



Citation for published version:

Bonvoisin, J, Mies, R, Stark, R & Jochem, R 2016, Theorie und Praxis in der Open-Source-Produktentwicklung. in 1. interdisziplinäre Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung. pp. 95-108.

Publication date:
2016

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

Publisher Rights
CC BY

University of Bath

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Theorie und Praxis in der Open-Source-Produktentwicklung

Jérémy Bonvoisin¹, Robert Mies², Rainer Stark¹ und Roland Jochem²

¹ Technische Universität Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb,
Fachgebiet Industrielle Informationstechnik, bonvoisin@tu-berlin.de

² Technische Universität Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb,
Fachgebiet Qualitätswissenschaft, robert.mies@tu-berlin.de

Keywords: Open-Source-Hardware, Open-Source-Innovation, Open Design.

Kurzzusammenfassung. Die letzten zehn Jahre bildeten den Schauplatz für das Aufkommen einer Vielzahl von Projekten zur Open-Source-Produktentwicklung (OSPE), welche das Open-Source-Konzept vom Softwarebereich auf die Welt der physischen Produkte übertragen. Diese Projekte sind gekennzeichnet durch die Offenlegung von Produktentwicklungsdaten zur Stimulation von Feedback, Replikation und kollaborativer Entwicklung. Basierend auf einer empirischen Datenerhebung von 76 Projekten untersucht dieser Beitrag die Nutzung des öffentlichen Raums, welcher durch das World Wide Web und Online-Plattformen zum gemeinsamen Datenaustausch bereitgestellt wird, hinsichtlich einer Stimulierung von Aufmerksamkeit und Beiträgen von Produktentwicklungscommunities. Dabei werden insbesondere Diskrepanzen zwischen der vorherrschenden Praxis und allgemein anerkannten Best Practices identifiziert. Einerseits erlauben die identifizierten Unterschiede die Ableitung von Schlussfolgerungen zum derzeitigen Entwicklungsstand der OSPE. Andererseits werden so übliche Verhaltensweisen von OSPE-Projekten aufgezeigt und die Vielfalt an existierenden OSPE-Projekten anhand ihrer unterschiedlichen Ansätze eingeordnet.

Abstract. Within the last decade numerous open source product development (OSPD) projects have emerged extending the concept of open source software in the world of tangible products. These projects are characterized by the free revealing of their product development information with the intention of stimulating community feedback, product replications and collaborative development. Based on empirical data acquired from 76 projects, this contribution characterizes how OSPD projects use the public space offered by the internet and the existing online sharing platforms to stimulate attention and contributions from product development communities. It particularly focusses on the identification of gaps between actual practices and generally acknowledged best practices. On the one hand, the identified gaps allow deriving conclusions on the current state of development of OSPD. On the other hand, this indicates a general heterogeneity in the approaches followed by OSPD projects which is discussed.

Definition der Open-Source-Produktentwicklung

Open-Source-Produktentwicklung bezeichnet ein gegen Ende der letzten Dekade aufgekommenes (vgl. [1]) globales Praxisphänomen, welches auf dem Entwicklungsmodell der Open-Source-Software (OSS) beruht und durch eine wachsende Anzahl von Projekten stetig vorangetrieben wird. Im Forschungsfeld der *Open-Source-Innovation* (OSI) besteht bereits eine Basis definitorischer Einordnungen des Phänomens, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Huizingh [2] grenzt aus unternehmensorientierter Sicht wesentliche Ausprägungen offener Innovation ab: Ausgehend von der *Closed Innovation* bezogen auf Entwicklungsprozesse und deren Outputs konstituiert die Öffnung der Prozesse zum einen sog. *private, offene Innovation*; die Öffnung des Outputs/Innovationsobjekts hingegen *öffentliche Innovation*; und erst die Öffnung beider OSI. Das zugrundeliegende Konzept der Offenheit (engl. *Openness*) wird als ein graduelles Kontinuum der Öffnung aufgefasst. Aus aktivitätsorientierter Sichtweise wird zwischen in die Organisation

hinein-, herausreichenden sowie verbindenden Aktivitäten unterschieden, welche entweder auf monetärer oder nicht-monetärer Interaktion basieren.

In der wissenschaftlichen Literatur wird OSI als freie Offenlegung von Informationen zur kollaborativen Entwicklung eines Designs definiert [3]. Im Rahmen der OSI grenzen Raasch und Herstatt [4] ferner *Open (Produkt-)Design* physischer/materieller Artefakte von *Open Content* in digitaler/immaterieller Form nach der ultimativen Bestimmung des Innovationsobjekts ab. Ersteres bezieht somit Objekte vom Automobil über das Fahrrad bis hin zu elektronischer Hardware mit ein. Für Letzteres werden hingegen öffentliche Kulturgüter und freie Wissenschaft angeführt, wonach ergänzend Open Content ebenso in analoger Form vorliegt. Der Begriff Artefakt wird der von Fjeldsted et al. [5] angestellten Beobachtung gerecht, dass die Entwicklung unfertiger Produkte zur flexiblen Weiterverwendung eine valide OSPE-Strategie darstellt. Da Open Content im Open Design eingebettet ist, werden die Grenzen der beiden Formen der OSI als fließend beschrieben.

In der Praxis werden hingegen Open-Source-Software und Open-Source-Hardware (OSH) als zwei Ausprägungen der OSI unterschieden. Der Begriff Open-Source-Hardware bezieht sich historisch zwar auf elektronische Hardware, umschreibt aber mittlerweile auch andere physische Objekte, wie mechanische oder mechatronische Produkte. Eine von der *Open Source Hardware Association* (OSHWA) aufgestellte Definition der OSH, welche von der allgemein anerkannten Open-Source-Definition der *Open Source Initiative* [6] abgeleitet wurde, lautet: „*Open-Source-Hardware (OSHW) ist ein Begriff für objekthafte Artefakte – Maschinen, Geräte oder andere physische Gegenstände – mit offen zugänglich gemachten Bauplänen, die jede und jeder studieren, verändern, weiterverbreiten und nutzen kann.*“ [7]. Diese Definition bezieht sich auf die vier Kernprinzipien des Open-Source-Konzepts: das Recht für jedermann zur Nutzung, zum Studium, zum Verändern und zum Verbreiten von Objekten [8]. Im Gegensatz zur OSS, bei welcher bekannt ist, was genutzt, studiert, verändert und verbreitet wird (der Quellcode), präzisiert die Definition der OSHWA nicht, welche Informationen damit konkret gemeint sind und lässt dadurch viel Deutungsspielraum zu.

In Bezug auf diese Interpretationsfreiheit des Konzepts der Offenheit zeigen Balka et al. [9], dass es als graduell, kontextbezogen sowie multidimensional aufzufassen ist. Hierzu liefern sie empirische Hinweise für die Relevanz der drei folgenden produktbezogenen Aspekte im Open Design: Die inhaltliche *Transparenz* der offengelegten Informationen zur Gewährleistung der Nachvollziehbarkeit, die öffentliche *Zugänglichkeit* der Produktentwicklungsumgebung zur Mitwirkung jedermanns im Entwicklungsprozess und die *Reproduzierbarkeit* des finalen Produktes durch Verfügbarkeit von Bauteilen und Anleitungen. Hierzu vergleichen sie die drei Aspekte jeweils anhand der komponentenweisen Offen- bzw. Nichtoffenlegung, was als „*open parts*“-Strategie bezeichnet wird. Je nach Ziel und Zweck stellt neben dem Umfang ebenfalls die Art der Veröffentlichung von produktbezogenen Informationen im Zuge der Lizenzierung eine weitere bedeutsame Stellschraube dar, welche Balka et al. (ebd.) als „*partly open*“-Strategie benennen.

Auch in der Praxis wurde bereits die Frage nach Art und Umfang der zu veröffentlichenden Informationen aufgegriffen, welche ein Open-Source-Produkt ausmachen. Die von der OSHWA herausgegebenen „*Best Practices for Open-Source-Hardware*“ [10] legen fest, dass die Veröffentlichung von technischen Zeichnungen eines Produktes (in Form von CAD-Dateien des physischen Produktes) eine Mindestvoraussetzung darstellt. Darüber hinaus ist es indes je nach Interessenlage sinnvoll, weitere Informationen bereitzustellen, wie Stücklisten oder Montageanleitungen. Die entwickelten Best Practices der OSHWA sind konkreter und nähern sich der Definition von Balka et al. (ebd.) an, indem sie Art und Umfang der zu veröffentlichenden Inhalte näher spezifizieren.

Merkmale der OSPE

Die Übertragung des Entwicklungsmodells der OSS in die Welt der physischen Artefakte ist mit erheblichen Zusatzanforderungen verbunden. Raasch und Herstatt [4] zeigen diese entlang der vier Aspekte der benötigten individuellen Fertigkeiten, der Toolunterstützung, des Rechtsschutzes von Immaterialgütern und der Produktionsinfrastruktur auf. Müller-Seitz und Reger [11] beobachten in

ihrer Fallstudie über das Projekt *Oscar* weitere Hürden: Die Opportunitätskosten der Projektmitglieder, rechtliche Anforderungen des Arbeits-, Gesundheits- und Sicherheitsschutzes und ein zu hoher Detaillierungsgrad der Spezifikationen.

Über den Innovationsprozess des Open Designs hinaus gilt es, den auf Open-Source-Prinzipien basierenden Open-Source-Produktentstehungsprozess näher zu betrachten, welcher durch technische Aktivitäten charakterisiert ist und kontinuierlich mit dem Innovationsprozess interagiert ([12], S. 34). Bonvoisin et al. [13] beschreiben den OSPE-Prozess als einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess. In Produktentwicklungsprojekten kommt es zu einem Nebeneinander von Projekt- und Prozessstrukturen. Während Projekte primär auf der Einmaligkeit der Umstände beruhen, bildet sich im Laufe der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Produkten ein operativer Arbeitsprozess heraus, welcher ebenfalls das Zusammenwachsen einer Community manifestieren kann. Bonvoisin und Boujut [14] verweisen aus Sicht des industriellen Produktdesigns darauf, dass OSPE-Prozesse mit gängigen Prozessmodellen nur begrenzt vereinbar sind und zeigen Herausforderungen bei der informationstechnischen Softwaretoolunterstützung auf.

Aus Toolperspektive wird der anwendungsspezifischen Entwicklung einer integrierten Softwareplattform die größte Bedeutung zugewiesen, da sie die Bereitstellung eines virtuellen Raums zur Kollaboration ermöglicht. Fjeldsted et al. [5] sehen in solchen Plattformen das Kernelement von OSPE-Prozessen und definieren sie als Netzwerk symbiotischer Stakeholderbeziehungen, welche die vier weiteren Bestandteile der Beitragsmotivation, der Community, der kollaborativen Produktentwicklung und des Geschäftsmodells komplementiert. Marcul und Rozenfeld [15] merken an, dass relevante soziologische und psychologische Faktoren in dieser Kategorisierung zu wenig Beachtung finden.

In der Literatur wird OSPE bisher vorrangig aus unternehmensorientierter Sichtweise betrachtet. Raasch et al. [3] weisen darauf hin, dass OSPE-Projekte zum einen von Unternehmen und zum anderen von Communities und Individuen gegründet und vorangetrieben werden. Die Projekte unterschieden sich jedoch signifikant hinsichtlich ihrer Ausrichtung zum Zeitpunkt der Projektgründung.

An dieser Stelle ist die durch Aksulu und Wade [16] beschriebene Einordnung im Kontinuum von rein proprietären und Open-Source-Systemen von entscheidender Bedeutung. Rein proprietäre Systeme generieren primär einen technologischen Output und verfolgen von Beginn an klar definierte Ziele im Sinne der Gewinnmaximierung. Reine Open-Source-Systeme streben hingegen eine erstmals nur schemenhafte, sich mit der Zeit verdichtende Zielsetzung an, wodurch humane (Kreativität, Commitment, Wissen), prozessuale (Prozeduren, Richtlinien, Standards) und technologische (Produkte, Komponenten) Outputs gleichgewichtet generiert werden. Entsprechend entwickeln sich proprietäre Systeme künstlich—in weitgehend vorbestimmten Bahnen entlang von Meilensteinen—und Open-Source-Systeme organisch und flexibel in einem stark iterativen Prozess, welcher in enger Wechselwirkung mit dem Umsystem steht. Im Open-Source-System werden die Teilsysteme zudem anstelle von einer formellen Organisation durch Kollaboration zusammengehalten und Adoption von Outputs vollzieht sich intern wie extern statt nur extern.

Analog zu diesem Kontinuum vollzieht sich eine Auftrennung des Innovationskonzepts einerseits in ein determiniertes, unternehmens- bzw. marktorientiertes Konzept der Effizienz (Kosten, Zeit, Qualität) und andererseits in ein instabiles, interaktives, kollektivistisches Konzept, welches konsequent auf Effektivität ausgerichtet ist. Die Initiierung jeglicher OSPE vollzieht sich demnach um einen abstrakten, problemlösungsbezogenen Leitgedanken herum, welcher auf technischem Enthusiasmus gründet und zum Zusammenschluss von Communities im Rahmen der Kollaboration führt.

Dabei sei angemerkt, dass zwischen OSPE und der Mitwirkung von Unternehmen aus kommerziellem Interesse heraus kein grundsätzlicher Widerspruch liegt, sofern der damit verbundene Satz von Aktivitäten nicht zum proprietären Imperativ für das Gesamtprojekt wird. Spieltheoretisch betrachtet erfordert dies pareto-optimale Lösungen, damit Unternehmen als gleichberechtigte Mitglieder in Communities agieren und von deren eigenen Mitwirkung profitieren, ohne diese in irgendeiner Form schlechter zu stellen.

Forschungsansatz und Datengrundlage

Der Forschungsansatz dieses Beitrags ist in erster Linie darauf angelegt, bestehende Ansätze und Praktiken der OSPE zu verstehen, um die Erarbeitung konzeptioneller Lösungen für deren Weiterentwicklung zu ermöglichen. Auf diese Weise entsteht ebenfalls eine solide Basis für die Untersuchung von Erfolgsfaktoren bei der Mitwirkung von Unternehmen in Communities. Da der Kernfokus auf der kollaborativen Produktentwicklung im Rahmen von Projekten liegt, wird die gemeinsame Schnittstelle von Produkt, Projekt und Produktentwicklungsteam betrachtet.

Ziel ist es, Projekte zur Entwicklung von physischen Produkten empirisch zu untersuchen, um dem Phänomen der OSPE die entsprechende Signifikanz beizumessen. Außerdem wird untersucht, wie OSPE-Projekte den virtuellen Raum nutzen, um deren Produkte als „*open source*“ zu veröffentlichen, und wie sie die unpräzise OSH-Definition für deren Zwecke interpretieren. Die Analyse des Interpretationsspielraums verfolgt die Absicht, die Erwägungen der entsprechenden Akteure besser zu verstehen.

Hierzu wurde eine empirische Datenerhebung durchgeführt, deren methodischer Ansatz im anschließenden Abschnitt beschrieben wird. In einem Erhebungszeitraum von drei Monaten wurden 76 OSPE-Projekte im Rahmen einer Onlinerecherche identifiziert und analysiert. Die Erhebung wurde auf Projekte zur Entwicklung von mechanischen und mechatronischen Produkten eingegrenzt, da sich diese von elektronischer Hardware in Hinblick auf die einhergehenden technisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen, Verfahren und Anforderungen essentiell unterscheiden. Die bereits bestehende Datengrundlage zur Erfassung von OSPE-Projekten von Balka et al. [17] nimmt keine Unterscheidung zwischen mechanischen und elektronischen Produkten vor und deckt somit, anders als die hier vorliegende Erhebung, das gesamte Feld des Open Designs ab.

Methoden der Datenerhebung

Durch die hier dargestellte Datenerhebung wurden die folgenden Zielstellungen verfolgt:

- Empirische Bestätigung der Existenz von OSPE-Aktivitäten;
- Formulierung von Hypothesen zum Umfang des Phänomens;
- Erkenntnisgewinn zum bestehenden Umfang von Projektaktivitäten der OSPE, welche über einschlägige Beispiele wie *Open Source Ecology*, *RepRap* oder *Local Motors* hinausgehen (dabei wurde auf Vollständigkeit und Repräsentativität der Daten geachtet);
- Analyse des Veröffentlichungsverhalten der identifizierten OSPE-Projekte (hierzu wurden die Offenheit von Projekten im Sinne der von Raasch et al. [9] identifizierten drei Aspekte des Open Designs sowie die Einhaltung der „Best Practices for Open-Source-Hardware“ der OSHWA [10] bewertet);
- Formulierung von Hypothesen zur Motivation und Organisation von OSPE;
- Verschaffen eines Gesamtüberblicks über die herrschende Heterogenität im Feld der OSPE.

Die Datenerhebung wurde im Zeitraum von März bis Mai 2016 im Rahmen einer Recherche mit gängigen Internetsuchmaschinen, Screening von sozialen Netzwerken sowie Gesprächen mit Experten in Fachkonferenzen durchgeführt. Es wurde nach solchen Produkten gesucht, welche die folgenden drei Kriterien erfüllen:

- Die Produkte beinhalten optional elektronische Hardware- und Software-Komponenten, weisen jedoch in jedem Falle mechanische Komponenten auf, da diese mit einem deutlich breiteren Anforderungsspektrum einhergehen. Produkte wie beispielsweise Halbleiter oder Leiterplatten von *Arduino*¹ erfüllen dieses Kriterium folglich nicht.
- Die Produkte besitzen eine gewisse Mindestkomplexität. Produkte, welche beispielsweise nur aus einem Bauteil oder Material bestehen, erfüllen dieses Kriterium nicht. Daher wurden Produkte wie Visitenkartenhalter oder Tassen nicht berücksichtigt. Mit diesem Kriterium wird sichergestellt, dass die betrachteten Produkte für die Entwicklung im Rahmen eines kollaborativen Entstehungsprozesses geeignet sind.

¹ Siehe URL: <https://www.arduino.cc/> (abgerufen am 14.06.2016).

- Die Produkte weisen ein Mindestmaß an Nutzungsrelevanz auf. Juwelierwaren, Verzierungselemente oder Gadgets wie z.B. personalisierte Handyhüllen oder 3D-gedruckte Ringe erfüllen dieses Kriterium nicht und wurden daher nicht berücksichtigt.
- Produkte werden von Projekten als *open source* bezeichnet, etwa um neue Mitglieder oder kommerzielle Mitwirkung auf dieser Basis zu umwerben.

Dieses Vorgehen gewährleistet eine konservative Bewertung des Phänomens. Die hiernach identifizierten Projekte wurden anhand der in Tabelle 1 beschriebenen Kriterien näher untersucht. Die Bewertung der Projekte erfolgte anhand von Informationen, welche auf den Websites der jeweiligen Projekte aufgeführt waren (d.h. Sekundärdaten).

Das Kriterium „Hardware-Komponente“ dient zur Aufteilung der Produkte in rein mechanische und mechatronische Produkte. Die Kriterien „Phase des Produktentstehungsprozesses“, „Status des Projektes“ und „Produktkategorie“ liefern kontextuelle Informationen. Die anderen Kriterien dienen der Bewertung der Offenheit von Projekten im Sinne der von Raasch et al. [9] identifizierten drei Aspekte des Open Designs: Transparenz, Reproduzierbarkeit und Zugänglichkeit. Der Aspekt Transparenz wurde gemäß der Verfügbarkeit von CAD-Dateien bewertet. Die Bewertung des Aspekts Reproduzierbarkeit erfolgte anhand der Verfügbarkeit von Montageanleitungen und Stücklisten. Die Bewertung des Aspekts Zugänglichkeit wurde anhand der Editierbarkeit der veröffentlichten Daten sowie der Verfügbarkeit einer Anleitung für potentielle Mitwirkende vorgenommen. Für diese drei Kriterien wurden nur die mechanischen Komponenten der jeweiligen Produkte betrachtet, sodass produktbezogene Daten elektronischer Hardware- oder Softwarekomponenten von der Betrachtung ausgenommen blieben.

Tabelle 1: Produktbewertungskriterien

CAD-Dateien verfügbar	Die CAD-Dateien der mechanischen Komponenten des Produktes sind online verfügbar.
CAD-Dateien editierbar	Die online veröffentlichten CAD-Dateien des Produktes sind editierbar. CAD-Dateien werden als editierbar betrachtet, wenn sie im Originalformat veröffentlicht werden und als nicht editierbar, wenn sie lediglich als Exportformat (z.B. PDF oder STL) veröffentlicht werden, welches es nicht ermöglicht, das 3D-Modell weiterzubearbeiten.
Montageanleitung verfügbar	Eine Montageanleitung ist online verfügbar.
Montageanleitung editierbar	Die veröffentlichte Montageanleitung ist editierbar. Eine Montageanleitung wird als editierbar betrachtet, wenn sie online in einer „Web 2.0“-Umgebung editiert oder als eine editierbare Datei heruntergeladen werden kann. Eine Datei wird ferner als editierbar betrachtet, wenn sie im Originalformat der Verarbeitung veröffentlicht wurde und als nicht editierbar, wenn sie lediglich als Exportformat (z.B. PDF) vorliegt.
Stückliste verfügbar	Die Stückliste des Produktes ist online verfügbar.
Stückliste editierbar	Die veröffentlichte Stückliste ist editierbar. Eine Stückliste wird als editierbar betrachtet, wenn sie online in einer „Web 2.0“-Umgebung editiert oder als eine editierbare Datei heruntergeladen werden kann. Eine Datei wird ferner als editierbar bewertet, wenn sie im Originalformat der Verarbeitung veröffentlicht wurde und als nicht editierbar, wenn sie lediglich als Exportformat vorliegt (z.B. PDF).
Hardware-Komponenten	Das Produkt besteht teilweise aus elektronischen Hardware-Komponenten.
Richtlinien zur Mitwirkung	Richtlinien zur Mitwirkung werden potentiellen Mitwirkenden zur Verfügung gestellt (z.B. richtungsweisende Aufruf zur Mitwirkung oder aktualisierte To-Do-Liste).

Phase des Produktentstehungsprozesses	In welcher Phase des Produktentstehungsprozesses befindet sich das Projekt? Fünf Phasen werden abgegrenzt. "Konzept": Es besteht lediglich ein Konzept, das noch zu entwerfen und auszuarbeiten ist. "Prototyp": Die Konstruktionsphase ist abgeschlossen und ein erster Prototyp wurde gebaut. "DIY-Herstellung": Das Produkt ist komplett beschrieben und kann von Interessenten selbst hergestellt werden. "Baukastenherstellung": Das Produkt wird als vollständiger Bausatz verkauft. "Herstellung": Das Produkt wird als fertiges Produkt verkauft.
Status des Projektes	Ist das Projekt aktiv und entwickelt/verreibt das Produkt weiter oder wurde die Weiterentwicklung des Produktes gestoppt? Das Projekt gilt als inaktiv, wenn keine Aktivität (sei es zur Weiterentwicklung des Produktes oder zum Vertrieb) innerhalb eines Jahres auf der Website des Projektes zu erkennen ist.
Produktkategorie	Einteilung der Produkte in Produktarten

Beschreibung des Datensatzes

Es wurden 76 Produkte gefunden, welche den Suchkriterien entsprachen². Von diesen bestehen 41 ausschließlich aus mechanischen Komponenten, 35 enthalten zusätzlich Hardware- und Softwarekomponenten (Abbildung 1a). Mehr als drei Viertel der Produkte werden aktuell weiterentwickelt oder vermarktet, während an den übrigen nicht mehr gearbeitet wird und die assoziierten Projekte somit nicht mehr aktiv sind (Abbildung 1b). Die am häufigsten repräsentierten Produktkategorien sind Werkzeugmaschinen und Fahrzeuge (Abbildung 1c). Die Kategorie Werkzeugmaschinen umfasst vor allem Desktop-Werkzeugmaschinen (kleine modulare Werkzeugmaschinen) wie den 3D-Drucker *Ultimaker*³ oder die Lasermaschine *Lasersaur*⁴. Unter die Kategorie Fahrzeuge fallen größtenteils Fahrräder wie die *XYZ Spaceframe Vehicles*⁵ und Autos wie das *Tabby OSVehicle*⁶.

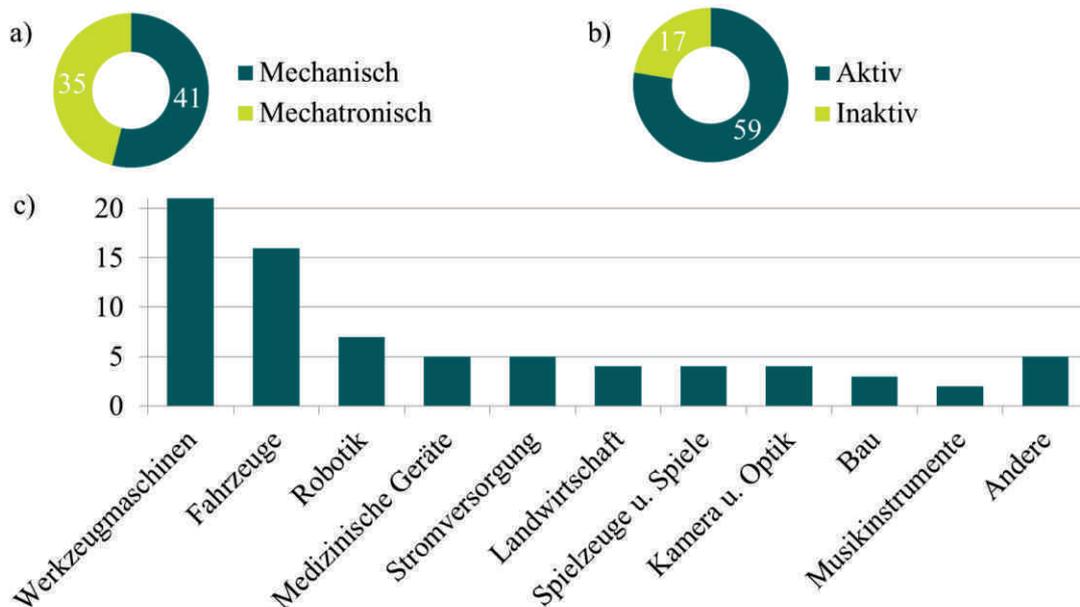


Abbildung 1: Charakterisierung des Datensatzes: a) Verteilung der mechanischen und mechatronischen Produkte b) Verteilung der aktiven und inaktiven zugehörigen Projekte c) Verteilung der Produkte pro Produktkategorie

² Die Liste der ausgewählten Projekte sowie ihre Bewertung anhand der im Artikel beschriebenen Kriterien stehen unter der URL: <http://opensource.design.cc> sowie im Anhang zu Verfügung.

³ Siehe URL: <https://ultimaker.com> (abgerufen am 14.06.2016).

⁴ Siehe URL: <http://www.lasersaur.com/> (abgerufen am 14.06.2016).

⁵ Siehe URL: <http://www.n55.dk/manuals/spaceframevehicles/spaceframevehicles.html> (abgerufen am 14.06.2016).

⁶ Siehe URL: <https://www.osvehicle.com> (abgerufen am 14.06.2016).

Ergebnisse und Interpretation

Diese Datenerhebung liefert zunächst eine empirische Bestätigung der Existenz von OSPE-Praktiken und liefert einen ersten Eindruck zum Umfang des Phänomens. Die in Abbildung 2 dargestellte Verteilung der Produkte entlang der erreichten Phasen des Produktentstehungsprozesses weist darauf hin, dass ein Großteil der Projekte ein Entwicklungsstadium erreicht hat, welches eine systematische Replikation des Produktes ermöglicht. Dadurch wird nicht nur die Existenz von OSPE-Aktivitäten bestätigt, sondern auch, dass aus OSPE-Projekten funktionsfähige Produkte entstehen können. Interessanterweise und entgegen gängiger Erwartungen haben nur 29% der identifizierten Projekte diesen Stand noch nicht erreicht. Hierfür lassen sich folgende Hypothesen ableiten:

- Projekte in den ersten Entwicklungsphasen sind schwieriger zu finden, da sie sich im Aufbau befinden und wenig dokumentiert sind;
- Produktdaten werden erst veröffentlicht, wenn der Entwicklungsstand des Produktes eine gewisse Reife erreicht hat, z.B. wenn ein offizielles Release ausgegeben werden kann.
- Die in den Projekten zugrundeliegenden OSPE-Prozesse weisen Strukturen auf, nach welchen erste Prototypen in einem relativ frühen Stadium entwickelt werden.

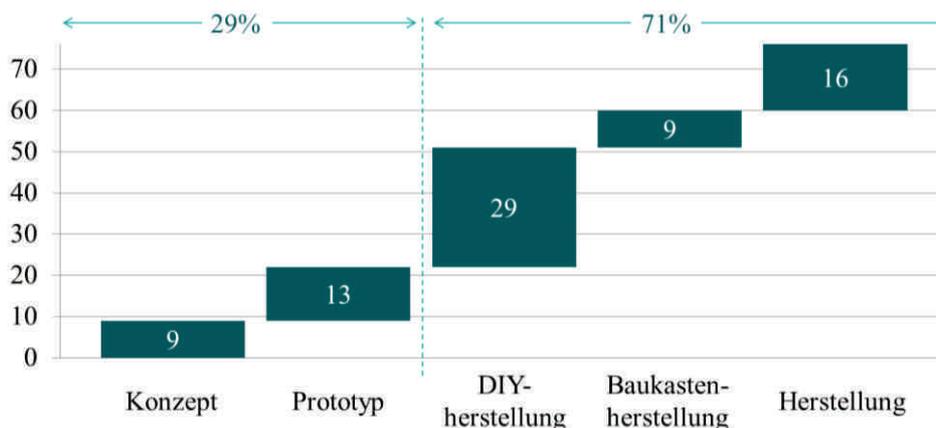


Abbildung 2: Verteilung der Produkte je erreichte Phase des Produktentstehungsprozesses

Abbildung 3 stellt die Auswertung produktbezogener Daten dar, die von den identifizierten Projekten veröffentlicht wurden. Von den 76 Projekten, die sich als *open source* bezeichnen, veröffentlichen nur 53 tatsächlich deren CAD-Dateien und weisen somit ein Mindestmaß an Transparenz auf. Der Umstand, dass bei 23 Projekten keine CAD-Dateien gefunden werden konnten, lässt den Rückschluss auf folgende Hypothesen zu:

- Die Produktentwicklung befindet sich in einer frühen Phase, sodass bisher keine CAD-Modelle vorliegen.
- Die Projekte verfolgen die Strategie einer komponentenweisen Offen- bzw. Nichtoffenlegung der Produktdaten, wie von Balka et al. Aufgezeigt [18]. Für Produkte, welche aus mechanischen und elektronischen Komponenten bestehen, legen einige Projekte nur die elektronische Hardware offen. Solche Fälle werden hier als nicht transparent bewertet, da nur die mechanischen Komponenten dieser Produkte bewertet werden.
- Die Intention zur Transparenz ist zwar gegeben, allerdings fehlt es entweder an erforderlichen Arbeitskapazitäten oder eine Offenlegung von Informationen erfolgt etwa nur auf Anfrage.
- Es gibt eine gewisse Verzögerung zwischen der Aussage, dass das Produkt *open source* sei, und der tatsächlichen Offenlegung der damit verbundenen Informationen. Zum Beispiel haben drei Projekte, welche am Anfang der Datenerhebung noch keine CAD-Dateien online gestellt hatten, diese erst im Zeitraum der Datenerhebung veröffentlicht.
- Das assoziierte Projekt ist inaktiv, weshalb die Daten nicht gepflegt werden und Verknüpfungen zu „*dead links*“ werden, sodass Informationen nicht mehr verfügbar sind.
- Schließlich wird ebenfalls behauptet, dass Produkte *open source* seien, ohne dass die Bereitschaft zur Offenlegung entsprechender Informationen überhaupt besteht.

Die Reproduzierbarkeit wird mit der Offenlegung von Stücklisten und Montageanleitungen verfolgt. Von den 76 identifizierten Projekten sind die Montageanleitungen von 39 und die Stücklisten von 33 Projekten öffentlich verfügbar.

Die Zugänglichkeit wird mit der Veröffentlichung von Richtlinien zur Mitwirkung und der Editierbarkeit der Dateien verfolgt. Von den identifizierten 76 Projekten geben nur 16 derartige Informationen für potentielle Mitwirkende heraus.

Von den 53 Projekten, welche die CAD-Dateien ihrer Produkte veröffentlichen, veröffentlichen 35 diese Dateien in editierbaren Originalformaten. Die 18 Übrigen stellen diese Dateien in Exportformaten wie STL oder PDF zur Verfügung, welche es nicht ermöglichen, 3D-Modelle ohne Informationsverlust zu bearbeiten. Auch von den 39 veröffentlichten Montageanleitungen sind nur 12 editierbar; von den 33 Stücklisten lassen sich 17 bearbeiten. Diese Daten werfen die mögliche Hypothese auf, dass nur ein Teil der identifizierten Projekte die Absicht verfolgt, Mitwirkende anzuwerben. Vielfach scheinen Projekte eher das primäre Interesse zu verfolgen, deren Projektergebnisse zu verbreiten, als diese kollaborativ weiterzuentwickeln.

Abbildung 4 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die drei Open-Design-Aspekte Transparenz, Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit. In dieser Abbildung werden Projekte:

- als transparent eingestuft, die CAD-Dateien veröffentlichen;
- als zugänglich eingestuft, die sämtliche Dateien in editierbaren Formaten und Richtlinien zur Mitwirkung veröffentlichen;
- als nicht zugänglich eingestuft, die weder Dateien in editierbaren Formaten noch Richtlinien zur Mitwirkung veröffentlichen;
- als reproduktionsfördernd (in Hinblick auf das Produkt) eingestuft, die Stücklisten sowie Montageanleitungen veröffentlichen;
- als nicht reproduktionsfördernd eingestuft, die weder Stücklisten noch Montageanleitung veröffentlichen.

Von den 76 Projekten wurden 53 als transparent, 30 als reproduktionsfördernd und 11 als zugänglich eingestuft. Dies deutet darauf hin, dass Transparenz ein Aspekt ist, der entweder von den Produktentwicklungsteams als besonders wichtig betrachtet wird oder zumindest am einfachsten zu realisieren ist. Ebenso liefern die Daten Hinweise, dass Zugänglichkeit ein Aspekt ist, der entweder als unbedeutend betrachtet wird oder schwieriger umzusetzen ist. Im Gegensatz hierzu zeigt die von Balka et al. durchgeführte empirische Studie [18] gegenüber der Reproduzierbarkeit eine stärkere Priorisierung der Transparenz und der Zugänglichkeit auf. Zugänglichkeit mag zwar theoretisch wichtig erscheinen, ist aber schwieriger in der Umsetzung, was unter anderem mit der Feststellung von Bonvoisin und Boujut [14] zusammenfällt, dass OSPE-Projekte über keine ausreichende Unterstützung von Methoden und IT-Werkzeugen zur Verwirklichung dieses Aspekts verfügen. Außerdem geht zunehmende Mitwirkung in OSPE-Prozessen einher mit gesteigertem Aufwand der Koordination und Integration von Aktivitäten, was signifikante Kapazitäten erfordert. Ferner ergeben sich Anforderungen an die Transparenz als Vorbedingung für die Realisierung von Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit, sodass Interdependenzen zwischen den drei Aspekten bestehen, auf welche die Daten allerdings keine Rückschlüsse erlauben.

Zuletzt ergibt sich ein interessantes Bild bei den Schnittmengen der drei Aspekte für die Projekte. Von den 76 Projekten, die sich als *open source* bezeichnen, erfüllen gemäß der vorgenommenen Einstufung nur 8 alle drei Aspekte, wohingegen 17 keinen und 51 die Aspekte nur teilweise erfüllen. Dies bestätigt, dass Offenheit ein graduelles und kein binäres Konzept ist.



Abbildung 3: Auswertung der veröffentlichten produktbezogenen Daten

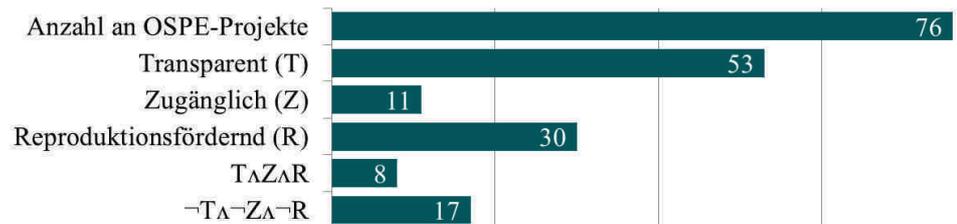


Abbildung 4: Auswertung der Transparenz, Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit

Eingrenzungen der Studie

Der für die hier dargestellte Studie erstellte Datensatz erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Repräsentativität für das gesamte Feld der OSPE. Die Autoren können nicht ausschließen, dass die von ihnen verwendete Methodik zur Recherche von OSPE-Projekten Untermengen des Feldes ausgelassen hat.

Auch in dieser Studie wurden die von den Produktentwicklungsprojekten veröffentlichten Daten binär (d.h. entsprechend ihrer Verfügbarkeit) bewertet. Die Qualität der Daten z.B. im Sinne der Ausführlichkeit oder Verständlichkeit wurde nicht näher beleuchtet. *Sind die Richtlinien zur Mitwirkung leicht verständlich für potentielle Interessenten und liefern sie die passenden Informationen? Welche Informationen werden in Stücklisten dargestellt und in welcher Form?* Fragen dieser Art wurden nicht näher beleuchtet und sollten im Rahmen künftiger Forschungsvorhaben aufgegriffen werden. Schließlich wurden die Kriterien Transparenz, Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit durch Proxy-Kriterien angenähert, die womöglich weitere relevante Aspekte ausgelassen haben. Insbesondere beim Kriterium Zugänglichkeit wäre eine nähere Betrachtung kollaborativer Gesichtspunkte (z.B. zur Aufgabenorganisation) aufschlussreich. Darüber hinaus bleibt offen, inwieweit durch OSPE-Projekte bereitgestellte Informationen tatsächlich verbreitet und verwertet werden. Ob und inwiefern Open-Source-Produkte auch tatsächlich reproduziert werden oder zu Unternehmensgründungen führen und Zugänglichkeit automatisch den Zusammenschluss und das Wachstum von Communities begünstigen, sind Dynamiken, welche es näher zu untersuchen gilt. Diese hängen wiederum von der Verwendung entsprechender Lizenzen ab, welche Open-Source-Ansätze unterstützen—ein weiteres Thema, das hier nicht berücksichtigt wurde. Eine Gegenüberstellung der von OSPE-Projekten bereitgestellten Inhalte und gewählten Lizenzierungsformen würden das Bild in dieser Hinsicht vervollständigen.

Fazit und Ausblick

Die vorliegende Datenerhebung zeigt empirisch auf, inwieweit die gesamte Breite des Interpretationsspielraums, welcher von der vagen Definition der Open-Source-Hardware ausgeht, in der Praxis ausgefüllt wird. Auf diese Weise wird empirisch bestätigt, dass das Konzept der Offenheit als graduell und multidimensional aufzufassen ist und das Feld der OSPE mit seiner reichen Vielfalt an Projekten in Hinblick auf den jeweiligen Kontext und bestehende Prioritäten äußerst heterogen ist. Obwohl Akteure aus Forschung (z. B.[9]) und Praxis (z.B. [10]) Transparenz, Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit als wichtige Bestandteile des Open-Source-Ansatzes betrachten, verwirklicht nur

rund jedes zehnte OSPE-Projekte alle drei Aspekte in Kombination. Überdies offenbart sich, dass einzelne Projekte eine sehr sparsame Interpretation des Open-Source-Ansatzes wählen, während andere Projekte hybride Strategien der Offenheit implementieren.

Die hier erhobenen Daten erlauben keine Differenzierung, inwieweit bei der Offenlegung von Produktinformationen Abweichungen zwischen Best Practices und vorherrschender Praxis intendiert oder kontextuell sind. Im Ergebnis lassen sich jedoch folgende Hypothesen formulieren:

- Ob Projekte Transparenz, Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit aufweisen, hängt davon ab, welche Zwecke die Projekte mit der gewählten Interpretation des Open-Source-Ansatzes verfolgen und welche Ressourcen sie in der Lage sind zur Verfügung zu stellen.
- Reproduzierbarkeit und Zugänglichkeit sind mit gesteigertem Ressourcenaufwand verbunden, benötigen eine proaktive Einstellung, erfordern die Entwicklung spezifischer Onlinetools und Prozesse und sind entsprechend anspruchsvoll in der Umsetzung.
- Transparenz wird in der Praxis als Mindestvoraussetzung anerkannt, um ein Projekt als *open source* zu bezeichnen. Zugänglichkeit und Reproduzierbarkeit werden hingegen entweder durch einen überwiegenden Teil der Projekte als optional betrachtet oder aber es fehlt an ausreichenden Mitteln, um dies zu ermöglichen.

Zur Bestätigung oder Widerlegung dieser Interpretationen bedarf es weitergehender empirischer Forschungsvorhaben, welche nicht auf Sekundärdaten basieren, sondern direkte Informationen aus diesen Projekten verfügen. Allerdings liefert dieser Artikel bereits einen ersten Beweis für die Existenz substantieller Open-Source-Entwicklungsaktivitäten von physischen Produkten fernab elektronischer Hardware. Es entsteht ein erster Eindruck zum Umfang des Phänomens und darüber hinaus ergeben sich Hinweise, dass aus OSPE-Projekten funktionsfähige Produkte entstehen können. Letztlich offenbart sich in der OSPE eine starke Heterogenität des Veröffentlichungsverhaltens unterschiedlicher Projekte sowie qualitativ eine deutlich geringere Trennschärfe zwischen rein proprietären und Open-Source-Systemen als im Feld der OSS.

Literaturverzeichnis

- [1] K. Balka, "Open Source Innovation Projects," 06-Sep-2016. [Online]. Available: <http://open-innovation-projects.org/project-list/>. [Accessed: 30-Mar-2016].
- [2] E. K. R. E. Huizingh, "Open innovation: State of the art and future perspectives," *Technovation*, vol. 31, no. 1, pp. 2–9, Jan. 2011.
- [3] C. Raasch, C. Herstatt, and K. Balka, "On the open design of tangible goods," *RD Manag.*, vol. 39, no. 4, pp. 382–393, 2009.
- [4] C. Raasch and C. Herstatt, "Product Development In Open Design Communities: A Process Perspective," *Int. J. Innov. Technol. Manag.*, vol. 08, no. 04, pp. 557–575, Dec. 2011.
- [5] A. S. Fjeldsted, G. Adalsteinsdottir, T. J. Howard, and T. C. McAloone, "Open Source Development of Tangible Products-from a business perspective," presented at the NordDesign 2012, Aalborg, Denmark, 2012.
- [6] Open Source Initiative, "The Open Source Definition 1.0," 22-Mar-2007. [Online]. Available: <https://opensource.org/osd-annotated>. [Accessed: 30-Mar-2016].
- [7] Open Source Hardware Association, "The Open Source Hardware Definition." [Online]. Available: <http://www.oshwa.org/definition/>. [Accessed: 30-Mar-2016].
- [8] G. Depoorter, "La 'communauté du logiciel libre' : espace contemporain de reconfiguration des luttes?," in *Résister au quotidien ?*, B. Frère and M. Jacquemain, Eds. Paris: Presses de Sciences Po, 2013.
- [9] K. Balka, C. Raasch, and C. Herstatt, "How Open is Open Source? – Software and Beyond," *Creat. Innov. Manag.*, vol. 19, no. 3, pp. 248–256, 2010.

- [10] Open Source Hardware Association, “Best Practices for Open-Source Hardware 1.0,” 18-Apr-2013. [Online]. Available: <http://www.oshwa.org/sharing-best-practices/>. [Accessed: 30-Mar-2016].
- [11] G. Müller-Seitz and G. Reger, “Networking beyond the software code? an explorative examination of the development of an open source car project,” *Technovation*, vol. 30, no. 11–12, pp. 627–634, Nov. 2010.
- [12] R. Stark and J. Lüddemann, Eds., *Sicher zur Innovation: Mit offenen Innovationsprozessen zum erfolgreichen Produkt*. LOG_X, 2015.
- [13] J. Bonvoisin, J. Wewiór, F. Ng, and G. Seliger, “Openness as a supportive Paradigm for eco-efficient Product-Service Systems,” presented at the 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Berlin, Germany, 2013.
- [14] J. Bonvoisin and J.-F. Boujut, “Open design platforms for open source product development: current state and requirements,” in *Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED 15)*, Milan, Italy, 2015, vol. 8 - Innovation and Creativity, pp. 11–22.
- [15] V. Macul and H. Rozenfeld, “How an open source design community works: the case of open source ecology,” *80-3 Proc. 20th Int. Conf. Eng. Des. ICED 15 Vol 3 Organ. Manag. Milan Italy 27-300715*, 2015.
- [16] A. Aksulu and M. Wade, “A Comprehensive Review and Synthesis of Open Source Research,” *J. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 11, no. 11, Nov. 2010.
- [17] K. Balka, C. Raasch, and C. Herstatt, “Open source enters the world of atoms: A statistical analysis of open design,” *First Monday*, vol. 14, no. 11, Nov. 2009.
- [18] K. Balka, C. Raasch, and C. Herstatt, “The Effect of Selective Openness on Value Creation in User Innovation Communities,” *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 31, no. 2, pp. 392–407, März 2014.

Anhang

Index	Produktname	Produkt-kategorie	Produkt-typ	Mechanisch / Mechatronisch	Status des Projekts	Erreichte Phase im Produktentstehungsprozess	Erreichung von Open-Source-Charakteristika								
							CAD verfügbar	Montageanleitungen verfügbar	Stückliste verfügbar	Richtlinien zur Mitwirkung verfügbar	CAD editierbar	Montageanleitung editierbar	Stückliste editierbar		
1	OSE LifeTrac	Landwirtschaft	Traktor	Mechanisch	Aktiv	Prototyp	x	x	x	x	x				
2	RepRap Mendel	Werkzeugmaschinen	3D Drucker	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x	x	x				
3	Zoybar	Musikinstrumente	Gitarre	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x			x	x				
4	VIA OpenBook	Andere	Laptop	Mechatronisch	Inaktiv	Konzept									
5	Local motors' Rallye Fighter	Fahrzeuge	Automobil	Mechanisch	Aktiv	Herstellung	x				x				
6	Open Structures' OpenCargoBike	Fahrzeuge	Transport-fahrrad	Mechanisch	Aktiv	Prototyp	x			x	x				
7	Open Source Beehives	Landwirtschaft	Bienenstock	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x			x				x
8	Zoetrope	Stromversorgung	Windturbine	Mechanisch	Inaktiv	DIY-Herstellung	x		x		x				
9	Wikispeed car	Fahrzeuge	Automobil	Mechanisch	Inaktiv	DIY-Herstellung									
10	OScar	Fahrzeuge	Automobil	Mechanisch	Inaktiv	Konzept									
11	OSVehicle - Tabby	Fahrzeuge	Automobil	Mechanisch	Aktiv	Prototyp	x				x				

Index	Produktname	Produkt-kategorie	Produkt-typ	Mechanisch / Mechatronisch	Status des Projekts	Erreichte Phase im Produktentstehungsprozess										
							CAD verfügbar	Montageanleitungen verfügbar	Stückliste verfügbar	Richtlinien zur Mitwirkung verfügbar	CAD editierbar	Montageanleitung editierbar	Stückliste editierbar			
12	Hybrian	Fahrzeuge	Auto-mobil	Mechanisch	Inaktiv	Konzept										
13	ANDRE cars	Fahrzeuge	Auto-mobil	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x		x			x				x
14	C,mm,n	Fahrzeuge	Auto-mobil	Mechanisch	Inaktiv	Prototyp										
15	eCorolla	Fahrzeuge	Automobil	Mechanisch	Inaktiv	Konzept										
16	DIY Bicycle	Fahrzeuge	Fahrrad	Mechanisch	Aktiv	Prototyp										
17	XYZ Spaceframe vehicle	Fahrzeuge	Fahrrad	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x							
18	Multimachine	Werkzeugmaschinen	Werkzeugmaschine	Mechanisch	Inaktiv	Prototyp	x	x	x							
19	Wikihouse	Bau	Haus	Mechanisch	Aktiv	Herstellung										
20	OSWash	Andere	Waschmaschine	Mechanisch	Inaktiv	Konzept										
21	Apertus Axiom	Kamera u. Optik	Kamera	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x			x		x				
22	UAVP.NG	Spielzeuge u. Spiele	Quadro-kopter	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x			x			x	x
23	Aeroquad	Spielzeuge u. Spiele	Quadro-kopter	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x	x	x		x			x	x
24	Uzebox	Spielzeuge u. Spiele	Spiel-konsole	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x									
25	Open ECG	Medizinische Geräte	Elektro-kardiograph	Mechatronisch	Inaktiv	Prototyp										
26	OpenPCR	Medizinische Geräte	PRC Thermocycler	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x	x			x				x
27	echOpen	Medizinische Geräte	Ultraschall-Stethoskop	Mechatronisch	Aktiv	Konzept				x						
28	BioNico	Medizinische Geräte	Handprothese	Mechatronisch	Aktiv	Prototyp	x									
29	OSLOOM	Werkzeugmaschinen	Jacquard webstuhl	Mechatronisch	Inaktiv	Prototyp										
30	Bloombot	Werkzeugmaschinen	Hydrokultur-Gärtner-system	Mechanisch	Inaktiv	DIY-Herstellung	x					x				
31	OpenKnit	Werkzeugmaschinen	Strickmaschine	Mechatronisch	Inaktiv	DIY-Herstellung	x	x	x							x
32	AeroSeeD Micro-Eolienne	Stromversorgung	Wind-turbine	Mechanisch	Inaktiv	DIY-Herstellung	x	x	x			x			x	x
33	Fab@Home	Werkzeugmaschinen	3D Drucker	Mechatronisch	Inaktiv	DIY-Herstellung										
34	Ultimaker 2	Werkzeugmaschinen	3D Drucker	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x	x	x			x				
35	Pandora	Spielzeuge u. Spiele	Spiel-konsole	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x									
36	Lasersaur	Werkzeugmaschinen	Laser-Fräser	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x	x			x				x
37	LuzBot Taz 5	Werkzeugmaschinen	3D Drucker	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x	x				x				
38	Lyman Filament Extruder	Werkzeugmaschinen	Plastik-müll-Extruder	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x								
39	Opendsk's Lean Desk	Andere	Schreib-tisch	Mechanisch	Aktiv	Herstellung	x	x	x							
40	OpenROV	Robotik	Unter-wasser-roboter	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x	x	x	x					x

Index	Produktname	Produkt-kategorie	Produkt-typ	Mechanisch / Mechatronisch	Status des Projekts	Erreichte Phase im Produktentstehungsprozess									
							CAD verfügbar	Montageanleitungen verfügbar	Stückliste verfügbar	Richtlinien zur Mitwirkung verfügbar	CAD editierbar	Montageanleitung editierbar	Stückliste editierbar		
41	InMoov	Robotik	Humano-ider Roboter	Mechatronisch	Aktiv	Prototyp	x	x	x						
42	Film-Retter InlineCleaner	Kamera u. Optik	Filmreini-ger	Mechanisch	Aktiv	Baukastenherstellung		x	x						
43	myphotonics	Kamera u. Optik	Optomechanische Werkbank	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x		x				
44	Ultrascope	Kamera u. Optik	Teleskop	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x						
45	Open Wheels	Fahrzeuge	Segway	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x							
46	Hovalin	Musikinstrumente	Violine	Mechanisch	Aktiv	Herstellung	x	x	x		x				
47	μDelta	Werkzeugmaschinen	3D Drucker	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x	x						
48	Open Gigabot	Werkzeugmaschinen	3D Drucker	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x				x				
49	Plen	Robotik	Humano-ider Roboter	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x	x			x			x	
50	SunZilla	Stromversorgung	Solar-generator	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x						
51	ShapeOko	Werkzeugmaschinen	Fräsgerät	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x						x
52	Xcarve	Werkzeugmaschinen	Fräsgerät	Mechanisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x	x	x	x		x	x	
53	IMAGINARY	Andere	Museumsausstellung	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung				x					
54	Velocar	Fahrzeuge	Velo-mobil	Mechanisch	Inaktiv	Konzept									
55	Hexy	Robotik	Hexapod-Roboter	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x	x			x				
56	iCub	Robotik	Humano-ider Roboter	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x	x	x		x	x	
57	NimbRo-OP	Robotik	Humano-ider Roboter	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x				x				
58	Poppy	Robotik	Humano-ider Roboter	Mechatronisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x	x	x			x	x
59	Carla Cargo	Fahrzeuge	Transport-fahrrad	Mechanisch	Aktiv	Herstellung	x				x				
60	Tinker bike	Fahrzeuge	Motorrad	Mechanisch	Aktiv	Prototyp									
61	Knitic	Werkzeugmaschinen	Strickmaschine	Mechatronisch	Aktiv	Baukastenherstellung	x	x							
62	Automatic Bartender	Andere	Cocktail-automat	Mechatronisch	Aktiv	Prototyp		x							
63	Eletric Eel wheel	Werkzeugmaschinen	Spinnrad	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung	x	x	x						x
64	Open Source Two-Stroke Diesel Engine	Fahrzeuge	Dieselmotor	Mechanisch	Aktiv	Konzept									
65	OpenEnergyMonitor	Stromversorgung	Energieüberwachungsgerät	Mechatronisch	Aktiv	Herstellung									
66	GEK Gasifier	Stromversorgung	Vergaser	Mechanisch	Aktiv	Herstellung	x				x				
67	Precious plastic	Werkzeugmaschinen	Plastikmüllextruder	Mechanisch	Aktiv	DIY-Herstellung	x	x	x		x				

