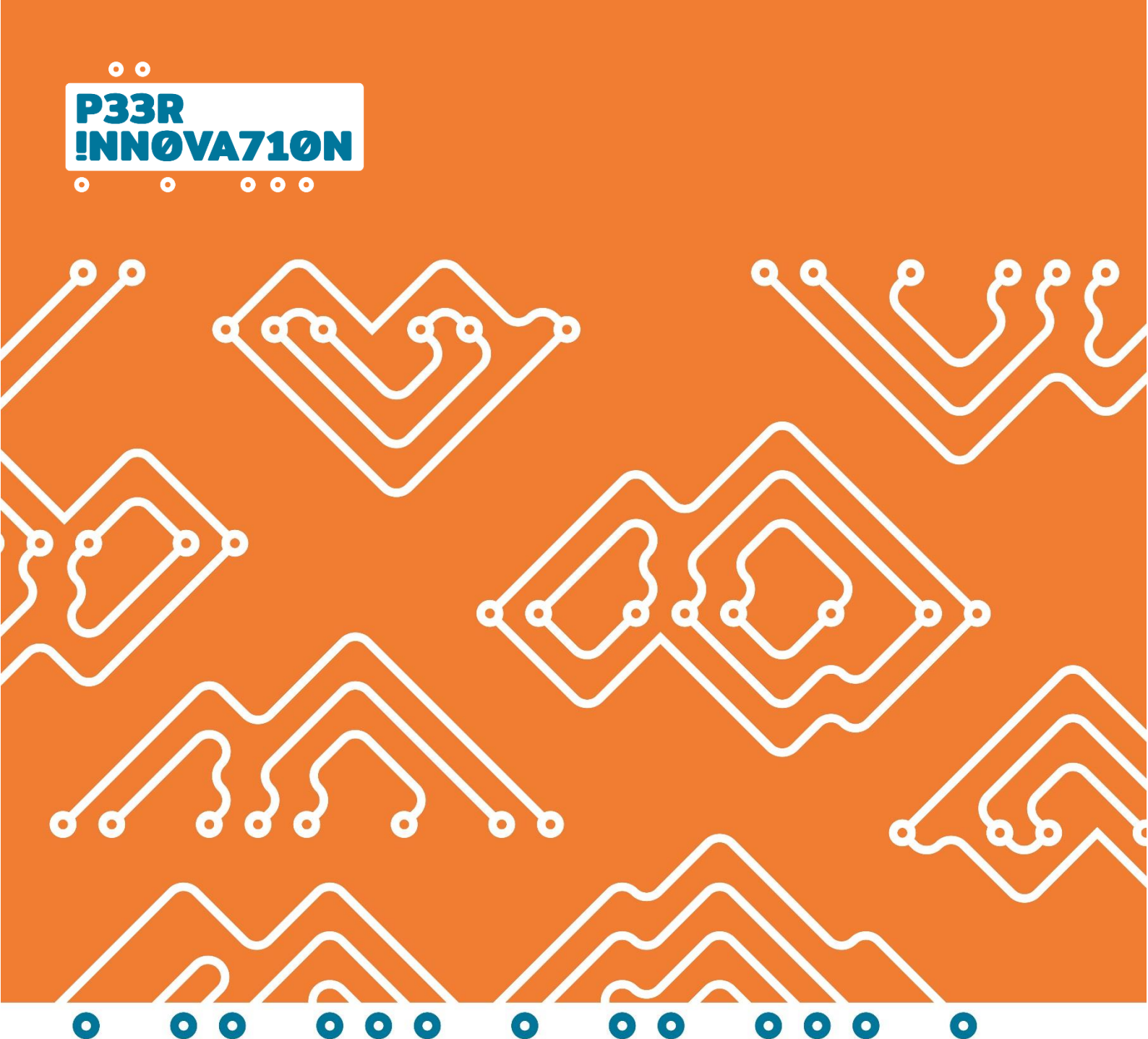




PEER INNOVATION

Open-Source-Communities im Bereich Nachhaltigkeit

Arbeitsbericht 3

Impressum

Autor/innen:

Dr. Jan Peuckert (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung)

Jan-Philipp Mesenbrock (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung)

Philipp Heß (Technische Universität Berlin)

Projektleitung:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig

Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin

www.ioew.de



Kooperationspartner:

Technische Universität Berlin

Straße des 17. Juni 135

10623 Berlin

www.tu-berlin.de



Der vorliegende Beitrag entstand im Forschungsprojekt „PeerInnovation“. Das Projekt ist Teil des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Programms „Weiterentwicklung der Indikatorik für Forschung und Innovation“.

Förderkennzeichen 16IFI108



Zitiervorschlag:

Jan Peuckert, Jan-Philipp Mesenbrock, Philipp Heß (2021): Peer Innovation – Open-Source-Communities im Bereich Nachhaltigkeit. Arbeitsbericht 3 des Forschungsprojekts PeerInnovation. Berlin: IÖW.

Mehr Informationen zum Projekt: www.peer-innovation.de

Berlin, März 2022

Zusammenfassung

Technische Lösungen werden als quelloffen (*open source*) bezeichnet, wenn sie öffentlich zugänglich sind, so dass jeder sie studieren, verändern, verbreiten, produzieren und verkaufen kann. An Open-Source-Projekten zeigen sich beispielhaft der Erfindungsreichtum und die Gestaltungskraft von Peer-Communities bei der gemeinsamen Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien. Das Projekt Peer Innovation erforscht, wie Datensätze, die bei der Interaktion von Peer-Communities in Online-Foren entstehen, genutzt werden können, um deren Innovationsaktivitäten besser zu erfassen und abzubilden. Die vorliegende Studie untersucht die Zusammenarbeit von Gleichgesinnten in den Open-Source-Communities *OpenEnergyMonitor*, *OpenStreetMap* und *Precious Plastic* als prominente Fallbeispiele für Peer-Innovation mit Nachhaltigkeitsrelevanz. Der Bericht nutzt quantitative und qualitative empirische Analysemethoden, um die Online-Interaktion der Communities nachzuvollziehen, die Netzwerke zu beschreiben und zu visualisieren und ihre Bedeutung für das Innovationsgeschehen besser zu verstehen. Die Fallstudien zeigen die Unterschiedlichkeit der Open-Source-Communities auf und die Vielfalt ihrer Beiträge zum soziotechnischen Wandel. Die Entwicklung und Verbreitung technischer Lösungen ist nur ein Aspekt, mit dem diese Netzwerke zur Entstehung und gesellschaftlichen Verankerung nachhaltiger Innovationen beitragen.

Abstract

Technical solutions are *open source* if they are publicly accessible so that anyone can study, modify, distribute, produce and sell them. Open source projects exemplify the inventiveness and creative power of peer communities in the joint development and dissemination of new technologies. The research project PeerInnovation explores how data sets generated by peer communities interacting in online forums can be used to better capture and map their innovation activities. This study examines peer collaboration in the Open-Source-Communities *OpenEnergyMonitor*, *OpenStreetMap* and *Precious Plastic* as prominent case studies of peer innovation with relevance for sustainable development. The report uses quantitative and qualitative empirical methods of analysis to trace the online interaction of the communities, to describe and visualise the networks and to better understand their importance for the innovation process. The case studies show the diversity of the Open-Source-Communities and the variety of their contributions to socio-technical change. The development and dissemination of technical solutions is only one aspect with which these networks contribute to the emergence and social anchoring of sustainable innovations.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Open-Source-Communities	8
2.1	Projekt-Hosting-Plattformen	9
2.2	Aktuelle Standardisierungsprozesse	11
2.3	Community-Foren als Datenquelle	13
3	Methodisches Vorgehen	14
3.1	Auswahl der Fallstudien	14
3.2	Beitrags- und Netzwerkanalyse	15
3.2.1	Beitragsverhalten	17
3.2.2	Foren-Netzwerke	17
3.3	Interviews mit Community-Mitgliedern	19
3.3.1	Konzeptioneller Rahmen	19
3.3.2	Durchführung und Auswertung	21
4	Ergebnisse der Fallstudien	23
4.1	OpenEnergyMonitor	23
4.1.1	Auswertung der Interviews	23
4.1.2	Auswertung der Forum-Daten	26
4.1.3	Rolle im soziotechnischen Wandel	27
4.2	OpenStreetMap	29
4.2.1	Auswertung der Interviews	29
4.2.2	Auswertung der Forum-Daten	33
4.2.3	Rolle im soziotechnischen Wandel	35
4.3	Precious Plastic	36
4.3.1	Auswertung der Interviews	36
4.3.2	Auswertung der Forum-Daten	40
4.3.3	Rolle im soziotechnischen Wandel	42
4.4	Diskussion der Gemeinsamkeiten und Unterschiede	43
5	Fazit und Ausblick	47
6	Literatur	49
7	Anhang	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der OSHWA-Zertifizierungen (Stand Juni 2021)	12
Abbildung 2: Ausgewählte Fallstudien	15
Abbildung 3: Beitragsverlauf in den untersuchten Online-Foren und betrachtetes Zeitfenster (2017-2019)	16
Abbildung 4: Abbildung von Nutzer-Netzwerken auf Basis von Beiträgen in Threads	18
Abbildung 5: Peer-Community als Netzwerk von Akteuren im TIS	20
Abbildung 6: Nutzerherkunft im OEM-Forum (TOP20, bei 14% fehlte die Angabe)	26
Abbildung 7: OEM-Forum-Netzwerk	27
Abbildung 8: Rolle der OEM-Community im soziotechnischen Wandel	28
Abbildung 9: Nutzerherkunft im OSM Forum (geschätzt anhand Beitragsverhalten in users:x-Foren)	33
Abbildung 10: OSM-Forum-Netzwerk	34
Abbildung 11: Rolle der OSM-Community im soziotechnischen Wandel	35
Abbildung 12: Nutzerherkunft im PP-Forum (TOP20, bei 11% der Nutzer fehlte die Angabe)	40
Abbildung 13: PP-Forum-Netzwerk	41
Abbildung 14: Rolle der PP-Community im soziotechnischen Wandel	42
Abbildung 15: Anzahl aktive Nutzer und Beiträge (pro Monat)	58
Abbildung 16: Lorentz-Kurven. Beitragsanteil pro Nutzeranteil	58
Abbildung 17: Verteilung des Grads (Anzahl "Ko-Autoren")	59
Abbildung 18: Beteiligung zentraler Nutzer am Austausch	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Adressierte Nachhaltigkeitsziele der Fablab-Communities	8
Tabelle 2: Plattformen für Open Source Projekte	9
Tabelle 3: Open-Source-Hardware-Standards.....	11
Tabelle 4: OSHWA-Zertifizierungen von quelloffener Hardware seit 2016	12
Tabelle 5: Datengrundlage	16
Tabelle 6: Operationalisierung der TIS-Funktionen.....	20
Tabelle 7: Akteurstypen nach Schot et al. (2016).....	22
Tabelle 8: Bewertung des Beitrags der OEM-Community zu den TIS-Funktionen	24
Tabelle 9: Bewertung des Beitrags der OSM-Community zu den TIS-Funktionen	29
Tabelle 10: Bewertung des Beitrags der PP-Community zu den TIS-Funktionen	36
Tabelle 11: Interview-Aussagen zu verschiedenen Community-Merkmalen.....	44
Tabelle 12: Vergleich der Communities	46
Tabelle 13: Beschreibung des Beitragsverhaltens (Standardabweichungen in Klammern)	53
Tabelle 14: Beschreibung der gebildeten Netzwerke (Standardabweichungen in Klammern).....	53
Tabelle 15: Statistiken zur Herkunft der Beitragenden	54
Tabelle 16: Klassifizierung & Anzahl Beiträge in Unterforen.....	54
Tabelle 17: Durchgeführte Interviews.....	57

1 Einleitung

Innovationen spielen bei der Transformation soziotechnischer Systeme eine wichtige Rolle. Die Entwicklung und Verbreitung nachhaltiger Technologien wird aber nicht nur durch innovative Unternehmen, sondern auch von Privatakteuren vorangetrieben. Das Internet erleichtert ‚Amateuren‘ und Hobbybastlern den Erfahrungsaustausch mit Gleichgesinnten und die Zusammenarbeit an quelloffenen technischen Lösungen in Online-Communities. Um den Beitrag dieser Communities zum Innovationsgeschehen zu bemessen, sind völlig neue Indikatorik-Ansätze erforderlich, da sich herkömmliche Innovationsstatistiken bisher vorwiegend auf den Unternehmenssektor konzentriert haben. Das Projekt Peer Innovation erforscht, wie Datensätze, die bei der Interaktion von Peer-Communities in Online-Foren entstehen, genutzt werden können, um deren Innovationsaktivitäten besser zu erfassen und sichtbar zu machen.

Das Potenzial der Zusammenarbeit von Gleichgesinnten für Innovation und Nachhaltigkeit hat der erste Arbeitsbericht des Projekts (Peuckert et al., 2020) konzeptionell herausgearbeitet. Der zweite Arbeitsbericht (Pohlisch & Peuckert, 2021) hat untersucht, welche Indikatoren von der einschlägigen Literatur für die Erfassung von Innovationen in Online-Communities vorgeschlagen werden, und daraus eine Typologie relevanter Kennzahlen für Peer-Innovation entwickelt. Der hier vorliegende dritte Arbeitsbericht widmet sich nun konkreten Beispielen für nachhaltige Peer-Innovation, indem er Peer-Communities im Open-Source-Bereich und ihre Beiträge zum soziotechnischen Wandel mit quantitativen und qualitativen Methoden empirisch untersucht.

Open-Source-Projekte sind exemplarisch für die kreative Zusammenarbeit von Peer-Communities bei der Entwicklung neuer Technologien. Dieser bei der Softwareentwicklung entstandene Ansatz wird inzwischen auch erfolgreich auf andere Bereiche der Wissensproduktion übertragen, wie das gemeinsame Sammeln von Daten und die Entwicklung physischer Produkte und Designs. Im vorliegenden Bericht werden ausgewählte Open-Source-Communities aus unterschiedlichen Technologiebereichen und in verschiedenen Handlungsfeldern der Nachhaltigkeit eingehender analysiert. Mit einem Multimethodenansatz werden die Strukturen, Kommunikationswege, Interaktionen, Regeln und relevanten Plattformen dieser Communities erhoben und dargestellt und ihre Bedeutung für den soziotechnischen Wandel bewertet.

Zum einen werden die Online-Interaktionsdaten der Community-Foren ausgewertet, um die Struktur der Peer-Netzwerke zu visualisieren, das Beitragsverhalten zu untersuchen und zentrale Akteure innerhalb der Communities zu identifizieren. Zum anderen werden Interviews mit Community-Mitgliedern dazu genutzt, den Einfluss der Communities auf den soziotechnischen Wandel zu bestimmen. Es werden Aktivitäten und Interaktionsprozesse der Communities erhoben und ihre Bedeutung für die Entstehung und Verbreitung nachhaltiger technologischer Lösungen beurteilt. Die Beispiele verdeutlichen dabei die Vielfalt der Beiträge zum nachhaltigen Innovationsgeschehen.

Der Bericht beginnt mit einem Überblick über die Open-Source-Landschaft und die schwierige Datenlage bei der empirischen Erfassung von Open-Source-Aktivitäten. Wichtige Online-Plattformen für den Austausch von Ideen und für das Teilen quelloffener Designs im Zusammenhang mit Peer-Innovationsprojekten werden dargestellt und Datenquellen zusammengetragen, die einen Eindruck von der aktuellen Entwicklung des Bereichs geben. Im Anschluss daran werden drei Fallstudien anhand von Interviews und Analysen ihrer beobachtbaren Online-Interaktion eingehender untersucht. Mithilfe quantitativer und qualitativer Analysemethoden wird für jede Peer-Community ein Profil erstellt, das Aufschluss über deren Beitrag zum Innovationsgeschehen gibt. Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Communities werden im Hinblick auf diesen Beitrags diskutiert, bevor daraus Schlussfolgerungen für eine Weiterentwicklung von Indikatoren für Peer-Innovation gezogen werden.

2 Open-Source-Communities

Open-Source-Communities entwickeln technische Lösungen, die öffentlich zugänglich gemacht werden, so dass jeder sie studieren, verändern, verbreiten, produzieren und verkaufen kann. Nach und nach wurden die Open Source Prinzipien, die ihren Ursprung in der gemeinsamen Entwicklung freier Software genommen haben, auch auf andere Bereiche der Wissensproduktion, wie beispielsweise auf die Erhebung und offene Bereitstellung von Daten (*open data*) oder auf die Entwicklung von physischen Objekten (*open hardware*), übertragen (Mies, Bonvoisin und Stark 2020).

Eine kürzlich veröffentlichte Studie im Auftrag der Europäischen Union (Blind et al., 2021) unterstreicht die große Bedeutung, welche der Entwicklung von Open-Source-Software und -Hardware für die europäische Wirtschaft zukommt. Diese Form der Wissensproduktion hat sich mittlerweile nicht nur in sämtlichen Bereichen der Softwareindustrie etabliert, sondern entwickelt sich demnach auch im Hardware-Bereich dynamisch und wird für die Ausgestaltung von technologischen Zukunftsfeldern wie das Internet der Dinge, Robotik, maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz eine wichtige Rolle spielen. Die mit Open Source verbundene Kultur des Teilens ist ein wichtiger Bestandteil der Maker-Bewegung (Anderson, 2014), deren Bedeutungszunahme sich an der weltweiten Zahl von Fablabs (Gershenfeld, 2005), offenen Werkstätten (Simons et al., 2016) und Makerspaces (Paulo et al., 2017) zeigt. Auch für die Entwicklung nachhaltiger Handlungsfelder, wie Circular Economy (Charter & Keiller, 2014; Prendeville et al., 2017), dezentrale Fertigung (Kohtala, 2015; Kohtala & Hyysalo, 2015; Petschow, 2016) und Smart Energy (Grosse, 2018; Hyysalo et al., 2018) stoßen Open-Source-Communities Innovationen an, indem sie verteilte Wissensbestände und plurale Zielorientierungen zusammenbringen und alternative technologische Entwicklungspfade ausloten (Kohtala, 2016; Osunyomi et al., 2016; Petschow & Peuckert, 2016; Peuckert et al., 2020).

Tabelle 1: Adressierte Nachhaltigkeitsziele der Fablab-Communities

Globale Ziele für nachhaltige Entwicklung			Projektzahl	Anteil
	SDG 4	Inklusive, gerechte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle fördern	191 / 241	79%
	SDG 9	Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen	158 / 241	66%
	SDG 12	Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen	103 / 241	43%
	SDG 11	Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten	84 / 241	35%
	SDG 5	Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen	75 / 241	31%

Quelle: Working group "Fab Labs and Sustainable Development Goals (SDGs)", Stand: September 2021

Das transformative Potenzial von Peer-Innovation zeigt sich auch daran, dass viele der Projekte auf den einschlägigen Open-Source-Plattformen (siehe Tabelle 2) Nachhaltigkeitsziele adressieren. Laut einer Erhebung von *Wikifactory* (van den Bergh, 2019) waren etwa ein Drittel, nämlich 290 aller 875 Projekte auf dieser Kollaborationsplattform auf mindestens eines der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen ausgerichtet. Ein ähnliches Bild zeichnet auch Erhebung des internationalen Fablab-Netzwerks, wonach durch deren Communities vor allem die Nachhaltigkeitsziele „Hochwertige Bildung“ (SDG 4) und „Industrie, Innovation und Infrastruktur“ (SDG 9) in ihren Projekten adressiert werden (siehe Tabelle 1).

Es gibt unzählige Open-Source-Projekte in den unterschiedlichsten Technologie- und Wissensbereichen, an denen Privatakteure unentgeltlich mit anderen Gleichgesinnten in informellen Online-Netzwerken arbeiten. In der Regel handeln die Beitragenden nicht beruflich, sondern tüfteln in ihrer Freizeit und suchen nach neuen Lösungen für von ihnen wahrgenommene Bedarfe. Sie innovieren aus vielfältigen Motiven, z. B. für den persönlichen oder familiären Gebrauch, um anderen zu helfen oder die Welt zu verbessern, aus Spaß am Hacken und Problemlösen oder einfach, weil sie lernen und Teil einer Gemeinschaft sein wollen. Es handelt es sich dabei also um hervorragende Beispiele für einen spezifischen Innovationsmodus, den wir als Peer-Innovation bezeichnen (Peuckert et al., 2020).

Viele Open-Source-Communities nutzen digitale Medien, wie Online-Foren, Repositorien, soziale Medien, Bulletin Boards oder Mailinglisten für ihre Kommunikation. Die vorliegende Studie untersucht, inwieweit die digitalen ‚Fußabdrücke‘ der Interaktion in den Online-Foren der Communities für die Messung von Peer-Innovation genutzt werden können.

2.1 Projekt-Hosting-Plattformen

Die Dezentralität der Open-Source-Aktivitäten erschwert einen Überblick über das Innovationsgeschehen in diesem Bereich. Bisher existiert keine übergreifende Institution, bei der sämtliche Informationen zu den relevanten Aktivitäten zusammenlaufen. Die Datenlage für eine Beurteilung der Gesamtentwicklung von Open-Source-Entwicklungen ist deshalb äußerst schwierig. Allerdings etablieren sich zunehmend digitale Hosting-Plattformen für Open-Source-Projekte, wo unterschiedliche quelloffene Lösungen vorgestellt werden. Eine Veröffentlichung auf diesen Plattformen verschafft Open-Source-Projekten Sichtbarkeit und hilft ihnen Mitstreiter zu rekrutieren. Tabelle 2 stellt einige dieser Plattformen vor, um einen Eindruck von den Inhalten und dem Umfang des Innovationsgeschehens im Open-Source-Bereich zu geben, erhebt dabei aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 2: Plattformen für Open Source Projekte

Plattform	Beschreibung
Appropedia	<i>Appropedia</i> ist eine Wiki-Plattform, die Projekte und Best Practices im Bereich angepasster Technologien sammelt und darauf zielt, gemeinsam Lösungen in den Bereichen Nachhaltigkeit, Armutsbekämpfung und Entwicklungszusammenarbeit zu erarbeiten. <i>Appropedia</i> wurde 2006 online gestellt und umfasst mehr als eintausend Projekte.
Energypedia	<i>Energypedia</i> versteht sich als Wiki-Plattform für den kollaborativen Wissensaustausch zu Themen wie erneuerbare Energien, Energiezugang und Energieeffizienz in Entwicklungsländern. Die Plattform wurde 2011 öffentlich gemacht und zählt inzwischen mehr als 5.000 Artikel.
Fablabs.io	<i>Fablabs.io</i> ist die Austauschplattform und das soziale Online-Netzwerk der FabLabs. Das internationale Netzwerk umspannt mehr als 1000 FabLabs, die darüber miteinander verbunden sind und ihr Wissen, ihre technischen Lösungen und Designs in ein größeres Ökosystem einbetten. Die Plattform wurde seit 2014 entwickelt und arbeitet seit 2019 für die Projektdokumentation mit <i>Wikifactory</i> zusammen.

Plattform	Beschreibung
GitHub	<i>GitHub</i> ist eine Plattform, die als Filehosting-Dienst Projektentwicklungen speichert. Sie nutzt die Versionsverwaltung Git, welche die Online-Zusammenarbeit an Open-Source-Projekten erleichtert. Die Plattform wurde 2008 gestartet und 2018 durch <i>Microsoft</i> übernommen. Aktuell nutzen mehr als 73 Millionen Entwickler*innen die Plattform, die mehr als 200 Millionen Repositorien umfasst.
GitLab	<i>GitLab</i> ist eine andere Git-basierte Plattform für die Verwaltung von Open-Source-Projekten. GitLab wurde 2011 gegründet und gilt als wichtigste Alternative zu GitHub. Die Plattform zählt mehr als 30 Millionen registrierte Nutzer*innen. Seit 2019 befindet sich dort beispielsweise auch das am CERN gegründete <i>Open Hardware Repository</i> , wo Experimentalphysiker*innen gemeinsam an offenen Hardwaredesigns arbeiten.
GNU Savannah	<i>GNU Savannah</i> ist eine Plattform für Open-Source-Projekte der <i>Free Software Foundation</i> , die der Entwicklung offizieller GNU-Software dienen soll. Sie zählt derzeit etwa 25000 Registrierte und knapp 4000 Projekte.
Hackaday.io	<i>Hackaday.io</i> ist nach eigenen Angaben das größte Online-Repository für Open Hardware Projekte. Es begann 2014 als Projekt-Hosting-Website unter dem Namen Hackaday Projects. Aus einem Online-Magazin hervorgegangen, ist es inzwischen zu einem sozialen Netzwerk mit 100.000 Mitgliedern angewachsen. Der Elektronikhandelskonzern <i>Supplyframe</i> , der die Plattform betreibt, wurde im März 2021 von Siemens aufgekauft.
Hackster.io	<i>Hackster.io</i> ist eine Community-Plattform von Hardware- und Software-Entwickelnde in den Bereichen Mikrocontroller und Robotik, maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz, Automatisierung und Internet der Dinge. Sie verbindet mehrere Peer-Communities und technologiespezifische Plattformen, wie z.B. <i>Arduino Project Hub</i> . Sie wurde 2014 in Kalifornien gegründet und 2016 vom Elektronik-Großhandel <i>Avnet</i> gekauft. Aktuell zählt sie fast 2 Millionen Mitglieder und mehr als 30.000 Open-Source-Projekte.
Instructables	<i>Instructables</i> ist eine Plattform, die sich an Bastler und Tüftler richtet und ein breites Spektrum von Bauanleitungen und Rezepten zum Selbermachen umfasst. Die Dokumentationsplattform wurde 2006 veröffentlicht und umfasst inzwischen mehr als einhunderttausend Projekte.
Materiom	<i>Materiom</i> ist ein Online-Repository für Rezepte und Daten zu Materialien, die aus natürlichen Inhaltsstoffen, wie etwa landwirtschaftlichen Abfällen, hergestellt werden können. Das geteilte Wissen soll die Entwicklung von naturbasierten Lösungen beschleunigen und die Entwicklung lokaler Lieferketten für Biomaterialien unterstützen. Die 2018 veröffentlichte Datenbank enthält bisher nur wenige hundert Einträge. Zukünftig sollen Open-Source-Prüfgeräte zum lokalen Testen von Materialien und zur verteilten Datengenerierung entwickelt werden.
OHO	Das <i>Open Hardware Observatory</i> (OHO) ist eine Wiki-Plattform, die nachhaltige Technologien und Produkte unterstützt, verbessert und bekannt macht. Die Plattform wurde 2020 ins Leben gerufen und umfasst derzeit etwa zweihundert Open-Hardware-Projekte.
SourceForge	<i>SourceForge</i> ist eine Plattform für die Entwicklung von Open-Source Software. Programmierende können dort quelloffene Softwareprojekte erstellen und verwalten. Die Plattform zählt mehr als 2 Millionen Benutzer*innen und beherbergt mehr als eine halbe Million Projekte.
Thingiverse	<i>Thingiverse</i> ist eine Plattform, die digitale Entwürfe für physische Objekte (Hardware) veröffentlicht, die mit 3D-Druckern, Laser-Cuttern, CNC-Fräsen und anderen Maschinen hergestellt werden können. Die Plattform wurde 2008 gegründet und umfasst bereits über 2 Millionen geteilte 3D-Objekte aus dem Bereich Open Hardware.
Wikifactory	<i>Wikifactory</i> versteht sich als soziale Plattform für kollaborative Produktentwicklung im Bereich Hardware. Es stellt eine Umgebung mit Versionskontrolle für die Online-Zusammenarbeit an Hardware-Designs zur Verfügung, die für öffentliche und quelloffene Projekte kostenlos ist. Die Beta-Version der Plattform wurde 2019 online gestellt. Inzwischen sind bereits etwa 90.000 Mitglieder registriert und mehr als viertausend Projekte auffindbar.

Die aufgeführten Plattformen verwenden keine einheitlichen Dokumentationsstandards, was den Vergleich der auf den Plattformen vorgestellten Lösungen erschwert. Die große Vielfalt der Projekte hinsichtlich ihrer Qualität, der technischen Voraussetzungen, Größe und Komplexität macht die Open-Source-Landschaft extrem unübersichtlich. Die schiere Projektanzahl gibt aufgrund der Unterschiede zwischen den Projekten hinsichtlich ihrer Inhalte, des Umfangs und der Güte der Projektdokumentationen wenig Auskunft über die

Entwicklung des Gesamtbereichs. Die Standardisierung von Open-Source-Dokumentationen ist deshalb eine Grundvoraussetzung für die sinnvolle Erfassung des Phänomens mit quantitativen Messmethoden. Die Open-Source-Bewegung steht in dieser Hinsicht, insbesondere im Bereich quelloffener Hardware, noch am Beginn der Entwicklung.

2.2 Aktuelle Standardisierungsprozesse

In jüngster Zeit wurden vermehrt Anstrengungen unternommen, Mindestanforderungen für Open-Source-Hardware-Projekte in Anlehnung an den Software-Bereich festzulegen (Bonvoisin et al., 2020). Tabelle 3 fasst die wichtigsten aktuellen Standardisierungsprozesse zusammen. Im Jahr 2016 wurde von der *Open Source Hardware Association* (OSHW), einer gemeinnützigen Organisation, die sich seit 2012 für die Belange der Community einsetzt, eine Definition für Open-Source-Hardware festgelegt, die sich weitgehend an den Prinzipien der *Open Source Initiative* (OSI) für den Software-Bereich orientiert. Darin werden wesentliche Anforderungen an die Nutzungsrechte von Open-Source-Hardware definiert: es muss erlaubt sein, deren Design zu studieren und zu verstehen (*transparency*), es zu verändern und zu verwenden (*accessibility*) und es nachzubauen und zu verkaufen (*replicability*). Bei Erfüllung aller Kriterien können Hersteller ihre Produkte als Open-Source-Hardware bei der OSHWA deklarieren.

Tabelle 3: Open-Source-Hardware-Standards

Standard	Initiative	Aspekt	Veröffentlichung
Open-Source-Hardware (OSHW) Definition 1.0	OSHWA	Nutzungsrechte	2016
DIN SPEC 3105-1:2020-07	DIN, OSEG	Dokumentation	2020
DIN SPEC 3105-2: 2020-07	DIN, OSEG	Peer-Bewertung	2020
Open Know-How Manifest Specification 1.0	IoP	Auffindbarkeit	2022

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Bonvoisin et al. (2020)

Das OSHWA-Zertifizierungsprogramm ist derzeit eine der wichtigsten Datenquellen für die empirische Erfassung des Bereichs (Blind et al., 2021). Der erste Bericht zum Stand von Open-Source-Hardware auf Basis dieser Daten (Kenny, 2020) zeigt eine dynamische Zunahme der Selbstdекларationen bis Mitte 2020 und eine Verlangsamung dieser Entwicklung in der Folgezeit (Abbildung 1). Zum aktuellen Zeitpunkt wurden von der OSHWA bereits mehr als 1500 Projekte aus über 45 Ländern vor allem in den Bereichen Elektronik, 3D-Druck und IoT zertifiziert (Tabelle 4). Mehr als zwei Drittel der Projekte kommen aus den USA. Die beiden Unternehmen *Adafruit* und *SparkFun Electronics* liefern sich bei der Anmeldung ihrer Open-Hardware-Projekte ein Kopf-an-Kopf-Rennen. In Europa sind das deutsche Unternehmen *Watterott Electronic* und das bulgarische Unternehmen *Olimex* führend.

Auf Initiative der *Open Source Ecology Germany* (OSEG) befasste sich ab 2019 das *Deutsche Institut für Normung* (DIN) mit der Erarbeitung von Spezifikationen für Open-Source-Hardware. Die im Juli 2020 veröffentlichten DIN SPEC 3105-1 und DIN SPEC 3105-2 legen Mindestanforderungen an die technische Dokumentation von Open-Source-Hardware und ein Verfahren zur Community-basierten Bewertung der Einhaltung dieser Kriterien fest. Sie konkretisieren damit die OSHWA-Anforderungen und schaffen die Voraussetzungen für Peer-Zertifizierungsverfahren.

Tabelle 4: OSHWA-Zertifizierungen von quelloffener Hardware seit 2016

Land des Antragstellers		Technologiebereich		Deklarierendes Unternehmen	
1105	USA	1218	Elektronik	445	Adafruit
113	Deutschland	97	3D-Druck	402	SparkFun Electronics
78	Bulgarien	61	Internet der Dinge	66	Watterott Electronic
31	Vereinigtes Königreich	39	Werkzeuge / Instrumente	60	Olimex
30	Mexiko	36	Bildung	55	Field Ready

Quelle: OSHWA API (1.0.0), Stand: Juni 2021

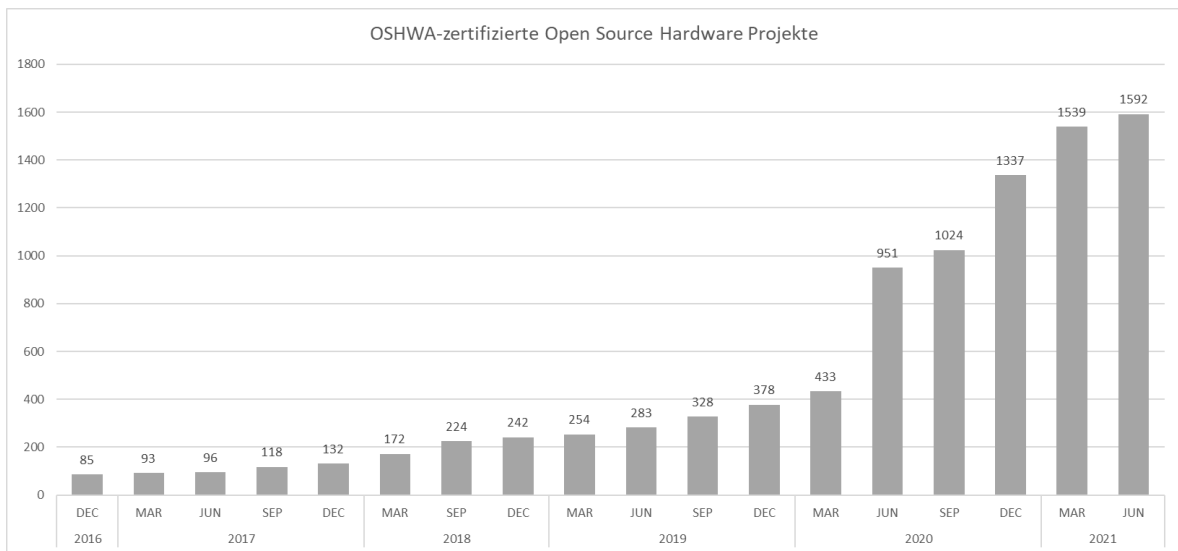


Abbildung 1: Anzahl der OSHWA-Zertifizierungen (Stand Juni 2021)

Seit 2019 befasst sich die *Internet of Production Alliance (IoP)*, ein Zusammenschluss von verschiedenen wissenschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren, mit der Entwicklung von Standard-Protokollen für den Online-Austausch von Informationen über Open-Source-Projekte. Ziel ist, durch die Standardisierung Open-Source-Projekte leichter auffindbar, plattformunabhängig und übertragbar zu machen. Die erste Version der Spezifikation eines Datenmodells für Open-Source-Hardware wurde unter Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht (*Open Know-How Specification*, 2022). Ein standardisiertes Datenmodell fördert die Auffindbarkeit der Projektdokumentationen, da sein maschinenlesbares Format es Suchmaschinen und Web-Crawlern ermöglicht, die Metadaten zu indizieren, wo immer sie sich im Internet befinden. Auf Grundlage dieses Standards wird es möglich sein, Open-Source-Projekte von unterschiedlichen Plattformen in eine Datenbank zusammenzuführen. Das EU-Forschungsprojekt *Open!Next* arbeitet unter dem Titel *Library of Open Source Hardware (LOSH)* derzeit an der Erstellung einer solchen Datenbank.¹

¹ <https://losh.opennext.eu/>

2.3 Community-Foren als Datenquelle

Die vorliegende Studie nutzt eine alternative Datenquelle für die Untersuchung von Peer-Innovation in Open-Source-Communities, indem sie die digitalen Fußabdrücke analysiert, welche bei der Interaktion der Community-Mitglieder in den Online-Foren hinterlassen werden. Die Communities und ihre Online-Foren sind zumeist auf bestimmte Themen, Produkte oder technologische Ansätze beschränkt, weshalb die dort verfügbaren Daten für die Analyse des Gesamtgeschehens im Bereich Open Source nicht geeignet sind. Dagegen bieten diese Daten aber einen tieferen Einblick in die Prozesse und Mechanismen, welche die gemeinsame Entwicklung von neuen technischen Lösungen in Open-Source-Communities prägen. Um zu verstehen, wie Peer-Communities innovieren und zum soziotechnischen Wandel beitragen, müssen wir die vielfältigen Interaktionsprozesse betrachten, die den Kern der Peer-Produktion bilden.

Die Foren bieten den Mitgliedern der Community die Möglichkeit, sich mit anderen Gleichgesinnten zu beratschlagen und sich Hilfestellung bei Fragen oder technischen Problemen einzuholen, für die es kaum andere Informationsquellen gibt. Die hier betrachteten Community-Foren besitzen eine ähnliche Grundstruktur. Jede Person kann nach Registrierung im Forum Beiträge schreiben, welche von anderen gelesen und beantwortet werden können. In der Regel sind die Community-Foren in thematische Unterforen untergegliedert, denen die Beitragenden ihre Diskussionsbeiträge zuordnen. Alle zusammenhängenden Beiträge eines Unterforums werden als Threads bezeichnet. Jeder Beitrag, der nicht auf einen anderen Beitrag antwortet, beginnt einen neuen Thread. Durch die gegenseitige Bezugnahme der Beiträge bilden die Online-Foren die Interaktion zwischen den Community-Mitgliedern im Zeitverlauf ab und können so einen Einblick in die Beziehungen zwischen verschiedenen Teilen der Community geben.

Die vorliegende Studie wird Aktivitäten von Peer-Innovation in drei ausgewählten Open-Source-Communities aus unterschiedlichen Technologiebereichen und mit Relevanz für verschiedene Handlungsfelder der Nachhaltigkeit fallstudienbasiert untersuchen. Dabei wird geprüft, inwieweit die aus den Online-Foren der Communities verfügbare Interaktionsdaten darüber Aufschluss geben können, wie die Community zur Entwicklung und Verbreitung nachhaltiger Technologien beiträgt. Indem die quantitativen Beitrags- und Netzwerkanalysen auf Basis der Foren-Daten durch qualitative Interviews mit Community-Mitgliedern ergänzt werden, sollen die erhobenen Kennzahlen in Kontext gesetzt und ihre Interpretierbarkeit hinterfragt werden. Die Fallstudien sollen dazu beitragen, die Eignung der Interaktionsdaten aus Online-Foren für die Bemessung von Innovationsprozessen in Peer-Communities zu beurteilen.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst das methodische Vorgehen bei den Fallstudien beschrieben, bevor deren Ergebnisse in Abschnitt 4 zusammenfassend dargestellt werden.

3 Methodisches Vorgehen

Die vorliegende Studie nutzt quantitative und qualitative Analysemethoden, um die Netzwerkstruktur und die wesentlichen Beiträge der jeweiligen Community zum soziotechnischen Wandel zu bewerten. Die Daten der Online-Foren der Communities werden quantitativ analysiert, um die Struktur und das Beitragsverhalten der jeweiligen Community zu beschreiben und zentrale Akteure innerhalb des Netzwerks zu bestimmen. Leitfadengestützte Interviews mit Community-Mitgliedern werden qualitativ ausgewertet, um die wichtigsten Aktivitäten und die Bedeutung der Interaktionsprozesse in den Community-Foren für die Entstehung und Verbreitung nachhaltiger technologischer Lösungen zu erheben. Die drei ausgewählten Open-Source-Communities dienen als Fallbeispiele für Peer-Innovation, um die Relevanz der Online-Zusammenarbeit von Gleichgesinnten bei der Entwicklung und Verbreitung nachhaltiger Technologien besser zu verstehen.

3.1 Auswahl der Fallstudien

Eine Vorauswahl geeigneter Fallbeispiele wurde auf entsprechenden Projekt-Hosting-Plattformen im Open-Source-Bereich (siehe Abschnitt 2.1) und durch Vorgespräche mit Akteuren der Maker-Szene im Umfeld offener Werkstätten recherchiert. Dabei wurde gezielt nach Projekten mit Relevanz für zentrale Handlungsfelder der Nachhaltigkeit gesucht. Darüber hinaus wurden die Twitter-Aktivitäten der Fablab-Community verfolgt, um Themenschwerpunkte in den Handlungsfeldern zu ermitteln. Bei der endgültigen Auswahl der Fallstudien wurden neben Nachhaltigkeitsaspekten, dem Aktivitätsniveau und einer gewissen Größe und Bekanntheit auch technische Fragen der Datenverfügbarkeit und der Vergleichbarkeit der Communities herangezogen.

Die vertieft zu untersuchenden Peer-Communities wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- **Datenverfügbarkeit:** Für die Auswertung mit quantitativen Methoden ist das Vorhandensein eines Community-Forums unbedingt erforderlich, deren Posts sich über einen genügend langen Zeitraum zurückverfolgen lassen. Alle drei ausgewählten Communities verfügen über ähnlich aufgebaute eigene Online-Foren.
- **Größe und Bekanntheit der Community:** Um einerseits ausreichend Datenmaterial für eine quantitative Auswertung bereitzustellen und andererseits auch qualitativ genügend Einfluss auf das Innovationsgeschehen zu besitzen, sollte die Community über eine gewisse Mindestzahl registrierter Forum-Nutzender verfügen. Die Anzahl der Beitragenden in den Online-Foren der ausgewählten Communities liegt zwischen 3.200 und 22.000.
- **Aktivitätsniveau der Community:** Für die quantitative Auswertung müssen genügend Daten über Online-Interaktionen vorliegen. Für die Rekrutierung von Interviewpartner*innen war erforderlich, dass die Community aktuell ein hohes Aktivitätsniveau verzeichnet. Die Foren der ausgewählten Communities sind aktiv und verzeichnen zwischen 37.000 und 806.000 Beiträge.
- **Technologiebereich und Nachhaltigkeitsaspekt der Community:** Die Auswahl der Communities sollte ein möglichst breites Spektrum von Technologiebereichen und Nachhaltigkeitsfeldern abdecken, um auch den Einfluss des Themenbereichs auf das Beitragsverhalten abzubilden. Die drei Communities sind für die Handlungsbereiche nachhaltige Energie, nachhaltige Mobilität und Kreislaufwirtschaft relevant und befassen sich mit Technologien von unterschiedlicher Komplexität und Materialität.

In Abwägung dieser Kriterien wurden folgende Peer-Communities ausgewählt (Abbildung 2):

- **OpenEnergyMonitor (OEM)** befasst sich mit der Entwicklung von quelloffenen Technologien zur Überwachung des Energieverbrauchs im Haushalt (Technologiebereich Elektronik). Gemeinsames Ziel ist die Ausnutzung von Energiesparpotenzialen im Privatbereich (Handlungsfeld nachhaltige Energie).
- **OpenStreetMap (OSM)** erstellt offene Karten und Geo-Daten, die frei zur Verfügung gestellt werden. Sie besteht aus Mappern (die die Daten erfassen) und Entwicklern (die freie Software entwickeln). Zahlreiche Anwendungen für nachhaltige Mobilität nutzen die Kartierungen (Handlungsfeld nachhaltige Mobilität).
- **Precious Plastic (PP)** entwickelt Ökosysteme für das lokale Recycling und die kreative Verwertung von Plastikmüll (Technologiebereich Maschinenbau). Sie schafft Bewusstsein für Beschaffenheit und Recyclefähigkeit von Materialien und trägt zur Schließung urbaner Stoffkreisläufe bei (Handlungsfeld Kreislaufwirtschaft).



Abbildung 2: Ausgewählte Fallstudien

3.2 Beitrags- und Netzwerkanalyse

Als Datenquelle für die Untersuchung der Community-Netzwerke wurden deren jeweilige Online-Foren herangezogen (URLs siehe Tabelle 5). Zunächst wurden alle öffentlichen Beiträge sowie weitere frei verfügbare Informationen zur Struktur und den Nutzer*innen der drei Foren gesammelt. Dazu wurde auf die jeweilige Foren-Software abgestimmter Code entwickelt,² mit dem dann ein automatisches Web-Crawling durchgeführt wurde. Insgesamt wurden so über 900.000 Beiträge (89% OSM, 7% OEM, 4% PP) aus den Foren heruntergeladen.

² Der Code ist Bestandteil einer digitalen Toolbox, die im Forschungsprojekt PeerInnovation entwickelt wird.

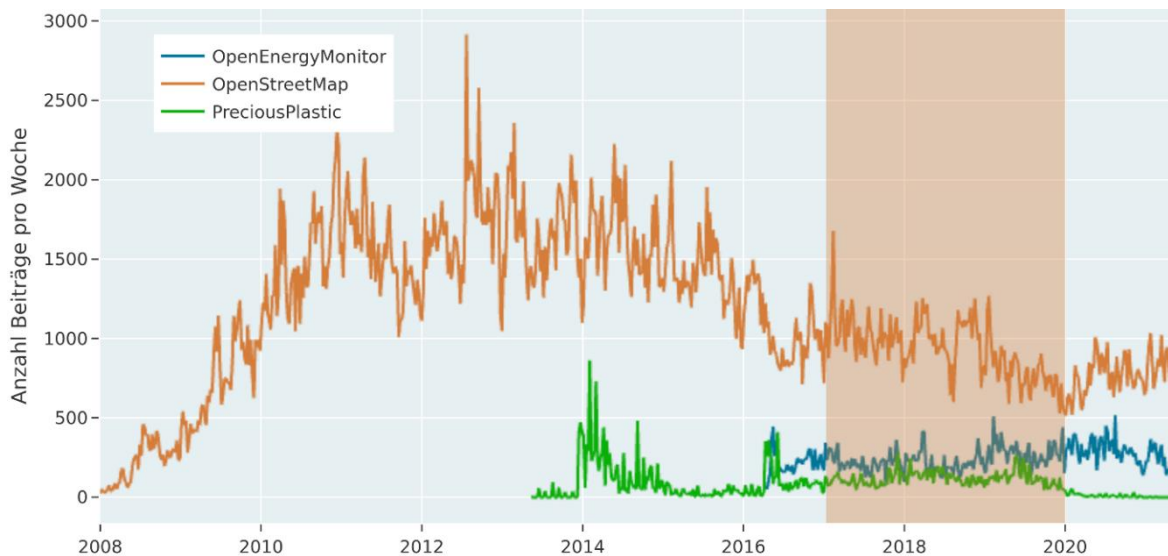


Abbildung 3: Beitragsverlauf in den untersuchten Online-Foren und betrachtetes Zeitfenster (2017-2019)

Basierend auf den Erstelldaten der Foren-Beiträge zeigt Abbildung 3 den Umfang der gesammelten Daten und deren zeitlichen Bezug. Während das OSM Forum bereits vor 2008 gegründet wurde, startete ein entsprechender Austausch bei PP kurz vor 2014. Bei OEM stammen die ersten Beiträge aus dem Jahr 2016. Das PP Forum wurde Ende 2020 geschlossen und war damit als einziges zum Zeitpunkt der Datenerhebung nicht mehr aktiv. Bei der Bildung der Datengrundlage für die folgenden Analysen das Zeitfenster vom 01.01.2017 bis 31.12.2019 gewählt. Dies ermöglichte es zum einen, für den gesamten analysierten Zeitraum einen möglichst großen Datensatz für alle drei Communities heranzuziehen. Zum anderen wurden damit „Gründungsphasen“ der Foren ausgeschlossen, welche mit einem potenziell anderen Teilnehmerkreis und inhaltlichen Fokus den Vergleich zwischen den Communities erschwert hätten. Tabelle 5 zeigt die resultierende Datengrundlage.

Tabelle 5: Datengrundlage

	OEM	OSM	PP
URL	https://community.openenergymonitor.org	https://forum.openstreetmap.org/	https://davehakkens.nl/community/forums/
Gesamter Zeitraum			
Nutzer	3.189	21.954	4.688
Beiträge	64.941	806.208	36.906
Threads	6.372	54.391	6.302
2017-2019			
Nutzer	2.052	6.494	3.484
Beiträge	37.040	146.612	18.588
Threads	3.993	12.719	3.395

3.2.1 Beitragsverhalten

Für das quantitative Mapping der Communities wurde zunächst das Beitragsverhalten in den Online-Foren herangezogen. Dazu wurden verschiedene Metriken gebildet: Zentrale Informationen über das Beitragsverhalten sind die Anzahl der Beiträge pro Nutzer, die Diskussionslänge (Anzahl Beiträge in Threads mit mehr als einem Beitrag) und die Anzahl beteiligter Beitragender an Diskussionen. Um die Beitragsdynamik in den Foren zu erfassen, wurden außerdem die zeitliche Diskussionslänge (Differenz zwischen erstem und letztem Beitrag in Tagen) und die Antwortverzögerung (Differenz zwischen erstem und zweitem Beitrag in Tagen) untersucht. Der Anteil der Nutzenden mit mehr als einem Beitrag und die Antwortquote auf initiale Beiträge (Anteil auf die spätestens nach einem Jahr eine Antwort erfolgte) gaben zusätzlichen Aufschluss über Aktivitätslevel im Forum.

Als Indikator für die Diversität der Beitragenden wurde deren Herkunft (Land) herangezogen. In den Foren von PP und OEM wurde hierzu die Selbstangabe der „location“ in den Nutzerprofilen verwendet. In diesen beiden Foren gab es diesbezüglich relativ vollständige und konsistente Angaben, die nur wenig manuelle Korrektur benötigten. Im OSM-Forum fehlte diese Angabe häufig oder war uneinheitlich (Angabe von Städten, Regionen, etc. statt Ländern). Hier wurde das Beitragsverhalten in den regionalen Unterforen als Indikator für die Herkunft verwendet. Bei einem Beitragenden der beispielsweise hauptsächlich im Unterforum *Users: Germany* aktiv war, wurde Deutschland als Herkunft angenommen.

Um die regionale Diversität der Foren zu vergleichen, wurde der Shannon-Index der Herkunftsländer bestimmt. Dieses Maß nimmt höhere Werte an, je mehr verschiedene Länder vertreten sind und je weniger einzelne Länder die Häufigkeitsverteilung dominieren. Zusätzlich wurde als Maß für die Interaktionsdiversität der Anteil der Interaktionen verwendet, bei denen ein Austausch zwischen Beitragenden aus unterschiedlichen Herkunftsländern stattfand.

3.2.2 Foren-Netzwerke

Auf Grundlage der Beiträge in verschiedenen Threads wurden die Netzwerke der drei Communities modelliert (siehe Abbildung 4). Dabei wurde eine Verbindung zwischen solchen Nutzenden der Foren gebildet, welche Beiträge im selben Thread verfasst hatten. Ein Thread ordnet einem initialen Beitrag eine Sequenz folgender Beiträge (Antworten) zu und ist in allen betrachteten Foren die kleinste strukturierende Einheit. Das Netzwerk der Beitragenden wird durch einen ungerichteten Graphen abgebildet, in dem Knoten die aktiv beitragenden Community-Mitglieder, und gewichtete Kanten die Interaktionen zwischen diesen Beitragenden darstellen. Diese Art der Modellierung entspricht beispielsweise der Repräsentation von sozialen Netzwerken in der Softwareentwicklung (Herbold et al., 2021; Toral et al., 2010) und basiert auf der Approximation möglicher Wissensflüsse. Es wird zugrunde gelegt, dass jeder Beitrag eine Interaktion bzw. einen Wissensaustausch mit allen anderen Community-Mitgliedern darstellt, die zur selben Diskussion beitragen. Dabei wird vereinfachend angenommen, dass Beitragende die Diskussion auch nach ihrem Beitrag weiterverfolgen, die Wissensflüsse also unabhängig von der Sequenz der Beiträge auftreten. Mögliche Verbindungen, die auf einer ausschließlich passiven Teilnahme basieren (Lesen der Beiträge), werden in diesem Modell (auch aufgrund der fehlenden Datengrundlage) nicht abgebildet.

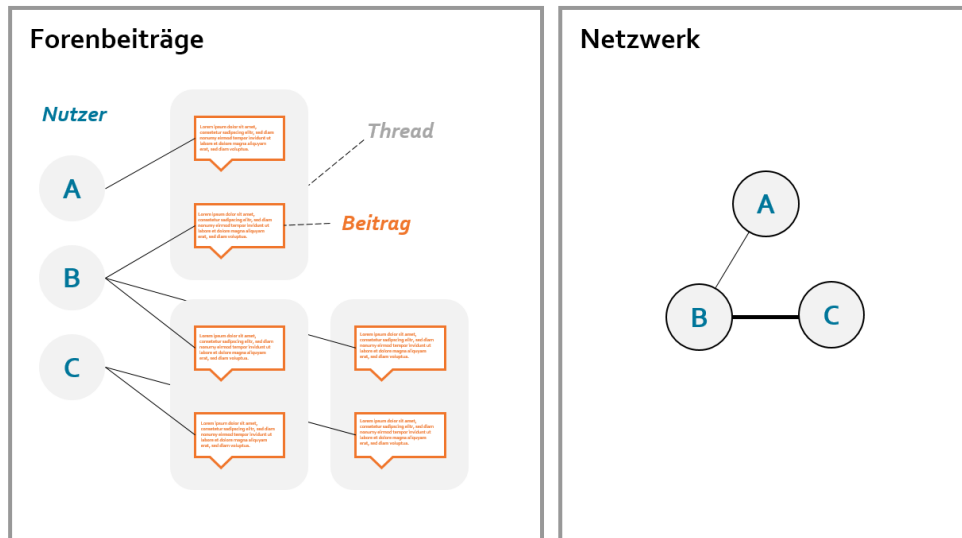


Abbildung 4: Abbildung von Nutzer-Netzwerken auf Basis von Beiträgen in Threads

Zur Beschreibung der Netzwerke wurden unter anderem die folgenden Maße verwendet (vgl. bspw. Boccaletti et al., 2006):

- Der **Grad** eines Knotens entspricht der Anzahl anliegender Kanten und beschreibt somit mit wie vielen anderen Beitragenden der entsprechende Beitragende in mindestens einer Diskussion interagiert hat.
- Beim **gewichteten Grad** werden bei der Summierung der Kanten die jeweiligen Kantengewichte mit einbezogen. Er entspricht der Anzahl an Interaktionen mit anderen Beitragenden, wobei der Austausch pro Diskussion und anderem Beitragenden als eine Interaktion gezählt wird.
- Die **Dichte** des Netzwerks misst, zu welchem Anteil mögliche Kanten zwischen Knoten bestehen. In einem Netzwerk mit 100% Dichte hätte jeder Beitragende mit jedem anderen interagiert.
- Die **Komponenten** des Netzwerks sind deren untereinander nicht verbundenen Teile. Dies entspricht Beitragendengruppen im Forum die zwar untereinander, jedoch nicht mit dem Rest des Forums interagiert haben. Die Hauptkomponente ist dabei die nach Anzahl der Knoten bzw. Nutzer größte Komponente. Wie Tabelle A2 zeigt, sind jeweils mindestens 98% aller Foren-Nutzenden Teil der Hauptkomponenten. Metriken die auf der Bildung der kürzesten Pfade beruhen werden deshalb auf Grundlage der Hauptkomponenten gebildet.
- **Cliquen** sind Ausschnitte des Netzwerks, in dem jeder Knoten mit jedem anderen verbunden ist. Die maximale Clique ist die nach Anzahl der Knoten größte Clique. Die Anzahl der Knoten in der maximalen Clique misst also wie viele Beitragende zu jenem „Kern“ der Community gehören, in dem jeder Beitragende mit jedem anderen interagiert hat.
- Der (globale) **Clustering-Koeffizient** eines Netzwerks beschreibt das Ausmaß der Cliquenbildung, d.h. wie häufig die Nachbarn eines Knotens auch untereinander verbunden sind.

Ein weiterer Aspekt beim Mapping der Communities ist der Einfluss zentraler Beitragender. Majumder et al. (2020) untersuchten beispielsweise den Einfluss zentraler, auf Github vernetzter Entwickler („heroes“) auf den Erfolg von Open-Source-Software-Projekten. In Anlehnung daran wurde zusätzlich das folgende Maß definiert:

- Der **Anteil hero threads (TOP x)** misst das Vorkommen solcher Threads, an denen mindestens ein zentraler Nutzer („hero“) beteiligt war. Ein Nutzer ist in dieser Definition ein „hero“, wenn er zum oberen x Prozent der absteigend nach Grad sortierten Nutzer gehört (Abbildung 18 im Anhang).

Die Netzwerke wurden in Gephi visualisiert. Für das Layout der Knoten (Nutzer) kam der Force Atlas 2 Algorithmus zum Einsatz (Jacomy et al., 2014). Die dargestellte Entfernung zwischen zwei Knoten ist als Ergebnis dieses Algorithmus umgekehrt proportional zur Interaktionshäufigkeit zweier Beitragender. Die Positionen der Knoten geben somit Hinweise auf mögliche Sub-Communities innerhalb der Foren (Noack, 2009). Jeder Knoten ist farblich entsprechend des Unterforums markiert, in dem der jeweilige Beitragende am meisten aktiv war. Die Größe der Knoten ist proportional zum gewichteten Grad, also der Anzahl der Interaktionen mit anderen Beitragenden. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, wurden die Kanten nicht visualisiert.

3.3 Interviews mit Community-Mitgliedern

Den Rahmen für die qualitativen Analysen bildet der Funktionenansatz der Theorie Technologischer Innovationssysteme (TIS). Auf der Grundlage von 18 ausführlichen Interviews mit Mitgliedern der drei Communities wurde untersucht, ob und durch welche ihrer Aktivitäten diese Peer-Communities einen Beitrag zum soziotechnischen Wandel leisten. In den Interviews wurden Mitglieder befragt, wie technisches Wissen in den jeweiligen Peer-Netzwerken entwickelt und geteilt wird, wie online zusammengearbeitet und Erfahrungen austauscht werden und wie das Engagement in den Communities gefördert und aufrechterhalten wird. Indem wir untersuchen, wie sich die Interaktion und Zusammenarbeit von Peers auf die wichtigsten Funktionen des Innovationssystems auswirkt und wie sich diese Prozesse entfalten, wollen wir die Dynamik der Peer-Innovation und ihre Bedeutung für den soziotechnischen Wandel aufdecken.

3.3.1 Konzeptioneller Rahmen

Das TIS-Konzept wurde entwickelt, um die Entstehung und Verbreitung neuer Technologien zu untersuchen. Die Theorie der Innovationssysteme betont die systemische Natur des Innovationsgeschehens, das durch Interaktionen und Rückkopplungsschleifen gekennzeichnet ist. Mit dem Innovationssystem sollen alle sozioökonomischen Strukturen, welche die Geschwindigkeit und Richtung der technologischen Entwicklung beeinflussen, beschrieben werden. Ein Technologisches Innovationssystem umfasst also alle Akteure, Netzwerke und Institutionen, die an der Entstehung, Verbreitung und Nutzung einer bestimmten Technologie beteiligt sind.

Das Konzept wird verwandt, um Politik über Treiber und Hemmnisse einer sozialökologischen Transformation zu informieren (Bergek, 2019; Bergek et al., 2008, 2015; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009; Markard et al., 2015; Raven & Walrave, 2020). Die TIS-Literatur betont, dass verschiedene Akteure und Institutionen die Entwicklung und Verbreitung einer neuen Technologie beeinflussen. Mit den TIS-Funktionen kann die Leistungsfähigkeit des Systems losgelöst von seiner Struktur beschrieben werden. Die Funktionen bezeichnen Anforderungen, die das System erfüllen muss, um sich erfolgreich zu entwickeln. Die abstrakte Trennung von Struktur und Leistungsfähigkeit des Systems ermöglicht es, die System-Beiträge unterschiedlicher Strukturelemente zu analysieren und zu vergleichen. Dadurch ist es möglich, auch den Beitrag informeller Akteure und ihrer Netzwerke zu untersuchen.

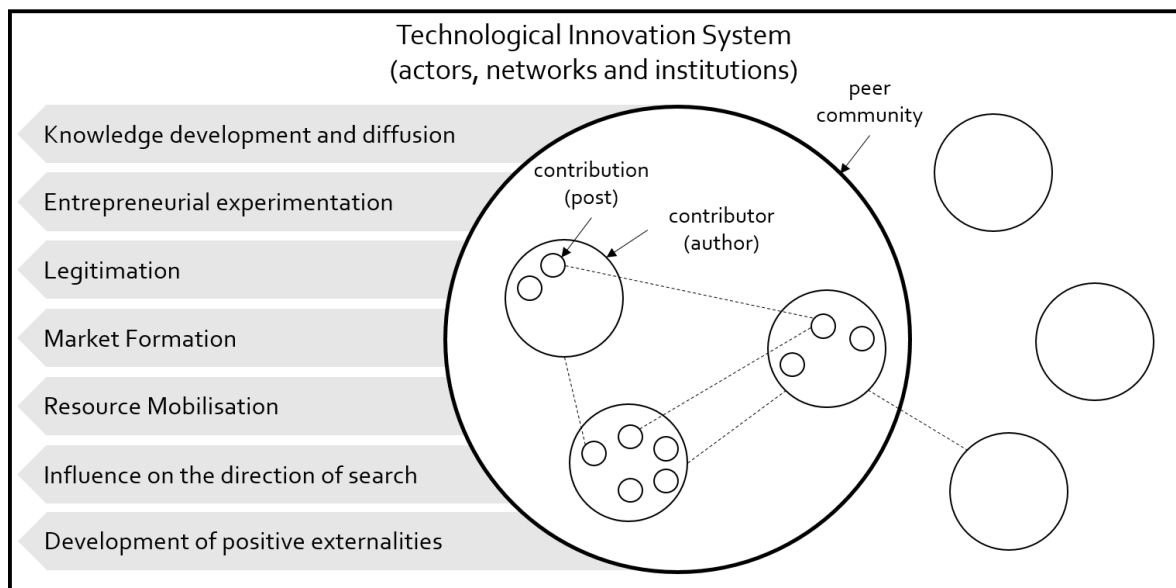


Abbildung 5: Peer-Community als Netzwerk von Akteuren im TIS

Das Konzept der TIS-Funktionen hilft also dabei, die Beiträge der einzelnen Komponenten des Innovationssystems zur Entwicklung und verbreiteten Anwendung von Technologien zu beschreiben. Der TIS-Ansatz identifiziert Kernfunktionen, die gut erfüllt sein müssen, damit das System erfolgreich funktioniert, damit also die jeweilige Technologie entwickelt und verbreitet wird (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007). In dieser Studie nutzen wir diesen konzeptionellen Rahmen, um den Beitrag der untersuchten Communities zu Innovationen in den Technologiebereichen Energie, Mobilität und Kreislaufwirtschaft zu untersuchen. Die untersuchten Peer-Communities werden als Netzwerke von Akteuren verstanden, die als Systemelemente zu den wesentlichen TIS-Funktionen im Hinblick auf die Entwicklung und Verbreitung der fraglichen Technologie beitragen (siehe Abbildung 5).

Tabelle 6: Operationalisierung der TIS-Funktionen

TIS-Funktion	Operationalisierung im Hinblick auf Peer-Innovation
Knowledge development and diffusion (KDD)	Wie sich die Tiefe und Breite der relevanten Wissensbasis durch (Peer-)Lernen verändert und wie sich das Wissen durch (Peer-)Interaktion und den (Online-)Austausch von Informationen verbreitet und neu kombiniert.
Entrepreneurial Experimentation (EE)	Wie die Unsicherheit in Bezug auf die neue Technologie durch Versuch und Irrtum und die praktische Anwendung verringert wird. Diese Funktion kann auch von anderen Akteuren als Unternehmern wahrgenommen werden, einschließlich informeller Akteure in Peer-Gemeinschaften.
Influence on the direction of search (IDS)	Wie die Suchrichtung bei der Wissensentwicklung und die Wahl zwischen verschiedenen technologischen Optionen beeinflusst wird, z. B. durch die Erwartungen der Mitglieder der Peer-Community in Bezug auf die Technologieentwicklung und -leistung.
Market formation (MF)	Die Art und Weise, wie die (soziale) Nachfrage nach der neuen Technologie von den Peer-Communities artikuliert und tatsächlich befriedigt wird, was einen Einfluss auf die Entstehung von Märkten haben kann.
Legitimation (LEG)	Wie die gesellschaftliche Akzeptanz der neuen Technologie und ihre Übereinstimmung mit den Institutionen durch Lobbyarbeit und Koalitionen erreicht wird.
Resource mobilisation (RM)	Wie menschliche Arbeitskraft und Fähigkeiten, finanzielle Ressourcen und ergänzende Infrastrukturen bereitgestellt werden, z. B. durch die Investition von Zeit und Mühe, Spenden oder die Bereitstellung digitaler Dienste.
Development of positive externalities (PE)	Wie kostenlose Leistungen und Dienste innerhalb des Systems entwickelt werden, z. B. durch die Bereitstellung von technologischem Wissen und technischer Unterstützung.

In Anlehnung an Bergek (2019) unterscheiden wir sieben Funktionen: KNOWLEDGE DEVELOPMENT AND DIFFUSION (KDD), ENTREPRENEURIAL EXPERIMENTATION (EE), INFLUENCE ON THE DIRECTION OF SEARCH (IDS), MARKET FORMATION (MF), LEGITIMATION (LEG), RESOURCE MOBILIZATION (RM) und DEVELOPMENT OF POSITIVE EXTERNALITIES (PE). Die Funktionen sind so abstrakt formuliert, dass sie auf das Innovationsgeschehen im Haushaltssektor anwendbar sind. In Tabelle 6 ist beschrieben, wie die Funktionen im Kontext von Peer-Innovation operationalisiert wurden.

Die qualitativen Untersuchungen der Fallstudien erheben den Beitrag der jeweiligen Peer-Community zum soziotechnischen Wandel, indem deren Mitglieder zu ihren persönlichen Erfahrungen und Aktivitäten mit der Community befragt wurden. Dabei diente das Konzept Technologischer Innovationssysteme als Hintergrundfolie für die Strukturierung der Gespräche. Es wird untersucht, wie die Communities zu den wesentlichen Funktionen des Technologischen Innovationssystems (Bergek 2019) beitragen.

3.3.2 Durchführung und Auswertung

Die Interviews waren teilstrukturiert, dauerten etwa eine halbe bis eine Stunde, wurden aufgezeichnet und transkribiert. Der Interviewleitfaden wurde konzipiert, um von den Community-Mitgliedern persönliche Einschätzungen zu den TIS-relevanten Prozessen in den Netzwerken zu erhalten. Den theoretischen Rahmen bildete dabei der Funktionenansatz (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009). In der Annahme, dass die Befragten mit der Theorie nicht vertraut waren, fragten wir nach ihren Erfahrungen und Erwartungen in Bezug auf die Zusammenarbeit mit der Gemeinschaft, ohne die jeweiligen TIS-Funktionen zu benennen. Der Interviewer konnte aus einer Reihe von diagnostischen Fragen auswählen, um das Gespräch auf die potenziell relevanten Aktivitäten der Community zu lenken.

Die Rekrutierung der Befragten war nach dem Schneeballprinzip geplant. Zunächst identifizierten und kontaktierten wir aktive Mitglieder durch die Auswertung von Online-Beiträgen im Community-Forum. In den Gesprächen baten wir sie, weitere Interviewpartner vorzuschlagen. Da dieser Ansatz jedoch nur für die PP-Community funktionierte, mussten wir Interviewpartner aus den anderen Peer-Communities über Postings und Direktnachrichten in den jeweiligen Community-Foren rekrutieren. Dazu wurden Accounts in den jeweiligen Foren erstellt und Informationen über das Projekt mit der Frage nach freiwilliger Interviewteilnahme eingestellt, worauf jedoch kaum Rückmeldungen erfolgten. Im nächsten Schritt wurden dann aktive Mitglieder anhand ihrer Beiträge in den Online-Foren und/oder Badges (Auszeichnungen, bzw. thematische Markierungen der Nutzenden-Profile in den Foren) ausgemacht und persönlich angeschrieben, wodurch größerer Erfolg erzielt werden konnte.

Tabelle 17 im Anhang gibt einen Überblick über die durchgeführten Interviews. Insgesamt konnten fünf Mitglieder der OEM-Community, vier Mitglieder der OSM-Community und neun PP-Mitglieder interviewt werden. Davon kamen sechs Personen aus Deutschland, vier aus den Niederlanden und fünf aus anderen europäischen Ländern sowie jeweils eine Person aus Brasilien, China und Kanada.

Die Interviews wurden per Video-Anruf über MS Teams durchgeführt und aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wurden von externen Dienstleistern transkribiert. Die Aufzeichnungen der Interviews wurden von zwei Forschern mit MaxQDA kodiert. Bei der Kodierung der Interviews dienten die wesentlichen TIS-Funktionen (siehe Tabelle 6) als deduktives Kategoriensystem. Die von den Befragten erwähnten Community-Aktivitäten und -Interaktionen wurden danach kodiert, welche Systemfunktionen sie zu erfüllen helfen. Die Intercoder-Reliabilität wurde durch die iterative Festlegung von Kodier-Regeln nach Kuckartz und Rädiker (2019) sichergestellt. In der Zusammenschau der Codes wurde für jede Funktion des TIS eine Bewertung über die Bedeutung des Beitrags der Community vorgenommen.

Auf Grundlage dieser Bewertungen wurde sich für jede Community ein funktionales Profil erstellt, welches die Rolle der Community im jeweiligen TIS beschreibt. Die Grundausrichtung der Community im Hinblick auf

die Funktionenerfüllung im TIS ist wiederum sehr eng mit den Rollen der in den Communities vernetzten Akteure verbunden. Zur Beschreibung des Beitrags der Community zum soziotechnischen Wandel wurden deshalb neben den adressierten TIS-Funktionen nach Bergék (2019) auch die vorherrschenden Nutzerrollen innerhalb der Community nach Schot et al. (2016) bestimmt. Die folgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über die verschiedenen Typen und durch welche Aktivitäten sie gekennzeichnet sind.

Tabelle 7: Akteurstypen nach Schot et al. (2016)

Rolle	Verbundene Aktivitäten in der Community
user-producers	Diese Akteure erfinden, experimentieren und basteln an radikalen Technologien, schaffen neue technische und organisatorische Lösungen, artikulieren neue Nutzerpräferenzen und ermöglichen das Entstehen neuer Routinen.
user-consumers	Diese Akteure kaufen nicht nur Produkte, sondern binden sie auch in ihre tägliche Praxis ein und definieren so ihren Lebensstil. Dieser Prozess umfasst die Schaffung neuer Nutzungspraktiken, die Anpassung dieser Praktiken an bestehende Routinen und die Änderung dieser Routinen, falls erforderlich. Die Nutzer-Konsumenten drücken ihren Status und ihre Identität aus, indem sie den neuen Technologien symbolische Bedeutungen zuschreiben.
user-intermediaries	Diese Akteure schaffen Räume für die Aneignung, Gestaltung und Angleichung der verschiedenen Elemente neu entstehender soziotechnischer Systeme, wie Produkte, Infrastrukturen und rechtliche Rahmenbedingungen. Sie konfigurieren das System, indem sie an der Gestaltung neuer Technologien mitwirken, Regeln und Vorschriften für die Nutzung aufstellen, Erwartungen und Interpretationen neuer Technologien sowie deren Nutzungsmöglichkeiten zum Ausdruck bringen. Dabei schaffen Nutzervermittler auch Repräsentationen der Nutzer, prägen Nutzerbedürfnisse und -präferenzen, werben neue Akteure an und vermitteln Kontakte zwischen ihnen.
user-legitimators	Diese Akteure prägen die Werte und die Weltanschauung der Nischenakteure, indem sie Sinn, Zweck und Begründung für ihre Aktivitäten liefern. Sie liefern aussagekräftige Interpretationen von Entwicklungen auf Landschaftsebene, wie etwa dem Klimawandel. Sie tragen dazu bei, Erwartungen zu verankern und sie sozial robuster zu machen, was die Lebensfähigkeit und Bedeutung einer Nische sowie die Unmöglichkeit soziotechnischer Regime angeht, die diesen neuen Entwicklungen gegenüberstehen und sie bewältigen, was die Investitionsmöglichkeiten beeinflussen wird.
user-citizens	Diese Akteure engagieren sich in der Politik des Regimewechsels, indem sie Lobbyarbeit für eine bestimmte Nische und gegen das Regime (oder andere Nischen) leisten. Sie zielen darauf ab, aus der Nische abgeleitete Erkenntnisse über notwendige Regulierungsreformen in einen Prozess der Regimewandlung einzubringen. Sie arbeiten auch mit breiteren sozialen Bewegungen und Eliten zusammen, die an nachhaltigkeitsorientierten Reformen interessiert sind, und schließen sich ihnen an.

4 Ergebnisse der Fallstudien

Der folgende Abschnitt beschreibt die Profile der drei Open-Source-Communities, indem es für jede Fallstudie zunächst die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Analysen darstellt und sie dann als komplementäre Informationsquellen zusammenhängend interpretiert.

Jede Fallstudie beginnt zunächst mit einer allgemeinen Beschreibung der jeweiligen Community auf Grundlage öffentlich verfügbarer Informationen (z.B. Blogartikel, Community-Websites, Soziale Medien). Der darauffolgende Abschnitt gibt die wichtigsten Erkenntnisse aus den Interviews mit Mitgliedern der Community hinsichtlich der Funktionserfüllung im jeweiligen TIS wieder. Anschließend werden die Daten des jeweiligen Community-Forums ausgewertet und visualisiert. Die abschließende Interpretation würdigt die Erkenntnisse im Hinblick auf den Beitrag der Community zum soziotechnischen Wandel.

4.1 OpenEnergyMonitor

OpenEnergyMonitor (OEM) ist ein Open-Source-Projekt, welches quelloffene Hardware und Software für die Überwachung des Energieverbrauchs im eigenen Haushalt entwickelt und bereitstellt. Es soll Privatpersonen ermöglichen, den Energieverbrauch, oder auch energieverbrauchsrelevante Parameter wie die Temperatur und Luftfeuchtigkeit, ihres Zuhauses zu überwachen, besser zu verstehen und von einem Smartphone, Tablet oder Computer aus zu steuern. OEM bietet dafür eine Open-Source-Lösung, die kostengünstig erworben oder nachgebaut werden kann.

Aus der Motivation heraus, mehr über den eigenen Energieverbrauch zu erfahren, begannen die Waliser Trystan Lea und Glyn Hudson im Jahre 2009 mit Arduino-Modulen und Steckplatinen zu experimentieren und dokumentierten ihre Fortschritte auf einer Website. Mit steigender Aufmerksamkeit für das Projekt entstand daraus ein Online-Forum, welches heute als Plattform für den Austausch von Ideen, Erfahrungen und Prototypen für OEM-basierte Lösungen dient. So entstand eine der größten Open-Source-Communities im Energiebereich, die mittlerweile mehr als 3200 Beitragende zählt.

Ein wichtiger Nachhaltigkeitsaspekt, der mit der Entwicklung und Verbreitung dieser technischen Lösungen einhergeht, ist die Sensibilisierung für den Energieverbrauch und das Aufzeigen vorhandener Energiesparpotenziale im Haushalt. Auf diese Weise werden Privatpersonen zur Verringerung ihres persönlichen Energieverbrauchs befähigt und die gesamte Öffentlichkeit stärker in die Energiewende eingebunden (Grosse et al., 2018).

4.1.1 Auswertung der Interviews

Aus der OEM-Community wurden insgesamt fünf Mitglieder, zwei Personen aus dem Vereinigten Königreich sowie jeweils eine Person aus Spanien, Kanada und Brasilien, zu ihren Erfahrungen und persönlichen Einschätzungen interviewt. Die folgende Tabelle 8 fasst eine Bewertung der Beiträge der Community zu den Funktionen des TIS „Intelligente Energieverbrauchssteuerung für den Haushalt“ auf Grundlage einiger als dafür relevant erachteter Aussagen in den Interviews zusammen.

Tabelle 8: Bewertung des Beitrags der OEM-Community zu den TIS-Funktionen

Bewertung	Relevante Interview-Aussagen
KDD-Funktion: substanzieller Beitrag zur Vertiefung der Wissensbasis und beschränkte Wissensdiffusion Bei OEM handelt es sich um eine relativ homogene und erfahrene (Tech-)Community, die sich vor allem mit Software-Programmierung und Hardware im Bereich Elektronik befasst. Fragen im Forum werden schnell und zuverlässig beantwortet. Es bietet also Hilfestellung bei der Implementierung und Nutzung der Technologie und Raum für den Austausch über technische Verbesserungen. Der Austausch ist durch eine besondere Diskusstiefe gekennzeichnet, die Einsteigern ohne technisches Vorwissen allerdings die Teilnahme daran erschwert.	“Without doubt the people know what they're talking about and that's not by chance.” (#1) “They did help me get started with the open-source software with no financial outlay. They also made clear the benefits of some of the products I could buy from them to make it work better and I've just got a built on that from there.” (#1) “It has that level of geeky complexity that an open-source software kind of lives in.” (#1) “It's kind of difficult for beginners to enter. But I think you can be just an enthusiast and not have a degree and get along fine. I think it's just being willing to learn loads about multiple things and multiple aspects, because obviously, there's like programming and electronics.” (#17) “It also depends on how much depth you want to go into, because you can just go the simpler way and use you know, the OEM monitoring hardware, or you can go fully open source and also get like your own Raspberry Pi and build it from scratch. You know, it depends on what route you take, how much experience you need.” (#17)
EE-Funktion: begrenzter Beitrag zur Herabsetzung der technologischen Unsicherheit Die Community befasst sich überwiegend mit technischen Lösungen für den persönlichen Gebrauch und mit DIY-Projekten für Heimanwendungen. Auch im wissenschaftlichen Kontext wird die Technologie angewendet. Die Hilfe und der Machbarkeitsnachweis im Forum verringert die Einstiegshürde für Interessierte. Die erfolgten Implementierungsversuche werden aber nicht systematisch dokumentiert, sodass der Beitrag zur Herabsetzung der technologischen Unsicherheit nur begrenzt ist.	“I use this technology to: - monitor my home power consumption; monitor my solar power production; - divert surplus production to a water heater; - monitor the consumption and temperatures of the water heater, - monitor the consumption and temperatures of my fridge and freezer.” (#1) “I am trying on things that are not usual, at least I haven't seen any inverter that has inputs or outputs to plug directly some kind of continuous energy.” (#14) “The kit was being used to monitor a district heating system, which had an air source heat pump, then it was supplying domestic hot water and space heating to six households. And so, that system was a bit more complex than normally just having, you know, one house, but we were monitoring the electricity use overall, the electricity use of the heat pump, the heat output of the heat pump, the space heating use of each of the households and stuff. And then with that information, and those feeds, I created, like different dashboards, using the dashboard module for each one of the houses to monitor their space heating use, and their domestic hot water use, and also use the apps module to monitor the performance of the heat pump, for example.” (#17).
IDS-Funktion: keine gezielte Einflussnahme auf die Richtung des technologischen Wandels Die Wissensentwicklung in der Community wird nicht koordiniert. Der Austausch im Forum fokussiert jedoch auf bestimmte Technologieoptionen, welche de-facto-Standards darstellen. Es sind keine gemeinschaftlichen Aktionen und kaum Austausch über gemeinsame Ziele und Wertvorstellungen in der Community zu beobachten.	“I think that it is a bunch of people sharing their experiences and trying to help one another. But not with some specific goal.” (#14) „I realized that a really good way to start with open energy monitor was actually to pay them for their EmonTX product as a starting point for gathering the data that you want to then process.“ (#1) “I've got mixed feelings about the goal of OEM, but I think it's to, you know, promote the monitoring and the movement towards green energy.” (#17)
MF-Funktion: kein Beitrag zur Marktentwicklung außerhalb der Nische Abgesehen vom Verkauf von Komponenten oder Starter-Kits gibt es keine Hinweise auf Geschäftsaktivitäten, die sich aus den Ideen der Community ergeben. Aufgrund der geringen Benutzerfreundlichkeit sind die Lösungen für unerfahrene Anwender/innen eher unattraktiv. Da die Nutzung des Community-Forums technisches Wissen voraussetzt, ist der Einstieg für Laien	“So, it's not like a huge economic operation, but they obviously sell some things to make a living” (#1) “The fundamental bits of technology that would be needed to make something that was broadly adopted are there already, and so you're not waiting for the founders to innovate in that respect. That means that somebody could come along and broadly commercialize what's there now by boiling it down rather than expanding it.” (#1) “Technology shouldn't be complex to the end use” (#1)

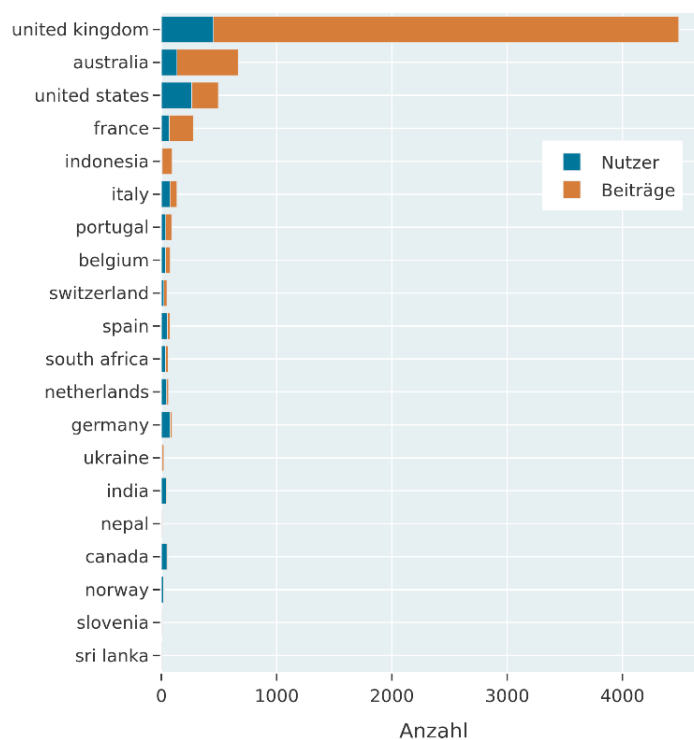
Bewertung	Relevante Interview-Aussagen
schwierig. Für eine breite Vermarktung wäre eine Vereinfachung der Technologie notwendig.	"It's not very simple to just install and get it done. There are certain things that can be a bit difficult to understand." (#17) "I think that if they want to gain a wide audience, they should think about, how do I utilize this complexity, but then present it to people in a way that's really simple and accessible?" (#1) "And because it's not a commercial product, the how to and the resources and learning material has been put there by volunteers. A commercial company would make it much more user friendly." (#5)
LEG-Funktion: keine Aktivitäten zur Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz Die Community zeigt kein proaktives Handeln zur Erhöhung der allgemeinen gesellschaftlichen Akzeptanz der Technologie. Es gibt über technische Fragestellungen hinaus keine konkreten gemeinsamen Interessen und Ziele. Anstöße für gesellschaftliche Veränderung werden eher außerhalb der Community auf individueller und auf politischer Ebene gesehen.	"A: Are you actively doing something to increase this acceptance? B: No, but you should." (#1) "I think that I don't perceive any specific goal in this forum." (#14) "So, well clearly in a very small way, my investment and my effort at my son's place is a microscopic step in that direction. And millions and millions of people make small steps, it might be quite a difference." (#5) "So, it depends on how the smart meter program goes, whether it's more useful to have more insight into your usage with OEM, because it's so flexible, you know." (#17)
RM-Funktion: keine Bereitstellung zusätzlicher Mittel in wesentlichem Umfang Die Community betreibt keine gezielte Ansprache von neuen Mitgliedern. Einige finden über die Nutzung der Technologie in der Hochschulausbildung zur Community. Die Eintrittshürden sind aber (nicht zuletzt wegen der Sprache) für Außenstehende relativ hoch. Die Gemeinschaftsorientierung ist in der Community vergleichsweise gering ausgeprägt. Die Mitglieder sehen eher sich als Konsumierende eines Online-Unterstützungsangebots denn als Beitragende zu einer Community.	"I can't remember how I found this community, but it was certainly when I started thinking about buying my first set of solar panels, I knew I had to monitor everything, so my searched lead me to eMonPi and consequently to this community." (#5) "I think that I am about 1% of the Brazilians that can interact in English, read and write and speak." (#14) "My supervisor has worked previously with the OEM kit, [...] So, that's basically how I came across it and I decided to make my dissertation project to do with it." (#17) "So, just putting it out a general call is, I find much better than just going directly to someone and asking him. Because those guys, they get overloaded, and they don't want to help so much because then everyone will be asking them. So, it's easier to put out a general call." (#6) "The impression it gives is that they sell some devices to support the open-source project." (#1)
PE-Funktion: kostenlose technische Unterstützung (deep-end support) bei der Implementierung Durch technische Hilfestellungen sowie das Teilen von eigenem Wissen und Erfahrungen im Forum unterstützen die Beitragenden andere Anwender*innen der Technologie. Diese Unterstützungsdienstleistung steht Interessierten kostenlos zur Verfügung. Die Anwendung bleibt aber bisher auf den Hobby- und Bildungsbereich beschränkt.	"As I say, if I ask a question, it gets an answer" (#1) "If I come up with a fairly practical solution that works with the software that open energy monitor uses, I will certainly put it on the forum" (#5) "What I built for myself, I pass it on to other people to hopefully they can do the same. If I have the need, someone else has the need." (#6) "The Modbus interface that I've made, I've been helping a few people to build them themselves as well." (#1) "Well, there's less companies who used it for monitoring their own in-house electricity usage and stuff." (#6)

4.1.2 Auswertung der Forum-Daten

Die Struktur und das Beitragsverhalten im OEM-Forum zeigten, dass hier der überwiegende Fokus auf den Austausch bezüglich der Weiterentwicklung verschiedener technischer Aspekte des Community-Produkts gelegt wurde. So entfielen knapp 85% aller Beiträge auf Threads in entwicklungsorientierten Unterforen, die sich mit der OEM-Software und -Hardware befassen (siehe Tabelle 16 im Anhang). Daneben gab es auch eher Community-orientierte Unterforen, in diesen wurden jedoch kaum Beiträge veröffentlicht, oder sie ließen sich, wie im Fall von *Getting Started* (einem Q&A-Bereich), aufgrund einer ebenfalls starken Technikorientierung nicht eindeutig zuordnen.

Das OEM Forum war zwar das nach Anzahl der registrierten Nutzenden bzw. aktiv Beitragenden kleinste Forum, jedoch wurden hier im Zeitraum 2017 bis Ende 2019 mehr Beiträge veröffentlicht als etwa im Forum der PP-Community. Diskussionen erfolgten im Schnitt schneller als bei den anderen Communities und hatten am wenigsten Beteiligte (durchschnittlich 3,2 gegenüber 4,4 bei PP und 7,2 bei OSM). Gleichzeitig waren Diskussionen mit im Schnitt 10,4 Beiträgen etwas länger als bei PP. Das Forum zeichnete sich zudem durch eine hohe Antwortquote (87% aller initialen Beiträge wurde beantwortet), und einen geringen Anteil (23%) nur einmalig aktiver Mitglieder aus.

Während die Beitragenden aus insgesamt 88 Ländern stammten, lag der geografische Schwerpunkt der Community deutlich im Vereinigten Königreich (UK), welches die größte Anzahl Beitragender und insbesondere den mit Abstand größten Anteil veröffentlichter Beiträge auf sich vereinigte (Abbildung 6).



**Abbildung 6: Nutzerherkunft im OEM-Forum
(TOP20, bei 14% fehlte die Angabe)**

Die Struktur des Beitragenden-Netzwerks deutet auf eine wenig unterteilte Community hin. Lediglich eher Hardware-orientierte Beitragende ließen sich augenscheinlich einer Subcommunity zuordnen (siehe Abbildung 7). So interagierten vor allem Beitragende in den Unterforen Hardware, emonPi (Hardwareeinheit basierend auf Raspberry Pi und Arduino) und diyBMS ("do-it-yourself battery management system") verstärkt untereinander.

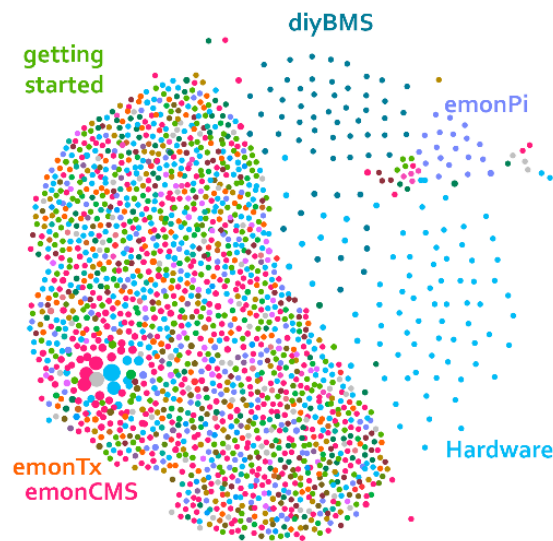


Abbildung 7: OEM-Forum-Netzwerk

Zentrale Mitglieder spielten im OEM Forum eine wichtige Rolle. So waren die TOP-10% der zentralsten Beitragenden an knapp 95% aller Diskussionen beteiligt (Abbildung 18 im Anhang). Der größten Clique gehörten insgesamt 103 Mitglieder an, knapp 5% aller Beitragenden. Im Schnitt interagierte ein aktives Mitglied mit knapp 18 anderen Beitragenden, also etwa 9% der Community, während sich das zentralste Mitglied in Diskussionen mit mehr 66% der Community ausgetauscht hatte. Während die Beiträge zentraler Mitglieder einen weiten Teil der Community erreichten, war deren Anteil am gesamten Austausch weniger dominant als in der OSM-Community. Insgesamt lag die Beitragsdisparität bei OEM unter der von OSM (siehe Abbildung 16 im Anhang).

4.1.3 Rolle im soziotechnischen Wandel

Die OEM-Community kann wohl treffend als „Tech-Community“ bezeichnet werden, die in erster Linie auf die Weiterentwicklung der OEM-Lösungen fokussiert ist. Aus den Interviews mit ihren Mitgliedern wird deutlich, dass das Online-Forum die zentrale Arena und einen Identifikationspunkt der Community darstellt. Das Forum bietet Interessierten die Möglichkeit, sich mit Gleichgesinnten über technische Fragen auszutauschen und Hilfestellung bei der Umsetzung persönlicher DIY-Projekte zu erhalten. Für die erfolgreiche Nutzung des Forums ist jedoch ein Mindestmaß an Technikenntnissen erforderlich, die den Einstieg für Laien schwierig macht und die Attraktivität der Technologie für breitere Anwenderkreise einschränkt.

OSM-Mitglieder sind vor allem an der Entwicklung von DIY-Lösungen für ihren persönlichen Gebrauch interessiert und verstehen sich eher als Nutzende des Forums, denn als Mitglieder einer Gemeinschaft. Das Forum wird in erster Linie als Informationsquelle und Unterstützungsdienstleistung bei der Implementierung gesehen. Die Beteiligten nutzen das Wissen und die Erfahrungen der anderen, ohne sich als Teil einer großen Gemeinschaft zu verstehen.

“My engagement in the community is just passing along ideas and software that I've developed or ways of doing certain things, information on stuff.” (#6), “If I come up with a fairly practical solution that works with the software that open energy monitor uses, I will certainly put it on the forum” (#5).

Neben dem Ziel Energiekosten zu sparen, werden von den Interviewten vor allem die vergleichsweise geringen Kosten gegenüber proprietären Lösungen, der Beitrag zur Konsumentensouveränität (Unabhängigkeit von spezifischen Herstellern) und die Anpassungsmöglichkeiten der OEM-Lösungen an die eigenen Bedürfnisse als Vorteile der Open-Source-Technologie hervorgehoben. Der mögliche Beitrag zur Nachhaltigkeit, der sich durch die Verminderung von Treibhausgasemissionen bei der Energieerzeugung einstellen könnte, wird nicht als eine gemeinsame Aufgabe der Community verstanden. Vielmehr wird die Bedeutung individuellen Handelns und politischer Rahmensetzungen als Faktoren für die Durchsetzung der entwickelten Lösungen gesehen. Eine breitere öffentliche Akzeptanz der Technologie könnte sich indirekt durch die vielfache Erprobung und den Machbarkeitsnachweis der technischen Lösungen ergeben, wird aber in der Community nicht proaktiv vorangetrieben.

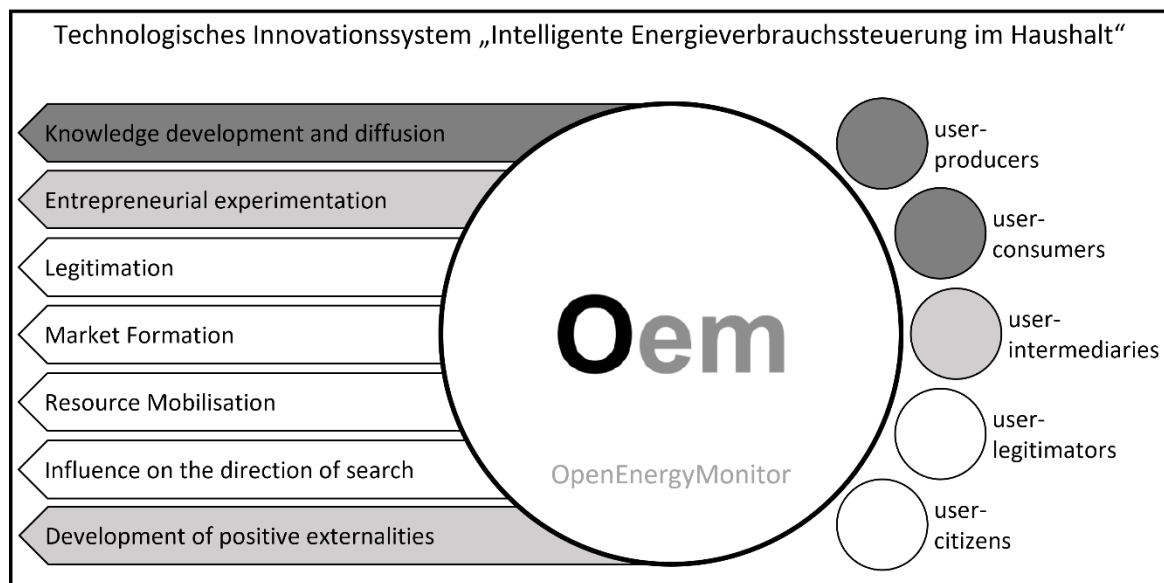


Abbildung 8: Rolle der OEM-Community im soziotechnischen Wandel

Der größte Beitrag der Community zum soziotechnischen Wandel (siehe Abbildung 8) liegt somit in der Entwicklung und Verbreitung der Open-Source-Lösungen, welche die Wissensbasis im Technologiebereich „Intelligente Energieverbrauchssteuerung für den Haushalt“ erweitern und größeren Personenkreisen zugänglich macht (KDD-Funktion). Darüber hinaus leistet die Community effektiv Hilfestellung bei der Implementierung dieser Technologien. Die technische Unterstützungsdienstleistung (im Sinne eines „deep-end support“) steht zwar allen Interessierten theoretisch frei zur Verfügung, was die Attraktivität des Technologiebereichs für neue Akteure erhöhen könnte (PE-Funktion), aber die faktischen Einstiegshürden sind aufgrund des erforderlichen Vorwissens und der Benutzerunfreundlichkeit dennoch so hoch, dass die Technologie für Laien unattraktiv bleibt. Obwohl die technischen OEM-Lösungen in den unterschiedlichsten Kontexten erprobt werden, darf der Beitrag der Community zur Verringerung der unternehmerischen Unsicherheiten im Zusammenhang mit der neuen Technologie (EE-Funktion) aufgrund der unsystematischen und lückenhaften Dokumentation der Einzelexperimente als nicht allzu hoch eingeschätzt werden. Da sich die Anwendung der Open-Source Lösungen bisher weitgehend auf den Heimgebrauch und den Bildungsbereich beschränkt, sind auch die Beiträge der Community zur Bereitstellung von Ressourcen für das TIS (RM-Funktion) und die Steuerungswirkung auf die weitere technologische Entwicklung (IDS-Funktion) vermutlich eher gering. Die Beiträge der Community zur Legitimierung der Technologien (LEG-Funktion) oder zur Entstehung von Märkten (MF-Funktion) sind vernachlässigbar.

4.2 OpenStreetMap

Die OpenStreetMap (OSM) Community entwickelt gemeinsam eine freie Weltkarte für alle. Die Mitglieder sammeln und strukturieren dafür weltweit Geo-Daten zu Flüssen, Schienen, Straßen, Häusern, Wäldern und vielem mehr. Die Verwendung dieser Daten ist lizenzkostenfrei. Sie können beliebig ausgewertet und zu unterschiedlichen Karten weiterverarbeitet werden. Durch die frei zugängliche Datenbank werden Geoinformationsdaten zu einer öffentlichen Ressource (Open Data). Das Projekt wurde 2004 in London vom Informatik-Student Steve Coast initiiert. 2006 wurde die *OpenStreetMap Foundation* gegründet, welche die digitale Infrastruktur bereitstellt. Die Server werden am Londoner University College betrieben. Die Weiterentwicklung der digitalen Werkzeuge wird vorwiegend über Mailinglisten und die sogenannte Engineering Working Group organisiert und koordiniert. Auch wenn für die OSM-Datenbank durchaus auch Daten aus Luftbildern und GPS-Spuren generiert werden, werden wichtige Informationen durch die mittlerweile riesige Community zusammengetragen, die sich in lokalen Gruppen in größeren Städten und Regionen organisiert. Aktuell sind laut OSM-Statistik³ bereits mehr als 8 Millionen Beitragende registriert (Stand Februar 2022). Die OSM-Daten werden als Grundlage für viele nachhaltige Initiativen und Projekte genutzt, beispielsweise in den Bereichen nachhaltiger Tourismus (Wanderreitkarte), nachhaltige Bürgerwissenschaften (Biodiversitätserhebungen), kollaborative Ökonomie (Carsharing) und in vielfältigen Prozessen der Bürgerbeteiligung.

4.2.1 Auswertung der Interviews

Aus der OSM-Community wurden insgesamt zwei Personen aus Deutschland sowie jeweils eine Person aus Polen und aus Italien zu ihren Erfahrungen und persönlichen Einschätzungen interviewt. Die folgende Tabelle 9 fasst die wichtigsten Ergebnisse im Hinblick auf den Beitrag der PP-Community zu den Funktionen des TIS „Geo-Informationsdienste“ zusammen.

Tabelle 9: Bewertung des Beitrags der OSM-Community zu den TIS-Funktionen

Bewertungsaspekte	Relevante Interview-Aussagen
KDD-Funktion: iterative Verbesserung und Verbreiterung der Wissensbasis Die Community entwickelt und verbessert die Software für die kollektive Erfassung und Bearbeitung von Geo-Daten. Beispiele für technische Innovationen sind etwa die automatische Erkennung von Fehlern oder von Vandalismus in der Karte. Neue Werkzeuge und technische Entwicklungen werden über Foren und Mailinglisten mit der Community geteilt und finden Verbreitung, wenn sie sich als nützlich und leistungsfähig erweisen. Für den Wissensaustausch sind neben der Online-Interaktion auch Fachkonferenzen, <i>Mapping-Partys</i> oder Community-Treffen wichtig. Vor allem im Mapping-Bereich wird die OSM-Community von vielen Gelegenheitsbeitragenden unterstützt. Für den Wissensaustausch innerhalb der Community spielt dieser Umstand eine ambivalente Rolle. Einerseits ist die Community offen für Beitragende mit sehr	„Also ich würde sagen, wir haben mehr oder weniger so einen inkrementellen Verbesserungsprozess, wo jeder Aspekt von OSM im Laufe der Zeit einfach immer Stück für Stück besser wird. Das betrifft die Software, das betrifft unser Datenmodell, also die Art und Weise wie wir die Welt in maschinenlesbare Form abbilden quasi. Betrifft natürlich auch die Vollständigkeit und Detailtiefe des Datenbestands.“ (#13) „Solche Sachen gibt es sehr viel, wo die Leute auch erst mal im Kleinen was basteln, und dann ist der nächste Schritt, sie annoncieren das im Forum oder auf der Mailingliste, hey, ich habe hier was gebastelt, und einige davon sterben dann wieder, weil sie nicht so nützlich waren oder nicht so leistungsfähig, und andere, die finden dann Zulauf und die Leute sagen: Hey, das ist ein cooles Tool, das benutze ich jetzt regelmäßig.“ (#18) “But there are also things like translating is also helping things, recording guides and putting Tutorials on YouTube, or wherever, so you can see examples how to do that. Of course, now the pandemic times it's harder, but people are also making map community events, where you just gather around and, so, they [the community user] can learn very easily.” (#15)

³ https://www.openstreetmap.org/stats/data_stats.html

Bewertungsaspekte	Relevante Interview-Aussagen
unterschiedlichen Motiven und Hintergründen, was sich positiv auf die Informationsbreite auswirkt. Auf diese Weise sind in den Daten unterschiedliche Ortskenntnisse und Partikularinteresse reflektiert. Andererseits befördert die Heterogenität der Community die Entstehung von Konflikten (siehe IDS-Funktion) und verhindert einen tieferen fachlichen Austausch.	„Dann gibt es auch noch die OSM-spezifische Innovation, wo die Leute sagen: Ich mache jetzt ein neues Tool, womit man automatisch Vandalismus erkennen kann oder wo man besser Qualitätschecks machen kann, was irgendwelche falsch geschriebenen Sachen analysiert oder was die Dichte von Daten in OSM vergleicht mit der Bevölkerungsdichte.“ (#18)
EE-Funktion: Förderung des Experimentierens mit Geo-Daten Die Bereitstellung der OSM-Daten erlaubt, dass neue kommerzielle Anwendungen und innovative Produkte im Bereich Geo-Informationendienste leicht ausprobiert werden können. Der uneingeschränkte Datenzugang schafft gleiche Ausgangsbedingungen für kommerzielle und nicht-kommerzielle Anbieter und fördert den Innovationswettbewerb. Das erleichtert auch die Deckung von Nischenbedarfen, Forschungsprojekte und gemeinwohlorientierte Initiativen.	„Dadurch ist OSM auch ein Motor für Innovationen, weil viele Leute sich die Daten einfach runterladen können und sagen können, völlig ohne dass sie erst mal ihr universitäres Projekt registrieren lassen müssen: Ich probiere mal was aus. Und dadurch kann jetzt jeder eben mit den Daten rumspielen. Das war am Anfang auch ein erklärtes Ziel von diesen Nerds, die gesagt haben: Wir wollen gern Daten zum Rumspielen. Und die Verfügbarkeit von Daten zum Rumspielen sorgt halt auch dafür, dass mehr gute Sachen erfunden werden.“ (#18) „Und OSM gibt halt jedem die gleichen Startvoraussetzungen, indem das eine Karte ist, die alle verwenden dürfen.“ (#13)
IDS-Funktion: indirekte Beeinflussung der Suchrichtung durch Bündelung von Nutzerinteressen Abgesehen von der Bereitstellung von Geo-Daten für alle, besitzt die OSM-Community keine klaren gemeinsamen Ziele. Die Community ist sehr dezentral organisiert und stark in regionale Gruppen segmentiert. Richtungsstreits gehören zum demokratischen Grundverständnis der Community dazu, wobei jedoch der wachsende Einfluss von Marktakteuren kritisch beobachtet wird. Die OSM-Foundation stellt zwar die Infrastruktur, greift in der Regel aber nicht in inhaltliche Themen ein. Welche Themen in welcher Form bearbeitet werden, entscheiden vor allem die Beitragenden. In gewisser Weise fungiert die Community deshalb auf TIS-Ebene als ein Mechanismus, der Nutzerinteressen bündelt und ungedeckte Nachfrage zugleich offenlegt und bearbeitet.	„Wir haben in OSM natürlich die OSM Foundation, aber da gibt es gewisse Befindlichkeiten. Dieses OSM lässt sich nicht von der OSM Foundation sagen, was es zu tun hat. Die Foundation muss man mehr so wie einen Verein der Freunde und Förderer sehen.“ (#18) „Die OSM Foundation nimmt normalerweise keinen Einfluss darauf, wie bestimmte Sachen jetzt gemappt werden und welche Entscheidungen bei welcher Software getroffen werden und so weiter.“ (#18) „Also, die allermeisten Leute in OSM, die machen ihr eigenes Ding. Die tragen zu OSM bei, um OSM in der Hinsicht zu verbessern, die für sie wichtig ist, ja, wenn das ein Kanufahrer ist, dann mappt er eben die guten Kanuplätze, oder der Campingfan, der mappt die Campingplätze, und das ist ja eigentlich auch gut so. Wenn jeder das mappt, was ihn interessiert und wo er sich auskennt, dann entsteht daraus auch eine hohe Qualität, und davon profitieren alle.“ (#18) „Letztlich lässt sich das nicht vermeiden, wenn man ein Produkt in eine freie Lizenz stellt, weil Teil der Definition einer freien Lizenz ist halt, dass die jeder zu jedem Zweck nutzen darf, auch wenn mir der Zweck nicht gefällt. Aber ja, es ist ein zunehmendes Spannungsfeld.“ (#13) „Die Spannungsfelder zwischen den lokalen Mappern, den gewerblichen Mappern, den humanitären Mappern.“ (#18) „OSM wird zunehmend eben auch von größeren und etablierten Firmen und Organisationen genutzt. Da hatte ich vorhin schon Tesla genannt, aber eben auch zum Beispiel Facebook, Microsoft, Apple und diese Organisationen sind nicht bei jedem der zu OSM beiträgt beliebt.“ (#13) „Und gerade wenn diese Firmen auch noch, na ja, sagen wir zumindest nicht ganz so fair mit OSM umgehen und wenn es, na ja, entsprechende Dynamiken gibt, dass sie vielleicht auch noch auf verschiedenen Wegen versuchen Einfluss auf die Community auszuüben, was zum Beispiel in Form von zunehmender Einflussnahme in der OSM Foundation durchaus passiert, dann führt das definitiv zu stärkeren Konflikten.“ (#13)
MF-Funktion: Beitrag zur Belebung des Markts für Geo-Informationdienstleistungen Aus der Community heraus haben sich Geschäftsaktivitäten entwickelt, wobei ein häufiges Modell darin liegt, dass Community-Mitglieder kommerzielle Beratungsdienstleistungen anbieten. Eines der bekanntesten Unternehmen, das auf dem	„Die Community freut sich, wenn die Daten auch wirtschaftlich genutzt werden können. Es gibt ein paar ganz wenige, die sagen: Hey, das ist doch hier alles antikapitalistisch und so. Aber die meisten sagen: Hey, das ist klasse, je mehr Leute das benutzen, umso bekannter werden wir auch.“ (#18)

Bewertungsaspekte	Relevante Interview-Aussagen
gesammelten Wissen der Community aufbaut, ist Mapbox, ein kommerzieller Anbieter von angepassten Online-Karten für Websites und Apps mit Sitz in Kalifornien, der beträchtliche Summen an Wagniskapital aufgetan hat und inzwischen mehr als 650 Mitarbeitende beschäftigt. Darüber hinaus nutzt eine Vielzahl von Großunternehmen und Staatsbetrieben das Kartenmaterial, das von der Community bereitgestellt wird. Die Interviewten berichten von Logistikkonzernen, digitalen Apps und Plattformen, Zustellungsdiensten, Eisenbahngesellschaften und Automobilherstellern, die auf OSM-Daten zurückgreifen.	„Es gibt viele Leute auch aus der Community, [...] die anfangs auch nur als Mapper angefangen haben und jetzt beruflich das machen.“ (#18) „Es gibt natürlich außer der Geo-Fabrik noch viele andere Firmen, die irgendwas machen.“ (#18) „Also, die Leute können zu uns kommen, wenn die irgendwie einen OSM-Server aufgesetzt haben wollen bei sich oder sie wollen einfach nur OSM-Karten nutzen, aber dabei eben nicht die spendenfinanzierte Infrastruktur des OSM-Projekts verwenden, dann können die zu uns kommen. Oder wenn die halt irgendwelche Beratung brauchen oder einfach nur ein Datenfile mit allen Verwaltungsgrenzen von irgendeinem Gebiet und und und, alles so ein Zeugs. Also, ja, vom Charakter her ist die Firma mehr wie so ein Ingenieurbüro.“ (#18) „Also, ganz anders als die Geo-Fabrik, die halt mehr so beratungslastig ist, ist die MapBox eher produktlastig und sagt: Hier, wir haben diese Standardprodukte, kann man gleich online buchen und so. Ja, also da kann man auch viele Millionen Venture Capital einnehmen, wenn man das möchte.“ (#18)
LEG-Funktion: breite Verwendung fördert allgemeine Akzeptanz Beinahe zwei Jahrzehnte nach ihrer Gründung steht OSM im Bereich Geo-Daten in etwa auf Augenhöhe mit Google Maps. Die OSM-Daten werden von zahlreichen etablierten Unternehmen genutzt. Der freie Zugang und die Qualität der Daten fördern ihre breite Verwendung. Die vielseitige Nutzung der OSM-Daten auch durch kommerzielle Akteure und in der Wissenschaft trägt dabei zur allgemeinen Akzeptanz der Technologie bei, ohne dass die Community proaktiv darauf hinarbeitet.	„Und ich meine, gut, es gab nie den ganz großen Durchbruch, aber wenn man so zurückschaut ist doch der Anteil der OSM Nutzer in der geografischen Welt immer weiter gestiegen.“ (#13) „Hey, wir wollen Geodaten, um damit coole Sachen zu machen. Wir kriegen aber keine von den amtlichen Stellen und von den gewerblichen Anbietern sowieso nicht. Und deswegen machen wir jetzt unser eigenes Ding. Und dann haben die einfach angefangen, und alle haben gesagt: Ihr spinnt ja! Und inzwischen ist das halt ein großer Erfolg.“ (#18) „OSM wird zunehmend eben auch von größeren und etablierten Firmen und Organisationen genutzt. Da hatte ich vorhin schon Tesla genannt, aber eben auch zum Beispiel Facebook, Microsoft und Apple.“ (#13) „OSM wird auch stark-, also es wird gerne eingesetzt in Bereichen, in denen, na ja-, es gibt Themen, bei denen klassische Kartenhersteller nicht genügend Gewinnpotenzial sehen. Das sind zum Beispiel eben die Themen abseits der Autonavigation, wenn es um Radfahrer, Fußgänger oder Menschen mit Mobilitätseinschränkungen geht, weil da ist nicht so viel Geld zu machen. Und da ist OSM, gerade in Europa, auch von der Qualität her oft deutlich detaillierter und überzeugender als die kommerziellen Konkurrenten.“ (#13) „Aber die Community hat auch etwas davon gehabt, weil Außenstehende das Projekt natürlich ernster nehmen, wenn man sagen kann: Hier, da gibt es sogar ein gedrucktes Buch dazu. Dann ist das nicht nur so ein Computerscheiß, sondern da konnte man dann schon, Dritten gegenüber, das Projekt ein bisschen ernsthafter vertreten.“ (#18)
RM-Funktion: erfolgreiche Mobilisierung von freiwilligen und bezahlten Beitragenden Zu einem großen Teil werden die Aktivitäten der OSM-Community durch Freiwilligenarbeit getragen. Aufgrund wachsender kommerzieller Interessen sind aber auch zunehmend bezahlte Beitragende aktiv. Darüber hinaus werden Spendengelder eingeworben, die vor allem zum Betreiben der Server-Infrastruktur dienen. Eine weitere Mittelquelle liegt der Bereich humanitäre Hilfe.	„Ich meine, natürlich, die allermeisten Leute brauchen wir im Bereich der Kartographie.“ (#13) „Interessanter Aspekt ist noch die Tatsache, dass es zunehmend unter den Leuten, die zu OSM beitragen, Leute gibt, die das bezahlt tun.“ (#13) „Letzten Endes hat natürlich das kommerzielle Interesse für OSM manche Vorteile, da fließen manchmal Mittel für bessere Editoren oder bessere Qualitätssicherungstools und so weiter.“ (#18) „Das Humanitarian OSM-Team [...] hat halt schon relativ gewerbliche Strukturen, sage ich mal, nimmt um Größenordnungen mehr Mittel ein als die OSM Foundation selbst und hat ein großes Interesse daran, möglichst viele Leute zu motivieren, an ihren humanitären Projekten teilzunehmen.“ (#18) „Die OSM Foundation betreibt die Server, nimmt Spendengelder ein, um die Server davon bezahlen zu können“ (#18)

Bewertungsaspekte

Relevante Interview-Aussagen

„FOSSGIS zum Beispiel bezahlt einige Server für solche Projekte, damit die weiter laufen können mit weltweiten Daten.“ (#18)

PE-Funktion: Bereitstellung von Geo-Informationen für Dritte

Die kostenlose Bereitstellung von freien Karten und Geo-Daten durch die Community schafft auch Vorteile für Dritte. Die freie Verfügbarkeit der Daten erzeugt eine große Dynamik bei der Entwicklung von verschiedensten Anwendungen. Die Daten werden sowohl im Wissenschaftsbereich genutzt, beispielsweise für präzise Parkplatzzählungen und Parkraumanalysen, als auch im kommerziellen Bereich, beispielsweise für Navigationsgeräte. Aber auch Nischen, für die bis dahin kein relevanter Markt existierte, beispielsweise im Bereich nachhaltiger Mobilität, erhalten dadurch innovative Impulse.

„Mir hat es halt gefallen, vor allem, weil ich mich vorher schon mit Open-Source Software und mit freien Lizenzen, also Creative Commons und Wikipedia auch beschäftigt hatte. Und deshalb war mir das sympathisch, dass es so etwas gibt auch für Karten.“ (#13)

„Also zum einen sind einfach sehr viele Karten, die man auf Webseiten sieht, die man in irgendwelchen Apps vorfindet auf OSM basiert. Manchmal mehr oder manchmal weniger offensichtlich. Es geht von kleinen Nischenanbietern bis zu großen Nutzern wie Facebook oder Tesla, die leider nicht, unserer Meinung nach, prominent darauf hinweisen, dass sie OSM nutzen.“ (#13)

„It's also used by our Polish government to show viaTOLL tolling system uses our also tiles, not only data, but also shows our style of map“ (#15)

„Sometimes the people or companies are using it for practical reasons for routing or for postmen to know all the addresses.“ (#15)

„There are examples of applications, which you're routing, there are a lot of them, including Yanosik, which is working together, it's a company that works together with community, which is rather rare“ (#15)

„Zum Beispiel sind wir sehr populär bei Fahrradfahrern, die oftmals von der etablierten Industrie ein bisschen links liegen gelassen werden. Es gibt wenig spezielle Karten für Fahrradfahrer. Und die Fahrradfahrer haben halt gesehen, dass sie bei OSM endlich in der Lage sind, die für sie relevanten Informationen zu erfassen und damit auch auf die Karte zu bringen. Deswegen haben wir da sehr viel Zulauf.“ (#18)

„Es gibt auch andere Partikularinteressen, wo die dann sagen: Hey, OSM ist ja super für das und das und sich dann so kleine, bereits existierende Communitys, die jetzt gar nicht gestartet sind als OSM-Community, aber es wird dann plötzlich auf dem lokalen ADFC-Stammtisch oder so was, sagt dann einer: Hey, guckt mal, das ist doch cool! Oder am Anfang auch ganz stark bei den Geo-Cachern, da war das auch so. Die hatten auch schon etablierte Communitys, und da haben die gesagt: OSM ist doch cool!“ (#18)

4.2.2 Auswertung der Forum-Daten

Das OSM-Forum war das nach Beiträgen und aktiven Nutzern deutlich größte untersuchte Forum. Insgesamt wurden hier zwischen 2017 und 2019 mehr als 145.000 Beiträge von knapp 6.500 Nutzern veröffentlicht. Das Forum war in die Bereiche *OpenStreetMap*, *OSM Specials*, *OSM Forum*, *OSM Community* und *Archive* unterteilt. Der Community-Bereich bestand aus Unterforen für insgesamt 69 verschiedene Länder (z.B. *users:Germany*) und machte mehr als 91% aller Beiträge aus. Die darin beitragsstärksten Länder waren Deutschland (43% aller Beiträge), gefolgt von den Niederlanden (16%), Russland (15%) und Polen (7%), siehe Abbildung 9. Unterforen, die der Organisation der gesamten Community dienten, vereinigten nur einen kleinen Beitragsanteil (<1%) auf sich. Knapp 8% der Beiträge wurden in nicht länderspezifischen, sowie eher technisch orientierten Unterforen v.a. in den Kategorien *OpenStreetMap* und *OSM Specials* veröffentlicht. Dazu ließen sich beispielsweise *Questions and Answers* (6% aller Beiträge), sowie *Garmin maps* (<1%) oder *Development* (<1%) zählen.

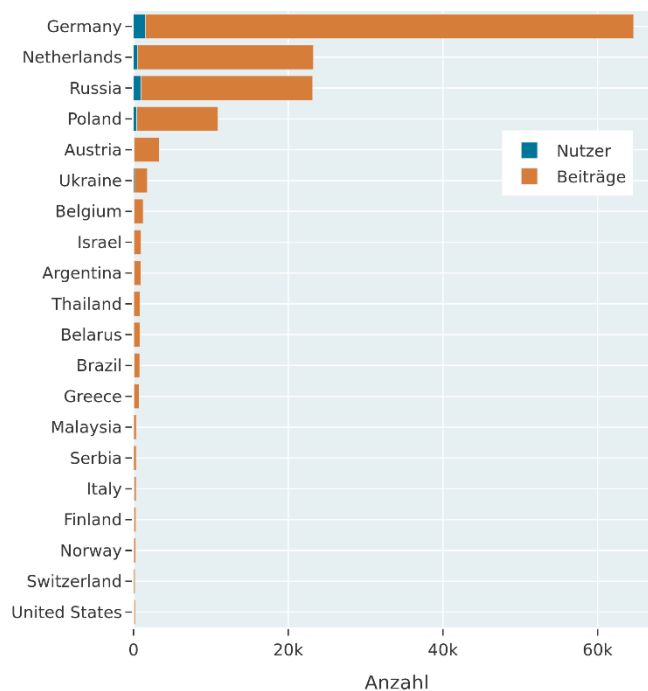


Abbildung 9: Nutzerherkunft im OSM Forum (geschätzt anhand Beitragsverhalten in users:x-Foren)

Insgesamt hatte das OSM-Forum die höchste Antwortquote und die kürzeste Antwortverzögerung der drei Communities. Bei knapp 90% der initialen Beiträge erfolgte innerhalb eines Jahres ein zweiter Beitrag im selben Thread, durchschnittlich bereits nach 5 Tagen. Die Mitglieder der OSM Community waren im Schnitt am aktivsten (22,6 Beiträge pro Mitglied), gleichzeitig waren Diskussionen mit durchschnittlich 24,4 Beiträgen insgesamt länger als in den anderen Communities.

Knapp 20% der Meistbeitragenden im OSM Forum waren für 90% aller Beiträge verantwortlich. Damit herrschte bei OSM die im Vergleich größte Beitragsdisparität (siehe Abbildung 16 im Anhang). Gleichzeitig lag der Anteil der Nutzer, die nur einen Beitrag veröffentlichten mit 37,4% zwischen dem jeweiligen Wert der anderen beiden Communities. Zudem schienen zentrale Nutzende ("heroes"), gemessen an der Häufigkeit ihrer Beteiligung an Diskussionen, eine etwas weniger große Rolle zu spielen als beispielsweise in der OEM Community.

Das durch die Beiträge im OSM-Forum gebildete Netzwerk war stark durch die Struktur der geografisch aufgeteilten Unterforen geprägt (Abbildung 10). Interaktionen fanden am häufigsten zwischen Beitragenden statt, die, bewertet nach dem Unterforen zugeordneten Beitragsschwerpunkt, im gleichen, oder einem geografisch nahegelegenen Raum verortet waren. Neben der allein inhaltlich durch den Kartenkontext erzeugten geographischen Relevanz spielte hierbei sicher auch unterschiedliche Form des Austauschs eine Rolle, da Diskussionen häufig in der jeweiligen Landessprache geführt wurden und somit nur einer Untergruppe der gesamten Community zugänglich waren.

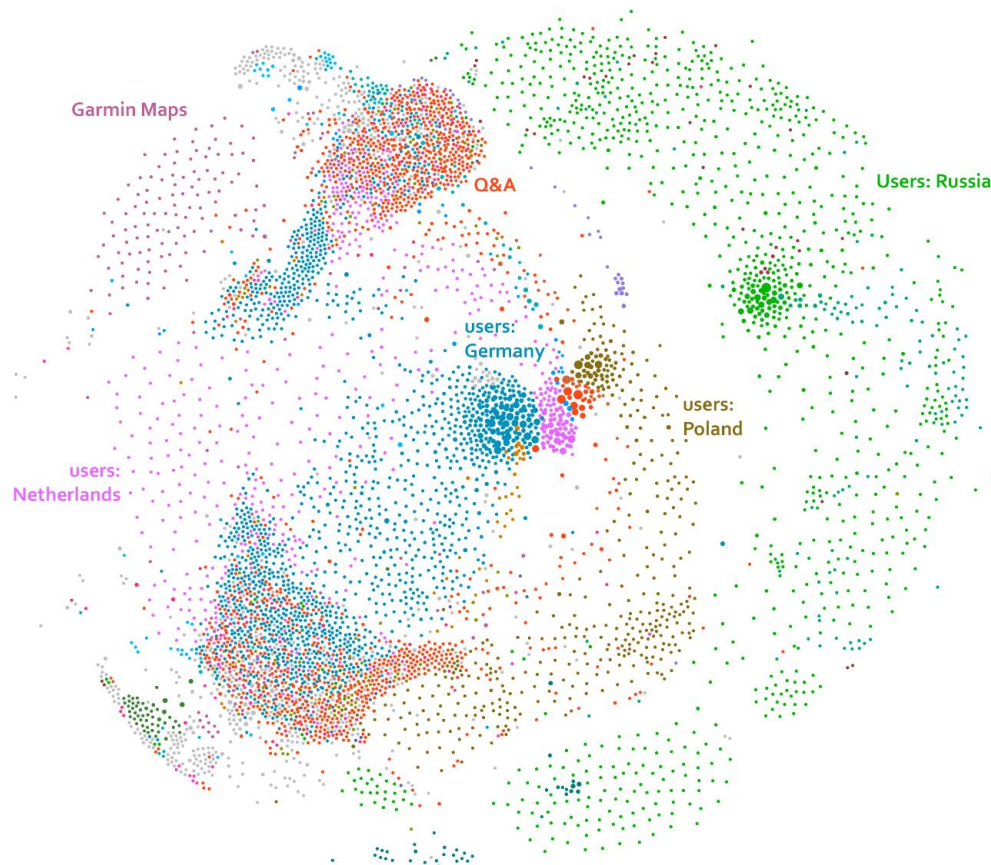


Abbildung 10: OSM-Forum-Netzwerk

Die stark durch eine Unteraufteilung geprägte Struktur des Netzwerks spiegelte sich in verschiedenen erhobenen Metriken wider. So gab es zwar eine starke Interaktion zwischen den Community-Mitgliedern (mittlerer gewichteter Grad = 118,2), gleichzeitig fanden Interaktionen jedoch mit beschränkten Untergruppen der Community statt, die vom Umfang in etwa jenen in der PP-Community entsprachen (mittlerer Grad = 55,7). Zudem gab es einen weniger großen vollständig untereinander vernetzten "harten Kern". Die maximale Clique umfasste bei OSM 204 Personen, 3,3% aller Community-Mitglieder, ein Wert der deutlich unter denen der OEM- und PP-Communities lag.

4.2.3 Rolle im soziotechnischen Wandel

OpenStreetMap kann als eine Citizen Science Community charakterisiert werden. Im Mittelpunkt der Aktivitäten steht das Zusammentragen von Geo-Informationsdaten. Kern des Projekts ist die frei zugängliche Datenbank. Die Community entwickelt einerseits erfolgreich die Software für die Erfassung und Bearbeitung der Daten und leistet damit einen wichtigen Beitrag zu technologischer Innovation im Bereich Geo-Informationsdienste. Andererseits schafft sie durch das Sammeln und Redigieren lokaler Informationen eine freie Wissensressource, die sämtlichen Akteuren im TIS kostenlos zur Verfügung steht und auch außerhalb der Community rege genutzt wird.

Mitgliedern des OSM-Netzwerks nehmen eine wichtige Vermittlerrolle ein (user-intermediaries), indem sie durch ihre Zusammenarbeit verteiltes Wissen bündeln und durch ihr Mitwirken an der Entwicklung der Geo-Daten und Tools für deren kollektive Erhebung, die Nutzungsregeln, Erwartungen und Interpretationen neuer Geo-Informationsdienstleistungen entscheidend mitbestimmen:

“Wir wollen gern Daten zum Rumspielen. Und die Verfügbarkeit von Daten zum Rumspielen sorgt halt auch dafür, dass mehr gute Sachen erfunden werden.“ (#18), „Und OSM gibt halt jedem die gleichen Startvoraussetzungen, indem das eine Karte ist, die alle verwenden dürfen.“ (#13), „OSM wird auch [...] gerne eingesetzt in Bereichen, [...] bei denen klassische Kartenhersteller nicht genügend Gewinnpotenzial sehen.“ (#13), „Wenn jeder das mappt, was ihn interessiert und wo er sich auskennt, dann entsteht daraus auch eine hohe Qualität, und davon profitieren alle.“ (#18)

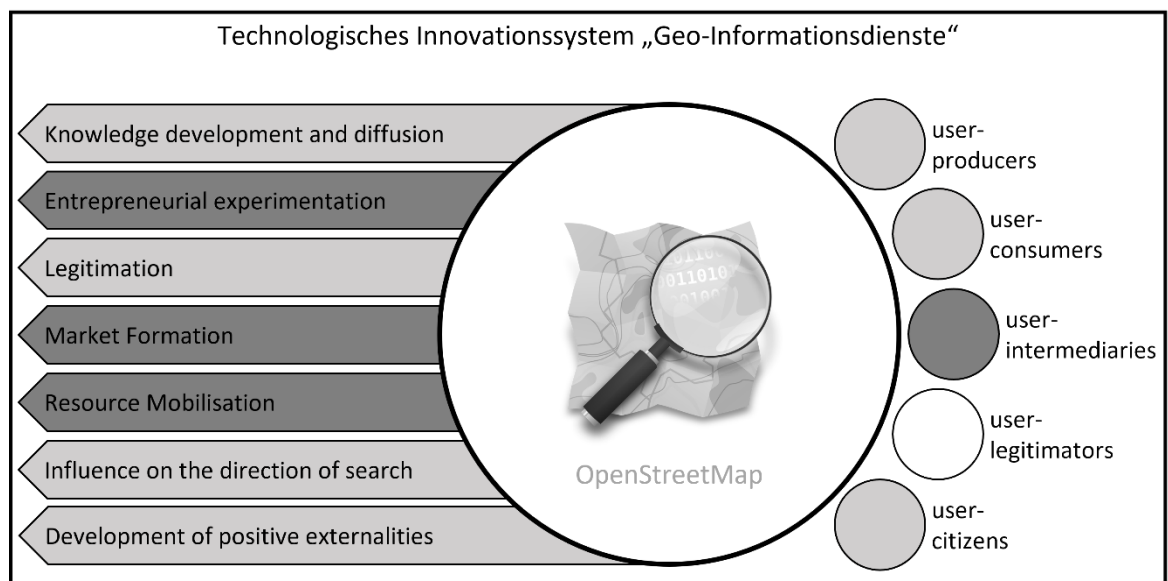


Abbildung 11: Rolle der OSM-Community im soziotechnischen Wandel

Der Beitrag der Community zum Technologischen Innovationssystem für Geo-Information-Dienste kann kaum überschätzt werden (siehe Abbildung 11). Der wichtigste Beitrag der Community zum soziotechnischen Wandel ist aber in der kostenlosen Bereitstellung der Geo-Informationsdaten zu sehen (RM-Funktion), die wiederum zur Entstehung von neuen Märkten im Bereich der Geo-Informationsdienste beiträgt (MF-Funktion). Die Bündelung von Nutzerinteressen, die sich in den bereitgestellten Daten widerspiegelt, übt auch eine gewisse Steuerungswirkung auf die Technologieentwicklung aus. So können beispielsweise neue Karten und Geo-Informationsdienste für Radfahrende entwickelt werden, weil diese in großem Maße relevante Informationen zur OSM-Datenbank beisteuern. Die Community leistet also auch einen wichtigen Beitrag zur Mobilisierung von Freiwilligenarbeit für das Innovationssystem.

4.3 Precious Plastic

Precious Plastic (PP) ist ein Projekt, das mit der Entwicklung von kostengünstigen und einfach nachbaubaren Maschinen die Wiedergewinnung von Rohmaterialien aus Plastikmüll und deren Verarbeitung zu einfachen Kunststoffprodukten ermöglicht. Das Projekt wurde 2012 vom holländischen Design-Studenten und Künstleraktivisten Dave Hakkens als Teil seiner Abschlussarbeit an der Design Akademie von Eindhoven begründet. Es adressiert die globale Plastikmüllproblematik, indem es sich für lokale Recyclinglösungen einsetzt. Die Wiederverwendung des anfallenden Kunststoffabfalls vor Ort soll Bewusstsein schaffen, Transportwege verkürzen und lokale Wertschöpfung ermöglichen. Hierfür hat das PP-Entwicklungsteam in mehreren Schritten ein komplettes Ökosystem entworfen, das vom Sammeln, Schreddern und Verarbeiten von Kunststoffen bis zum Verkauf der Recyclingprodukte reicht. Die internationale Community setzt die Grundidee von PP in verschiedenen Projekten weltweit in die Tat um. Dafür kann sie auf das in der Community gesammelte Wissen über die Materialeigenschaften von Plastik, Baupläne für kleindimensionale Open Source Recyclingmaschinen, praktische Anleitungen und Workshops zur Kunststoffverarbeitung, offen geteilte Produktdesign für recyceltes Plastik und Businessmodelle nutzen. Neben ansprechend gestalteten Videos und Internetauftritten dient das Online-Forum der Community als ein wichtigstes Interaktions- und Kommunikationsmedium, das für die Dokumentation der verschiedenen Projekte und internationalen Aktivitäten und als Plattform für den Wissensaustausch genutzt wird.

4.3.1 Auswertung der Interviews

Aus der PP-Community wurden insgesamt neun Mitglieder zu ihren persönlichen Erfahrungen und Einschätzungen interviewt, jeweils vier Personen aus Deutschland und den Niederlanden sowie eine Person aus China. Die folgende Tabelle 10 fasst auf Grundlage der Interview-Aussagen die Bewertungen im Hinblick auf den Beitrag der Community zu den Funktionen des TIS „lokales Kunststoff-Recycling“ zusammen.

Tabelle 10: Bewertung des Beitrags der PP-Community zu den TIS-Funktionen

Bewertungsaspekte	Relevante Interview-Aussagen
KDD-Funktion: kaum Vertiefung der Wissensbasis und schwierige Online-Wissensvermittlung Die Community befasst sich mit dem Aufbau lokaler Recycling-Ökosysteme. Neben der Entwicklung geeigneter technischer Geräte geht es dabei auch um organisatorische Fragen, wie beispielsweise die Beschaffung und Sortierung von Plastik-Abfällen, Öffentlichkeitsarbeit, Finanzierung und Management von Freiwilligen. Die PP-Community ist in Teams mit vielseitigen Kompetenzen untergliedert. Oft mangelt es lokalen Teams aber an technischem Fachwissen, was nur bedingt über den Online-Austausch ersetzt werden kann, weil das für den Nachbau und die Benutzung der Maschinen relevante Wissen nur schwer digital vermittelt werden kann. Für die Weiterentwicklung der technischen Lösungen und praktische Anleitung ist deshalb der Austausch vor Ort in Makerspaces und offenen Werkstätten überaus wichtig, wogegen das Online-Forum vor allem als Inspirationsquelle und für den Austausch allgemeiner Informationen mit der internationalen Community dient. Die Heterogenität der Community und die schwierige Vermittelbarkeit des relevanten	„Also wir sind in unserer Maastricht Community praktisch in vier bis fünf Bereiche strukturiert mit eigenständigen Teams, die sich dann auch, die sozusagen ihre eigene Kommunikation haben gewissermaßen. Und das ist das Produktionsteam. Da sind halt Leute, die sich wirklich für diese Maschinen, für die Operationen der Maschinen interessieren. Dann haben wir einen Supply-Chain-Team, was sich damit beschäftigt, wie wir diesen Plastikmüll bekommen können. Dann haben wir ein Communications Team, in dem ich auch dabei bin. Da haben wir eine, Leute, die für Social Media zuständig sind, Leute, die unsere E-Mail-Konto verwalten und halt Leute wie mich, die so diese Kommunikation von unseren Projekten machen. Und dann haben wir noch ein Finance Team, was so diese finanzadministrative Geschichte angeht.“ (#7) „I don't think having more people would have helped with more knowledge-, I think-, well maybe I think people like with more knowledge and more skills to build like when people like with a mechanical engineering background or something, that would have helped a lot.“ (#8) “So, we were able to attract mechanical engineers, or people who are doing design, or all kind of maker profiles.“ (#11) “Wenn ich technische Probleme habe, dann ist es meistens, schaffen wir das bei uns im Team. Wir sind sehr divers aufgestellt.“ (#3)

Bewertungsaspekte	Relevante Interview-Aussagen
Wissens müssen als wichtige Hemmnisse für die Vertiefung der technischen Wissensbasis über das Online-Forum verstanden werden.	„Es gibt immer Einige, die sind sehr speziell in ihrem Thema drin. Und die wissen genau, wovon sie reden und sind super engagiert. Aber es gibt halt drum herum so eine Riesenblase von Leuten, die fangen immer wieder an so Basic Fragen zu stellen. Und deswegen kommt man manchmal gar nicht so in die Tiefe des Themas rein.“ (#10) „Weil klar, ist halt die ganze Zeit so ein Spagat zwischen, die ganze Zeit total offen sein und den neuen Leuten einen möglichst leichten Eingang darein ermöglichen. Und gleichzeitig aber auch weiterkommen in den Themen, die man so gerade beackert.“ (#10) “I think we put a lot of effort in making these YouTube videos really understandable and really easy to start, like copying the things we were doing.” (#9) „At the beginning, I looked into the forum built by PP, but it was really too messy for me, and you need to be there every day and follow. And it was too much for me.“ (#11) „Um da eine Frage zu stellen, muss ich das Problem ja auch benennen können. Und das konnte ich gar nicht. Das war so diffus irgendwie, dass ich da einfach noch mehr Aufwand betreiben musste, um das Problem überhaupt zu benennen um es dann beantwortet zu bekommen.“ (#10) “So, like, how am I supposed to communicate this online (...) we were missing that language.” (#8)
EE-Funktion: Machbarkeitsnachweis durch Dokumentierung weltweiter Projekte Die Community demonstriert mit ihren weltweiten Projekten die Machbarkeit lokalen Plastik-Recyclings. Dafür ist die Online-Dokumentation der Projekte sehr wichtig, die von der Community eingefordert und genutzt wird. So gibt es eine Vielzahl ansprechend gestalteter Online-Tutorials und bildreicher Erfahrungsberichte aus den internationalen Projekten, die bei der praktischen Umsetzung solcher Projekte unterstützen. Allerdings betreffen die wichtigsten Unsicherheiten nicht die Technologie, sondern die ökonomische Tragfähigkeit und Rechtssicherheit solcher Projekte. Um bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen zu unterstützen, werden Business-Starter-Kits bereitgestellt.	“Ich glaube in Indien ist jetzt ein Projekt oder in Bangladesch, das sie jetzt gerade aufbauen. Das gab es auch in Kenia und in, ich weiß nicht, ob es Chile war. Aber in Südamerika gab es auf jeden Fall auch ein cooles Frauenprojekt.” (#3) “I remember with this container, we had to send the container to the Maldives, that was this test project. Like if it's possible to actually send the thing to the Maldives, which actually arrived only this year, or a few months ago.” (#2) “But it's a matter of really trying and failing.” (#2) „Sort of making this Ikea package where everyone is able to start our own recycling company“ (#9) “That was our vision, so that we would be there like the workshop would be open every two weekdays in a week and then we could kind of experiment with everyone whoever wanted to.” (#8) „Und es war, aber immer, wie ich vorhin sagte wichtig, dass die uns dazu getrieben haben, das ordentlich zu machen. Von uns aus wäre das nicht so gut gewesen.“ (#4)
IDS-Funktion: langfristige Beeinflussung der Richtung des technologischen Wandels Für die Recycling-Wirtschaft ist die PP-Community eher unbedeutend und doch übt sie mit ihren medienwirksamen Aktivitäten langfristig einen Einfluss auf die Entwicklung des Sektors aus. Die Community schafft Aufmerksamkeit für Fragen der Kreislaufführung von Rohstoffen und übt dadurch Druck auf Hersteller aus, die Recyclingfähigkeit von Plastikprodukten zu erhöhen. Das Wissen und die Erfahrungen der Community werden bereits für die Verbesserung von Produkt-Designs und den Einsatz von Rezyklaten in der Produktion genutzt.	„Wir als Kunststoffschmiede haben quasi so ein bisschen, wir haben die letzten Jahre so Produktentwicklung teilweise angeboten, weil wir das angefragt worden sind.“ (#3) „Und, genau, da gibt es jetzt eine Firma, die sich quasi um diese ganze Produktentwicklung, Kreislaufberatung, ja um quasi ... Einsatz in Massenprodukten bemüht.“ (#3) „Wir machen das dann als Entwicklungsdienstleister, dass wir diese Branchen vernetzen. Und dass wir Produkte entwickeln für Marken, die dann in diesem Netzwerk herstellbar sind. Zu 100 Prozent Recycling und Recyclingfähigkeit.“ (#3) “So it's a lot of understanding how machine works and then if that is good for you or not for what you want to make.” (#2) “Die gucken halt iterativ, was ist das nächste Ding, worauf haben genug Leute Bock und wo gibt es ein bisschen Geld oder Ressourcen, um das durchzuziehen.” (#4)

Bewertungsaspekte

Relevante Interview-Aussagen

MF-Funktion: bisher keine wirtschaftliche Relevanz

Den Verkauf von Recycling-Maschinen, Gussformen und Rohstoffe sowie von recycelten Produkten unterstützt die Community mit einer Online-Börse. Dennoch ist der Beitrag zur Entwicklung eines Marktes für lokales Kunststoffrecycling als sehr gering einzuschätzen. Kleinstunternehmen in der Dritten Welt mögen zwar die PP-Technologien erfolgreich nutzen (z.B. für die Herstellung von Kunststoffkacheln oder Flipflops). In Industrieländern mit etablierten Recyclingsystemen, wie Deutschland oder die Niederlande, ist der Ansatz von PP jedoch wirtschaftlich nicht tragfähig (und verstößt teilweise sogar gegen Bestimmungen zur Abfallentsorgung). Das Knowhow der Community findet hier vor allem in der Bildung und Umwelterziehung für Kunst- und Designobjekte Anwendung.

"We see it as a tool to educate about plastic pollution and recycling plastic, but it's not very good if you really want to produce." (#11)

„Und Produktion machen wir halt relativ wenig. Dafür nutzen wir die Technologie einfach nicht. Das ist uns zu –. Also wir machen einmal, wenn irgendjemand einmal nett fragt, oft ist es so, dass eine Designstudentin oder eine Modestudentin sagt, ich will hier irgendwie so Schnallen oder so Ringe haben. Und dann setzt man sich halt hin und macht 20 Stück.“ (#3)

„Big companies, they have the, like the best machines and they have a lot of money and the capacity in order to recycle, so competing with these, it's not really the thing we're after.“ (#9)

„... es lässt sich auch überhaupt nicht darstellen. Die Kosten, die du hast, den Verschnitt, den du hast, den Energieaufwand, den du hast, das ist alles wir sind, aber es geht ja nicht um die Produktion dabei.“ (#3)

„Und durch diese Publicity, die wir bekommen haben durch den Wettbewerb, haben sich auch viele Geschäfte und Partner bei uns gemeldet, die am liebsten jetzt schon Becher und Besteck und Geschirr haben wollen. Aber das können wir leider aktuell nicht liefern.“ (#7)

"And so in reality, if you really want to do it, it's easier to just reach a small business, a family-owned plastic company that is able to produce and connect them with another company that is selling recycled pellets." (#11)

„So our request were more like the ones that you would then show to the world to make some communication like, 'Hey, we made a table for Jaden Smith!'" (#2)

„Ein Auftrag auch tatsächlich waren nur hundertzwanzig Knöpfe. Also ich müsste bestimmt 500 spritzen. Das war für eine edle Knopffirma, die mussten halt auch schick sein.“ (#4)

LEG-Funktion: wichtiger Beitrag zur Neubewertung von Plastikabfällen

Der Beitrag der PP-Community zur Legitimierung des Plastikrecyclings ist als sehr hoch einzuschätzen. Die Stärkung des Umweltbewusstseins ist ein geteiltes gemeinsames Ziel. Community-Mitglieder werben proaktiv für die Idee einer Circular Economy und präsentieren ihre technischen Lösungen, Produkte und Projekte auf Messen, in Gesprächsrunden und öffentlichen Veranstaltungen. Workshops werden angeboten, um über die Problematik aufzuklären und eine aktive Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der Wiederverwertung zu informieren. Die Identifikation mit der Community und ihren ökologischen Idealen ist hoch und man arbeitet mit anderen umweltpolitischen Initiativen und Nichtregierungsorganisationen zusammen.

„Unser Ziel ist es, Kunststoffrecycling zum Anfassen zu machen und das können wir mithilfe von PP verwirklichen, weil wir da die Tools in die Hand kriegen, um das zu ermöglichen.“ (#4)

„Wir haben nicht vor, mit irgendwelchen Recycling-Firmen zu konkurrieren und da jetzt profitorientiert uns als Wertstoffunternehmen zu etablieren, sondern wir wollen praktisch Leuten zeigen, was für ein Potenzial in ihrem Plastikmüll steckt und auch eine Plattform bieten für Themen wie Kreislaufwirtschaft, Recycling und nachhaltige Themen.“ (#7)

„Aufmerksamkeit und Awareness ist auf alle Fälle da. Ich glaube eher der politische Wille und die Policies besonders, um diese Möglichkeiten auch profitabel zu machen und somit für Unternehmen interessant. Das ist dringend nötig.“ (#7)

"We were at the Dutch National Day of Sustainability in higher education". (#8)

"But that it's gotten to a point where it's established in a level so people can give workshops" (#2)

„Und diese Umweltbildung, die tun wir jetzt professionalisieren im Verein. Dass wir für diese ganzen Schulworkshops, für Erwachsenenbildung, genau, für Firmenanfragen, wo man dann einmal dort hinfährt und dann mit den Mitarbeiterinnen, ja, Workshops gibt.“ (#3)

„Also wir haben jetzt jemanden eingestellt, auch mit der Kunststoffschmiede, weil wir eben größere Resonanz hatten und immer wieder Workshop-Anfragen kriegen“ (#4)

„Wir haben auf alle Fälle eine sehr starke Verknüpfung zu anderen Nachhaltigkeits-Communities hier in Maastricht.“ (#7)

RM-Funktion: Mobilisierung von Freiwilligen und Fördergeldern

„Und dann gab es diese Videos von Dave Hakkens auf Youtube, und darauf bin ich gestoßen. Das war ja so quasi seine Masterarbeit oder so. Und der hat diese Videos gemacht. Und das Wissen irgendwie so verständlich dar

Bewertungsaspekte	Relevante Interview-Aussagen
Die PP-Community mobilisiert erfolgreich Freiwillige und Finanzmittel für die Entwicklung von Lösungen für lokales Plastikrecycling. Durch mediale Präsenz und geschickte digitale Kommunikation wird eine breite Zielgruppe junger Menschen angesprochen, die sich ehrenamtlich engagieren. Oft findet das Engagement im Rahmen wissenschaftlicher Projekte oder Abschlussarbeiten statt. Teilweise werden die Aktivitäten aus Preis- und Spendengeldern finanziert. Darüber hinaus wirbt die Community öffentliche Mittel für Umwelt- und Bildungsprojekte ein. Die Einnahmen aus dem Verkauf von Maschinen oder Produkten sind eher von nachrangiger Bedeutung.	zubereiten, dass man Lust hat und sich denkt, das kann ich auch. Oh, das will ich auch.“ (#3) „We put our own money on it since the beginning. And then we got a project and when we got money from the project, it was like recovering the fees or the expenses.“ (#11) „But I think like version four, all the money was from award for the last version. I think it was in Paris. And now it's mostly based on patrons.“ (#9) „Wie die lokale Gemeinde (...) jetzt mit uns interagiert, weil die auch auf alle Fälle interessiert sind und jetzt auch uns finanziell unterstützen wollen in Zukunft.“ (#7) „Wir hatten zwischenzeitlich noch einen Preis gewonnen hier. Und dann hatten auf einmal 2500 Euro. Damit konnten wir halt schon viel machen, weil wir für Räumlichkeiten nichts abdrücken mussten.“ (#10) „Und dann haben wir zwei Jahre lang, oder zwei Jahre halt mit Förderung die Kunststoffschmiede aufgebaut. So als Tandem mit Ehrenamt und bezahlten Kräften (#3) “And now PP is sort of community of the thing more than 40,000 people around the world are working on this. And we, they are all trying to sort of recycle plastic and work on the recycle plastic problem.“ (#9) „This is a lot of work. Handling a community, it takes so much work to structure it, to keep it active. But then they also had this help from people that were really active in the forum. They weren't being paid or anything, but they loved it.“ (#2) „Das ist alles nur in der Freizeit gelaufen. Und da war es auch schwierig dafür das Geld irgendwo zu finden. Beziehungsweise die Zeit. Letztlich ist es die Zeit, nicht das Geld.“ (#10)
PE-Funktion: wichtiger Beitrag zur öffentlicher Bildung und Befähigung für Nachhaltigkeit Die Community unterstützt Projekte in aller Welt, die lokale Plastikrecycling-Ökosysteme aufbauen wollen, mit ihrem Knowhow, mit quelloffenen Bauplänen, mit praktischen Erfahrungsberichten, mit einer wiedererkennbaren Marke, mit Vorschlägen für Geschäftsmodelle und mit einem Online-Marktplatz für den Verkauf von Produkten. Die Bereitstellung dieser Informationen hilft Dritten, in diesem Bereich unternehmerisch tätig zu werden, die Ideen der Community aufzugreifen und weiterzuentwickeln. Die Öffentlichkeit wird für den Wert von Abfällen sensibilisiert und über die Wiederverwertbarkeit von Kunststoffen aufgeklärt.	„So, die Industrie findet uns cool, die Verbände, die Lobby, die finden uns, also die sind richtig begeistert, dass halt Leute einmal das anders sehen. Und nicht nur irgendwie nur Alternativen zu Plastik produzieren.“ (#3) “So just because it keeps this atmosphere of giving, taking, without paying for something at the end, because you're getting a lot of knowledge and you're not paying for it.“ (#2) “It's designed in such a way that everyone wherever they are in the world, if they have the skills, should be able to make it themselves.“ (#8) “We put a lot of effort in making these YouTube videos really understandable and really easy to start, like copying the things we were doing.“ (#9) “Also wir haben schon mit Schulen Kooperation gemacht, auch mit Hochschulen. Und auch mit der Gemeinde hier vor Ort.“ (#7) „Und kommerzielle Partnerschaften haben wir jetzt auch schon immer mehr. Da sind wir häufig mit Startups unterwegs, die auch so einen Nachhaltigkeitsfokus haben.“ (#7)

4.3.2 Auswertung der Forum-Daten

Das Forum der PP-Community (benannt nach dem Gründer: „Dave Hakkens Forum“) war von 2017 bis 2019 mit knapp 19.000 Beiträgen das kleinste der drei untersuchten Foren (siehe Tabelle 5). Insgesamt gab es in diesem Zeitraum jedoch knapp 3.500 Beitragende, deutlich mehr als in dem nach der Anzahl der Beiträge gemessen größeren OEM-Forum. Das PP-Forum war in Unterforen strukturiert, welche jeweils einer der vier Kategorien *General*, *Story Hopper*, *Precious Plastic* und *Phonebloks* zugeordnet waren. Im betrachteten Zeitraum spielte die Kategorie *Phonebloks*, welche sich v.a. um 2013 mit der Entwicklung eines modularen Mobiltelefons befasst hatte, jedoch kaum eine Rolle mehr. Die Unterforen *Discuss Videos* und *Making stories* in der Kategorie *Story Hopper* waren dem gleichnamigen Projekt gewidmet, welches Stories (meist in Form eines Youtube-Videos) zum Thema Nachhaltigkeit sammelt. Insgesamt machten *Phonebloks* und *Story Hopper* weniger als 1% der Beiträge aus.

Die meisten Beiträge (71%) wurden in Unterforen verfasst, die sich vor allem mit der (Weiter-) Entwicklung neuer PP-Maschinen befassten, hauptsächlich in *Machine Development* (24% aller Beiträge), *General ideas and suggestions* (13%) und *Share your creations* (11%). Beiträge in Unterforen die sich eher der Organisation der Community widmeten, machten zudem knapp 28% aus; beitragsreichste Unterforen waren hier *Welcome! Meet each other* (Vorstellung einzelner Community-Mitglieder) mit 14% und *Community talk*, mit 8% aller Beiträge.

Jeder Forennutzer veröffentlichte im Schnitt ca. 5 Beiträge, wobei der überwiegende Teil der Nutzer (56%) mit lediglich einem Beitrag vertreten war. Diese hohe Anzahl weniger engagierter Nutzer korrespondierte mit einem hohen Anteil unbeantworteter initialer Beiträge (30%) und einer relativ langsamen Antwortgeschwindigkeit. So gab es durchschnittlich 43 Tage Zeitverzögerung zwischen initialem und zweitem Beitrag, während eine gesamte Diskussion durchschnittlich 159 Tage dauerte. Threads mit nur einem Beitrag ausgenommen, waren Diskussionen mit durchschnittlich 7,5 Beiträgen zudem kürzer als solche die in den Foren der anderen untersuchten Communities geführt wurden.

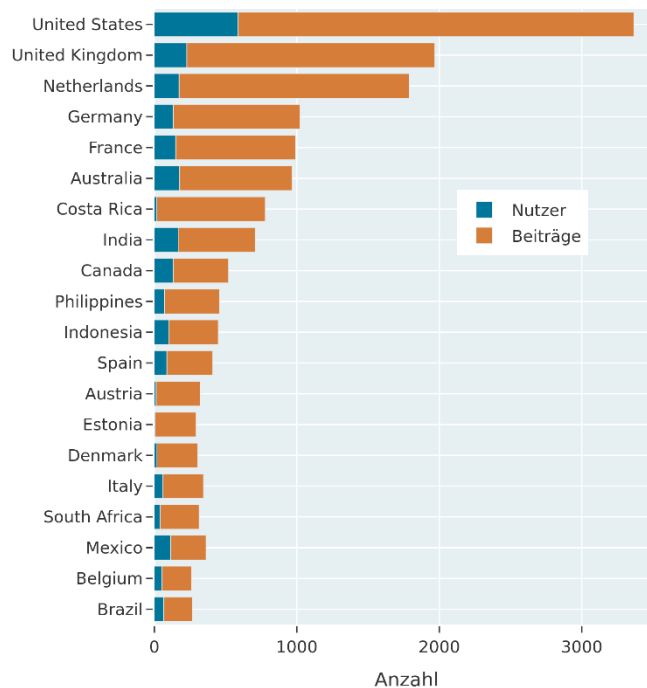


Abbildung 12: Nutzerherkunft im PP-Forum (TOP20, bei 11% der Nutzer fehlte die Angabe)

Die Herkunft der Nutzer im PP-Forum war diverser als in den beiden anderen Foren. Zwar dominierten auch hier Nutzer aus westlichen Industriestaaten (v.a. USA, Großbritannien, Niederlande; siehe Abbildung 12), jedoch nahmen auch viele Nutzer aus anderen Ländern teil (Costa Rica, Indien, Philippinen, Indonesien etc.).

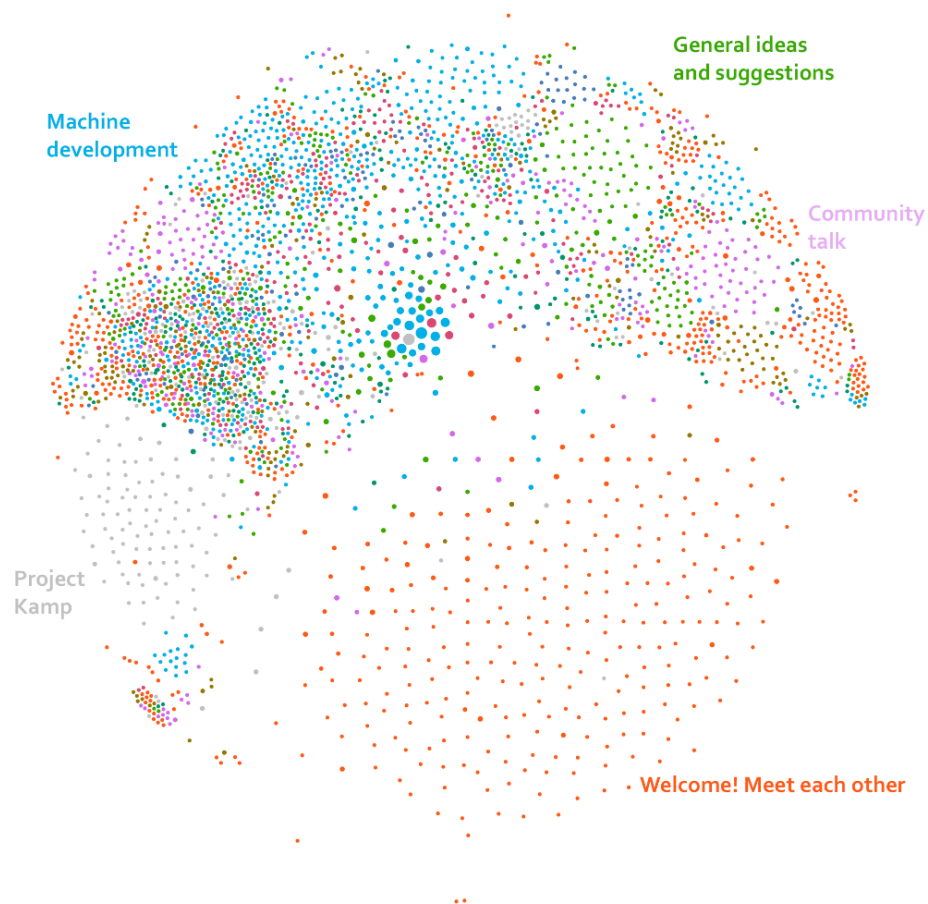


Abbildung 13: PP-Forum-Netzwerk

Trotz der hohen Anzahl wenig aktiver Nutzer war das Nutzernetzwerk im PP-Forum relativ dicht. Insgesamt gab es 95.000 Nutzerpaare, die im gleichen Thread aktiv waren, knapp 1,7% aller möglichen Kombinationen. Während ein Nutzer im Durchschnitt so mit 56 anderen Nutzern interagierte (mittlerer Grad, Tabelle 14 im Anhang), gab es eine größere Gruppe sehr gut vernetzter Nutzer, die mit mehr als 300 anderen Nutzern interagiert hatten (Anzahl der Knoten in maximaler Clique, Tabelle 14 im Anhang). Mit knapp 10% aller Nutzer gehörte ein großer Anteil zu jenem Kern der Community, in dem jeder Nutzer mindestens einmal mit jedem anderen interagiert hatte. Zum einen gab es also einen großen Kern gut vernetzter Nutzer, zum anderen fand aber ein größerer Anteil der Diskussionen ohne diese statt: In 20% der Threads mit mindestens zwei Beiträgen waren keine/r der zentralsten Nutzer*innen („heroes“) beteiligt. Dieser Wert war deutlich höher als in den anderen Communities (siehe Abbildung 18).

4.3.3 Rolle im soziotechnischen Wandel

Die PP-Community kann wohl treffend als „Peer-Community zivilgesellschaftlichen Engagements“ charakterisiert werden. In keiner der anderen Fallstudien sind *user-legitimators* und *user-citizens* so stark vertreten, wie in dieser Community.

“We see it as a tool to educate about plastic pollution and recycling plastic, but it's not very good if you really want to produce.” (#11), „Unser Ziel ist es, Kunststoffrecycling zum Anfassen zu machen und das können wir mithilfe von PP verwirklichen, weil wir da die Tools in die Hand kriegen, um das zu ermöglichen.“ (#4), „Wir wollen praktisch Leuten zeigen, was für ein Potenzial in ihrem Plastikmüll steckt und auch eine Plattform bieten für Themen wie Kreislaufwirtschaft, Recycling und nachhaltige Themen.“ (#7).

Im Zentrum ihres Schaffens steht die politische Aufgabe, den Umgang mit Kunststoffabfällen zu problematisieren und alternative Recycling-Ökosysteme zu entwickeln. Im Vergleich zu den zuvor betrachteten Communities sind bei PP geteilte Werte und Zielvorstellungen zentral für die Konstitution der Gemeinschaft.

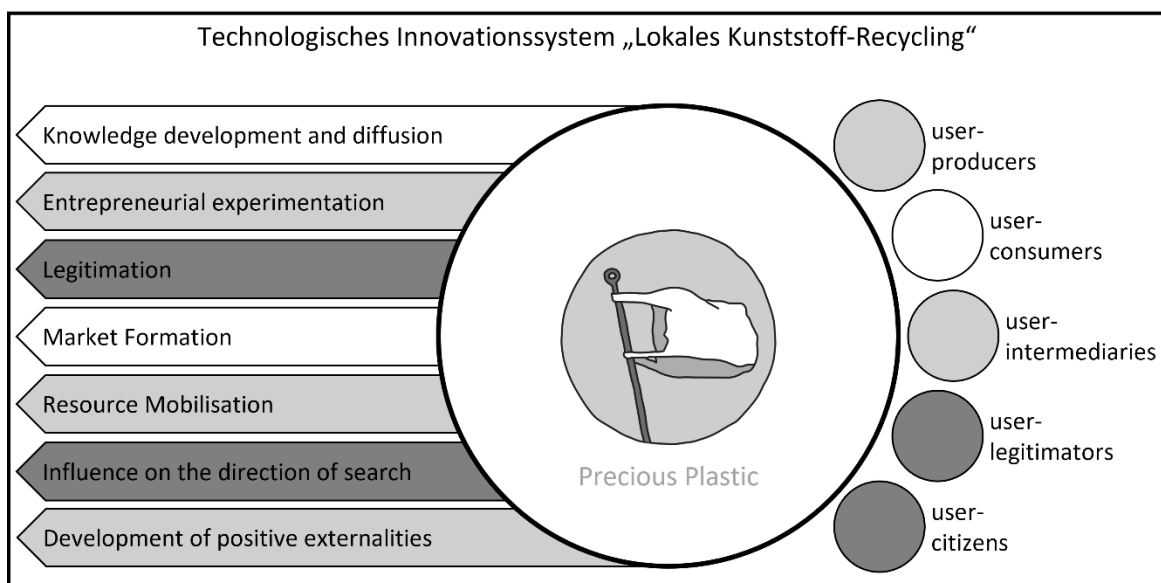


Abbildung 14: Rolle der PP-Community im soziotechnischen Wandel

Der wohl wichtigste Beitrag der PP-Community zum soziotechnischen Wandel (siehe Abbildung 14) ist nicht in deren technischen Innovationen zu sehen, sondern in den gesellschaftlichen Veränderungen, die durch das Ausprobieren alternativer Praktiken in den unterschiedlichsten Kontexten und die Schaffung von Aufmerksamkeit, Interesse und damit letztlich auch von Legitimität für die Wiederverwertung von Kunststoffabfällen angestoßen werden (LEG-Funktion). Aufgrund ihrer ausgesprochen stark ausgeprägten Gemeinwohlorientierung ist die PP-Community wohl am besten als eine zivilgesellschaftliche Initiative zu verstehen, die sich auch mit den Fragen der technischen Umsetzung und des nachhaltigen Designs befasst. Die Erarbeitung und Bereitstellung der Wissensgrundlagen für eine Wiederverwertung von Kunststoffen am Ort der Abfallentstehung dient der Community vornehmlich dazu, technischem Wandel eine nachhaltige Richtung zu geben (IDS-Funktion). PP ist relativ erfolgreich, für dieses Anliegen Freiwillige zu mobilisieren, die in diese Projekte erheblich viel Arbeit und Zeit investieren, und verschiedene Finanzierungsquellen aufzutun, die von privaten Spenden über öffentliche Förderung bis hin zu Preisgeldern und Sponsoring durch Industrieunternehmen reichen (RM-Funktion). Das Unterstützungsangebot und Bereitstellung von Wissen ermutigt lokale Projekte für Kunststoffrecycling weltweit. Allerdings ist bis auf ganz wenige Nischenmärkte bisher nicht absehbar, dass sich die durch die Community entwickelten Konzepte auf Dauer wirtschaftlich selbst tragen könnten.

4.4 Diskussion der Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Im Hinblick auf die Rolle der Communities im Technologischen Innovationssysteme kann festgestellt werden, dass diese Netzwerke von Akteuren ein breites Spektrum von Systemfunktionen bedienen. Allerdings existieren große Unterschiede zwischen den funktionalen Profilen der untersuchten Communities. Die beobachteten Communities reichen von stark auf die Technologieentwicklung fokussierten, eher anonymen, Netzwerken bis hin zu sehr breit engagierten Gemeinschaften, die auch auf den politischen Diskurs, die öffentliche Akzeptanz und die soziale Einbettung der Technologien Einfluss nehmen. Die drei Fallstudien zeigen, dass die in den untersuchten Communities vernetzten Nutzerinnen und Nutzer ganz unterschiedliche Rollen für den soziotechnischen Wandel im Sinne der von Schot et al. (2016) vorgeschlagenen Typologie ausüben.

In der Gesamtschau der Interview-Aussagen können für die untersuchten Fallstudien klare Schwerpunkte in den Grundausrichtungen der Communities ausgemacht werden, die mit bestimmten Rollen der Akteure für den soziotechnischen Wandel einhergehen. Die Typen *user-producer* und *user-consumer* sind zwar in allen drei Netzwerken vertreten, aber sie prägen in besonderem Maße das Erscheinungsbild der OEM-Community, deren Mitglieder sich vorwiegend über das Ausprobieren und die persönliche Nutzung der technischen Lösungen für intelligente Energieverbrauchsüberwachung definieren. Auch die Rolle der *user-intermediaries* ist zwar in allen drei Communities präsent, sie ist aber besonders ausgeprägt bei den Mitgliedern des OSM-Netzwerks, die durch ihre Zusammenarbeit verteiltes Wissen bündeln und durch ihr Mitwirken an der Entwicklung der Geo-Daten und Tools für deren kollektive Erhebung, die Nutzungsregeln, Erwartungen und Interpretationen neuer Geo-Informationsdienstleistungen entscheidend mitbestimmen. Mehr als in den anderen Communities verstehen sich dagegen die PP-Mitglieder auch als politisch engagiert und versuchen durch die Bereitstellung bestimmter Ressourcen proaktiv das öffentliche Bewusstsein und die Richtung des technologischen Wandels zu beeinflussen.

Im Ergebnis der Fallstudien wird also deutlich, dass der Beitrag der untersuchten Open-Source-Communities zum soziotechnischen Wandel nicht allein auf die Bereitstellung neuen Wissens und die Entwicklung technischer Lösungen beschränkt ist. In den Community-Foren wird nicht nur reines Faktenwissen über die jeweilige Technologie ausgetauscht, sondern es geht in der Regel auch und vor allem um die Aushandlung von Bedeutungen in der Gemeinschaft von Interessierten. Man verständigt sich über geteilte Normen und Vorgehensweisen und erarbeitet ein Set von Werkzeugen, auf das man sich in den Austauschprozessen mit der Gruppe beziehen kann. Open-Source-Communities müssen als praxisbezogene Gemeinschaften verstanden werden, deren Mitglieder an einem gemeinsamen Unterfangen teilnehmen und im Kontext ihrer Beziehungen voneinander lernen (Wenger, 1998).

Wie umfänglich die Beitragenden dabei auch Aufgaben für die Weiterentwicklung der Gruppe übernehmen, unterscheidet sich deutlich zwischen den drei untersuchten Communities. Mit Blick auf die vorherrschenden Kollaborationsmuster lassen sie sich nach Haythornthwaite (2009) auf einem Spektrum zwischen eher anonym und unabhängig voneinander handelnden „Crowds“ und am Aufbau von persönlichem Status und gemeinschaftsorientierten „Communities“ verorten. Für eine solche Einordnung können sowohl qualitative als auch quantitative Analyseergebnisse herangezogen werden.

Die Aussagen in den Interviews deuten darauf hin, dass PP einen ausgeprägten Community-Charakter besitzt, wogegen OEM eher einen Crowd-Charakter aufweist. In Übereinstimmung mit vorherigen Studien (Budhathoki & Haythornthwaite, 2013) zeigt OSM einen komplexen hybriden Charakter, bei dem vor allem unter den (Software-)Entwickler*innen eine starke Gemeinschaftsorientierung und bei den gelegentlichen (Geo-Daten-)Mapper*innen eher Anonymität und Crowd-Verhalten vorherrschen.

Tabelle 11: Interview-Aussagen zu verschiedenen Community-Merkmalen

OEM	OSM	PP
Gemeinschaftsorientierung		
„I don't perceive any specific goal in this forum. It is a bunch of people sharing their experiences and trying to help one another. But not with some specific goal.“ (#14).	„Also, die allermeisten Leute in OSM, die machen ihr eigenes Ding.“ (#18) „Also es gibt in vielen Ländern, darunter auch in Deutschland, so Vereine, wo sich die Leute, die für OSM beitragen auch selbst irgendwie organisieren“ (#13).	„Das ist schon cool, aber es ist nicht zu unterschätzen, was es bedeutet, Onboarding, Welcoming und dieses ganze Recruiting.“ (#3) „Handling a community, it takes so much work to structure it, to keep it active.“ (#2)
Bedeutung persönlicher Treffen		
	„Da haben dann auch so persönliche Treffen eine Rolle gespielt. Ich habe auch die Konferenzen und Community Treffen zunehmend besucht im Laufe der Zeit, die es ja zumindest bis vor kurzem gab und auch hoffentlich bald wieder gibt.“ (#13)	„Und das war ja dann das letzte Mal dann so, dass da eine riesige Halle war, wo ein Jahr lang hundert Leute so, oder 120 insgesamt, dann daran gearbeitet haben, diese Ausstellung und diese neue Version herzustellen.“ (#3)
Offenheit / Zugänglichkeit / Diversität		
It's kind of difficult for beginners to enter.“ (#17), „I do realize that it's not very accessible. So, you do have to have like a knowledge and a desire to, you know, do a lot of DIY.“ (#17)	„Teil der Definition einer freien Lizenz ist halt, dass die jeder zu jedem Zweck nutzen darf, auch wenn mir der Zweck nicht gefällt. Aber ja, es ist ein zunehmendes Spannungsfeld.“ (#17)	“We put a lot of effort in making these YouTube videos really understandable and really easy to start, like copying the things we were doing.“ (#9) “It's designed in such a way that everyone wherever they are in the world, if they have the skills, should be able to make it themselves.“ (#8)
Hierarchische Struktur / Persönlichkeiten		
	„Also die OSM Community ist traditionell dezentral und vermeidet Hierarchien, wenn es sich vermeiden lässt.“ (#13) „Es gibt jetzt nicht irgendeine zentrale Gruppe, die Entscheidungen treffen überhaupt könnte und es würde uns-, also ich denke den meisten in der Community auch nicht gefallen, sondern es ist schon ein Gemeinschaftswerk.“ (#13)	„Da ist sehr stark diese Prägung von den Gründungsmitgliedern.“ (#7) „In den Medienberichten wird immer nur Dave Hakkens gesagt, der Designer, der das entwickelt.“ (#3) „Ja das sind einfach so Galionsfiguren, würde ich sagen. Gerade am Anfang wo es noch nicht so viele waren, da waren die ja auch mehr im Rampenlicht und so.“ (#4)

Die Unterschiede in den Kollaborationsmustern spiegeln sich aber auch in der Struktur der Online-Foren wider (siehe Tabelle 16 im Anhang). Die starke Technikfokussierung der OEM-Community wird daran deutlich, dass etwa 85% des Online-Austauschs in technisch ausgerichteten Unterforen erfolgt. Dagegen ist der Anteil von organisatorischen Themen im PP-Forum mit beinahe 28% relativ hoch und kann als Indikator für die starke Gemeinschaftsorientierung der Community gelten. Die dezentrale Struktur des OSM-Forums, wo mehr als 90% der Diskussionen in verschiedensprachigen Untergruppen geführt werden, zeugt einerseits von deren Komplexität und Vielfalt, aber auch von einer starken Ausrichtung auf lokale Gemeinschaften.

Neben den Unterschieden bei der Gemeinschaftsorientierung weisen die Communities auch deutliche Unterschiede in ihrer Zusammensetzung und Struktur auf. Das lässt sich sowohl an den Interview-Aussagen nachvollziehen (Tabelle 11) als auch anhand bestimmter Kennzahlen, die sich aus den Nutzerdaten bzw. dem Beitragsverhalten errechnen (Tabelle 13, Tabelle 14 und Tabelle 15 im Anhang).

So weisen die drei Netzwerke unterschiedliche Grade der Internationalisierung und der geografischen Verteilung ihrer Communities auf. Was die Offenheit und Diversität der Community betrifft, liegen OEM und PP offenbar an den entgegengesetzten Extremen eines Spektrums, das von homogen, technisch versiert und relativ geschlossen (OEM) bis zu divers und global und relativ offen (PP) reicht. Zwischen diesen Extremen verortet sich die OSM-Community, die einerseits sehr divers, stark internationalisiert und offen (vor allem was den Bereich des Mappings betrifft), zugleich aber auch sehr stark in nationale Gruppen segregiert ist.

Einige Aussagen aus den Interviews deuten darauf hin, dass eine zu große Heterogenität der Community, insbesondere hinsichtlich des technischen Vorwissens und der Motivationen der Beitragenden, deren Fähigkeit beeinträchtigen kann, sich vertiefend über technische Fragen auszutauschen und gemeinsam neue Lösungen zu entwickeln. Allerdings zeigen die Fallstudien auch, dass eine große Diversität und Offenheit der Community für unterschiedliche Ideen und Hintergründe nicht nur kreativitätsfördernd, sondern auch der gesellschaftlichen Wirksamkeit der Community zuträglich ist. Für die Entwicklung des Innovationssystems kann nämlich von Vorteil sein, dass die technologische Unsicherheit durch die Erprobung der Technologie in unterschiedlichen Kontexten herabgesetzt wird, dass die breite Erhebung und Bündelung von Nutzerinteressen die Auswahl technischer Optionen verbessert, dass eine breite Nutzerbasis die öffentliche Akzeptanz und Ressourcenbereitstellung fördert und nicht zuletzt die Attraktivität der Technologie auch für Außenstehende erhöht. Wie mit Blick auf das Innovationsgeschehen die ideale Zusammensetzung der Community und das richtige Maß an Diversität und Offenheit aussieht, kann an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden, da keine Daten bezüglich der Vorkenntnisse und Hintergründe der Beitragenden, mit Ausnahme ihrer geografischen Herkunft, vorliegen. Hier könnten automatisierte netnografische Verfahren des Text-Mining, wie sie im weiteren Verlauf des Projekts noch entwickelt werden sollen, möglicherweise zu neuen Erkenntnissen führen.

Große Unterschiede existieren auch hinsichtlich des Zentralisierungsgrads der Communities. Die Aussagen in den Interviews zeigen, dass PP für eine Peer-Community relativ stark zentralisiert ist und ein paar Personen eine herausragende Rolle in der Community einnehmen. Neben dem Gründer und medialen Aushängeschild Dave Hakkens haben sich ein paar wenige Community-Botschafter etabliert. Das Kernteam in Eindhoven trifft Richtungsentscheidungen und übt einen großen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Community aus. Im Hinblick auf diese zentrale Koordinierung unterscheidet sich die PP-Community deutlich von den eher dezentral strukturierten anderen beiden Communities. Diese Unterschiede werden auch an einigen Kennzahlen aus der quantitativen Analyse deutlich (Tabelle 13 im Anhang). So weist PP-Netzwerk eine besonders hohe Dichte auf und besitzt eine besonders große Untergruppe, bei der alle Beitragenden miteinander interagieren. Bei dieser Gruppe sehr gut vernetzter Nutzer*innen handelt es sich um den harten Kern der PP-Community (etwa ein Zehntel der Beitragenden), der einer großen Zahl von Gelegenheitsnutzenden des Forums gegenübersteht (mehr als die Hälfte).

Es liegt nahe, dass Inhalt und relative Bedeutung der Online-Interaktion für den Austausch innerhalb der Communities sehr stark von der Kodifizierbarkeit des jeweiligen Wissensbereichs abhängen. Implizites Wissen muss durch Beobachtung und Sozialisation in der Gruppe übertragen werden, wofür der Aufbau persönlicher Beziehungen und echte Zusammentreffen (und damit auch geografische Nähe der Mitglieder) wichtig sind. Die Übertragung impliziten Wissens, wie es beispielsweise für den Bau von Maschinen und die physische Verarbeitung von Kunststoffabfällen im Fall von PP erforderlich ist, setzt also lokale Interaktionen und einen Community-Charakter voraus. Dagegen ist die digitale Übertragung von Geo-Daten und Software

im Fall von OSM oder von elektronischen Schaltplänen und Firmware im Fall von OEM relativ einfach und weitgehend verlustfrei möglich. Die Wahl der Kommunikationskanäle und folglich auch die Messbarkeit der Aktivitäten über Daten der Online-Interaktion wird sich folglich zwischen den Communities unterscheiden.

Tatsächlich spiegeln sich diese Randbedingungen auch in den Kommunikationsstrukturen der Communities wider. Die Community-Foren bilden natürlich nur einen Ausschnitt der Online-Interaktion ab. Insbesondere in der PP- und der OSM-Community sind auch andere Kommunikationskanäle wie Discord, Slack oder Mailing Listen (v.a. OSM), aber auch soziale Medien, wie Instagram (v.a. PP), Youtube und Facebook relevant. Darüber hinaus gibt es von der Community verwaltete Kommunikationskanäle (Webseiten, Wikis), welche vor allem als Wissensspeicher dienen und bei denen eher ein unidirektionaler, als peer-to-peer basierter Austausch stattfindet. Darüber hinaus sind für OSM und PP realweltliche Treffen von großer Bedeutung für den Austausch und die Koordinierung der Communities, wie aus den Interviews hervorgeht. Nur bei OEM scheint tatsächlich der überwiegende Teil der Interaktion online stattzufinden.

Tabelle 12 fasst die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale der drei untersuchten Peer-Communities auf einen Blick zusammen. Auf Basis dieser Eigenschaften der Communities kann eine Einordnung der Informationen vorgenommen werden, die in den Interaktionsdaten der Online-Foren enthaltenen sind. Die Daten der Online-Foren sind nur dann zur Messung der relevanten Innovationsaktivitäten geeignet, wenn die zu bewertende Community auch überwiegend online interagiert. Das scheint mit Blick auf die Fallstudien in der Regel vor allem dann der Fall zu sein, wenn es sich um relativ homogene und dezentral organisierte Communities mit eher geringer Gemeinschaftsorientierung handelt, deren Beiträge zum Innovationsgeschehen vor allem in der Vertiefung der Wissensbasis, in der gemeinsamen Entwicklung und Verbreitung der Technologie liegt.

Tabelle 12: Vergleich der Communities

Einschätzung	OEM	OSM	PP
Grundausrichtung	Tech-Community	Citizen Science	Civic Engagement
Technologiebereich	Elektronik	Datenverarbeitung	Maschinenbau
Wichtigste Beiträge zum TIS	KDD	RM, MF	LEG, IDS
Vorherrschende Nutzerrollen	user-producers, user-consumers	user-intermediaries	user-legitimizers, user-citizens
Kollaborationsmuster	crowd	hybrid	community
Koordinierung	dezentral	lokal	zentral
Kommunikation	überwiegend online	online und offline	online und offline
Diversität und Offenheit	gering	hoch	hoch

5 Fazit und Ausblick

Der vorliegende Arbeitsbericht zeigt anhand von drei Fallstudien in unterschiedlichen Wissensbereichen beispielhaft, wie Open-Source-Communities in Handlungsfeldern der Nachhaltigkeit zum soziotechnischen Wandel beitragen. Es wurde die Zusammenarbeit von Gleichgesinnten in den Open-Source-Communities *OpenEnergyMonitor* (OEM), *OpenStreetMap* (OSM) und *Precious Plastic* (PP) mithilfe quantitativer und qualitativer Analysemethoden beleuchtet. Dabei ist deutlich geworden, dass die Wissensentwicklung, also die gemeinsame Entwicklung technischer Lösungen, die Verbreitung quelloffener Technologien innerhalb der Community und die Bereitstellung der Lösungen für eine breitere Öffentlichkeit, nur einen Teilaspekt der vielfältigen Beiträge dieser Netzwerke zur Hervorbringung und gesellschaftlichen Verankerung nachhaltiger Innovationen darstellt. Je nach Ausrichtung der Community vernetzen sich darin Nutzerinnen und Nutzer, die technische Lösungen erfinden und damit experimentieren, neue Nutzungspraktiken erproben und neue Routinen entwickeln, die Bedürfnisse von Anwender*innen bündeln und vermitteln, symbolische Bedeutungen kollektiv aushandeln und die relevanten soziotechnischen Systeme für die neu entwickelten Technologien vorbereiten, anpassen und mitgestalten, die bisweilen sogar Einfluss auf den politischen Diskurs und die gesellschaftliche Akzeptanz dieser Technologien ausüben und dadurch bestehende soziotechnische Regime destabilisieren. Die qualitativen Analysen zeigen, dass alle fünf Typen von Nutzer*innen nach Schot et al. (2016) in den untersuchten Open-Source-Communities vertreten sind.

Allerdings sind die Profile der Communities sehr unterschiedlich, was die vorherrschenden Nutzerrollen und die wichtigsten Beiträge zu den Funktionen der jeweiligen Innovationssysteme nach Bergek (2019) betrifft. Die Fallstudien beinhalten drei unterschiedliche Netzwerk-Typen: eine „Tech-Community“, deren Mitglieder vor allem am Austausch technischen Wissens interessiert sind und vornehmlich zur KDD-Funktion des TIS beitragen, eine „Citizen-Science-Community“, deren Mitglieder durch die Bündelung von Informationen, Bereitstellung von Daten und Aushandlung von Regeln für deren Nutzung vor allem zu den RM- und MF-Funktionen des TIS beitragen, sowie eine „zivilgesellschaftliche Community“, deren Mitglieder vor allem zur LEG-Funktion und zur IDS-Funktion des TIS beitragen, indem sie einen wichtigen Beitrag zur politischen Legitimierung und gesellschaftliche Akzeptanz der zugrundeliegenden Technologie leisten. Die Differenzierung der Beiträge macht deutlich, dass ein alleiniges Abstellen auf die Entwicklung technischer Lösungen in den Open-Source-Communities zu kurz greift und ihrer wahren Bedeutung für Innovation und soziotechnischen Wandel in der Regel nicht gerecht wird.

Die Bedeutung von Peer-Innovation für nachhaltigen Wandel muss zeitlich und inhaltlich differenziert betrachtet werden. Die Breite des zugrundeliegenden Innovationsverständnisses und der betrachtete Zeithorizont sind für die Bewertung des Beitrags der Peer-Communities ausschlaggebend. Eine eher kurzfristig auf die Entwicklung und Verbreitung von Technologien fokussierte Perspektive wird den Aktivitäten der OEM-Community den größten Beitrag zum Innovationsgeschehen beimessen. Dagegen wirken die Aktivitäten der OSM-Community durch die Umgestaltung des soziotechnischen Systems eher mittelfristig auf den soziotechnischen Wandel. Für eine nachhaltige Transformation werden letztlich die Aktivitäten der PP-Community im Bereich der öffentlichen Bildung und Befähigung die größte langfristige Steuerungswirkung ausüben.

Für die Ausgestaltung von Innovationspolitik haben alle drei Betrachtungsperspektiven ihre Berechtigung. Innovationsstatistiken sind bisher vor allem auf die Entwicklung und Verbreitung von Technologien ausgerichtet. Im Sinne einer nachhaltigen Umgestaltung sollten jedoch verstärkt auch Aktivitäten, die zur gesellschaftlichen Einbettung und Verankerung nachhaltiger Technologien beitragen, in den Blick genommen werden. Deshalb gilt es, auch die mittel- und langfristigen Beiträge von Peer-Communities zum Innovationsgeschehen angemessen zu würdigen.

Die Gegenüberstellung der quantitativen und der qualitativen Untersuchungsergebnisse zeigt eine Reihe messbarer Unterscheidungsmerkmale zwischen den Communities, die für eine grobe Kategorisierung der Communities und ihrer Wirkungen genutzt werden können, da sie mit deren Funktionserfüllung im TIS im Zusammenhang stehen.

- Die **Gemeinschaftsorientierung der Community** kann an der Themenstruktur der Online-Foren gemessen werden. Sie spielt für die Übertragung von implizitem Wissen durch Sozialisation in der Community eine entscheidende Rolle. Allerdings geht sie in der Regel auch mit einer geringeren Bedeutung der Online-Interaktion für den Austausch in der Community einher.
- Die **Heterogenität der Community** kann an der Themenvielfalt im Online-Forum, der geografischen Verteilung der Beitragenden oder sonstigen Diversitätsmaßen der Registrierungsdaten gemessen werden. Sie schränkt in der Regel einen vertiefenden technischen Wissensaustausch ein, kann aber bei der Verbreitung und gesellschaftliche Verankerung der Technologie helfen.
- Die **Dezentralität der Community** kann an der Dichte sowie Anzahl und Größe von Cliquen in der Netzwerkstruktur der Online-Interaktion gemessen werden. Die Existenz von fokalen und mächtigen Akteuren im Netzwerk kann für die Koordinierung der Community und für ihre Außenwirkung von Vorteil sein.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts PeerInnovation wird deshalb zunächst für diese Communities untersucht, mit welchen Messinstrumenten deren Beitrag zur Entwicklung und Verbreitung technischen Wissens erfasst werden kann, und ob und in welcher Weise diese auf andere Communities übertragen werden können. Es wird ein digitaler Werkzeugkasten entwickelt, der auf die Daten unterschiedlicher Community-Foren angewandt werden kann, um relevante Innovationsaktivitäten zu messen.

6 Literatur

- Anderson, C. (2014). *Makers: The New Industrial Revolution*. Crown Business.
- Bergek, A. (2019). Technological innovation systems: A review of recent findings and suggestions for future research. In *Chapters* (S. 200–218). Edward Elgar Publishing. https://ideas.repec.org/h/elg/eechap/17966_11.html
- Bergek, A., Hekkert, M. P., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., & Truffer, B. (2015). Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.003>
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Blind, K., Böhm, M., Grzegorzewska, P., Katz, A., Muto, S., Pätsch, S., Schubert, T., European Commission, & Directorate General for Communications Networks, C. and T. (2021). *The impact of open source software and hardware on technological independence, competitiveness and innovation in the EU economy: Final study report*. https://op.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_KK0421080ENN
- Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., & Hwang, D.-U. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, 424(4), 175–308. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2005.10.009>
- Bonvoisin, J., Molloy, J., Häuer, M., & Wenzel, T. (2020). Standardisation of Practices in Open Source Hardware. *Journal of Open Hardware*, 4(1), 2. <https://doi.org/10.5334/joh.22>
- Budhathoki, N. R., & Haythornthwaite, C. (2013). Motivation for Open Collaboration: Crowd and Community Models and the Case of OpenStreetMap. *American Behavioral Scientist*, 57(5), 548–575. <https://doi.org/10.1177/0002764212469364>
- Charter, M., & Keiller, S. (2014). Grassroots innovation and the circular economy: A global survey of repair cafés and hackerspaces. *Undefined*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Grassroots-innovation-and-the-circular-economy%3A-a-Charter-Keiller/41dae3c897b907507d5bdd7e456a62f37c2da2b4>
- Gershenfeld, N. A. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication*. Basic Books.

- Grosse, M. (2018). How User-Innovators Pave the Way for a Sustainable Energy Future: A Study among German Energy Enthusiasts. *Sustainability*, 10(12), 4836. <https://doi.org/10.3390/su10124836>
- Grosse, M., Pohlisch, J., & Korbel, J. (2018). Triggers of Collaborative Innovation in Online User Communities. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4, 59. <https://doi.org/10.3390/joitmc4040059>
- Haythornthwaite, C. (2009). Crowds and Communities: Light and Heavyweight Models of Peer Production. *2009 42nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2009.137>
- Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(4), 584–594. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.013>
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Herbold, S., Amirfallah, A., Trautsch, F., & Grabowski, J. (2021). A systematic mapping study of developer social network research. *Journal of Systems and Software*, 171, 110802. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110802>
- Hyysalo, S., Juntunen, J. K., & Martiskainen, M. (2018). Energy Internet forums as acceleration phase transition intermediaries. *Research Policy*, 47(5), 872–885. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.02.012>
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. *PLOS ONE*, 9(6), e98679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679>
- Kenny, H. (2020, Februar 19). *2020 State of Open Hardware*. OSHdata. <https://oshdata.com/2020/02/19/2020-state-of-open-hardware/>
- Kohtala, C. (2015). Addressing sustainability in research on distributed production: An integrated literature review. *Journal of Cleaner Production*, 106, 654–668. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.039>
- Kohtala, C. (2016). *Making sustainability: How Fab Labs address environmental issues*. Aalto University. <https://aalto-doc.aalto.fi:443/handle/123456789/21755>
- Kohtala, C., & Hyysalo, S. (2015). Anticipated environmental sustainability of personal fabrication. *Journal of Cleaner Production*, 99, 333–344. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.093>

- Majumder, S., Chakraborty, J., Agrawal, A., & Menzies, T. (2020). Why Software Projects need Heroes (Lessons Learned from 1000+ Projects). *arXiv:1904.09954 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/1904.09954>
- Markard, J., Hekkert, M. P., & Jacobsson, S. (2015). The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 76–86.
<https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.006>
- Noack, A. (2009). Modularity clustering is force-directed layout. *Physical Review E*, 79(2), 026102.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.79.026102>
- Osunyomi, B., Redlich, T., Buxbaum-Conradi, S., Moritz, M., & Wulfsberg, J. (2016). *Impact of the Fablab Ecosystem in the Sustainable Value Creation Process* (SSRN Scholarly Paper ID 2733931). Social Science Research Network.
<https://papers.ssrn.com/abstract=2733931>
- Paulo, V. D. J. R., Federico, F., Ángela, M., Francesco, P., & Maximilian, W. (2017). *Overview of the Maker Movement in the European Union*. <https://doi.org/10.2760/227356>
- Petschow, U. (2016). How Decentralized Technologies Can Enable Commons-Based and Sustainable Futures for Value Creation. In J.-P. Ferdinand, U. Petschow, & S. Dickel (Hrsg.), *The Decentralized and Networked Future of Value Creation* (S. 237–255). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-31686-4>
- Petschow, U., & Peuckert, J. (2016). Kollaborative Ökonomie – Potenziale für nachhaltiges Wirtschaften. *Ökologisches Wirtschaften*, 31(3), 14. <https://doi.org/10.14512/OEW310314>
- Peuckert, J., Färber, L., Pohlisch, J., & Kern, F. (2020). *Peer Innovation – Beiträge zu Innovation und Nachhaltigkeit* (Arbeitsbericht Nr. 1; PeerInnovation). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. https://www.peer-innovation.de/app/download/9037004814/PeerInnovation_Arbeitsbericht_1.pdf?t=1614942321
- Pohlisch, J., & Peuckert, J. (2021). *Peer Innovation – Indikatoren für Innovation in Peer-Communities* (Arbeitsbericht Nr. 2; PeerInnovation). IÖW.
https://www.ioew.de/publikation/peer_innovation_indikatoren_fuer_innovation_in_peer_communities
- Prendeville, S., Hartung, G., Brass, C., Purvis, E., & Hall, A. (2017). Circular Makerspaces: The founder's view. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(4–5), 272–288.
<https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1317876>

- Raven, R., & Walrave, B. (2020). Overcoming transformational failures through policy mixes in the dynamics of technological innovation systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119297.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.008>
- Schot, J., Kanger, L., & Verbong, G. (2016). The roles of users in shaping transitions to new energy systems. *Nature Energy*, 1(5), 16054. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.54>
- Simons, A., Petschow, U., & Peuckert, J. (2016). *Offene Werkstätten – nachhaltig innovativ? Potenziale gemeinsamen Arbeitens und Produzierens in der gesellschaftlichen Transformation* (Nr. 212/16; Schriftenreihe des IÖW). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Toral, S. L., Martínez-Torres, M. R., & Barrero, F. (2010). Analysis of virtual communities supporting OSS projects using social network analysis. *Information and Software Technology*, 52(3), 296–303.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.10.007>
- van den Bergh, T. (2019, Dezember 23). *Opportunities following the Geneva Forum for Sustainable Development* [Wikifactory]. <https://wikifactory.com/@timvdbergh/stories/opportunities-following-the-geneva-forum-for-sustainable-development>
- Open Know-How Specification*, Internet of Production Alliance (2022) (testimony of Max Wardeh). https://uploads-ssl.webflow.com/5f6cebb6de4bd5618ec097ff/62010035a8d75e18a969ccbe_IOP-OKH-1.pdf
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity* (1. Aufl.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>

7 Anhang

Tabelle 13: Beschreibung des Beitragsverhaltens (Standardabweichungen in Klammern)

Statistik	OEM	OSM	PP
Mittlere Anzahl Beiträge pro Nutzer	18,0 (148,6)	22,6 (128,4)	4,9 (24,6)
Anteil Nutzer mit max. einem Beitrag (Prozent)	23,1	37,4	55,5
Diskussionsteilnehmer Mittlere Anzahl Nutzer pro Diskussion (Diskussion = Thread mit mehr als einem Beitrag)	3,2 (2,8)	7,2 (9,3)	4,4 (8,5)
Diskussionslänge (Beiträge) Mittlere Anzahl an Beiträgen pro Diskussion	10,4 (26,1)	24,4 (77,7)	7,5 (14,8)
Diskussionslänge (Tage) Mittlere zeitliche Differenz zwischen erstem und letztem Beitrag in einem Thread mit mehr als einem Beitrag (Tage)	49,3 (142,1)	83,6 (203,6)	159,0 (206,9)
Antwortquote (Prozent) Anteil initialer Beiträge auf die spätestens nach einem Jahr eine Antwort folgte	86,7	89,5	69,8
Antwortverzögerung (Tage) Mittlere zeitliche Differenz zwischen erstem und zweitem Beitrag in einem Thread mit mehr als einem Beitrag (Tage)	6,7 (49,9)	5,0 (39,4)	42,5 (89,6)

Tabelle 14: Beschreibung der gebildeten Netzwerke (Standardabweichungen in Klammern)

Statistik	OEM	OSM	PP
Knoten Gesamtanzahl interagierender Community-Mitglieder	1.944	6.188	3.352
Kanten Anzahl miteinander interagierender Mitglieder-Paare	17.038	172.223	94.573
Dichte (Prozent) Anteil miteinander interagierender Mitglieder-Paare (an allen möglichen Paaren)	0,9	0,9	1,7
Komponenten Anzahl unabhängiger Beitragendengruppen, deren Mitglieder nicht mit Mitgliedern anderer Gruppen interagiert haben	4	36	32
Knoten in Hauptkomponente (Prozent) Anteil der Beitragenden, die der größten unabhängigen Beitragendengruppe angehören	99,7	98,7	98,0

Mittlerer Grad	17,5	55,7	56,4
Anzahl anderer Beitragender mit denen ein Beitragender durchschnittlich interagiert hat	(54,5)	(102,1)	(110,0)
Mittlerer gewichteter Grad	27,4	118,2	60,9
Durchschnittliche Gesamtanzahl der Interaktionen mit anderen Beitragenden	(157,5)	(439,1)	(136,1)
Maximaler Grad	1284	1240	1482
Maximaler gewichteter Grad	3.935	12.814	2.726
Clustering-Koeffizient	0,89	0,88	0,87
Durchschnittliche kürzeste Pfadlänge	2,3	2,9	2,6
Längster kürzester Pfad (Durchmesser)	6	9	8
In Hauptkomponente			
Anzahl Knoten in maximaler Clique	103	204	316
Anzahl der Beitragenden in größter Untergruppe, in der jeder Beitragende mit jedem anderen interagiert hat	5,3%	3,3%	9,4%

Tabelle 15: Statistiken zur Herkunft der Beitragenden

Statistik	OEM	OSM*	PP
Anzahl vertretene Länder	88	68	153
Anteil der Beitragenden bei denen diese Information fehlte	13,5%	27,3%	0,1%
Diversität (Nutzer)	4,4	3,5	5,4
Diversität der Beitragenden (ausgehend von Herkunft/Land): Shannon-Index			
Diversität (Interaktionen)	84,6%	11,2%	92,5%
Anteil interagierender Beitragendenpaare aus jeweils verschiedenen Ländern			

* nur basierend auf Beitragsverhalten in users:x Unterforen!

Tabelle 16: Klassifizierung & Anzahl Beiträge in Unterforen

Community/Kategorie/Unterforum	Anzahl Beiträge	Anteil
--------------------------------	-----------------	--------

OpenEnergyMonitor	34.827	17,4%
Entwicklung	29.632	85,1%
Applications	904	3,1%
diyBMS	582	2,0%
Emoncms	9.382	31,7%
emonHub	544	1,8%
emonPi	2.126	7,2%
emonSD	1.478	5,0%
emonTH	370	1,2%
emonTx	2.213	7,5%
Hardware	6.800	22,9%
Installation	1.341	4,5%
Integrations	1.172	4,0%
IoTaWatt	1.100	3,7%
Labs	399	1,3%
OpenEVSE	821	2,8%
Sustainable Energy	400	1,3%
Organisation	5.195	14,9%
Community Marketplace	40	0,8%
Emoncms,org	944	18,2%
Getting Started	3.918	75,4%
Organisation	251	4,8%
Sandpit	42	0,8%

OpenStreetMap	146.612	73,3%
Entwicklung	11.837	8,1%
Android	241	2,0%
Crisis mapping	36	0,3%
Development	813	6,9%
Garmin maps	1.379	11,6%
General chat	300	2,5%
Indoor mapping	95	0,8%
Magellan maps	2	0,0%
OpenStreetMap 3D	336	2,8%
Questions and Answers	8.270	69,9%
Rendering maps	365	3,1%
Lokale Unterforen	133.621	91,1%
users: Albania	15	0,0%
users: Algeria	36	0,0%
users: Argentina	900	0,7%
users: Australia	52	0,0%
users: Austria	3.253	2,4%
users: Bangladesh	4	0,0%
users: Belarus	832	0,6%
users: Belgium	1.195	0,9%
users: Bosnia and Herzegovina	30	0,0%
users: Brazil	736	0,6%
users: Bulgaria	149	0,1%
users: Canada	30	0,0%
users: China	32	0,0%
users: Colombia	8	0,0%
users: Croatia	40	0,0%
users: Cuba	5	0,0%
users: Czech	66	0,0%

users: Denmark	44	0,0%
users: East Africa	6	0,0%
users: Ecuador	3	0,0%
users: Estonia	6	0,0%
users: Finland	264	0,2%
users: France	138	0,1%
users: Georgia. Abkhazia. South Ossetia	21	0,0%
users: Germany	63.133	47,2%
users: Greece	698	0,5%
users: Hungary	17	0,0%
users: Iceland	3	0,0%
users: India	137	0,1%
users: Indonesia	13	0,0%
users: Iran	157	0,1%
users: Ireland	28	0,0%
users: Israel	943	0,7%
users: Italy	269	0,2%
users: Japan	38	0,0%
users: Kosovo	8	0,0%
users: Latvia	4	0,0%
users: Lithuania	24	0,0%
users: Malaysia	342	0,3%
users: Mexico	72	0,1%
users: Montenegro	6	0,0%
users: Nepal	141	0,1%
users: Netherlands	22.775	17,0%
users: New Zealand	15	0,0%
users: North Macedonia	25	0,0%
users: Norway	259	0,2%
users: Pakistan	1	0,0%
users: Panama	14	0,0%
users: Paraguay	12	0,0%
users: Poland	10.529	7,9%
users: Portugal	8	0,0%
users: Romania	20	0,0%
users: Russia	22.215	16,6%
users: Serbia	333	0,2%
users: Singapore	8	0,0%
users: Slovenia	164	0,1%
users: South Korea	25	0,0%
users: Spain	94	0,1%
users: Sri Lanka	7	0,0%
users: Sweden	77	0,1%
users: Switzerland	205	0,2%
users: Thailand	848	0,6%
users: Turkey	12	0,0%
users: Turkmenistan	4	0,0%
users: Ukraine	1.680	1,3%
users: United Kingdom	180	0,1%
users: United States	190	0,1%
users: Uruguay	17	0,0%
users: Venezuela	6	0,0%
Organisation	1.154	0,8%
Editors	931	80,7%
Meetings and Events	16	1,4%
OSMF	52	4,5%
Wiki team	155	13,4%

PreciousPlastic	18.588	9,3%
Entwicklung	13.265	71,4%
Development & design	17	0,1%
General ideas and feedback	19	0,1%
General ideas and suggestions	2.382	18,0%
Machine development	4.446	33,5%
Project Kamp	485	3,7%
Questions	19	0,1%
Questions?	1.822	13,7%
Research about plastic	1.011	7,6%
Share your creations	2.068	15,6%
Version 4 Development	996	7,5%
Organisation	5.191	27,9%
[NEW] Create your own project	1.130	21,8%
Community talk	1.478	28,5%
Marketing & promotion	15	0,3%
Welcome! Meet eachother	2.568	49,5%
Sonstige	132	0,7%
Discuss videos	101	76,5%
Ideas for the modular phone	5	3,8%
Making stories	26	19,7%

Tabelle 17: Durchgeführte Interviews

ID	Community	Land	Datum	Dauer (min)
#1	OEM	UK	2021-03-16	38
#2	PP	NL	2021-02-17	45
#3	PP	DE	2021-01-27	66
#4	PP	DE	2021-01-26	50
#5	OEM	UK	2021-03-17	45
#6	OEM	CA	2021-02-18	26
#7	PP	NL	2021-02-10	36
#8	PP	NL	2021-02-01	52
#9	PP	NL	2021-02-11	48
#10	PP	DE	2021-02-24	49
#11	PP	CN	2021-03-18	33
#12	OSM	DE	2021-07-01	39
#13	OSM	IT	2021-07-27	66
#14	OEM	BR	2021-07-07	48
#15	OSM	PL	2021-07-25	54
#16	PP	DE	2021-08-16	48
#17	OEM	ES	2021-08-20	30
#18	OSM	DE	2021-08-17	44

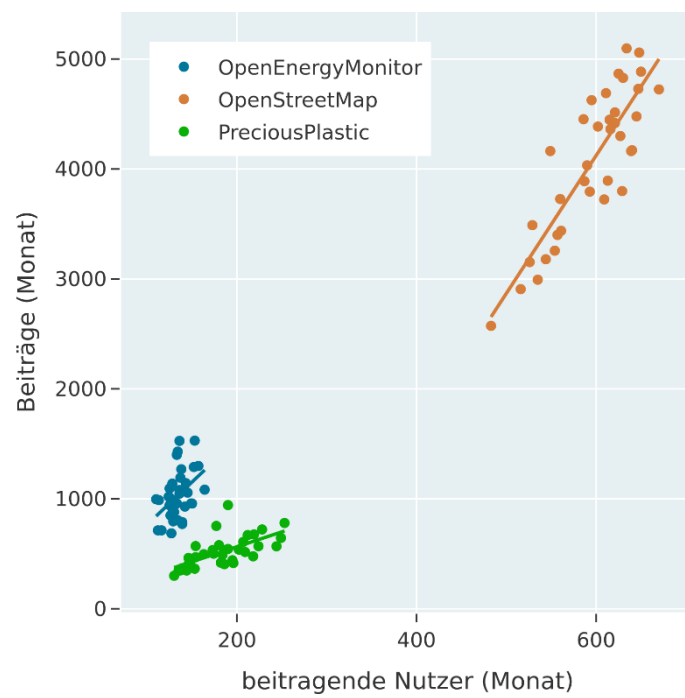


Abbildung 15: Anzahl aktive Nutzer und Beiträge (pro Monat)

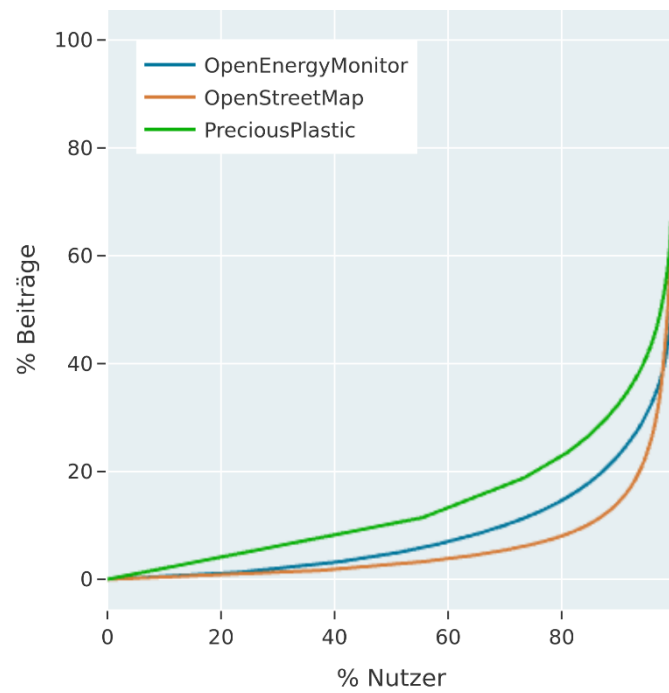


Abbildung 16: Lorenz-Kurven. Beitragsanteil pro Nutzeranteil

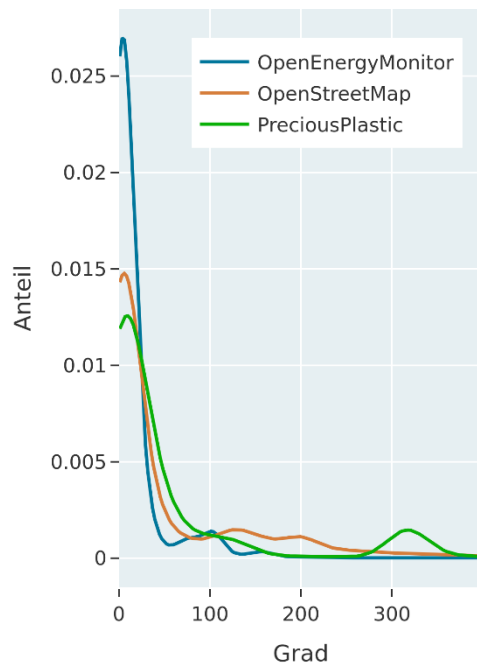


Abbildung 17: Verteilung des Grads (Anzahl "Ko-Autoren")

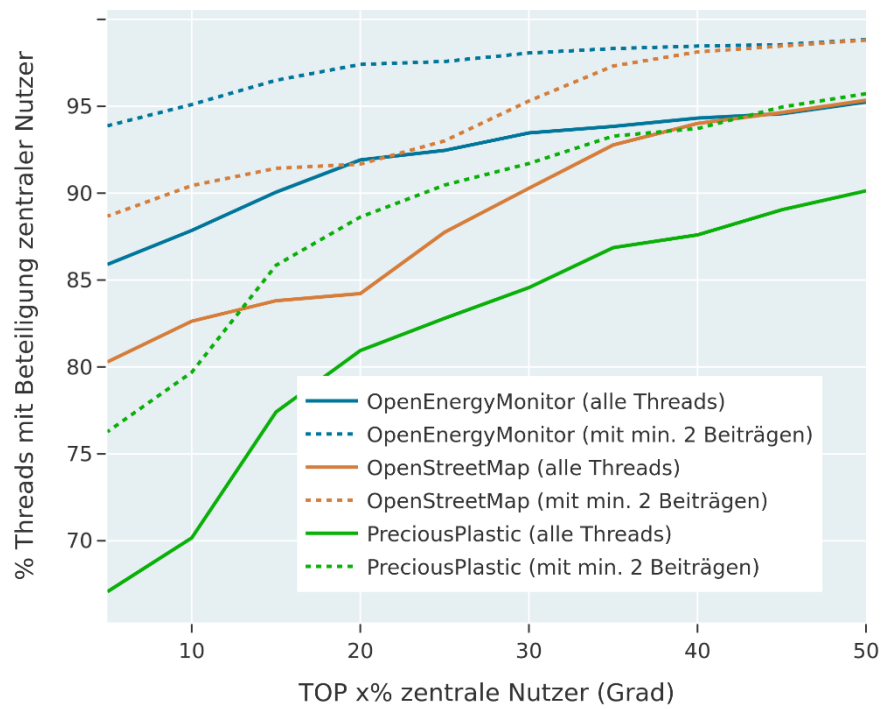
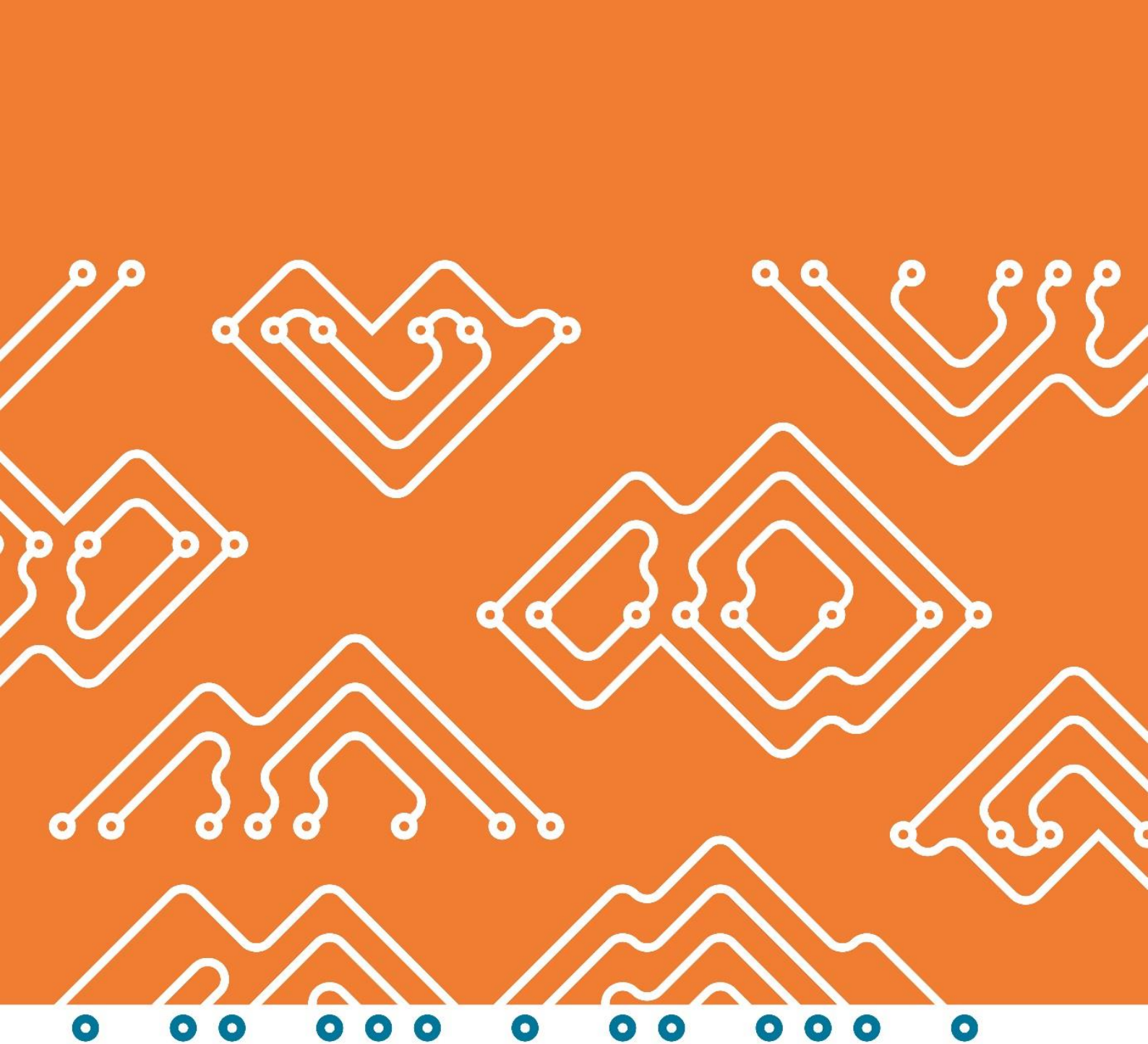


Abbildung 18: Beteiligung zentraler Nutzer am Austausch



www.peer-innovation.de