

# Konzeption eines Werkstoffdatenmanagementsystems im Kontext des IEHK Aachen

von

**Ahmet Altinbüken**

Matrikelnummer: 3279887

**Seminararbeit**

an der

Fachhochschule Aachen, Campus Jülich

Fachbereich: Medizintechnik und Technomathematik

Studiengang: Angewandte Mathematik und Informatik

1. Prüfer: Prof. Dr. Alexander Voß

2. Prüfer: Dipl. Ing. Hassan Majedi

Aachen, den 22. Dezember 2022

### Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Seminararbeit mit dem Thema

Konzeption eines Werkstoffdatenmanagement-  
systems im Kontext des LEHK Aachen

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Ich verpflichte mich, ein Exemplar der Seminararbeit fünf Jahre aufzubewahren und auf Verlangen dem Prüfungsamt des Fachbereiches Medizintechnik und Technomathematik auszuhändigen.

Name: Altınbäken, Ahmet

Aachen, den 22.12.2022



Unterschrift der Studentin / des Studenten

## **Zusammenfassung**

Diese Seminararbeit beschreibt die Konzeption eines Werkstoffdatenmanagementsystems (WDMS) in Form einer Web-Applikation für das Institut für Eisenhüttenkunde an der RWTH Aachen. Dieses System soll sämtliche im Institut gewonnenen Werkstoffdaten beinhalten und den Mitarbeitern zur Verfügung stellen. Zugangsberechtigte sind dabei für die Wartung der Daten zuständig.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit wird sein ein Verständnis für die Versuche und Abläufe zu schaffen. Die Herausforderung liegt darin aus diesem Wissen eine suchbare Sammlung an Daten mit unterschiedlichen Kennwerten zu modellieren.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Aufbau der Arbeit . . . . .	1
1.3. Problemstellung . . . . .	1
1.4. Ziel der Arbeit . . . . .	2
<b>2. Vorstellung der Versuche</b>	<b>3</b>
<b>3. Anforderungsanalyse</b>	<b>8</b>
3.1. FDM im Vergleich zu einem WDMS . . . . .	8
3.1.1. Datenlebenszyklus . . . . .	9
3.1.2. Bereits vorhandene Lösungen . . . . .	10
3.2. Verschiedene Probendurchläufe . . . . .	11
3.3. Anwendungsfälle . . . . .	14
3.4. Zusammenfassung der Anforderungen . . . . .	14
3.4.1. Funktionale Anforderungen . . . . .	14
3.4.2. Nicht-funktionale Anforderungen . . . . .	16
<b>4. Konzept</b>	<b>17</b>
4.1. Web-Dienst . . . . .	17
4.2. Datenmodelle . . . . .	18
4.2.1. Erweiterung durch Schemata . . . . .	19
4.3. Benutzeroberfläche . . . . .	20
<b>5. Fazit</b>	<b>23</b>
5.1. Schlussfolgerung . . . . .	23
5.2. Ausblick . . . . .	23
<b>A. Anhang</b>	<b>24</b>
<b>B. Abbildungsverzeichnis</b>	<b>30</b>
<b>C. Literatur</b>	<b>31</b>

# 1. Einleitung

## 1.1. Motivation

Das Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK) lehrt und forscht auf den Gebieten der Eisen- und Stahlherstellung, -verarbeitung und -anwendung. Während der Forschung an Materialien aus verschiedenen Werkstoffen werden Versuche durchgeführt. Versuchsergebnisse liegen in unterschiedlichen Datenformaten vor. Thema dieser Arbeit ist die Konzeption eines Managementsystems der gewonnenen Werkstoffdaten.

## 1.2. Aufbau der Arbeit

Die Seminararbeit beginnt mit einer kurzen Vorstellung von Versuchen und Arbeitsschritten mit unterschiedlichen Materialien und Datenformaten. Dann folgt die Anforderungsanalyse mit Fokus auf der Beschreibung der Anwendungsfälle des zu konzipierenden Systems. Nachdem die Anforderungen bekannt sind, startet die Konzeption. Diese beginnt mit der Planung eines Web-Diensts, welche als Benutzer-Schnittstelle dienen soll. Sämtliche Informationen der Materialien sollen über diesen Dienst auffindbar sein. Darauf folgend werden die benötigten Daten modelliert und ihre Relationen definiert. Das Konzept endet letztlich mit mehreren Mockups zu verschiedenen Anwendungsszenarien.

## 1.3. Problemstellung

Aktuell gibt es kein zentrales System zur Erfassung von Werkstoffdaten am IEHK. Sobald in einer Abteilung ein Versuch abgeschlossen und somit Daten gewonnen wurden, speichert der zuständige Mitarbeiter diese an einem Ablageort, z.B. einem Netzwerkordner des Auftraggebers. Allerdings handelt jede Abteilung unterschiedlich, sodass verschiedene Speicherorte existieren. Ein Problem stellt somit die erschwerte Wiederfindbarkeit der Informationen dar.

Die Messdaten liegen in verschiedenen Formaten vor, wie z.B. Bildern, Videos oder zum Großteil CSV-Dateien. Es soll ein Managementsystem entworfen werden, dass es erlaubt diese Messdaten zentral zu speichern. Außerdem soll es möglich sein, Proben anhand von Kennwerten zu suchen.

## **1.4. Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist der Entwurf eines zentralen Werkstoffdatenmanagementsystems zum Anlegen, Suchen und Editieren von Versuchsdaten. Dieses System soll einen kompletten Einblick in einen Werkstoff und die dazugehörige Versuche sowie den daraus abgelesenen Messwerten ermöglichen, sodass ein Nutzer zu jedem Zwischenschritt nachvollziehen kann, wodurch ein Werkstoff in einen bestimmten Zustand versetzt wurde. Dabei soll diese Applikation entsprechend vorhandener Frontend-Architekturen im IEHK entworfen werden und als Web-Dienst angeboten werden. Probenkennwerte sollen in einer Datenbank gespeichert und über den Web-Dienst präsentiert werden.

## 2. Vorstellung der Versuche

Nach der Anlieferung müssen die Werkstoffe teilweise zurechtgeschnitten und vorbereitet werden damit sie in den einzelnen Abteilungen untersucht werden können. Folgenden Abteilungen bearbeiten die aus Werkstoffen erstellten Proben um sie zu untersuchen oder die Ergebnisse wissenschaftlich einzuordnen. Hierzu ist es meist notwendig die Werkstoffe in passende Proben zu schneiden, um dann mit diesen die Versuche zu fahren. Dieses Kapitel bietet einen Einblick in die geführten Versuche und die daraus entstehenden Daten.

### 2.1. Versuchslabore

#### 2.1.1. Metallurgie

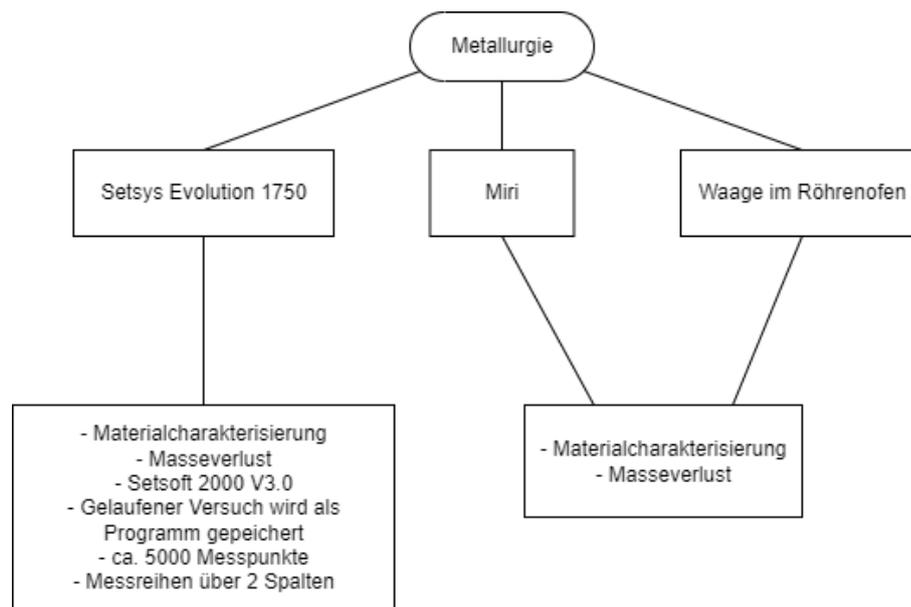


Abbildung 2.1.: Versuchslabor Metallurgie

Liegt ein Werkstoff aus unbekanntem Material vor, dann wird dieser in der Metallurgie charakterisiert. Dafür wird ein Bruchteil des Werkstoffs, meist in gemahlener Form, an eine Waage in einem der drei gasbetriebenen Industrieöfen angebracht. Erhitzt man die Probe im Ofen bis zur eingestellten Temperatur und lässt ihn wieder abkühlen, ändert sich die Masse der Probe. Die Waage nimmt genau diese

Änderungen zu jedem Zeitpunkt auf. Aus der Massenänderung bei sich ändernden Temperaturen lassen sich Schmelz- und Erstarrungstemperatur ableiten. Während eines Versuches werden ungefähr 5000 Messpunkte aufgezeichnet, zu denen man jeweils die Temperatur, das Masseprofil des Bruchstückes und das Heatflowelement misst. Durch diese Messreihen lassen sich Rückschlüsse auf das Material ziehen. Gespeichert werden die Messreihen im CSV- und ASC-Dateiformat (ASCII).

## 2.1.2. Chemielabor

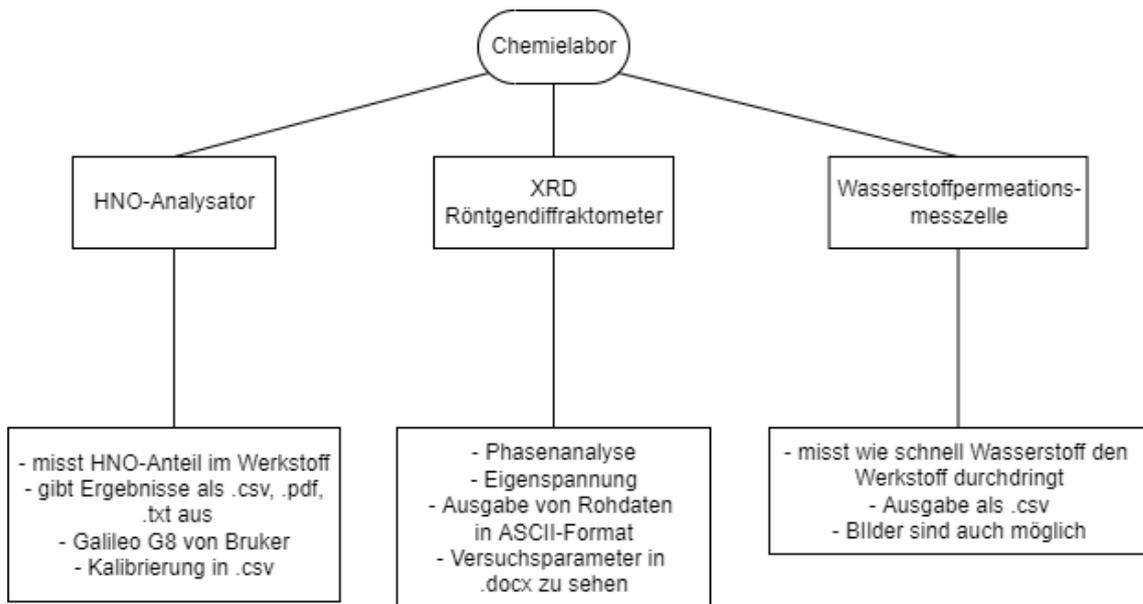


Abbildung 2.2.: Versuchslabor Chemielabor

Im Chemielabor ist es möglich die Wasser-, Stick- und Sauerstoffanteile in einem Werkstoff zu ermitteln. Der HNO-Analysator erhitzt die Proben bis zu 1000°C und setzt somit die zu messenden Stoffe frei. Die Verteilung der Stoffe lässt sich währenddessen messen und diese Messwerte werden in CSV-Dateien abgelegt. Mit einem XRD-Röntgendiffraktometer lässt sich ein Werkstoff auf seine Struktur untersuchen, indem Röntgenstrahlung an der Probe gebeugt wird. Hierfür werden über 1000 Messpunkte vermessen und die Werte in einer ASC-Datei gespeichert. Ein weiterer Versuchsstand im Chemielabor ist die Wasserstoffpermeationsmesszelle (WPM). Mit Hilfe der WPM lässt sich die Permeation, also das Durchdringen von Wasserstoff durch eine Werkstoffprobe, messen. Die Messwerte liegen auch hier im CSV-Format vor, zusätzlich ist auch eine optionale Ausgabe eines Diagramms als Bild möglich.

### 2.1.3. Werkstoffprüfung

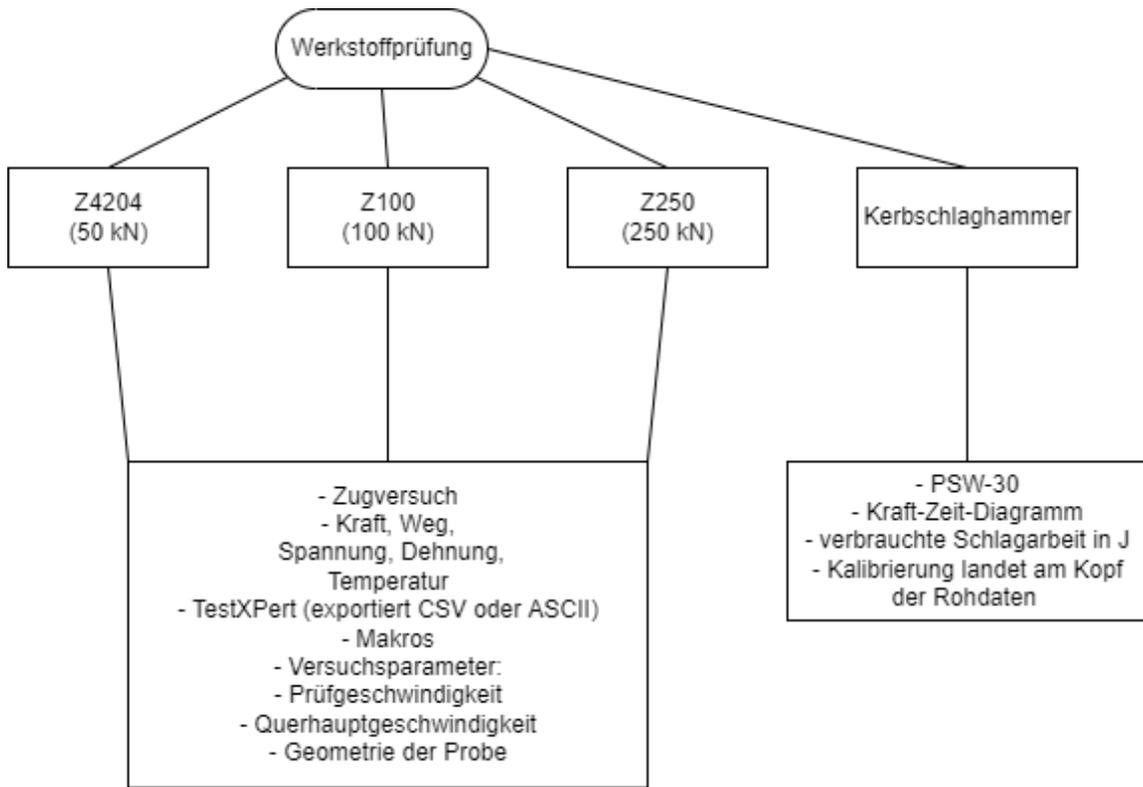


Abbildung 2.3.: Versuchslabor Werkstoffprüfung

In der Werkstoffprüfung werden zum Großteil Zugversuche durchgeführt. Zugversuche dienen u.a. zur Bestimmung der Dehn- und Kraftänderung eines Werkstoffs. Für die Durchführung eines Versuchs werden Werkstoffe, geschnitten in Flach- oder Rundproben, von beiden Enden in einer Zugmaschine der Marke Zwick fixiert. Diese Maschinen dehnen die Werkstoffproben bis zum Bruch und messen währenddessen mit zwischen 1000-2000 Messpunkten die bestimmten Eigenschaften. Die aufgezeichneten Messwerte werden in der Software testXpert, auch von Zwick, aufbereitet und bieten einen Export in ein gewünschtes Dateiformat. Im IEHK ist dies üblicherweise auch das CSV- oder ASC-Format.

Der Kerbschlaghammer dient zur Charakterisierung der Zähigkeit eines Werkstoffs. Hierfür wird ein eingependelter Hammer auf die Probe fallen gelassen und die beim Aufprall verbrauchte Schlagarbeit (in Joule) gemessen. Dabei entstehen bis zu 10000 Messpunkte, die im ASC-Format gespeichert werden.

## 2.1.4. Warmumformung

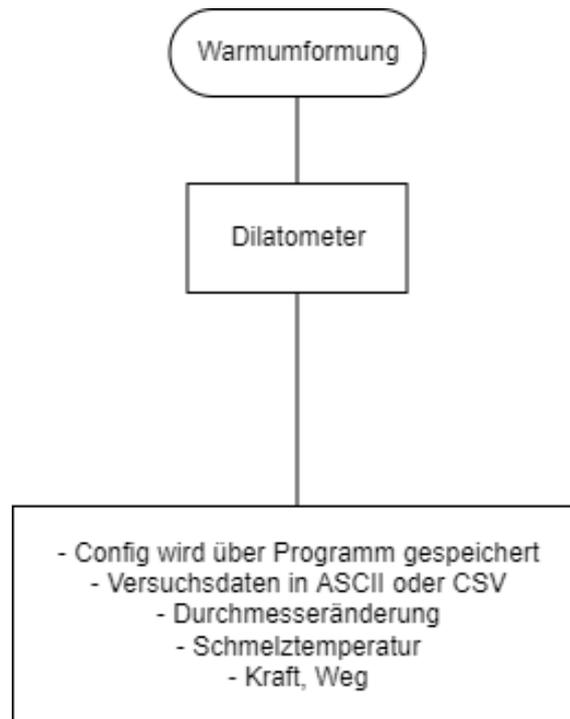


Abbildung 2.4.: Versuchslabor Warmumformung

Die Dilatometer in der Warmumformung werden für die Messung der thermischen Ausdehnung genutzt. Diese Maschine kann eine Probe wärmebehandeln und gleichzeitig die geometrische Änderung aufzeichnen. Dazu wird ein Thermoelement auf die Probe geschweißt und die Probe in der Maschine befestigt. So ist eine Anwendung des Dilatometers das mehrmalige Erhitzen, Stauchen und Abschrecken einer Werkstoffprobe, um dann die resultierende Durchmesseränderung zu erfassen. Bei einem anderen Versuch wird der Werkstoff bis zum Schmelzpunkt erhitzt und währenddessen gezogen. Hierbei wird die Kraft, der Weg und die Temperatur gemessen. Durch Analyse dieser Daten lässt sich feststellen, ob der Werkstoff beim Guss brechen wird.

Die gesammelten Daten beider Versuche werden jeweils in ASC-Dateien abgelegt.

## 2.1.5. Metallografie

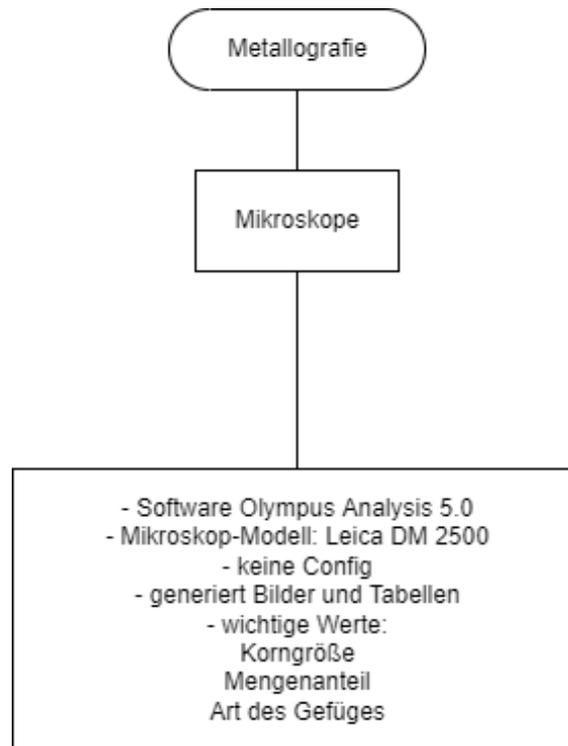


Abbildung 2.5.: Versuchslabor Metallografie

Die Metallografie untersucht verschiedenste metallische Werkstoffe auf ihre Zusammensetzungen, in dem sie ihre Gefüge beschreibt. Dies geschieht nach eine Reihe von Probenpräparationen, wie z.B. Schleifen, Polieren oder Ätzen, unter einem Mikroskop. Hierbei werden Kristallgrößen, ihre Arten und Verteilungen gemessen. Aus diesen Daten, gespeichert im CSV-Format, generiert die Software Olympus Analysis Diagramme lassen sich Diagramme generieren.

## 2.1.6. Übersicht

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der erzeugten Dateien pro Versuch an einer Probe.

Zusammenfassung		
Abteilung	Format(e)	Dateigröße(n)
Metallurgie	CSV, ASC	100kB
Chemielabor	CSV, ASC, PNG	200kB
Werkstoffprüfung	CSV, ASC	500kB
Warmumformung	ASC	200kB
Metallografie	CSV, PNG	max. 5MB

# 3. Anforderungsanalyse

## 3.1. FDM im Vergleich zu einem WDMS

Im Vergleich zu einem WDMS dient ein Forschungsdatenmanagement (FDM) [1] hauptsächlich der langlebigen Speicherung von Forschungsdaten und einem nachhaltigen Zugang zu diesen. Prinzipiell verfolgen beide Ideen das gleiche Ziel und es lassen sich klare Gemeinsamkeiten finden. FDMs legen dabei großen Wert auf gute Dokumentation, Datensicherung und eine der Anwendung angepasste Langzeitarchivierung, um das Risiko von Datenverlust so klein wie möglich zu halten. Einige Bedingungen für eine gelungene Langzeitarchivierung sind wie folgt:

- Die zu sichernden Daten sollten mindestens über 10 Jahre erreichbar sein.
- Um Nachhaltigkeit zu gewährleisten, sollten diese Aspekte berücksichtigt werden:
  - Soft- und Hardwarewechsel
  - Speichermediumwechsel, z.B. bei einer Datenmigration
  - Mitarbeiterwechsel bzw. sich ändernde Zugangsrechte
- Damit eine Nachnutzung erleichtert wird oder ein Verständnis für den Prozess des Datengewinns geschaffen werden kann, bedarf es an Kontext:
  - Erhebungsmethoden - welche Art von Versuchen wurden ausgeführt?
  - Soft- und Hardware - wie sahen die Rahmenbedingungen der genutzten Maschinen aus?
  - Kodierung - sind die Daten offen lesbar oder verschlüsselt?
  - Metadaten - welche Art von Daten liegt vor?
- Die Wahl offener Datentypen ist empfohlen, also solcher deren Spezifikationen dokumentiert sind und von unterschiedlichen Programmen unterstützt werden.

Das Konzept des noch ausstehenden WDMS sollte diese Bedingungen erfüllen.

### 3.1.1. Datenlebenszyklus

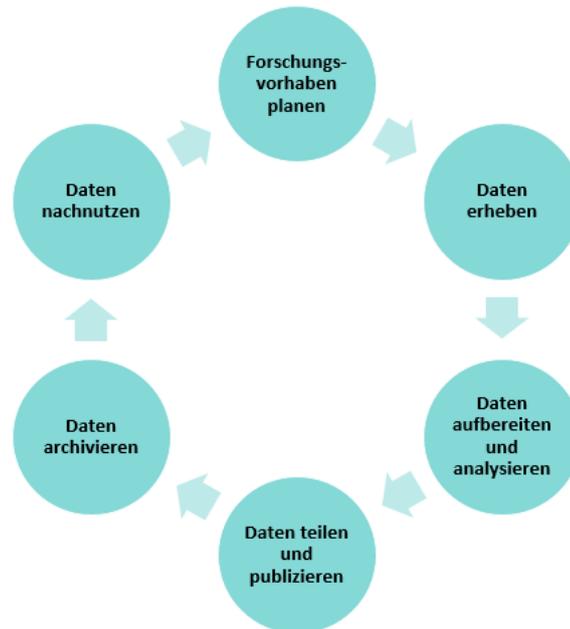


Abbildung 3.1.: Datenlebenszyklus <sup>1</sup>

In Abbildung 3.1 ist ein möglicher Datenlebenszyklus, ein wichtiger Bestandteil eines FDMs, zu sehen, der die einzelnen Stationen und ihre darauf folgenden Schritte beschreibt. Startet man mit “Forschungsvorhaben planen”, so ist an diesem Schritt die Planung des Datenmanagements und eventuelle Lokalisierung von bereits vorhandenen Daten vorgesehen. Sobald die Planung abgeschlossen ist, werden Versuche durchgeführt um Daten zu messen, aufzuzeichnen und sammeln. Diese Daten müssen digitalisiert und dann interpretiert oder beschrieben werden. Dabei kann man sie, falls noch nicht geschehen, in eine komprimierte Form konvertieren oder spezielle Informationen extrahieren. Ist man bei “Daten teilen und publizieren” angelangt, dann werden die Daten für die Publikation vorbereitet. Sind hierzu die nötigen Zugangskontrollen bestimmt und die rechtlichen Bedingungen erfüllt, dann können sie auch publiziert und geteilt werden. Um eine spätere Nachnutzung zu ermöglichen, sollten die Daten archiviert werden. Dazu sollte man sie auf Speichermedien übertragen, die für längere Archivierung vorgesehen sind. Ebenso eignet sich hier die Sicherung durch Backups und Metadaten sowie einer Dokumentation zur Gewährleistung der Langlebigkeit der Daten. “Abschließend” lassen sich nun auf Basis dieses etablierten Wissensstands neue Versuche aufbauen oder für die Lehre verwenden. Sollte weitere Versuche oder Forschungen geplant sein, dann beginnt der Zyklus wieder von vorne.

<sup>1</sup><https://forschungsdaten.info/themen/informieren-und-planen/datenlebenszyklus/> - Zuletzt aufgerufen am 01.12.2022:

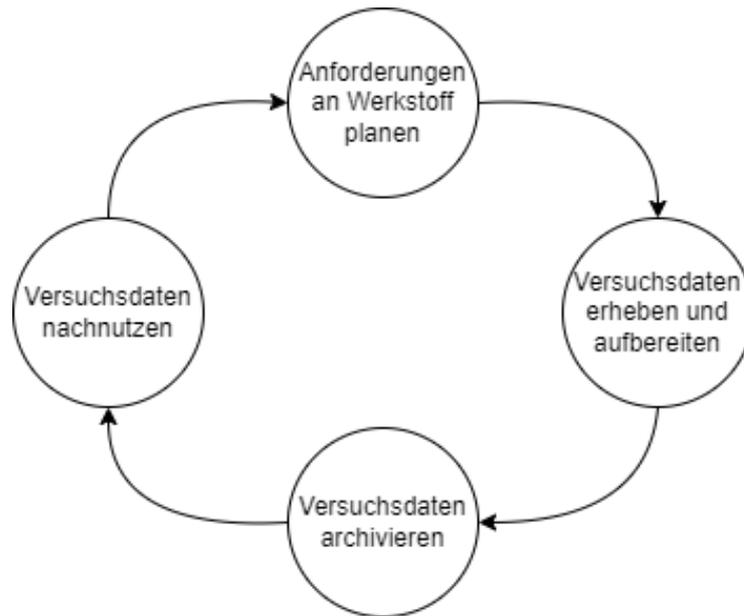


Abbildung 3.2.: Abgeleiteter Zyklus für das IEHK

Der Zyklus aus Abbildung 3.1 lässt sich zwar auch für dieses Problem einsetzen, ist aber aufgrund seiner Zwischenschritte nicht optimal für den Einsatz im IEHK. Technisches Personal erhält durch die Durchführung von Versuchen jeweils sämtliche relevante Messwerte und bereitet jene dann für die Weitergabe an den Auftraggeber vor. Dazu gehört Formatierung und die Selektion von wichtige Kennwerten bzw. -größen. Die Formatierung wird meistens durch eine Steuersoftware der Versuchsanlage vorgenommen.

Der Publikation der Daten kann optional nach der Archivierung vorgenommen werden. Setzt man diese Punkte um, dann erhält man einen angepassten Zyklus, siehe Abbildung 3.2, für den Umgang mit Daten im IEHK.

### 3.1.2. Bereits vorhandene Lösungen

Es existieren bereits verschiedene Ansätze oder auch Lösungen von Forschungsdatenmanagements. Diese Systeme, wie z.B. MATDAT[2], bieten zwar viele Charakteristika von unterschiedlichen Materialien an, geben aber dafür keinen Einblick auf den Kontext. Es ist beispielsweise nicht ersichtlich, wie der Werkstoff zuvor behandelt wurde oder welche Versuche in was für einer Reihenfolge durchlaufen wurden. Außerdem gibt es keine Option zur Wiederholung eines Versuchs.

## 3.2. Verschiedene Probendurchläufe

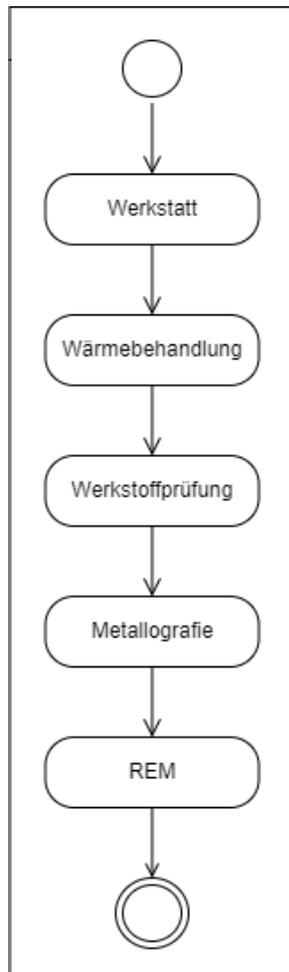


Abbildung 3.3.: Linearer Durchlauf

Werkstoffproben werden im IEHK auf unterschiedlichste Arten behandelt und untersucht. Dafür hat nahezu jede Gruppe von Wissenschaftlern einen anderen Versuchsablauf ihrer Proben. Abbildung 3.3 beschreibt eine simple Vorgehensweise. Eine Probe bzw. ein noch für Versuche untauglicher Werkstoff wird zuerst in der Werkstatt vorbereitet, also in die richtige Form geschnitten, und durchläuft dann Schritt für Schritt die einzelnen Anlagen. Zwischen jedem Versuch erhalten die Wissenschaftler ihre Proben zurück und entscheiden an dieser Stelle, ob die Bearbeitung abgeschlossen ist oder weitere Versuche folgen.

Sollte der Wissenschaftler am Ende der Versuchsreihen entscheiden, dass die erstrebten Messwerte nicht erreicht oder zu hohe Abweichungen von erwartbaren Ergebnissen aufgetreten sind, dann kann der vollständige Prozess in der gleichen Reihenfolge mit einer anderen Probe vom gleichen Werkstoff wiederholt werden. Diesmal eventuell mit anderen Versuchsparametern.

Diese Art von Verlauf hat keine besondere Anforderung und kann in einer simplen Liste implementiert werden. Es ist keine Wiederholung eines einzelnen Versuchs vorgesehen.

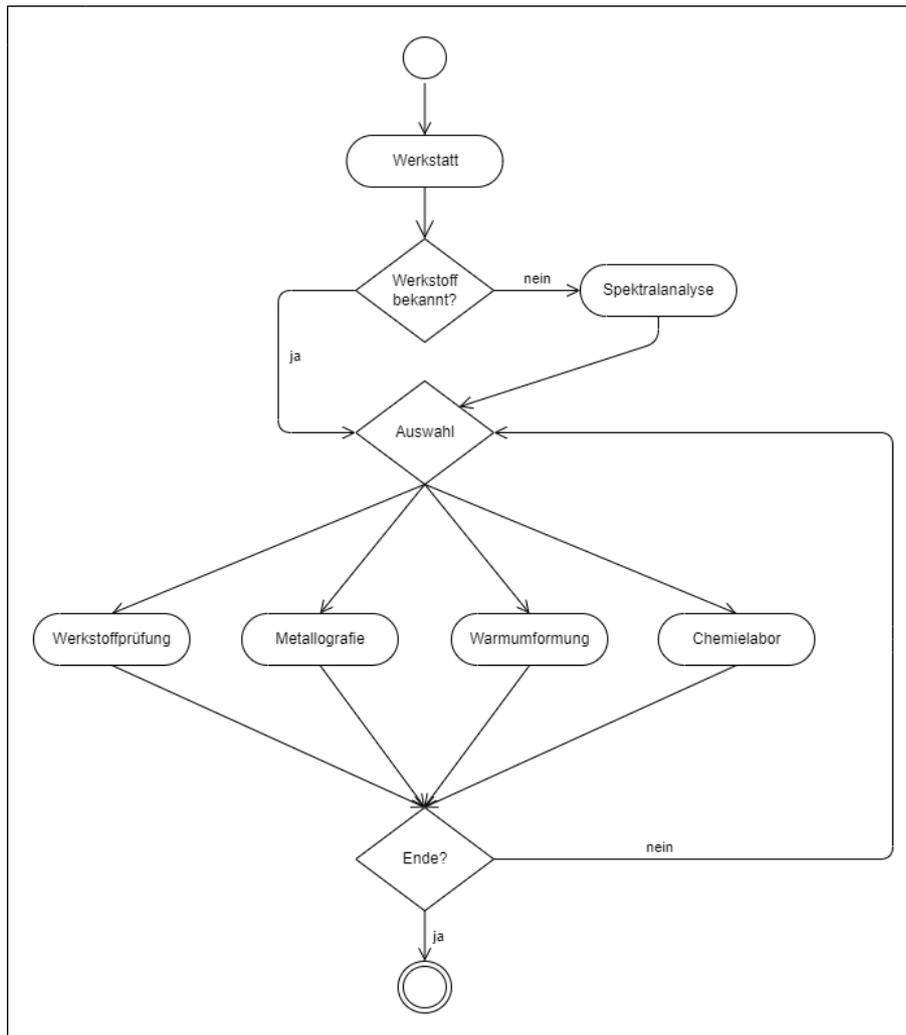


Abbildung 3.4.: Durchlauf mit Wiederholungen

Abbildung 3.4 zeigt eine komplexere Arbeitsweise als im Abschnitt zuvor beschrieben. Hier muss zunächst eine Bedingung erfüllt bzw. Entscheidung getroffen werden bevor der nächste Schritt begonnen werden kann. Ebenso fällt auf, dass nach den ersten Präparationen ein Versuch beliebig oft durchgeführt werden kann, entweder direkt hintereinander oder nach einer anderen Station. Hierbei handelt es sich nicht unbedingt um die exakte Wiederholung eines Versuches, sondern um einen weiteren dieser Art.

Der Auftraggeber erhält zwischen jedem Schritt die angefallenen Daten und entscheidet nach deren Betrachtung den nächsten Schritt. Ist die Werkstoffprobe unbrauchbar oder alle geplanten Versuche gemacht, dann endet die Versuchsreihe.

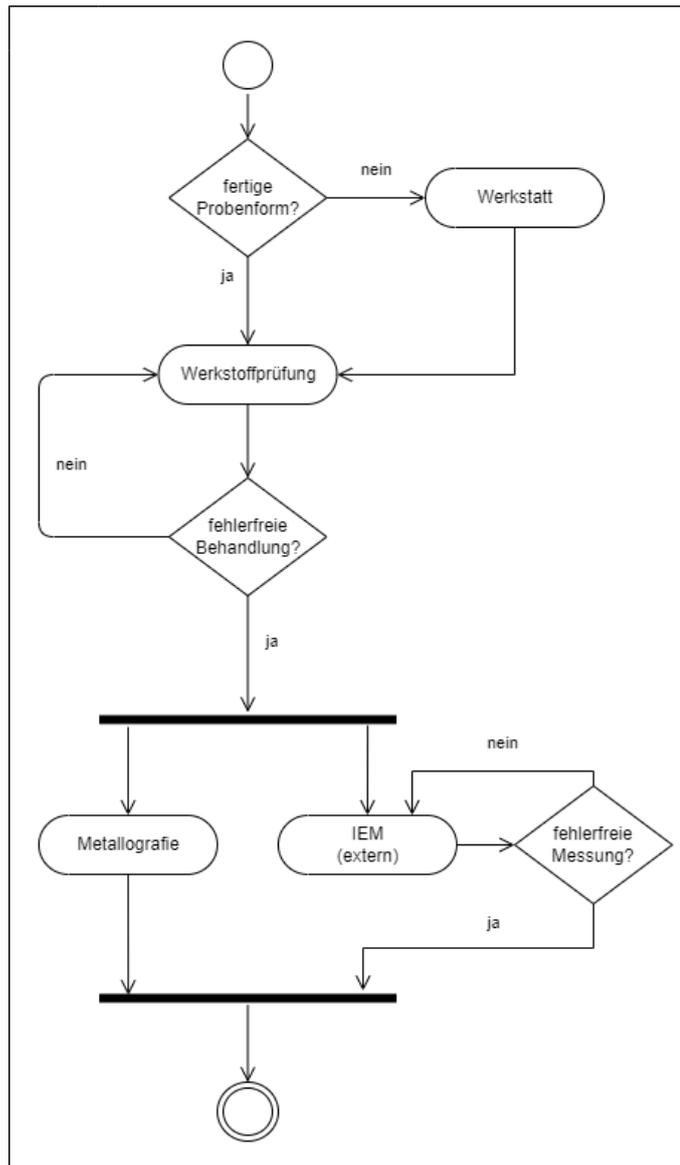


Abbildung 3.5.: Durchlauf mit paralleler Behandlung

Ein anderer Ansatz wird in Abbildung 3.5 in Form einer parallelen Abarbeitung illustriert. Bei diesem Durchlauf wird die Probe nach einer fehlerfreien Behandlung in der Werkstoffprüfung zur Hälfte in die Metallografie und zur anderen Hälfte an das IEM<sup>2</sup> für magnetische Messungen geschickt. Nachdem die Ergebnisse beider Messungen bei dem Wissenschaftler angekommen sind, gilt die Versuchsreihe als beendet.

<sup>2</sup>Institut für Elektrische Maschinen und Lehrstuhl für Elektromagnetische Energiewandlung

### 3.3. Anwendungsfälle

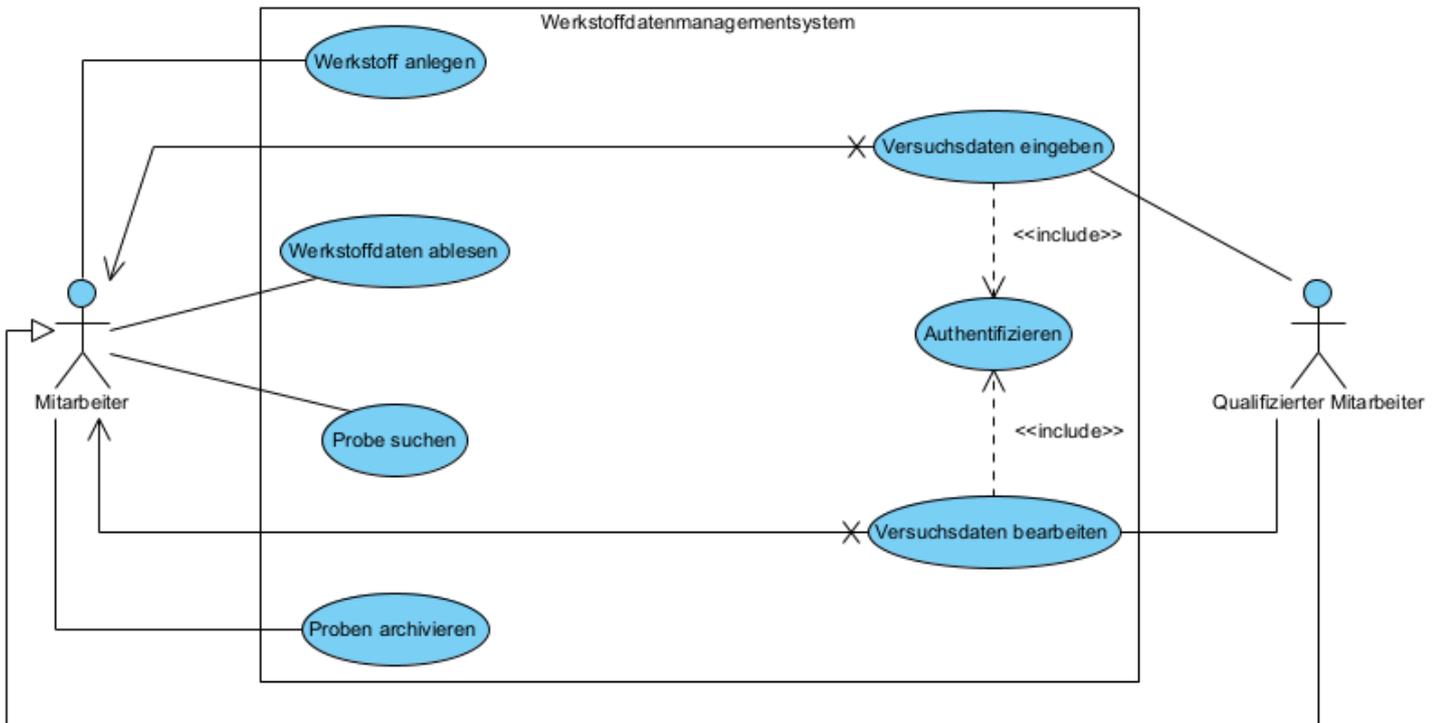


Abbildung 3.6.: Anwendungsfalldiagramm

Das Diagramm in [Abbildung 3.6](#) setzt die Anwendungsfälle und Akteure in einen Zusammenhang. Dabei ist zu beachten, dass ein Mitarbeiter im Vergleich zu einem qualifizierten Mitarbeiter, z.B. einem Techniker einer Versuchsanlage, beschränkte Zugriffsrechte besitzen soll. Während ein qualifizierter Mitarbeiter Versuchsdaten anlegen oder bearbeiten darf und soll, hat ein normaler Mitarbeiter bloß das Recht zum Lesen dieser Daten. Ausführlichere Informationen zu den einzelnen Anwendungsfällen können von den Tabellen aus dem [Anhang](#) abgelesen werden.

## 3.4. Zusammenfassung der Anforderungen

### 3.4.1. Funktionale Anforderungen

Auf Basis der bereits vorgestellten Anwendungsszenarien und Verfahren bezüglich Werkstoffproben lassen sich folgende funktionale Anforderungen an das zu entwerfende System stellen. Unter funktionalen Anforderungen versteht man die Dienste, die dieses System anzubieten hat [3].

## **Erstellen von Werkstoffen**

Das Erstellen bzw. Hinzufügen von Werkstoffen ist eine Kernaufgabe. In einem Werkstoff sollen, wenn bekannt, einige allgemeine Informationen wie z.B. die Stahlnummer oder Lieferant zu finden sein.

## **Werkstoffdaten ablesen**

Es muss für alle Mitarbeiter möglich sein, vorhandene Werkstoffe auszuwählen und deren Informationen abzulesen. Außerdem soll das Erstellen von Proben aus einem Werkstoff angeboten werden.

## **Probenhierarchie erkunden**

Zum Zwecke der Nachvollziehung muss ersichtlich sein, welche Schritte eine Werkstoffprobe schon hinter sich hat. Ebenso sollen alle von dieser Probe abstammenden Nachfolger erkennbar sein.

## **Versuchsdaten eingeben**

Damit eine Probe alle ihre Versuchsdaten umfasst, soll es berechtigten Mitarbeitern gestattet sein diese Daten einzupflegen. Dazu gehören wichtige Kennwerte, für den Versuch benutzte Parameter und auch Rohdaten. Die Rohdaten sollen dabei aufgrund ihrer Menge als Dateien hochgeladen und auf einem externen Speicherort abgelegt werden.

## **Versuchsdaten bearbeiten**

Sollte beim Eintragen ein Fehler unterlaufen oder etwas vergessen worden sein, dann müssen die qualifizierten Mitarbeiter diesen Stand korrigieren bzw. erweitern dürfen. Die Rohdaten sind dabei eingeschlossen.

## **Probe archivieren**

Sobald sämtliche Versuchsdaten einer Probe eingetragen sind, soll diese Probe inklusive aller ihrer (Roh-)Daten archiviert werden können. Eine spätere Änderung ist nicht erlaubt.

## **Probe suchen**

Eine Suchfunktion soll alle Proben finden, die die verlangten Kriterien erfüllen. Dabei kann es sich um einen spezifischen Versuch, dessen Konfigurationsparameter oder die erhaltenen Kennwerte handeln.

### **3.4.2. Nicht-funktionale Anforderungen**

Nicht-funktionale Anforderungen sind keine Funktionen oder Dienste sondern Qualitätsmerkmale des Systems [4]. Hier sind die für diese Arbeit bedeutendsten gelistet.

#### **Skalierbarkeit**

Der Inhalt, den der Web-Dienst zur Verfügung stellen muss, kann mit der Zeit exponentiell wachsen. Der Dienst soll also skalierbar sein und somit nicht an Leistung beim Zugriff verlieren.

#### **Wartbarkeit**

Die Wartbarkeit sollte gewährleistet sein ohne (aufwendige) Änderungen im Code vorzunehmen. Über die Administratoransicht soll das System leicht erweitert werden können.

#### **Sicherheit**

Die Vertraulichkeit und Integrität der Daten ist ein wichtiger Aspekt. Durch ein durchdachtes Rollensystem soll sichergestellt werden, dass nur autorisierte Nutzer in allen Arbeitsschritten Zugriff erhalten. Je nach Anforderung muss über eine verschlüsselte Speicherung der Daten nachgedacht werden.

## 4. Konzept

Dieses Kapitel befasst sich mit der Konzeption einer Programmierarbeit die als Web-Dienst umgesetzt werden soll. Ziel dieser Umsetzung ist die Charakterisierung und Bearbeitung von Werkstoffdaten. Hierzu sind zunächst eine allgemeine Struktur und deren Komponenten zu definieren. Dazu gehören Einblicke in den Aufbau und die Modellierung der Daten sowie ihre Abhängigkeiten bzw. Relationen untereinander.

### 4.1. Web-Dienst

In den vorherigen Kapiteln ist öfter von einem "Web-Dienst" die Rede. Dieser Begriff soll hier detaillierter beschrieben werden. Die hier zu entwerfende Anwendung ist Bestandteil der Client-Server-Architektur [5], genauer gesagt der Teil des Servers. Unter dieser Architektur stellt ein Server Daten zur Verfügung, die von Clients angefragt werden. Clients sind in diesem Fall von Mitarbeitern benutzte Browser, die auf den Server zugreifen möchten. Da dieser Dienst nur lokal im IEHK benutzt werden soll und somit keine massive Anfragenmenge zu erwarten ist, genügt ein einzelner Server.

Ruft ein Client per URL eine Webseite des Web-Dienstes auf, muss der Nutzer keine Anmeldedaten eingeben, da der Server mit dem im IEHK genutzten Kerberos-Protokoll[6] arbeitet. Dieses Protokoll authentifiziert den Client gegenüber dem Server und den Server gegenüber dem Client und bietet *Single Sign-on* an, sodass ein Nutzer diesen Dienst nutzen kann.

Das Backend benötigt für zugangsbeschränkte Operationen den Kontext des aktuellen Nutzers, der die Anfrage verschickt.

Der Webserver, als Teil des klassischen Client-Server Modells, ist dabei für die Kommunikation mit den Clients verantwortlich, indem er die HTTP-Anfragen der Clients an die richtigen Stellen im Backend [7] verweist. Das Backend hingegen hat Zugriff auf die Datenbank und stellt die "Logik" des Systems dar. Ist die Anfrage ausgewertet und eine Antwort zusammengesetzt, dann wird diese über den Webserver an den Client geschickt.

Ein MVC-Muster [8], kurz für *Model-View-Controller*, ist zur Gliederung und strukturellen Trennung der Aufgaben zu implementieren. Die *Models* und *Views* werden im den hierauf folgenden Abschnitten [Datenmodelle](#) bzw. [Benutzeroberfläche](#) gezeigt. Die *Controller* aktualisieren die *Views* und *Models* über Interaktionen der Benutzer und achten dabei auf eventuell nötige Zugriffsrechte.

## 4.2. Datenmodelle

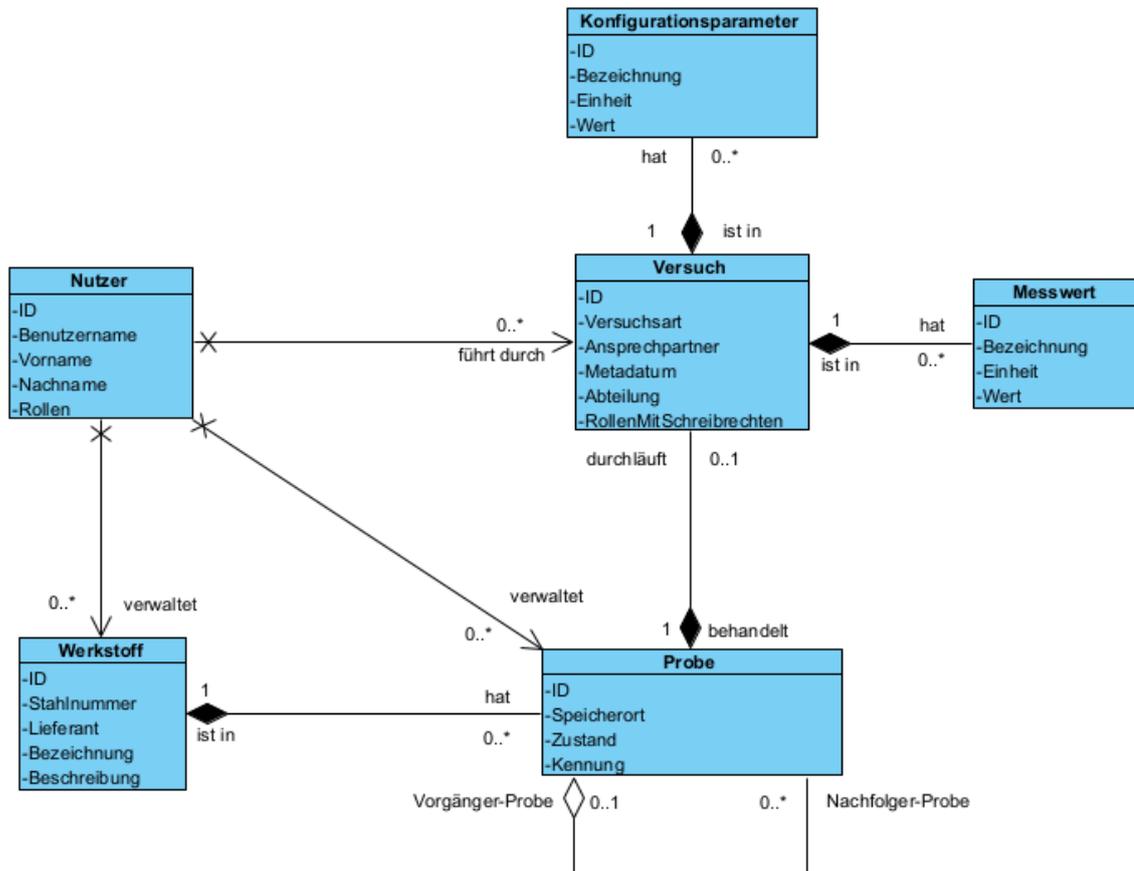


Abbildung 4.1.: UML-Klassendiagramm

Abbildung 4.1 beschreibt die nötigen Klassen und Beziehungen für einen korrekten Ablauf bei der Nutzung des Web-Diensts. Die Inhalte jeder dieser Klassen, bis auf Nutzer, werden in je einer dazugehörigen Datenbanktabelle gespeichert. Die Klasse Nutzer benötigt keine separaten Einträge, da diese Informationen über vorhandene REST-Schnittstellen [9] im IEHK abgefragt werden können.

### Nutzer

Der *Nutzer* ist die Repräsentation des Clients und hat Lesezugriff auf sämtliche Werkstoffe, Proben und Versuche. Sollte der Nutzer über eine administrative Rolle verfügen, dann erhält er auch Schreibrechte.

### Werkstoff

Ein *Werkstoff* ist die Sammlung aller eigenen Proben. Dabei können aus einem Werkstoff beliebig viele Proben hergestellt werden, aber eine Probe gehört immer zu exakt einem Werkstoff. Die Attribute dieser Klasse sind von beschreibender Natur.

## Probe

*Proben* lassen sich von einem Werkstoff erzeugen, können aber wiederum auch Nachfolger-Proben haben. Bei den Nachfolgern handelt es sich dann um die Initialprobe nach einem abgeschlossenen Versuch. Nachfolger sollen nur erstellt werden, wenn weitere Versuche geplant sind. Das Attribut 'Speicherort' verweist auf das Repository für die jeweils betrachtete Probe.

## Versuch

Ein *Versuch* ist die Beschreibung einer Veränderung der Probe.

## Konfigurationsparameter

Sind *Konfigurationsparameter* bekannt, werden sie dem entsprechenden Versuch zugeordnet. Um beliebig viele Parameter erlauben zu können, kann der Nutzer beim Erstellen eigene Parameter erstellen.

## Messwert

*Messwerte* sind in diesem Kontext keine Messreihen mit tausenden Rohdaten, sondern ausgewertete Ergebnisse nach einer Software-Analyse des Technikers. Der Nutzer kann beliebig viele erstellen.

### 4.2.1. Erweiterung durch Schemata

Zwar ist die gezeigte Modellierung funktional, lässt aber Wünsche offen bei der Bedienbarkeit beispielsweise der Suchfunktion. Die unterschiedliche Schreibweise desselben Begriffs, z.B. **Dehnung** und **Denung**, kann dazu führen, dass die Suche nicht erfolgreich durchgeführt werden kann. Um solche Fälle zu unterbinden, empfiehlt es sich einer administrativen Auswahl an Nutzern die Möglichkeit zu schaffen Schablonen oder Templates für Messwerte, Parameter oder auch Versuche entwerfen zu können. Diese Schablonen wählt man dann beim Eintragen der Daten aus und füllt sie nur noch mit den erwarteten Werten und Begriffen.

## 4.3. Benutzeroberfläche

### Werkstoffdetails

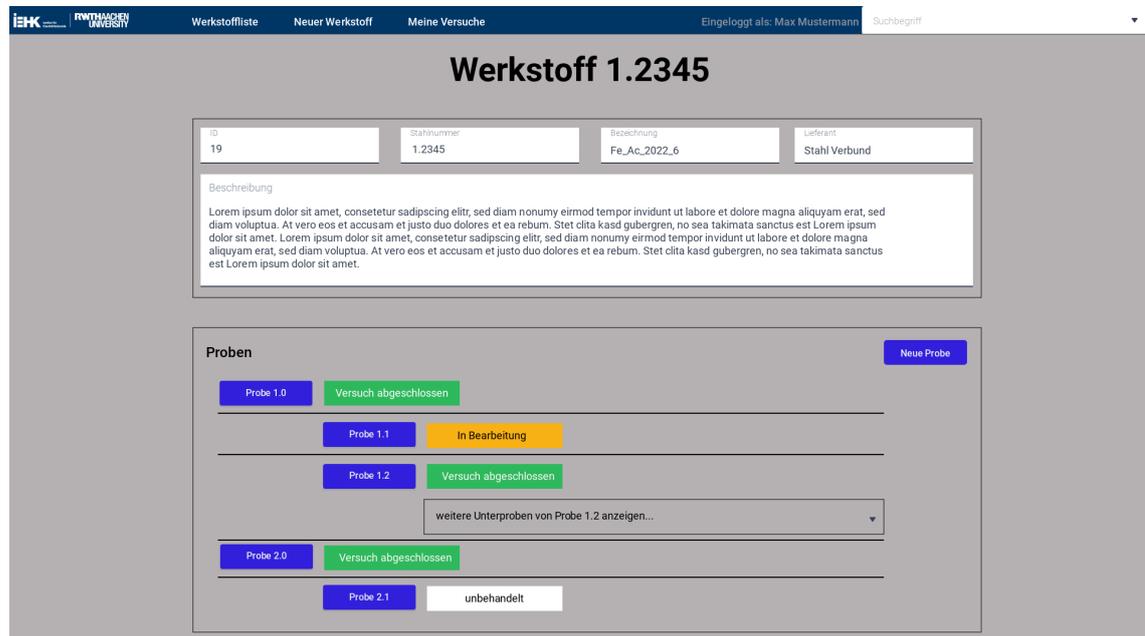


Abbildung 4.2.: Mögliche Detailseite zu einem Werkstoff

Die Benutzeroberfläche ist intuitiv und schnell erlernbar zu gestalten. Über die Navigationsleiste erhält man Zugriff auf eine Liste von allen vorhandenen Werkstoffen in der Datenbank, eine Option zum Hinzufügen von neuen Werkstoffen und eine Auflistung von Proben in der jeweiligen Versuchsstation. Der letzte Punkt wird nur für berechtigte Nutzer angezeigt. Fügt man einen Werkstoff, z.B. über eine simple Formularseite, hinzu, lässt sich dieser darauf in der Werkstoffliste auswählen. Eine mögliche Präsentation des Werkstoffs ist in Abbildung 4.2 zu sehen. Im oberen Kasten befindet sich eine Anzeige der bei der Erstellung eingetragenen Daten. Diese Felder lassen sich bearbeiten, falls der angemeldete Client eine administrative Rolle besitzt.

Weiter unten findet man eine hierarchische Ansicht der aus diesem Werkstoff gewonnenen Proben. Dabei handelt es sich bei den weiter eingerückten Proben um die Nachfolger des jeweils Übergeordneten. Neben einer Probe wird der aktuelle Stand des dazugehörigen Versuchs aufgezeigt. Klickt man auf eine Probe, gelangt man zu ihrer Detailansicht wie in Abbildung 4.3 inklusive Versuchsdaten. Die Erstellung neuer Proben aus der Werkstoffansicht ist ebenfalls möglich.

## Probendetails

**Probendetails**

Werkstoffliste | Neuer Werkstoff | Meine Versuche | Eingeloggt als: Max Mustermann | Suchbegriff

[< Zum Werkstoff](#) **Probe 1.2** [Archivieren](#) [Versuch fahren](#)

**Probendaten wurden noch nicht archiviert**

Proben-ID: 2022-WP-52 | Zustand: Behandlung abgeschlossen | Kennung: 1.2  
 Speicherort: <https://file-repo.com/projectID/pathToSampleData>

**Versuchsdaten** [Bearbeiten](#)

Versuchs-ID: VF\_6\_Q\_a | Ansprechpartner: Dartenne, Jürgen | Abteilung: Werkstoffprüfung  
 Metadaten: Zugversuch; 100kN; Werkstoffprüfung; r-Wert; Peak; Spannungs-Dehnungs-Kurve  
 Versuchsart: Zugversuch 100kN

**Konfigurationsparameter** [Neuer Parameter](#) [Bearbeiten](#)

Messrichtung: Quer | Zugkraft: 100 kN | vorherige Härtemessung: Nein  
 Vorkraft: 10 MPa | Genauigkeitsklasse Längenänderung: 0.5 | Genauigkeitsklasse Kraftänderung: 0.5  
 Prüfnorm: DIN EN ISO 6892-2

**Messwerte** [Rohdaten hochladen](#) [Neuer Messwert](#) [Bearbeiten](#)

SD 19.99 mm²	L0 79.99 mm	Rp 0.2 224 MPa
ReH 237 MPa	ReL 222 MPa	Ae 0.11 %
Rm 331 MPa	Az 18.5 %	AG 35.8 %
r-Wert 2.19	n-Wert 0.17	

**Unterproben** [Neue Probe](#)

Probe 1.2.1 | unbehandelt  
 Probe 1.2.2 | Versuch abgeschlossen  
 Probe 1.2.2.1 | Versuch abgeschlossen  
 Probe 1.2.3 | In Bearbeitung

Abbildung 4.3.: Mögliche Detailseite zu einer Probe

Die Ansicht in Abbildung 4.3 beinhaltet alle relevanten Informationen und Operationen bezüglich einer Probe. Wie auch schon auf der Werkstoffseite sind auch hier die Nachfolger hierarchisch gegliedert. Hinzu kommt hier eine eventuelle Vorgänger-Probe und ein Bezug auf den ursprünglichen Werkstoff. Über diese Ansicht kann ein autorisierter Nutzer Versuchsdaten neu erstellen oder bearbeiten, inklusive der Parameter und Messwerte. Ein Hochladen der Rohdaten ist ebenfalls möglich. Diese werden dann nicht auf dem Server des Web-Diensts, sondern einem dedizierten Datenspeicher abgelegt. Für so einen Speicher könnte man z.B. Coscine [10] an der RWTH Aachen benutzen.

Wird der Versuch als abgeschlossen markiert, lassen sich neue Nachfolger-Probe aus der gerade betrachteten erzeugen. Ebenso wird erst dann die Funktion zum Archivie-

ren freigeschaltet. Sobald eine Probe archiviert ist, lassen sich an dem Datenbestand keine Modifikationen mehr vornehmen und die Rohdaten auf dem externen Speicher werden für die Langzeitarchivierung vorbereitet. Lediglich die Einsicht und das Erstellen neuer Proben soll dann mit dieser Probe möglich sein.

## Suchfunktion

The image shows a search interface with a search bar at the top containing the text 'Suchbegriff'. Below it is a section titled 'Erweiterte Suche' (Advanced Search). This section contains three rows of search criteria, each with a dropdown menu for the parameter name, a dropdown for the comparison operator, a text input for the value, a dropdown for the unit, and a red button with a minus sign for removal. The criteria are: 1. 'Vorkraft' ≤ 15 MPa, 2. 'Vorkraft' ≥ 10 MPa, and 3. 'r-Wert' = 2.19. Below these criteria is a green button with a plus sign to add more criteria, and a blue button labeled 'Suchen' (Search).

Abbildung 4.4.: Mögliche Suchfunktion

Klickt man oben rechts auf der Navigationsleiste auf die Suche, dann öffnet sich eine anpassbare Suchfunktion. Hierbei kann man beliebig viele Suchkriterien hinzufügen oder wieder entfernen. Im Dropdown-Menü stehen alle bereits verwendeten Parameter- oder Messwertbezeichnungen und Versuchsarten. Die Suche unterstützt exakte Treffer oder das Beschränken von Bereichen. Sind alle gewünschten Kriterien gesammelt, ermittelt diese Funktion alle passenden Proben und listet diese dem Anwender auf.

# 5. Fazit

## 5.1. Schlussfolgerung

In dieser Seminararbeit wurde ein Konzept für ein WDMS beschrieben. Mit Hilfe der Vorstellungen der Versuche ist ein Verständnis zur Sachlage geschaffen worden. Daraufhin wurden Abläufe und Anwendungsfälle betrachtet, um somit Anforderungen für die Applikation bestimmen zu können. Im Konzept wurden die gestellten Anforderungen erfüllt. Mit solch einer Applikation hätte jeder Benutzer im IEHK-Netz Leserechte auf alle Werkstoffdaten inklusive aller Versuchsdaten, die nur autorisierte Nutzer ändern dürfen.

## 5.2. Ausblick

Diese Arbeit dient als Basis für eine Programmierarbeit und erlaubt das Hinzufügen von Erweiterungen. Eine mögliche Weiterführung wäre die Auswertung der Rohdaten mit verschiedenen Parametern.

Weniger funktionale Updates wie E-Mail-Benachrichtigungen oder eine Vorschau der Suchergebnisse können die Quality-Of-Life verbessern und erleichtern den Umgang mit diesem Werkzeug.

Zur eigentlichen Umsetzung ist noch ein zu dieser Aufgabe passendes Datenbankmanagementsystem auszuwählen, um die vorgestellten Modelle dort in einer Datenbank abzuspeichern. Ebenso muss noch ein Datenspeicher zur Aufnahme der Rohdaten eingerichtet und eine Kommunikation mit dem Web-Dienst hergestellt werden.

# A. Anhang

## Werkstoff anlegen

Use-Case	Werkstoff anlegen
Story & Justification	Mitarbeiter möchte einen unbehandelten Werkstoff im System anlegen.
Primary Actors	Mitarbeiter
Supporting Actors	Identitätsmanagement
Pre-Conditions	Mitarbeiter ist authentifiziert und angemeldet
Post-Conditions	Neuer Werkstoff wurde im System angelegt.
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mitarbeiter wählt die Option zum Anlegen eines Werkstoffs aus.</li><li>2. Mitarbeiter trägt Kennwerte des Werkstoffs ein.</li><li>3. Mitarbeiter speichert.</li><li>4. Web-Dienst meldet erfolgreiches/fehlgeschlagenes Speichern.</li></ol>
Exceptions	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keine Zugriffsrechte</li><li>• Datenbank nicht erreichbar</li><li>• SQL-Injection</li></ul>

## Werkstoffdaten ablesen

Use-Case	Werkstoffdaten ablesen
Story & Justification	Mitarbeiter möchte die Daten zu einem Werkstoff auslesen.
Primary Actors	Mitarbeiter
Supporting Actors	Identitätsmanagement
Pre-Conditions	Mitarbeiter ist authentifiziert und angemeldet
Post-Conditions	Werkstoffdaten wurden nicht verändert
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mitarbeiter wählt einen Werkstoff aus einer Liste aus.</li><li>2. Web-Dienst generiert eine Ansicht der Werkstoffdaten für den Mitarbeiter.</li><li>3. Mitarbeiter erhält Einsicht auf die Daten.</li></ol>
Exceptions	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keine Zugriffsrechte</li><li>• Datenbank nicht erreichbar</li></ul>

## Werkstoffprobe filtern/suchen

Use-Case	Werkstoffprobe filtern/suchen
Story & Justification	Mitarbeiter möchte einen unbehandelten Werkstoff im System anlegen.
Primary Actors	Mitarbeiter
Supporting Actors	Identitätsmanagement
Pre-Conditions	Mitarbeiter ist authentifiziert und angemeldet
Post-Conditions	Neuer Werkstoff wurde im System angelegt.
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mitarbeiter öffnet ein Suchmenü.</li><li>2. Mitarbeiter wählt die gewünschten Filtertypen aus und trägt die Suchwerte ein.</li><li>3. Mitarbeiter lässt die Suche starten.</li><li>4. Web-Dienst findet alle zu den Suchkriterien passenden Proben.</li><li>5. Mitarbeiter erhält eine Liste von Ergebnissen.</li></ol>
Exceptions	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keine Zugriffsrechte</li><li>• Datenbank nicht erreichbar</li><li>• SQL-Injection</li></ul>

## Versuchsdaten eintragen

Use-Case	Versuchsdaten eintragen
Story & Justification	Ein qualifizierter Mitarbeiter möchte nach einem Arbeitsschritt die Versuchsdaten dem Werkstoff zuordnen.
Primary Actors	Qualifizierter Mitarbeiter (Techniker)
Supporting Actors	Identitätsmanagement
Pre-Conditions	Qualifizierter Mitarbeiter ist authentifiziert und angemeldet
Post-Conditions	Der Werkstoffprobe wurden neue Daten hinzugefügt.
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Techniker wählt die entsprechende Probe aus.</li> <li>2. Techniker wählt den entsprechenden Arbeitsschritt aus.</li> <li>3. Techniker trägt neue Versuchsdaten ein.</li> <li>4. Techniker trägt benutzte Maschinen-Konfiguration ein.</li> <li>5. Techniker speichert den neuen Stand.</li> <li>6. Web-Dienst meldet erfolgreiches/fehlgeschlagenes Speichern.</li> </ol>
Exceptions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Zugriffsrechte</li> <li>• Datenbank nicht erreichbar</li> <li>• Versuchsdaten nicht richtig formatiert</li> <li>• SQL-Injection</li> </ul>

## Versuchsdaten bearbeiten

Use-Case	Versuchsdaten bearbeiten
Story & Justification	Qualifizierter Mitarbeiter möchte vorhandene Versuchsdaten bearbeiten/korrigieren/löschen.
Primary Actors	Qualifizierter Mitarbeiter (Techniker)
Supporting Actors	Identitätsmanagement
Pre-Conditions	Qualifizierter Mitarbeiter ist authentifiziert und angemeldet
Post-Conditions	Der Werkstoffprobe wurden vorhandene Daten bearbeitet.
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Techniker wählt die entsprechende Probe aus.</li> <li>2. Techniker wählt den entsprechenden Arbeitsschritt aus.</li> <li>3. Techniker bearbeitet Versuchsdaten.</li> <li>4. Techniker speichert den neuen Stand.</li> <li>5. Web-Dienst meldet erfolgreiches/fehlgeschlagenes Speichern.</li> </ol>
Exceptions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Zugriffsrechte</li> <li>• Datenbank nicht erreichbar</li> <li>• Versuchsdaten nicht richtig formatiert</li> <li>• SQL-Injection</li> </ul>

## Werkstoffprobendaten archivieren

Use-Case	Werkstoffprobendaten archivieren
Story & Justification	Mitarbeiter möchte die kompletten Werkstoffprobendaten zum aktuellen Zeitpunkt archivieren.
Primary Actors	Mitarbeiter
Supporting Actors	Identitätsmanagement
Pre-Conditions	Mitarbeiter ist authentifiziert und angemeldet
Post-Conditions	Werkstoffprobendaten wurden archiviert.
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mitarbeiter wählt den entsprechenden Werkstoff aus.</li><li>2. Mitarbeiter wählt die Option zum Archivieren aus.</li><li>3. Web-Dienst archiviert alle Werkstoffdaten auf einem Speicherdienst.</li><li>4. Web-Dienst beschränkt die archivierten Daten mit „nur Leserechten“.</li><li>5. Web-Dienst meldet erfolgreiches/fehlgeschlagenes Archivieren.</li></ol>
Exceptions	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keine Zugriffsrechte</li><li>• Datenbank nicht erreichbar</li><li>• Speicherdienst nicht erreichbar</li><li>• SQL-Injection</li></ul>

## B. Abbildungsverzeichnis

2.1. Versuchslabor Metallurgie . . . . .	3
2.2. Versuchslabor Chemielabor . . . . .	4
2.3. Versuchslabor Werkstoffprüfung . . . . .	5
2.4. Versuchslabor Warmumformung . . . . .	6
2.5. Versuchslabor Metallografie . . . . .	7
3.1. Datenlebenszyklus . . . . .	9
3.2. Abgeleiteter Zyklus . . . . .	10
3.3. Linearer Durchlauf . . . . .	11
3.4. Durchlauf mit Wiederholungen . . . . .	12
3.5. Durchlauf mit paralleler Behandlung . . . . .	13
3.6. Anwendungsfalldiagramm . . . . .	14
4.1. UML-Klassendiagramm . . . . .	18
4.2. Mögliche Detailseite zu einem Werkstoff . . . . .	20
4.3. Mögliche Detailseite zu einer Probe . . . . .	21
4.4. Mögliche Suchfunktion . . . . .	22

## C. Literatur

- [1] E. Böker. *Was ist Forschungsdatenmanagement?* <https://forschungsdaten.info/themen/informieren-und-planen/was-ist-forschungsdatenmanagement/>, Zuletzt aufgerufen am 29.11.2022. 2022.
- [2] *Materials Databases and Services for Engineers and Scientists*. <https://www.matdat.com/>, Zuletzt aufgerufen am 14.12.2022. 2022.
- [3] Manfred Broy. *Einführung in die Softwaretechnik*. ger. 1st ed. 2021. Xpert.press. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021. ISBN: 9783662502631.
- [4] Chris Rupp. *Requirements-Engineering und -Management das Handbuch für Anforderungen in jeder Situation*. ger. 7., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Hanser, 2021. ISBN: 9783446464308.
- [5] Günther Bengel. *Grundkurs Verteilte Systeme Grundlagen und Praxis des Client-Server und Distributed Computing*. ger. Wiesbaden, 2014.
- [6] Microsoft TechNet. *What Is Kerberos Authentication?* [https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2003/cc780469\(v=ws.10\)?redirectedfrom=MSDN](https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2003/cc780469(v=ws.10)?redirectedfrom=MSDN), Zuletzt aufgerufen am 19.12.2022. 2009.
- [7] Jürgen Dunkel. *Systemarchitekturen für Verteilte Anwendungen Client-Server, Multi-Tier, SOA, Event-Driven Architectures, P2P, Grid, Web 2.0*. München: Hanser Verlag, 2008. ISBN: 9783446417458.
- [8] John Deacon. „Model-view-controller (mvc) architecture“. In: *Online* [Citado em: 10 de março de 2006.] <http://www.jdl.co.uk/briefings/MVC.pdf> 28 (2009).
- [9] Kai Spichale. *API-Design Praxishandbuch für Java- und Webservice-Entwickler*. ger. überarbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2019. ISBN: 9783960886020.
- [10] *Coscine*. <https://coscine.rwth-aachen.de/>, Zuletzt aufgerufen am 14.12.2022. 2022.