsanwender.

Modul „Recommender“:

Dieses Modul versteht sich als Entscheidungsunterstützungssystem für praxisnahe Anwender, die den Einsatz einer Lösung prüfen möchten. Der Grundgedanke ist, dass eine Lösung und deren Anwendung generell Aufwand in einem Unternehmen verursachen. Dem gegenüber steht der potentielle Nutzen hinsichtlich der Verbesserung der Fertigungsgenauigkeit. Aufwand und Nutzen sind also entsprechend der Bewertungsmethode zu vergleichen, wobei unternehmensspezifische Randbedingungen mit einfließen müssen. Das Recommender-Modul setzt die Bewertungsmetrik technisch um, wobei es auf die in der „Rule Engine“ definierten Entscheidungsregeln und die Bewertungsdaten im „Domain Manager“ zugreift. Außerdem steuert das Modul die Interaktion mit den Anwendern, in dem es dessen Eingaben abfragt und somit den Eingangsvektor für die Bewertungsmetrik generiert. Auf Basis der unternehmerischen und technologischen Randbedingungen werden die unternehmensspezifischen Aufwände einer Lösung konfiguriert und zusammen mit den unternehmensunabhängigen Aufwänden zu Gesamtaufwänden summiert (siehe Bewertungsmetrik). Das Modul liefert final Lösungen aus, deren Nutzen größer als der Aufwand ist. Eine tiefergehende Priorisierung sowie die Behandlung von unsicheren Daten bzw. Lösungsvarianten finden derzeit noch nicht statt. Neben der tatsächlichen technischen Implementierung der Bewertungsmetrik und der damit einhergehenden Ermittlung von Lösungen, verfolgt das Modul insbesondere das Ziel, eine anwendernahe Transparenz über die Lösungen und deren Vergleich herzustellen.

Ergebnis 4: Validierung der Methode „Testwerkstück“ und Weiterentwicklung der Mess- und Nachweismethoden (AP-1 und AP-2)

In AP-1 standen Methoden zur technischen Beurteilung der Wirksamkeit der Korrekturverfahren im Fokus. Dafür wurde die auf einem Testwerkstück basierende Methode, welche die Geometrie und den Bearbeitungsprozess des Testwerkstücks, den Erwärmungsprozess der Maschine sowie die Mess- und Auswertemethoden umfasst, weiterentwickelt. In Phase 2 fokussierte die Methodenentwicklung auf deren Absicherung und Bewertung gegenüber alternativer Nachweismethoden sowie auf der Herstellung der Reproduzierbarkeit.

ToDo: Weiterentwicklung der Geometrie

ToDo: Weiterentwicklung der Vermessung

ToDo: Weiterentwicklung der Erwärmungsmethode

- Unterschiedliche Leistungsregime, Bewegungsprogramme, Bearbeitungsregime

ToDo: Evaluation mit anderen Messverfahren

- Auf welchen Demonstratoren

ToDo: Einflüsse im Arbeitsraum

ToDo: Erweiterung auf rotatorische Verlagerungen

(Geplant war Analyse des Langzeitverhaltens: Das ist auf Phase 3 verschoben.)

- ToDo
- Bezug Phase 2: AP2 und AP3

Wie gehen wir damit um? Das erfolgt noch



AP 2: Technische Beurteilung der Wirksamkeit der Kompensationsverfahren

- Die Beurteilung der Wirksamkeit der Kompensationsverfahren erfolgt auf Basis der in den Teilprojekten durchgeführten Vorversuche oder ihrer Anwendung in den Integrationsobjekten und im Versuchsträger. Für Verfahren, die nicht zur Integration in die Demonstratoren gelangen, wird die erreichbare Wirkung in der WZM abgeschätzt. Dafür werden geeignete Transformationsfunktionen mittels Ähnlichkeitstheorie entwickelt. Schließlich werden Aussagen zum Nutzen des Kompensationsverfahrens abgeleitet.
- Die Wirksamkeit der Kompensationsverfahren, die nicht an Versuchsstand oder Integrationsobjekt umgesetzt werden, soll ergänzend simulativ analysiert werden. Dazu werden unterschiedliche Baugruppenvarianten – mit und ohne Kompensationslösung – abgebildet und deren Verhalten berechnet.

Ergebnis 5: Analyse und Dokumentation von Lösungsverfahren in DOCASYS (AP-6)

In Hinblick auf das AP-6 des Arbeitsplanes nahm die detaillierte Analyse von einzelnen Lösungsverfahren einen wichtigen Teil innerhalb der Projektarbeit ein. Im ersten Schritt wurden die Teilprojektlösungen unter Zuhilfenahme aktueller Dokumente einer Übersichtsanalyse unterzogen und in DOCASYS erfasst. Dabei wurden vor allem Stamminformationen und Schnittstellen zu anderen Lösungen dokumentiert. In einem zweiten Schritt erfolgte die Detailanalyse bestimmter Korrektur- und Kompensationsverfahren in mehreren Interviews. Die Interviewstruktur orientierte sich damit an der Struktur des Fachmodells bzw. des Domain Managers. In der Analyse wurde insbesondere der zeitliche und sachlogische Ablauf der Lösungsanwendung adressiert es wurden die in einzelnen Arbeitsschritten erforderlichen Voraussetzungen und Folgen erfasst. Dazu zählt beispielsweise die für eine Lösung erforderliche Zuarbeit an Datenobjekten, Modellen, Methoden oder bestimmten Ressourcen. Diese anwendungsorientierte Analyse ermöglicht die Ableitung entsprechender zeitlicher, materieller und immaterieller Aufwände, die unter anderem die wirtschaftliche Bewertung ermöglichen [4], [5].

Die jeweils dokumentierten Erkenntnisse wurden einem kritischen Feedback der jeweiligen Projektbearbeiter unterzogen und bei Bedarf angepasst. Das iterative und anwendernahe Vorgehen der Design-Science-Forschung wurde auch hier konsequent angewendet. Trotz dessen erwies es sich teilweise als schwierig, zu allen Aspekten des Fachmodells hinreichend detaillierte und aussagekräftige Informationen zu ermitteln, da die einzelnen Lösungen oftmals noch wenig auf eine tatsächliche Anwendung an einer Gesamtmaschine im praktischen Einsatz ausgerichtet sind. Das Teilprojekt C05 bewegt sich somit in einem Spannungsfeld zwischen Grundlagenforschung und der eher praktisch orientierten Anwendung, welche für die ganzheitliche Bewertung unabdingbar ist. Es ist somit in Phase 3 dauerhaft daran zu arbeiten, die einzelne Lösung hinreichend detailliert zu erfassen.

Formatted: Highlight

Commented [TA20]: „In einem Antrag sollte man nicht negativ formulieren: „erwies es sich als teilweise schwierig“. Schwierig ist alles was wir in der Forschung machen.“

Die Anwendung rückt gerade in Phase 3 in den Fokus des SFB. Somit müsste auch eine Bewertung der Lösungen leichter fallen.

Formatted: Highlight

3.3.2 Projektrelevante eigene Publikationen

a) Arbeiten in Publikationsorganen mit einer wissenschaftlichen Qualitätssicherung und Buchveröffentlichungen

- [1] Höfer H, Wiemer H. Generation of Motion Sequences for Thermal Load of Machine Tools. Production Engineering. 2017; 11(1):75-83
- [2] Braun R. Towards a Multi-Faceted Framework for Semantics in Enterprise Modeling Languages. Modellierung 2016, Karlsruhe - Workshopband. Volume 255 of Lecture Notes in Informatics. 2016; 33-44
- [3] Braun R, Esswein W. Towards Hybrid Semantics of Enterprise Modeling Languages. Proceedings of the 4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development. 2016; 412-420
- [4] Braun R, Esswein W. Semantics in the Context of BPMN Extensions – State of Affairs and Research Challenges. Tagungsband Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2016, Band II. 2016; 1119-1130
- [5] Braun R SemFrameX – Towards a Framework for the Semantic Justification of BPMN Adaptations. Proceedings of the 8th ZEUS Workshop. Volume 1562 of CEUR Workshop Proceedings. 2016; 13-20
- [6] Braun R, Esswein W. Designing Dialects of Enterprise Modeling Languages with the Profiling Technique. 19th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, EDOC 2015, Adelaide, 2015. 2015; 60-67
- [7] Braun R, Esswein W. Towards an Integrated Method for the Extension of MOF-Based Modeling Languages. Model and Data Engineering - 5th International Conference, MEDI 2015, Rhodes, Greece, Proceedings. Number 9344 in Lecture Notes in Computer Science. 2015; 103-115
- [8] Braun R, Esswein W. Extending the MOF for the Adaptation of Hooks, Aspects, Plug-Ins and Add-Ons. Model and Data Engineering - 5th International Conference, MEDI 2015, Rhodes, Greece, Proceedings. Number 9344 in Lecture Notes in Computer Science. 2015; 28-38
- [9] Braun, R. BPMN Extension Profiles – Adapting the Profile Mechanism for Integrated BPMN Extensibility.

17th IEEE Conference on Business Informatics – Volume 1. 2015; 133-142

- [10] Braun R, Benedict M, Wendler H, Esswein W. Proposal for Requirements Driven Design Science Research. New Horizons in Design Science: Broadening the Research Agenda - 10th International Conference, DESRIST 2015, Dublin, Ireland, Proceedings. Number 9073 in Lecture Notes in Computer Science. 2015; 135-151
- [11] Braun, R.: Towards the State of the Art of Extending Enterprise Modeling Languages. MODELSWARD 2015 - Proceedings of the 3rd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development, ESEO, Angers, Loire Valley, France. 2015; 394-402
- b) Andere Veröffentlichungen**
- [12] Höfer, H.; Wiemer, H.: Measurement of test pieces for thermal induced displacements on milling machines. Proceedings of CIRP sponsored Conference on Thermal Issues in Machine Tools 2018, Auerbach/Vogtl: Wissenschaftliche Scripten; 2018. S. 379–91
- [13] Wiemer, H.; Höfer, H.; Ihlenfeldt, S.; et al.: Methoden und Möglichkeiten von virtuellen Demonstratoren zur Gestaltung und Korrektur des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen. In: 5. Kolloquium zum SFB/TR 96. Chemnitz, 2017. – ISBN 978–3–86780–516–2

3.4 Planung des Teilprojekts

Bis jetzt wurden **Untersuchungen** vornehmlich isoliert an einzelnen Lösungen, Maschinenkomponenten oder spezifischen Lastfällen vorgenommen. In Phase 3 sollen die Untersuchungen nun auf die **Demonstratoren** sowie die Betriebsphase ausgedehnt werden. Damit einher geht eine Reihe von Forschungsproblemen, welche bearbeitet werden müssen. Derzeit findet lediglich eine Ist-Bewertung statt, ohne Aspekte der Langzeitwirkung und etwaige Lösungsanpassungen im Betrieb zu untersuchen. Hierzu soll auf Verfahren des Lebenszyklusmanagements und des Predictive Maintenance zurückgegriffen werden. **Die derzeitige Einzelbewertung soll durch eine Kombinierbarkeit von Lösungsverfahren ergänzt werden, um Synergieeffekte und Alternativlösungen zu identifizieren.** Für Anwendungsszenarien und Lastfälle sind adäquate und möglichst standardisierte Mess- und Nachweismethoden bereitzustellen. Weiterhin soll ein aktives Feedback-Management zur Aufwandssenkung bei der Lösungsanwendung etabliert werden. Zentral für die genannten Anwendungsfälle ist dabei das DOCASYS-System, dessen Datenschicht stetig verfeinert und ausgebaut werden muss. Diesbezüglich sind auch Fuzzy-Techniken für den Umgang mit unsicheren Daten zu konzipieren. Ferner werden vor allem das Empfehlungsmodul und das Regelmodul innerhalb von DOCASYS entwickelt. So soll der bestehende Regeleditor dahingehend erweitert werden, um alle Bewertungsregeln losgelöst vom Softwarecode zu konfigurieren. Die Programmierung des Empfehlungsmoduls wird sich auf das Management von unscharfen Daten und die automatische Ermittlung von Alternativvorschlägen **konzentrieren.**

Commented [TA21]: Wessen Untersuchungen? Von C05? Der Teilprojekte?

Formatted: Highlight

Commented [TA22]: Demonstratormaschinen?

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Commented [TA23]: gut

Formatted: Highlight

Commented [TA24]: Vielleicht noch einen Satz zu einer übergreifen vollumfänglichen Zielsetzung. In Prosaform formuliert, d.h. leicht verständlich und anschaulich.

3.4.1 Ziele

Ziel 1: Feedback, Alternativen und Datenunsicherheit in der Bewertungsmethode

Feedbackmanagement und Lösungsalternativen: Die Bewertungsmethode beinhaltet derzeit noch kein aktives Feedbackmanagement mit Vorschlägen zu Verbesserung der Lösungsverfahren. In Hinblick auf die avisierte Betriebsphase ist dieses jedoch zur Lösungsverbesserung erforderlich. Die Bewertungsmethode und ihre nachgelagerten Softwaremodule müssen also in der Lage sein, Potentiale und Lösungsvarianten abzubilden. Wenn Lösungen in verschiedenen Varianten bestehen sollen, müssen diese auch in der Bewertungsmetrik berücksichtigt werden. Veranschaulicht werden kann dies über z.B. die Zunahme der Varianten von Aufwandspfaden. Neben der technischen Umsetzung ist organisatorisch je Lösung ein **PDCA-Zyklus** umzusetzen, welcher die identifizierten Verbesserungsvorschläge an die Teilprojekte zurückliefert.

Datenunsicherheit: Ein weiterer problematischer Aspekt ist der Umgang mit unsicheren und unscharfen Daten. Es soll daher für bestimmte Bewertungsdaten ein **Robustheitsmaß als zusätzliche (Meta-) Information** einbezogen werden. Damit soll angezeigt werden, inwieweit eine bestimmte Bewertungseinschätzung ausge-reift und stabil ist. Der so zustande kommende „Robustheitsvektor“ ist in der Bewertungsmetrik zu integrieren.

Zusätzliche Dimensionen: Des Weiteren muss die Bewertungsmethode mit Hinblick auf die **Langzeitwirkung** (vgl. Ziel 5) und die Kombination von Lösungen (vgl. Ziel 6) um die drei Bewertungsdimensionen Langzeitwirkung, Langzeitaufwand und Kombination erweitert werden.

Ziel 2: Weiterentwicklung des Assistenz- und Empfehlungssystems DOCASYS

Mit Bezug auf die Arbeitspakete 4 und 5 der zweiten Phase soll das DOCASYS-System in der dritten Pro-

Commented [TA25]: Nicht verständlich

Formatted: Highlight

Commented [TA26]: Unsicherheit ist in vielen Fällen gar nicht quantifizierbar, gibt es dann auch eine Robustheitsmaß für das Robustheitsmaß?

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Commented [TA27]: Ist das wirklich ein relevantes Bewertungskriterium? Meiner Meinung nach sind die entwickelten Lösungen generell auf Langzeitwirkung konzipiert.

Soll die Langzeitwirkung technologischer Lösungen auch real untersucht werden? Ist das praktisch überhaupt möglich?



jektphase weiterhin als zentrales Anwendungssystem dienen und *alle* für die Bewertung relevanten Informationen strukturieren, normieren und speichern. Die Bewertungsmethode soll in DOCASYS ebenso weiterentwickelt werden wie alle erforderlichen analytischen Teilfunktionen und Module. In Hinblick auf die fortlaufenden Arbeiten an einzelnen Lösungen und die Berücksichtigung weiterer Aspekte wie z.B. Langzeitwirkungen ist mit der stetigen Anpassung und dem Ausbau der Software zu rechnen.

Der erste Schwerpunkt liegt daher auf der iterativen Weiterentwicklung des **Domain Managers** entsprechend der Anforderungen aus anderen Arbeitspaketen und deren Auswirkungen auf das Fachmodell.

Der zweite Schwerpunkt liegt auf dem „**Rule Definition**“-Modul. Derzeit werden die aus der Bewertungsmethode stammenden Entscheidungsregeln fest im Quellcode formuliert und verbieten somit eine einfache, transparente und effiziente Änderung. Anpassungen sind nur durch Programmierer, nicht aber durch z.B. Methodenexperten umzusetzen und auch die Nachvollziehbarkeit der Bewertung insgesamt leidet. Dies ist sowohl methodisch als auch inhaltlich ungenügend. Es wird daher avisiert, ein Regelbeschreibungssystem zu entwickeln, welches die Definition von Regeln per Konfiguration ermöglicht und somit vom Quellcode abstrahiert. Auch sollen die Regeln konkrete Objekte des Gegenstandsbereichs direkt referenzieren können.

Den dritten Schwerpunkt bildet das „**Recommender**“-Modul, welches bei Eingabe bestimmter realer Randbedingungen und Anwendungsfälle mit Hilfe der Bewertungsmethode die empfehlenswertesten Lösungen ermitteln soll. Wie können diesbezüglich automatisch Varianten oder Alternativen vorgeschlagen werden? Wie kann durch automatische (Teil-) Kombination von Lösungen eine den Anforderungen besser passende Gesamtlösung ermittelt werden? Wie kann die einzelnen Bewertungen inhärente Unsicherheit repräsentiert und einbezogen werden? Wie können individuelle praktische Anwendungsfälle auf die hinterlegten Referenzanwendungsfälle abgebildet werden? Entsprechend der methodischen Weiterentwicklung der Bewertungsmethode müssen hier auf technische Lösungen gefunden werden, welche automatisch sinnvolle Alternativvorschläge oder Kombinationen von Lösungen vorschlägt.

Ziel 3: Referenz-Anwendungsfälle und Referenz-Lastfälle

Unsere Ergebnisse im AP 1 der zweiten Phase zeigen die zentrale Bedeutung von Anwendungsfällen und Lastfällen für die Bewertung. Lösungen können Mittel sein, um in einer Zweck-Mittel-Relation bestimmte Anwendungsfälle zu unterstützen oder zu erfüllen. Anwendungsfälle schlagen dabei die Brücke zur praktischen Anwendung, erlauben die Einschätzung der technischen Wirksamkeit und die aufwandsseitige Bewertung. Lastfälle ermöglichen hingegen die technische Untersuchung der Lösungen, um qualitative Aussagen zur Wirksamkeit überhaupt treffen zu können. Andererseits können sie auch Anwendungsfälle untersuchungstechnisch repräsentieren und somit schlussendlich beide Bereiche verbinden.

Lastfälle werden derzeit meist in den einzelnen Teilprojekten individuell definiert. Es bestehen daher innerhalb des Gesamtprojektes zwar lösungsspezifische Lastfälle, diese sind aber nur schwer miteinander vergleichbar. Dementsprechend werden sie kaum wiederverwendet und ihr Bezug zu praktischen Anwendungsfällen bleibt offen. Auch fehlt es an einem gemeinsamen definitorischen Verständnis verschiedener Anwendungsfälle insgesamt, was hinsichtlich der Fokussierung der Betriebsphase in Phase 3 ungenügend ist. Dies liegt nicht zuletzt an fehlenden Standards oder Orientierungshilfen in der Literatur. Das Teilprojekt C05 hat zwar im erarbeiteten Fachmodell einen Spezifikationsrahmen entwickelt, allerdings fehlt es noch an entsprechenden Instanzierung für die in der dritten Phase verfolgten Fälle wie die Hochpräzisionsfertigung.

Das erste Ziel besteht daher darin, auf Basis der gegebenen Fachmodellspezifikation wichtige Referenz-Anwendungsfälle anhand ihrer unterschiedlichen Ausprägungen zu beschreiben und einen entsprechenden Standardkatalog zu entwickeln. Das zweite Ziel besteht in der Entwicklung eines mit den Anwendungsfällen korrespondierenden Katalogs für Lastfälle, um eine systematische Untersuchung an Demonstratoren zu unterstützen. Es stellt sich dabei die Frage, wie technologischen Anwendungsfällen in praktikable und hinreichend aussagekräftige Lastfälle übersetzt werden können.

Ziel 4: Nachweismethoden

Bisherige Forschungsarbeiten widmeten sich der Entwicklung der Testwerkstück-basierten Nachweismethode unter Berücksichtigung des thermischen Verhaltens. Diese Methode umfasst die Geometrie des Werkstücks, die Bearbeitungs- und Vermessungstechnologie sowie das Erwärmungsregime. Bisher war das Erwärmungsregime ein synthetischer Lastfall über die Bewegung der Achsen.

Ziel der weiteren Untersuchungen zu den Nachweismethoden ist es, einerseits Anpassungsmöglichkeiten des Bewegungsregimes an die anwendungsfallgerechten Lastfälle zu erarbeiten und andererseits die Testwerkstück-basierte Methode alternativen Nachweismethoden gegenüberzustellen und hinsichtlich Eignung für typische Anwendungsfälle zu bewerten. Angestrebt wird ein Methoden-Baukasten für die experimentelle Analyse des thermischen Verhaltens der Werkzeugmaschine, insbesondere der TCP-Verlagerung.

Ziel 5: Bewertung des Langzeitverhaltens

Die bisher erfolgten Analysen von Lösungsverfahren beziehen sich hauptsächlich auf die reine Ist-Bewertung

Commented [TA28]:

Commented [TA29]: Ich zweifle erheblich daran, dass belastbare Empfehlungen automatisch ohne technologische Expertise generiert werden können.

Commented [TA30]: Das ist nachvollziehbar. Tatsächlich existiert dieses Defizit. Von Anfang an hätte Referenzanwendungs- und Belastungsfälle definiert werden müssen.

Commented [TA31]: Wer steuert hier die notwendige Expertise bei?

im Sinne einer statischen, zeitverlaufs-unabhängigen Bewertung (vgl. AP 2 und AP 3 in Phase 2). In Hinblick auf die Betriebsphase, welche in Phase 3 adressiert wird, muss jedoch auch das **Langzeitverhalten** der Lösungsverfahren untersucht werden. Folgende Forschungsfragen werden bearbeitet: Verändert sich beispielsweise die Wirkung des Lösungsverfahrens im Zeitverlauf oder verliert eine Modellrechnung an Präzision? Wie können derartige Entwicklungen verfolgt und Diskrepanzen automatisch erkannt werden? Was sind Auslöser, um eine Lösungsmethode neu konfigurieren zu müssen? Bedarf eine Lösung der materiellen Wartung aufgrund von Verschleiß oder Alterung? Wie gestalten sich entsprechend anfallende Arbeitsschritte?

Das Ziel besteht demnach im ersten Schritt darin, relevante Dimensionen und Einflussfaktoren zu ermitteln und diese für Korrektur- und Kompensationsverfahren zu charakterisieren. Dies umfasst auch bestimmte Handlungsanweisungen und Vorgehensempfehlungen (z.B. für die Überwachung der Wirkung einer Lösung). Die Bewertung aller Aspekte fungiert dabei als zusätzliche Dimension innerhalb der Bewertungsmethode, welche entsprechend zu erweitern ist. Im zweiten Schritt soll auf Grundlage des Lebenszykluskostenmodells ermittelt werden, welche Aufwendungen in der Betriebsphase mit den einzelnen Lösungsverfahren verbunden sind, deren Kenntnis in die Eignungsbewertung einfließen soll.

Ziel 6: Kombination von Lösungsverfahren

Mit der Analyse der Anwendungsfalls „Hochpräzisionsbearbeitung“ ist der Bedarf nach WZM mit höherer Arbeitsgenauigkeit verbunden. Da davon ausgegangen wird, dass für die Erreichung der höheren Genauigkeitsanforderungen die Wirksamkeit der bisher isoliert entwickelten Lösungsverfahren weiter erhöht werden muss, sollen Potenziale und Möglichkeiten der Kombination dieser untersucht werden. Hierfür sind die Fragen nach technisch und wirtschaftlich sinnvollen, anwendungsfallgerechten Integrationspunkten zwischen Einzellösungsverfahren und deren Kombinierbarkeit zu beantworten sowie welche Auswirkungen auf Nutzen und Aufwand daraus resultieren.

3.4.2 Methoden

- Zur weiteren Ausgestaltung der Bewertungsmethode hinsichtlich der Anwendungsszenarien soll die TOPSIS-Methode (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) verwendet werden. Die Bewertungsmethode soll auch Techniken der Multi Attribute Value Theory (MAVT) und der Nutzwertanalyse anwenden.
- Die Wirksamkeit von Korrekturverfahren soll durch Herstellung und Vermessung von Prüfwerkstücken realisiert werden. Die Wirksamkeit von Kompensationsverfahren soll mit Simulationsrechnungen ermöglicht werden.
- Die iterative Analyse der Lösungen innerhalb der Teilprojekte soll weiterhin per Interviewtechnik und Prozessmodellierung erfolgen. Die Prozessmodellierung dient der Beschreibung von Arbeitsschritten und Arbeitsabläufen. Zusätzlich zur BPMN soll hierbei auch die Fallbeschreibungssprache CMMN eingesetzt werden, um Abläufe mit Freiheitsgraden abzubilden. Für die Beschreibung komplexer Entscheidungsregeln innerhalb von Abläufen wird die Sprache DMN angewendet.
- Die Weiterentwicklung des DOCASYS-Systems und des zugrunde liegenden Fachmodells erfolgt mit gängigen Techniken des Domain-Driven Engineering im Allgemeinen und des Model-Driven Engineering im Speziellen. Das „Rule Definition“-Modul nutzt die Metamodellierung zur Definition eines DMN-Dialekts sowie Techniken des Natural Language Processing (NLP) wie z.B. die Friendly Enough Expression Languages (FEEL). Das „Recommender“-Modul wird Methoden des Machine Learning anwenden.
- Die Entwicklung der Kataloge für Anwendungsfälle und Lastfälle erfordert neben der Literaturanalyse auch Expertenbefragungen anhand der Delphi-Methode.
- Die Arbeiten zu den Nachweismethoden basieren auf der Herstellung und Vermessung von Prüfwerkstücken und alternativen Verfahren zur Maschinenvermessung wie Feinzeiger oder R-Test.
- Der Analyserahmen für das Langzeitverhalten von Lösungen soll an Techniken der Lebenszyklusanalyse ausrichten und Methoden aus dem Bereich des Predictive Maintenance anwenden.
- Die Untersuchungen zur Kombination von Lösungsverfahren nutzen Methoden der Plausibilitätsbeurteilung, des paarweisen Vergleichs, des Morphologischen Kastens, Nutzwertanalyse sowie die Simulation am virtuellen Demonstrator aus A05.

3.4.3 Arbeitsprogramm

AP 1: Bewertungsmethode

Die Bewertungsmethode als Ganzes unter Berücksichtigung der Erweiterung zu Lösungsvarianten, Datensicherheit, Langzeitverhalten und Lösungskombination methodisch zu beschreiben. Entsprechend dieser Be-

Commented [TA32]: s.o.

Commented [TA33]: Der Bedarf ergibt sich generell, nicht nur im Hinblick auf die Hochpräzisionszerspanung

Commented [TA34]: Sehr fachspezifisch

Commented [TA35]: Durch wen?

Commented [TA36]: fachspezifisch

Commented [TA37]: würde mich echt wundern, wenn das der Gutachter versteht

Commented [TA38]: in vielen Belangen wiederholen sich hier Inhalte aus dem Kapitel Ziele, man muss ja nicht mehr schreiben als wirklich notwendig. Vielleicht kann man im Kapitel Ziele eine weniger detaillierte aber sehr anschauliche Darstellungsform wählen und Inhalte in das Kapitel Arbeitsprogramm übernehmen

Commented [TA39]: kein Satz



schreibung ist die Lösung vollständig in DOCASYS zu implementieren. Die Definition einzelner Entscheidungsregeln erfolgt innerhalb der „Rule Engine“ (vgl. AP 2-2). Die technische Umsetzung der Bewertungsmetrik findet im „Recommender“ (vgl. AP 2-3) statt.

Des Weiteren ist ein strukturiertes Vorgehen zur Ermittlung von Verbesserungspotential und einem entsprechenden Feedback an die Teilprojekte zu konzipieren und umzusetzen. Verbesserungspotential bemisst sich dabei über quantifizierbare Potentiale hinsichtlich der Steigerung der Wirksamkeit und der Verminderung der Aufwände durch eine Anpassung der Lösung. Die so entstehenden Lösungsvarianten sowie deren Untersuchungen sind im Fachmodell zu berücksichtigen und ebenso im „Domain Manager“ (vgl. AP 2-1) technisch umzusetzen. Auch ist die Bewertungsmetrik so zu erweitern, dass Lösungsvarianten optional mit berücksichtigt werden können, insofern diese als gültige Alternativen einer Lösung deklariert sind.

Hinsichtlich des Umgangs mit Datenunsicherheit sind zuerst die Teile des Fachmodells zu identifizieren, welche von diesem Problem maßgeblich beeinflusst werden. Danach ist in Anlehnung an die „Technology Readiness Level“-Methode ein entsprechendes Skalenmaß zu bestimmen dieses als zusätzliche „Robustheitsschicht“ über das Datenmodell des „Domain Managers“ zu legen (AP 2-1). Eine Berücksichtigung dieser Robustheitswerte innerhalb der Bewertungsmethode ist zu konzipieren und im „Recommender“ (AP 2-3) zu implementieren.

AP 2-1: „Domain Manager“-Modul im DOCASYS

Begleitend zur gesamten Projektbearbeitung soll das DOCASYS-System sowie das zugrunde liegende Fachmodell den jeweils auftretenden Anforderungen angepasst und ausgebaut werden. Es handelt sich somit um einen dauerhaften, iterativen Prozess. Es sollen dafür Techniken des Konfigurationsmanagements und der Agilen Softwareentwicklung eingesetzt werden. Diese zum einen explizit auf die Konfiguration von Fachmodellen angewendet und zum anderen für die Weiterentwicklung des „Domain Manager“-Moduls. Die Weiterentwicklung des Fachmodells und entsprechende Anpassungen in der Software sollten bis Ende 2020 abgeschlossen sein, um einen stabilen Entwicklungsstatus zu erreichen, auf welchen die übrigen Module aufbauen können.

AP 2-2: „Rule Definition“-Modul im DOCASYS

Zur Umsetzung einer natürlich-sprachlich konfigurierbaren Regelsprache soll auf der bereits implementierten DMN-Typisierung aufgebaut werden und die darin enthaltene Aussagensprache so erweitert werden, dass neben einfachen Variablen und primitiven Werten auch komplexe Typen des Fachmodells und deren korrespondierende Objekte im Domain Manager verwendet werden können. Es soll somit ein DMN-Dialekt als Fachsprache innerhalb des Projektes entwickelt werden.

Im ersten Schritt erfolgt die Sprachkonzeption auf Grundlage des DMN-Metamodells, was auch die Spezifikation der enthaltenen Expression Language umfasst. Daraus resultiert ein erweitertes Metamodell, welches den DMN-Dialekt repräsentiert. Dieses Metamodell muss hernach auf Basis des bestehenden „Modeler“-Moduls im „Rule Definition“-Modul implementiert werden, um die Regelspezifikation für die Bewertungsmethode zu erlauben. Damit einher geht die Integration des DMN-Dialekts mit der Datenbasis des „Domain Managers“. Hierfür ist eine entsprechende Schnittstelle zu konzipieren und zu implementieren. Für die Sprachentwicklung können verschiedene methodische Vorarbeiten aus Phase 2 genutzt werden.

AP 2-3: „Recommender“-Modul im DOCASYS

Die Arbeiten zur Realisierung des Entscheidungsunterstützungssystems sind dreigeteilt. Zuerst ist es erforderlich, die Bewertungsmetrik vollständig informationstechnisch umsetzen. Dafür werden die methodisch fixen Elemente des Bewertungsrahmens mit den variabel definierbaren Regeln des „Rule Definition“-Moduls integriert und eine Ausführbarkeit in Abhängigkeit von Nutzeranfragen ermöglicht.

In einem zweiten Schritt ist dieser Entscheidungskern mit der Sicht des Anwenders zu kombinieren und entsprechende Interaktionspfade im Sinne von „Frage-Antwort“-Strukturen zu definieren. Dahinter steht die Motivation, sowohl hinreichend detaillierte Nutzereingaben als auch entsprechende Präferenzen zu ermitteln, um passende Lösungen und Lösungskonfigurationen vorzuschlagen. Diesbezüglich ist auch der Umgang mit unscharfen bzw. nicht vollständig abbildbaren Nutzereingaben zu klären. Beispielsweise die Fragestellung, wie individuelle Anwendungsfälle hinreichend valide auf Referenz-Anwendungsfälle abgebildet werden können.

Im letzten Schritt ist die Logik zur automatischen Ermittlung von Alternativvorschlägen und Lösungsvarianten zu konzipieren und technisch zu implementieren. Entscheidend dafür ist die Definition von Grundregeln für die Alternativberechnung und eine domänen-spezifische Definition von Grenzwerten für bestimmte Zielwerte sowie die Behandlung eventuell definierter Lösungsvarianten.

AP 3: Referenz-Anwendungsfälle und Lastfälle

Die Präzisierung und Detaillierung der kennzeichnenden Parameter und Wertzuordnungen für die in Phase 3 fokussierten Referenz-Anwendungsfälle „Großserie“ und „Kleinserie“ in Verbindung mit „Hochpräzision“ wird

Commented [TA40]: damit müssten ja genau die technologischen Anforderungen und Grenzen definiert sein, bis aufs letzte Detail. Ich halte dies für nicht abbildbar.

Commented [TA41]: Das ist doch grenzenlos.....

Commented [TA42]: ?

Commented [TA43]: ?

schrittweise auf Grundlage einer Literaturanalyse und Expertenanalyse erarbeitet. Die Anwendungsfälle werden mit Angaben zu Produktpalette (Anzahl unterschiedlicher Produkttypen führt zu unterschiedlichen Bearbeitungsprogrammen), Losgrößen (führt zu unterschiedlich häufigem Umrüsten, woraus Pausenzeiten und erforderliche Flexibilität der Lösungsverfahren resultieren), Produktionsmerkmalen (z.B. Schichtsystem, welches zu unterschiedlichen Pausen- und schließlich Abkühlzeiten führt) sowie Umgebungsbedingungen (z.B. Hallenklimatisierung) charakterisiert, aus denen schließlich in einem weiteren Schritt repräsentierende Lastfälle abgeleitet werden. Die Lastfälle werden schließlich SFB/TR 96-intern standardisiert und den TP für den Nachweis ihrer Lösungsverfahren vorgegeben. Für die Ableitung der Lastfälle soll auf Vorarbeiten in den einzelnen Teilprojekten ebenso zurückgegriffen werden wie auf Lastfälle, welche in Standards und Industrienormen skizziert sind.

Das bestehende Fachmodell in DOCASYS wird hierbei um das Konzept „Praktischen Lastfall“ erweitert, um die Untersuchungen an den Demonstratoren vollständig erfassen und die Vergleichbarkeit der Lösungsverfahren herstellen zu können. Ferner sind erforderliche Handreichungen und Dokumentationen zu den erarbeiteten Standardlastfällen zu erarbeiten und innerhalb des SFB/TR 96 zu kommunizieren.

AP 4: Nachweismethoden

Die in den Phasen 1 und 2 entwickelte, Testwerkstück-basierte Nachweismethode wird in Phase 3 angewendet, um die Wirksamkeit der Lösungsverfahren an den Demonstratoren nachzuweisen. In Bezug zu AP 3 werden die erforderlichen anwendungsfallspezifischen Lastfälle durch Anpassung des Bewegungsregimes entwickelt. Dabei werden mögliche Erweiterungen der Testwerkstück-Anwendung erarbeitet und erforderliche Anpassungen vorgenommen.

Um eine Eignung der Testwerkstück-basierte Nachweismethode anwendungsorientiert einschätzen zu können, werden alternative Nachweismethoden hinsichtlich Aufwand und Nutzen sowie Praktikabilität entsprechend der Anwendungsfälle analysiert und bewertet. Diese Analysen erfolgen unter Nutzung und Erweiterung von DOCASYS.

AP 5: Bewertung der Langzeitwirkung

Die Taxonomie zur Bewertung der Langzeitwirkung von Lösungsverfahren soll auf Basis der VDMA-Richtlinie 34160 erfolgen. Die darin beschriebenen Aspekte (z.B. verschiedene Kostenarten) sind einzeln hinsichtlich der Anwendbarkeit bzw. Relevanz für Lösungsverfahren zu untersuchen. Die einzelnen Aspekte sollten sowohl die Wirksamkeit und Güte der Lösung betreffen, ihre Adaptierbarkeit auf geänderte Randbedingungen und Einsatzszenarien, sowie das Management der Methode selber im Zeitverlauf. Hierzu kann verschleißbedingte Materialwartung (von z.B. Sensoren) ebenso zählen wie das wiederkehrende Neukonfigurieren der Methode durch Fachanwender. Alle ermittelten Aspekte sollen vereinheitlicht und systematisiert werden, um sie als zusätzliche Dimension in der Bewertungsmethode und somit auch im DOCASYS-System abzubilden. Es ist dabei zu analysieren, ob ein Aspekt ausschließlich für Korrekturverfahren oder nur für Kompensationsverfahren relevant ist. Es sind dabei jeweils mögliche Auswirkungen zu skizzieren, um den Teilprojekten mögliche Konsequenzen aufzuzeigen und innerhalb für die Fragestellung der Langzeitwirkung zu sensibilisieren. Die Bewertung der Langzeitwirkung eines Lösungsverfahrens erfolgt dann auf Basis von Interviews und einer entsprechenden Dokumentation in DOCASYS. Entsprechend des Feedback-Ansatzes sollten Hinweise zur Aufwandssenkung oder Qualitätssteigerung in der Langzeitwirkung direkt an Teilprojekte kommuniziert werden.

AP 6: Kombinierbarkeit

Die Analyse der Möglichkeiten und Potenziale orientiert sich an den Einflussbereichen der thermo-energetischen Wirkungskette. Zunächst werden alle Lösungsverfahren in einer Verknüpfungsmatrix dargestellt. Da davon ausgegangen werden kann, dass für Anwendungen in der Hochpräzisionsfertigung weitere Maßnahmen des Value-Engineerings (z.B. Arbeitsvorbereitung, Vorrichtungsoptimierung, Schruppen-Schlichten-Optimierung) erfordern. Deshalb werden diese Aspekte in diese Betrachtungen einbezogen. Über Plausibilitätsbetrachtungen und paarweisen Vergleich werden sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten herausgearbeitet. Für die Bewertung einer Kombination wird eine Methode entwickelt, mit der die daraus resultierende Skalierung der Wirksamkeit auf Basis von Schätzwerten abgebildet werden kann. Ergänzend wird der resultierende Gesamtaufwand einer Kombination analysiert.

Für die konkretere Analyse der Wirksamkeit von Kombinationen wird zudem das in A05 entwickelte Gesamtmodell der virtuellen Demonstratoren genutzt. Die so ermittelten Analyseergebnisse werden in DOCASYS protokolliert und somit in die Eignungsbewertung einbezogen.

AP 7: Tagungsbeiträge und Arbeitsbericht

In regelmäßigen Abständen werden die Projektergebnisse in Zeitschriften und auf Tagungen publiziert und schließlich im Arbeitsbericht dokumentiert.

Commented [TA44]: sinnvoll

C05

Esswein, Wiemer



Arbeitspaket	2019		2020				2021				2022				2023	
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
1																
2-1																
2-2																
2-3																
3																
4																
5																
6																
7 (Tagungsbeiträge)																
7 (Arbeitsbericht)																

Commented [hw45]: Habe das letzte halbe Jahr für die abschließende Bewertung aller Ergebnisse vorgesehen. Oder wird das woanders gemacht?

3.4.4 Erwartete Ergebnisse

Folgende Ergebnisse werden aus C05 erwartet:

- Gesamtdarstellung der Eignung der im SFB/TR 96 entwickelten Lösungsverfahren und Kombinationen für die ausgewählten Anwendungsfälle.
- Methode zur Erhebung von Aufwänden für die Entwicklung, Inbetriebnahme und den Betrieb der Lösungsverfahren sowie zum Nachweis der Wirksamkeit.
- Methode zur Bewertung der Anwendungsfallbezogenen Eignung von Lösungsverfahren und Nachweisverfahren.
- Methode der Testwerkstück-basierten Analyse des thermischen Verhaltens der WZM.
- Anwendungsbeispiele für den virtuellen Demonstrator.

3.5 Stellung innerhalb des SFB/TR 96

C05 nimmt aufgrund der Bewertungsthematik eine übergreifende Stellung innerhalb des SFB/TR 96 ein. Für die Analyse der Aufwendungen der Korrekturverfahren liefert C05 zunächst ein Vorgehen zur Beschreibung der Entwicklungsprozesse an B06, B07, B08, B09, C06, C03, um mit deren Angaben die Aufwandsverteilung abschätzen zu können. Schließlich erhalten B06, B07, B08, B09, C06, C03 Aussagen über Potenziale hinsichtlich weiteren Entwicklungsbedarfs in der Entwicklung der Korrekturverfahren.

Für die Beurteilung der Korrekturverfahren liefert C05 an die AG Demonstratoren sowohl eine Methode zur Nutzung der Prüfwerkstücke als auch Prüfwerkstück-Rohlinge, die unter Anwendung der Korrekturverfahren zu Prüfwerkstücken auf den Demonstratoren bearbeitet werden. C05 vermisst die Prüfwerkstücke und liefert die Messergebnisse und Aussagen zur Wirksamkeit der Lösungsverfahren.

Commented [TA46]: Müsste hier nicht wirklich jedes TP genannt werden, ausnahmslos?

3.6 Abgrenzung gegenüber anderen geförderten Projekten

Die Teilprojektleiter haben keine anderen geförderten Projekte, die für dieses Vorhaben relevant sind.

3.7 Ausstattung des Teilprojekts

3.7.1 Bisherige Förderung

Das Teilprojekt wird seit Juli 2011 im SFB/TR 96 gefördert.

3.7.2 Beantragte Mittel

Bitte Excellatabellenblatt ausfüllen



C05

Esswein, Wiener

3.7.3 Beantragte Personalmittel für die neue Förderperiode

	laufende Nummer	Name, akademischer Grad, Dienststellung	engere Fachzugehörigkeit	Institut der Hochschule oder der außeruniversitären Einrichtung	Projektmitarbeit in Wochenstunden	Kategorie	Finanzierungsquelle
Vorhandenes Personal							
Wissenschaftliches Personal							
Nichtwissenschaftliches Personal							
Beantragte Personalmittel							
Wissenschaftliches Personal						Dok.	
Nichtwissenschaftliches Personal							

<Soweit die Namen der betreffenden Personen noch nicht bekannt sind, setzen Sie bitte „N.N.“ ein. Personalfragebögen finden im Programm Sonderforschungsbereiche keine Anwendung. Unter Finanzierung sind zu benennen „Grundausrüstung“ (der Universität / beteiligten Einrichtung) oder beispielsweise „Alexander von Humboldt-Professur“, „Stipendium der <Stiftung>“, „Exzellenzcluster <x>“, „Emmy-Noether-Programm der DFG“ etc. Bei der Benennung der Kategorien richten Sie sich bitte erläuterten Personalkostenkategorien Postdocs, Doktoranden, sonstige wiss. MA (E 9 – E12), nichtwiss. MA (E2 – E8).

Für alle aufgeführten Personen sind im Folgenden die Aufgaben zu beschreiben, die von ihnen im Rahmen des Teilprojekts übernommen werden sollen. Für jede Personalstelle, für die Mittel beantragt werden, muss aus der Aufgabenbeschreibung unter Berücksichtigung des Beitrages der vorhandenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Notwendigkeit erkennbar werden. Sollen einzelne Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter in mehreren Teilprojekten eingesetzt werden, so ist hierauf sowohl bei dem Teilprojekt, bei dem die Mittel für die Mitarbeiterin bzw. den Mitarbeiter beantragt werden, als auch bei den anderen Teilprojekten bei der Aufgabenbeschreibung deutlich hinzuweisen.>

Aufgaben der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die beantragte Förderperiode (vorhandene Mittel):

- 1) <laufende Nummer gemäß obenstehender Tabelle> <Name>
- <Aufgabenbeschreibung>

Aufgaben der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die beantragte Förderperiode (beantragte Mittel):

- 2) <laufende Nummer gemäß obenstehender Tabelle> <Name>
- <Aufgabenbeschreibung>

3.7.4 Beantragte Sachmittel für die neue Förderperiode

	2019/2	2020	2021	2022	2023/1
<ggf.Institution:> vorhandene Mittel aus <Finanzierungsquelle>					
Summe der vorhandenen Mittel					
Summe der beantragten Mittel					



→ 25% vorhandene Mittel

Übernahme aus Excelblatt

<Kategorie> für Haushaltsjahr 2019/2

<Kategorie> für Haushaltsjahr 2020

<Kategorie> für Haushaltsjahr 2021

<Kategorie> für Haushaltsjahr 2022

<Kategorie> für Haushaltsjahr 2023/1

<Sachmittel können in den in Kapitel 4 erläuterten Kategorien beantragt werden. Bitte beachten Sie außerdem in der Kategorie Geräte bis 10.000 Euro, Software und Verbrauchsmaterial: Arbeitsplatzrechner und Standardsoftware sind grundsätzlich Grundausrüstung. Entsprechende Mittel können nur bei ausdrücklicher projektspezifischer Notwendigkeit bewilligt werden.

in der Kategorie Sonstiges: Die DFG kann in Einzelfällen Betriebs- und Folgekosten für Großgeräte (Anschaffungskosten brutto über 50.000 Euro) übernehmen, die durch projektspezifischen Mehrbedarf bedingt sind. Die Finanzierung des Grundbedarfs des jeweiligen Großgeräts wird als Grundausrüstung erwartet. Abschreibungs- und Reinvestitions- sowie Wartungs- und Reparaturkosten können nicht, auch nicht anteilig, übernommen werden. Personalbedarf kann in den Betriebs- und Folgekosten nur anteilig entsprechend der Notwendigkeit geltend gemacht werden, das Gerät über den Normalbetrieb hinaus für ein Forschungsprojekt in Betrieb zu halten. Projektspezifische Betriebs- und Folgekosten können grundsätzlich nur bewilligt werden, wenn eine mit der Geschäftsstelle der DFG abgestimmte Nutzungsordnung mit pauschalierten Kostensätzen vorgelegt wurde (siehe DFG-Merkblatt 55.04).>

Deleted: 0

3.7.5 Beantragte Investitionsmittel für die neue Förderperiode

Investitionsmittel für Haushaltsjahr 2019/2

Investitionsmittel für Haushaltsjahr 2020

Investitionsmittel für Haushaltsjahr 2021

Investitionsmittel für Haushaltsjahr 2022

Investitionsmittel für Haushaltsjahr 2023/1

<Bitte erläutern Sie für jedes Gerät, für welche Zwecke es eingesetzt werden soll. Geräte, die in mehreren Teilprojekten eingesetzt werden sollen, führen Sie bitte dort auf, wo sie überwiegend genutzt werden sollen, und weisen auf die übrigen von der Beschaffung profitierenden Teilprojekte hin. Bitte geben Sie an, welche Geräte gleicher Funktion in den am Sonderforschungsbereich beteiligten Institutionen vorhanden sind, und gehen Sie darauf ein, ob diese Geräte für die geplanten Arbeiten herangezogen werden können oder warum dies nicht möglich ist. Sollen Geräte in der eigenen oder in einer fremden Werkstatt gebaut werden, so stellen Sie bitte die Kostenkalkulation detailliert dar. Die angegebenen Preise sollen alle Nebenkosten (Mehrwertsteuer, Transportkosten usw.) einschließen.

Geräte, deren Anschaffungskosten einzeln 50.000 Euro übersteigen, werden im Fall der Bewilligung in der Regel von der DFG beschafft. Bitte begründen Sie für derartige Geräte ausführlich die gewünschte Leistungsklasse. Sind mehrere vergleichbare Geräte auf dem Markt erhältlich, so erläutern Sie bitte die Gründe, die für den beantragten Gerätetyp sprechen. Halten Sie zur Begutachtung Angebotsunterlagen – soweit möglich und sinnvoll auch konkurrierender Anbieter – bereit.

Entstehen durch die Aufstellung und den Betrieb eines beantragten Geräts zusätzliche Kosten (z.B. durch Umbauten oder Erhöhung der laufenden Kosten für Betriebsmittel, Wartungskosten oder Bedienpersonal) so ist die Übernahme dieser Kosten durch die entsprechende Institution vor der Antragstellung sicherzustellen.