

Anforderungen an die Technische Dokumentation bei Open Source Produktentwicklungsprozessen

Masterarbeit

Timm Wille

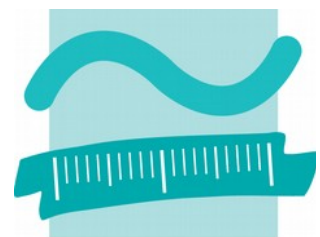
Kontakt: tim.wille@ose-germany.de

Berlin, den 17.11.2017

Beuth Hochschule für Technik Berlin

im Fachbereich VIII

Maschinenbau – Erneuerbare Energien – Master



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Betreuung:

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Andreas G. Goldmann

(Beuth Hochschule für Technik Berlin)

Zweitgutachter: Dr. Jérémy Bonvoisin

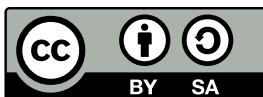
(Technische Universität Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen
und Fabrikbetrieb, Fachgebiet Industrielle Informationstechnik)



These works have been performed within the context of the French-German interdisciplinary research project »Open! - Methodes and tools for community-based product development« coordinated by Dr. J. Bonvoisin. It is jointly funded by the French and German national science agencies ANR (Agence Nationale de la Recherche, grant ANR-15-CE26-0012) and DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft, grants JO 827/8-1 and STA 1112/13-1).



For more information on the project, visit: www.opensourcedesign.cc



Diese Arbeit steht unter einer „Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International“ Lizenz.

Abstract

The emerging processes of Open Source Product Development (OSPD) at the beginning of the 21st century are part of an industrial decentralisation. Globalization and networking via the Internet enable new interactive value creation processes, which at the same time bring about an overarching change in traditional product development. This poses new challenges for the engineering processes and the technical documentation to be provided, which is also a prerequisite for decentralized product design. The question of the requirements for the content and documents to be shared is currently unclear. The objective of this research is to give an insight into the current practice of technical documentation in OSPD projects and to examine how it differs from the conventional documentation of product development according to the VDI Guideline 4500.

Kurzbeschreibung

Die mit Beginn des 21. Jahrhunderts zunehmend in Erscheinung tretenden Prozesse der Open Source Produktentwicklung (OSPE) sind Teil einer industriellen Dezentralisierung. Die Globalisierung und die Vernetzung über das Internet ermöglichen neue interaktive Wertschöpfungsprozesse, welche zugleich auch einen übergeordneten Wandel der klassischen Produktentwicklung herbeiführen. Dies stellt die ingenieurtechnischen Prozesse und die zu leistende Technische Dokumentation, welche auch Grundvoraussetzung für eine dezentrale Produktentwicklung ist, vor neue Herausforderungen. Die Frage nach den Anforderungen an die zu teilenden Inhalte und Dokumente ist aktuell nicht geklärt. Die vorliegende Arbeit soll einen Einblick in die gängige Praxis der Technischen Dokumentation bei OSPE-Projekten geben und untersuchen, inwiefern sich diese von der herkömmlichen Dokumentation der Produktentwicklung nach VDI-Richtlinie 4500 unterscheidet.

Inhaltsverzeichnis

A. Abkürzungsverzeichnis.....	5
B. Abbildungsverzeichnis.....	6
C. Tabellenverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	8
1.1 Thematische Einführung und Motivation.....	8
1.2 Grundlagen und Stand der Open Source Produktentwicklung.....	10
1.3 Grundlagen der Technischen Dokumentation.....	13
1.3.1 Die interne und externe Technische Dokumentation.....	13
1.3.2 Dokumentenverwaltung nach VDI-Richtlinie.....	14
1.3.3 Besonderheiten in Bezug auf die OSPE.....	16
1.4 Thematische Eingrenzung und Gliederung der Arbeit.....	17
2 Methodisches Vorgehen und Vergleichsanalyse.....	19
2.1 Methodische Grundlagen und Vorbereitung.....	19
2.2 Referenzierung des industriellen Standards und Vergleichbarkeit.....	21
2.3 Produktauswahl und Analyse.....	24
2.4 Beschreibung der Vergleichskriterien.....	31
3 Ergebnisbetrachtung und Ergebnisbewertung.....	34
3.1 Ergebnisse der Produktanalyse.....	34
3.2 Gegenüberstellung und Bedeutung der Ergebnisse.....	38
3.3 Praxis der OSPE im Vergleich und abgeleitete Anforderungen.....	41
3.3.1 Zusammenfassung quantitativer und qualitativer Merkmale der TD.....	41
3.3.2 Ein Wandel von der internen und externen zur offenen Technischen Dokumentation.....	43
4 Abschlussbewertung und Fazit.....	46
4.1 Zusammenfassung und Kommentar.....	46
4.2 Ausblick.....	48
5 Literaturverzeichnis.....	49
D. Anhang.....	I
E. Eidesstattliche Erklärung.....	XI

A. Abkürzungsverzeichnis

BOM	Stückliste (engl. Bill Of Materials)
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Fertigungsverfahren (engl. Computerized Numerical Control)
DIY	Do It Yourself (dt. Selbermachen/Selbstbau)
FSF	Free Software Foundation
O-o-M / OI	Open-o-Meter / Openess Index (synonym)
OER	Open Educational Resources
OHL	Open Hardware Lizenz
OHWA	Open Source Hardware Association
Open!	Forschungsprojekt: Open! Methods and tools for community-based product development
OSE	Open Source Ecology
OSH / OH	Open Source Hardware / Open Hardware (synonym)
OSI	Open Source Initiative
OSPE	Open Source Produktentwicklung
OSS	Open Source Software
TD	Technische Dokumentation
RE	Reverse Engineering (dt. Nachkonstruktion)
GVCS	Global Village Construction Set (50 Industriemaschinen Set der Open Source Ecology)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

B. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der weiterführenden Produktentwicklungsmethodik als W-Modell-Entwurf für Open Source Hardware – eigene Darstellung nach [14].....	11
Abbildung 2: Technische Dokumentation - intern/extern - eigene Darstellung nach [6].	14
Abbildung 3: Allgemeiner Produktlebenszyklus in fünf Hauptphasen – zwei Kreisläufe der internen und externen Technischen Dokumentation – zusammengestellt aus den Informationen nach [6]–[8].....	22
Abbildung 4: RepRap Mendel bis Prusa i3 Entwicklung von [28].....	29
Abbildung 5: Veränderter Produktlebenszyklus mit öffentlich zugänglicher Technischer Dokumentation bei OSPE.....	31
Abbildung 6: Für den Vergleich relevante und ausgewählte Dokumentationsphasen des Produktlebenszyklus.....	32
Abbildung 7: Darstellungen und Gegenüberstellung der Zugänglichkeitsbewertung je Dokumentationsphase.....	35
Abbildung 8: Gegenüberstellung der aufsummierten Zugänglichkeitsbewertung je Produkt - inkl. Open-o-Meter.....	38
Abbildung 9: Darstellung der zusammenfassenden Zugänglichkeitsbewertung - Mittlere Güte ohne Berücksichtigung der nicht vorhandenen Dokumentationphasen.....	39
Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Zugänglichkeitsbewertungen; Klassen 1-4.....	39
Abbildung 11: Darstellung der offenen Technischen Dokumentation – Beteiligungskreislauf - Datenbank.....	43

C. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abgeleitete Zielformulierung je Produktlebenszyklusphase.....	23
Tabelle 2: Zusammengefasste Gesamtübersicht der ausgewählte OSPE-Produkte.....	26
Tabelle 3: Komplexitätsstufen der Ausgewählten Produkte.....	27
Tabelle 4: Gesamtübersicht der angestrebten Dokumentationskomplexität der ausgewählten Produkte bezogen auf die Vergleichsmethodik.....	34
Tabelle 5: Gesamtübersicht der Klassenanalyse für die dokumentarische Rückverfolgbarkeit der Dokumente und Informationen.....	36
Tabelle 6: Angepasste Zielformulierung je Produktlebenszyklusphase, bezogen auf die Anforderungen der Technischen Dokumentation bei aktiver OSPE.....	44

1 Einleitung

1.1 Thematische Einführung und Motivation

Die Herausforderungen der Ingenieurwissenschaften liegen heute neben der Bewältigung von technischen Aufgaben auch in der Erarbeitung anwendungsspezifischer Methoden und Systeme für die drängenden gesellschaftlichen Fragen. Die Energiewende, der Zugang zum Internet, der Umgang mit digitalen Medien allgemein, Industrie 4.0 und die Auswirkung auf Bildung, Forschung, Entwicklung und Fertigung sind Beispiele, welche zeigen, dass die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts gleich mehrere große Veränderungsprozesse durchläuft. Im Zuge der heutigen umweltpolitischen, sozioökonomischen Spannungen durch die Globalisierung und die schnellen technischen Entwicklungen werden neue Möglichkeitsräume für Innovationsprozesse eröffnet, welche es zu erforschen und empirisch zu untersuchen gilt.

Eines der neueren Phänomene im Ingenieurwesen ist die Open Source Produktentwicklung, also eine „quelloffene“ Produktentwicklung in Kollaboration mit der Öffentlichkeit, welche derzeit zunehmend an Aufmerksamkeit gewinnt und in internationaler Zusammenarbeit wie bei dem Deutsch-Französischen Projekt Open! erforscht wird, Bsp. [1], [2]. Ermöglicht durch die neuen Kommunikationsräume des Internets, welche spätestens seit dem Entstehen des Web 2.0 bzw. von Social Media [3] zunehmend zu globalem und dezentralem Informationsaustausch und Beteiligung führt, werden auch für die Produktentwicklung neue Ansätze möglich. Aktuell gibt es jedoch für viele Bereiche noch keine definierten Regelwerke und Anforderungen. Insbesondere bei der Technologieentwicklung und den beinhaltenden Prozessen, spielt die Frage nach den Regeln, Sicherheitsnormen und Qualitätsstandards eine sehr entscheidende Rolle. Viele Start-Ups und auch etablierte Unternehmen wie Renault¹ oder Tesla Motors² wenden sich bewusst dem Bereich der Open Source Hardware zu, um die Vorteile der externen Problemlösungskompetenz zu nutzen [4]. Gleichzeitig stellt die Komplexität und Vernetzung der technischen Anlagen und deren Wartung bzw. der hierfür benötigten

1 <https://www.osvehicle.com/renaultpomsignup/> [Zugegriffen: 13-Nov-2017]

2 <https://www.tesla.com/blog/all-our-patent-are-belong-you> 12.11.2014 Blogbeitrag [Zugegriffen: 13-Nov-2017]

Technischen Dokumentation (TD) die Hersteller jeder Branche vor neue Herausforderungen. Der fehlende Zugang zur Technischen Dokumentation wird in proprietären Unternehmen mit komplexer und betriebsentscheidender immanenter Instandhaltung und Betreuung der technischen Anlagen, wie beispielsweise in der Windenergiebranche, zunehmend kritisiert [5]. Ein von Beginn an transparenter Dokumentationsprozess kann hier neue Lösungsansätze schaffen.

Dies wirft die Frage auf, welchen Auflagen ein Open Source Produktentwicklungsprozess hinsichtlich der Technischen Dokumentation genüge zu tragen hat, um eine kollaborative Funktion zu erfüllen. Bisher gibt es hierzu wenige wissenschaftliche Untersuchungen.

Diese Arbeit soll sich übergeordnet mit der Frage auseinandersetzen, inwiefern sich die Anforderungen an den Produktentwicklungsprozess im Falle der Technischen Dokumentation benennen lassen.

In der spezifischen Untersuchung soll hierzu der Unterschied der gängigen Praxis ausgewählter OSPE-Projekte zu der klassischen Technischen Dokumentation nach etablierten Prozessen und Inhalten verglichen werden, welche als direkte Referenz in der VDI-Richtlinie 4500 definiert werden [6]–[8]. Diese Richtlinie ist in erster Linie für die geschlossene, proprietäre Entwicklung erstellt worden und entspricht so nicht dem offenen Standard einer OSPE. Die Analyse und der angestrebte Vergleich soll hier die Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausarbeiten.

1.2 Grundlagen und Stand der Open Source Produktentwicklung

„Open Source“ entstammt ursprünglich dem Software Bereich und der Free Software Foundation (FSF) um deren Gründer Richard Stallman in den 1980er Jahren [9]. Der Begriff bezeichnet das Verfügbarmachen und Öffnen des Quellcodes, also eine Freigabe für die Nutzung und gemeinsame Entwicklung. So wurde er final von der 1998 gegründeten Open Source Initiative (OSI) formuliert, um entsprechende Lizenzgebungen zu regeln [10]. Durch diese entsprechenden Lizenzen werden die Freigabe und Nutzungsbedingungen, wie das Nennen des Urhebers, die Beibehaltung der Lizenz oder andere Vereinbarungen eindeutig geregelt. Bekannte Projekte sind Linux als Betriebssystem für Server und Desktop-PCs, Firefox als plattformübergreifender Browser sowie LibreOffice als freie Office Software. Greift man den Begriff weiter auf, so gibt das Beispiel Wikipedia einprägsame Vorstellungen davon, wie der offene Zugang (Open) zu Inhalten (Source) neue Wege der Wissensvermittlung und -aufbereitung ermöglicht. Im weitesten Sinne ist hier bereits von Entwicklung zu sprechen. Neuere Fachbegriffe sind „Open Access“, „Open Content“ oder im Falle von Bildungsmaterialien und Methoden der von der UNESCO geprägte Begriff „Open Educational Resources“ (OER), welche den freien Zugang zu Wissen beschreiben [11]. Hierbei ist „Freies Wissen“ als Begriff für den Zugang zu Inhalten, Dokumenten, Lernmaterialien und weiter gefasst auch für Bauanleitungen, technische Konzepte und dergleichen zu verstehen, für deren Verwendung keine Gegenleistung erbracht werden muss. Betrachtet man neben der OSI-Definition von „Open Source Software“ (OSS) die abgeleitete aktuelle Grundsatzerklärung von „Open Source Hardware“ (OSH), entwickelt von der Open Source Hardware Association (OSHW), so ist zumindest eine Grundbedingung definiert: „Open-Source-Hardware ist Hardware, deren Baupläne öffentlich zugänglich gemacht wurden, so dass alle sie studieren, verändern, weiterverbreiten und sie sowie darauf basierende Hardware herstellen und verkaufen können. [...]“ [12].

Einen ersten Versuch, Open Hardware (OH, synonym zur später definierten OSH) zu definieren und umzusetzen, gab es bereits Ende der 1990er Jahre. Der Ansatz wurde durch diverse Diskussionsprozesse getragen und das Thema erlebte erst 2007 einen erneuten Aufschwung. Ausschlaggebend waren unter anderem die Gründung der TARP

OH-Lizenz sowie der Creative Commons Bewegung 2009 und die ersten vereinfachten Lizenzen für digitale Werke. In den folgenden Jahren 2010 und 2011 gab es mehrere Ereignisse, die der Open Source Hardware Bewegung und insbesondere den jungen Hardware Unternehmen in diesem Bereich neue Möglichkeiten schufen. In New York kamen 2010 mehrere Akteure für einen OSH Workshop zusammen und es entstand eine erste konkrete Definition (v0.1) die bis 2011 zur aktuellen Version (v1.0) weiterentwickelt wurde. 2011 war auch das Jahr der Veröffentlichung einer Open Hardware Lizenz (OHL) des Forschungszentrums CERN und das Jahr der OSHWA Gründung als vertretende Institution. [13]

Seit dem entwickeln sich neue Gruppierungen wie Open Source Ecology³ (OSE) als Bewegung, Projekte wie FarmBot⁴ mit neuen innovativen Lösungen, bis hin zu vielen Initiativen und Communities rund um die offene Hardwareentwicklung. Einige Forschungsprojekte befassen sich mit grundsätzlichen Fragen zur Praxis der OSH und ihren Vor- sowie Nachteilen.

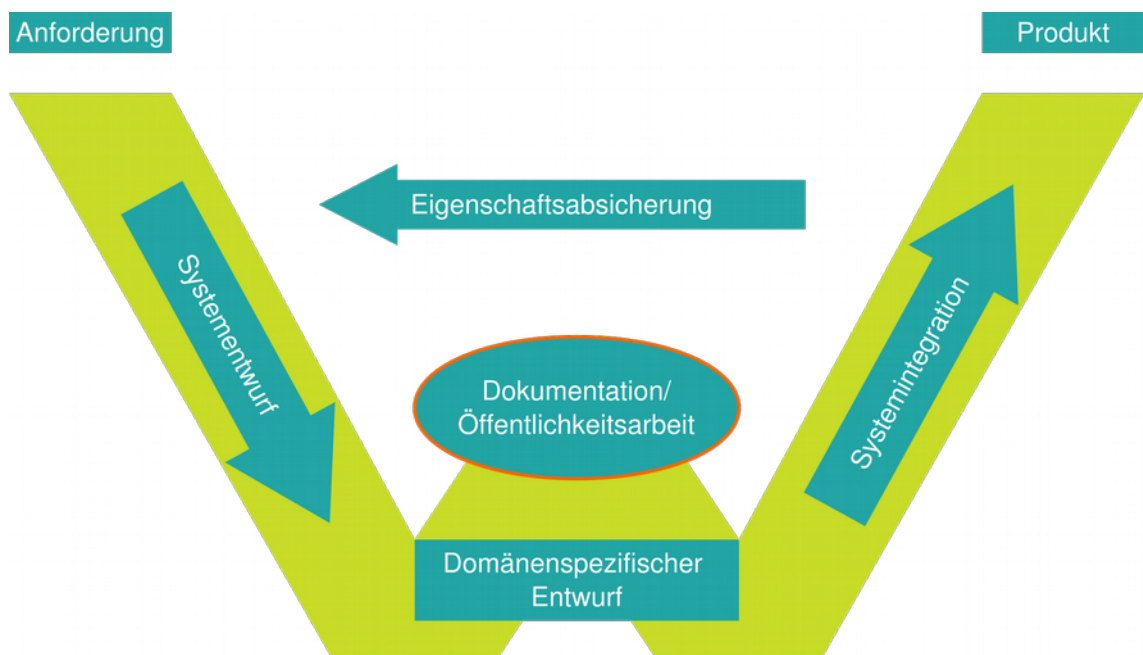


Abbildung 1: Darstellung der weiterführenden Produktentwicklungsmethodik als W-Modell-Entwurf für Open Source Hardware – eigene Darstellung nach [14]

3 Vgl. <http://opensourceecology.org/history-timeline/> [Zugegriffen: 16-Nov-2017]

4 Vgl. <https://farmbot.io/> [Zugegriffen: 16-Nov-2017]

Erste Versuche, die Produktentwicklungsmethodik neu abzubilden, wie in Abbildung 1 als W-Modell statt dem klassischen V-Modell dargestellt, geben ein grundlegendes Verständnis über die Prozesse bei OSPE-Projekten.

Die zentral in [14] behandelte Fragestellung ist eng verknüpft mit der hier vorliegenden Aufgabenstellung. Allerdings erfolgt die Herangehensweise über die Prozessabläufe und Systematik der Produktentwicklungsmethodik nach VDI 2206. Der Ansatz unterscheidet sich auch insofern, dass zunächst Anforderungen formuliert und dann gegengeprüft wurden, während es in dieser Arbeit um den umgekehrten Ansatz einer Untersuchung der OSPE auf Anforderungen geht. Ein direkter Vergleich mit der VDI 4500 in Bezug auf die Technische Dokumentation, deren Inhalt und Verwaltung wird in [14] nicht behandelt, soll hier jedoch analysiert werden.

1.3 Grundlagen der Technischen Dokumentation

1.3.1 Die interne und externe Technische Dokumentation

Als Technische Dokumentation versteht man im Ingenieurwesen allgemein eine redaktionäre Verwaltung aller im Produktlebenszyklus auftretenden Dokumente.

Die VDI-Richtlinie 4500 befasst sich ausführlich mit den Inhalten, Prozessen und Voraussetzungen einer Technischen Dokumentation in der herkömmlichen, proprietären Produktentwicklung. Sie basiert auf den Vorgaben von gängigen Normen und Standards sowie den Erfahrungen aus der Praxis und ist als Empfehlung zu verstehen. Zu Beginn dieser Ausarbeitung bestand die VDI 4500 aus insgesamt vier Teilen (Blatt 1-4), welche sich inhaltlich wie folgt unterteilen und als Grundlage dienen:

- VDI 4500 Blatt 1 Technische Dokumentation - Begriffsdefinitionen und rechtliche Grundlagen
- VDI 4500 Blatt 2 Technische Dokumentation - Organisieren und Verwalten
- VDI 4500 Blatt 3 Technische Dokumentation - Erstellen und Verteilen von elektronischen Ersatzteilinformationen
- VDI 4500 Blatt 4 Technische Dokumentation - Dokumentationsprozess - Planen, Gestalten, Erstellen

Als Referenz für die Bearbeitung der Aufgabenstellung sind die Blätter 1, 2 und 3 besonders exemplarisch. Der Inhalt von Blatt 3 nicht wesentlich relevant und wird daher im Folgenden nicht berücksichtigt (genauere Eingrenzung in Kapitel 1.4). Es sei an dieser Stelle auch angemerkt, dass sich die Inhalte der Blätter teilweise überschneiden und ergänzen, wodurch sich eine gewisse Redundanz ergibt.

Nach VDI 4500 wird bei der klassischen industriellen Produktentwicklung aufgeteilt in die interne Dokumentation und eine spezifisch auf den Anwendungsfall abgeleitete externe Dokumentation [6]. In Abbildung 2 ist der Zusammenhang und die Unterteilung zusammenfassend für die gängige Produktentwicklung dargestellt. Wie sich hier Unterscheidungsmerkmale feststellen lassen und inhaltliche Gemeinsamkeiten erkennbar sind, soll im Verlauf der Arbeit betrachtet werden.

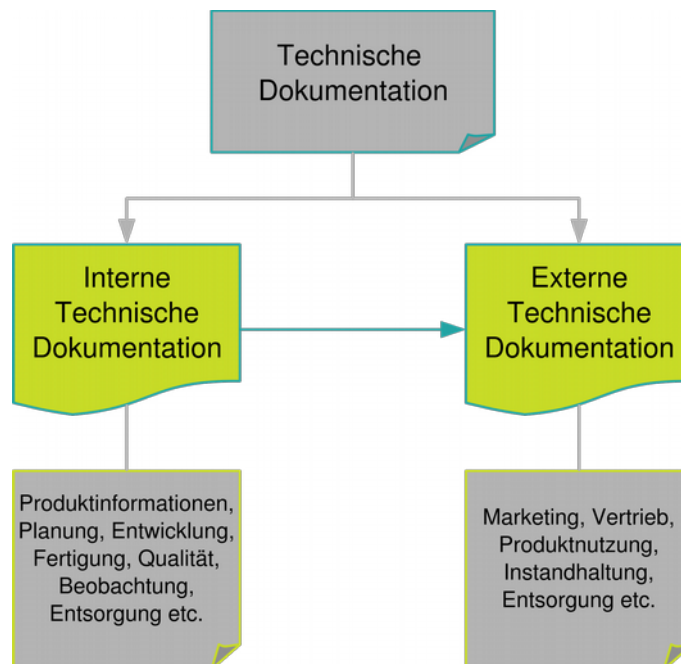


Abbildung 2: Technische Dokumentation -
intern/extern - eigene Darstellung nach [6]

1.3.2 Dokumentenverwaltung nach VDI-Richtlinie

Das Verwalten der Dokumente ist in der VDI-Richtlinie Blatt 2 in Kapitel 4 bzw. im Detail in 4.3 beschrieben [7]. Neben den Inhalten ist auch die Methode grundlegend relevant für die Anforderungen bzw. den späteren Vergleich der OSPE. Betrachtet wird die Dokumentenverwaltung welche sich in die folgenden Abschnitte unterteilt:

Klassifizierung

Unter Klassifizierung ist eine eindeutige Kennzeichnung der Zugehörigkeit der Dokumente zum Produkt und der Abteilung sowie der Version zu verstehen. Hierunter fallen der unmissverständliche Zugriff auf die aktuelle Version des Dokuments und die je nach Bereich und Anforderung notwendigen Mindestangaben für die Verwaltung. Die uneingeschränkte Verfügbarkeit und Kompatibilität auf allen vorgesehen Plattformen, Betriebssystemen und sonstige am Entwicklungs-, Archivierungs- und Verteilprozess beteiligten Akteure und Umgebungen sind zu berücksichtigen. Gegebenenfalls kann ein Nummerungssystem sinnvoll sein, welches Zugehörigkeit und methodische Einheitlichkeit sicherstellt.

Terminologie

Für eine erfolgreiche Klassifizierung ist eine definierte Verwendung von Begriffen und Bezeichnungen in allen vorgesehenen Sprachen zu vereinbaren bzw. vorzusehen. Spezielle und abgekürzte Bezeichnungen sind nur wenn notwendig zu verwenden und zur besseren Verwaltung kann eine „Terminologiedatenbank“ helfen.

Dateiformate

Ziel der geeigneten Dateiformate ist die langfristige Lesbarkeit. Gleichzeitig gilt es die Austauschbarkeit von Informationen, die Übertragung auf verschiedene Betriebssysteme sowie die Verarbeitung und Verteilung in elektronischer Form sicher zu stellen. Zugleich müssen die entsprechend der Klassifizierung kenntlich gemachten Dokumente für alle Verantwortlichen jederzeit zugänglich gemacht werden. Ggf. muss der reine Lesezugriff bzw. das Unzugänglichmachen von unberechtigten Änderungen sicher gestellt werden.

Dokumentenpflege

Angelehnt an die festgelegte Klassifizierung muss gleichzeitig die Rückverfolgbarkeit der Dokumente sichergestellt werden, sowie das Kennzeichnen der zuständigen Personen und die vollzogenen Änderungen. Auch das Regeln der unterschiedlichen Zugangsgruppen fällt unter die Pflege und Archivierung der Dokumente. Dies gilt auch für alte bzw. frühere Versionen. Ein Versionsmanagement ist hierfür zwingend notwendig.

Als Grundlage für die Versionsverwaltung empfiehlt sich eine produkt- oder auftragsbezogene Dokumentenliste mit entsprechender Nachvollziehbarkeit laut Klassifizierung. Auch eine entsprechende Kennzeichnung von Ersteller und Status sind vorzusehen.

Dokumentenverteilung

Die vielfältigen Formate und Medien sind entsprechend des Bedarfs zu regeln. Der Schutz vor unbefugten oder ungewollten Änderungen muss sichergestellt sein. Hierzu ist ein Nachweis der Integrität des vollständigen Datenaustauschs vorzusehen (z.B. mit Prüfsummenmethode, Dateisignatur o.ä.).

1.3.3 Besonderheiten in Bezug auf die OSPE

Im Unterschied zur klassischen Produktentwicklung und Dokumentation lassen sich auch ohne tiefgehende Analyse ein paar Unterschiede festhalten, welche zunächst als These angesehen werden können, dies sind vor allem Begriffe im Kontext der OSPE.

- Nutzer: es gibt keine klare Trennung zwischen Kunden und Entwicklern, beide Parteien bedingen sich gegenseitig und bilden eine Community
- Lastenheft/Pflichtenheft: es geht grundlegend um technische Anforderungen und Spezifikationen ohne zunächst einen Auftrag zu formulieren
- Modernisierung: grundsätzlich geht es um eine Weiterentwicklung im Sinne einer Optimierung

Insbesondere die Community bildet einen Unterschied zur klassischen Unternehmensbeziehung nach „extern“. Marktforschung, Analyse und technische Weiterentwicklung finden hier auf „Augenhöhe“ statt. OSPE ist ein kollaborativer Prozess, der es jedem ermöglicht, bei Interesse mitzuwirken und eine gemeinsame Entwicklung voranzutreiben [1].

In Bezug auf die Herstellung bzw. Fertigung gibt es ebenfalls Unterschiede insbesondere bei der Prototypenfertigung. Zunächst lässt sich das jedoch nur latent als Unterscheidung von statt „im Werk“ zu „dezentrale Fertigung“ festhalten. Hier muss jedoch eine genauere Untersuchung erfolgen.

In der Praxis der herkömmlichen Produktentwicklung kommen Leitwerke und Normen zum Einsatz, diese sind jedoch nicht auf die OSPE bezogen erstellt worden. Aus diesem Grund ist eine genauere Untersuchung dahingehend unbedingt erforderlich.

Zusammengefasst ist es für die Ermittlung der Anforderungen notwendig neben diesen offensichtlichen Unterschieden auch thematisch einzugrenzen und den Kontext der Methodik zu erläutern.

1.4 Thematische Eingrenzung und Gliederung der Arbeit

Insgesamt ist das Thema der OSH umfangreich und an vielen Stellen noch in einem experimentellen Prozess wenn es um einheitliche Dokumentationsformen oder die Auslegung von „Open Source“ im Sinne der Quellinformationen in diesem Zusammenhang geht [10] bzw. [15].

In der vorliegenden Arbeit soll es um die Auswertung der Unterschiede und Anforderungen gehen, die es im Falle der Technischen Dokumentation bei der Open Source Produktentwicklung zu empfehlen gibt. Betrachtet werden hierfür exemplarische Produkte die anhand definierter Kriterien ausgewählt und verglichen werden. Wichtig bei dieser Betrachtung ist eine Begrenzung des Umfangs auf den zeitlichen Verfügbarkeitsrahmen und gleichzeitig die studiengangsspezifische Expertise im Bereich des Ingenieurwesens mit Schwerpunkt auf dem Maschinenbau. Aus dem Themenkomplex der Technischen Dokumentation nach VDI 4500 sowie der generellen Produktentwicklung wird der Teil der Rechtsfragen zunächst außen vor gelassen, da dieser zum einen juristische Expertise benötigt und zum anderen gesetzlich geregelt und damit festgeschrieben ist. Mit Rechtsfragen sind Sicherheits-, Lizenz- und Haftungsfragen gemeint, welche den Umfang dieser Arbeit sowie das eigentliche Thema übersteigen und damit gesondert behandelt werden müssen.

Eine weitere, aus der zuvor genannten Eingrenzung abgeleitete Einschränkung besteht in der spezifischen Betrachtung der Produktentwicklungsbereiche. Hierzu wird der für die Zukunftsfragen ebenfalls relevante, jedoch thematisch einem anderen Komplex zugeordnete Teil der Entsorgung nicht betrachtet. Ziel ist es, wie eingangs beschrieben, die Anforderungen und Empfehlungen im Vergleich mit der gängigen Praxis der OSPE abzuleiten und auf eventuelle Defizite hinzuweisen.

Um eine nachvollziehbare Vorgehensweise zu erarbeiten ist die Ausarbeitung gegliedert in die folgenden Abschnitte. Im einleitenden Teil (Kapitel 1) wurden zunächst alle Grundlagen beschrieben die notwendig sind um Motivation und Themenfeld zu verstehen.

In dem Kapitel für die methodische Herangehensweise (Kapitel 2) werden Kriterien für die Produktauswahl und Vergleich mit [6]–[8] formuliert sowie einige Eingrenzungen

Thematische Eingrenzung und Gliederung der Arbeit

vorgenommen, die eine differenzierte Analyse möglich machen. Im darauf folgenden Teil (Kapitel 3) werden die Ergebnisse der methodischen Analyse gegenübergestellt, zusammengefasst und ausgewertet. Basierend auf dieser Darstellung wird eine qualitative und semiquantitative Bewertung der Daten vorgenommen.

Ziel ist es, über die der Fragestellung nach den Anforderungen im Vergleich zugeordnete Gesamtübersicht zu geben und auswertende Aussagen zu treffen. Eine abschließende Diskussion (Kapitel 4) stellt die Ausarbeitung in den Kontext der Fragestellung und liefert neben einer Einschätzung auch Empfehlungen und einen Ausblick für zukünftige Forschungsfragen.

2 Methodisches Vorgehen und Vergleichsanalyse

2.1 Methodische Grundlagen und Vorbereitung

Um eine Analyse hinsichtlich der Anforderungen einer Technischen Dokumentation im OSPE-Umfeld möglich zu machen, gilt es zunächst exemplarische Projekte, bzw. Produkte zu finden. Die müssen anschließend mit den üblichen Prozessen und Inhalten der konventionellen Produktentwicklung sinnvoll verglichen werden. Erst dann kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob und inwiefern sich der kollaborative Open Source Produktentwicklungsprozess von der herkömmlichen industriellen Produktentwicklung unterscheidet. Eventuelle Parallelen oder weiterführende Anforderungen sind ebenfalls zu untersuchen und herauszuarbeiten.

In der folgenden methodischen Vorgehensweise wird also anhand eines geeigneten Datensatzes und mit vorgegebenen Auswahlkriterien eine spezifische Produktpalette gewählt, welche das Potential hat aussagekräftig zu sein.

Um eine sinnvolle Bewertung im Rahmen dieser fachspezifischen Arbeit vollziehen zu können, sollte der Schwerpunkt zudem auf Produkten aus dem Maschinenbau und verwandten groß-skalierbaren Ingenieurbereichen liegen. Auch ist zu berücksichtigen, dass es sich um kollaborative Projekte im Sinne der OSPE handelt, welche sich klar von der klassischen Produktenwicklung unterscheiden.

Vorbereitend gilt es die wichtigsten Merkmale und Besonderheiten zu erarbeiten und dann im Folgenden eine passende Auswahl und einen daran anschließenden Vergleich zu ziehen. Die folgenden Abschnitte stellen dar, mit welchen Randbedingungen, Annahmen, Kriterien und methodischen Verfahren die Ergebnisse erzielt werden.

Zusammengefasst liegt die vorbereitende Methodik in folgenden Schritten:

Ausarbeiten der wichtigsten Merkmale der VDI 4500 bzw. daran orientiert die Empfehlungen für eine Technische Dokumentation in der industriellen Praxis

- **Ziel:** Überblick schaffen
- **Leitfrage:** Was sind die entscheidenden Kapitel im Vergleichskontext und was sagen sie inhaltlich aus?

Darstellen des exemplarischen Produktlebenszyklus in der VDI 4500 Richtlinie nach [6]–[8] unter Berücksichtigung der aufgeführten Beispiele, Grafiken, Tabellen und Kapitel-Inhalten.

- **Ziel:** Zusammenfassung der Produktstadien im Kontext der Entwicklung
- **Leitfrage:** Welche Produktstadien durchläuft insbesondere die Entwicklung und welche werden für den Vergleich der Technischen Dokumentation gewählt?

Besonderheiten bei der offenen und kollaborativen Produktentwicklung, die sich im Vorfeld abzeichnen und in den Kontext der Technischen Dokumentation stellen lassen.

- **Ziel:** erste generelle Unterscheidungen
- **Leitfrage:** Welche Unterscheidungsmerkmale lassen sich offensichtlich für OSPE-Projekte ableiten, ohne eine genaue Untersuchung der Technischen Dokumentation vorzunehmen?

Auswahl der geeigneten Schwerpunkte für den Vergleich und das methodische Vorgehen unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schritte

- **Ziel:** Vergleichskriterien definieren
- **Leitfrage:** Welche Produktstadien werden für den Vergleich gewählt und warum und welche Kriterien werden für die Gegenüberstellung und Bewertung gewählt?

Im Unterschied beziehungsweise in Teilen angelehnt am entwickelten Open-o-Meter (O-o-M) des Forschungsprojekts Open! [15], [16] liegt der Fokus der Arbeit auf allen Dokumenten, die der Technischen Dokumentation dienlich und für diese notwendig sind. Hierzu wird der Fokus in allen Punkten auf die Hardware bezogenen Dokumente (CAD, CAM etc.) und den erkennbaren kollaborativen Prozess gelegt.

2.2 Referenzierung des industriellen Standards und Vergleichbarkeit

Grundlegend ist die VDI 4500 eine Sammlung von Empfehlungen, welche sich an der gängigen Praxis in der klassischen Produktentwicklung orientiert und zumindest theoretische Ansätze liefert. Da nicht eindeutig geregelt ist, wie die Richtlinie in der Realität zur Anwendung kommt, bietet es sich an alle Ansätze zusammenzufassen, zu clustern und in eine übersichtliche Form zu bringen.

Berücksichtigt man inhaltlich alle, auch teilweise redundante Darstellungen und Beispiele der VDI 4500 nach [6]–[8] (insbes. Bild1, Bild2, Bild3 und Kapitel 3 von Blatt 1 [6] – Tabelle1 von Blatt 2 [7] – Bild2, Bild3, Bild4 und Bild5 von Blatt 4 [8]), lässt sich eine zusammengefasste Version wie folgt formulieren:

- **Produktkonzipierung:** Planung & Konzept,
Konfiguration & Spezifikation, Entwicklung & Konstruktion,
Risikobewertung & Prüfverfahren
- **Produktfertigung:** Beschaffung & Fertigungsvorbereitung, Prototypenfertigung & Montagevorbereitung, Fertigung & Endmontage,
Qualitätssicherung & Abnahme
- **Produktzustellung:** Marketing & Vertrieb,
Lieferung & Transportsicherung
- **Produktverwendung:** Installation & Inbetriebnahme, Nutzung & Bedienung, Instandhaltung & Reparatur, Beobachtung & Betreuung
- **Produktaufbereitung:** Umbau & Modernisierung,
Entsorgung & Wiederverwertung

Zugleich fließen Informationen, während das Produkt den technischen Produktlebenszyklus bzw. Dokumentationszyklus durchläuft, in der klassischen Produktentwicklung von innen nach außen. Während die interne Technische Dokumentation den wohl umfassenderen Teil und damit den inneren Informationskreislauf stellt, wird die abgeleitete externe Technische Dokumentation daraus generiert. Sie beteiligt meistens viele Akteure und umfasst zugleich viele Dokumente, die schon alleine wegen der

Referenzierung des industriellen Standards und Vergleichbarkeit

Kundenzufriedenheit immer aktuell gehalten werden müssen. Dokumente wie die Betriebsanleitung, die Produktinformationen, Modernisierungsmöglichkeiten und dergleichen sind fester Bestandteil eines jeden Produktes. Die Phasen die sich aus der VDI 4500 zusammengefasst lassen, sind in Abbildung 3 anschaulich wiedergeben.



Abbildung 3: Allgemeiner Produktlebenszyklus in fünf Hauptphasen – zwei Kreisläufe der internen und externen Technischen Dokumentation – zusammengestellt aus den Informationen nach [6]–[8]

Ein solcher übergeordneter Produktlebenszyklus in Bezug auf die Technische Dokumentation hilft eine realistische Vergleichbarkeit innerhalb der Produktentwicklung zu schaffen. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass unter der Produkt-Zustellung auch die Produkt-Verteilung, also das generelle Verfügbarmachen der eigentlichen Hardware, zu verstehen ist. Die Darstellung in Abbildung 3 ist nicht zwingend allgemeingültig für alle Produkte. Im Speziellen wird dies vor allem im Kapitel 2.4 im Kontext der OSPE deutlich und soll hier nicht weiter ausgeführt werden.

Referenzierung des industriellen Standards und Vergleichbarkeit

Fasst man alle Informationen zusammen und formuliert aus den einzelnen Phasen und Prozessschritten Ziele, so lassen sich diese wie in Tabelle 1 dargestellt formulieren.

Phase	Übergeordnete Zielformulierung
Konzipierung	Das Formulieren von Anforderungen, Zusammenstellen der Spezifikationen, der Modularisierung und Fertigungsvorbereitung
Fertigung	Das maschinelle Vorbereiten, Produktionsfreigabe und anschließende Produktion bzw. Produktauslieferung
ggf. Zustellung	Die bedarfsorientierte Verteilung der Produkte
Verwendung	Produktfunktionssicherung, Nutzungsanalysen, Zielgruppenausbau und Kundenzufriedenheit, Vorbereitung zur Weiterentwicklung
Aufbereitung	Effizienzsteigerung und Verbesserung des Produkts

Tabelle 1: Abgeleitete Zielformulierung je Produktlebenszyklusphase

Die Zielformulierung für jede Phase richtet sich nicht primär an die Technische Dokumentation, sondern ist vor allem als Leitfaden für deren Inhalt für die jeweilige Aufgabe in Bezug auf das reale Produkt zu sehen.

2.3 Produktauswahl und Analyse

Vorbereitend für den Vergleich der OSPE-Prozesse mit den Ansätzen der VDI 4500 ist in einem iterativen Prozess eine Vorauswahl von exemplarischen Produkten zu wählen. Diese sind die Basis für später abgeleitete Anforderungen an die TD. Es ist also zielführend die Auswahlkriterien entsprechend genau zu formulieren, um im Ergebnis Produkte zu erhalten, welche den aktuellen Stand der ausführlichen OSPE wiedergeben.

Als Datensatz kommt hier der gesamte Umfang der im September 2017 verfügbaren Datenbank nach [17] zum Einsatz. Er ist mit ausgeführtem Datum als Rohfassung im Anhang A2 verfügbar. Um die gewünschten Produkte zu finden wurde der Datensatz in zwei iterativen Vorgängen untersucht.

Erste Iterationsstufe: Produkte filtern

Folgende Filter/Auswahlkriterien wurden definiert:

- | | |
|--------------|--|
| Priorität 1: | Design/CAD/Auslegungs-Dokumente und Stückliste (BOM, engl. Bill of Materials) sowie nicht ausschließlich privater, also auch kommerzieller Gebrauch vorgesehen |
| Priorität 2: | Beteiligungsrichtlinie (egnl. Contribution Guide), bzw. aktive Online-Community |
| Optional 3: | Installations-/Bauanleitung (engl. Assembly instructions) und editierbare CAD Dateien |

„Priorität 1“ ist aus ingenieurtechnischer Sicht die Mindestanforderungen um ein Produkt überhaupt zu reproduzieren, ohne ein vollständiges Reverse Engineering (RE, dt. Nachkonstruktion) zu betreiben. Die Auswahlkriterien unter „Optional 3“ unterstützen dies, wurden hier jedoch als weiche, also nicht zwingend bindende Filterkriterien gewählt. Priorität ist nach [1] die Grundvoraussetzung um als OSPE-Projekt eingestuft zu werden.

Zweite Iterationsstufe: Datensatz überprüfen, anpassen & eigene Kriterien wählen

In der zweiten Iterationsstufe wurden die Ergebnisse im Detail überprüft und an den aktuellen Stand der Dokumentation angepasst. Schwierigkeiten hier bereiten die vielen inaktiven Links, die bei einigen Produktinformationen vorzufinden waren. In Bezug auf die Klassifizierung als OSPE wurde ergänzend nach Aktivitäten der Online-Community (z.B. durch Videos oder andere Meldungen bei Social Media Kanälen, aus denen ein aktiver und kollaborativer Prozess hervorgeht) untersucht.

Zusätzlich wurden eigene Kriterien definiert um in der eingangs genannten Ingenieurgruppe der Produkte zu bleiben und eine gewisse Grundvoraussetzung für kollaboratives Arbeiten in Form von „Komplexität“ der Produkte zu erhalten.

Neben der Untersuchung der Produkte auf die Bereiche Energie, Maschinenbau und Architektur wurde vor allem die Komplexität von mindestens dem Wert 2 berücksichtigt. Die Definition der Produktkomplexitätsstufen wurden wie folgt als semiquantitative Größen festgelegt.

Komplexität:

- 0: → DYI mit einer Person im Selbstbau möglich
- 1: → mehrere (mechanische) Module (z.B. Baugruppe Spindel, Baugruppe Fräsbett, Baugruppe Antriebsstrang, etc.)
- 2: → mehrere Module und spezielle Werkzeugmaschinen (z.B. CNC, Drehbank, Lasercutter, Wasserstrahlschnitt, etc.) sowie mehrere Personen für die Fertigung notwendig, bzw. empfohlen (auch abhängig von Baugröße und Material)
- 3: → mehrere Module, Menschen und spezielle Maschinen, Massenfertigung vorgesehen (Automatisierte Fertigung, inkl. der Punkte 1-3)

Berücksichtigt man alle iterativen Auswahlkriterien ergibt sich ein O-o-M Wert von mindestens 4 und unter Berücksichtigung des optionalen Filters von 6 oder höher. Der Maximalwert liegt per Definition bei 8 und tatsächlich lässt sich bei den finalen 11 Produkten in Tabelle 2 ein Wert von 5-8 feststellen.

Mit diesen 11 Produkten, welche nach vielen Abgleichungs- und Anpassungsprozessen während der Iteration zu den Finalisten für die abzuleitenden Eigenschaften und Anforderungen der Technischen Dokumentation gewählt wurden, kann nun ein Vergleich eingeleitet werden. Das Ziel des Vergleichs ist es, wie einleitend bereits beschrieben, eine Einschätzung des Produktentwicklungsprozesses, des Dokumentationsumfangs sowie der Bewertung der Technischen Dokumentation bzw. die Benennung der Unterscheidungsmerkmale im Vergleich zur VDI 4500 Richtlinie.

Product Name	Class:		Special	Prio	Second	Optional						
	About the product		Product openness						Selection			
	Maturity	Open-o-meter	Design files are published	Assembly instructions are published	Bill of materials is published	Contributing guide is published	CAD files are in editable format	Free redistribution is allowed	Mech. M / Energy E / Arch. A	Complex min.2	Selection	
Velocar	concept	5	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Precious plastic	production / DIY	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Wikihouse	production / kit	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Solar-OSE	prototype	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Bicitractor	production / DIY	7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
FarmBot	production / kit	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Lasersaur	production / kit	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
OSE LifeTrac 5	production / DIY	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
handibot	production / kit	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
RepRap Mendel	production / DIY	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Carla Cargo	production / full product	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Tabelle 2: Zusammengefasste Gesamtübersicht der ausgewählte OSPE-Produkte

Hinweis: Die noch unter DIY geführten Produkte erfüllen dennoch das gewählte Komplexitätskriterium und werden mit berücksichtigt.

Die oben dargestellten Ergebnisse weisen ein paar Besonderheiten auf, welche farblich in Orange markiert sind. Zudem wurde der Übersicht halber die Auflistung der Produkte mit ihrer jeweiligen Komplexität in Tabelle 3 aufgeführt. Eine detailliertere Fassung befindet sich im Anhang A1.

Die Produkte selbst mit ihren Eigenschaften und ggf. Besonderheiten sind im Folgenden noch einmal kurz aufgeführt:

Velocar

Ein effizientes, elektrisch betriebenes Solo-Auto, welches für den Urbanen Raum gedacht ist. Schlankes Design und neuartige Pedelec-Kombination. Erste Prototypenfertigung wurde in Einzelteilen begonnen.

Bereich: Maschinenbau (Besonderheit)

Dokumentation unter [18]

Besonderheit: Konzeptstatus, keine Bauanleitung

Produkt	Komplexität
Velocar	2
Precious Plastic	2
Wikihouse	2
Solar-OSE	2
Bicitractor	2
FarmBot	3
Lasersaur	2
OSE LifeTrac	2
Handibot	3
RepRap Prusa Mendel i3	3
Carla Cargo	3

Precious Plastic

Ein Satz Recyclingmaschinen, die als Set fungieren, um Plastik vom Abfall zum Rohstoff bis zum Produkt zu bringen. Interessant ist vor allem die große Community und der ausgestaltete Dokumentationsansatz in Videoformat, der für die Technische Dokumentation schwer vergleichbar ist.

Bereich: Maschinenbau

Dokumentation unter [19]

Tabelle 3: Komplexitätsstufen der Ausgewählten Produkte

WikiHouse

Architektur und modularer Hausbausatz aus der CNC Maschine. Ziel ist ein aus Bausteinen zusammengestelltes Gebäude. Neuartiges Bauingenieurwesen im digitalen Zeitalter. Da der Ansatz skalierbar ist, solange es eine entsprechende CNC Fräse gibt, sind hier konstruktiv auch in der Größenordnung gesteigerte Umsetzungen möglich bzw. in Arbeit.

Bereich: Architektur

Dokumentation unter [20]

Solar-OSE

Ein modular Solarthermie Fresnel-Kollektor der französischen Open Source Ecology (OSE) Gruppe. In der Onshape Dokumentationsplattform ist eine Weiterentwicklung zu erkennen, die Dokumentation dieser ist jedoch lückenhaft, bzw. das Wiki nicht erreichbar. Mehrere Standorte der Dokumentation (GitHub, Onshape, Wiki, Instructables, Wikifab), so dass nicht eindeutig nachvollziehbar ist, welche Dokumentation referenziert werden soll. Gleichzeitig ist diese Vielfalt auch ein interessanter Untersuchungsfall. Die Texte in großen Teilen auf Französisch.

Bereich: Maschinenbau, Energie

Dokumentation bzw. weitere Links unter [21], [22]

Bicitractor

Ein pedalgetriebener, elektrisch unterstützter Kleintraktor für landwirtschaftliche Aktivitäten. Das Farmer-Kollektiv arbeitet an einer neuen Version, die jedoch zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit nicht zugänglich war. Insgesamt unvollständige Dokumentation, mit aktiver Fortsetzung. Beobachtung interessant.

Bereich: Maschinenbau

Dokumentation unter [23]

FarmBot

FarmBot ist eine CNC Pflanzenanbau-Maschine welche vollautomatisch und skalierbar das Pflanzen und die Pflege für eine Anbaufläche übernimmt. Als Plattform gedacht und ständig im Weiterentwicklungsprozess. Die Dokumentation baut neben GitHub und GrabCAD als Plattformen auch auf eine sehr ausführliche eigene Plattform mit interessanter Gliederung.

Bereich: Maschinenbau

Dokumentation unter [24]

OSE LifeTrac

Ein modularer, multifunktionaler Traktor als Teil eines großen Sets (GVCS, Global Village Construction Set) mit 50 Industriemaschinen. Die relativ großen Maschinen sind exemplarisch besonders interessant im Hinblick auf eine OSPE. Die aktuellste Version eines kleinen Leistungsstarken Traktors, Micro Trac war zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit noch nicht final dokumentiert.

Bereich: Maschinenbau

Dokumentation unter [25]

Handybot

Ein eine mobile, von Hand bedienbare CNC Fräse mit vielen Anwendungsmöglichkeiten. Auffallend ist vor allem die eigens entwickelte OHL und eine ausführliche Technische Dokumentation.

Bereich: Maschinenbau

Dokumentation unter [26]

RepRap Prusa i3

Ein sich selbst in Teilen replizierender 3D Drucker. Der Prusa i3 ist nach [27]

der häufigste Desktop 3D Drucker. Er entstammt dem RepRap Mendel und gehört zu einer der ersten OSH Produktfamilien mit einem sehr erfolgreichen Entwicklungsverlauf und einer großen internationalen Community. In Abbildung 4 ist die Entwicklung vereinfacht dargestellt nach [28].

Bereich: Maschinenbau (Besonderheit)

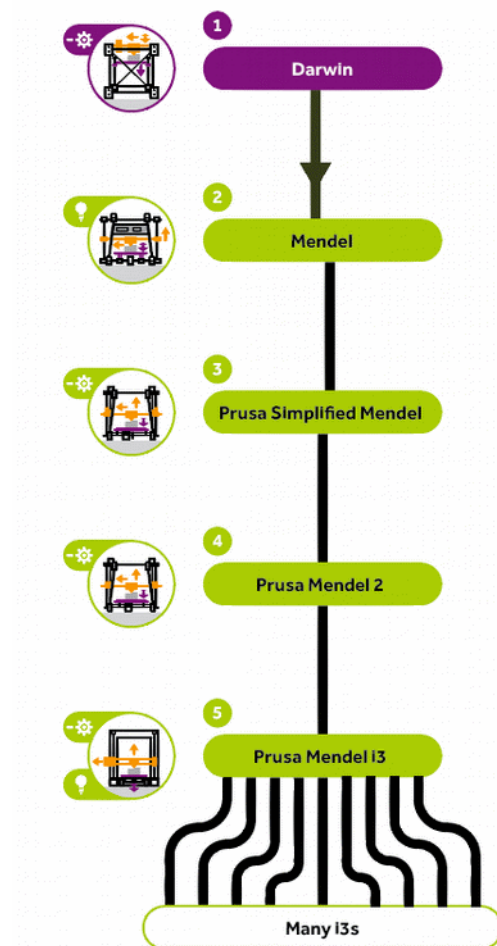


Abbildung 4: RepRap Mendel bis Prusa i3
Entwicklung von [28]

Dokumentation unter [29], [30]

Besonderheit Prusa i3: Eher nicht Maschinenbau (Elektrotechnik), dennoch als Referenzierung gewählt, da es sich, wie in Abbildung 4 dargestellt, um eine Weiterentwicklung des RepRap Mendel 3D Druckers handelt, welcher historisch betrachtet zu den ersten OSH-Projekten zählt und für die Betrachtung der Arbeit als besonders relevant eingestuft wurde.

Carla Cargo

Lastenanhänger mit Elektromotor, Auflaufbremse, hohem Zuladungsvolumen und -gewicht. Ein OSH-Produkt für den Stadttransport. Verschiedene Versionen in Serienfertigung. Ein junges, expandierendes Unternehmen aus Deutschland.

Bereich: Maschinenbau

Dokumentation unter [31], [32]

2.4 Beschreibung der Vergleichskriterien

Die im vorbereitenden Teil beschriebenen Phasen des Produktlebenszyklus für die Technische Dokumentation können unter Berücksichtigung der bereits aufgeführten Punkte der Offenlegung von Dokumenten, Zugang zum Kollaborationsprozesses und der gemeinsamen Informationsverwaltung angepasst dargestellt werden:



Abbildung 5: Veränderter Produktlebenszyklus mit öffentlich zugänglicher Technischer Dokumentation bei OSPE

Allgemein könnte man Zustellung auch mit Verteilung gleichsetzen. Je nach Kontext fällt dieser Bereich mit in die Technische Dokumentation oder wird durch die anderen Bereichen kompensiert. Insbesondere bei der lokalen Fertigung werden die Bauteile und Materialien beschafft und vor Ort zusammengestellt. Aus diesem Grund wird die Phase bei der genaueren Untersuchung im Vergleich nicht betrachtet.

Zusätzlich wird für den Vergleich eine Eingrenzung vorgenommen. Alle bereits genannten eingrenzenden Bereiche des Rechtswesens und der Qualitätssicherung sowie Marketing und Vertrieb entfallen. Die Zustellung ist im Falle der OSPE ohnehin ein spezieller Fall durch die teilweise dezentrale Fertigung und die nicht zwingende

Kundenbindung. Im Folgenden die Darstellung der Detailübersicht, ausgelassene Bereiche sind ausgegraut dargestellt:

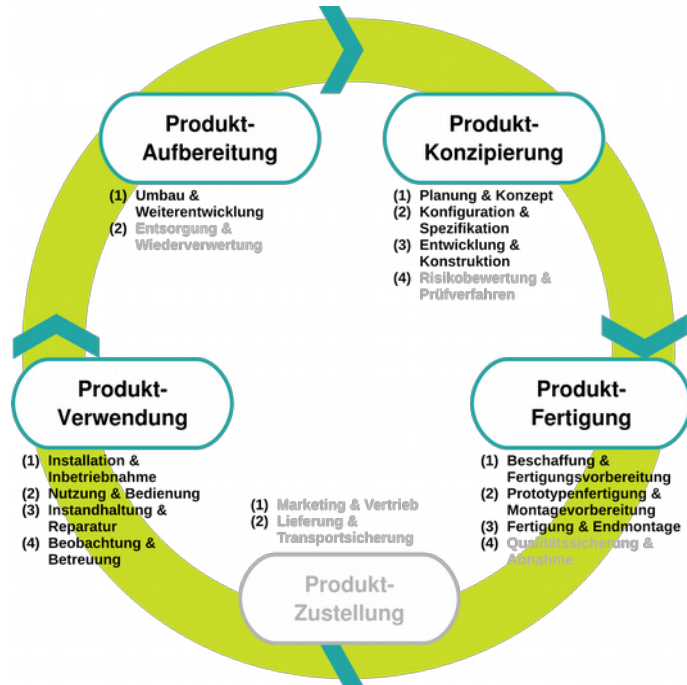


Abbildung 6: Für den Vergleich relevante und ausgewählte Dokumentationsphasen des Produktlebenszyklus

Abgeleitet aus diesen Dokumentationsphasen kann nun ein direkter Vergleich, bezogen auf den Inhalt und die Methode der Technischen Dokumentation, vollzogen werden.

Bewertung: Dokumentationsumfang

- **Vorabbewertung** des Dokumentationsumfangs (Absolutskala, Ja/Nein)
 - Produktphase X in der Dokumentation **eindeutig vorgesehen**
 - Produktphase X in der Dokumentation **eindeutig nicht vorhanden**

$X \in \{\text{Konzipierung, Fertigung, Verwendung, Aufbereitung}\}$

Ziel: Eine Übersicht des Dokumentationsumfangs je Produkt

Eine solche Übersicht der Produkte im Vergleich zueinander zeigt die generelle Verteilung der Inhalte.

Bewertungsgruppen: Zugänglichkeit, Rückverfolgbarkeit

- **Zugänglichkeit** (Ordinalskala):
 - 1: schwer zugängliche/auffindbare Dokumentation, Unvollständigkeit eindeutig ersichtlich
 - 2: ausreichend zugängliche/auffindbare Dokumentation, teilweise Unvollständigkeit vermutet bzw. Dokumente nur teilweise lesbar
 - 3: ausreichend zugängliche/auffindbare Dokumentation, Vollständigkeit vermutet bzw. alle Dokumente sind plattformunabhängig lesbar, Originalformate nur teilweise vorhanden oder eingeschränkt zugänglich
 - 4: gut zugänglich/auffindbare Dokumentation, Vollständigkeit vermutet bzw. alle Dokumente plattformunabhängig lesbar und Originalformate vorhanden und Plattform unabhängig zugänglich

Ziel: Bewertung der Güte

Neben dem Vergleich der verschiedenen Güteklassen In Bezug auf die Zugänglichkeit, welche vielfältig Aufschlüsse über den Umfang und Aufbau der TD in der gängigen Praxis gibt, ist im Sinne der Klassifizierung der Dokumentation auch die Rückverfolgbarkeit der Dokumente und Änderungen wichtig.

Da es sich bei der der Rückverfolgbarkeit um eine sehr vage Größe handelt, welche nur schwer quantifiziert werden kann, soll eine Bewertung als Nominalskala per latenter Klassenanalyse erfolgen. Die einzelnen voneinander unabhängigen bis latent abhängigen Klassen sind wie folgt definiert:

- **Rückverfolgbarkeit** (Nominalskala)
 - a) Klare Kennzeichnung der Dokumente mit Bauteilbezug und Zuordnung
 - b) Klare Kennzeichnung der Dokumente mit Version/Datum
 - c) Klare Kennzeichnung von Ersteller bzw. Abteilung
 - d) Entwicklungsprozess der Änderungen einsehbar

Ziel: Häufigkeitsverteilung und Kombinationen

3 Ergebnisbetrachtung und Ergebnisbewertung

3.1 Ergebnisse der Produktanalyse

Für die Untersuchung des absoluten Umfangs der Dokumentation in den definierten Phasen kann in Tabelle 4 der komplexe Umfang übersichtlich entnommen werden.

Produkt	Konzipierung	Fertigung	Verwendung	Aufbereitung	O-o-M	Kommentar
Velocar	Ja	Ja	Nein	Nein	5	Noch Konzept mit ersten Prototypen-Teilen
Precious Plastic	Ja	Ja	Ja	Ja	6	Sehr aktive Community
Wikihouse	Ja	Ja	Ja	Ja	6	Viele Modelle und Prototypen, einfaches Fertigungskonzept, keine Konzeptsdokumentation
Solar-OSE	Ja	Ja	Nein	Nein	6	Prototyp, Dokumentation größtenteils auf Französisch, viele inaktive Links, Verwendung auf andere Projekte verwiesen
Bicitractor	Ja	Ja	Nein	Ja	7	Dokumentation Weiterentwicklung größtenteils auf Französisch, Weiterentwicklung im Detail angekündigt
FarmBot	Ja	Ja	Ja	Ja	8	Sehr umfangreiche Dokumentation, Konzept ab Version 0.1 einsehbar, erster Entwurf nicht. Bedienung und Instandhaltung ab v0.9 ebenfalls sehr gut dokumentiert
Lasersaur	Ja	Ja	Ja	Ja	8	Konzept nicht dokumentiert, alles andere ausführlich und übersichtlich
OSE LifeTrac	Ja	Ja	Ja	Ja	8	Verwendung schwer einsehbar, viel Videomaterial, einige inaktive Links
Handibot	Ja	Ja	Ja	Ja	8	Ausführliche Nutzung von GitHub
RepRap Prusa Mendel i3	Ja	Ja	Ja	Ja	8	Sehr aktive Community und hohe Stückzahl in Massenproduktion
Carla Cargo	Ja	Ja	Ja	Ja	8	Sehr gute Betriebsanleitungen und generelle Informationen

Tabelle 4: Gesamtübersicht der angestrebten Dokumentationskomplexität der ausgewählten Produkte bezogen auf die Vergleichsmethodik

Für die Untersuchung der Zugänglichkeit können die Produkte in den Klassen 1-4 (0: → nicht(s) vorhanden) in Abbildung 7 wie folgt gegenübergestellt werden:

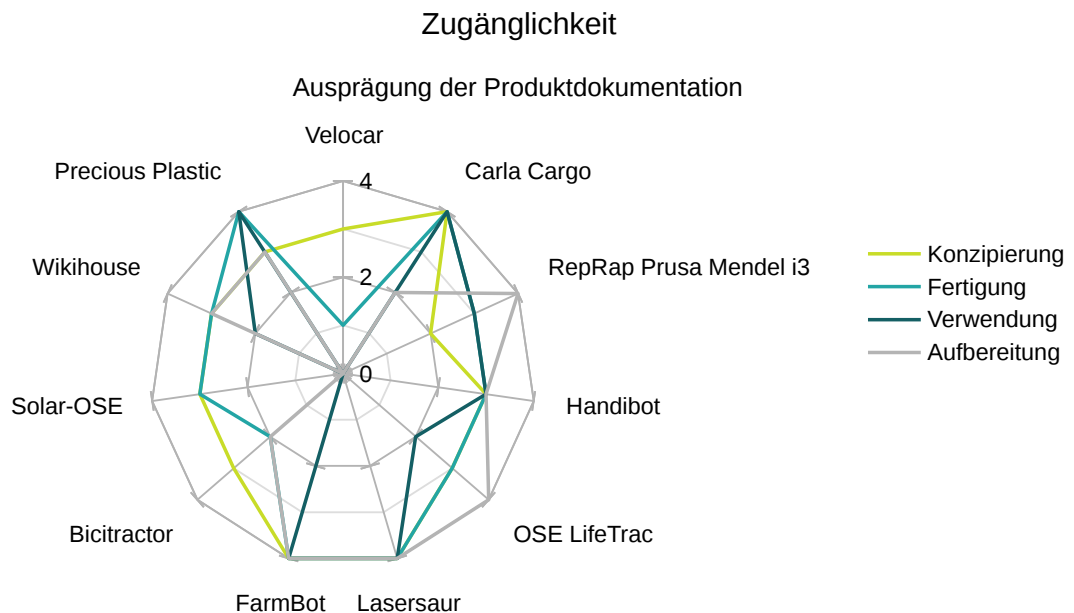


Abbildung 7: Darstellungen und Gegenüberstellung der Zugänglichkeitsbewertung je Dokumentationsphase

Diese vergleichende Übersicht lässt sich nun in den Kontext der latenten Klassenanalyse zur Rückverfolgbarkeit der Dokumente und Änderungen stellen, welche in Tabelle 5 dargestellt ist.

Alle Phasen bedingen sich gegenseitig, da die Dokumentation, wenn vorhanden, über das selbe Versionsmanagement, die selbe Dokumentenverwaltung läuft. Die teilweise über mehrere Plattformen verstreute Dokumentation oder nicht funktionierende Links erschweren die Ergebnissuche enorm.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, so wird deutlich, dass die Produktentwicklungen über ein ausführliches Rückverfolgungs- und Versionsmanagement verfügen. Alle ausgewählten Produkte erfüllen alle Klassen.

Produkt	Konzipierung	Fertigung	Verwendung	Aufbereitung	O-o-M	Kommentar
Velocar	a, b, c	a, b, c	-	-	5	Rizzoma, GitHub sekundär genutzt Änderungsverfolgung nicht öffentlich ersichtlich
Precious Plastic	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	6	GitHub, Forum, YouTube, Kennzeichnung
Wikihouse	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	6	GitHub (Git Repository), Wiki, Zuordnung der Bauteilzeichnungen sehr unzureichend, Visualisierung hilft
Solar-OSE	a, b, c, d	a, b, c, d	-	-	6	Instructables, Wikifab (Wiki), GitHub, Forum
Bicitractor	a, b, c, d	a, b, c, d	-	a, b, c, d	7	Instructables, Wikifab – Versionierung und Kennzeichnung unvollständig
FarmBot	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	8	Eigene Versionierung auf der Website in Bereichen, Onshape (Cloud CAD)
Lasersaur	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	8	GitHub, Wiki, Googlegruppe
OSE LifeTrac	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	8	Wiki, Forum, YouTube – b teilweise lückenhaft, durch Wikiversionierung ggf. Nachvollziehbar
Handibot	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	8	GitHub (Git Repository), GrabCAD (CAD Teamwork)
RepRap Prusa Mendel i3	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	8	Wiki, GitHub, Forum, keine Konsistenz in der Bezeichnung, ggf. Veraltet
Carla Cargo	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	8	Wiki, GrabCAD (kaum Inhalt), teilweise veraltet

Tabelle 5: Gesamtübersicht der Klassenanalyse für die dokumentarische Rückverfolgbarkeit der Dokumente und Informationen

Velocar bildet eine Ausnahme, hier ist nicht ganz ersichtlich, wie GitHub genutzt wird. Es wirkt mehr als eine Art Backupsystem, welches gleichzeitig das Melden von Fehlern und das Vorschlagen von Änderungen ermöglicht. Die Hauptdokumentation über Rizzoma sieht eine Änderungsverfolgung zwar vor, diese lässt sich jedoch zumindest von außen nicht einsehen. Da hier vermutlich Nutzungsrechte eine Rolle spielen, lässt

sich zumindest vermuten, dass auch hier eine Vollständigkeit angelehnt an die Empfehlungen der VDI 4500 vorherrscht.

Für die Rückverfolgbarkeit der Informationen und Daten ist also abschließend festzustellen, dass hier:

- a) zum einen eine vollständige Deckung mit der klassischen Produktentwicklung erfolgt (im Sinne der Klassifizierung und Dokumentenverwaltung)
- b) und zum anderen alle ausgewählten Produkte ausnahmslos diese Beobachtung stützen, da sie alle Merkmale a, b, c, d erfüllen (mit einer Ungenauigkeit, Velocar)

Eine weitere Untersuchung ist nur hinsichtlich der semiquantitativen Ordinalskala möglich, wie sie methodisch zum Einsatz kam sowie eine qualitative Bewertung weiterer Besonderheiten. Diese können unter Berücksichtigung der bisherigen Datenanalyse dann wiederum abschließend zu den Erkenntnissen – bezogen auf die Anforderungen an die Technische Dokumentation – zusammenfassend in Kapitel 3.3 formuliert werden.

3.2 Gegenüberstellung und Bedeutung der Ergebnisse

Um eine zusammenfassende Gegenüberstellung und Bedeutung der Ergebnisse vornehmen zu können, wird die Güte unterschiedlich untersucht. Die Ergebnisse aus Abbildung 7 lassen sich auch als Summe der Werte aller Phasen und zusammengefasst in einer Gesamtbewertung in Abbildung 8 gegenüberstellen. Der O-o-M Wert je Produkt wurde mit aufgeführt.

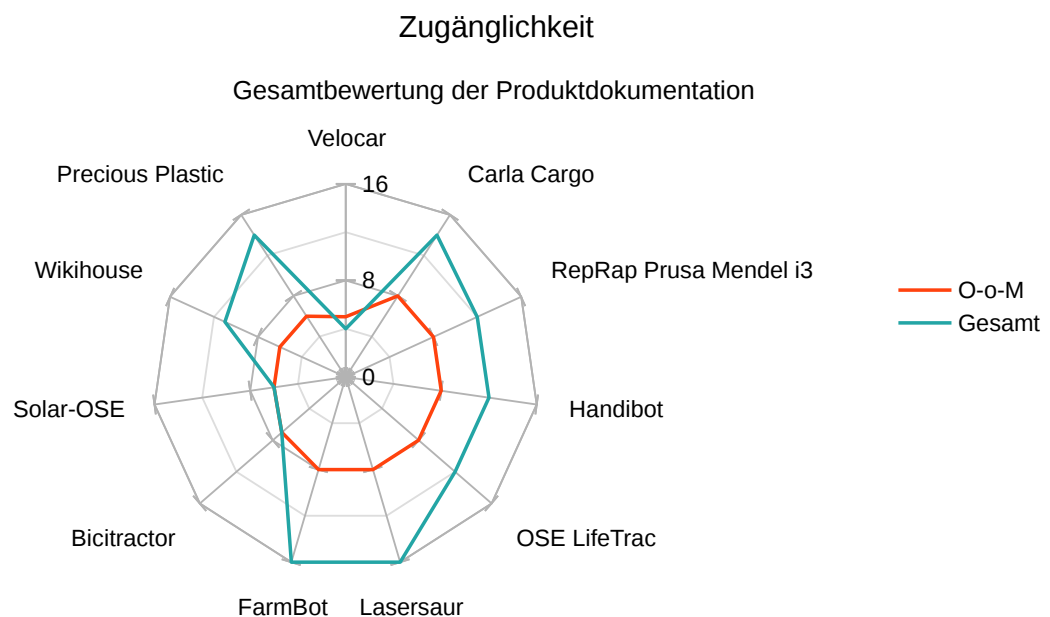


Abbildung 8: Gegenüberstellung der aufsummierten Zugänglichkeitsbewertung je Produkt - inkl. Open-o-Meter

Aus der oberen Darstellung lässt sich der Zusammenhang zwischen der Zugänglichkeit und des vom Projekt Open! eingeführten Index gut erkennen. Dennoch ist insbesondere in den Fällen, bei welchen ganz klar ein Defizit in der Dokumentation herrscht, eine Abweichung zu erkennen. Hier zeigt sich, dass eine genauere Analyse der Technischen Dokumentation entscheidende Details aufdecken kann. Starke Abweichungen in der Dokumentation, wie beispielsweise durch den Entwurfscharakter bei Velocar, können in dieser Form nicht abgebildet werden. Zu diesem Zweck wurde eine ergänzende Gegenüberstellung in Abbildung 9 erstellt, welche im Mittel nur vorhandene

Gegenüberstellung und Bedeutung der Ergebnisse

Dokumentationsbereiche berücksichtigt. Dies gibt eine differenziertere Übersicht über die vorliegende Zugänglichkeit.

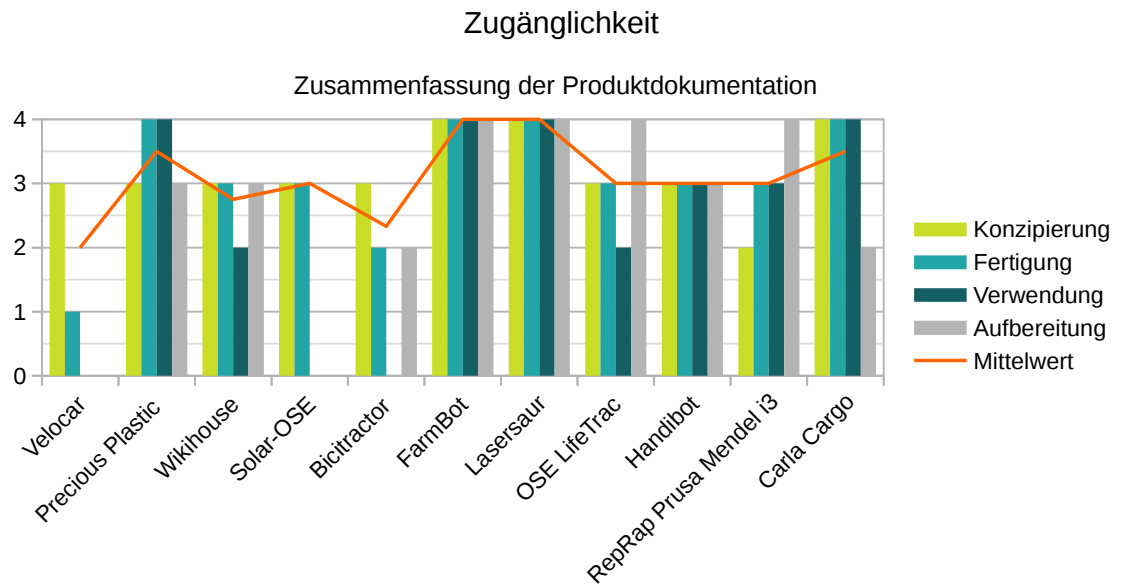


Abbildung 9: Darstellung der zusammenfassenden Zugänglichkeitsbewertung - Mittlere Güte ohne Berücksichtigung der nicht vorhandenen Dokumentationsphasen

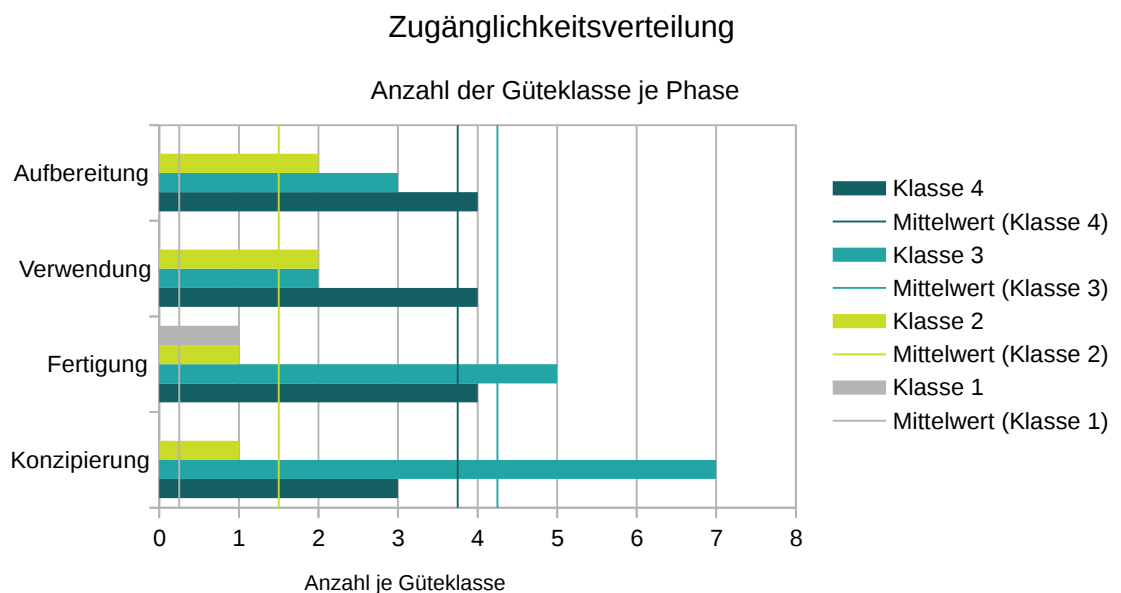


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Zugänglichkeitsbewertungen; Klassen 1-4

Zuletzt ist auch noch eine Betrachtung der mittleren Ausprägung aller Güteklassen, bezogen auf die Zugänglichkeit zu untersuchen. Anhand der in Abbildung 10 aufgeführten Anzahldarstellung lässt sich diese Häufigkeitsverteilung ablesen.

Die starke Ausprägung der Klasse 3 in der Konzipierungsphase lässt sich vor allem durch den Wunsch erklären, dass Projekte und Produktentwickler mit der Befürwortung der Open Source Definition auch den Wunsch haben die Informationen möglichst schnell zu teilen. Nicht alle Formate sind editierbar aber dennoch bekommt die Community schnell einen Überblick oder kann sich entwickeln.

Die einzige Beobachtung die nicht abschließend getätigt werden kann, ist die Betrachtung des Dokumentationsvolumens und der Qualität der TD. Für die Anforderungen ist diese Betrachtung übergeordnet nicht von Bedeutung, für spätere Untersuchungen der Detailschärfe und Gliederung von Dokumentationen, sollte hier ein entsprechend aufschlussreiches Verfahren entwickelt werden.

3.3 Praxis der OSPE im Vergleich und abgeleitete Anforderungen

3.3.1 Zusammenfassung quantitativer und qualitativer Merkmale der TD

Alle vorhergehenden Ergebnisse der Vergleichsanalyse beinhalten vor allem eine Gegenüberstellung der semiquantitativen Bewertungsgruppen. Bezogen auf die Klassifizierung der TD sind dies die Zugänglichkeit der Daten und die Kennzeichnung, bzw. Rückverfolgbarkeit der Inhalte. Neben einer quantitativen und latenten Klassenanalyse lassen sich zusätzliche qualitative Merkmale festhalten. Da aus den Ergebnisdaten hervorgeht, dass es sich bei den Produkten um gute Vergleichskandidaten handelt, lässt sich annehmen, dass auf der qualitativen Ebene ebenfalls relevante Empfehlungen gegeben werden können. Übergeordnet ist dies vor allem das schon in Abbildung 5 angedeutete Offenlegen der Daten. Wo in der VDI 4500 die Rede von „Schutz vor unbefugtem Zugriff“ ist, ist das Ziel der OSPE maximale Transparenz und Zugänglichkeit über das Unternehmen hinaus. Folgende Beobachtungen lassen sich daher aus den Ergebnissen und den qualitativen Untersuchungen Technischen Dokumentationen auflisten:

1. Zugang zur Dokumentenverwaltung

- a) Alle Dokumente sind ausnahmslos frei zugänglich verfügbar
- b) Alle Bereiche des Produktlebenszyklus werden bei der TD berücksichtigt oder zumindest angestrebt und damit in Zukunft verfügbar gemacht
- c) Alle Dokumente liegen zumindest in einem oder sogar in mehreren lesbaren und größtenteils plattformunabhängig editierbaren Format vor

2. Nachvollziehbarkeit der Dokumentenverwaltung

- a) Eine Kennzeichnung des Bauteil(gruppen)-Bezugs
- b) Eine Kennzeichnung der aktuellen Version inkl. Datum und Verfasser Person (ggf. mit Kontaktmöglichkeit)
- c) Versionsmanagement mit Rückverfolgbarkeit der Archivierung bzw. Aktualisierung

3. Kollaboration bei der Technischen Dokumentation

- a) Aktive Einführung und Überblick für (neue) mit entwickelnde Personen
- b) Ausführliche Anleitungen mit hoher Detailschärfe (insbesondere Bauanleitungen sind teilweise bis zur einzelnen Schraubenmontage dokumentiert, Beteiligungshinweise)
- c) Fehlermeldestelle und Plattform für Änderungsvorschläge
- d) Austauschmöglichkeiten für die Community und gemeinsame Entwicklung

Die allgemeine OSPE konzentriert sich zudem offenbar stärker auf die Erklärung der Konstruktion als auf die korrekte Technische Dokumentation. Das kann auf drei mögliche und ggf. parallel auftretende Phänomene entstehen:

1. durch die Priorisierung der Dokumentation auf die Bedürfnisse der Community also das Unterstützen und Informieren bzw. Motivieren (Bauanleitungen, Instandhaltung, Weiterentwicklungen etc)
2. durch die fehlende Kompetenz zu Dokumentationstechniken bzw. den in der OSH fehlenden, frei verfügbaren Richtlinien
3. durch fehlende Dokumentationswerkzeuge die eine, den TD Anforderungen genüge tragende und nutzerfreundliche Bedienung ermöglichen

3.3.2 Ein Wandel von der internen und externen zur offenen Technischen Dokumentation

Für die funktionale Übersicht der Technischen Dokumentation lässt sich abgewandelt von Abbildung 2 eine Übersicht wie folgt darstellen.

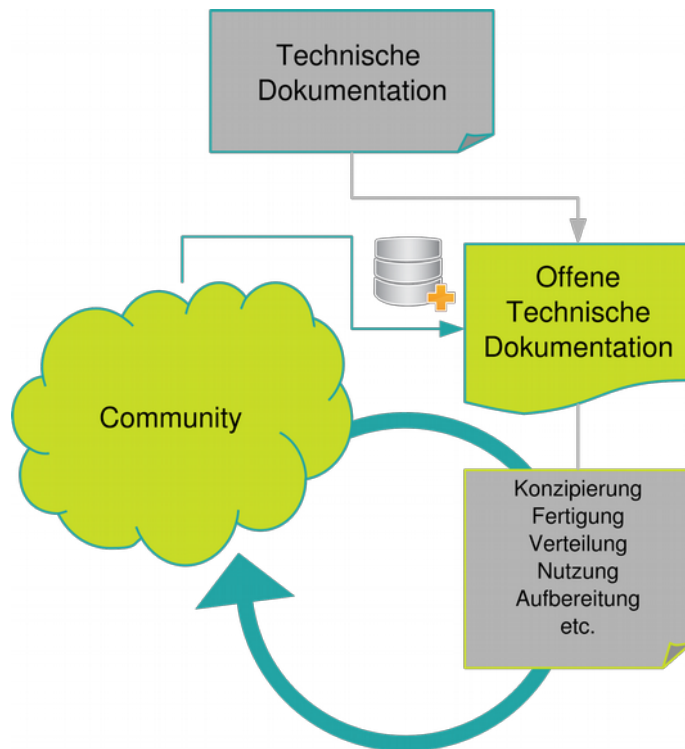


Abbildung 11: Darstellung der offenen Technischen Dokumentation – Beteiligungskreislauf - Datenbank

Da Nutzer, Community, Entwickler und Hersteller viel enger miteinander zusammenarbeiten oder sogar alle diese Funktionen erfüllen, tauchen sie gemeinsam immer wieder in der Priorisierung der Dokumentation auf. Mal wird besonders ausführlich die Bedienung, mal die Inbetriebnahme und mal der Zusammenbau dokumentiert. Eine visualisierte Darstellung der Communitybeteiligung in ihrer kontinuierlichen Rolle ist in Abbildung 11 zu erkennen. Wichtig ist die Datenbank bzw. Dokumentenverwaltung welche in Zusammenarbeit mit der Community eine entscheidende Rolle spielt.

Praxis der OSPE im Vergleich und abgeleitete Anforderungen

Auch die übergeordneten Zielformulierungen lassen sich angelehnt an Tabelle 1 anpassen, hierzu im Folgenden eine Bewertung.

Phase	Übergeordnete Zielformulierung
Konzipierung	Das Formulieren von Anforderungen, Zusammenstellen der Spezifikationen, der Modularisierung und Fertigungsvorbereitung
Fertigung	Das maschinelle Vorbereiten, Produktionsfreigabe und anschließende Produktion, bzw. Produktauslieferung
ggf. Zustellung	Die bedarfsorientierte Verteilung der Produkte, Finanzierung
Verwendung	Produktfunktionssicherung, Nutzungsanalysen, Zielgruppenerweiterung und Kundenzufriedenheit, Vorbereitung zur Weiterentwicklung, Community-Aufbau
Aufbereitung	Effizienzsteigerung und Verbesserung des Produkts, Community-Ausbau/Erweiterung

Tabelle 6: Angepasste Zielformulierung je Produktlebenszyklusphase, bezogen auf die Anforderungen der Technischen Dokumentation bei aktiver OSPE

Für Crowdfunding Aktionen oder andere Finanzierungsmodelle, wird meist mit Videos gearbeitet, in denen der Aufbau und das Open Source Modell bzw. die Philosophie und Begründung dahinter erklärt wird. Tabelle 6 zeigt die abgewandelte Zielformulierung für die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus. Es lässt sich nicht abschließend für alle Projekte klar ersichtlich untersuchen, dadurch ist es möglich hier weitere Untersuchungen vorzunehmen. Inwiefern hier auch die Inhalte der Foren und Austauschportale analysiert werden können (z.B. Schlüsselworte, Beteiligung, Nutzer, Nachrichten, Volumen o.ä.), wie Video und Social Media Meldungen oder interaktive Medien wie Echtzeitvideochats und andere Kommunikationsformate mit in die Technische Entwicklung und Dokumentation einfließen, kann Gegenstand zukünftiger

Praxis der OSPE im Vergleich und abgeleitete Anforderungen

Untersuchungen sein. Für die Anforderungen an die Technische Dokumentation der OSPE in dieser Betrachtung wurden sie nur latent in der Vorauswahl berücksichtigt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass neben den offensichtlichen Unterschieden, vor allem der Offenlegung der Daten des Produktentwicklungsprozesses, sich viele Gemeinsamkeiten zur klassischen Technischen Dokumentation finden lassen.

Die Herausforderungen eine sinnvolle Dokumentenverwaltung durch geeignete Klassifizierung und Dokumentenpflege sowie -verteilung aufzubauen und zu betreuen sind gleich geblieben. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal ist die Reichweite, bezogen auf die Beteiligung. Mehr Akteure als im proprietären Entwicklungsprozess benötigen Zugriff auf die Daten und unterschiedlichste Erwartungen und Bedürfnisse hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit sind zu berücksichtigen. Zwei Empfehlungen lassen sich übergeordnet ableiten:

1. Für eine größtmögliche Reichweite und Flexibilität sind offene, **plattformunabhängige Dateiformate** zwingend notwendig.
2. Die gesteigerte Kommunikationsdichte erfordert klare Beteiligungsrichtlinien, hier können **Terminologie und eine übersichtliche Dokumentenverwaltung** mit eindeutiger Klassifizierung helfen, den Prozess und die Technische Dokumentation effizient zu gestalten.

4 Abschlussbewertung und Fazit

4.1 Zusammenfassung und Kommentar

Die Prozesse der Produktentwicklung sind nicht zuletzt durch die Globalisierung, die Digitalisierung und die vernetzte Industrie 4.0 einem Werte- und Komplexitätswandel unterstellt. Zusätzlich auftretende Kreislaufragen, wie beispielsweise die von Kate Raworth beschriebenen Prozesse der Kreislaufwirtschaft im Kontext sozialer und ökologischer Grenzen aufzeigen, bedürfen im Zuge der technischen Entwicklung einen offeneren Zugang zu Informationen [33]. Ingenieurtechnische Lösungen in Open Source Kreislaufprozesse zu bringen und damit für eine beschleunigte Innovationsfindung und bedarfsorientierte Entwicklung zu sorgen, sind die Chancen der Open Source Produktentwicklung. Vor diesem Hintergrund stellt die Herausarbeitung der Anforderungen an die Technische Dokumentation in solchen neuen Entwicklungsprozessen eine Grundlage dar, um einen aufkommenden Trend wie die OSPE zum Erfolg zu führen.

Die Feststellung in der Vorauswahl der Produkte, dass oft entweder keine Bearbeitung aller Dokumente vorgesehen wird und in einigen Fällen das Material nur kompliziert kopiert oder darauf zugegriffen werden kann, lässt die Notwendigkeit nach Standards oder offenen Empfehlungen ähnlich einer Open Source Produktentwicklungsrichtlinie deutlich werden. Neuentwicklungen werden somit womöglich zusätzlich erschwert. Hier wäre ein System ähnlich Git-basierten Plattformen, also einer Art Versionierung mit einer Möglichkeit eines „Forks“ (dt. Abspaltung), also des Abspaltens von neuen Versionen aufbauend auf dem vorliegenden Stand, vorzusehen (Parallelentwicklungszweig). Die neue Änderung kann dann wiederum auf Anfrage im automatisierten Abgleich-Verfahren der aktuellen Version/Dokumentation hinzugefügt (engl. mergen) werden. Allerdings mit visueller Unterstützung, da es, im Gegensatz zum Software Code, bei Hardware-Dokumenten meist um eine optische Bewertung der Änderungen geht.

Vor allem scheint die OSPE vordergründig eine testlauforientierte Entwicklung und weniger eine marktorientierte Entwicklung zu sein. Zu den Motivationsfaktoren wurden bereits in [9] erste Schlussfolgerungen gezogen. Hier kann anschließend auch in Bezug auf die Dokumentationsbeteiligung eine Betrachtung erfolgen.

In dieser Ausarbeitung konnte gezeigt werden, dass sich klare Parallelen aber auch Unterschiede zur proprietären Hardwareentwicklung herleiten lassen. Es wurde eine Grundlage für die Vergleichbarkeit geschaffen, eine Gruppe von Anforderungen herausgearbeitet und Defizite offengelegt.

Die Datensatzanalyse hat gezeigt, dass ein Großteil der OSH-Projekte noch nicht einmal die grundlegenden Entwicklungsinformationen mitbringen oder sich so stark auf die Community und Zusammenarbeit im Prozess kümmern, dass die Technische Dokumentation zu kurz kommt. Insbesondere für die grundsätzlich notwendigen Rechts- und Qualitätssicherungsfragen bleibt offen, wie diese ohne eine entsprechende Dokumentation oder Richtlinie hierzu eingehalten oder berücksichtigt werden können. Gesetzliche Regelwerke oder auch technische Mindeststandards in Sicherheitsfragen, Rückverfolgbarkeit bis hin zur Verantwortlichkeit sind neben den inhaltlichen und methodischen Anforderungen ebenfalls zu berücksichtigen. Diese Arbeit liefert einen ersten Entwurf hin zu einem Regelwerk der Orientierung auf das aufbauend Forschungsfragen fortgeführt werden können.

Wichtig ist, dass trotz der ausführlichen Untersuchung der ausgewählten Produkte kein Anspruch auf Vollständigkeit im Sinne eines Standards vorliegt. Es ist ein erster Schritt in diese Richtung. Zudem bleibt zu diskutieren, ob ein Standard im klassischen Sinne anzustreben wäre.

4.2 Ausblick

Viele der untersuchten Aspekte lassen Raum für weitere Forschungsfragen.

Insbesondere im Falle der Lizenzfragen, welche zumindest bei der Auswahl der Projekte in Teilen eine Rolle spielten, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sie einer dringenden Überprüfung und Weiterentwicklung bedürfen. In den vorbereitenden Untersuchungen fiel auf, dass ein großer Anteil der Produkte über eine vermeintliche Open Source Lizenz verfügt, jedoch in vielen Fällen zu stark an der Software orientiert bleibt. Dadurch bleiben patentrechtliche Fragen ungeklärt, welche zwingend beantwortet werden müssen, um eine offene Weiterentwicklung zu garantieren. Eine Zusammenarbeit mit größeren OSH Organisationen wie der OSHWA oder der praktisch orientierten OSE sollte angestrebt werden, um eine möglichst große Testgruppe und Reichweite zu garantieren.

Mindestens so relevant ist die Frage der Reproduzierbarkeit in anderen, als den für diese Arbeit ausgewählten Disziplinen. Die Anwendung der Empfehlungen oder auch deren Überprüfung anhand eines statistischen Datensatzes verschiedener Produktbereiche wäre interessant zu untersuchen. Gleichzeitig sollte hier eine Berücksichtigung der Tauglichkeit verwendeter Dokumentationssoftware, -formate und -plattformen erfolgen, um einen weiteren Mehrwert zu schaffen.

Die Frage nach den Möglichkeiten einer Open Source Produktentwicklung für eine effiziente Regelung zur Rückführung von Ressourcen in den Wirtschaftskreislauf sowie grundsätzliche Wirtschaftlichkeitsfragen bieten viel Raum für ergänzende Forschung. Es sei an dieser Stelle auch auf die in naher Zukunft folgenden VDI 4500 Blätter 5 und 6 verwiesen, welche sich mit dem Publizieren und der Wirtschaftlichkeit der Technischen Dokumentation befassen sollen [34]. Allerdings genügen die VDI-Richtlinien nicht der Open Source Definition, so dass hier über Alternativen oder neue Ansätze nachgedacht werden sollte.

Ein Versuch einer Checkliste mit den Mindestanforderungen an die Technische Dokumentation der OSPE ist im Anhang A3 am Ende dieser Arbeit nach Open Source Kriterien angehängt. Eine Überprüfung der Anwendbarkeit sowie Weiterentwicklung ist ausdrücklich erwünscht.

5 Literaturverzeichnis

- [1] J. Bonvoisin u. a., „Current state of practices in open source product development“, *Proc. 21st Int. Conf. Eng. Des. ICED17*, Nr. Vol. 2: Design Processes | Design Organisation and Management, S. 111–120, Aug. 2017.
- [2] J. Bonvoisin, R. Mies, R. Stark, und R. Jochem, „Theorie Und Praxis in der Open-Source-Produktentwicklung“, *1 Interdiszip. Konf. Zur Zuk. Wertschöpfung - Hambg.*, S. 95–108, 2016.
- [3] H. Schürig, „Social Media statt Web 2.0“, *Henning Schürig*, 31-März-2010.
[Online]. Verfügbar unter: <http://www.henningschuerig.de/2010/social-media-statt-web-20/>. [Zugegriffen: 13-Nov-2017].
- [4] P. P. Grames, T. Redlich, und J. P. Wulfsberg, „Open Source Hardware - Wie interaktive Wertschöpfung traditionelle Produktionssysteme revolutioniert“, *ZWF Z. Für Wirtsch. Fabr.*, Bd. 106, Nr. 5, S. 314–320, Mai 2011.
- [5] H. Thüring und Bundesverband WindEnergie e.V., Hrsg., *Windenergie Betriebsführung: Praxisbuch der technischen und kaufmännischen Betriebsführung - Onshore*, 1. Aufl. Berlin: Bundesverband WindEnergie, 2014.
- [6] VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung, Hrsg., „VDI 4500 Blatt 1 Technische Dokumentation - Begriffsdefinitionen und rechtliche Grundlagen“. Beuth Verlag GmbH Berlin, Juni-2006.
- [7] VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung, Hrsg., „VDI 4500 Blatt 2 Technische Dokumentation - Organisieren und Verwalten“. Beuth Verlag GmbH Berlin, Nov-2006.
- [8] VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung, Hrsg., „VDI 4500 Blatt 4 Technische Dokumentation - Dokumentationsprozess - Planen, Gestalten, Erstellen“. Beuth Verlag GmbH Berlin, Dez-2011.

- [9] Z. Li, W. Seering, J. D. Ramos, und D. R. Wallace, „WHY OPEN SOURCE? EXPLORING THE MOTIVATIONS OF USING AN OPEN MODEL FOR HARDWARE DEVELOPMENT“, in *Proceedings of the ASME*, 2017.
- [10] C. Gacek und B. Arief, „The many meanings of open source“, *IEEE Softw.*, Bd. 21, Nr. 1, S. 34–40, Jan. 2004.
- [11] UNESCO, „Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries: Final report“, UNESCO, Paris, Juli 2002.
- [12] OSHWA, „Open-Source-Hardware-Grundsatzerklärung und Definition“, *Open Source Hardware Association*, 15-Okt-2014. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.oshwa.org/definition/german/>. [Zugegriffen: 12-Nov-2017].
- [13] A. Gibb, *Building open source hardware: DIY manufacturing for hackers and makers*. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley, 2015.
- [14] L. N. Baier, „Anforderungs- und Dokumentationsmanagement in Open-Source-Projekten zur Entwicklung von physischen Produkten“, Masterarbeit, Technische Universität Berlin, 2017.
- [15] J. Bonvoisin, R. Mies, J.-F. Boujut, und R. Stark, „What is the “Source” of Open Source Hardware?“, *J. Open Hardw.*, Bd. 1, Nr. 1, Sep. 2017.
- [16] OPEN!, „Open-o-Meter definition | Observatory of Open Source Hardware“. [Online]. Verfügbar unter: <https://opensourcedesign.cc/observatory/node/800>. [Zugegriffen: 08-Nov-2017].
- [17] OPEN!, „Observatory of Open Source Hardware“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://opensourcedesign.cc/observatory/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [18] Y. Lischetti, „Velocar – Volta“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://volta.plus/velocar/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].

- [19] D. Hakken, „Precious Plastic“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://preciousplastic.com/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [20] WikiHouse Foundation, „WikiHouse“, *WikiHouse*, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://wikihouse.cc/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [21] OSE France, „Nos activités – Open Source Ecologie“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.opensourceecologie.org/nos-activites/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [22] Open Source Ecologie, „Solar-OSE: Solar Concentrator for Steam Generation“, *Instructables.com*, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.instructables.com/id/Solar-OSE-Solar-concentrator-for-steam-generation/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [23] Farming Soul Collective, „BICITRACTOR“, *Instructables.com*, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.instructables.com/id/BICITRACTOR-B300-POC21-Version/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [24] FarmBot Inc., „Intro to FarmBot Genesis“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://genesis.farmbot.io/docs>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [25] Open Source Ecology, „LifeTrac - Open Source Ecology“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <http://opensourceecology.org/wiki/LifeTrac>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [26] ShopBot Tools Inc, „Handibot Open Source Hardware“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://handibot.com/open-source.php#hardware-components>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [27] 3D Hubs, „3D Printing Trends Q4 2017“, 3D Hubs, Q4/2017, Okt. 2017.
- [28] C. Campbell, „A RepRap Family Tree: Tracking the Printers That Started it All - Make“, *Make: DIY Projects and Ideas for Makers*, 02-Dez-2015. [Online].

Verfügbar unter: <https://makezine.com/2015/12/02/a-reprap-family-tree-tracking-the-printers-that-started-it-all/>. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].

- [29] J. Prusa, „Prusa i3 printable parts“, *Prusa3D - 3D Printers from Josef Průša*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.prusa3d.com/prusa-i3-printable-parts/>. [Zugegriffen: 16-Nov-2017].
- [30] J. Prusa, „Prusa i3 MK2 - RepRapWiki“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: http://reprap.org/wiki/Prusa_i3_MK2. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [31] Carla Cargo, „Carla Cargo Website“, *Carla Cargo*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.carlacargo.de>. [Zugegriffen: 16-Nov-2017].
- [32] Carla Cargo, „Bauanleitung Carla Cargo Crowd – postfossil mobil“, Okt-2017. [Online]. Verfügbar unter: http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Bauanleitung_Carla_Cargo_Crowd. [Zugegriffen: 20-Okt-2017].
- [33] K. Raworth, *Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist*. Random House, 2017.
- [34] VDI, „Richtlinienreihe VDI 4500“, *Verein Deutscher Ingenieure e.V.*, Nov-2017. [Online]. Verfügbar unter: [/technik/fachthemen/produkt-und-prozessgestaltung/fachbereiche/technischer-vertrieb-und-produktmanagement/themen/technical-dokumentation/richtlinienreihe-vdi-4500-technische-dokumentation/](http://www.vdi.de/technik/fachthemen/produkt-und-prozessgestaltung/fachbereiche/technischer-vertrieb-und-produktmanagement/themen/technical-dokumentation/richtlinienreihe-vdi-4500-technische-dokumentation/). [Zugegriffen: 16-Nov-2017].

Anhang I



D. Anhang

A1: Gefilterte Produktauswahl – Endgültiger Stand 20.10.2017 basierend auf A2

A2: Tabelle des Ursprungsdatensatzes^a

A3: Vorschlag Checkliste: OSPE Anforderungen - bezogen auf die Technische Dokumentation^b (Download)

Hinweis: Aus dokumentarischen Gründen für das internationale Projekt, wurde die Datensatzanalyse und Tabellenführung in Englisch gehalten.

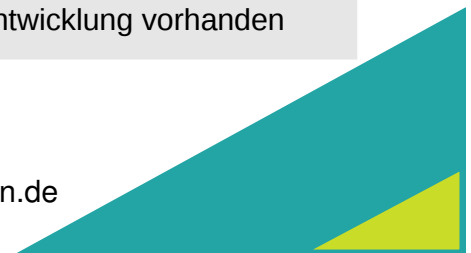
[Einreichungsexemplar dieser Arbeit: inkl. CD mit allen Daten]

a Datensatz aktualisierter Stand: 169 Produkte <https://opensourcedesign.cc/observatory/>
[Zugegriffen: 26.09.2017]

b Die aktuelle Fassung wurde zur Weiterentwicklung freigegeben und ist zu finden unter: https://wiki.opensourceecology.de/Timm_Wille [Zugegriffen: 16.11.2017]



Checkliste – OSPE Dokumente & Informationen Technische Dokumentation	
Zugang	
<input type="checkbox"/>	Alle Dokumente sind frei zugänglich verfügbar
<input type="checkbox"/>	Alle Bereiche des Produktlebenszyklus werden bei der Technischen Dokumentation berücksichtigt
<input type="checkbox"/>	Alle Dokumente sind in einem plattformunabhängig lesbaren Dateiformat vorhanden
<input type="checkbox"/>	Alle Dokumente sind in einem editierbaren Dateiformat vorhanden (vorzugsweise plattformunabhängig)
Nachvollziehbarkeit	
<input type="checkbox"/>	Kennzeichnung des Bauteil-/Baugruppenbezugs
<input type="checkbox"/>	Kennzeichnung der Version, inkl. Datum, Verfasser
<input type="checkbox"/>	Versionsmanagement mit Rückverfolgbarkeit der Änderungen und Aktualisierungen
Zusammenarbeit	
<input type="checkbox"/>	Es gibt eine Beteiligungsrichtlinie (inkl. Übersicht)
<input type="checkbox"/>	Status, Datenbank und Kontakt sind angegeben (ggf. zusätzliche Informationen, Anleitungen)
<input type="checkbox"/>	Fehlersammelndatenbank (versioniert) verfügbar
<input type="checkbox"/>	Community-Plattform für die Entwicklung vorhanden



E. Eidesstattliche Erklärung

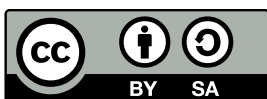
Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

.....

Datum, Unterschrift

„Das Ende eines Dinges ist der Anfang eines Neuen.“

frei nach Leonardo da Vinci



Diese Arbeit steht unter einer „Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International“ Lizenz.