

**PROTOTYPISCHE IMPLEMENTIERUNG
EINER SOFTWAREBASIERTEN
AUSWERTUNG VON KENNGRÖSSEN DER
TECHNISCHEN ANLAGENDOKUMENTATION
IN DER VERFAHRENSTECHNIK**

Bachelorarbeit
für die Prüfung zum
Bachelor of Engineering (B.Eng.)

von
Florin Miller

15.03.2024

Autor:

Florin Miller

2235910

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen (berufsbegleitend)

Prüfer:

Prof. Dr. Patrick Warnat



TECHNISCHE HOCHSCHULE ASCHAFFENBURG

FAKULTÄT INGENIEURWISSENSCHAFTEN

WÜRZBURGER STRASSE 45

D-63743 ASCHAFFENBURG

Erklärung zur Abschlussarbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe. Die Stellen, die anderen Werken (gilt ebenso für Werke aus elektronischen Datenbanken oder aus dem Internet) wörtlich oder sinngemäß entnommen sind, habe ich unter Angabe der Quelle und Einhaltung der Regeln wissenschaftlichen Zitierens kenntlich gemacht. Diese Versicherung umfasst auch in der Arbeit verwendete bildliche Darstellungen, Tabellen, Kartenskizzen und gelieferte Zeichnungen.

Mir ist bewusst, dass Täuschungen nach der für mich gültigen Studien- und Prüfungsordnung / nach § 6 RaPO / § 48 BayVwVfG geahndet werden.

Die Zustimmung zur elektronischen Plagiatsprüfung wird erteilt.

Mittelbiberach, 15. März 2024

Florin Miller

F. Miller

Der Veröffentlichung der Master-/Bachelorarbeit in der Bibliothek der Technischen Hochschule Aschaffenburg wird zugestimmt.

Mittelbiberach, 15. März 2024

Florin Miller

F. Miller

Abstract

The paper addresses the automated creation of regulatory approval application forms for process engineering plants through the processing of digital piping and instrumentation diagrams. The main research question, whether such a procedure is feasible, can be answered positively.

To approach this inquiry, sub-research questions were systematically addressed based on a defined research design. A practical issue was identified: the disparity between regulatory documentation requirements and the typical technical documents generated during plant design. The primary challenge is significant manual effort and time required to continuously reduce this disparity and create applications. A clear objective was formulated: the automated population of a permit application form by a prototype using a digital standard.

Literature review revealed the Data Exchange in the Process Industry (DEXPI) standard as promising for this endeavor. The implementation was conducted by modeling the application form as an XML structure and parsing a DEXPI piping and instrumentation diagram. A Python application was developed to extract necessary information and transfer it into the target structure.

The evaluation of the prototype demonstrated its capability to generate adequate application forms. However, potential for optimization was identified, including expanding the prototype to a variation of piping and instrumentation diagrams and the integration of additional data sources such as Building Information Models.

Overall, this study showcases the potential of semantically high-quality, standardized plant documentation for regulatory processes and applications in the field of plant safety.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt die automatisierte Erstellung behördlicher Antragsformulare für verfahrenstechnische Anlagen durch die Auswertung digitaler Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata. Die Hauptforschungsfrage, ob ein solches Verfahren möglich ist, wird positiv beantwortet.

Zur Annäherung an diese Fragestellung wurden Unterrforschungsfragen anhand eines festgelegten Untersuchungsdesigns systematisch bearbeitet. Dabei wurde eine Praxisproblematik identifiziert: Die Diskrepanz zwischen behördlichen Anforderungen und den üblichen technischen Dokumenten, die bei der Anlagenplanung erstellt werden. Ein Hauptproblem dabei ist der hohe manuelle und zeitliche Aufwand um diese Diskrepanz kontinuierlich abzubauen und Genehmigungsanträge zu erstellen. Ein klares Ziel wurde formuliert: die automatisierte Befüllung eines Genehmigungsantragsformulars durch einen Prototypen unter Verwendung eines digitalen Standards.

Die Literaturrecherche ergab, dass der DEXPI-Standard vielversprechend für dieses Vorhaben ist. Die Implementierung erfolgte durch die Modellierung des Antragsformulars als XML-Struktur und das Parsing eines DEXPI-Fließschemas. Eine Python-Anwendung wurde entwickelt, um notwendige Informationen zu extrahieren und in die Zielstruktur zu überführen.

Die Evaluierung des Prototyps zeigte seine Fähigkeit, akzeptable Antragsformulare zu generieren. Es wurden jedoch Optimierungspotenziale identifiziert, darunter eine Erweiterung auf unterschiedliche Fließschematas und die Einbindung weiterer Datenquellen wie etwa Building Information Models.

Insgesamt demonstriert diese Arbeit das Potenzial einer semantisch hochwertigen, standardisierten Anlagendokumentation für Genehmigungsverfahren und Anwendungen im Bereich der Anlagensicherheit.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	II
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
Quellcodeverzeichnis.....	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung.....	1
1.1 Heranführung zum Thema.....	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung	3
1.3 Forschungsfrage.....	4
1.4 Methodik der Arbeit	5
1.5 Einschränkungen und Grundannahmen.....	5
1.6 Aufbau der Arbeit.....	6
2 Theoretischer Hintergrund	8
2.1 Stand der Forschung zum Untersuchungsgegenstand	8
2.2 Grundlagen zur Planung und Realisierung verfahrenstechnischer Anlagen.....	10
2.2.1 Phasen der Anlagenplanung und -realisierung	13
2.2.2 Anlagendokumentation	16
2.2.3 Das R&I als zentrales Dokument in der Verfahrenstechnik ..	18
2.3 Grundlagen zu DEXPI.....	33
2.3.1 Die Idee und die Historie von DEXPI.....	34
2.3.2 DEXPI-Spezifikation und Proteus XML Schema	36
2.3.3 Das DEXPI-R&I	37
2.4 Grundlagen zum Genehmigungs- und Umweltrecht	39
2.4.1 Das BImSchG als zentrales Gesetz für Genehmigungen.....	39
2.4.2 Das WHG als Rechtsgrundlage zum Verordnungserlass	40
2.4.3 Die AwSV als Rechtsverordnung für den anlagenbezogenen Gewässerschutz	40
2.5 Instrumente der digitalen Informationsverarbeitung als Werkzeug zur Automatisierung von Prozessen.....	41
2.5.1 UML als graphische Modellierungssprache.....	41

2.5.2	XML als maschinenlesbare Datenstruktur	41
2.5.3	XSLT als Sprache zur Layoutgestaltung	41
2.5.4	Python als Programmiersprache für Automatisierung	42
3	Methodische Vorgehensweise und Untersuchungsdesign	43
3.1	Design Science Research oder gestaltungsorientierter Forschungs- ansatz	43
3.2	Untersuchungsdesign zur Bearbeitung der Forschungsfrage	47
3.2.1	Modellierung	48
3.2.2	Prototyping	48
3.2.3	Interview	48
3.2.4	Soll-Ist-Vergleich	48
3.3	Verwendete Werkzeuge und Programme	49
4	Ergebnisse aus der Arbeit am Prototyp.....	50
4.1	Definition der Anforderungen an den Prototyp.....	51
4.1.1	Vorgangsbeschreibung bei manueller Bearbeitung.....	51
4.1.2	Erarbeitung der Automatisierungspotentiale	63
4.2	Modellierung des Antragsformulars	63
4.3	Anpassungen im DEXPI-R&I und erforderliche Annahmen	65
4.4	Konstruktion des Prototyps	67
4.5	Evaluation des Prototyps	71
4.5.1	Soll-Ist-Vergleich	71
4.5.2	Experteninterview	73
5	Diskussion der Ergebnisse	76
6	Ausblick	78
Literaturverzeichnis		84
A	C01V01-HEX.EX02	85
B	Formblatt 6.2 Vorlage - PDF	86
C	Formblatt 6.2 manuell befüllt - PDF.....	89
D	Formblatt 6.2 automatisch befüllt - PDF	92
E	Formblatt 6.2 automatisch befüllt - LaTeX	93

F Formblatt 6.2 Vorlage - XML	96
G Formblatt 6.2 automatisch befüllt - XML.....	100
H Formblatt 6.2 automatisch befüllt - Soll-Ist-Vergleich	103
I Evaluationsformular - Vorlage	104
J Evaluationsformular - Experten	107
K Stoffliste und Rohrklassen	110

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lebenszyklus einer Anlage (Weber, 2016, S. 2)	12
Abb. 2: Phasenmodell der Anlagenplanung und -Realisierung (Weber, 2016, S. 4)	13
Abb. 3: Genehmigungsplanung (Weber, 2016, S. 427)	16
Abb. 4: Dokumentationsprozess im Basic Design (Weber, Mattukat und Schüßler, 2020, S. 7)	17
Abb. 5: Normen zur Darstellung von R&I-Fließschemata (Weber, Mattukat und Schüßler, 2020, S. 186)	19
Abb. 6: Tank mit gewölbten Boden (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	20
Abb. 7: Platten-Wärmetauscher (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	20
Abb. 8: Rohrbündel-Wärmetauscher (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	20
Abb. 9: Kreiselpumpe (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	21
Abb. 10: Hubkolbenpumpe (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	21
Abb. 11: Tankbezeichnung T4750	22
Abb. 12: Pumpenbezeichnung P4711	22
Abb. 13: Wärmetauscherbezeichnung H1008	23
Abb. 14: Technische Größen T4750	23
Abb. 15: Technische Größen P4711	23
Abb. 16: Technische Größen H1008	24
Abb. 17: Rohrleitungen (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	24
Abb. 18: Rohrleitungsnummer 47121	25
Abb. 19: Absperrventil (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	25
Abb. 20: Absperrklappe (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	26
Abb. 21: Rückschlagklappe (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	26
Abb. 22: Absperrhahn (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	26
Abb. 23: Sicherheitsventil (<i>DIN EN ISO 10628-2 2012</i>)	26
Abb. 24: Aufbau der Absperrarmaturen (Bosy, 2024)	27
Abb. 25: Kennbuchstaben für EMSR-Technik (<i>DIN 19227-1:1993-10 1993</i>)	29
Abb. 26: PCE-Aufgabe 4750.01	30
Abb. 27: PCE-Aufgabe 4712.01	31
Abb. 28: PCE-Aufgabe 4750.03	32
Abb. 29: PCE-Aufgabe 4712.02	33
Abb. 30: Spezifikation und Implementierung von DEXPI (Meyer-Rössl, 2016)	36
Abb. 31: C01V01 (DEXPI, 2024)	38
Abb. 32: Untersuchungsdesign (eigene Darstellung)	47

Abb. 33: Angaben zu gehandhabten Stoffen im DEXPI-R&I	53
Abb. 34: Angaben zur Anlage	54
Abb. 35: Angaben zur Prozesskammer im DEXPI-R&I	55
Abb. 36: Angaben zum Standort der Anlage	56
Abb. 37: Angaben zum Volumen des Produktionsbehälters im DEXPI-R&I	57
Abb. 38: Angaben zum Volumenstrom der zuführenden Rohrleitung im DEXPI-R&I	57
Abb. 39: Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage	58
Abb. 40: Angaben zur Gefährdungsstufe der Anlage	59
Abb. 41: Angaben zur Aufstellung der Anlage	59
Abb. 42: Angaben zu Behältern	60
Abb. 43: Sicherheitseinrichtungen der Anlage	61
Abb. 44: Angaben zu Rohrleitungen	62
Abb. 45: Flächen der Anlage	62
Abb. 46: Anpassungen im DEXPI-R&I	65
Abb. 47: Übersicht über die Architektur des Prototyps (eigene Darstellung)	70

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Suchbegriffe für die Literaturrecherche in Deutsch und Englisch	9
Tab. 2: Ergebnisse der Literaturrecherche in verschiedenen Datenbanken	10
Tab. 3: PCE-Kategorien und PCE-Verarbeitungsfunktionen (<i>DIN EN 62424:2016 2016</i>)	28
Tab. 4: Annahmen über die gehandhabten Stoffe	58

Quellcodeverzeichnis

1	Umsetzung der Annahmen über Stoffe im Prototyp	66
2	Umsetzung der Annahmen über Rohrklassen im Prototyp	67
3	formular_6_2_auto.tex	93
4	formblatt_6_2.xml	96
5	formular_6_2_auto.xml	100

Abkürzungsverzeichnis

ACS American Chemical Society Publications

AFB Approved for Basic

AFD Approved for Detail

AFPA Approved for Permit Application

ASME American Society of Mechanical Engineers Digital Collection

ATEX-RL ATEX-Herstellerrichtlinie

AwSV Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

BauPVO Bauprodukte-Verordnung

BIM Building Information Modeling

BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz

CAE Computer-Aided Engineering

CIT Chemie Ingenieur Technik über Wiley Online Library

DEXPI Data Exchange in the Process Industry

DGRL Druckgeräte-Richtlinie

DIN Deutsches Institut für Normung

DSR Design Science Research

DWF Design Web Format

FEL Front End Loading

Fraunhofer Fraunhofer-ePrints

HAZOP Hazard and Operability Study

HTML Hypertext Markup Language

IEC International Electrotechnical Commission

IEEE IEEE Xplore

IMEI International Mobile Equipment Identity

ISA International Society of Automation

ISO International Organization for Standardization

KI Künstliche Intelligenz

LaTeX Leslie Lamport TeX

MRL Maschinen-Richtlinie

MSR Mess-, Steuer- und Regelungstechnik

NAMUR Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regeltechnik in der chemischen Industrie

OLC Online Contents Technik

OMG Object Management Group

OPC Open Platform Communications

P&ID Piping & Instrumentation Diagram

PCE Process Control Engineering

PDF Portable Document Format

PLT Prozessleittechnik

R&I Rohrleitungs- & Instrumentenfließschema

SD Science Direct

SIL Safety Integrity Level

Springer SpringerLink

TIB Fachinformationen für Technik und Naturwissenschaften TIB-Portal

UML Unified Modeling Language

WHG Wasserhaushaltsgesetz

XML Extensible Markup Language

XSD XML Schema Definition

XSLT Extensible Stylesheet Language Transformation

1. Einleitung

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine inhaltliche Annäherung an den Untersuchungsgegenstand. Auf Basis dieser Beschreibung wird eine konkrete Problemstellung und Zielsetzung herausgearbeitet, das heißt, ein Ansatz, der zur Lösung der Problemstellung beitragen soll. Auf Grundlage dessen werden Forschungsfragen formuliert, um die Problemstellung und Zielsetzung als Untersuchungsgegenstand im Rahmen dieser Arbeit einzugrenzen. Im Anschluss wird die Methodik der Arbeit beschrieben, um aufzuzeigen, wie die Forschungsfragen bearbeitet werden sollen. Schließlich werden Einschränkungen und Grundannahmen definiert, um den Untersuchungsgegenstand noch klarer abzugrenzen. Abschließend erfolgt eine zusammenfassende Beschreibung des Aufbaus der Forschungsarbeit.

1.1. Heranführung zum Thema

Die Planung, das Engineering und die Errichtung von Anlagen im chemisch-pharmazeutischen Umfeld ist ein komplexer Prozess, der eine sorgfältige und strikte Einhaltung vielerlei Vorgaben und Vorschriften aus unterschiedlichen Bereichen erfordert. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Einhaltung des Genehmigungsrechts und des Umweltrechts. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) legt die Anforderungen für Errichtung und Betrieb von Anlagen fest, die potenziell schädliche Emissionen verursachen können (BImSchG, 2023, §4-25). Damit liefert es die Grundlage für die Genehmigungsverfahren der meisten verfahrenstechnischen Anlagen. (Weber, 2019, S. 180–187).

Die rechtzeitige Einreichung von Genehmigungsanträgen vor dem Bau verfahrenstechnischer Anlagen ist von sehr großer Bedeutung. Dies ist besonders relevant bei sogenannten Fast-Track-Projekten, bei denen der Zeitplan eng und die Toleranz für Verzögerungen minimal ist. Genehmigungsverfahren sind oft komplex und zeitaufwändig, da die Behörde eine gründliche Prüfung der Anlage und ihrer potenziellen Auswirkungen auf die Umwelt durchzuführen hat. Dies kann mehrere Monate im schlimmsten Fall sogar Jahre dauern, abhängig von der Komplexität der Anlage und den spezifischen Anforderungen der zuständigen Behörden. Wenn die Genehmigungsanträge nicht rechtzeitig eingereicht werden, besteht die Gefahr, dass der Baubeginn verzögert wird. Dies kann erhebliche Auswirkungen auf den Projektzeitplan haben und zu Kostenüberschreitungen führen.

Die Erlangung solcher Genehmigungen ist ein komplexer Prozess, der eine enge

Zusammenarbeit zwischen den Planern, den zukünftigen Betreibern und den zuständigen Behörden erfordert. Es ist nicht nur notwendig, die spezifischen Anforderungen der Gesetze zu verstehen, sondern auch, wie sie auf die spezifische Anlage angewendet werden. Dies erfordert ein tiefes Verständnis der Anlage und ihrer potenziellen Auswirkungen auf die Umwelt. In der Praxis erfolgt die Planung größerer Projekte meist durch externe Planungsdienstleister, während die Erstellung der erforderlichen Genehmigungsunterlagen oft durch den zukünftigen Anlagenbetreiber erfolgt.

Die Planung einer technischen Anlage stellt die Ingenieure vor eine Vielzahl von Herausforderungen. Ihr Hauptziel ist es, eine leistungsfähige Anlage zu konzipieren, die in der Lage ist, das gewünschte Produkt in ausreichender Menge und Qualität herzustellen. Dabei stehen technische Aspekte und die Investitionskosten im Vordergrund, während behördliche Vorgänge eher als sekundär betrachtet werden. Diese Priorisierung kann jedoch zu Schwierigkeiten führen. Behörden haben spezifische Anforderungen und verwenden oft fest definierte Antragsformulare, die spezifische Informationen über die geplante Anlage erfordern. Die für die Behörde erforderliche Aufbereitung von Informationen ist nicht deckungsgleich mit den technischen Dokumenten, die im Rahmen der Entwurfsplanung erstellt werden.

Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass die Genehmigungsplanung parallel zur Entwurfsplanung der Anlage erfolgen muss. Dies bedeutet, dass die Planer nicht nur die technischen Aspekte der Anlage definieren können, sondern auch die jeweils entsprechenden rechtlichen Anforderungen berücksichtigen müssen. Sie müssen sicherstellen, dass die Anlage so konzipiert ist, dass sie alle gesetzlichen Anforderungen erfüllt und genehmigungsfähig ist. Die technische Dokumentation wird dabei anlagenspezifisch erstellt und orientiert sich an den technischen Eigenheiten der Anlage. Sie enthält detaillierte Informationen über die technischen Spezifikationen und die geplante Betriebsweise der Anlage. Diese Informationen sind für die Planer von zentraler Bedeutung, werden jedoch nicht nach außen gegeben und von den Behörden auch nicht in der gleichen Form benötigt. Für den Genehmigungsantrag werden separate Dokumentensätze zusammengestellt.

Dies stellt die Planer und die Ersteller der Genehmigungsanträge vor die Herausforderung, dass mit jeder wesentlichen technischen Änderung auch die bereits vorbereiteten Genehmigungsanträge überprüft und gegebenenfalls angepasst werden müssen.

1.2. Problemstellung und Zielsetzung

Der oben beschriebene Zustand beschreibt die Diskrepanz zwischen den von den Behörden geforderten Dokumenten und den von den Planern erstellten technischen Dokumenten. Diese Diskrepanz muss fortlaufend mit hohem manuellen Aufwand abgebaut werden um im endgültigen Genehmigungsantrag den tatsächlichen, aktuellen Planungsstand abzubilden. Neben dem hohen Ressourcenaufwand kann dies zu Verzögerungen im Genehmigungsverfahren führen und die weitere Planung und den Bau der Anlage verzögern.

Es stellt sich die Frage, ob es eine Möglichkeit gibt, in einem automatisierten softwarebasierten Prozess die relevanten Informationen für einen Genehmigungsantrag aus vorhandenen Planungsdokumenten zu extrahieren.

Das zentrale Dokument der Verfahrensplanung ist das Rohrleitungs- & Instrumentenfließschema (R&I). Zum Ende des sogenannten Basic Engineerings enthält es alle Prozessinformationen und ist sehr detailliert ausgeführt. In der Praxis wird dies auch der Zeitpunkt sein, zu dem ein Genehmigungsantrag gestellt werden kann (Weber, 2016, S. 270, 428).

Die Erstellung der R&Is erfolgt in der Praxis mithilfe verschiedener Softwaresysteme. Während dieses Prozesses werden bereits umfangreiche semantische Daten im Quellsystem generiert. Dennoch erfolgt der Austausch der R&I-Fließbilder zwischen Planer und zukünftigem Betreiber in der Regel als Zeichnung im PDF- oder DWF-Format. Die Informationen über einzelne Objekte auf den Fließbildern werden dabei oft über Excel-basierte Berichte weitergegeben, wobei die Formatierung variieren kann (Wiedau, Von Wedel u. a., 2019, S. 240).

Aus Sicht des Autors stellt sich die Frage, ob eine Verarbeitung dieser technischen Informationen mit dem Ziel der automatisierten Erstellung erforderlicher Genehmigungsdokumente ermöglicht werden könnte, wenn die Informationen eines R&I über ein einheitliches Format mit hohem semantischen Wert übergeben werden könnten.

Das Ziel von DEXPI, einer Initiative in der Prozessindustrie (<https://dexpi.org>), ist die Entwicklung und Förderung eines gemeinsamen Datenaustauschstandards für die Prozessindustrie, der alle Phasen des Lebenszyklus einer Prozessanlage abdeckt, von der Spezifikation funktionaler Anforderungen bis hin zu den im Einsatz befindlichen Anlagen. Der aktuelle Schwerpunkt des DEXPI-Vereins liegt auf der Erarbeitung eines Austauschstandards für Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata (Wiedau, Von Wedel u. a., 2019).

Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden ob mit Hilfe des DEXPI-Standards eine softwarebasierte Auswertung von Kenngrößen der technischen Anlagendokumentation hinsichtlich der Erstellung von Genehmigungsanträgen für verfahrenstechnische Anlagen erfolgen kann. Hierfür soll ein Prototyp entwickelt werden, der erforderliche Informationen aus einem DEXPI-R&I extrahiert, verarbeitet und automatisiert in ein Antragsformular überträgt. Als Antragsformular soll beispielhaft das Formblatt 6.2 aus Anlage 1 der Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren des Umweltministeriums Baden-Württemberg dienen, welches durch die Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt wird und in Anhang B der Arbeit zu finden ist (Baden-Württemberg, 2020).

1.3. Forschungsfrage

Aufbauend auf den Ausführungen der vorigen Abschnitte wird die folgende **Hauptforschungsfrage** formuliert.

Kann ein behördliches Antragsformular durch die automatisierte Auswertung eines digitalen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemas erstellt werden?

Um sich der Beantwortung der Forschungsfrage in einem strukturierten Prozess annähern zu können werden folgende **Unterforschungsfragen** formuliert.

In welcher Weise kann ein Antragsformular digital abgebildet werden, um eine automatisierte Befüllung durch ein Programm zu ermöglichen?

In welcher Form sollte ein digitales Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema vorliegen, damit sein Informationsgehalt ausreichend ist, um die Befüllung eines Antragsformulars zu ermöglichen?

Auf welche Weise ist die Implementierung einer Logik möglich, um eine automatisierte Befüllung eines Formulars zu realisieren?

Im Verlauf der Arbeit soll eine Beantwortung dieser Unteforschungsfragen erarbeitet werden. Die Zusammenführung der Ergebnisse soll schließlich die Beantwortung der Hauptforschungsfrage im Kontext dieser Arbeit ermöglichen.

1.4. Methodik der Arbeit

Um die Beantwortung der Forschungsfragen im Kontext dieser Arbeit zu ermöglichen, ist es erforderlich eine strukturierte wissenschaftliche Herangehensweise zu verfolgen. Die vorliegende Bachelorarbeit verfolgt das Ziel, einen Prozess aus der Praxis des Engineerings verfahrenstechnischer Anlagen durch eine Automatisierungslösung zu vereinfachen. Die Automatisierungslösung soll einen Prozess zur Extraktion von relevanten Informationen aus digitalen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata beinhalten. Außerdem soll sie auch einen Prozess beinhalten, der ein behördliches Antragsformular für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren von verfahrenstechnischen Anlagen erstellt. Auch wenn das Anwendungsbereich der angestrebten Lösung im Bereich der Verfahrenstechnik liegt, scheint die Bearbeitung einer praxisorientierten Automatisierungslösung selbst methodisch in den Bereich der Wirtschaftsinformatik zu fallen. Mertens beschreibt das Ziel einer sinnhaften Vollautomation als zentrales Ziel der Wirtschaftsinformatik (Mertens u. a., 2017, S. 4). Auch die Entwicklung und der Test von Prototypen liegt im Methodenspektrum der forschenden Wirtschaftsinformatik (Wilde und Hess, 2006). In Kapitel 3 soll deshalb eine Methodik aus der Wirtschaftsinformatik herangezogen und in Hinblick auf die Forschungsfrage angewendet werden.

1.5. Einschränkungen und Grundannahmen

Das behandelte Thema, also im weitesten Sinne der Umgang mit technischer Dokumentation im Bereich der Verfahrenstechnik und damit verbundene Automatisierungsbestrebungen, ist ein umfassender Themenkomplex. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit soll nur der beschriebene Teilapekt, also die automatisierte Erstellung eines konkreten Genehmigungsformulars mit Hilfe der Verarbeitung von Daten aus digitalen R&I-Fließbildern, betrachtet werden. Die praktische Erleichterung durch die Automatisierung dieses Teilaakts wird für sich betrachtet überschaubar sein. Das Ziel der Arbeit ist es einen Ansatz zu erforschen, um möglicherweise weitere Automatisierungslösungen zu ergründen. Darüber hinaus wäre es wünschenswert den zu erstellenden Prototypen mit einer Vielzahl verfügbarer Fließbildern unterschiedlicher Anlagentypen zu testen, um eine umfassende Be-

wertung der Leistungsfähigkeit vornehmen zu können. Dies wird zum aktuellen Forschungszeitpunkt als nicht umsetzbar betrachtet, da dem Autor diese Fließbilder nicht zur Verfügung stehen. Dies liegt daran, dass diese Variation an Fließbildern nicht öffentlich zur Verfügung steht. Als Mindestanforderung für den Prototypen soll daher gelten, dass dieser in der Lage sein soll, das von der DEXPI-Initiative öffentlich zur Verfügung gestellte Beispiel-R&I zu verarbeiten, um dann automatisiert das beschriebene Formular zu befüllen. Das Ergebnis dieses Prozesses soll mit Unterstützung durch Experten bewertet werden.

1.6. Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in mehrere Abschnitte, die darauf abzielen, einen klaren und strukturierten Überblick über die durchgeführten Arbeiten zu bieten.

Der Hauptteil der Arbeit ist in drei Hauptabschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt, dem *Theoretischen Hintergrund*, werden relevante theoretische Konzepte erörtert. Hierzu gehören der aktuelle Stand der Forschung zum Untersuchungsgegenstand, die Grundlagen zur Planung und Realisierung verfahrenstechnischer Anlagen, sowie eine eingehende Betrachtung der DEXPI-Spezifikation und des ProteusXML-Schemas. Rechtliche Aspekte im Genehmigungs- und Umweltrecht sowie Instrumente der digitalen Informationsverarbeitung als Werkzeuge zur Automatisierung von Prozessen werden ebenso behandelt.

Im zweiten Abschnitt, der *Methodischen Vorgehensweise und des Untersuchungsdesigns*, wird der methodische Ansatz der Arbeit beleuchtet. Hierbei kommen die Design Science Research-Methode beziehungsweise der gestaltungsorientierte Ansatz der Wirtschaftsinformatikforschung zum Einsatz. Das Untersuchungsdesign zur Bearbeitung der Forschungsfrage wird im Detail erläutert.

Der dritte Hauptabschnitt befasst sich mit den *Ergebnissen aus der Arbeit am Prototyp*. Dieser umfasst die Definition der Anforderungen an den Prototyp, einschließlich der Vorgangsbeschreibung bei manueller Bearbeitung und der Erarbeitung der Automatisierungspotentiale. Außerdem wird die Modellierung des Antragsformulars als XML-Struktur behandelt und die notwendigen Annahmen und Anpassungen im Bezug auf das DEXPI-R&I beschrieben. Die Konstruktion des Prototyps erfolgt in einem Jupyter-Notebook welches auf GitHub zur Verfügung gestellt wird (Link zum GitHub-Repository). Darauf hinaus werden Evaluationskriterien erarbeitet und der Evaluationsvorgang dargestellt.

Die Arbeit schließt mit einer *Diskussion der Ergebnisse* und einem *Ausblick*. Die Diskussion interpretiert die erzielten Ergebnisse und setzt sie in Bezug zur Forschungsfrage. Der Ausblick gibt einen Überblick über mögliche Weiterentwicklungen und zukünftige Forschungsansätze.

Abgerundet wird die Arbeit durch das Literaturverzeichnis, in dem alle referenzierten Quellen aufgeführt sind, sowie durch die Anhänge.

2. Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel erfolgt eine Darlegung der theoretischen Grundlagen, die für ein Verständnis der in der Arbeit behandelten Themen von entscheidender Bedeutung sind. Dazu soll zunächst der aktuelle Stand der Forschung zum Untersuchungsgegenstand erarbeitet werden. Darauf aufbauend werden die theoretischen Grundlagen zur Planung und Realisierung verfahrenstechnischer Anlagen erläutert. Anschließend werden die Grundlagen zu Data Exchange in the Process Industry (DEXPI) erarbeitet und eine kurze Ausführung über die Grundlagen zum Genehmigungs- und Umweltrecht dargelegt. Schließlich erfolgt in knappen Zügen eine Darlegung der Instrumente der digitalen Informationsverarbeitung unter Angabe von Quellen zur vertieften Einarbeitung.

In diesem Abschnitt wird eine Darlegung der theoretischen Grundlagen vorgenommen, die für ein umfassendes Verständnis der Themen, die in dieser Arbeit behandelt werden, von entscheidender Bedeutung sind. Zunächst wird eine Zusammenstellung des aktuellen Standes der Forschung bezüglich des Untersuchungsgegenstandes erarbeitet. Darauf aufbauend werden die theoretischen Grundlagen zur Planung und Umsetzung verfahrenstechnischer Anlagen erläutert. Anschließend erfolgt eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Grundlagen von DEXPI sowie eine kurze Darstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen im Bereich des Genehmigungs- und Umweltrechts. Abschließend werden die Instrumente der digitalen Informationsverarbeitung in knapper Form vorgestellt und Quellen für eine vertiefte Auseinandersetzung angegeben.

2.1. Stand der Forschung zum Untersuchungsgegenstand

Zunächst soll untersucht werden, ob Forschungsarbeiten existieren die sich in ähnlicher Weise mit dem Untersuchungsgegenstand befasst haben. Zur Recherche sollen folgende Datenbanken genutzt werden:

- Science Direct (SD)
- Chemie Ingenieur Technik über Wiley Online Library (CIT)
- SpringerLink (Springer)
- IEEE Xplore (IEEE)
- American Chemical Society Publications (ACS)
- Fraunhofer-ePrints (Fraunhofer)
- Fachinformationen für Technik und Naturwissenschaften TIB-Portal (TIB)

- Online Contents Technik (OLC)
- American Society of Mechanical Engineers Digital Collection (ASME).

Um diese Datenbanken strukturiert zum Untersuchungsgegenstand und den Forschungsfragen absuchen zu können, werden in Tabelle 1 zunächst stichwortartige Suchbegriffe definiert. Jeder Begriff ist spezifisch und präzise, konzentriert sich auf einen bestimmten Aspekt des Untersuchungsgegenstands und verwendet angemessene Fachterminologie aus den Ingenieurwissenschaften. Die Multilingualität der Begriffe ermöglicht eine breitere Suche. Die Begriffe sind in direktem Bezug zu den Forschungsfragen, einschließlich Automatisierung, Datenstandardisierung und Effizienzsteigerung im Genehmigungsprozess. Insgesamt sind die Begriffe zielgerichtet auf eine wissenschaftliche Literaturrecherche in den genannten Datenbanken formuliert.

Nr.	Deutsch	Englisch
1	Automatisierung von Genehmigungsverfahren	Automation of Approval Processes
2	Digitalisierung von Genehmigungsanträgen	Digitization of Approval Applications
3	Compliance in der Verfahrenstechnik	Compliance in Process Engineering
4	Genehmigungsprozesse im Engineering	Approval Processes in Engineering
5	Datenstandardisierung in der Verfahrenstechnik	Data Standardization in Process Engineering
6	DEXPI	DEXPI
7	Datenextraktion aus Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata	Data Extraction from Piping and Instrumentation Diagrams
8	Best Practices für Genehmigungsverfahren in der Prozessindustrie	Best Practices for Approval Processes in Process Industry

Tabelle 1: Suchbegriffe für die Literaturrecherche in Deutsch und Englisch

In der folgenden Tabelle 2 werden die relevanten Datenbanken (Zeile) den relevanten Suchbegriffen (Spalte) gegenübergestellt. Für jede Suche soll so festgehalten werden, ob die Recherche zunächst ein positives (+), oder eine negatives (-) Ergebnis erbringt.

nis erzielt hat. Als positives Ergebnis wird hier gewertet, wenn die Suchanfrage mindestens ein relevantes oder interessantes Ergebnis erzielt hat.

Nr.	SD	CIT	Springer	IEEE	ACS	Fraunhofer	TIB	OLC	ASME
1	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	+	-	-	+	+	-	-	-	-
4	-	+	-	-	-	-	-	-	-
5	+	-	-	+	-	-	+	-	-
6	+	+	+	+	-	-	+	+	-
7	+	-	+	-	-	-	+	-	-
8	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 2: Ergebnisse der Literaturrecherche in verschiedenen Datenbanken

Auffällig ist das über einige Datenbanken keine oder fast keine Ergebnisse erzielt wurden. Dies kann zum einen daran liegen, dass die Datenbanken inhaltlich zu weit entfernt vom Untersuchungsgegenstand liegen (Fraunhofer, ASME, ACS). Möglicherweise wären durch weitere Optimierungen der Suchanfragen auch weitere Ergebnisse erzielbar gewesen (Springer, OLC). Auffällig ist auch, dass die Suchanfrage DEXPI die meisten positiven Ergebnisse erzielt hat, was auch darauf zurückzuführen sein könnte, dass es sich um die einzige Einwortsuchanfrage handelte. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die Datenbanken SD, CIT, IEEE und TIB die meisten positiven Suchanfragen geliefert haben. Insgesamt wurden durch die Literaturrecherche 26 zusätzliche Publikationen gesammelt. Diese können im Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht vollumfänglich analysiert werden. Ersichtlich wird, dass sich keine Publikation exakt mit dem Untersuchungsgegenstand beschäftigt. Auf ausgewählte Forschungsarbeiten soll an entsprechenden Stellen der Arbeit zurückgegriffen werden. Darüber hinaus wird im Folgenden der aktuelle Stand der Technik und der Regulierung im Bezug auf den Untersuchungsgegenstand beschrieben. Dazu soll auch auf die Ergebnisse der Literaturrecherche zurückgegriffen werden.

2.2. Grundlagen zur Planung und Realisierung verfahrenstechnischer Anlagen

Die Planung und Realisierung verfahrenstechnischer Anlagen ist ein komplexer Prozess der verschiedene Phasen durchläuft. Im Kontext dieser Arbeit soll anhand

der einschlägigen Fachliteratur eine Analyse dieses Prozesses und die branchenübliche Einteilung in unterschiedliche Phasen erfolgen. In diesem Abschnitt werden besonders die Fachbücher von Weber et al. herangezogen (Weber, 2016; Weber, 2019; Weber, Mattukat und Schüßler, 2020).

Verfahrenstechnische Anlagen werden hier als „*Anlagen zur Durchführung von Stoffänderungen und Stoffumwandlungen mit Hilfe zweckgerichteter physikalischer und/oder chemischer und/oder biologischer und/oder nuklearer Wirkungsabläufe*“ beschrieben, welche insbesondere die folgenden Eigenschaften aufweisen.

- **Durchführung von Stoffänderungen und Stoffumwandlungen.**
- **Einzigartiger Charakter der Anlagen.**
- **Komplexität und Kompliziertheit der Anlagen.**
- **Umfangreiches Rohrleitungssystem.**
- **Ganzheitliche Informationsverarbeitung während des Anlagenbetriebs.**
- **Größenordnung der Anlagen und ihrer Komponenten.**
- **Erhebliche Auswirkungen auf Menschen, Wirtschaft und Umwelt.**

Der Lebenszyklus einer solchen Anlage erstreckt sich von Idee, über Planung und Bau, bis zur Stilllegung der Anlage. In der folgenden Abbildung 1 wird dieser Lebenszyklus dargestellt.

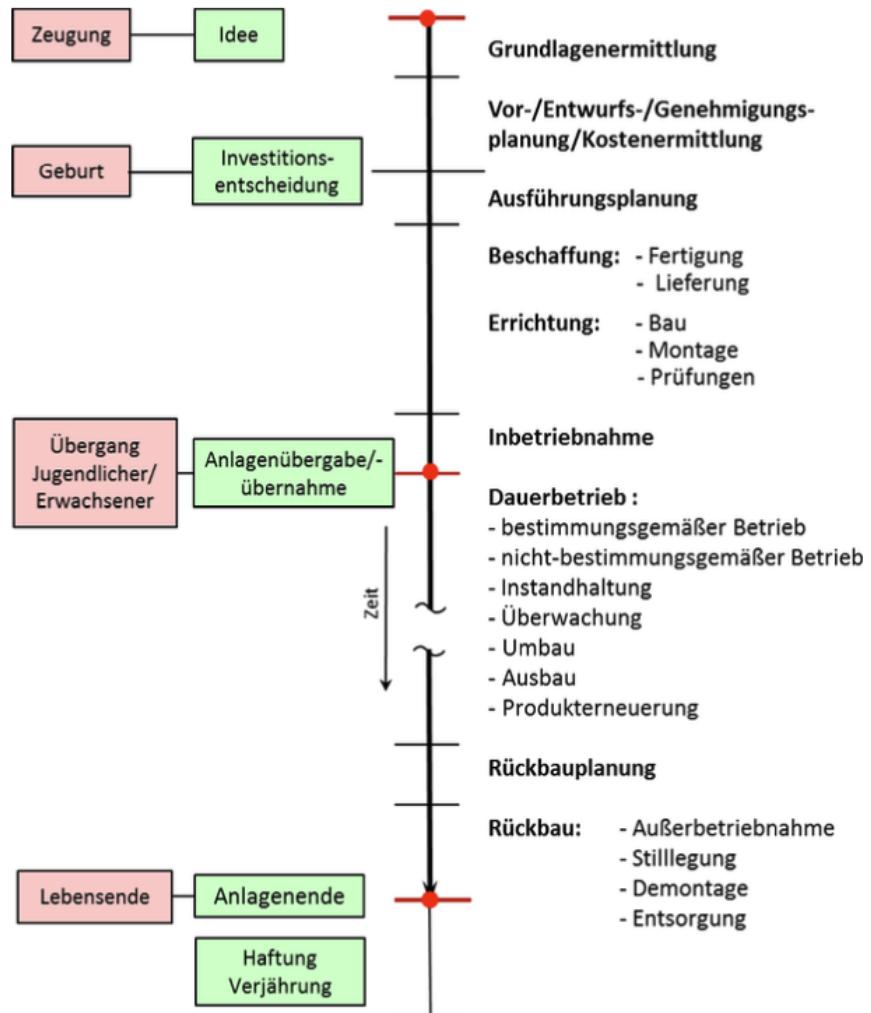


Abbildung 1: Lebenszyklus einer Anlage (Weber, 2016, S. 2)

2.2.1. Phasen der Anlagenplanung und -realisierung

Weber teilt die Anlagenplanung und -Realisierung in neun Phasen ein. Davon fallen fünf Phasen in den Bereich der eigentlichen Planung und drei Phasen in den eigentlichen Bereich der Realisierung. Die Ausführungsplanung bildet den Übergang zwischen beiden Zeiträumen im Projektablauf. Die neun Phasen werden in der folgenden Abbildung 2 im Zeitablauf dargestellt.

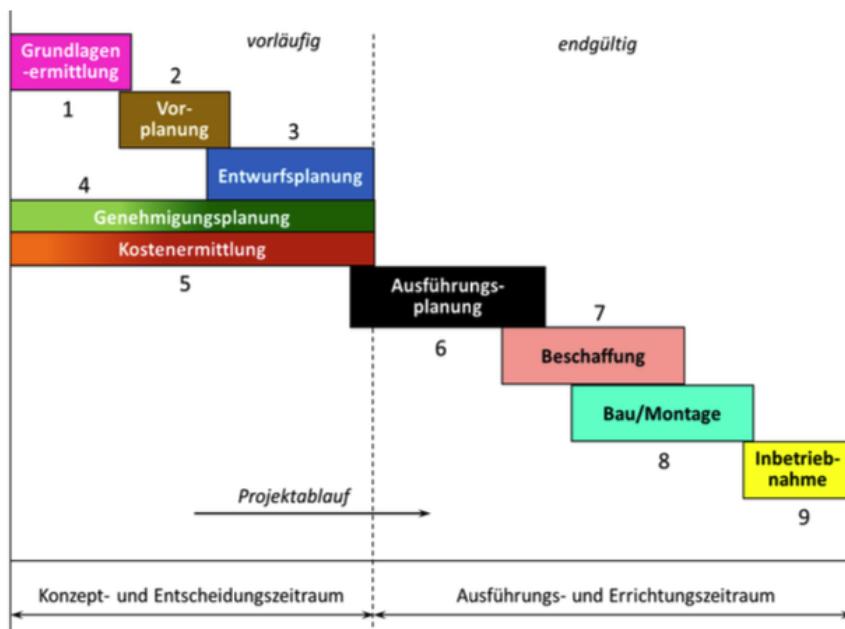


Abbildung 2: Phasenmodell der Anlagenplanung und -Realisierung (Weber, 2016, S. 4)

Im Folgenden wird besonders auf die Ausführungen zu den Phasen Vorplanung, Entwurfsplanung und Genehmigungsplanung tiefer eingegangen (Weber, 2016, S. 7–9).

Die **Vorplanung**, auch als **Pre-Basic** oder Preliminary Planning bekannt, stellt die zweite Phase im Projektablauf dar. Während der Vorplanung werden fachspezifische Konzepte auf Basis des **Lastenhefts (Scope)** erarbeitet, die dazu dienen, die unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten zu erforschen. Es ist wichtig zu betonen, dass die Vorplanung nicht mit dem *Basic Design* gleichgesetzt werden kann.

Die Projektphase des Basic Designs umfasst die Verfahrens- und Prozessplanung und beginnt in der Vorplanung als Verfahrensentwurfsplanung. Die meisten planerischen Leistungen des Basic Design setzen sich in der Entwurfsplanung als Verfahrensausführungsplanung fort. Der Umfang der Vorplanung variiert zwischen den Projekten. Für neuartige Projektvorhaben fällt sie umfangreicher aus, für Erweiterungsprojekte weniger umfangreich. In diesem Fall können die Ergebnisse der Vorplanung direkt im Lastenheft erfasst werden. Falls das Lastenheft erst gegen Ende der Vorplanung fertiggestellt wird, muss die Schnittstelle zur Entwurfsplanung besonders gepflegt werden. Die Resultate der Vorplanung erhalten den Bearbeitungsstatus Approved for Basic (AFB). Ein separates Dokumentationspaket für die Phase Pre-Basic ist eher unüblich. Die Leitung von Projekten liegt in dieser Phase häufig beim Investor selbst. Dies liegt zum einen an der Sachkenntnis und andererseits um geistiges Eigentum zu schützen. Fehlendes Fachwissen wird für sein Projektteam eingekauft.

Die **Entwurfsplanung**, auch als **Basic Engineering** bezeichnet, ist die zentrale Phase im Planungsbereich. In dieser Phase erfolgt die Verfahrensplanung und es werden umfassende Verfahrensunterlagen erstellt, was als **Basic Design** bezeichnet wird. Es wird ein verbindlicher Entwurf für die Anlage, die Technik und die gesamte Projektabwicklung aufgestellt. Die Planungstiefe am Ende des Basic Engineering muss ausreichen, um fundierte Investitionsentscheidungen vorzubereiten und die behördengerechte Genehmigungsplanung durchzuführen. Gegebenenfalls können auch Fach- und Ausführungsplanungen eingeleitet werden. Die Ergebnisse der Entwurfsplanung manifestieren sich in der Basic Engineering-Dokumentation. Im Verlauf des Genehmigungsverfahrens bis zur Investitionsentscheidung wird diese Dokumentation weiter präzisiert und vervollständigt. Abschließend bildet diese Dokumentation das **Pflichtenheft** (Requirement Specification) oder die **Front End Loading (FEL)-Dokumentation**. Nach Freigabe der Investition erhält es den Bearbeitungsstatus Approved for Detail (AFD). Es dient als Grundlage für die Ausführungsplanung und die Anlagenrealisierung. In der Praxis übernimmt teilweise der Investor eigenverantwortlich das Basic Engineering. Gründe dafür können entweder seine Fachkenntnisse, insbesondere wenn er gleichzeitig Verfahrensträger ist, oder auch der Know-how-Schutz sein. Die Zusammenarbeit mit externen Ingenieurpartnern wird in diesem Zusammenhang *Owner-Engineering* genannt. Falls der Auftraggeber nicht über ausreichend Personal verfügt oder das erforderliche Fachwissen fehlt, wird die Basic Engineering-Phase an ein externes Ingenieurbüro vergeben.

Die Phasen Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung und Kostenermittlung über-

lappen zwar zeitlich teilweise, wobei die Schnittstellen zwischen diesen Phasen allerdings schwach ausgeprägt sind. Dagegen ist die Schnittstelle zwischen Entwurfsplanung und **Ausführungsplanung (Detail Engineering)** sehr stark ausgeprägt, da das Detail Engineering oft gemeinsam mit der Anlagenrealisierung, also den tatsächlichen Bautätigkeiten, ausgeschrieben und beauftragt wird. In solchen Fällen spricht man von *Kontraktor-Engineering*. Eine detaillierte Basic Engineering-Dokumentation (Extended Basic) und das Pflichtenheft sind dafür entscheidend.

Die **Genehmigungsplanung** ist ein umfassender Prozess, der verschiedene Aufgaben beinhaltet. Dazu gehört zu einem frühen Zeitpunkt die Analyse der Genehmigungsfähigkeit des geplanten Vorhabens während der Projektvorbereitung und Grundlagenermittlung, auch als *Genehmigungsprognose* bezeichnet. Hierbei werden genehmigungsrelevanten Entwurfsdaten und andere Anlagenmerkmale im Lastenheft ausgewählt und festgelegt. In allen frühen Phasen bis zum Übergang in die Ausführungsplanung erfolgt eine regelmäßige Beurteilung des zu erwartenden Genehmigungsverfahrens und der damit verbundenen Risiken.

Zudem umfasst die Genehmigungsplanung das Erarbeiten des **Genehmigungsantrags** sowie die aktive Mitwirkung während des Genehmigungsverfahrens. Die rechtlichen Grundlagen für diese Planung basieren auf geltenden Rechtsvorschriften und den Ergebnissen des Pre-Basic und insbesondere des Basic Engineerings.

Dokumente, welche für den Genehmigungsantrag freigegeben wurden, werden als Approved for Permit Application (AFPA) gekennzeichnet. Erforderliche Änderungen, die sich aus der Genehmigungsprognose und dem Genehmigungsverfahren ergeben, müssen unverzüglich im Engineeringprozess umgesetzt werden. Andererseits müssen Änderungen die sich aus dem Engineering ergeben im Hinblick auf die Genehmigungsfähigkeit und die Genehmigungsplanung berücksichtigt werden. Diese Änderungen werden letztlich im Pflichtenheft dokumentiert und dienen als Grundlage für die Ausführung der Anlage.

Im verfahrenstechnischen Anlagenbau, insbesondere in Deutschland, stellt die zeitgerechte Erlangung einer rechtskräftigen Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb der Anlage eine herausfordernde Aufgabe dar. Der Investor oder Bauherr ist für die Einholung der Genehmigung verantwortlich und wird in der Regel vom Anlagenplaner unterstützt, was auch als *Behörden-Engineering* bezeichnet wird. Die im Genehmigungsbescheid festgelegten Vorgaben müssen während des Detail Engineerings (Ausführungsplanung) sowie in den Phasen Beschaffung, Bau/Montage und Inbetriebnahme berücksichtigt und eingehalten werden. Dafür werden alle genehmigungsrelevanten Unterlagen in einer separaten Genehmigungsdokumenta-

tion zusammengeführt und unter der Verantwortung des Investors und künftigen Betreibers verwaltet.

Die Digitalisierung und Automatisierung eines Teilespekts von Genehmigungsanträgen ist Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit. Im Zeitablauf der Planungstätigkeiten einer verfahrenstechnischen Anlage ist dieser Vorgang relativ zum Ende der Entwurfspalnung, also des Basic Engineerings, einzuordnen (siehe Abbildung 3). Zu diesem Zeitpunkt wird der Dokumentationsprozess über die wesentlichen verfahrenstechnischen Details der Anlagen, also das Basic Design, schon sehr weit fortgeschritten sein. Die Genehmigungsplanung, beziehungsweise das Genehmigungs-Engineering, muss zur Erstellung der Genehmigungsanträge auf diese Dokumentation zurückgreifen, die genehmigungsrelevanten Aspekte extrahieren und darauf hin die Genehmigungsdokumentation aufbauen. Im folgenden Abschnitt 2.2.2 wird näher auf die Dokumentation des Basic Designs eingegangen.

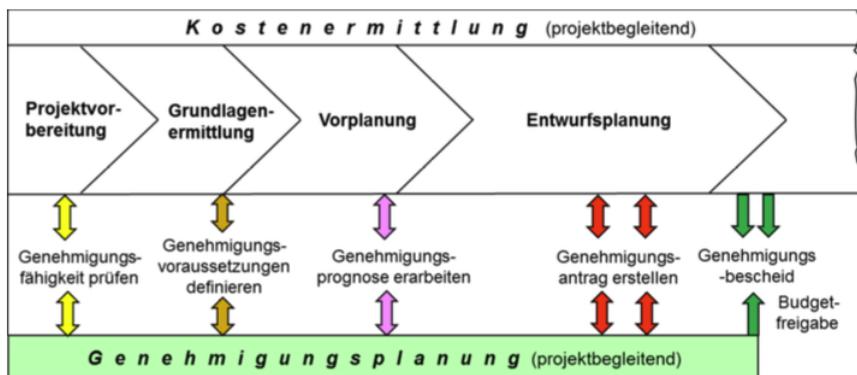


Abbildung 3: Genehmigungsplanung (Weber, 2016, S. 427)

2.2.2. Anlagendokumentation

Nach Weber wird „*in der Praxis [...] der Genehmigungsantrag im günstigsten Fall zeitnah zum Abschluss des Basic Engineering vorliegen*“. Vor dem Forschungshintergrund der vorliegenden Arbeit, die Erstellung von Genehmigungsanträgen durch Automatisierung zu unterstützen, ist es daher naheliegend zu analysieren, auf welche Unterlagen bei der Erstellung von Genehmigungsanträgen zurückgegriffen werden kann. Wie in Abschnitt 2.2.1 dargelegt ist die Verfahrensplanung (Basic Design) das zentrale Element des Basic Engineerings. Die folgende Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang aller Dokumente die im Basic Design zusammenkom-

men.

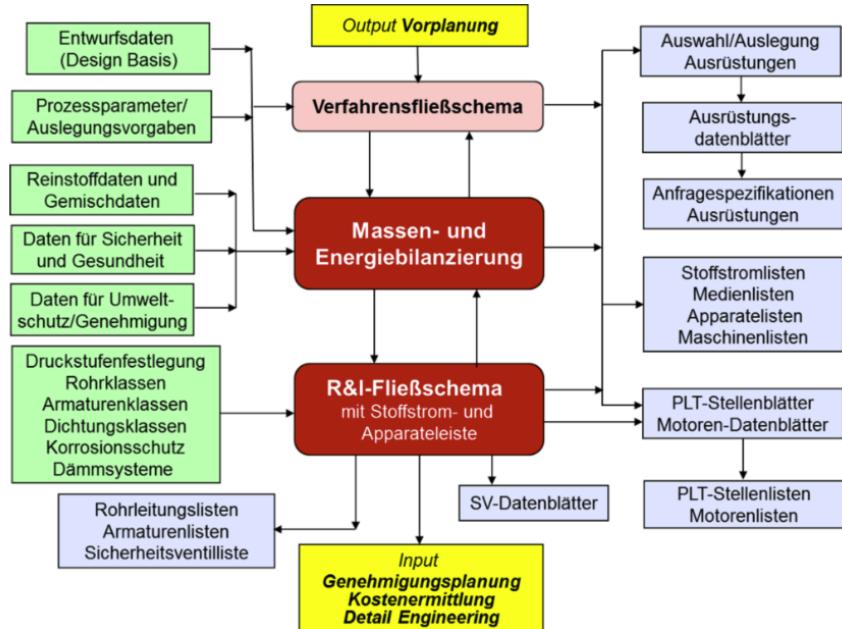


Abbildung 4: Dokumentationsprozess im Basic Design (Weber, Mattukat und Schüßler, 2020, S. 7)

Die Ergebnisse aus der Vorplanung (Pre-Basic) gehen als Input in das Basic Design ein. Zusammen mit den Entwurfsdaten (Produktspezifikationen, Kapazität, verfügbare Medien usw.) und den Auslegungsparametern (Drücke, Temperaturen, Emissionsgrenzwerte...) werden Verfahrensfließschemata erstellt. Ein Verfahrensfließschema ist eine graphische Darstellung einer verfahrenstechnischen Anlage in dem die Hauptausrüstungen (als Symbole) und die wesentlichen Stoffströme (als Linie) dargestellt werden. Zusammen mit den Stoff- und Gemischdaten sowie den Daten für Sicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz kann eine Massen- und Energiebilanzierung starten. Hier ist das Ziel die Massenströme und den Energiefluss zu antizipieren. Werden diese Informationen mit konkreten Informationen über die technische Ausrüstung einer Anlage (Rohrleitungen, Behälter, Wärmetauscher, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR) usw.) zusammengeführt, kann ein Rohrleitungs- & Instrumentenfließschema (R&I) erstellt werden.

Ein R&I sowie die dazugehörigen Listen (in Abbildung 4 blau hinterlegt: Medienliste, Apparateliste, Rohrleitungsliste, Armaturenliste usw.) beschreibt eine verfah-

renstechnische Anlage bereits sehr präzise, sodass auf dieser Grundlage in Verbindung mit einer Verfahrens- und Anlagenbeschreibung solide Aussagen über eine Anlage gemacht werden können. Damit sollten auch Genehmigungsunterlagen erstellt werden können, auch wenn das R&I in der Regel nicht Teil eines Genehmigungsantrages ist. Da das R&I das zentrale Dokument in der Verfahrenstechnik ist wird dieses im folgenden Abschnitt 2.2.3 detaillierter beschrieben.

2.2.3. Das R&I als zentrales Dokument in der Verfahrenstechnik

Das Rohrleitungs- & Instrumentenfließschema (R&I) (englisch: Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)) ist das zentrale Dokument einer verfahrenstechnischen Anlage. In Anhang A der Arbeit ist ein R&I aufgeführt. Das R&I ist eine graphische Illustration einer Anlage, wo die Symbole für Bestandteile der Anlage (Behälter, Pumpen, Armaturen ...), die Linien für die verbindenden Rohrleitungen stehen und darüber hinaus Mess-, Regel- und Steuerfunktionen einer Anlage abgebildet werden. Die Darstellung der einzelnen Bestandteile unterliegt dabei einer präzisen Normung. In Abbildung 5 wird die Zusammenstellung der relevanten Normen aufgeführt (Weber, Mattukat und Schüßler, 2020, 185 ff.).

Norm	Titel und Inhalt	
DIN EN ISO 10628	Schemata für die chemische und petrochemische Industrie	
	Teil 1	Spezifikation der Schemata
	Teil 2	Grafische Symbole
DIN EN ISO 10628-1, Beiblatt 1	Ziff. 3.2	Kennbuchstaben Anlage
	Ziff. 3.3	Kennbuchstaben Teilanlage
	Ziff. 3.4	Kennbuchstaben Apparate und Maschinen
	Ziff. 3.5	Kennbuchstaben Verpackungsmaschinen
	Ziff. 3.6	Kennbuchstaben Armaturen
	Ziff. 3.7	Rohrleitungen
	Ziff. 3.8	Rohrleitungsteile
DIN 28000	Chemischer Apparatebau – Dokumentation im Lebensweg von Prozessanlagen	
	Teil 3:	Fließschemata und Anlagenkennzeichnung
	Teil 4:	Graphische Symbole für Armaturen und Rohrleitungen
DIN EN 62424 VDE 0810-24	Darstellung von Aufgaben der Prozessleittechnik – Fließbilder und Datenaustausch zwischen EDV-Werkzeugen zur Fließbilderstellung und CAE-Systemen	
DIN EN 61082	Dokumente der Elektrotechnik	
EN 60617	Graphische Symbole für Schaltpläne	
DIN 1356-1	Bauzeichnungen, Teil 1: Arten, Inhalte und Grundregeln der Darstellung	

Abbildung 5: Normen zur Darstellung von R&I-Fließschemata (Weber, Mattukat und Schüßler, 2020, S. 186)

Im Folgenden sollen die wichtigsten Funktionen eines R&Is anhand des Beispiels des *DEXPI-R&Is* gezeigt werden. Dieses wird in Abbildung 31 gezeigt und ist Anhang A beigefügt. Im Rahmen der Bearbeitung wurde festgestellt, dass diese beiden Fließbilder geringfügige Abweichungen aufweisen (z.B. vertauschte Pumpen und Wärmetauscher). Die Folgenden Darstellung sind der Abbildung 31 entnommen. Die Ausrichtung des Prototyps wurde anhand des in Anhang A abgebildeten Standes realisiert. Im Folgenden sollen die elementaren Funktionen anhand der konkreten Beispiele, welche im weiteren Verlauf der Arbeit noch gebraucht werden, veranschaulicht werden.

1. Darstellung der Funktion und Art der Apparate und Maschinen durch Symbole.

Unterschiedliche Apparate erfüllen unterschiedliche Funktionen. Die Erläuterung der Funktionsweise eines Apparats oder eines Behälters kann durch

umfangreiche Funktionsbeschreibung im Rahmen eines Produktdatenblatts oder Ähnlichem erfolgen. Um schnell und unmittelbar eine Vorstellung von der Funktionsweise einer Anlage zu bekommen werden unterschiedliche Apparate mit verschiedenen Symbolen abgebildet, für welche die konkrete Bau- teilbezeichnung in der ISO 10628-2 genau definiert ist. Im *DEXPI-R&I* kommen folgende Apparate und Behälter zu Einsatz.

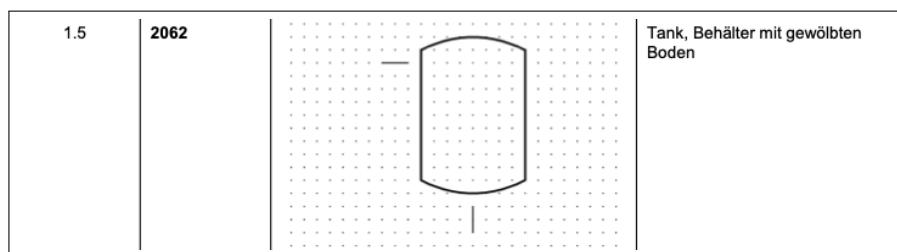


Abbildung 6: Tank mit gewölbten Boden (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

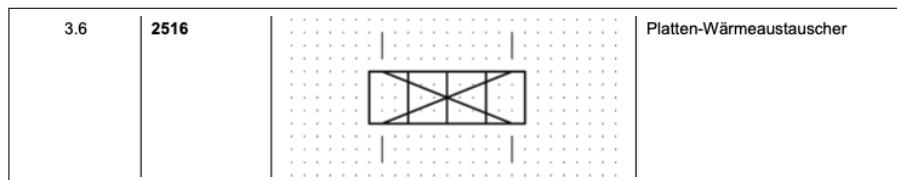


Abbildung 7: Platten-Wärmetauscher (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

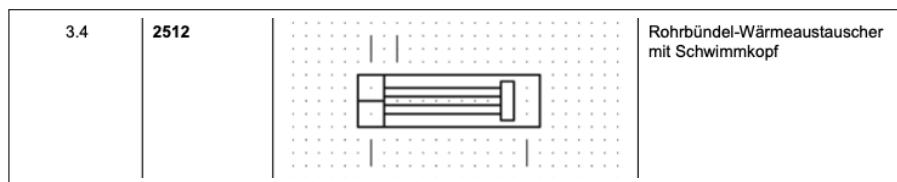


Abbildung 8: Rohrbündel-Wärmetauscher (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

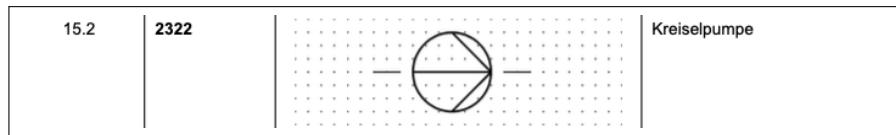


Abbildung 9: Kreiselpumpe (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

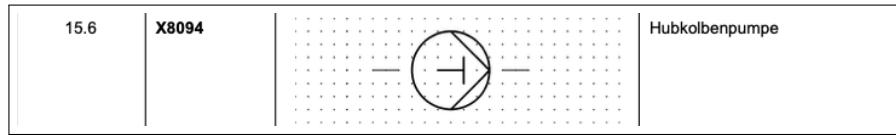


Abbildung 10: Hubkolbenpumpe (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

2. Kennzeichnung der Apparate und Maschinen durch Identifikationsnummern

Zusätzlich zur Abbildung des Apparats als Symbol in Entsprechung seiner Funktion wird das Abbild mit einer Identifikationsnummer versehen. Diese Identifikationsnummer hat mitunter verschiedene Bezeichnungen. Wichtig ist zu erwähnen, dass es sich bei dieser Identifikationsnummer weder um eine individuelle Seriennummer eines konkreten Produkts (wie etwa eine International Mobile Equipment Identity (IMEI) bei Mobiltelefonen) noch um eine Equipmentnummer im Sinne eines Stammdatums aus dem Plant Maintenance System eines Unternehmens handelt. Diese Identifikationsnummer ist viel mehr ein Platzhalter für eine technische Funktion an einer definierten Stelle im Prozessablauf. Es folgt ein Beispiel für jede Art von Apparaten aus dem *DEXPI-R&I*.

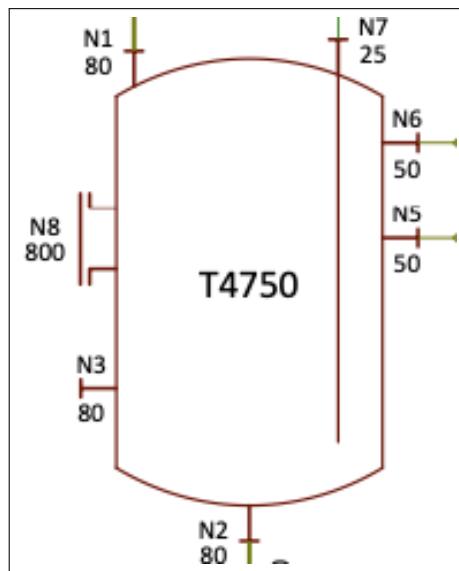


Abbildung 11: Tankbezeichnung T4750

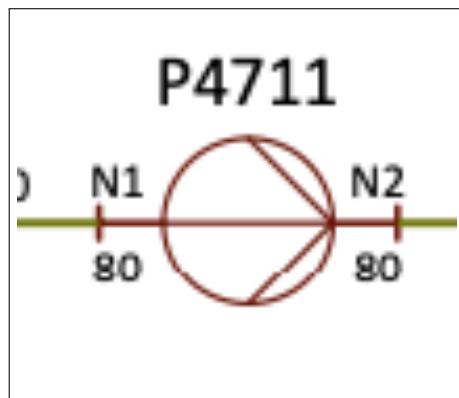


Abbildung 12: Pumpenbezeichnung P4711

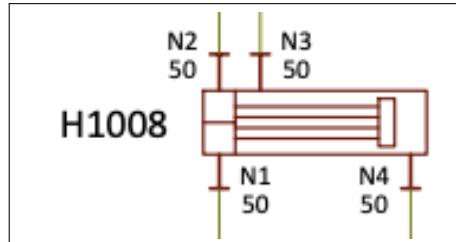


Abbildung 13: Wärmetauscherbezeichnung H1008

3. Beschreibung der Apparate und Maschinen durch relevante technische Größen.

Zusätzlich zu der rein graphischen Abbildung erfolgt häufig eine Auflistung der für das Verständnis des Prozesses wichtigsten technischen Größen in Form einer Tabelle. Es folgt die Abbildung der Tabellen aus den oben gewählten Beispielen des *DEXPI-R&Is*.

Ident	T4750	
Design Press. min. Chamber 1 / 2	-0.1 barg	-0.1 barg
Design Press. max. Chamber 1 / 2	0.1 barg	0.05 barg
Design Temp. min. Chamber 1 / 2	-45 °C	-45 °C
Design Temp. max. Chamber 1 / 2	100 °C	100 °C
Nominal Diameter / Overall Height/Length	DN 20000	4 m
Nominal Capacity	26 m ³	
Material Chamber 1 / 2	1.4306	1.4305

Abbildung 14: Technische Größen T4750

Ident	P4711	
Design Press. Casing min.	-0.5 barg	
Design Press. Casing max.	60 barg	
Design Temp. Casing min.	-45 °C	
Design Temp. Casing max.	80 °C	
Design Capacity / Design Press. Head	200 m ³ /h	10 m
Design Speed / Design Power max. Diam. Wheel	600 1/min	60 kW
Material Case Press. Side / Material Impeller	1.4306	1.4308

Abbildung 15: Technische Größen P4711

Ident	H1008	
Design Press. min. Chamber 1 / 2	-1 barg	-1 barg
Design Press. max. Chamber 1 / 2	60 barg	30 barg
Design Temp. min. Chamber 1 / 2	-45 °C	-45 °C
Design Temp. max. Chamber 1 / 2	100 °C	100 °C
Design Duty / Design Heat Transfer Area	313 kW	46.8 m ²
Nominal Diameter / Tube Length	DN 800	2200 mm
Material Tubes / Material Shell	1.4306	1.4308

Abbildung 16: Technische Größen H1008

4. **Beschreibung der Rohrleitungen durch Angabe von Nennweite, Druckstufe, Werkstoff und Mediengruppe anhand einer Rohrleitungsnummer.** Rohrleitungen werden in R&Is mehr oder weniger als einfache Striche dargestellt, bei denen die Pfeile die Flussrichtung des geführten Mediums anzeigen. Diese Konventionen sowie einige Ausnahmen und Sonderfälle werden Abbildung 17 dargestellt.

25	Sonstige graphische Symbole für Rohrleitungen		
25.1	405		Rohrleitung
25.2	X8156		Nebenleitung
25.3	241		Bewegung in Flussrichtung
25.4	3061		Gefälle
25.5	2038		Siphon
25.6	C0106		Rohr, beheizt oder gekühlt
25.7	X409		Rohr mit Mantelrohr oder mit Schutzrohr
25.8	X8174		Rohr, beheizt oder gekühlt und gedämmt
25.9	X322		Rohr, gedämmt

Abbildung 17: Rohrleitungen (DIN EN ISO 10628-2 2012)

Um eine Rohrleitung eindeutig identifizieren zu können und auch schon bei Betrachtung eines R&Is mehr über eine Rohrleitung aussagen zu können, werden diese mit möglichst vielsagenden Rohrleitungsnummern ausgestat-

tet. Auch wenn es dafür genormte Konventionen gibt sind diese häufig historisch gewachsen und nicht einheitlich. Die in der folgenden Abbildung 18 dargestellte Rohrleitungsbezeichnung entstammt dem *DEXPI-R&I*. Dabei steht *MNb* für die Mediengruppe. 47121 stellt eine eindeutige Kennung des Rohrleitungsabschnittes dar. 75HB13 stellt die Rohrklasse dar. Eine Rohrklasse „*ist eine Zusammenstellung und Beschreibung aller Rohrleitungsteile, die einem bestimmten Werkstoff sowie einem Druck- und Temperatur- bereich zugeordnet sind*“ (Weber, 2016, S. 309). Die 80 am Ende der Rohrleitungsnummer steht für den Nenndurchmesser einer Rohrleitung, hier DN80.

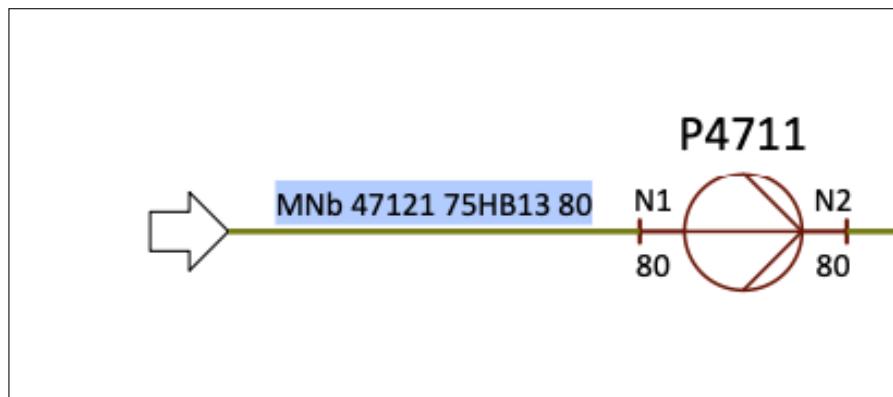


Abbildung 18: Rohrleitungsnummer 47121

5. Darstellung der Armaturen durch Symbole.

Unterschiedliche Armaturen erfüllen unterschiedliche Funktionen. Die Erläuterung der Funktionsweise der Armatur kann auf einem Produktdatenblatt oder Ähnlichem erfolgen. Um schnell und unmittelbar eine Vorstellung von der Funktionsweise einer Anlage zu bekommen werden unterschiedliche Armaturen mit verschiedenen Symbolen abgebildet, für welche die konkrete Bauteilbezeichnung in der ISO 10628-2 genau definiert ist. Im *DEXPI-R&I* kommen die folgendenden Armaturen zum Einsatz.

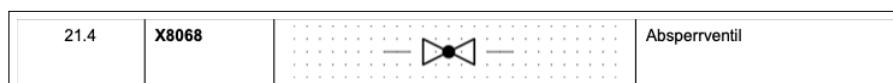


Abbildung 19: Absperrventil (DIN EN ISO 10628-2 2012)

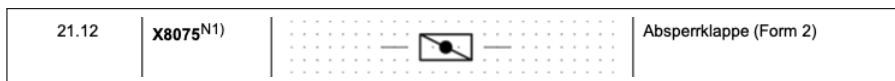


Abbildung 20: Absperrklappe (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

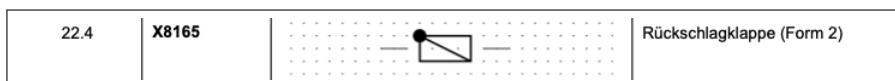


Abbildung 21: Rückschlagklappe (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

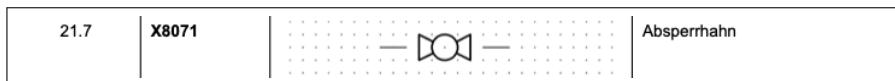


Abbildung 22: Absperrhahn (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

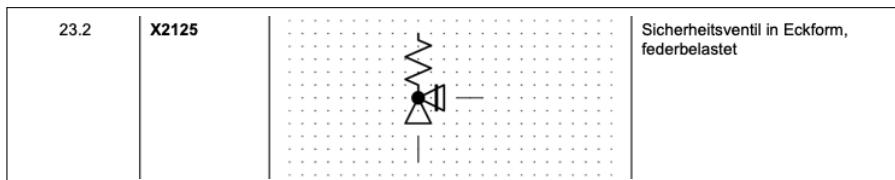


Abbildung 23: Sicherheitsventil (*DIN EN ISO 10628-2 2012*)

Der unterschiedliche Aufbau der Absperrarmaturen wird in der folgenden Abbildung 24 gezeigt.

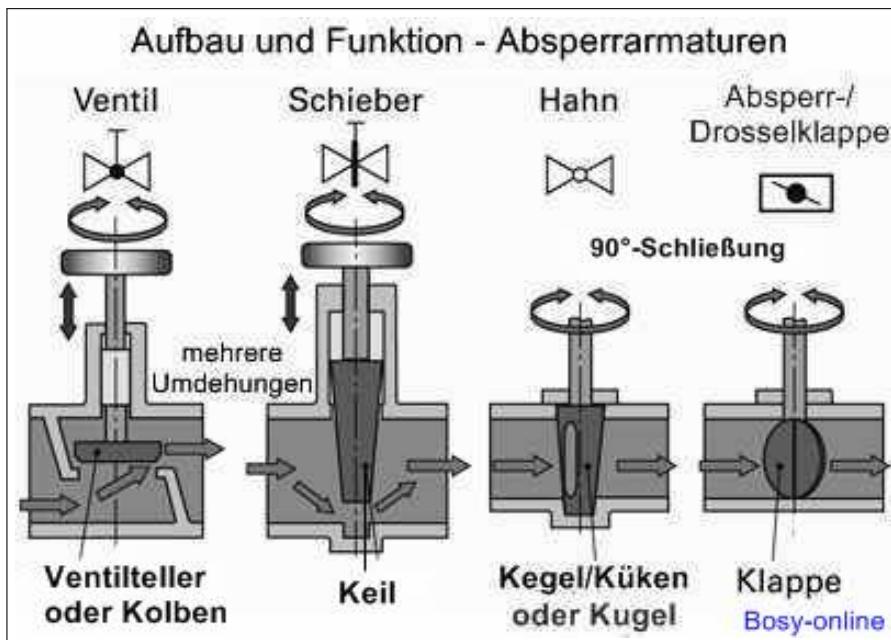


Abbildung 24: Aufbau der Absperrarmaturen (Bosy, 2024)

6. Darstellung und Kennzeichnung der Mess-, Steuer- und Regelfunktionen.

Während die Darstellung von Apparaten, Behältern, Rohrleitungen und Armaturen in der DIN EN ISO 10628 geregelt ist, finden sich die Regelungen zur Darstellung der Aufgaben im Bereich Messen, Steuern, Regeln also der Themenbereich Prozessleittechnik (PLT) (englisch: Process Control Engineering (PCE)) in der DIN EN 62424. Zuvor war die DIN 19227 die maßgebende Norm in Deutschland.

In einem R&I-Fließbild wird die funktionale Auslegung einer Anlage definiert. Technische Details zur Ausstattung werden nur aufgeführt, wenn eine Verbindung zwischen dieser Ausstattung und den Funktionen der Anlage besteht. Das R&I-Fließbild legt daher Anforderungen an die Einrichtungen der Prozessleittechnik fest. Unter einer PCE-Aufgabe wird dabei eine Aufgabe an die Prozessleittechnik verstanden. Eine PCE-Aufgabe ist also dafür da, eine prozessleittechnische Funktion zu erfüllen.

Jede PCE-Aufgabe muss im Fließbild durch eine eindeutige Referenzkennzeichnung visualisiert werden. Dabei kommen für unterschiedliche Funktionen unterschiedliche Abkürzungen zur Anwendung. In der folgenden Ta-

belle 3 werden die in R&I-Fließbilder verwendeten Abkürzungen für PCE-Aufgaben erklärt. Die PCE-Kategorie steht dabei für eine physikalische Größe beziehungsweise eine Eigenschaft die erfasst werden soll. Die PCE-Verarbeitungsfunktion beschreibt was mit der Größe gemacht werden soll (*DIN EN 62424:2016 2016*).

1. Buchstabe	PCE-Kategorie	2. Buchstabe	PCE-Verarbeitungsfunktion
A	Analyse	A	Alarm, Meldung
B	Optische Messung (z.B. Flammenüberwachung)	B	Beschränkung
C	(für Anwender frei)	C	Regelung
D	Dichte	D	Differenz
E	Elektrische Spannung	E	-
F	Durchfluss	F	Verhältnis
G	Abstand, Länge, Stellung	G	-
H	Handeingabe, Handeingriff	H	Oberer Wert, An, Offen
I	Elektrischer Strom	I	Anzeige eines analogen Werts
J	Elektrische Leistung	J	-
K	Zeitbasierte Funktionen	K	Zeitliche Änderungsrate
L	Füllstand	L	Unterer Grenzwert, Aus, Geschlossen
M	Feuchte	M	-
N	Steller, Aktor mit elektrischen Stellantrieb (z.B. Motor)	N	-
O	(für Anwender frei)	O	Lokale oder PCS-Statusanzeige von Binärsignalen
P	Druck	P	Prozessanschlusspunkt für Prüfzwecke
Q	Menge, Anzahl	Q	Integral, Menge, Zähler
R	Strahlungsgrößen	R	Aufgezeichneter Wert
S	Geschwindigkeit, Frequenz, Beschleunigung	S	Binäre Steuerungsfunktion oder Schaltfunktion (nicht sicherheitsrelevant)
T	Temperatur	T	-
U	PCE-Leitfunktion	U	-
V	Schwingung, mechanische Analyse, Drehmoment	V	-
W	Gewicht, Masse, Kraft	W	-
X	frei für nicht aufgelistete Bedeutungen	X	frei für nicht aufgelistete Bedeutungen
Y	Steller, Aktor mit nicht elektrischen Stellantrieb (hydraulisch oder pneumatisch, z.B. Regelventil)	Y	Rechenfunktion
Z	(für Anwender frei)	Z	Binäre Steuerungsfunktion oder Schaltfunktion (sicherheitsrelevant)

Tabelle 3: PCE-Kategorien und PCE-Verarbeitungsfunktionen (*DIN EN 62424:2016 2016*)

Im Vergleich dazu die Abkürzungen aus der noch häufig zitierten aber inzwischen zurückgezogenen DIN 19227.

Tabelle 3: Kennbuchstaben für EMSR-Technik			
Kennbuchstabe	Gruppe 1: Meßgröße oder andere Eingangsgröße, Stellglied als Erstbuchstabe	als Ergänzungsbuchstabe ¹⁾	Gruppe 2: Verarbeitung als Folgebuchstabe Reihenfolge: ¹¹⁾ I, R, C
A	²⁾		Störungsmeldung
B	²⁾		
C	²⁾		selbsttägige Regelung
D	Dichte	Differenz	
E	elektrische Größen		Aufnehmerfunktion ¹²⁾
F	Durchfluß, Durchsatz	Verhältnis	
G	Abstand, Länge, Stellung, Dehnung, Amplitude		
H	Handeingabe, Handeingriff ¹³⁾		oberer Grenzwert (High) ⁹⁾
I	^{2), 14)}		Anzeige
J	²⁾	Meßstellen-Abfrage	
K	Zeit		frei verfügbar ³⁾
L	Stand (auch von Trennschicht)		unterer Grenzwert (Low) ⁹⁾
M	Feuchte		frei verfügbar ³⁾
N	frei verfügbar ³⁾		
O	frei verfügbar ³⁾ , ¹⁴⁾		Sichtzeichen, Ja/Nein-Anzeige (nicht Störungsmeldung)
P	Druck		
Q	Stoffeigenschaft, Qualitätsgrößen, Analyse (außer D, M, V) ⁴⁾	Integral, Summe	
R	Strahlungsgrößen		Registrierung ⁷⁾
S	Geschwindigkeit, Drehzahl, Frequenz		Schaltung, Ablaufsteuerung, Verknüpfungssteuerung
T	Temperatur		Meßumformer-Funktion ⁶⁾
U	zusammengesetzte Größen ^{5), 8)}		zusammengefaßte Antriebsfunktionen ¹⁰⁾
V	Viskosität		Stellgeräte-Funktion
W	Gewichtskraft, Masse		
X	sonstige Größen ³⁾		
Y	frei verfügbar ³⁾		Rechenfunktion
Z	²⁾		Noteingriff, Schutz durch Auslösung, Schutzeinrichtung, sicherheitsrelevante Meldung ¹⁵⁾
+			oberer Grenzwert ⁹⁾
/			Zwischenwert ⁹⁾
-			unterer Grenzwert ⁹⁾

Ist zum Beschreiben einer Aufgabenstellung eine zusätzliche Kennzeichnung notwendig, dann gelten die Angaben nach Abschnitt 3.8. — Fußnoten ¹⁾ bis ¹⁵⁾ siehe Seite 5.

Abbildung 25: Kennbuchstaben für EMSR-Technik (DIN 19227-1:1993-10 1993)

Im *DEXPI-R&I* sind vier PCE-Aufgaben dargestellt, welche im folgenden analysiert werden.

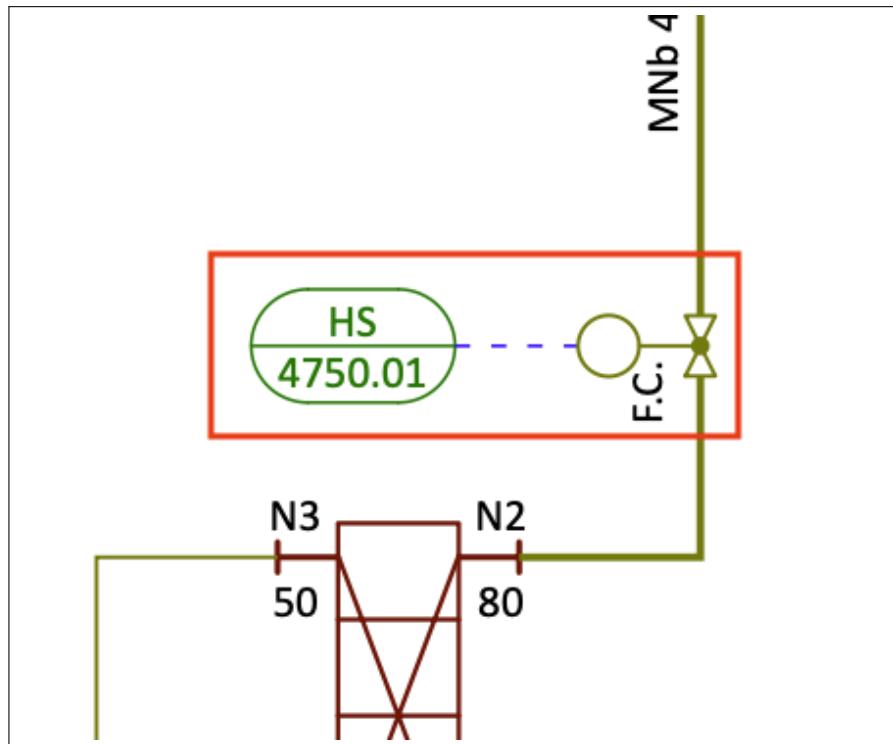


Abbildung 26: PCE-Aufgabe 4750.01

Die in der Abbildung 26 gezeigte PCE-Aufgabe beschreibt die Handschaltung eines Absperrventils mit Stellantrieb. Durch diese Funktionalität kann an dieser Stelle der Durchfluss händisch geregelt werden.

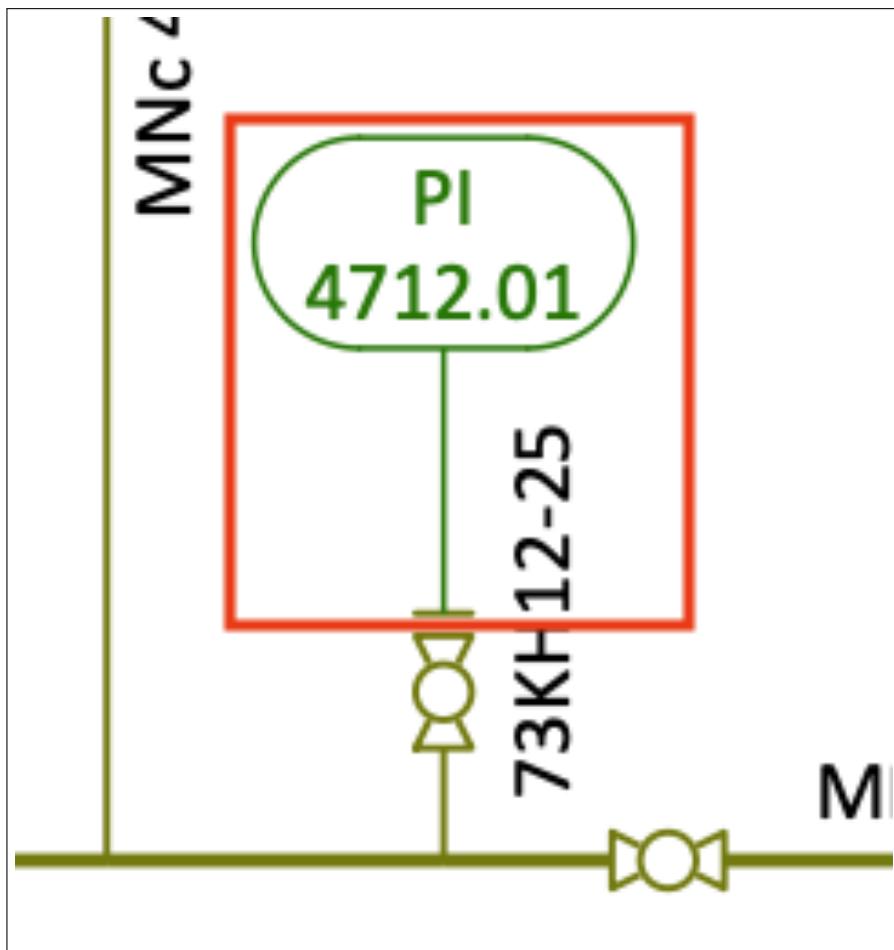


Abbildung 27: PCE-Aufgabe 4712.01

Die in der Abbildung 27 gezeigte PCE-Aufgabe beschreibt die Druckanzeige an einer bestimmten Stelle im Rohrleitungssystem. An dieser Stelle erfolgt nur die Anzeige, es wird nicht gesteuert oder geregelt. Der davor montierte Kugelhahn könnte zur vereinfachten Demontage und Wartung des Sensors dienen.

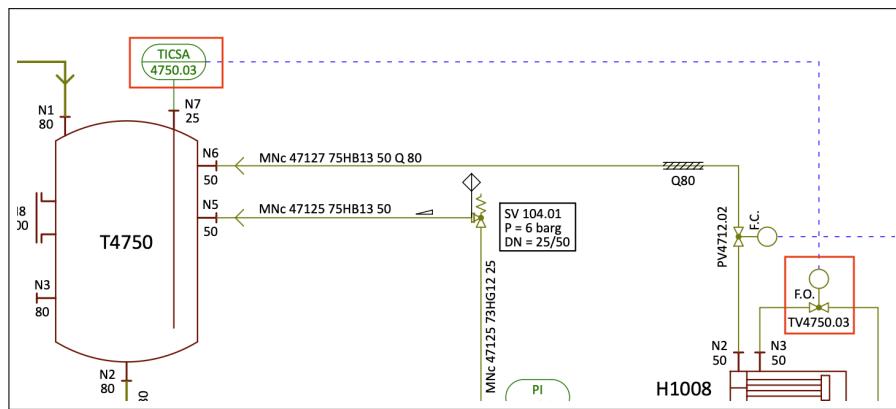


Abbildung 28: PCE-Aufgabe 4750.03

Die in der Abbildung 28 gezeigte PCE-Aufgabe beschreibt die am Tank T4750 montierte Anzeige, Regelung, Steuereung und Alarmmeldung für Temperatur. Der Sensor nimmt die Temperatur am Tank auf und regelt die Temperatur durch Steuerung des Durchflusses am Wärmetauscher H1008 durch das Ventil TV4750.03.

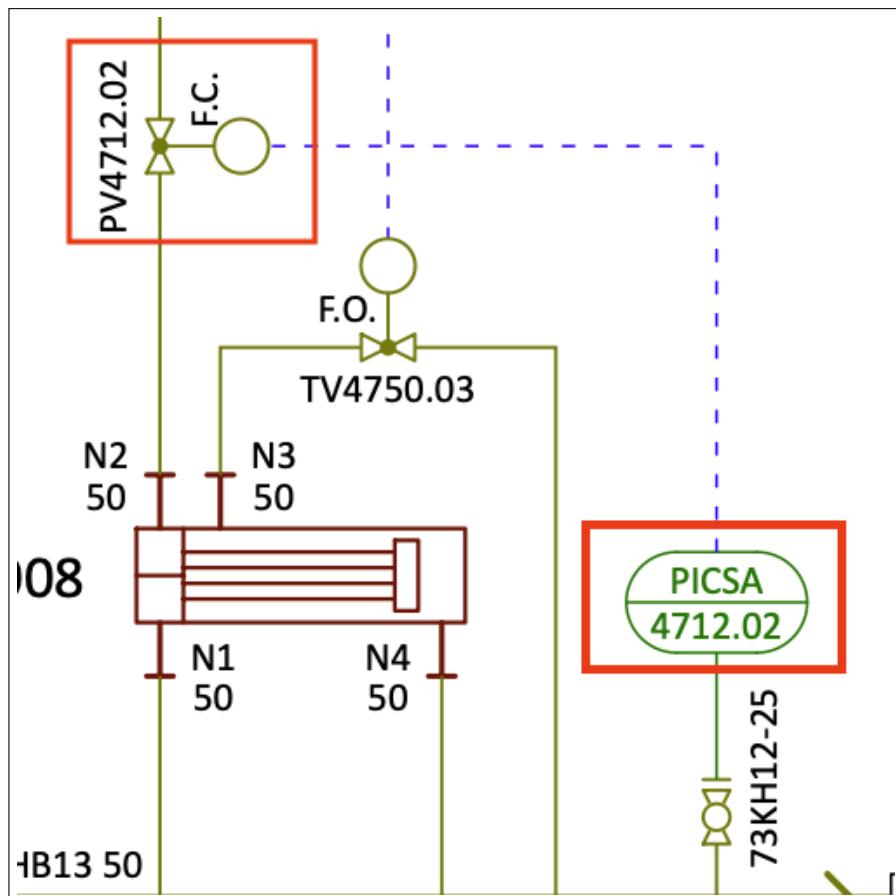


Abbildung 29: PCE-Aufgabe 4712.02

Die in der Abbildung 29 gezeigte PCE-Aufgabe beschreibt die an der ausgehenden Rohrleitung montierte Anzeige, Regelung, Steuerung und Alarmmeldung für Druck. Der Sensor nimmt den Druck an der Rohrleitung auf und regelt den Druck durch Steuerung des Durchflusses in der Rohrleitung durch das Ventil PV4712.02.

2.3. Grundlagen zu DEXPI

Data Exchange in the Process Industry (DEXPI) ist ein Verein dessen Ziel es nach eigener Angabe ist, „*einen gemeinsamen Standard für den Datenaustausch in der Prozessindustrie zu entwickeln und zu fördern, der alle Phasen des Lebenszyklus*

einer Prozessanlage abdeckt, von der Spezifikation der funktionalen Anforderungen bis hin zu den im Einsatz befindlichen Anlagen. Der aktuelle Fokus des Vereins DEXPI e.V. liegt auf dem Austausch von R&I-Schemata“. Mitglieder des Vereins sind Betreiber verfahrenstechnischer Anlagen (BASF, BAYER, EVONIK und weitere), Softwareanbieter von CAD-Systemen mit welchen R&Is erstellt werden (AUTODESK, AVEVA, HEXAGON und weitere) und Softwareentwickler für digitale Dienstleistungen (PNB, SEMANTUM und weitere).

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden einige Publikationen und Forschungsarbeiten zu DEXPI identifiziert. Diese werden in den folgenden Abschnitten aufgegriffen.

2.3.1. Die Idee und die Historie von DEXPI

Der Start von DEXPI geht auf das Jahr 2010 zurück (Wiedau, 2024). Nach dem Positionspapier aus dem Jahre 2012 (Wiedau, 2012) war die Initiative damals von der Motivation geleitet, den signifikanten Herausforderungen der unzureichenden Interoperabilität zwischen Computer-Aided Engineering (CAE) und anderen Systemen zu begegnen. Die Unternehmen sehen sich laut Papier erheblichem Aufwand gegenüber, wenn es um den Austausch von Daten während der kollaborativen Umsetzung von Projekten zur Planung, dem Bau und dem Betrieb von verfahrenstechnischen Anlagen geht. Als beteiligte Parteien an diesem Datenaustausch werden Generalunternehmer, Anlagenbetreiber, Lieferanten, sowie Site Service und Behörden beschrieben.

Als einer der Hauptgründe für diesen erheblichen Aufwand wird das Fehlen eines gemeinsamen Verständnisses über die verschiedenen Systeme hinweg beschrieben. Um in den Phasen der Planung, des Baus und des Betriebs von Anlagen effizienter zu werden, beabsichtigt die Initiative die Etablierung eines Datenaustauschmodells, welches auf dem ISO 15926-Standard basiert, also eine Art allgemein akzeptierter Standard für die Prozessindustrie. Dieser Standard sollte alle Phasen des Lebenszyklus einer (petro-)chemischen Anlage abdecken, von der Spezifikation funktionaler Anforderungen bis hin zu den tatsächlichen Anlagen im Betrieb.

Im Fokus stand dabei eine Reihe von Problemen zu lösen, wovon vor dem Hintergrund der Forschungsfrage besonders zwei hervorgehoben werden sollen. Zum einen die Vermeidung von Formatkonvertierungen beim Übertragen von Engineering-Daten und -Dokumenten über CAE-Systemgrenzen hinweg um Datenverlust zu verhindern. Zum andern das Ziel, den Austausch von Engineering-

Daten während und zur Übergabe der Projekte einfacher und kostengünstiger zu ermöglichen.

Wiedau et al. beschreiben diese Übergabe von Dokumenten als Austausch auf Basis des kleinsten gemeinsamen Nenners, was in der Praxis in der Regel einfache Zeichnungsformate, Excel-basierte Berichte oder PDF-Dokumente sind, die zwar einfach zu erstellen, aber semantisch wenig bis gar nicht aussagekräftig sind (Wiedau, Von Wedel u. a., 2019). Um dem entgegenzuwirken lag der Ausgangspunkt der DEXPI-Aktivitäten zunächst darin den Austausch von Rohrleitungs- und Instrumentenfließbildern zu verbessern (Meyer-Rössl, 2016; Wiedau und Theißen, 2015). Erst später wurden diese Ideen auf den gesamten Anlagenlebenszyklus ausgedehnt (Rahm u. a., 2020; Temmen u. a., 2022; AixCAPE, 2022; Soemers und Theißen, 2022; Soemers, Theißen u. a., 2023).

Die Strategie der DEXPI-Initiative war es dabei, bestehende Ansätze für digitale Kommunikationsstandards (z.B. ISO, IEC, BIM, OPC oder NAMUR) zu analysieren und zu bewerten und darauf aufbauend ein umfassendes Integrationskonzept zu entwickeln, welches die ISO 15926-Spezifikation für die Implementierung berücksichtigt. Für den R&I-Austausch wurden einige Entwurfsprinzipien definiert welche im Folgenden aufgelistet werden (Wiedau, Von Wedel u. a., 2019, S. 242).

- *Trennung von Spezifikation (DEXPI) und Implementierung (Proteus),*
- *Trennung von Ingenieurinhalt und grafischer Darstellung,*
- *Verwendung von akzeptierten internationalen Spezifikationen wie ISO und IEC für den Austauschstandard,*
- *Unterstützung verschiedener R&Is mit unterschiedlichen Arten von Standards (ISO, IEC, ISA, DIN),*
- *Globale Spezifikation, die alle regionalen Anforderungen abdeckt,*
- *Einfache Erweiterbarkeit,*
- *Verwendung des ISO-15926-Ansatzes, z.B. des Sandbox-Konzepts,*
- *Verwendung von objektorientierten Konzepten wie Spezialisierung und Dekomposition für die Modellierung von Ingenieur- und Anlagenobjekten,*
- *Zuordnung der Ingenieurobjekte zu den Aspekten des Anlagenlebenszyklus,*
- *Verwendung eines Eigenschaftskonzepts mit frei wählbaren Maßeinheiten,*
- *Nullwertkonzept mit Null als gültigem Wert,*
- *Verwendung von Eigenschaften ist fast immer optional, um verschiedene Anwendungsfälle zu unterstützen,*
- *Identifizierungskonzept für die Ingenieurobjekte nach Name und*

- *Semantische Kompatibilität mit NAMUR NE 150 und 159 sowie IEC 61987-Serien.*

Auf den ersten Punkt wird im folgenden Abschnitt genauer eingegangen.

2.3.2. DEXPI-Spezifikation und Proteus XML Schema

Um den digitalen Austausch von R&Is zu ermöglichen hat die DEXPI-Initiative ein gemeinsames Informationsmodell und einen Austauschstandard ausgearbeitet, welche getrennt von einander zu betrachten sind (siehe Abbildung 30).

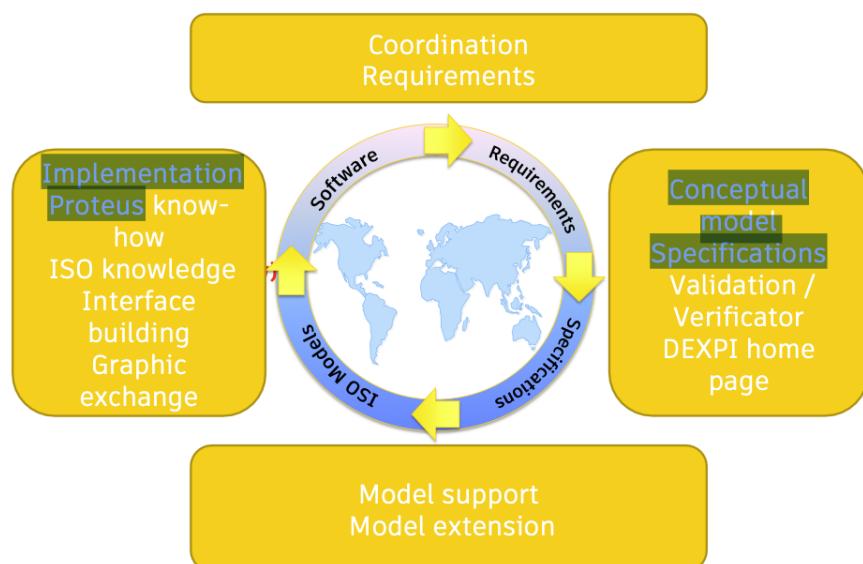


Abbildung 30: Spezifikation und Implementierung von DEXPI (Meyer-Rössl, 2016)

Das DEXPI-Informationsmodell ist ein Klassenmodell im Sinne der Unified Modeling Language (UML). Die Spezifikationen des Informationsmodells werden öffentlich zur Verfügung gestellt (DEXPI, 2024):

- DEXPI P&ID Specification 1.3
- DEXPI P&ID Specification 1.2
- DEXPI P&ID Specification 1.0

Das Austauschformat für die DEXPI-Spezifikation ist das Proteus Schema. Das

Schema basiert auf XML Schema Definition (XSD), das heißt das Proteus Schema bietet eine syntaktische Beschreibung für die konkreten Extensible Markup Language (XML)-Dateien, welche den digitalen Austausch von R&Is ermöglichen sollen. Dafür gibt es ein Mapping von jedem Typ und Attribut im DEXPI Informationsmodell zu einem XML-Schema. Die aktuellste Version des Austauschformats ist das Proteus Schema 4.1 (ProteusXML, 2024).

2.3.3. Das DEXPI-R&I

Während das DEXPI Infomationsmodell und das Proteus Schema allgemeiner Natur sind ist der Untersuchungsgegenstand der Arbeit praxisbezogen. Um der Forschungsfrage nachgehen zu können ist es deshalb erforderlich konkrete R&Is zu betrachten. Das von der DEXPI-Initiative zur Verfügung gestellte *DEXPI-R&I* soll als Beispiel fungieren. Unter anderem aus Gründen der Vertraulichkeit und zum Schutz des geistigen Eigentums sind keine weiteren R&Is im DEXPI-Standard öffentlich verfügbar (Wiedau, 2024). Das öffentlich verfügbare Fließbild hat die Bezeichnung *C01V01* (DEXPI, 2022). Das Fließbild wird in der folgenden Abbildung 31 als Darstellung gezeigt (DEXPI, 2024) und im Anhang A als PDF abgebildet (DEXPI, 2022). Im Rahmen der Bearbeitung wurde festgestellt dass zwischen beiden Ständen Unterschiede bestehen. Da das Dokument im XML-Format zu groß ist um es der Arbeit anzuhängen wird es im GitHub-Repository (C01V01-HEX.EX03) zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit das Fließbild online interaktiv zu betrachten (Link zum DEXPI-Viewer).

Das DEXPI-R&I orientiert sich am Standard der ISO 10628 Norm für R&I-Fließbilder und enthält detaillierte Angaben für einen Tank samt Stutzen, zwei Wärmetauschern, Rohrleitungen und Pumpen sowie fünf Tabellen mit Entwurfsparametern der entsprechenden Apparate. Eine spezifische Erklärung der einzelnen Bestandteile des Fließschemas erfolgte bereits in Abschnitt 2.2.3. Der im Fließbild dargestellte Prozess stellt keinen realen Prozess dar, sondern wurde konstruiert, um möglichst viele unterschiedliche Elemente einzubeziehen (H. Koziolek und A. Koziolek, 2023). Im Folgenden soll der abgebildete exemplarische Prozess soweit sinnvoll analysiert werden.

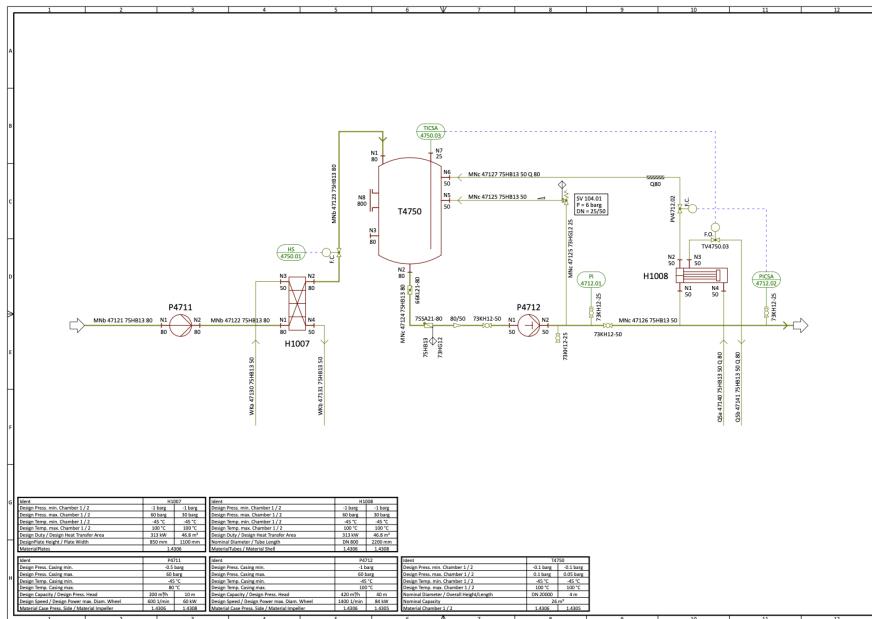


Abbildung 31: C01V01 (DEXPI, 2024)

Beim abgebildeten Prozess wird ein Flüssigkeitsstrom der Medienklasse MNb von der P4711-Pumpe erzeugt, welcher von links kommt, durch den Wärmetauscher H1007 (Eingangsstutzen N1, Ausgangsstutzen N2) fließt und dann zum oberen Teil des Tanks T4750 (Stutzen N1) gelangt. Dieser Fluss kann manuell (z.B. aus Wartungsgründen) durch Handumschaltung (HS4750.01) eines Absperrventils (HV4750.01) unterbunden werden. Am Boden des Tanks T4750 gibt es einen Austritt (Stutzen N2). Der dort ablaufende Flüssigkeitsstrom der Medienklasse MNc fließt durch eine Absperrklappe und eine Rückschlagklappe zur P4712-Pumpe. Diese fördert den Flüssigkeitsstrom weiter nach rechts durch eine Rohrleitung ab, welche zwei Rücklaufleitungen zum Tank hat. Eine direkt nach der P4712-Pumpe und eine am Wärmetauscher H1008. Die erste Rücklaufleitung könnte als Sicherheitsschleife interpretiert werden. Wenn der Druck, angezeigt durch den Druckanzeiger (PI4712.01), zu hoch sein sollte, könnte ein Teil des Flüssigkeitstroms über das Sicherheitsventil SV104.1 zurück in den Tank geleitet werden. Der Druck in der Ausgangsleitung (die das Diagramm nach rechts verlässt) könnte durch den Druckanzeige-Regler (PICS4712.02) und ein Ventil (PV4712.02) reguliert werden, das den Medienstrom in geöffnetem Zustand durch den Wärmetauscher H1008 und die zweite Rücklaufleitung zurück zum Tank leiten würde.

Die Temperatur des Mediums im Tank könnte durch einem Kühlkreislauf mit einem Temperaturanzeige-Regler (TICSA4750.03) und einem Ventil (TV4750.03) gesteuert werden, welches den Sekundärfluss (z.B. Kühlkaltwasser) im Wärmetauscher H1008 steuert (Papakonstantinou u. a., 2019).

2.4. Grundlagen zum Genehmigungs- und Umweltrecht

Die geltenden Rechtsvorschriften an verfahrenstechnische Anlagen sind umfangreich. Sie umfassen sowohl europäische als auch nationale Rechtsnormen. In Bezug auf die Inverkehrbringung von Maschinen und anderen Produkten gewinnt die europäische Regulierung zunehmend an Bedeutung (MRL, DGRL, ATEX-RL, BauPVO). Das Genehmigungs- und Umweltrecht hingegen ist weitestgehend nationales Recht. Im Hinblick auf die Fragestellung der Arbeit soll in diesem Zusammenhang insbesondere auf die Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), des Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) eingegangen werden. In den folgenden Abschnitten werden die grundlegenden Prinzipien und Regelungen dieser Gesetze im Kontext Forschungsfragen erläutert.

2.4.1. Das BImSchG als zentrales Gesetz für Genehmigungen

Das BImSchG ist ein zentrales Gesetz, das den Schutz vor schädlichen Umweltauswirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge regelt. Der Zweck des Gesetztes ist es insbesondere Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser und die Atmosphäre vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen (BImSchG, 2023, §1). Es legt die Anforderungen für Errichtung und Betrieb von Anlagen fest, die potenziell schädliche Emissionen verursachen können (BImSchG, 2023, §4-25). Damit ist das BImSchG die Grundlage für das Genehmigungsverfahren der meisten verfahrenstechnischer Anlagen. Diese sind in aller Regel auch genehmigungsbedürftig. Erst die Genehmigung schafft für Errichtung und den Betrieb der Anlage eine sichere Rechtsgrundlage, da die genehmigende Behörde hier prüft, ob alle geltenden Vorschriften eingehalten und die öffentlichen Interessen berücksichtigt werden. Alle die Anlage betreffende behördliche Entscheidungen, beispielsweise solche die das Wasserrrecht bzw. den anlagenbezogenen Gewässerschutz betreffen, werden in Genehmigungsverfahren nach BImSchG integriert (BImSchG, 2023, §13).

2.4.2. Das WHG als Rechtsgrundlage zum Verordnungserlass

Spezifischere Vorschriften zum Gewässerschutz liefert das WHG. Das WHG regelt zum einen die Bewirtschaftung von Gewässern. Darüber hinaus regelt es neben einigen anderen besonderen wasserwirtschaftlichen Bestimmungen aber auch den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Kapitel 3, Abschnitt 3) Im Fokus stehen hier die Anforderungen für Anlagen, die mit wassergefährdenden Substanzen umgehen, welche bei unkontrolliertem Austreten schadhafte Auswirkungen auf die Gewässer haben könnten.

„Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen müssen so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist. Das Gleiche gilt für Rohrleitungsanlagen, die (...)“ (WHG, 2023, §62(1)).

Neben diesem sogenannten Besorgnisgrundsatz regelt §62(2) WHG außerdem, dass die oben genannten Anlagen „ (...) nur entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschaffen sein sowie errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden“ dürfen.

In §62(4) WHG wird geregelt, dass durch Erlassen einer Rechtvorordnung nähere Regelungen über unterschiedliche Sachverhalte wie die Bestimmung der wassergefährdenden Stoffe, die Anforderungen an die Beschaffenheit und Lage von Anlagen oder die technische Regeln, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen, getroffen werden können. Dieser Absatz liefert die Rechtsgrundlage für den Erlass der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV).

2.4.3. Die AwSV als Rechtsverordnung für den anlagenbezogenen Gewässerschutz

Während der anlagenbezogene Gewässerschutz früher länderspezifisch geregelt war, liefert die AwSV seit August 2017 zum ersten mal eine bundeseinheitliche Regelung. Sie macht für die in §62 WHG definierten Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen spezifischere Regelungen.

- Kapitel 1 regelt den Zweck, den Anwendungsbereich und die Begriffsbestimmungen.

- Kapitel 2 regelt die Einstufung von Stoffen und Gemischen.
- Kapitel 3 regelt technische und organisatorische Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.
- Kapitel 4 regelt die Sachverständigenorganisationen und Sachverständige, Güte- und Überwachungsgemeinschaften und Fachprüfer sowie Fachbetriebe.
- Kapitel 5 regelt Ordnungswidrigkeiten und die Schlussvorschriften.

In Kapitel 4 dieser Arbeit wird auf unterschiedliche Definitionen, Bestimmungen und Regelungen dieser Verordnung, insbesondere aus Kapitel 1 und Kapitel 3, zurückgegriffen.

2.5. Instrumente der digitalen Informationsverarbeitung als Werkzeug zur Automatisierung von Prozessen

2.5.1. UML als graphische Modellierungssprache

Unified Modeling Language (UML) bietet eine standardisierte graphische Notation, um Softwaremodelle zu erstellen. Im Kontext der digitalen Informationsverarbeitung dient UML als leistungsfähiges Werkzeug zur Modellierung und Visualisierung von Systemen. UML wird durch die internationale Organisation Object Management Group (OMG) verwaltet (Van Randen, Bercker und Fieml, 2016).

2.5.2. XML als maschinenlesbare Datenstruktur

Extensible Markup Language (XML) ermöglicht die strukturierte Darstellung und Organisation von Daten. In der digitalen Informationsverarbeitung wird XML häufig verwendet, um Datenformate zu definieren und den Austausch von Informationen zwischen Systemen zu erleichtern (Becher, 2022).

2.5.3. XSLT als Sprache zur Layoutgestaltung

Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT) ist eine Programmiersprache, die für die Transformation von XML-Dokumenten entwickelt wurde. Durch XSLT können Daten in verschiedene Formate umgewandelt werden, was besonders bei der Layoutdefinition und Präsentation von Informationen relevant ist (Becher, 2022).

2.5.4. Python als Programmiersprache für Automatisierung

Python ist eine vielseitige Programmiersprache. In der digitalen Informationsverarbeitung wird Python häufig für die Automatisierung von Prozessen eingesetzt. Dies umfasst unter anderem das Schreiben von Skripten zur Datenverarbeitung (Guta, 2022).

3. Methodische Vorgehensweise und Untersuchungsdesign

In diesem Kapitel wird die methodische Vorgehensweise und das Untersuchungsdesign der Arbeit erläutert. Dafür wird zunächst das Design Science Research (DSR), was im deutschen Sprachraum als gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik bekannt ist, als übergreifende Methodologie beschrieben und auf die Anwendbarkeit im Bezug auf diese Arbeit abgeglichen. Anschließend wird das spezifische Untersuchungsdesign beschrieben, also die auf die Forschungsfrage applizierte Methodik. Diese basiert auf einem vierstufigen Erkenntnisprozess und unterstützenden Methoden zur Bearbeitung der entsprechenden Fragestellungen. Abschließend erfolgt eine Darlegung der in dieser Arbeit verwendeten Werkzeuge und Programme.

3.1. Design Science Research oder gestaltungsorientierter Forschungsansatz

Die Erarbeitung von gestalterisch-technischen Lösungen erfolgt in der Regel in einem projekthaften Vorgehen. Um dem Anspruch der Wissenschaftlichkeit bei der Bearbeitung des Untersuchungsgegenstandes gerecht zu werden ist deshalb eine Forschungsmethodologie nötig, welche eine Praxisorientierung ermöglicht und dabei dennoch darauf abzielt, ein methodisch-strukturiertes Ergebnis zu erzielen.

Der in der angelsächsischen Wirtschaftsinformatik unter dem Begriff Design Science Research bekannte Forschungsansatz bietet eine methodische Herangehensweise, die darauf abzielt, innovative Artefakte zu entwickeln und dabei sowohl praktische Relevanz als auch wissenschaftlichen Anspruch zu gewährleisten. Dieser Ansatz betont die Schaffung von Lösungen für reale Probleme und integriert dabei Erkenntnisse aus verschiedenen Disziplinen. Hevner, der bekannteste angelsächsische Vertreter des Design Science Research, hat 2004 sieben Leitgedanken zu diesem Forschungsansatz formuliert (Hevner u. a., 2004; Benner-Wickner, Kneuper und Schrömer, 2020). Diese werden im Folgenden aufgeführt und mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben abgeglichen.

1. **Artefaktgestaltung:** Design Science Research strebt die Entwicklung eines realen Ergebnisses (Artefakt) an, sei es eine Methode, ein Modell, ein Prototyp oder ein Produkt. Das in einer Abschlussarbeit gestaltete Artefakt sollte einen praktischen Nutzen haben. Aufgrund des begrenzten Umfangs ei-

ner Abschlussarbeit kann die Belegung des praktischen Nutzens jedoch beschränkt sein.

Das zentrale Artefakt dieser Arbeit soll ein Prototyp sein (Hauptforschungsfrage). Um diesem Ziel näher zu kommen müssen Teilartefakte beschrieben und entwickelt werden. Dies erfolgt in Abschnitt 3.2.

2. **Problemrelevanz:** Das Ergebnis des Forschungsprozesses sollte ein existierendes und aktuelles Praxisproblem lösen. In Abschlussarbeiten kann dies durch eine enge Zusammenarbeit mit einem Unternehmen belegt werden.

Das in dieser Arbeit beschriebene Problem entstammt aus der praktischen beruflichen Tätigkeit des Autors.

3. **Designevaluation:** Die Lösung des Problems durch das Artefakt muss methodisch sauber evaluiert werden. Es stehen verschiedene etablierte Methoden zur Verfügung, die in einer Abschlussarbeit angewendet werden können, von Anwendertests über Fallstudien bis hin zu kontrollierten Usability-Labortests.

Das zentrale Artefakt der Arbeit ist ein Prototyp. Dieser soll durch geeignete Testung unter Einbeziehung von Experten evaluiert werden. Für die untergeordneten Teilartefakte kommen die Methoden Modellierung und Interview infrage. Begleitend erfolgt eine Literaturrecherche. Eine eindeutige Methodenbeschreibung erfolgt in Abschnitt 3.2.

4. **Forschungsbeiträge:** Neben der Lösung des Praxisproblems durch das Artefakt sollte auch ein allgemeingültiger Beitrag geleistet werden. Dies könnte beispielsweise Lessons Learned zum Einsatz des Artefakts in einer bestimmten Branche oder Domäne umfassen.

In dieser Arbeit soll untersucht werden ob bereits existierende Digitalisierungsbestrebungen in der Prozessindustrie auch für den Bereich der Genehmigungserstellung nützlich sein können. Diese Ergebnisse sollen dem entsprechend interessierten Fachpublikum zur Verfügung gestellt werden.

5. **Forschungsstrenge:** Es ist wichtig, bewährte Methoden aus der Fachliteratur während des Entwicklungs- und Evaluationsprozesses des Ergebnisses angemessen zu nutzen. Eine Abweichung von diesen Methoden ist nur dann akzeptabel, wenn die Abweichung selbst Gegenstand des Forschungsbeitrags ist.

Eine eindeutige Methodenbeschreibung erfolgt in Abschnitt 3.2.

6. **Design als Optimierungsproblem:** Design Science Research verfolgt die inkrementelle Weiterentwicklung des Ergebnisses auf der Suche nach der besten Lösung, die alle relevanten Rahmenbedingungen erfüllt. Eine Ab-

schlussarbeit sollte daher nicht nach einem einzigen Zyklus stehen bleiben.
Der Prototyp soll im Rahmen der verfügbaren Zeit solange verbessert werden, bis zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.

7. **Publikationsfähigkeit:** Die Forschungsarbeit muss der Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht werden. In einer Abschlussarbeit sollten daher Sperrvermerke vermieden werden.

Diese Arbeit wird über die Hochschulbibliothek veröffentlicht. Es werden keine firmeninternen Informationen verwendet, sodass auf einen Sperrvermerk verzichtet werden kann. Zusätzlich wird ein öffentliches GitHub-Repository erstellt..

In der europäischen Wirtschaftsinformatikforschung wird dieser Forschungsansatz als gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik bezeichnet. Österle et al. formulierte 2010 ein Memorandum, das die wesentlichen Elemente dieses Forschungsansatzes beschreibt und von weiten Teilen der deutschen Forschungsgemeinschaft vertreten wird. Im Folgenden werden diese dargestellt und ebenso mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben abgeglichen (Oesterle u. a., 2010).

1. **Erkenntnisgegenstand:** Der Erkenntnisgegenstand der Wirtschaftsinformatik befasst sich mit Informationssystemen in Wirtschaft und Gesellschaft, die als soziotechnische Systeme Menschen, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Organisationsstrukturen umfassen. Der Wissensbestand der Wirtschaftsinformatik besteht sowohl aus wissenschaftlicher Literatur als auch aus praktischen Erfahrungen und realen Informationssystemen.
Die in dieser Arbeit untersuchte Forschungsfrage liegt im Erkenntnisgegenstand der Wirtschaftsinformatik. Sowohl der Wissensbestand der Literatur als auch praktische Erfahrungen aus realen Informationssystemen sollen einfließen.
2. **Erkenntnisziele:** Die Erkenntnisziele der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik beinhalten Handlungsanleitungen zur Entwicklung von Informationssystemen sowie Innovationen in diesen. Diese Ziele basieren auf einer Sollvorstellung eines Informationssystems, die trotz gegebener Restriktionen erreicht werden soll.
Die formulierte Forschungsfrage zielt auf eine Innovation in einem Informationssystem ab. Die formulierte Sollvorstellung ist das Ziel.
3. **Ergebnistypen:** Ergebnistypen der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik umfassen Konstrukte, Modelle, Methoden und konkrete Lösungen (Instanzen oder Artefakte). Diese Ergebnisse können in verschiedenen Formen wie Grundsätzen, Leitfäden, Rahmenwerken, Normen, Software, Geschäfts-

modellen und Unternehmensgründungen erscheinen.

Das zentrale Artefakt soll als prototypische Software erscheinen.

4. **Erkenntnisprozess:** Der idealtypische Erkenntnisprozess verläuft vierstufig in Iterationen, beginnend mit der Analysephase, die Forschungsziele formuliert und den Stand der Problemlösungsansätze bewertet. Der Entwurfsprozess nutzt anerkannte Methoden zur Ableitung von Artefakten. Die Evaluation überprüft die geschaffenen Artefakte auf ihre Zielerreichung. Die Diffusion zielt darauf ab, die Ergebnisse möglichst weit zu verbreiten.
Dieser Erkenntnisprozess soll implementiert werden. Das vierstufige Vorgehen wird in der graphischen Illustration im folgenden Abschnitt 3.2 dargelegt.
5. **Erkenntnismethoden:** Die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik verwendet Forschungsmethoden aus Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Informatik und Ingenieurwissenschaften. Dazu gehören beispielsweise Umfragen, Fallstudien, Interviews, die Analyse von Informationssystemen und weitere. Methoden zur Gestaltung von Artefakten umfassen beispielsweise die Entwicklung von Demonstratoren und Prototypen, die Anwendung von Modellierungswerkzeugen sowie die Referenzmodellierung. Für die Bewertung dieser Artefakte werden Verfahren wie Laborexperimente, Pilotierungen mit Prototypen, Simulationen, oder Expertenprüfungen eingesetzt.
Es soll auf eine passende Methodenauswahl geachtet werden. Diese wird in Abschnitt 3.2 dargelegt.
6. **Prinzipien:** Forschung in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik muss Prinzipien wie Abstraktion, Originalität, Begründung und Nutzen beachten. Artefakte müssen auf eine Klasse von Problemen anwendbar, innovativ, nachvollziehbar begründet und für Anspruchsgruppen nützlich sein.
Die Anwendbarkeit auf ähnliche Probleme soll im Rahmen des Ausblicks betrachtet werden.

Der Erkenntnisprozess ist in diesem Kontext von besonderer Relevanz, da er den Kern eines idealen Erkenntnisprozesses für die anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatikforschung bildet. Dieser Prozess verläuft in vier aufeinander folgenden Stufen und stellt das methodische Gerüst für diese Abschlussarbeit dar. Im folgenden Abschnitt Abschnitt 3.2 wird dieser Prozess daher auf das Ziel dieser Arbeit angewendet.

3.2. Untersuchungsdesign zur Bearbeitung der Forschungsfrage

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein spezifisches Untersuchungsdesign entwickelt, um den Anforderungen der Forschungsziele gerecht zu werden. Dieses Konstrukt integriert bewährte Methoden aus der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik und dem Design Science Research, um einen systematischen und effektiven Forschungsprozess zu gewährleisten. Die Auswahl und die Anpassung der Methoden erfolgt im Einklang mit dem von Österle beschriebenen Erkenntnisprozess und dem von Hevner und Hess beschriebenen Methodenspektrum. Dieses Methodenkonstrukt bildet das Gerüst für die praktische Umsetzung der Forschungsaktivitäten und die Entwicklung von Artefakten im Verlauf der Arbeit. Die folgende Abbildung 32 veranschaulicht das Untersuchungsdesign dieser Arbeit.

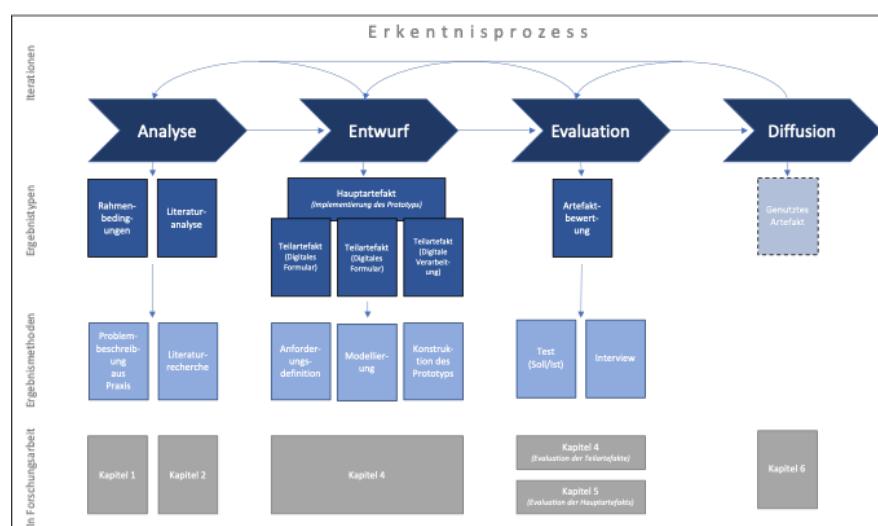


Abbildung 32: Untersuchungsdesign (eigene Darstellung)

Abbildung 32 zeigt den den Erkenntnisprozess nach Österle et al. angewendet auf den Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Außerdem werden die in dieser Arbeit zur Anwendungen kommenden Ergebnismethoden gezeigt und dargelegt in welchem Teil der Arbeit welcher Schritt erfolgt. Im folgenden wird auf ausgewählte Methoden genauer eingegangen (Wilde und Hess, 2006).

3.2.1. Modellierung

Die Modellierung ist ein konstruktivistisches Verfahren in der Wissenschaftsinformatik, die entweder induktiv, also aus Beobachtungen abgeleitet, oder deduktiv, also basierend auf Theorien, vereinfachte Abbildungen der Realität erstellt.

3.2.2. Prototyping

Eine Methode mit dem starkem Praxisbezug ist das sogenannte Prototyping. Hierbei wird eine funktionsfähige Entwurfsversion entwickelt und anschließend bewertet. Die Zieldefinition beim Prototyping kann unterschiedlich erfolgen. Zielgrößen können beispielsweise Funktion, Optik, Performance, Usability oder ein Proof-Of-Concept sein.

3.2.3. Interview

Die Befragung, Beobachtung oder das Interview sind Datenerhebungsverfahren, welche keine eigenständigen Methoden darstellen. Nichtsdestotrotz können sie qualitative Erkenntnisse zu einer Fragestellung liefern.

3.2.4. Soll-Ist-Vergleich

Der Soll-Ist-Vergleich ist eine wichtige Methode welche ermöglicht, die realisierten Ergebnisse einer Anwendung mit den erwarteten Ergebnissen zu vergleichen.(Berger, 2005).

Um einen Soll-Ist-Vergleich durchführen zu können werden zunächst Sollvorgaben definiert, die beispielsweise auf bestehenden Standards, Benchmarks oder den Anforderungen von Stakeholdern basieren können. Anschließend werden die Ist-Ergebnisse gemessen oder gesammelt, um festzustellen, inwiefern das Ergebnis den Sollvorgaben entspricht. Dies kann durch quantitative Messungen, qualitative Bewertungen oder eine Kombination aus beidem erfolgen.

Nachdem die Ist-Ergebnisse erfasst wurden, erfolgt der eigentliche Vergleich zwischen Soll und Ist. Dabei werden Abweichungen oder Diskrepanzen identifiziert und analysiert, um Ursachen für mögliche Unterschiede zu ermitteln. Dies kann dazu beitragen potenzielle Problembereiche aufzudecken.

3.3. Verwendete Werkzeuge und Programme

Bei der Bearbeitung dieser Arbeit wurden verschiedene Werkzeuge und Programme eingesetzt:

- Zur Erstellung des Textes und der Formatierung wurde der cloudbasierte LaTeX-Editor Overleaf verwendet.
- Zur Organisation und Verwaltung der verwendeten Literatur wurde Zotero eingesetzt.
- Zur Erstellung von Grafiken wurde Microsoft PowerPoint eingesetzt.
- Für die Implementierung des Prototyps und dem Umgang mit XML-Dateien wurde Microsoft Visual Studio Code mit diversen Erweiterungen genutzt.
- Die Prototypenimplementierung erfolgte mit Jupyter Notebook unter Verwendung von Markdown und Python mit diversen Paketen wie beispielsweise `xml.etree.ElementTree`, `translate` oder `Jinaja2`.
- Zur Erläuterung und Bearbeitung von Orthographie, Formulierungen, Formatierungen, LaTex-, Python- und XML-Syntax sowie zur Übersetzung wurde ChatGPT genutzt.

Die Verwendung dieser Werkzeuge und Programme, sowie der Austausch mit Fachexperten auf dem Gebiet der Anlagensicherheit, der Data Science und DEXPI und dem Betreuer der Arbeit, trugen wesentlich zur erfolgreichen Durchführung der Bachelorarbeit bei.

4. Ergebnisse aus der Arbeit am Prototyp

Die Entwicklung eines Prototyps erfordert eine strukturierte Herangehensweise und die Auswahl geeigneter Technologien und Tools. Ein iterativer Entwicklungsansatz soll den Fortschritt überwachen und regelmäßige Anpassungen ermöglichen. GitHub wird als Plattform für die Versionskontrolle und Dokumentation des Entwicklungsprozesses genutzt. Regelmäßige Commits mit aussagekräftigen Kommentaren helfen dabei, Änderungen nachvollziehbar zu machen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Das GitHub-Repository zur Arbeit ist öffentlich verfügbar: <https://github.com/FloT10/MillerFlorinBA> (Miller, 2024). Der finale Stand zur Abgabe dieser Arbeit wird durch das Release *FinalerStand* im Branch *Abgabe* dokumentiert. Dieser Stand wird dem elektronisch Exemplar dieser Arbeit beigefügt.

Die Implementierung des Prototyps wird unter Verwendung eines Jupyter Notebooks in Verbindung mit der Programmiersprache Python und Erklärungen zum Code in der Auszeichnungssprache Markdown realisiert. Jupyter Notebooks bieten eine interaktive Entwicklungsumgebung, die es ermöglicht, Code und Text nahtlos zu integrieren. Dies erleichtert nicht nur die Entwicklung und Dokumentation des Prototyps, sondern ermöglicht auch eine einfache Präsentation und Kommunikation der Ergebnisse. Die Verwendung von Jupyter Notebooks bietet eine Reihe von Vorteilen für die Entwicklung des Prototyps. Die Interaktivität von Jupyter Notebooks ermöglicht es, Code in einzelnen Zellen auszuführen und die Ergebnisse sofort zu sehen. Dies vereinfacht das Testen des Codes sowie das Experimentieren mit verschiedenen Ansätzen. Darüber hinaus erlaubt die Kombination von Text und Code in Jupyter Notebooks eine transparente Dokumentation des Entwicklungsprozesses und eine klare Kommunikation der Ergebnisse. Dies erleichtert dritten Personen, den Fortschritt zu verfolgen und das Ergebnis nachzuvollziehen. Schließlich unterstützen Jupyter Notebooks die Integration von verschiedenen Bibliotheken und Frameworks.

Die Herangehensweise zum Entwurf und der Evaluation des Prototyps basiert dabei auf den Ausführungen zur Methodik in Kapitel 3. Die Ergebnismethode *Anforderungsdefinition* wird in Abschnitt 4.1 bearbeitet. Die Methode *Modellierung* wird in Abschnitt 4.2 angewendet. Die eigentliche Konstruktion des Prototyps, also die praktische Anwendung der Methode *Prototyping*, erfolgt in Abschnitt 4.4. Im Rahmen der Evaluationsphase kommen in Abschnitt 4.5 die Methoden *Soll-Ist-Vergleich* und *Interview* zur Anwendung.

4.1. Definition der Anforderungen an den Prototyp

Die Entwicklung eines Prototyps erfordert zunächst klare Anforderungen und später klare Evaluationskriterien, um den Erfolg des Projekts zu messen. Die Anforderungen können in funktionale und nicht-funktionale Kategorien unterteilt werden. Funktionale Anforderungen sind im Hinblick auf die gestellte Forschungsfrage die korrekte Extraktion von Informationen aus einem DEXPI-Fließbild und die automatisierte Übertragung in ein Antragsformular. Nicht-funktionale Anforderungen könnten die Benutzerfreundlichkeit, die Skalierbarkeit und die Performance des Prototyps betreffen. Da es die Zielsetzung der Arbeit ist, eine Funktionalität zu prüfen, sollen im Folgenden nur funktionale Anforderungen betrachtet werden. Nicht-funktionale Anforderungen können gegebenenfalls im Ausblick besprochen werden.

Es wäre zwar wünschenswert den Prototyp so zu gestalten, dass er in der Lage wäre ein beliebiges R&I automatisiert zu verarbeiten. Aufgrund des Mangels an unterschiedlichen Fließbildern kann dies nicht im Rahmen dieser Arbeit erfolgen. Die **Anforderung** an den Prototyp ist es daher für das öffentlich verfügbare DEXPI-R&I *C01V01* automatisiert ein digitales *Formblatt 6.2* zu erstellen. Das höchste Ziel wäre dabei die Vollautomatisierung, also das Einlesen eines digitalen R&I-Fließschemas in ein Programm, welches anschließend das befüllte Antragsformular ausgibt. Welche Automatisierungsvorgänge dafür erforderlich wären soll im Folgenden erarbeitet werden. Dafür wird zunächst der Vorgang der manuellen Bearbeitung im Detail analysiert. Darauf aufbauend soll erörtert werden, welche Automatisierungspotentiale im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen werden können.

4.1.1. Vorgangsbeschreibung bei manueller Bearbeitung

Im Folgenden soll der Vorgang dargestellt werden, wie ein manueller Bearbeiter das Formblatt 6.2 aus Anlage 1 der Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren des Umweltministeriums Baden-Württemberg (vgl. Anhang B) für eine Anlage, beschrieben durch das DEXPI-R&I (vgl. Anhang A), befüllen könnte. Die folgenden Ausführungen spiegeln die Bewertungen und Entscheidungen des Autors wieder. Im Rahmen der Evaluation soll diese Vorgehensweise Berücksichtigung finden.

Bei manueller Bearbeitung würde ein Fachexperte zunächst das R&I und die zugehörige Dokumentation (vgl. Abschnitt 2.2.2) sichten. Um als Nutzer die Informationen des DEXPI-R&I abzurufen bietet sich der online verfügbare *Link zum*

Viewer an, welcher die Informationen des XML-Fließschemas sowohl grafisch als Zeichnung, als auch als Daten in Tabellenform verfügbar macht. Im Anschluss würde er sich mit dem geforderten Formblatt vertraut machen.

Zunächst gilt es festzustellen, ob die vorliegende verfahrenstechnische Anlage unter den Regelungsinhalt des vorliegenden Formblatts fällt. Für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach §62 WHG ist vor der Errichtung gegebenenfalls eine Eignungsfeststellung durch die zuständige Behörde nach §63 WHG erforderlich. Falls die Merkmale der konkreten Anlage nicht die Rechtsfolge Eignungsfeststellung herbeiführen ist gegebenenfalls eine Anzeige nach §40 AwSV erforderlich. In beiden Fällen wäre das Formblatt dahingehend geeignet zur Beschreibung der Anlage. Es gilt also zunächst zu klären ob in der Anlage wassergefährdende Stoffe gehandhabt werden.

Ein Blick in den Datensatz des Fileßbildes kann dazu Aufschluss geben (siehe Abbildung 33).

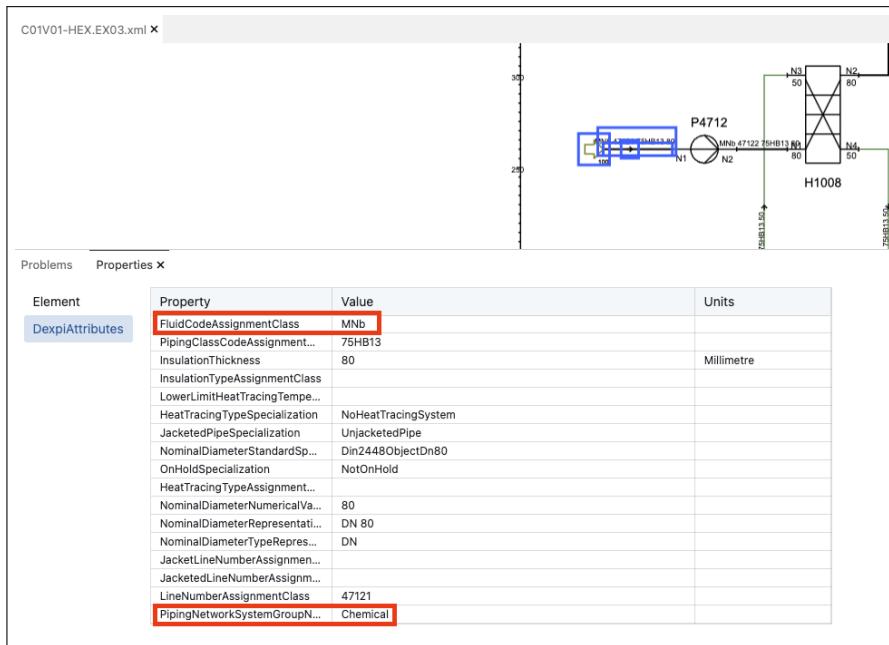


Abbildung 33: Angaben zu gehandhabten Stoffen im DEXPI-R&I

Für Rohrleitungsabschnitte, sogenannte *PipingNetworkSystems*, findet man eine Kategorisierung des geführten Mediums: *FluidCodeAssignmentClass*. Im gezeigten Fall wird diese Medienklasse als *MNb* bezeichnet. Die *PipingNetworkSystem-GroupNumberAssignmentClass* ist *Chemical*. Aus den gegebenen kann geschlussfolgert werden, dass es sich um wassergefährdende Stoffe handelt auch wenn diese nicht exakt bekannt sind. Um genauere Aussagen treffen zu können wären zusätzliche, erläuternde Informationen zur Medienklasse *MNb* erforderlich.

Da nun abgeleitet werden kann, dass in einem Genehmigungsverfahren die vorliegende Anlage als relevant für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen eingestuft werden kann, ist eine genauere Analyse der geforderten Angaben des Formblatts notwendig.

Im ersten Absatz **Angabe zur Anlage** muss definiert werden um was für eine Anlagenart es sich handelt, die betriebsinterne Bezeichnung der Anlage muss angegeben werden und es muss eine Beschreibung oder Nennung des Anlagenumfangs gegeben werden. Abbildung 34 zeigt eine mögliche Befüllung für diesen Abschnitt des Formulars.

Angaben zur Anlage	
Bezeichnung der Anlage	
<input type="checkbox"/> Tanklager <input type="checkbox"/> Fass / Gebindeleger <input type="checkbox"/> Tankstelle <input type="checkbox"/> Umschlaganlage <input checked="" type="checkbox"/> HBV-Anlage (Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe) Verfahrenszweck:	<input type="checkbox"/> Feststoff / Schüttgutlager <input type="checkbox"/> Abfüllanlage <input type="checkbox"/> Eigenverbrauchstankstelle <input type="checkbox"/> Rohrleitungsanlage <input type="checkbox"/> andere:
betriebsinterne Bezeichnung der Anlage: C01V01	
Anlagenbeschreibung, -umfang: Rohrleitungen, Pumpen, Wärmetauscher, Behälter	

Abbildung 34: Angaben zur Anlage

Bei der Bestimmung der Anlagenart fallen die durchgestrichenen Optionen per Definition weg (Tankstellen, Schüttgutlager, usw.), da der Untersuchungsgegenstand explizit auf verfahrenstechnische Anlagen beschränkt ist. Zur Auswahl bleiben Tanklager, HBV-Anlage, Abfüllanlage und Rohrleitungsanlage. Die Auswahl ist an dieser Stelle nicht trivial, da hierzu eine Bestimmung und Abgrenzung der Anlage (§14 AwSV) vorgenommen werden muss. Nach Böhme, ehemaliger Mitarbeiter des Bundesumweltministeriums und „Schöpfer“ der AwSV, kann eine abschließende Definition, was eine Anlage ist und was zu ihr gehört, beziehungsweise nicht zu ihr gehört, nicht gelingen. Die AwSV gebe zwar bestimmte „Spielregeln“ vor, nach denen eine Abgrenzung und Zuordnung von Anlagenteilen zu Anlagen erfolgen soll, allerdings bedürfen diese Spielregeln einer ingenieurmäßige Interpretation einer entsprechend sachkundigen Person (Böhme und Dieter, 2022, S. 124–125). Im vorliegenden Fall bestehen im wesentlichen zwei Möglichkeiten: mehrere Einzelanlagen (Rohrleitungen, Tank) oder eine Gesamtanlage. Zur Vereinfachung soll hier die Abgrenzung als Gesamtanlage erfolgen. Dementsprechend sollen alle Bestandteile der im R&I dargestellten Anlage als eine Gesamtanlage im Sinne des Formblatts betrachtet werden, sofern sie wassergefährdende Stoffe beinhalten (Rohrleitung, Pumpen, Wärmetauscher, Behälter). Die Anlagenart der Gesamtanlage soll vom zentralen Equipment der Anlage, dem Tank T4750, abgeleitet werden. Aus den Daten zum Tank lässt sich ableiten, dass dieser zwei Kammern hat. Die Hauptkammer wird durch die *ChamberDescriptionAssignmentClass* als *Processing Chamber* beschrieben (Abbildung 35). Daraus kann abgeleitet werden,

dass beim vorliegenden Tank das Verarbeiten des Stoffes und nicht die Lagerung im Vordergrund steht. Eine Abfüllung ist im vorliegenden R&I nicht dargestellt. Die dargestellten Rohrleitungen werden Teil der Prozessanlage, die im gesamten als *HBV-Anlage* betrachtet werden kann.

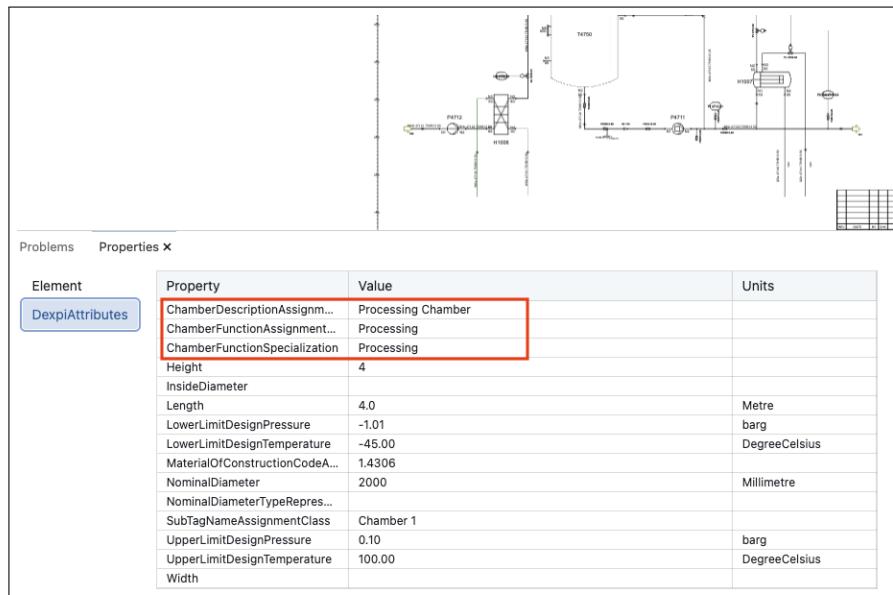


Abbildung 35: Angaben zur Prozesskammer im DEXPI-R&I

Im zweiten Absatz **Angaben zum Standort der Anlage** müssen Angaben zu unterschiedlichen Schutzgebieten gemacht werden. Diese Angaben sind keine Eigenschaft der konkreten Anlage können dementsprechend auch nicht der Anlagendokumentation entnommen werden. Sie sind Eigenschaften des Standorts, also des Grund und Bodens auf dem die Anlage errichtet werden soll. Diese Angaben müssen aus einem Informationsmodell entnommen werden, welches den Standort beschreibt. Dieser Absatz wird im Rahmen dieser Arbeit entsprechend nicht weiter betrachtet (siehe Abbildung 36).

Angaben zum Standort der Anlage		
Lage in nachfolgend genannten Gebieten		
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		
<input type="checkbox"/> Wasserschutzgebiet	<input type="checkbox"/> Zone I	<input type="checkbox"/> Zone II
<input type="checkbox"/> Heilquellschutzgebiet	<input type="checkbox"/> Zone III	<input type="checkbox"/> Zone III A
<input type="checkbox"/> Überschwemmungsgebiet	Name des Gewässers:	

Abbildung 36: Angaben zum Standort der Anlage

Im dritten Absatz **Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage** werden genauere Informationen zu der Art und Menge der gehandhabten Stoffe abgefragt. Die Angabe der korrekten Volumina ist an dieser Stelle nicht trivial. §39 (6) AwSV bestimmt hierzu: „*Bei Anlagen zum Herstellen, Behandeln oder Verwenden wassergefährdender Stoffe bestimmt sich das maßgebende Volumen nach dem unter Berücksichtigung der Verfahrenstechnik ermittelten größten Volumen, das bei bestimmungsgemäßem Betrieb in einer Anlage vorhanden ist.*“ Böhme ergänzt hierzu in seinem Kommentar, dass sich dieses Volumen nicht allein aus dem Rauminhalt des Produktionsbehälters ergibt, sondern dass das maßgebende Volumen mit ingenieurmäßigem Sachverstand zu ermitteln ist, und gegebenenfalls auch die Pumpenleistung, mit welcher wassergefährdende Stoffe in die Anlage nachgefördert werden können, einzubeziehen ist (Böhme und Dieter, 2022, S. 220). Folgt man dieser Auffassung wäre es für den vorliegenden Fall erforderlich, den Volumenstrom der zuführenden Rohrleitung in zehn Minuten (§39 (7) AwSV) und das Nennvolumen des Produktionsbehälters aufzuführen. Beide Informationen sind in den Daten des DEXPI-R&Is vorhanden (siehe Abbildung 37 und Abbildung 38).

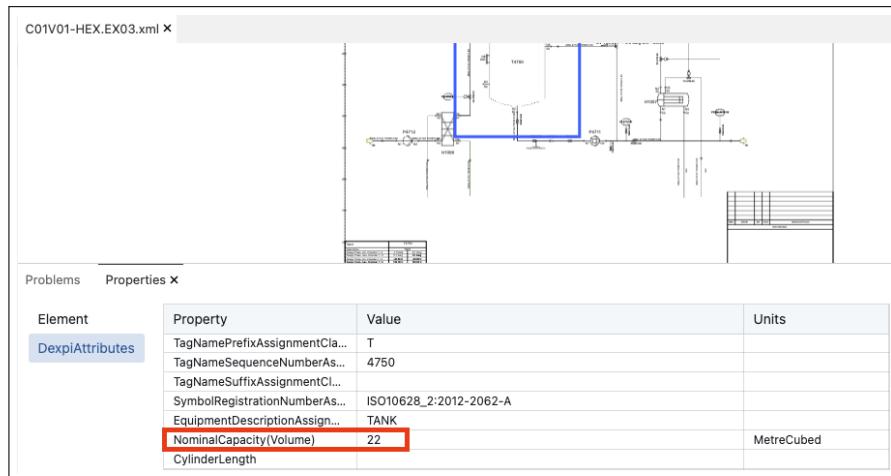


Abbildung 37: Angaben zum Volumen des Produktionsbehälters im DEXPI-R&I

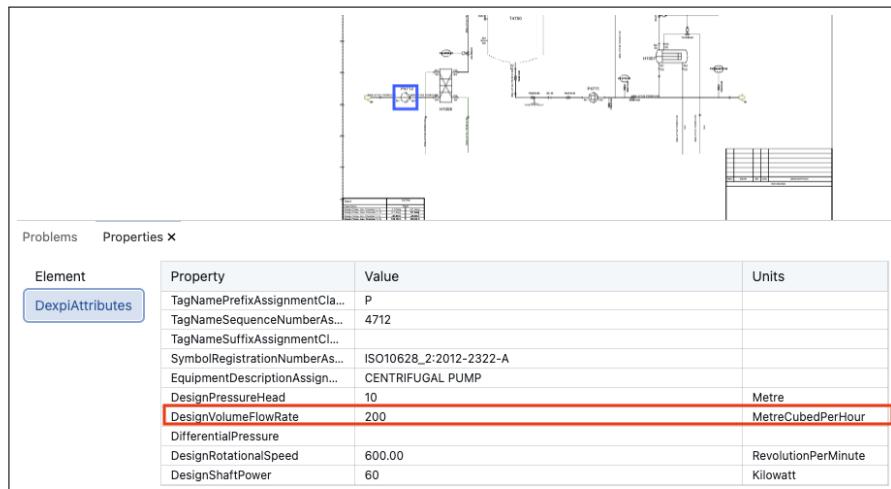


Abbildung 38: Angaben zum Volumenstrom der zuführenden Rohrleitung im DEXPI-R&I

Um die geforderten Daten des dritten Absatzes vervollständigen zu können fehlen noch Informationen zu den Stoffen. Diese finden sich nicht im DEXPI-R&I und müssten separat zur Verfügung gestellt werden. Hierzu werden die folgenden Annahmen getroffen (Tabelle 4).

Stoffbezeichnung	Aggregatzustand	WGK
MNb	flüssig	3
MNc	flüssig	3

Tabelle 4: Annahmen über die gehandhabten Stoffe

Die Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage könnten wie in Abbildung 39 dargestellt erfolgen.

Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage			
<input type="checkbox"/> Heizöl (WGK 2)	[m ³]	<input type="checkbox"/> Dieselkraftstoff (WGK 2)	[m ³]
<input type="checkbox"/> aufschwimmender flüssiger, wassergefährdender Stoff	[m ³]	<input type="checkbox"/> Ottokraftstoff (WGK 3)	[m ³]
<input type="checkbox"/> Altöl (WGK 3)	[m ³]		
<input checked="" type="checkbox"/> sonstige wassergefährdende Stoffe nach folgender Aufstellung: (ggf. separate Aufstellung mit den genannten Angaben beifügen, insbesondere bei Fass/Gebindelagerung)			
chemische Bezeichnung oder Handelsname des Stoffes	Aggregatzustand	WGK	Volumen / Masse des Stoffes [m ³] bzw. [t]
MNb	flüssig	3	33
MNb	flüssig	3	22

Abbildung 39: Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage

Im vierten Absatz ***Ermittlung der Gefährdungsstufe der Anlage nach § 39 AwSV*** muss die beschriebene Anlage anhand der Menge und der Wassergefährdungsklasse der gehandhabten Stoffe in eine Gefährdungsstufe nach §39 eingeordnet werden. Hierzu müssen keine zusätzlichen Informationen abgerufen werden. Es muss dafür zum einen das maßgebende Volumen der Anlage aufsummiert werden. Dies entspricht der Summe der Volumina aus der Auflistung in Abbildung 39. Zum anderen muss die maßgebende Gefährdungsstufe der Anlage ermittelt werden (§39 (10) AwSV). Diese ist im vorliegenden Fall unstrittig **WGK3**. Die Angaben Gefährdungsstufe der Anlage könnten wie in Abbildung 40 dargestellt erfolgen.

Ermittlung der Gefährdungsstufe der Anlage nach § 39 AwSV					
maßgebendes Volumen / Masse der Anlage in [m³] bzw. [t] 55					
maßgebendes WGK der Anlage	<input type="checkbox"/> WGK 1	<input type="checkbox"/> WGK 2	<input checked="" type="checkbox"/> WGK 3	<input type="checkbox"/> allgemein wassergefährdend	
Gefährdungsstufe der Anlage	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input checked="" type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> Gefährdungsstufe entfällt

Abbildung 40: Angaben zur Gefährdungsstufe der Anlage

Im fünften Absatz **Aufstellung / Bauart der Anlage** müssen Angaben zur Aufstellung der Anlage gemacht werden. Diese Angaben sind nicht in den Informationen des DEXPI-R&Is vorhanden. Sie müssten aus einem Informationsmodell entnommen werden, welches Gebäude und Aufstellungsorte beschreibt. Dieser Absatz wird im Rahmen dieser Arbeit entsprechend nicht weiter betrachtet (siehe Abbildung 41).

Aufstellung / Bauart der Anlage	
<input type="checkbox"/> unterirdisch / mit unterirdischen oder nicht einsehbaren Anlagen Teilen	<input type="checkbox"/> oberirdisch
	<input type="checkbox"/> im Gebäude
	<input type="checkbox"/> im Freien
	<input type="checkbox"/> mit Überdachung

Abbildung 41: Angaben zur Aufstellung der Anlage

Im sechsten Absatz **Behälter** müssen Angaben zu den Behältern der Anlage gemacht werden (siehe Abbildung 42). In der ersten Spalte wird die Herstellernummer der Behälter gefordert. Im Rahmen der Planung steht diese meist noch nicht fest, da sie erst mit der Inverkehrbringung vom Hersteller vergeben wird. Was allerdings zu diesem Zeitpunkt schon fest steht ist der technische Platz dessen Nummer stattdessen hier eingetragen wurde. Außerdem muss der Stoff, der im Behälter gehandhabt wird, eingetragen werden. Diese Angabe ist über das DEXPI-R&I nicht direkt für den Tank abrufbar, aber indirekt in dem die Mediengruppe der zuführenden Rohrleitung herangezogen wird. Anschließend ist eine Auswahl erforderlich, ob der Behälter einwandig oder doppelwandig ist. Diese Frage zielt inhaltlich darauf ab festzustellen, ob für den Tank eine zusätzliche Rückhaltung erforderlich ist oder nicht. Im DEXPI-R&I ist diese Information so nicht eindeutig zu finden. Es kann allerdings festgestellt werden, dass der Tank über zwei Kammern verfügt. Eine Kammer dient dem Umgang mit Chemikalien und wird als *Processing Chamber* bezeichnet, die andere wird als *Jacket Chamber* bezeichnet und dient der Temperierung der eigentlichen Kammer. Eine Kammer zur Überwachung, also eine Doppel-

wandigkeit im Sinne des Formblatts kann nicht identifiziert werden. Als nächstes wird das Volumen des Tanks abgefragt. Wie in Abbildung 37 gezeigt ist diese Information direkt vorhanden. Als nächstes wird der Werkstoff des Tanks abgefragt. Je nach Aufbau eines Tanks können auch unterschiedliche Werkstoffe zur Anwendung kommen. Im DEXPI-R&I wird als Werkstoff für die *Processing Chamber* der Werkstoff 1.4306 beschrieben, für die *Jacket Chamber* der Werkstoff 1.4305. Da es sich bei beiden Werkstoffen um metallische Werkstoffe handelt fällt die Auswahl hier leicht. Zuletzt wird noch eine Angabe zum bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis gefordert, welcher zum Beispiel über eine DIN-Norm geführt werden könnte. Diese Angabe ist im DEXPI-R&I nicht gegeben. Als Platzhalter wurde an dieser Stelle *Fertigungsnorm* eingetragen.

Behälter	Anzahl	kommunizierend verbunden		□ ja	□ nein			
		Herstellernummer des Behälters	enthaltener wasser-gef. Stoff	einwandig	doppel-wandig	Nennvolumen [m ³]	Metall	Kunst-stoff
T4750	MNc			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)								
zu Zeile 1 Fertigungsnorm								
zu Zeile 2								
zu Zeile 3								

Abbildung 42: Angaben zu Behältern

Im siebten Absatz **Sicherheitseinrichtungen der Anlage** müssen Angaben zu vorhandenen Sicherheitseinrichtungen gemacht werden. Diese können elektronischer (Überfüllsicherung, Leckageerkennungssystem, usw.) oder baulicher (Auffangwanne, Löschwasserrückhaltung) Natur sein. Angaben dazu sind nicht in den Informationen des DEXPI-R&Is vorhanden. Dieser Absatz wird im Rahmen dieser Arbeit entsprechend nicht weiter betrachtet (siehe Abbildung 43).

Sicherheitseinrichtungen der Anlage		Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)
<input type="checkbox"/> Leckanzeigegerät		
<input type="checkbox"/> Überfüllsicherung / Grenzwertgeber		
Rückhalteinrichtung / Auffangwanne		PT
<input type="checkbox"/> Rückhaltevolumen Werkstoff / Material:		
<input type="checkbox"/> Leckageerkennungssystem		
<input type="checkbox"/> Löschwasserrückhalterung		m ³
<input type="checkbox"/> Rückhaltevolumen		
<input type="checkbox"/> Sonstige und / oder organisatorische Maßnahmen:		

Abbildung 43: Sicherheitseinrichtungen der Anlage

Im achten Absatz **Rohrleitungen** müssen Angaben zu den verbauten Rohrleitungen gemacht werden (siehe Abbildung 44). Hier werden vier unterschiedliche Bauarten von Rohrleitungen unterscheiden: doppelwandig mit Leckanzeige, einwandig, einwandig als Saugleitung und einwandig im Schutzrohr. Die im DEXPI-R&I vor kommenden Rohrleitungen sind alle einwandig im Sinne der Verordnung. Es ist nicht erkennbar, dass Rohrleitungen im Schutzrohr verlaufen. Deshalb wurde die Auswahl *einwandige Rohrleitung* getroffen. Darüber hinaus muss bestimmt werden ob die Rohrleitungen oberirdisch oder unterirdisch verlaufen. Diese Information ist so explizit nicht im DEXPI-R&I vorhanden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass alle Rohrleitungen oberirdisch verlaufen. Weiterhin muss eine Angabe über die Anzahl und den Werkstoff der Rohrleitungen erfolgen. Zuletzt wird noch eine Angabe zum bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis gefordert, welcher zum Beispiel über eine DIN-Norm geführt werden könnte. Diese Angabe ist im DEXPI-R&I nicht gegeben. Als Platzhalter wurde an dieser Stelle *Fertigungsnorm* eingetragen.

Rohrleitungen						
Bauart	ober- irdisch	unter- irdisch	Anzahl	Metall	Kunst- stoff	anderes Material
Doppelwandig mit Leckanzeige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Einwandige Rohrleitungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Einwandig als Saugleitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Einwandig im Schutzrohr /-kanal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)						
zu Zeile 1 Fertigungsnorm						
zu Zeile 2						
zu Zeile 3						
zu Zeile 4						

Abbildung 44: Angaben zu Rohrleitungen

Zum neunten Absatz **Fläche von Abfüll-/ Umschlaganlagen** und zehnten Absatz **Entwässerung der Fläche** liegen keine Informationen im DEXPI-R&I vor. Diese Absätze werden im Rahmen dieser Arbeit entsprechend nicht weiter betrachtet (siehe Abbildung 45)

Fläche von Abfüll-/ Umschlaganlagen			Bauausführung			
Bezeichnung der Fläche und Größe [m ²]	Durchsatz [m ³ /Tag]	Max. Volumenstrom [l/min]	Beton	Verfugte Platten	Asphalt	anderes Material
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)						
zu Zeile 1						
zu Zeile 2						
Entwässerung der Fläche						
Überdachung vorhanden	Anschluss an Kanalisation	Anschluss an betriebseigene Abwasserbehandlungsanlage	Ausführung als abflusslose Wanne			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Abbildung 45: Flächen der Anlage

Das aus manuellem Vorgehen vollständig ausgefüllte Formblatt findet sich in Anhang C.

4.1.2. Erarbeitung der Automatisierungspotentiale

In Abschnitt 4.1.1 wurde erarbeitet, wie eine manuelle Befüllung des vorliegenden Formblatts anhand der Informationen aus dem vorliegenden R&I aussehen könnte. Dort wurde gezeigt, dass einige Angaben nicht sinnvoll befüllt werden können, da hierzu im R&I keine Informationen vorliegen. Demnach kann für diese Angaben auch keine sinnvolle automatisierte Befüllung erreicht werden, sodass diese Angaben im Rahmen der Arbeit nicht weiter betrachtet werden.

Für die Angaben, für welche bei manueller Befüllung sinnvolle Angaben gemacht werden können, soll geprüft werden, ob diese auch automatisiert befüllt werden könnten. Dies betrifft die Absätze:

- Angaben zur Anlage,
- Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage,
- Angaben zur Gefährdungsstufe der Anlage,
- Angaben zu Behältern,
- Angaben zu Rohrleitungen.

Die Anforderung an den Prototyp ist, die Angaben für diese Absätze aus dem DEX-PI-R&I zu extrahieren und an die entsprechend passenden Stellen einzufügen. Der Vorgang soll dabei möglichst vollautomatisch ablaufen. Das Ergebnis soll möglichst identisch zu dem der manuellen Befüllung sein (siehe Anhang C).

4.2. Modellierung des Antragsformulars

Um die erste Unterforschungsfrage dieser Arbeit zu beantworten, ist es notwendig zu untersuchen, wie ein behördliches Antragsformular digital modelliert werden kann.

Die Modellierung des Antragsformulars erfolgt auf Grundlage des vom Umweltministerium Baden-Württemberg bereitgestellten Formblatts 6.2 mit dem Titel „*Detailangaben Wassergefährdende Stoffe*“ (siehe Anhang B). Ziel ist es, dieses PDF-Formular digital zu modellieren, um eine strukturierte Repräsentation seiner Inhalte zu schaffen. Dieser Prozess beginnt mit einer eingehenden Analyse des Formulars, um seine Struktur und die relevanten Inhalte zu identifizieren.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse wird ein XML-Modell erstellt, das die entsprechenden Inhalte des Formulars repräsentiert. Dabei werden nur diejenigen Inhalte berücksichtigt, die im vorherigen Abschnitt 4.1.2 als Automatisierungspotenzial im Rahmen dieser Arbeit identifiziert wurden. Dieser Ansatz ermöglicht ei-

ne zielgerichtete Modellierung, die sich auf die relevanten Aspekte des Formulars konzentriert.

Die XML-Repräsentation wird direkt aus den vorhandenen Informationen des PDF-Formulars abgeleitet wird, ohne auf andere Informationsquellen zurückzugreifen.

Die resultierende XML-Struktur bietet eine maschinenlesbare und strukturierte Darstellung des Antragsformulars. Diese kann für verschiedene Zwecke verwendet werden, darunter die automatisierte Verarbeitung von Formulardaten oder die Integration in andere Systeme. Durch die Modellierung wird eine abstrakte Repräsentation des Formulars geschaffen, die eine effiziente Verarbeitung und Nutzung seiner Inhalte ermöglicht.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte XML-Formular ist dem GitHub-Repository beigefügt (Link zur Datei) und in Anhang F zu finden.

Als Ziel dieser Arbeit wurde formuliert mit Hilfe einer softwarebasierten Auswertung und des DEXPI-Standards automatisiert ein solches Formblatt zu befüllen. Aus diesem Grund sind die Wert-Felder des XML-Formulars mit Variablen versehen. Diese werden vom Prototyp automatisiert befüllt (siehe Anhang G).

Um das XML-Formular in ein für den menschlichen Nutzer handhabbares PDF-Formular zu transformieren, würde die Nutzung von XSLT dem technischen Standard entsprechen. XSLT ermöglicht die Transformation strukturierter XML-Daten in verschiedene Ausgabeformate wie PDF oder HTML. Dabei definieren XSLT-Stylesheets das Layout und die Formatierung des PDF-Formulars basierend auf den Daten im XML-Formular. Somit erfolgt die Erstellung eines benutzerfreundlichen PDF-Formulars durch die Umwandlung und Gestaltung der XML-Daten mittels XSLT.

Da diese Methode sehr zeitaufwändig ist und im Rahmen dieser Arbeit nicht realisierbar war wurde ein alternativer Lösungsansatz verfolgt. In diesem Fall wurde die automatisierte Generierung des PDF-Formulars mittels LaTeX gewählt. LaTeX bietet eine leistungsstarke Textsatzumgebung, die es ermöglicht, komplexe Dokumente effizient aus strukturierten Datenquellen zu erstellen. Diese Vorgehensweise erlaubt eine automatisierte und skalierbare Generierung eines LaTeX-Dokuments, welche innerhalb des zeitlichen Rahmens der Arbeit umsetzbar war (siehe Anhang E oder Link zu GitHub). Durch kompilieren des LaTeX-Dokuments lässt sich eine PDF-Datei erzeugen.

4.3. Anpassungen im DEXPI-R&I und erforderliche Annahmen

Um die zweite Unterforschungsfrage dieser Arbeit zu beantworten, ist es wichtig zu untersuchen, ob Anpassungen am digitalen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema erforderlich sind und in welchem Umfang diese vorgenommen werden müssen.

Um eine effektive automatisierte Befüllung des Antragsformulars zu gewährleisten, wurden im DEXPI-XML bestimmte Ergänzungen vorgenommen. Zunächst wurde die Information über das in einem Tank gehandhabte Medium hinzugefügt. Diese Information wird durch die Klasse *FluidCodeAssignmentClass* beschrieben, die üblicherweise bei Rohrleitungen verwendet wird. Die *FluidCodeAssignmentClass* der Rohrleitung, die zum Tank führt, war mit dem Wert *MNb* versehen, während die abgehende Rohrleitung den Wert *MNc* enthielt. Für den Tank selbst wurde an dieser Stelle vom Autor der Wert der eingehenden Rohrleitung festgelegt.

Des Weiteren wurde eine Information über die Fertigungsnorm des Tanks hinzugefügt. Hierzu wurde auf eine vorhandene Klasse der POSC Caesar Association zurückgegriffen, nämlich die *EngineeringStandardClass*. Für den Tank wurde vom Autor der Wert *AD2000* festgesetzt. Diese Anpassungen sind in der folgenden Abbildung 46 dargestellt.

```

11180  <Equipment ComponentName="Equipment_2c287f19-7a5a-48f9-8e14-47840c329b77" ID="SP0001E87317254ED2B1487980EE432AE5" TagName="T4750" ComponentClass="Tank" ComponentClassName="Equipment">
11181  |  <GenericAttributes Number="7" Set="Attributes">
11182  |  |  <GenericAttribute Name="TagNamePrefixAssignmentClass" Value="1" Format="string" AttributeURI="http://sandbox.dexpi.org/rdl/TagNamePrefixAssignmentClass" />
11183  |  |  <GenericAttribute Name="TagNameSequenceNumberAssignmentClass" Value="4750" Format="string" AttributeURI="http://sandbox.dexpi.org/rdl/TagNameSequenceNumberAssignmentClass" />
11184  |  |  <GenericAttribute Name="TagNameSuffixAssignmentClass" Value="0" Format="string" AttributeURI="http://sandbox.dexpi.org/rdl/TagNameSuffixAssignmentClass" />
11185  |  |  <GenericAttribute Name="SymbolAssignmentClass" Value="TS01NE28_2_2012_2005_01" Format="string" AttributeURI="http://sandbox.dexpi.org/rdl/SymbolAssignmentClass" />
11186  |  |  <GenericAttribute Name="EquipmentAssignmentClass" Value="1" Format="string" AttributeURI="http://data.posccaeser.org/rdl/052181987301" />
11187  |  |  <GenericAttribute Name="NominalCapacity(Volume)" Value="22" Format="string" AttributeURI="http://data.posccaeser.org/rdl/052181987301" />
11188  |  |  <GenericAttribute Name="CylinderLength" Format="double" Units="MetreCubed" AttributeURI="http://sandbox.dexpi.org/rdl/NominalCapacity(Volume)" />
11189  |  |  |  <!-- Vom Autor hinzugefügtes Attribut -->
11190  |  |  |  <GenericAttribute Name="FluidCodeAssignmentClass" Value="MNb" Format="string" AttributeURI="http://sandbox.dexpi.org/rdl/FluidCodeAssignmentClass" />
11191  |  |  |  <!-- Vom Autor hinzugefügtes Attribut -->
11192  |  |  |  <GenericAttribute Name="EngineeringStandardClass" Value="AD2000" Format="string" AttributeURI="http://data.posccaeser.org/rdl/R0513851750" />
11193  |  |  |  <GenericAttribute>

```

Abbildung 46: Anpassungen im DEXPI-R&I

Darüber hinaus mussten Annahmen zu den gehandhabten Stoffen getroffen werden. Die Angabe eines Stoffes mit dem Stoffcode *MNb* lässt keine Rückschlüsse auf dessen Eigenschaften zu, welche aber bei der Befüllung erforderlich sind. Um diese Annahmen zu implementieren, wird eine Stofftabelle im Python-Code verwendet. Diese Tabelle enthält Informationen zu den Stoffen, da diese in DEXPI nicht hinterlegt sind. Jeder Eintrag in der Tabelle besteht aus dem Stoffcode als Schlüssel und einem Tupel als Wert. Das Tupel enthält Informationen über den Ag-

gregatzustand des Stoffes und seine Wassergefährdungsklasse. Die bereitgestellte Python-Implementierung ermöglicht die einfache Verwaltung und Aktualisierung dieser Annahmen für den Prototypen.

```
1  # Stofftabelle mit Infos zu den Stoffen, da diese in Dexpi nicht
2  # hinterlegt sind
3  # Es handelt sich hierbei um Stoffcodes
4  stoff_tabelle = {
5      "MNc": ("fluessig", "3"),
6      "MNb": ("fluessig", "3"),
7      "WKa": ("fluessig", "1"),
8      "WKb": ("fluessig", "1")
9
10 }
```

Quellcode 1: Umsetzung der Annahmen über Stoffe im Prototyp

Neben den Annahmen zu den Stoffen wurden auch Annahmen über die Eigenschaften der Rohrleitungen getroffen. Im DEXPI-R&I wird für jede Rohrleitung eine Rohrklasse angegeben, jedoch ohne dass diese näher spezifiziert sind.

Um diese Annahmen zu implementieren, wurden im Prototypen alle vorhandenen Rohrklassen mit ihren Eigenschaften definiert. In der Implementierung werden die Eigenschaften der Rohrleitungen durch eine Klasse namens *Rohrklasse* modelliert. Diese Klasse hat Attribute wie die Kennnummer, Verlegungsart, Material und Fertigungsnorm. Bei der Initialisierung der Klasse werden diese Attribute gesetzt. Anschließend werden Objekte dieser Klasse für verschiedene Rohrklassen erstellt, wobei spezifische Werte für jedes Attribut angegeben werden. Diese Objekte werden in einer Liste gespeichert, um einfachen Zugriff zu ermöglichen.

```

1     """ Ziel: Alle vorhandenen Rohrklassen mit Eigenschaften
2     definieren. Im DEXPI-RI so nicht vorhanden. """
3     # Hier werden willkuerliche Werte definiert
4
5     class Rohrklaesse:
6         def __init__(self, kennnummer, verlegungsart, material,
7                      fertigungsnorm):
8             self.kennnummer = kennnummer
9             self.verlegungsart = verlegungsart
10            self.material = material
11            self.fertigungsnorm = fertigungsnorm
12
13            # Beispiel-Rohrklassen
14            rk73KH12 = Rohrklaesse("73KH12", "oberirdisch", "1.4404", "
15            AD2000")
16            rk75HG12 = Rohrklaesse("75HG12", "oberirdisch", "1.4435", "
17            AD2000")
18            rk73HG12 = Rohrklaesse("73HG12", "oberirdisch", "1.4571", "
19            AD2000")
20            rk75HB13 = Rohrklaesse("75HB13", "oberirdisch", "1.4303", "
21            AD2000")
22
23            # Liste der Rohrklassen
24            rohrklassen_liste = [rk73KH12, rk75HG12, rk73HG12, rk75HB13]

```

Quellcode 2: Umsetzung der Annahmen über Rohrklassen im Prototyp

Eine Übersichtliche Darstellung dieser Tabellen, welche auch den Experten bei der Evaluation vorgelegt wurde, findet sich in Anhang K.

4.4. Konstruktion des Prototyps

In Beantwortung der dritten Unterforschungsfrage muss die Machbarkeit der Implementierung Logik zur automatisierten Befüllung eines Antragsformulars untersucht werden.

In diesem Abschnitt werden die prototypischen Implementierungslösungen für die in Abschnitt 4.1.2 identifizierten Automatisierungspotentiale vorgestellt. Diese Lösungen wurden in einem Jupyter Notebook mit Pythoncode umgesetzt (*prototyp.ipynb*). Der vollständige Quellcode ist auf GitHub verfügbar (Link zur Datei) und wird als Datei der Abgabe beigefügt. Dabei wurden verschiedene Frameworks und Bibliotheken verwendet, um die gewünschten Funktionalitäten zu realisieren.

Der Prototyp ist in Abschnitte unterteilt, welche jeweils spezifische Automatisierungspotentiale adressieren. In den Markdowns und Kommentaren im Quellcode werden die einzelnen Bestandteile ausführlich erklärt, um die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu erleichtern.

Die Architektur des Prototyps wird in der folgenden Abbildung 47 veranschaulicht, wobei sowohl die Eingaben, die internen Prozesse als auch die Ausgaben berücksichtigt werden. Diese Architektur dient als Grundlage für die Implementierung und Demonstration der automatisierten Prozesse. Durch die Visualisierung der Input-Output-Beziehungen sowie der internen Verarbeitungsschritte ermöglicht die Architektur einen Einblick in das Funktionsprinzip des Prototyps.

Die Architektur des Prototyps umfasst mehrere eng miteinander verbundene Komponenten, die darauf abzielen, die identifizierten Automatisierungspotentiale zu realisieren. Als zentrale Eingabequelle wird zunächst das Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild im DEXPI-Standard als XML-Datei in den Prototyp eingebracht. Darüber hinaus werden indirekt die Inhalte des Formblatts 6.2 aus Anlage 1 der Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren des Umweltministeriums Baden-Württemberg berücksichtigt. Obwohl dieses Formblatt nicht direkt als Datei in den Prototyp eingebracht wird, fließen seine inhaltlichen Aspekte in die Funktionalität des Prototyps ein.

Innerhalb des Prototyps werden mittels Parsing alle relevanten Informationen aus der DEXPI-XML extrahiert. Außerdem wird eine Logik in Python implementiert, um die erforderlichen Angaben zur Befüllung des Formulars zu bestimmen. Dabei fließen die festgelegten Informationen zu Stoffen und Rohrleitungen ein, die vom Autor definiert wurden. Darüber hinaus sind zwei Nutzereingaben erforderlich, um den Prozess abzuschließen. Diese Eingaben dienen zur Ergänzung von Informationen, die nicht automatisch aus der XML-Datei abgeleitet werden können oder die Nutzerpräferenzen berücksichtigen. Durch das Erfordernis der Nutzereingabe wird das Ziel der Vollautomatisierung an dieser Stelle nicht erreicht. Aufgrund der Sensibilität und der Bedeutung der Angaben wird dieses Ziel an dieser Stelle zurückgestellt.

Als Ausgabe erzeugt der Prototyp eine XML-Struktur, welches das Formblatt abbildet und die Informationen des DEXPI-R&Is enthält. Außerdem erzeugt der Prototyp eine Entsprechende LaTeX-Datei aus welcher eine PDF-Datei kompiliert werden kann. Dieses Ausgabeformat bietet die Möglichkeit, das Formular in einer für den Benutzer ansprechenden und gut formatierten Darstellung zu präsentieren.

Bei der Erstellung des Prototyps wurde besonderer Wert darauf gelegt, den Code

so zu strukturieren und zu kommentieren, dass seine Funktionsweise und wichtige Konzepte klar und verständlich sind. Die Details zu den einzelnen Aspekten der Implementierung sind im beigefügten Quellcode durch umfangreiche Markdowns und Kommentare ausführlich dokumentiert. Durch diese ausführliche Dokumentation wird die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erleichtert.

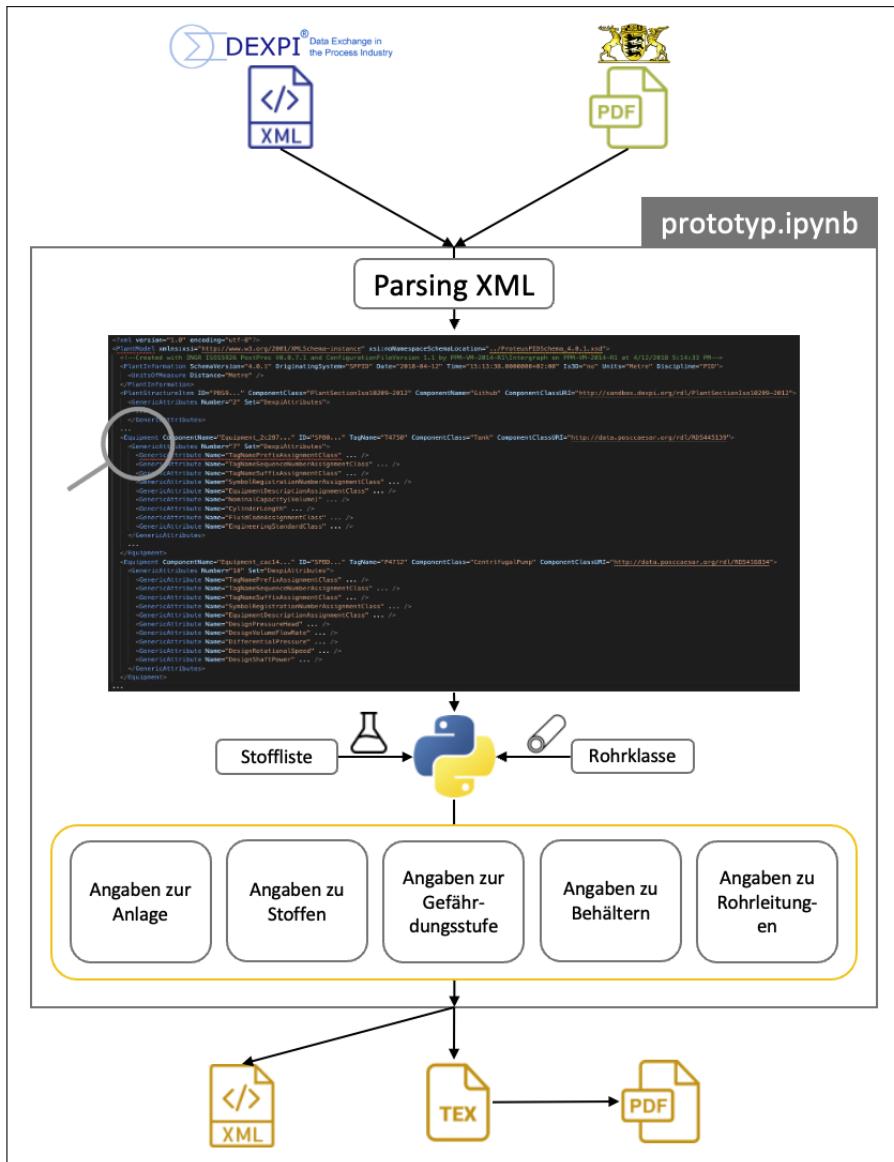


Abbildung 47: Übersicht über die Architektur des Prototyps (eigene Darstellung)

4.5. Evaluation des Prototyps

In Kapitel 1 der Arbeit wurde die Hauptforschungsfrage, „*Kann ein behördliches Antragsformular durch die automatisierte Auswertung eines digitalen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemas erstellt werden?*“, aufgestellt. Basierend darauf wurde das Ziel festgelegt, einen Prototypen zu entwickeln, der relevante Informationen aus einem DEXPI-R&I extrahiert, verarbeitet und automatisiert in ein Antragsformular überführt.

Dieses Ziel wurde erreicht. Die entwickelte prototypische Implementierung (Link zu `portotyp.ipynb`) ist in der Lage aus einem DEXPI-R&I im XML-Format ein entsprechendes Antragsformular im PDF-Format zu erzeugen (siehe Anhang D).

Im nächsten Schritt ist es entscheidend, den Prototypen zu evaluieren, um die Qualität der Ergebnisse zu überprüfen und potenzielle Verbesserungen aufzuzeigen. Dabei ist es von zentraler Bedeutung zu überprüfen, ob der Prototyp die definierten Anforderungen und Evaluationskriterien erfüllt sowie das erwartete Verhalten zeigt. Der Evaluationsprozess wird daher in zwei strukturierten Schritten durchgeführt die im Folgenden beschrieben werden.

4.5.1. Soll-Ist-Vergleich

Im ersten Schritt der Evaluation führt der Autor einen Soll-Ist-Vergleich zwischen dem vom Prototyp erstellten Formular und dem manuell erstellten Formular durch (vergleiche Abschnitt 4.1.1). Das Ergebnis dieses Abgleichs wird in Anhang H präsentiert. Die aufgetretenen Abweichungen werden im Folgenden analysiert und erläutert, um potenzielle Schwachstellen zu identifizieren.

Die Abweichung in der Anlagenbezeichnung beruht darauf, dass bei der manuellen Bearbeitung die von der DEXPI-Initiative verwendete Bezeichnung *C01V01* gewählt wurde (Theissen, 2023). Bei der automatisierten Bearbeitung wurde hingegen der Zeichnungsname (das Attribut *Name* des Tags *Drawing*) als Anlagenbezeichnung verwendet. Sollte die Bezeichnung *C01V01* bevorzugt werden, könnte dies durch ein zusätzliches Attribut in der Quelldatei oder eine entsprechende Operation im Prototyp erreicht werden.

Weitere Abweichungen betreffen die Tabelle Angaben zu den Behältern. Im Feld Stoff wurde bei der manuellen Bearbeitung der Wert *MNc* eingetragen. Es ist wichtig zu betonen, dass die Quelldatei des DEXPI-R&Is, auf die Bezug genommen wurde, keine Angabe zum im Behälter gehandhabten Stoff enthält. Bei der manuel-

len Bearbeitung wurde der Stoffcode aus den mit dem Behälter verbundenen Rohrleitungen abgeleitet. Die zum Behälter hinführende Rohrleitung trägt die *FluidCodeAssignmentClass* mit dem Wert *MNb*, während die abgehende Rohrleitung den Wert *MNc* trägt. In der Praxis wäre das plausibel, wenn eine Änderung des Stoffes im Behälter, wie z.B. eine Zugabe oder eine Reaktion, erfolgt. Allerdings lässt sich dies aus dem Fließschema nicht ableiten, da dieses lediglich zu Veranschaulichungszwecken konstruiert wurde. Bei der Entwicklung des Prototyps wurde dem Behälter selbst eine *FluidCodeAssignmentClass* zugewiesen, in diesem Fall *MNb* (vergleiche Abschnitt 4.3). Diese Angabe war arbiträr. In der realen Anwendung müsste dies auf Basis der prozessualen Gegebenheiten der Anlage abgeleitet werden. Eine weitere Abweichung besteht hinsichtlich des Werkstoffs des Behälters. Das Originalformular der Behörde bietet an dieser Stelle drei Möglichkeiten an: Entweder das Ankreuzen von *Metall* oder *Kunststoff* in einer Checkbox oder die Angabe *anderes Material* als Textwert. Da in der Quelldatei konkrete Werkstoffnummern für die Bestandteile des Tanks angegeben sind, wurden diese auch konkret im Formular festgehalten. Aus Sicht des Autors stellt dies eine zulässige Präzisierung dar. Falls dies nicht gewünscht ist, könnte über eine entsprechende Werkstoffliste eine Auswahl zwischen *Metall* und *Kunststoff* getroffen werden, und bei Nichtzutreffen könnte das anderweitige Material aufgelistet werden. Auch die Anwendung eines Sprachmodells wäre in diesem Zusammenhang denkbar. Ansätze dazu finden sich im Prototypen, wurden allerdings auskommentiert und im Rahmen dieser Arbeit nicht vertieft. Die Abweichung im Feld Nachweis lässt sich darauf zurückführen, dass bei der manuellen Bearbeitung im Feld bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis der Wert *Fertigungsnorm* als Platzhalter eingetragen wurde, da in der Quelldatei weder für Rohrleitungen noch für den Behälter eine Fertigungsnorm angegeben war. Im Rahmen der Prototypenerstellung wurde dem Behälter ein weiteres Tag, die *EngineeringStandardClass*, hinzugefügt. Hier wurde arbiträr der Wert *AD2000* festgelegt, was ein deutsches Regelwerk für Druckbehälter und Rohrleitungen ist (vergleiche Abschnitt 4.3).

Die Ausführungen zu den Spalten Material und Nachweis bei Behältern treffen analog bei den Angaben zu den Rohrleitungen zu, außer dass hier keine zusätzliche Klasse in die Rohrleitungs-Elemente der Quelldatei hinzugefügt wurde, sondern die zusätzlichen Angaben über die sogenannte Rohrklasse zugeordnet wurden, was dem praktischen Vorgehen in der Realität entspricht. Eine weitere Abweichung gibt es in Bezug auf die Anzahl und die Kategorisierung der Rohrleitungen. Bei der manuellen Bearbeitung wurden sieben Rohrleitungen als *Einwändige Rohrleitung* erfasst. Bei der automatisierten Bearbeitung wurden elf Rohrleitungen erfasst,

wovon zehn als *Einwandige Rohrleitung* kategorisiert wurden und eine als *Einwandig als Saugleitung*. Die quantitative Abweichung lässt sich auf die Rohrleitungen 47130, 47131, 47140 und 47141 zurückführen. Diese Leitungen stellen jeweils den sekundären Kreislauf an den Wärmetauschern dar. In ihnen wird nicht das Produktionsmedium geführt, sondern Wasser, eine Sole oder ein anderes Wärmeträgermedium. Bei der manuellen Bearbeitung wurde implizit festgelegt, dass es sich hier um Wasser handelt. Da Wasser nicht wassergefährdend sein kann, wären diese Anlagenbestandteile im Kontext des Formblatts als nicht relevant einzustufen und wurden entsprechend weggelassen. Im Prozess der Prototypenerstellung wurde allerdings festgelegt, dass das hier geführte Medium als Sole zu betrachten ist (vergleiche Abschnitt 4.3), um eine größere Variation an Rohrklassen und damit mehrere Materialien zu erhalten. Die Abweichung in Bezug auf die Kategorisierung kann als Spezifizierung der Angabe betrachtet werden. Die Angabe *Einwandige Rohrleitung* ist für eine einwandige Saugleitung nicht falsch. Es wurde aber im Rahmen der Prototypenerstellung bestimmt, dass die Kategorisierung vom Nutzer festzulegen ist und als Eingabe in den Prototyp einfließt. In diesem Fließbild könnte die eingehende Rohrleitung 47121 eine Saugleitung darstellen, was nicht mit hinreichender Sicherheit bestimmt werden kann, da der vorgelagerte Prozess nicht abgebildet ist. Dies wurde arbiträr festgelegt, um die Variation an Angaben zu erhöhen und die Funktionsfähigkeit des Prototypen zu testen.

4.5.2. Experteninterview

Im zweiten Schritt der Evaluation erfolgt die Bewertung des Prototyps durch Experten, die die optische Erscheinung und die inhaltliche Plausibilität und Genauigkeit des erstellten Formulars beurteilen. Die Sinnhaftigkeit der Lösung sowie die korrekte Übertragung aller relevanten Informationen stehen hierbei im Fokus. Während Aspekte wie Skalierbarkeit und Performance des Prototyps nicht primär behandelt werden, liegt der Schwerpunkt auf der inhaltlichen Genauigkeit und praktischen Anwendbarkeit. Die Ideen und Verbesserungsvorschläge der Experten werden sorgfältig aufgenommen und können zur weiteren Optimierung beitragen. Um eine präzise und systematische Bewertung sicherzustellen, wird ein speziell entwickeltes Bewertungsformular verwendet, das eine strukturierte Erfassung der Beurteilungskriterien ermöglicht. Dieses Bewertungsformular ist in Anhang I zu finden.

Das mit den Experten, zwei erfahrenen Ingenieuren mit mehrjähriger Erfahrung im einschlägigen Themenfeld, bearbeitete Evaluationsformular wird in Anhang J präsentiert. Auf die wesentlichen Erkenntnisse der Evaluation soll im Folgenden

eingengen werden.

Der Gesamteindruck des Prototypen und des damit erstellten Antragsformulars wurde sehr positiv bewertet. Das Erscheinungsbild wurde als passend beurteilt. Die Unvollständigkeit im Vergleich zum Original Formular, welche in Abschnitt 4.1.1 erläutert wurde, wurde auch von den Experten festgestellt.

Im Hinblick auf die inhaltlichen Angaben wurde festgestellt, dass die gewählte Anlagenbezeichnung für Dritte schwer nachvollziehbar ist. Diese Anlagenbezeichnung ist im analogen R&I nicht auffindbar (vgl. Anhang A). Diese Kritik ist begründet. Entweder müsste die Anlagenbezeichnung im analogen R&I auffindbar sein, oder es könnte eine andere Anlagenbezeichnung gewählt werden. Ein Vorschlag in diesem Zusammenhang war, die Bezeichnung des Hauptausrüstungsteils zu wählen. Dieses Vorgehen wäre im Prototypen einfach umzusetzen, da das Hauptausrüstungsteil auch bei der Bestimmung der Anlagenart herangezogen wurde.

Ein weiterer Kritikpunkt bezog sich auf die Angabe des Nachweises für den Behälter. Der vom Autor gewählte Wert *AD2000* ist nicht falsch, aber zu unspezifisch. Diese Kritik ist berechtigt, betrifft jedoch nicht die Funktionalität des Prototypen. Eine Änderung ist an der entsprechenden Stelle in der Quelldatei leicht vorzunehmen.

Die potentielle Anwendbarkeit einer Software mit der Funktionalität des Prototyps in der Praxis wurde positiv bewertet. Dabei wurde angemerkt, dass ein entsprechendes Programm für den jeweiligen Endnutzer einfach in der Bedienung aufgebaut sein muss. Des Weiteren wurde darauf hingewiesen, dass viele unterschiedliche Parteien bei der Erstellung, Bearbeitung und Nutzung von Fließschemata involviert sind. Um die Anwendbarkeit dauerhaft sicherzustellen, muss die Datenqualität über die gesamte Nutzungsdauer konsistent und auf einem sehr hohen Niveau gehalten werden. Zur Gewährleistung dieser Konsistenz müsste es eine übergeordnete Stelle geben, die dies sicherstellt.

Als Voraussetzung für eine breite Anwendung in der Praxis wurde festgehalten, dass die Software in der Lage sein müsste, mit der umfassenden Vielfalt an unterschiedlichen Fließbildern umzugehen. Darüber hinaus wurde betont, dass die Randbedingungen (beispielsweise die zugrunde gelegte Anlagenabgrenzung) für die Erfassung sauber definiert werden müssen und für die verantwortlichen Bearbeiter transparent sein müssen.

Als Implementierung wurde vorgeschlagen, ein eigenständiges Programm für die ausgewählten Experten zu entwickeln, welche täglich mit entsprechenden Auf-

gaben betraut sind. Darüber hinaus muss auch eine Implementierung in CAD-Programme erfolgen, da dort Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata erstellt werden.

Als Ideen und Vorschläge wurde aufgebracht, die Funktionalität auf weitere Aspekte der Anlagensicherheit auszuweiten. Mögliche Themenfelder wären in diesem Zusammenhang die Funktionale Sicherheit, insbesondere die HAZOP-Analyse oder die SIL-Betrachtung. Auch eine Implementierung für Fragen der Wartung und Instandhaltung der Anlagen wurde vorgeschlagen.

5. Diskussion der Ergebnisse

Die im Rahmen dieser Arbeit aufgestellte Hauptforschungfrage, ob ein behördliches Antragsformular durch die automatisierte Auswertung eines digitalen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemas erstellt werden kann, lässt sich zusammenfassend positiv beantworten. Um sich der Hauptforschungsfrage anzunähern, wurden die Unterforschungsfragen anhand des aufgestellten Untersuchungsdesigns systematisch abgearbeitet.

Dazu wurde zunächst eine Problemstellung aus der Praxis aufgegriffen und beschrieben. Die aufgegriffene Problemstellung behandelt die Diskrepanz zwischen behördlich geforderten Dokumentationsunterlagen und technischen Dokumenten die im Rahmen der Planung verfahrenstechnischer Anlagen üblicherweise generiert werden. Ein wesentliches Problem in der Praxis besteht dabei in dem hohen manuellen und zeitlichen Aufwand, der zum Abbau dieser Diskrepanz und zur Erstellung behördlicher Anträge erforderlich ist.

Auf Grundlage der identifizierten Problemstellung wurde ein klares Ziel formuliert, welches im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden konnte. Als Ziel wurde formuliert, ein konkretes Formblatt eines Genehmigungsantrags durch einen zu entwickelnden Prototypen automatisiert auszufüllen. Zusätzlich wurde definiert, dass dies unter Nutzung es digitalen Standards erfolgen soll.

Um sich dem aktuellen Stand der Forschung zum Untersuchungsgegenstand anzunähern, wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Im Rahmen der Literaturrecherche konnte DEXPI als aussichtsreicher Standard im Umfeld der Problemstellung identifiziert werden. Die relevante Fachliteratur wurde zur Bearbeitung der jeweiligen Fragestellungen herangezogen.

Zur Erreichung des formulierten Ziels musste das statisch vorliegende Antragsformular digital abgebildet werden. Hierzu wurde das Formular als XML-Struktur modelliert. Außerdem wurde die Quelldatei, ein Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema im DEXPI-Standard, analysiert und notwendige Annahmen getroffen. Schließlich wurde eine prototypische Python-Anwendung konstruiert, um notwendige Informationen aus der Quelldatei zu extrahieren und in die Zielstruktur zu überführen. Die Erarbeitung erfolgte in einem iterativen Vorgehen.

Im Rahmen einer Evaluation wurden Abweichungen dokumentiert und bewertet und zusätzliche Ideen aufgenommen.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte

Prototyp in der Lage ist, aus einem digitalen Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema automatisiert, mit wenigen Eingaben, ein akzeptables behördliches Antragsformular als XML-, TEX- und PDF-Datei auszugeben.

Für eine praktische Nutzung müssten die im Rahmen dieser Arbeit identifizierten Optimierungspotentiale weiter umgesetzt werden. Darüber hinaus muss festgehalten werden, dass der vorliegende Prototyp, aufgrund mangelnder Verfügbarkeit, anhand eines einzigen Fließschemas ausgerichtet wurde. In der Praxis ist eine Vielzahl unterschiedlicher Fließbilder aus unterschiedlichen Zeiträumen anzutreffen. Eine entsprechende Erweiterung und vor allem eine umfassende Testung mit vielfältigen Fließbildern könnte die Qualität der Anwendung deutlich verbessern. Außerdem greift der Prototyp nur einen Aspekt im umfangreichen Themengebiet der Anlagensicherheit und Genehmigungsverfahren auf. Um eine Zielerreichung im zeitlichen Rahmen dieser Arbeit realisieren zu können, mussten bestimmte Aspekte ausgeklammert werden. In einer praxistauglichen Anwendung könnten diese hier fehlenden Informationen möglicherweise aus Building Infomation Models oder Plant Information Models gewonnen werden.

Was im Rahmen der Arbeit auf jeden Fall gezeigt werden konnte ist, dass die Verfügbarkeit von Anlagendokumentation in einem semantisch hochwertigen, allgemein akzeptierten und standardisierten Datenformat auch im Bereich der Genehmigungsplanung und der Anlagensicherheit einen Mehrwert bieten könnte.

6. Ausblick

Die Zielsetzung dieser Arbeit bestand darin, einen konkreten Ansatz zur automatisierten Verarbeitung technischer Dokumente in der Verfahrenstechnik zu untersuchen, um darauf aufbauend weitere Automatisierungspotenziale zu ergründen. Basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen dieser Arbeit ergeben sich mehrere vielversprechende Perspektiven.

Die Etablierung und Verbreitung eines branchenübergreifenden digitalen Standards für technische Dokumentation, wie des DEXPI-Standards, könnte eine vielversprechende Basis für die einheitliche Erfassung und den Austausch von Anlagendaten bieten. Eine verstärkte Nutzung dieses Standards könnte die Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen und Organisationen verbessern.

Die Einbindung von KI-Technologien könnte in diesem Zusammenhang ein enormes Potenzial zur weiteren Automatisierung und Optimierung von Prozessen bieten. Zukünftige Arbeiten könnten darauf abzielen, KI-Algorithmen einzusetzen, um Analysen und Entscheidungen in diesem Zusammenhang zu unterstützen.

Es ist wichtig anzuerkennen, dass die Einführung eines neuen digitalen Standards im Bereich der Verfahrenstechnik mit erheblichem Implementierungsaufwand verbunden ist, insbesondere aufgrund der Vielfalt an Anlagen, der hohen Anforderungen an konsistente Daten und der Beteiligung zahlreicher unterschiedlicher Stakeholder wie Anlagenplaner, technische Zeichner, Ausrüstungslieferanten, Anlagenbauer und Anlagenbetreiber.

Es ist dabei essenziell sicherzustellen, dass der erwartete Produktivitätsgewinn durch die Implementierung digitaler Standards und automatisierter Prozesse den damit verbundenen Aufwand und die Kosten übersteigt.

Aus Sicht des Autors kann dies nur durch eine branchenübergreifende Zusammenarbeit, die Nutzung von Standards wie DEXPI, die Einbindung weiterer Stakeholder wie Behörden und Überwachungsorganisationen sowie eine harmonisierte Auslegung von Regelwerken gelingen. Eine gemeinsame Anstrengung in diesem Bereich könnte dazu beitragen, die Effizienz und Produktivität auf dem Gebiet der Anlagenplanung und -genehmigung zu verbessern.

Laufende Forschungsarbeiten, welche innerhalb des Rahmens dieser Arbeit nicht ausführlich behandelt werden konnten, vertiefen die bisherigen Entwicklungen in diesem Fachgebiet und streben danach, ein kohärentes Informationsmodell für die Prozessindustrie zu konzipieren, welches den gesamten Lebenszyklus von Anla-

gen berücksichtigt. Schlüsselbegriffe in diesem Kontext sind Asset Administration Shell, Digital Thread und Digital Twin (Cameron u. a., 2024; Soemers, Theißen u. a., 2023; Temmen u. a., 2022; Soemers und Theißen, 2022).

Literaturverzeichnis

- AixCAPE (2022). *Module im Lebenszyklus einer prozesstechnischen Anlage (ModuLA)*. URL: https://modula.aixcape.org/Schlussbericht_ModuLA.pdf (besucht am 29.12.2023).
- Baden-Württemberg, Gewerbeaufsicht (2020). *Immissionsschutz - Fachinformationen*. Immissionsschutz - Fachinformationen. URL: <https://gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/de/immissionsschutz-fachinformationen?accordion=FachInfIm2> (besucht am 21.01.2024).
- Becher, Margit (2022). *XML: DTD, XML-Schema, XPath, XQuery, XSL-FO, SAX, DOM*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN: 978-3-658-35434-3 978-3-658-35435-0. DOI: 10.1007/978-3-658-35435-0. URL: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-658-35435-0> (besucht am 01.03.2024).
- Benner-Wickner, Marian, Ralf Kneuper und Inga Schrömer (2020). „Leitfaden für die Nutzung von Design Science Research in Abschlussarbeiten“. In: *IUBH Discussion Papers 2*. ISSN: 2512-319X.
- Berger, Thomas (2005). „Konzeption und Management von Service-Level-Agreements“. Diss. Darmstadt: Technischen Universität Darmstadt.
- BImSchG (2023). *Inhaltsübersicht BImSchG - Einzelnorm*. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/inhalts bersicht.html> (besucht am 22.01.2024).
- Böhme, Martin und Daniela Dieter (2022). *AwSV: Kommentar*. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG. ISBN: 978-3-503-20509-7. DOI: 10.37307/b.978-3-503-20509-7. URL: <https://esv-elibrary.de/book/99.160005/9783503205097> (besucht am 18.02.2024).
- Bosy, Bruno (2024). *Absperrarmaturen richtig eingesetzt*. URL: <http://www.bosy-online.de/Absperrarmaturen.htm> (besucht am 11.02.2024).
- Cameron, David B. u. a. (März 2024). „DEXPI process: Standardizing interoperable information for process design and analysis“. In: *Computers & Chemical Engineering* 182, S. 108564. ISSN: 00981354. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2023.108564. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135423004349> (besucht am 26.01.2024).
- DEXPI (2022). *DEXPI / Public Example PIDs* · GitLab. GitLab. URL: https://gitlab.com/dexpi/TrainingTestCases/-/tree/master/dexpi%201.2/example%20pids/C01%20the%20complete%20DEXPI%20PnID?ref_type=heads (besucht am 23.01.2024).

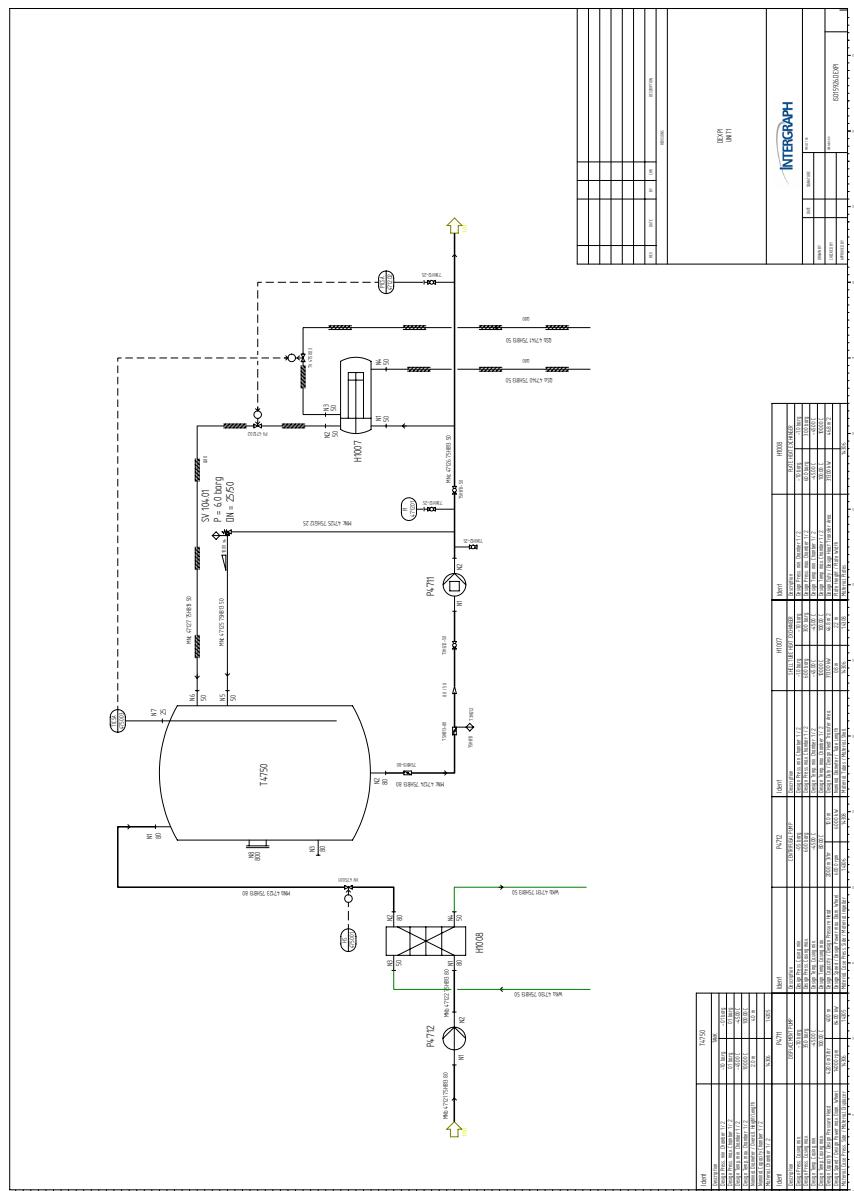
- (2024). *Specifications*. DEXPI. URL: <https://dexpi.org/specifications/> (besucht am 31.01.2024).
- DIN 19227-1:1993-10* (1993). *DIN 19227-1:1993-10, Graphische Symbole und Kennbuchstaben für die Prozeßleittechnik*. URL: <https://www.beuth.de/de/norm/din-19227-1/2158581> (besucht am 15.02.2024).
- DIN EN 62424:2016* (2016). *DIN EN 62424:2016, Darstellung von Aufgaben der Prozessleittechnik – Fließbilder und Datenaustausch zwischen EDV-Werkzeugen zur Fließbildersstellung und CAE-Systemen*. URL: <https://www.vde-verlag.de/normen/0800456/din-en-62424-vde-0810-24-2017-12.html> (besucht am 10.02.2024).
- DIN EN ISO 10628-2* (2012). *DIN EN ISO 10628-2:2013-04, Schemata für die chemische und petrochemische Industrie – Teil_2: Graphische Symbole (ISO_10628-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO_10628-2:2012*. DOI: 10.31030/1912391. URL: <https://www.beuth.de/de/-/-/155616057> (besucht am 10.02.2024).
- Guta, Gabor (2022). *Pragmatic Python Programming: Learning Python the Smart Way*. Berkeley, CA: Apress. ISBN: 978-1-4842-8151-2 978-1-4842-8152-9. DOI: 10.1007/978-1-4842-8152-9. URL: <https://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-8152-9> (besucht am 01.03.2024).
- Hevner, Alan R. u. a. (2004). „Design Science in Information Systems Research“. In: *MIS Quarterly* 28.1. Publisher: Management Information Systems Research Center, University of Minnesota, S. 75–105. ISSN: 0276-7783. DOI: 10.2307/25148625. URL: <https://www.jstor.org/stable/25148625> (besucht am 24.01.2024).
- Koziolek, Heiko und Anne Koziolek (2023). *LLM-based Control Code Generation using Image Recognition*. arXiv: 2311.10401 [cs]. URL: <http://arxiv.org/abs/2311.10401> (besucht am 10.02.2024).
- Mertens, Peter u. a. (2017). *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-53361-1. DOI: 10.1007/978-3-662-53362-8. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-53362-8> (besucht am 24.01.2024).
- Meyer-Rössl, Reiner (2016). *Data Exchange in the Process Plant Industry: P&ID Exchange through DEXPI and ISO 15926*. URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Data-Exchange-Process-Plant-Industry-PID-Exchange-Through-DEXPI-and-ISO-15926-2016#downloads> (besucht am 13.11.2023).

- Miller, Florin (2024). *FloT10/MillerFlorinBA: Repository for B.ENG. Thesis*. URL: <https://github.com/FloT10/MillerFlorinBA> (besucht am 03. 02. 2024).
- Oesterle, Hubert u. a. (2010). „Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik“. In: <http://www.alexandria.unisg.ch/Publikationen/71074> 62. DOI: 10.1007/BF03372838.
- Papakonstantinou, Nikolaos u. a. (2019). „Design to automation continuum for industrial processes: ISO 15926 – IEC 61131 versus an industrial case“. In: *2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*. 2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). Zaragoza, Spain: IEEE, S. 1207–1212. ISBN: 978-1-72810-303-7. DOI: 10.1109/ETFA.2019.8869325. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8869325/> (besucht am 10. 02. 2024).
- ProteusXML (2024). *ProteusXML/proteusxml*. original-date: 2017-05-29T07:09:36Z. URL: <https://github.com/ProteusXML/proteusxml> (besucht am 31. 01. 2024).
- Rahm, J. u. a. (2020). „Der Weg zum Digital Twin im modularen Anlagenbau mittels MTP und DEXPI Standard“. In: *Chemie Ingenieur Technik* 92.9. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cite.202055228>, S. 1156–1157. ISSN: 1522-2640. DOI: 10.1002/cite.202055228. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cite.202055228> (besucht am 30. 01. 2024).
- Soemers, Marcus und Manfred Theißen (2022). *Concepts of Data Integration & the Asset Administration Shell*. URL: https://www.plants-and-bytes.de/files/website_data/publications/Concepts%20of%20Data%20Integration%20and%20the%20Asset%20Administration%20Shell.pdf (besucht am 31. 01. 2024).
- Soemers, Marcus, Manfred Theißen u. a. (2023). „Digital Twin: Cross-linking information in the Asset Administration Shell“. In: *atpMagazin* 6. URL: https://atpinfo.de/wp-content/uploads/2023/06/atp_06-07_2023-1_transformation-by-automation.pdf.
- Temmen, Heiner u. a. (2022). *Integrated Information Models for Process Industry*. URL: https://dexpi.org/wp-content/uploads/2020/09/Integrated-Data-Models-for-Process-Industrie_2022-11-20.pdf.
- Theissen, Manfred (2023). *C01V01.pptx*. URL: <https://gitlab.com/dexpi/TrainingTestCases/-/blob/1d87438391911ce06c7c6c84a6063e45f7f4a3a1/dexpi%201.2/>

- example%20pids/C01%20the%20complete%20DEXPI%20PnID/C01V01.pptx (besucht am 14.03.2024).
- Van Randen, Hendrik Jan, Christian Bercker und Julian Fieml (2016). *Einführung in UML*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN: 978-3-658-14411-1 978-3-658-14412-8. DOI: 10.1007/978-3-658-14412-8. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-14412-8> (besucht am 01.03.2024).
- Weber, Klaus H. (2016). *Engineering verfahrenstechnischer Anlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-52896-9. DOI: 10.1007/978-3-662-52897-6. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-52897-6> (besucht am 02.11.2023).
- (2019). *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen*. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-662-59497-1. DOI: 10.1007/978-3-662-59498-8. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-59498-8> (besucht am 22.01.2024).
- Weber, Klaus H., Frank Mattukat und Manfred Schüßler (2020). *Dokumentation verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen*. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-55149-3 978-3-662-55150-9. DOI: 10.1007/978-3-662-55150-9. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-55150-9> (besucht am 26.01.2024).
- WHG (2023). *Inhaltsübersicht WHG - Einzelnorm*. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/inhalts bersicht.html (besucht am 22.01.2024).
- Wiedau, Michael (2012). *Position Paper of the DEXPI Group*. URL: <https://dexpi.org/position-paper-of-the-dexpi-group/> (besucht am 04.02.2024).
- (2. Feb. 2024). „DEXPI Introduction Call“.
- Wiedau, Michael und Manfred Theißen (2015). *Semantic Interoperability Reasoning for Process Design Data*. URL: <https://dexpi.org/wp-content/uploads/2020/03/2015-07-30-ISO-TC184SC4-Verfication-Vortrag.pdf>.
- Wiedau, Michael, Lars Von Wedel u. a. (2019). „ENPRO Data Integration: Extending DEXPI Towards the Asset Lifecycle“. In: *Chemie Ingenieur Technik* 91.3, S. 240–255. ISSN: 0009-286X, 1522-2640. DOI: 10.1002/cite.201800112. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cite.201800112> (besucht am 02.11.2023).

Wilde, Thomas und Thomas Hess (2006). *Methodenspektrum der Wirtschaftsinformatik*. URL: https://epub.ub.uni-muenchen.de/14146/1/hess_14146.pdf.

A. C01V01-HEX.EX02



C01V01-HEX.EX02

B. Formblatt 6.2 Vorlage - PDF

		Datum																																				
Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren		Anlage 1 / Formblatt 6.2 Detailangaben / Wassergefährdende Stoffe																																				
Detailangaben Wassergefährdende Stoffe, Löschwasserrückhaltung																																						
Hinweis: Für jede Anlage ist ein eigenes Formblatt auszufüllen.																																						
Angaben zur Anlage																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Bezeichnung der Anlage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input type="checkbox"/> Tanklager <input type="checkbox"/> Fass-/ Gebindelager <input type="checkbox"/> Tankstelle <input type="checkbox"/> Umschlaganlage <input type="checkbox"/> HBV-Anlage (Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe) Verfahrenszweck: </td> <td> <input type="checkbox"/> Feststoff-/ Schüttgutlager <input type="checkbox"/> Abfüllanlage <input type="checkbox"/> Eigenverbrauchstankstelle <input type="checkbox"/> Rohrleitungsanlage <input type="checkbox"/> andere: </td> </tr> <tr> <td colspan="2">betriebsinterne Bezeichnung der Anlage:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Anlagenbeschreibung, -umfang:</td> </tr> </tbody> </table>			Bezeichnung der Anlage		<input type="checkbox"/> Tanklager <input type="checkbox"/> Fass-/ Gebindelager <input type="checkbox"/> Tankstelle <input type="checkbox"/> Umschlaganlage <input type="checkbox"/> HBV-Anlage (Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe) Verfahrenszweck:	<input type="checkbox"/> Feststoff-/ Schüttgutlager <input type="checkbox"/> Abfüllanlage <input type="checkbox"/> Eigenverbrauchstankstelle <input type="checkbox"/> Rohrleitungsanlage <input type="checkbox"/> andere:	betriebsinterne Bezeichnung der Anlage:		Anlagenbeschreibung, -umfang:																													
Bezeichnung der Anlage																																						
<input type="checkbox"/> Tanklager <input type="checkbox"/> Fass-/ Gebindelager <input type="checkbox"/> Tankstelle <input type="checkbox"/> Umschlaganlage <input type="checkbox"/> HBV-Anlage (Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe) Verfahrenszweck:	<input type="checkbox"/> Feststoff-/ Schüttgutlager <input type="checkbox"/> Abfüllanlage <input type="checkbox"/> Eigenverbrauchstankstelle <input type="checkbox"/> Rohrleitungsanlage <input type="checkbox"/> andere:																																					
betriebsinterne Bezeichnung der Anlage:																																						
Anlagenbeschreibung, -umfang:																																						
Angaben zum Standort der Anlage																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Lage in nachfolgend genannten Gebieten</th> <th><input type="checkbox"/> ja</th> <th><input type="checkbox"/> nein</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wasserschutzgebiet</td> <td><input type="checkbox"/> Zone I</td> <td><input type="checkbox"/> Zone II</td> <td><input type="checkbox"/> Zone III</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Heilquellschutzgebiet, Zone:</td> <td colspan="3"><input type="checkbox"/> Zone III A</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><input type="checkbox"/> Überschwemmungsgebiet, Name des Gewässers:</td> </tr> </tbody> </table>			Lage in nachfolgend genannten Gebieten		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Wasserschutzgebiet	<input type="checkbox"/> Zone I	<input type="checkbox"/> Zone II	<input type="checkbox"/> Zone III	<input type="checkbox"/> Heilquellschutzgebiet, Zone:	<input type="checkbox"/> Zone III A			<input type="checkbox"/> Überschwemmungsgebiet, Name des Gewässers:																							
Lage in nachfolgend genannten Gebieten		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein																																			
<input type="checkbox"/> Wasserschutzgebiet	<input type="checkbox"/> Zone I	<input type="checkbox"/> Zone II	<input type="checkbox"/> Zone III																																			
<input type="checkbox"/> Heilquellschutzgebiet, Zone:	<input type="checkbox"/> Zone III A																																					
<input type="checkbox"/> Überschwemmungsgebiet, Name des Gewässers:																																						
Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Heizöl (WGK 2)</th> <th>[m³]</th> <th>Dieselkraftstoff (WGK 2)</th> <th>[m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> aufschwimmender flüssiger, wassergefährdender Stoff</td> <td>[m³]</td> <td><input type="checkbox"/> Ottokraftstoff (WGK 3)</td> <td>[m³]</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><input type="checkbox"/> sonstige wassergefährdende Stoffe nach folgender Aufstellung: (ggf. separate Aufstellung mit den genannten Angaben befügen, insbesondere bei Fass-/Gebindelagerung)</td> </tr> <tr> <td>chemische Bezeichnung oder Handelsname des Stoffes</td> <td></td> <td>Aggregatzustand</td> <td>WGK</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>volumen / Masse des Stoffes [m³] bzw. [t]</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Heizöl (WGK 2)	[m³]	Dieselkraftstoff (WGK 2)	[m³]	<input type="checkbox"/> aufschwimmender flüssiger, wassergefährdender Stoff	[m³]	<input type="checkbox"/> Ottokraftstoff (WGK 3)	[m³]	<input type="checkbox"/> sonstige wassergefährdende Stoffe nach folgender Aufstellung: (ggf. separate Aufstellung mit den genannten Angaben befügen, insbesondere bei Fass-/Gebindelagerung)				chemische Bezeichnung oder Handelsname des Stoffes		Aggregatzustand	WGK				volumen / Masse des Stoffes [m³] bzw. [t]																
Heizöl (WGK 2)	[m³]	Dieselkraftstoff (WGK 2)	[m³]																																			
<input type="checkbox"/> aufschwimmender flüssiger, wassergefährdender Stoff	[m³]	<input type="checkbox"/> Ottokraftstoff (WGK 3)	[m³]																																			
<input type="checkbox"/> sonstige wassergefährdende Stoffe nach folgender Aufstellung: (ggf. separate Aufstellung mit den genannten Angaben befügen, insbesondere bei Fass-/Gebindelagerung)																																						
chemische Bezeichnung oder Handelsname des Stoffes		Aggregatzustand	WGK																																			
			volumen / Masse des Stoffes [m³] bzw. [t]																																			
Ermittlung der Gefährdungsstufe der Anlage nach § 39 AwSV																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">maßgebendes Volumen / Masse der Anlage in [m³] bzw. [t]</th> </tr> <tr> <th>maßgebendes WGK der Anlage</th> <th><input type="checkbox"/> WGK 1</th> <th><input type="checkbox"/> WGK 2</th> <th><input type="checkbox"/> WGK 3</th> <th><input type="checkbox"/> allgemein wassergefährdend</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gefährdungsstufe der Anlage</td> <td><input type="checkbox"/> A</td> <td><input type="checkbox"/> B</td> <td><input type="checkbox"/> C</td> <td><input type="checkbox"/> D</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Gefährdungsstufe entfällt</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			maßgebendes Volumen / Masse der Anlage in [m³] bzw. [t]					maßgebendes WGK der Anlage	<input type="checkbox"/> WGK 1	<input type="checkbox"/> WGK 2	<input type="checkbox"/> WGK 3	<input type="checkbox"/> allgemein wassergefährdend	Gefährdungsstufe der Anlage	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D		<input type="checkbox"/> Gefährdungsstufe entfällt																			
maßgebendes Volumen / Masse der Anlage in [m³] bzw. [t]																																						
maßgebendes WGK der Anlage	<input type="checkbox"/> WGK 1	<input type="checkbox"/> WGK 2	<input type="checkbox"/> WGK 3	<input type="checkbox"/> allgemein wassergefährdend																																		
Gefährdungsstufe der Anlage	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D																																		
	<input type="checkbox"/> Gefährdungsstufe entfällt																																					

(Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg)

Seite 1 von 3

Formblatt 6.2 Vorlage - Seite 1

Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren		Anlage 1 / Formblatt 6.2 Detailangaben / Wasser- gefährdende Stoffe
--	--	---

Technische Angaben zur Anlage

Aufstellung / Bauart der Anlage	
<input type="checkbox"/> unterirdisch / mit unterirdischen oder nicht einsehbaren Anlagenteilen	<input type="checkbox"/> oberirdisch <input type="checkbox"/> im Gebäude <input type="checkbox"/> im Freien <input type="checkbox"/> mit Überdachung

Behälter Anzahl	kommunizierend verbunden		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein				
Herstellernummer des Behälters	enthaltener wasser- gef. Stoff	einwandig	doppel- wandig	Nennvolumen [m³]	Metall	Kunst- stoff	anderes Material
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)

zu Zeile 1

zu Zeile 2

zu Zeile 3

Sicherheitseinrichtungen der Anlage

Sicherheitseinrichtungen der Anlage		Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)
<input type="checkbox"/> Leckanzeigegerät		
<input type="checkbox"/> Überfüllsicherung / Grenzwertgeber		
<input type="checkbox"/> Rückhalteeinrichtung / Auffangwanne Rückhaltevolumen Werkstoff / Material:	m³	
<input type="checkbox"/> Leckageerkennungssystem		
<input type="checkbox"/> Löschwasserrückhaltung Rückhaltevolumen	m³	
<input type="checkbox"/> Sonstige und / oder organisatorische Maßnahmen:		

Rohrleitungen

Rohrleitungen	Bauart	ober- irdisch	unter- irdisch	Anzahl	Metall	Kunst- stoff	anderes Material
Doppelwandig mit Leckanzeige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Einwandige Rohrleitungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Einwandig als Saugleitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Einwandig im Schutzrohr /-kanal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)

zu Zeile 1

zu Zeile 2

zu Zeile 3

zu Zeile 4

Seite 2 von 3

Formblatt 6.2 Vorlage - Seite 2

Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren				Anlage 1 / Formblatt 6.2	
				Detailangaben / Wasser-gefährdende Stoffe	

Fläche von Abfüll- / Umschlaganlagen			Bauausführung			
Bezeichnung der Fläche und Größe [m²]	Durchsatz [m³/Tag]	Max. Volumenstrom [l/min]	Beton	Verfugte Platten	Asphalt	anderes Material
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)						
zu Zeile 1						
zu Zeile 2						

Entwässerung der Fläche			
Überdachung vorhanden	Anschluss an Kanalisation	Anschluss an betriebseigene Abwasserbehandlungsanlage	Ausführung als abflusslose Wanne
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Seite 3 von 3

Formblatt 6.2 Vorlage - Seite 3

C. Formblatt 6.2 manuell befüllt - PDF

		Datum <input type="text"/>
Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren		Anlage 1 / Formblatt 6.2
		Detailangaben /Wasser-gefährdende Stoffe

Detailangaben Wassergefährdende Stoffe, Löschwasserrückhaltung

Hinweis: Für jede Anlage ist ein eigenes Formblatt auszufüllen.

Angaben zur Anlage

Bezeichnung der Anlage	
<input type="checkbox"/> Tanklager <input type="checkbox"/> Fass-/ Gebindelager <input type="checkbox"/> Tankstelle <input type="checkbox"/> Umschlaganlage <input checked="" type="checkbox"/> HBV-Anlage (Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe) Verfahrenszweck:	<input type="checkbox"/> Feststoff-/ Schüttgutlager <input type="checkbox"/> Abfüllanlage <input type="checkbox"/> Eigenverbrauchstankstelle <input type="checkbox"/> Rohrleitungsanlage <input type="checkbox"/> andere:
betriebsinterne Bezeichnung der Anlage: C01V01	
Anlagenbeschreibung, -umfang: Rohrleitungen, Pumpen, Wärmetauscher, Behälter	

Angaben zum Standort der Anlage

Lage in nachfolgend genannten Gebieten		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein			
<input type="checkbox"/> Wasserschutzgebiet		<input type="checkbox"/> Zone I	<input type="checkbox"/> Zone II	<input type="checkbox"/> Zone III	<input type="checkbox"/> Zone III A	<input type="checkbox"/> Zone III B
<input type="checkbox"/> Heilquellschutzgebiet, Zone:						
<input type="checkbox"/> Überschwemmungsgebiet, Name des Gewässers:						

Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen in der Anlage

<input type="checkbox"/> Heizöl (WGK 2)	[m ³]	<input type="checkbox"/> Diesekraftstoff (WGK 2)	[m ³]	
<input type="checkbox"/> aufschwimmender flüssiger, wassergefährdender Stoff	[m ³]	<input type="checkbox"/> Ottokraftstoff (WGK 3)	[m ³]	
<input type="checkbox"/> sonstige wassergefährdende Stoffe nach folgender Aufstellung: (ggf. separate Aufstellung mit den genannten Angaben beifügen, insbesondere bei Fass-/Gebindelagerung)		<input type="checkbox"/> Altköl (WGK 3)	[m ³]	
chemische Bezeichnung oder Handelsname des Stoffes		Aggregatzustand	WGK	Volumen / Masse des Stoffes [m ³] bzw. [t]
MNb		flüssig	3	33
MNb		flüssig	3	22

Ermittlung der Gefährdungsstufe der Anlage nach § 39 AwSV

maßgebendes Volumen / Masse der Anlage in [m ³] bzw. [t]: 55			
maßgebendes WGK der Anlage	<input type="checkbox"/> WGK 1	<input type="checkbox"/> WGK 2	<input checked="" type="checkbox"/> WGK 3
Gefährdungsstufe der Anlage	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
	<input type="checkbox"/> D		<input type="checkbox"/> Gefährdungsstufe entfällt

(Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg)

Seite 1 von 3

Formblatt 6.2 manuell befüllt - Seite 1

Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren		Anlage 1 / Formblatt 6.2
		Detailangaben / Wasser- gefährdende Stoffe

Technische Angaben zur Anlage

Aufstellung / Einsatz der Anlage

<input type="checkbox"/> unterirdisch / mit unterirdischen oder nicht einsehbaren Anlageteilen	<input checked="" type="checkbox"/> oberirdisch
	<input type="checkbox"/> im Gebäude
	<input type="checkbox"/> im Freien
	<input type="checkbox"/> mit Überdachung

Behälter	Anzahl	kommunizierend verbunden		ja	nein	Metall	Kunststoff	anderes Material
		enthaltener wasser- gef. Stoff	einwandig					
T4750	MNc	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)

zu Zeile 1 Fertigungsnorm

zu Zeile 2

zu Zeile 3

Sicherheitseinrichtungen der Anlage

		Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)
<input type="checkbox"/> Leckanzeigegerät		
<input type="checkbox"/> Überfüllsicherung / Grenzwertgeber		
<input type="checkbox"/> Rückhalteinrichtung / Auffangwanne		
<input type="checkbox"/> Rückhaltevolumen		
Werkstoff / Material:		
<input type="checkbox"/> Leckageerkennungssystem		
<input type="checkbox"/> Löschwasserrückhaltung		
Rückhaltevolumen	m ³	
<input type="checkbox"/> Sonstige und / oder organisatorische Maßnahmen:		

Rohrleitungen

Bauart	ober- irdisch	unter- irdisch	Anzahl	Metall	Kunst- stoff	anderes Material
Doppelwandig mit Leckanzeige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Einwandige Rohrleitungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Einwandig als Saugleitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Einwandig im Schutzrohr / -kanal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (DIN-/ EN-Norm, Zulassungsnummer)

zu Zeile 1 Fertigungsnorm

zu Zeile 2

zu Zeile 3

zu Zeile 4

Seite 2 von 3

Formblatt 6.2 manuell gefüllt - Seite 2

Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren				Anlage 1 / Formblatt 6.2
				Detailangaben / Wasser- gefährdende Stoffe

Fische von Abfüll- / Umschlaganlagen			Bauausführung			
Bezeichnung der Fläche und Größe (m²)	Durchsatz [m³/Tag]	Max. Volumenstrom [l/min]	Beton	Verfügte Platten	Asphalt	anderes Material
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise DIN- / EN-Norm, Zulassungsnummer						
zu Zeile 1						
zu Zeile 2						

Entwässerung der Fläche			
Überdachung vorhanden	Anschluss an Kanalisation	Anschluss an betriebseigene Abwasserbehandlungsanlage	Ausführung als abflusslose Wanne
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Seite 3 von 3

Formblatt 6.2 manuell befüllt - Seite 3

D. Formblatt 6.2 automatisch befüllt - PDF

Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren		Anlage 1 / Formblatt 6.2 Detailangaben wassergefährdende Stoffe																																																																		
<p>Angaben zur Anlage</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; padding: 2px;">Anlagenart</td> <td style="width: 75%; padding: 2px;">HBV-Anlage</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Anlagenbezeichnung</td> <td style="padding: 2px;">C01V01-HEX.EX03</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Anlagenumfang</td> <td style="padding: 2px;">Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rohrleitungssystem, Kolbenpumpe, Behälter, Kreiselpumpe</td> </tr> </table> <p>Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Stoffbezeichnung</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Aggregatzustand</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">WGK</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Volumen (m³)/ Masse (t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">MNb</td> <td style="padding: 2px;">flüssig</td> <td style="padding: 2px;">3</td> <td style="padding: 2px;">33</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">MNb</td> <td style="padding: 2px;">flüssig</td> <td style="padding: 2px;">3</td> <td style="padding: 2px;">22</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ermittlung der Gefährdungsstufe der Anlage nach §39 AwSV</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 2px;">Maßgebendes Volumen (m³)</td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">Maßgebende WGK</td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">Gefährdungsstufe</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">55</td> <td style="padding: 2px;">3</td> <td style="padding: 2px;">D</td> </tr> </table> <p>Angaben zu den Behältern</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Tanknummer</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Stoff</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">einwandig/ doppelwandig</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Nennvolumen (m³)</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Material</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Nachweis</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">T4750</td> <td style="padding: 2px;">MNb</td> <td style="padding: 2px;">einwandig</td> <td style="padding: 2px;">22</td> <td style="padding: 2px;">1.4306</td> <td style="padding: 2px;">AD2000</td> </tr> </table> <p>Angaben zu den Rohrleitungen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Bauart</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">oberirdisch</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">unterirdisch</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Anzahl</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Material</th> <th style="width: 16.6%; padding: 2px;">Nachweis</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Doppelwandig mit Leck-anzeige</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Einwandig</td> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">10</td> <td style="padding: 2px;">1.4435, 1.4303</td> <td style="padding: 2px;">AD2000</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Einwandig als Saugleitung</td> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">1.4303</td> <td style="padding: 2px;">AD2000</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Einwandig im Schutzrohr</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>			Anlagenart	HBV-Anlage	Anlagenbezeichnung	C01V01-HEX.EX03	Anlagenumfang	Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rohrleitungssystem, Kolbenpumpe, Behälter, Kreiselpumpe	Stoffbezeichnung	Aggregatzustand	WGK	Volumen (m ³)/ Masse (t)	MNb	flüssig	3	33	MNb	flüssig	3	22	Maßgebendes Volumen (m ³)	Maßgebende WGK	Gefährdungsstufe	55	3	D	Tanknummer	Stoff	einwandig/ doppelwandig	Nennvolumen (m ³)	Material	Nachweis	T4750	MNb	einwandig	22	1.4306	AD2000	Bauart	oberirdisch	unterirdisch	Anzahl	Material	Nachweis	Doppelwandig mit Leck-anzeige			0			Einwandig	X		10	1.4435, 1.4303	AD2000	Einwandig als Saugleitung	X		1	1.4303	AD2000	Einwandig im Schutzrohr			0		
Anlagenart	HBV-Anlage																																																																			
Anlagenbezeichnung	C01V01-HEX.EX03																																																																			
Anlagenumfang	Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rohrleitungssystem, Kolbenpumpe, Behälter, Kreiselpumpe																																																																			
Stoffbezeichnung	Aggregatzustand	WGK	Volumen (m ³)/ Masse (t)																																																																	
MNb	flüssig	3	33																																																																	
MNb	flüssig	3	22																																																																	
Maßgebendes Volumen (m ³)	Maßgebende WGK	Gefährdungsstufe																																																																		
55	3	D																																																																		
Tanknummer	Stoff	einwandig/ doppelwandig	Nennvolumen (m ³)	Material	Nachweis																																																															
T4750	MNb	einwandig	22	1.4306	AD2000																																																															
Bauart	oberirdisch	unterirdisch	Anzahl	Material	Nachweis																																																															
Doppelwandig mit Leck-anzeige			0																																																																	
Einwandig	X		10	1.4435, 1.4303	AD2000																																																															
Einwandig als Saugleitung	X		1	1.4303	AD2000																																																															
Einwandig im Schutzrohr			0																																																																	

Formblatt 6.2 automatisch befüllt

E. Formblatt 6.2 automatisch befüllt - LaTeX

```
1  \documentclass{article}
2  \usepackage[utf8]{inputenc}
3  \usepackage{enumitem}
4  \usepackage{fancyhdr}
5  \usepackage{tabularx}
6  \usepackage{float}
7  \usepackage{xcolor}
8
9
10 % Seitenr nder einstellen
11 \usepackage[ left=2cm, right=2cm, top=2cm, bottom=1cm, headheight=1.5
12   cm, includehead]{geometry}
13
14 % Fancyhdr-Stil definieren
15 \pagestyle{fancy}
16 \fancyhf{} % Kopf- und Fu  zeilen leeren
17
18 % Bef llung der Kopfzeile mit einer Tabelle und manuellen Breiten
19   und H hen
20 \fancyhead[L]{\begin{tabular}{|p{0.75\textwidth}|p{0.25\textwidth}|}
21   \hline
22   \textbf{\Large{Antragsunterlage}} \newline \textbf{\Large{immisionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren} & Anlage 1 /}
23   Formblatt 6.2 \newline Detailangaben wassergef hrdende Stoffe
24   \hline
25   \end{tabular}}
26
27
28 \begin{document}
29
30 \subsection*{Angaben zur Anlage}
31
32 \begin{table}[H]
33   \centering
34   \begin{tabularx}{\textwidth}{|l|X|}
35     \hline
36     \textbf{Anlagenart} & HBV-Anlage \\
37     \hline
38     \textbf{Anlagenbezeichnung} & C01V01-HEX.EX03 \\
39     \hline
40     \textbf{Anlagenumfang} & Plattenw rmetauscher , \\
41     Rohrb ndelw rmetauscher , Rohrleitungssystem , Kolbenpumpe , \\
42     Beh lter , Kreiselpumpe \\
43     \hline
44   \end{tabularx}
45 \end{table}
46
47 \subsection*{Angaben zu den wassergef hrdenden Stoffen}
48
49 \begin{table}[H]
50   \centering
51   \begin{tabularx}{\textwidth}{|X|X|X|X|X|}
```



```
100      \textbf{Einwandig \newline als Saugleitung} & X & & 1 &
101      1.4303 & AD2000 \\
102      \hline
103      \textbf{Einwandig \newline im Schutzrohr} & & & 0 & &
104      \\
105      \end{tabularx}
106
107
108
109 \end{document}
```

Quellcode 3: formular_6_2_auto.tex

F. Formblatt 6.2 Vorlage - XML

```

1  <formblatt_6_2>
2    <tabelle_kopf>
3      <ueberschrift>Angaben zum Formblatt</ueberschrift>
4      <spalten>
5        <spalte>Antragsunterlage</spalte>
6        <spalte>Anlage 1 / Formblatt 6.2</spalte>
7      </spalten>
8      <daten>
9        <zeile>
10          <wert>F r immissionsschutzrechtliches
11          Genehmigungsverfahren</wert>
12          <wert>Detailangaben / Wassergef hrdende Stoffe</wert>
13        </zeile>
14      </daten>
15    </tabelle_kopf>
16    <tabelle_angaben_anlage>
17      <ueberschrift>Angaben zur Anlage</ueberschrift>
18      <spalten>
19        <spalte>Anlagenart</spalte>
20        <spalte>Anlagenbezeichnung</spalte>
21        <spalte>Anlagenumfang</spalte>
22      </spalten>
23      <daten>
24        <zeile>
25          <wert>{ angaben_anlage_data[ 'Anlagenart' ]}</wert>
26          <wert>{ angaben_anlage_data[ 'Anlagenbezeichnung' ]}</
27          wert>
28          <wert>{ angaben_anlage_data[ 'Anlagenumfang' ]}</wert>
29        </zeile>
30      </daten>
31    </tabelle_angaben_anlage>
32    <tabelle_angaben_stoffe>
33      <ueberschrift>Angaben zu den wassergef hrdenden Stoffen</
34      ueberschrift>
35      <spalten>
36        <spalte>Stoffbezeichnung_Pumpe</spalte>
37        <spalte>Aggregatzustand_Pumpe</spalte>
38        <spalte>WGK_Pumpe</spalte>
39        <spalte>Volumen_Pumpe</spalte>
40        <spalte>Stoffbezeichnung_Tank</spalte>
41        <spalte>Aggregatzustand_Tank</spalte>
42        <spalte>WGK_Tank</spalte>
43        <spalte>Volumen_Tank</spalte>
44      </spalten>
45      <daten>
46        <zeile>
47          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "Stoffbezeichnung_Pumpe" ]}</
48          wert>
49          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "Aggregatzustand_Pumpe" ]}</
50          wert>
51          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "WGK_Pumpe" ]}</wert>
52          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "Volumen_Pumpe" ]}</wert>
53          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "Stoffbezeichnung_Tank" ]}</
54          wert>
55          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "Aggregatzustand_Tank" ]}</
56          wert>
57          <wert>{ angaben_stoffe_data[ "WGK_Tank" ]}</wert>

```

```

51         <wert>{ angaben_stoffe_data[ "Volumen_Tank" ]}</wert>
52     </zeile>
53 </daten>
54 </tabelle_angaben_stoffe>
55 <tabelle_angaben_gefaehrdungsstufe>
56     <ueberschrift>Ermittlung der Gef hrdungsstufe der Anlage nach
57     39 AwSV</ueberschrift>
58     <spalten>
59         <spalte>Ma gebendes Volumen</spalte>
60         <spalte>Ma gebende WGK</spalte>
61         <spalte>Gef hrdungsstufe</spalte>
62     </spalten>
63     <daten>
64         <zeile>
65             <wert>{ angaben_gefaehrdungsstufe_data[ 'Ma gebendes
66             Volumen' ]}</wert>
67             <wert>{ angaben_gefaehrdungsstufe_data[ 'Ma gebende WGK
68             ' ]}</wert>
69             <wert>{ angaben_gefaehrdungsstufe_data[ 'Gef hrdungsstufe' ]}</wert>
70         </zeile>
71     </daten>
72 </tabelle_angaben_gefaehrdungsstufe>
73 <tabelle_angaben_bhaelter>
74     <ueberschrift>Angaben zu den Beh ltern</ueberschrift>
75     <spalten>
76         <spalte>Tanknummer</spalte>
77         <spalte>enthaltener Stoff</spalte>
78         <spalte>einwandig / doppelwandig</spalte>
79         <spalte>Nennvolumen (m3)</spalte>
80         <spalte>Material</spalte>
81         <spalte>Zulassung</spalte>
82     </spalten>
83     <daten>
84         <zeile>
85             <wert>{ angaben_bhaelter_data[ 'Tanknummer' ]}</wert>
86             <wert>{ angaben_bhaelter_data[ 'enthaltener Stoff' ]}</
87             wert>
88             <wert>{ angaben_bhaelter_data[ 'einwandig / doppelwandig
89             ' ]}</wert>
90             <wert>{ angaben_bhaelter_data[ 'Nennvolumen (m3)' ]}</wert
91             >
92             <wert>{ angaben_bhaelter_data[ 'Material' ]}</wert>
93             <wert>{ angaben_bhaelter_data[ 'Zulassung' ]}</wert>
94         </zeile>
95     </daten>
96 </tabelle_angaben_bhaelter>
97 <tabelle_angaben_rohrleitung1>
98     <ueberschrift>Angaben zu den doppelwandigen Rohrleitungen</
99     ueberschrift>
100    <spalten>
101        <spalte>Bauart</spalte>
102        <spalte>oberirdisch / unterirdisch</spalte>
103        <spalte>Anzahl</spalte>
104        <spalte>Material</spalte>
105        <spalte>Zulassung</spalte>
106    </spalten>
107    <daten>
108        <zeile>

```

```

102         <wert>{ angaben_rohrleitungen1_data[ 'Bauart' ]}</wert>
103         <wert>{ angaben_rohrleitungen1_data[ 'oberirdisch /
104             unterirdisch' ]}</wert>
105         <wert>{ angaben_rohrleitungen1_data[ 'Anzahl' ]}</wert>
106         <wert>{ angaben_rohrleitungen1_data[ 'Material' ]}</wert>
107         <wert>{ angaben_rohrleitungen1_data[ 'Zulassung' ]}</wert>
108     >
109     </zeile>
110 </daten>
111 <tabelle_angaben_rohrleitungen1>
112 <tabelle_angaben_rohrleitungen2>
113     <ueberschrift>Angaben zu den einwandigen Rohrleitungen</
114     ueberschrift>
115     <spalten>
116         <spalte>Bauart</spalte>
117         <spalte>oberirdisch / unterirdisch</spalte>
118         <spalte>Anzahl</spalte>
119         <spalte>Material</spalte>
120         <spalte>Zulassung</spalte>
121     </spalten>
122     <daten>
123         <zeile>
124             <wert>{ angaben_rohrleitungen2_data[ 'Bauart' ]}</wert>
125             <wert>{ angaben_rohrleitungen2_data[ 'oberirdisch /
126                 unterirdisch' ]}</wert>
127             <wert>{ angaben_rohrleitungen2_data[ 'Anzahl' ]}</wert>
128             <wert>{ angaben_rohrleitungen2_data[ 'Material' ]}</wert>
129             <wert>{ angaben_rohrleitungen2_data[ 'Zulassung' ]}</wert>
130         </zeile>
131     </daten>
132 </tabelle_angaben_rohrleitungen2>
133 <tabelle_angaben_rohrleitungen3>
134     <ueberschrift>Angaben zu den einwandigen Rohrleitungen als
135     Saugleitung</ueberschrift>
136     <spalten>
137         <spalte>Bauart</spalte>
138         <spalte>oberirdisch / unterirdisch</spalte>
139         <spalte>Anzahl</spalte>
140         <spalte>Material</spalte>
141         <spalte>Zulassung</spalte>
142     </spalten>
143     <daten>
144         <zeile>
145             <wert>{ angaben_rohrleitungen3_data[ 'Bauart' ]}</wert>
146             <wert>{ angaben_rohrleitungen3_data[ 'oberirdisch /
147                 unterirdisch' ]}</wert>
148             <wert>{ angaben_rohrleitungen3_data[ 'Anzahl' ]}</wert>
149             <wert>{ angaben_rohrleitungen3_data[ 'Material' ]}</wert>
150             <wert>{ angaben_rohrleitungen3_data[ 'Zulassung' ]}</wert>
151         </zeile>
152     </daten>
153 </tabelle_angaben_rohrleitungen3>
154 <tabelle_angaben_rohrleitungen4>
155     <ueberschrift>Angaben zu den einwandigen Rohrleitungen im
156     Schutzrohr</ueberschrift>
157     <spalten>
158         <spalte>Bauart</spalte>
159         <spalte>oberirdisch / unterirdisch</spalte>
160         <spalte>Anzahl</spalte>

```

```
154     <spalte>Material</spalte>
155     <spalte>Zulassung</spalte>
156 </spalten>
157 <daten>
158     <zeile>
159         <wert>{ angaben_rohrleitungen4_data[ 'Bauart' ]}</wert>
160         <wert>{ angaben_rohrleitungen4_data[ 'oberirdisch' /
161             unterirdisch' ]}</wert>
162         <wert>{ angaben_rohrleitungen4_data[ 'Anzahl' ]}</wert>
163         <wert>{ angaben_rohrleitungen4_data[ 'Material' ]}</wert>
164         <wert>{ angaben_rohrleitungen4_data[ 'Zulassung' ]}</wert>
165     </zeile>
166 </daten>
167 </tabelle_angaben_rohrleitungen4>
</formblatt_6_2>
```

Quellcode 4: formblatt_6_2.xml

G. Formblatt 6.2 automatisch befüllt - XML

```
1  <formblatt_6_2>
2      <tabelle_kopf>
3          <ueberschrift>Angaben zum Formblatt</ueberschrift>
4          <spalten>
5              <spalte>Antragsunterlage</spalte>
6              <spalte>Anlage 1 / Formblatt 6.2</spalte>
7          </spalten>
8          <daten>
9              <zeile>
10                 <wert>F r immissionsschutzrechtliches
11                 Genehmigungsverfahren</wert>
12                 <wert>Detailangaben / Wassergef hrdende Stoffe</
13                 wert>
14             </zeile>
15         </daten>
16     </tabelle_kopf>
17     <tabelle_angaben_anlage>
18         <ueberschrift>Angaben zur Anlage</ueberschrift>
19         <spalten>
20             <spalte>Anlagenart</spalte>
21             <spalte>Anlagenbezeichnung</spalte>
22             <spalte>Anlagenumfang</spalte>
23         </spalten>
24         <daten>
25             <zeile>
26                 <wert>HBV-Anlage</wert>
27                 <wert>C01V01-HEX.EX03</wert>
28                 <wert>Plattenw rmetauscher ,
29                 Rohrb ndelw rmetauscher , Rohrleitungssystem , Kolbenpumpe ,
30                 Beh lter , Kreiselpumpe</wert>
31             </zeile>
32         </daten>
33     </tabelle_angaben_anlage>
34     <tabelle_angaben_stoffe>
35         <ueberschrift>Angaben zu den wassergef hrdenden Stoffen</
36         ueberschrift>
37         <spalten>
38             <spalte>Stoffbezeichnung_Pumpe</spalte>
39             <spalte>Aggregatzustand_Pumpe</spalte>
40             <spalte>WGK_Pumpe</spalte>
41             <spalte>Volumen_Pumpe</spalte>
42             <spalte>Stoffbezeichnung_Tank</spalte>
43             <spalte>Aggregatzustand_Tank</spalte>
44             <spalte>WGK_Tank</spalte>
45             <spalte>Volumen_Tank</spalte>
46         </spalten>
47         <daten>
48             <zeile>
49                 <wert>MNB</wert>
50                 <wert>f1 ssig</wert>
51                 <wert>3</wert>
52                 <wert />
53                 <wert>MNB</wert>
54                 <wert>f1 ssig</wert>
55                 <wert>3</wert>
56                 <wert>22</wert>
57             </zeile>
58         </daten>
59     </tabelle_angaben_stoffe>
60 
```

```

53      </ daten>
54  </ tabelle_angaben_stoffe>
55  <tabelle_angaben_gefaehrdungsstufe>
56      <ueberschrift>Ermittlung der Gef hrdungsstufe der Anlage
nach 39 AwSV</ ueberschrift>
57      <spalten>
58          <spalte>Ma gebendes Volumen</ spalte>
59          <spalte>Ma gebende WGK</ spalte>
60          <spalte>Gef hrdungsstufe</ spalte>
61      </ spalten>
62      <daten>
63          <zeile>
64              <wert>55</ wert>
65              <wert>3</ wert>
66              <wert>D</ wert>
67          </ zeile>
68      </ daten>
69  </ tabelle_angaben_gefaehrdungsstufe>
70  <tabelle_angaben_behaelter>
71      <ueberschrift>Angaben zu den Beh ltern</ ueberschrift>
72      <spalten>
73          <spalte>Tanknummer</ spalte>
74          <spalte>enthaltener Stoff</ spalte>
75          <spalte>einwandig / doppelwandig</ spalte>
76          <spalte>Nennvolumen (m3)</ spalte>
77          <spalte>Material</ spalte>
78          <spalte>Zulassung</ spalte>
79      </ spalten>
80      <daten>
81          <zeile>
82              <wert>T4750</ wert>
83              <wert>MNb</ wert>
84              <wert>einwandig</ wert>
85              <wert>22</ wert>
86              <wert>1.4306</ wert>
87              <wert>AD2000</ wert>
88          </ zeile>
89      </ daten>
90  </ tabelle_angaben_behaelter>
91  <tabelle_angaben_rohrleitung1>
92      <ueberschrift>Angaben zu den doppelwandigen Rohrleitungen</
ueberschrift>
93      <spalten>
94          <spalte>Bauart</ spalte>
95          <spalte>oberirdisch / unterirdisch</ spalte>
96          <spalte>Anzahl</ spalte>
97          <spalte>Material</ spalte>
98          <spalte>Zulassung</ spalte>
99      </ spalten>
100     <daten>
101         <zeile>
102             <wert>Doppelwandig mit Leckanzeige</ wert>
103             <wert />
104             <wert>0</ wert>
105             <wert />
106             <wert />
107         </ zeile>
108     </ daten>
109 </ tabelle_angaben_rohrleitung1>

```

```

110  <tabelle_angaben_rohrleitungen2>
111      <ueberschrift>Angaben zu den einwandigen Rohrleitungen</
112          ueberschrift>
113          <spalten>
114              <spalte>Bauart</spalte>
115              <spalte>oberirdisch / unterirdisch</spalte>
116              <spalte>Anzahl</spalte>
117              <spalte>Material</spalte>
118              <spalte>Zulassung</spalte>
119          </spalten>
120          <daten>
121              <zeile>
122                  <wert>Einwandig</wert>
123                  <wert>X</wert>
124                  <wert>10</wert>
125                  <wert>1.4435 , 1.4303</wert>
126                  <wert>AD2000</wert>
127              </zeile>
128          </daten>
129      </tabelle_angaben_rohrleitungen2>
130      <tabelle_angaben_rohrleitungen3>
131          <ueberschrift>Angaben zu den einwandigen Rohrleitungen als
132              Saugleitung</ueberschrift>
133          <spalten>
134              <spalte>Bauart</spalte>
135              <spalte>oberirdisch / unterirdisch</spalte>
136              <spalte>Anzahl</spalte>
137              <spalte>Material</spalte>
138              <spalte>Zulassung</spalte>
139          </spalten>
140          <daten>
141              <zeile>
142                  <wert>Einwandig als Saugleitung</wert>
143                  <wert>X</wert>
144                  <wert>1</wert>
145                  <wert>1.4303</wert>
146                  <wert>AD2000</wert>
147              </zeile>
148          </daten>
149      </tabelle_angaben_rohrleitungen3>
<tabelle_angaben_rohrleitungen4>
    <ueberschrift>Ang

```

Quellcode 5: formular_6_2_auto.xml

H. Formblatt 6.2 automatisch befüllt -

Soll-Ist-Vergleich

Antragsunterlage für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren	Anlage 1 / Formblatt 6.2 Detailangaben wassergefährdende Stoffe																																																																		
Angaben zur Anlage <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;">Anlagenart</td> <td style="width: 85%; padding: 2px;">HBV-Anlage</td> </tr> <tr> <td>Anlagenbezeichnung</td> <td>C01V01-HEX.EX03</td> </tr> <tr> <td>Anlagenumfang</td> <td>Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rohrleitungssystem, Kolbenpumpe, Behälter, Kreiselpumpe</td> </tr> </table> Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Stoffbezeichnung</th> <th style="width: 25%;">Aggregatzustand</th> <th style="width: 25%;">WGK</th> <th style="width: 25%;">Volumen (m³)/ Masse (t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MNb</td> <td>flüssig</td> <td>3</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>MNb</td> <td>flüssig</td> <td>3</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table> Ermittlung der Gefährdungsstufe der Anlage nach §39 AwSV <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Maßgebendes Volumen (m³)</td> <td style="width: 33%;">Maßgebende WGK</td> <td style="width: 33%;">Gefährdungsstufe</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>3</td> <td>D</td> </tr> </table> Angaben zu den Behältern <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Tanknummer</th> <th style="width: 15%;">Stoff</th> <th style="width: 15%;">einwandig/ doppelwandig</th> <th style="width: 15%;">Nennvolumen (m³)</th> <th style="width: 15%;">Material</th> <th style="width: 15%;">Nachweis</th> </tr> <tr> <td>T4750</td> <td>MNb</td> <td>einwandig</td> <td>22</td> <td>1.4306</td> <td>AD2000</td> </tr> </table> Angaben zu den Rohrleitungen <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Bauart</th> <th style="width: 15%;">oberirdisch</th> <th style="width: 15%;">unterirdisch</th> <th style="width: 15%;">Anzahl</th> <th style="width: 15%;">Material</th> <th style="width: 15%;">Nachweis</th> </tr> <tr> <td>Doppelwandig mit Leck-anzeige</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Einwandig</td> <td>X</td> <td></td> <td>10</td> <td>1.4435, 1.4303</td> <td>AD2000</td> </tr> <tr> <td>Einwandig als Saugleitung</td> <td>X</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4303</td> <td>AD2000</td> </tr> <tr> <td>Einwandig im Schutzrohr</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> Legende: <p>vollständige Übereinstimmung ●</p> <p>Abweichung ●</p> </div>		Anlagenart	HBV-Anlage	Anlagenbezeichnung	C01V01-HEX.EX03	Anlagenumfang	Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rohrleitungssystem, Kolbenpumpe, Behälter, Kreiselpumpe	Stoffbezeichnung	Aggregatzustand	WGK	Volumen (m ³)/ Masse (t)	MNb	flüssig	3	33	MNb	flüssig	3	22	Maßgebendes Volumen (m ³)	Maßgebende WGK	Gefährdungsstufe	55	3	D	Tanknummer	Stoff	einwandig/ doppelwandig	Nennvolumen (m ³)	Material	Nachweis	T4750	MNb	einwandig	22	1.4306	AD2000	Bauart	oberirdisch	unterirdisch	Anzahl	Material	Nachweis	Doppelwandig mit Leck-anzeige			0			Einwandig	X		10	1.4435, 1.4303	AD2000	Einwandig als Saugleitung	X		1	1.4303	AD2000	Einwandig im Schutzrohr			0		
Anlagenart	HBV-Anlage																																																																		
Anlagenbezeichnung	C01V01-HEX.EX03																																																																		
Anlagenumfang	Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rohrleitungssystem, Kolbenpumpe, Behälter, Kreiselpumpe																																																																		
Stoffbezeichnung	Aggregatzustand	WGK	Volumen (m ³)/ Masse (t)																																																																
MNb	flüssig	3	33																																																																
MNb	flüssig	3	22																																																																
Maßgebendes Volumen (m ³)	Maßgebende WGK	Gefährdungsstufe																																																																	
55	3	D																																																																	
Tanknummer	Stoff	einwandig/ doppelwandig	Nennvolumen (m ³)	Material	Nachweis																																																														
T4750	MNb	einwandig	22	1.4306	AD2000																																																														
Bauart	oberirdisch	unterirdisch	Anzahl	Material	Nachweis																																																														
Doppelwandig mit Leck-anzeige			0																																																																
Einwandig	X		10	1.4435, 1.4303	AD2000																																																														
Einwandig als Saugleitung	X		1	1.4303	AD2000																																																														
Einwandig im Schutzrohr			0																																																																

Formblatt 6.2 automatisch befüllt - Soll-Ist-Vergleich

I. Evaluationsformular - Vorlage

Aufgabenbeschreibung

Die Aufgabe für Sie als Experten besteht darin, den prototypischen Ansatz zur automatisierten Bearbeitung des Formblatt 6.2 (beigefügt) zu evaluieren. Ihre Expertise ist entscheidend, um die Anwendbarkeit des Prototyps zu beurteilen und zu bewerten, inwiefern die Lösung die manuelle Formularbearbeitung ersetzen könnte. Ich bitten Sie, die vom Prototyp erstellte Formularbefüllung zu bewerten. Es ist wichtig, dass Sie während des Evaluationsprozesses eventuelle Schwierigkeiten oder Unklarheiten notieren und am Ende des Formulars zusätzliche Kommentare oder Anmerkungen hinterlassen.

Evaluation des Gesamteindrucks

Der Gesamteindruck des Formulars gleicht dem der Vorlage.

Kommentare:

Die Angaben sind gut strukturiert und gut lesbar.

Kommentare:

Alle Angaben der Vorlage finden sich auf dem Formular wieder.

Kommentare:

Evaluation der inhaltlichen Angaben

Die Angaben zur Anlage sind vollständig und plausibel.

Trifft zu

Trifft nicht zu

Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die vorhandenen Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu

Trifft nicht zu

Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die vorhandenen Angaben zur Ermittlung der Gefährdungsstufe sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu

Trifft nicht zu

Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die vorhandenen Angaben zu den Behältern sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu

Trifft nicht zu

Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die vorhandenen Angaben zu den Rohrleitungen sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu

Trifft nicht zu

Trifft teilweise zu

Kommentare:

Evaluation der Anwendbarkeit.

Eine implementierte Anwendung mit vergleichbarer Funktionalität wäre im praktischen Einsatz hilfreich.

Trifft zu

Trifft nicht zu

Trifft teilweise zu

Kommentare:

Welche Erweiterungen oder Verbesserungen wären notwendig?

1.:

2..

3..

An welcher Stelle könnte eine Implementierung sinnvoll sein?

1.:

2..

3..

Verbesserungsvorschläge und Ideen

1.:

2..

3.

4.

5.

Bearbeitender Experte

Ort, Datum

J. Evaluationsformular - Experten

D. Evaluationsformular

Aufgabenbeschreibung

Die Aufgabe für Sie als Experten besteht darin, den prototypischen Ansatz zur automatisierten Bearbeitung des Formblatt 6.2 (beigefügt) zu evaluieren. Ihre Expertise ist entscheidend, um die Anwendbarkeit des Prototyps zu beurteilen und zu bewerten, inwiefern die Lösung die manuelle Formularbearbeitung ersetzen könnte. Ich bitten Sie, die vom Prototyp erstellte Formularbefüllung zu bewerten. Es ist wichtig, dass Sie während des Evaluationsprozesses eventuelle Schwierigkeiten oder Unklarheiten notieren und am Ende des Formulars zusätzliche Kommentare oder Anmerkungen hinterlassen.

Evaluation des Gesamteindrucks

Der Gesamteindruck des Formulars gleicht dem der Vorlage.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die Angaben sind gut strukturiert und gut lesbar.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Alle Angaben der Vorlage finden sich auf dem Formular wieder.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Bestandteile des Original Formulars sind nicht dargestellt

Evaluation der inhaltlichen Angaben

Die Angaben zur Anlage sind vollständig und plausibel.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Anlagenbezeichnung: Ableitung vom Hauptequipment

Anlagenbezeichnung muss für dritte nachvollziehbar sein

Die vorhandenen Angaben zu den wassergefährdenden Stoffen sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die vorhandenen Angaben zur Ermittlung der Gefährdungsstufe sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Die vorhandenen Angaben zu den Behältern sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Regelwerk könnte spezifischer angegeben werden
(z.B. DGRL oder entsprechende DIN-Normen)

Die vorhandenen Angaben zu den Rohrleitungen sind inhaltlich nachvollziehbar, korrekt und vollständig.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Evaluation der Anwendbarkeit.

Eine implementierte Anwendung mit vergleichbarer Funktionalität wäre im praktischen Einsatz hilfreich.

Trifft zu Trifft nicht zu Trifft teilweise zu

Kommentare:

Anwendbarkeit für Endnutzer muss simpel sein

Übergeordnete Stelle muss Datenqualität sicherstellen

Welche Erweiterungen oder Verbesserungen wären notwendig?

1. Programm müsste mit der Vielfalt an unterschiedlichen Fließbildern
2. umgehen können
3. Die Randbedingungen (Anlagenabgrenzung) müssen sauber def. werden

An welcher Stelle könnte eine Implementierung sinnvoll sein?

1. Eigenständiges Programm mit unterschiedlichen Funktionen
2. Einbindung im CAD-Programm denkbar
- 3.:

Verbesserungsvorschläge und Ideen

1. Auch interessant für Betrachtung der funktionalen Sicherheit
2. HAZOP und SIL-Betrachtung
3. Implementierung für Wartung/Instandhaltung denkbar
- 4.:
- 5.:

Bearbeitender Experte

Dipl.-Ing. Peter Schiesser, Dipl.-Ing. Felix Holz

Ort, Datum

Ingelheim / Biberach, 12.03.2024

K. Stoffliste und Rohrklassen

Stoffliste

Stoffcode	Aggregatzustand	Wassergefährdungsklasse	Zusatzinfo
MNc	flüssig	3	verschiedene chemische Stoffe im Betrieb
MNb	flüssig	3	verschiedene biologische Stoffe im Betrieb
WKa	flüssig	1	Kühlsole Ethylenglykol
WKb	flüssig	1	Kühlsole Propylenglykol

Rohrklassen

Rohrkasse	Verlegart	Werkstoffe	Fertigungsnorm
73KH12	oberirdisch	1.4404	AD2000
75HG12	oberirdisch	1.4435	AD2000
73HG12	oberirdisch	1.4571	AD2000
75HB13	oberirdisch	1.4303	AD2000