

Bernd Muschard

Wertschöpfungs- beitrag offener Werkstätten



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



Wertschöpfungsbeitrag offener Werkstätten





Wertschöpfungsbeitrag offener Werkstätten

vorgelegt von
Dipl.-Ing.
Bernd Muschard

an der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
– Dr.-Ing. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger
Gutachter:	Prof. Holger Rohn

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 28. Juni 2021

Berlin 2022



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2022

Zugl.: Berlin, Technische Universität, Diss., 2022

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2022

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2022

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-7627-6

eISBN 978-3-7369-6627-7



Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an den Fachgebieten Montagetechnik und Fabrikbetrieb sowie Nachhaltige Unternehmensentwicklung des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der Technischen Universität Berlin. Viele Menschen haben mich bei der Erstellung dieser Arbeit sowohl fachlich wie auch freundschaftlich unterstützt, ihnen allen gilt mein tief empfundener Dank.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. em. Günther Seliger für die Förderung meiner akademischen Entfaltung, seine fachliche Betreuung, die anregenden Diskussionen und seine Neugier, die er dem Thema meiner Arbeit entgegengebracht hat. Herrn Prof. Holger Rohn danke ich herzlich für die Übernahme des Koreferats und die anregenden Gespräche während der Entstehung dieser Arbeit. Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger gilt mein Dank für die Übernahme des Vorsitzes des Promotionsausschusses. Herrn Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl danke ich für seine persönliche Unterstützung und das Einräumen der zeitlichen Ressourcen und Freiräume, die die Erstellung dieser Arbeit beansprucht hat.

Allen Kollegen und Mitarbeitern des Produktionstechnischen Zentrums möchte ich für die vertrauensvolle Zusammenarbeit, die inspirierenden Gespräche und ihre Hilfsbereitschaft danken, die zum maßgeblichen Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt den Kollegen Dr.-Ing. Bastian Schumacher, Dr.-Ing. Jan Menn, Dr.-Ing. Steffen Heyer, M.Sc. Mustafa Severengiz, Dr.-Ing. Muhammed Aydemir, Dr.-Ing. Tim van Erp, M.Sc. Jón Garðar Steingrímsson, M.Sc. Wolf Schliephack, Dipl.-Ing. Valentin Eingartner und dem gesamten GPE-Team.

Mein herzlichster Dank gebührt meiner Familie und meinen Freunden. Meinen Eltern Helga und Wolf Muschard danke ich für ihre lebenslange Unterstützung und Förderung, meinem Sohn Oskar für seine Lebensfreude, die mir stets eine besondere Motivation war. Mein größter Dank gilt meiner Frau Hannah Lena Lickert, ohne ihren Rückhalt und ihre Geduld diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zusammenfassung

Das mit der *Agenda 2030 – Transformation unserer Welt* auf globaler Ebene der Vereinten Nationen vereinbarte Ziel, die menschliche Entwicklung in ökonomischer, ökologischer und sozialer Dimension nachhaltig zu prägen, stellt die Staatengemeinschaft vor die Herausforderung, etablierte Produktions- und Konsummuster neu zu gestalten, alternative Lösungsansätze für die nachhaltige Wertschöpfung zu finden und neue Wege der Vermittlung zu etablieren. Sogenannte offene Werkstätten oder auch Makerspaces stellen ein weltweit verfolgtes Konzept für nachhaltige Wertschöpfungsbeiträge dar. Sie bieten einen offenen Zugang für zivilgesellschaftliche Akteure, an kollaborativen Wertschöpfungsprozessen teilzuhaben, produktionstechnische Kompetenzen zu erwerben und Wertschöpfungsprozesse selbstbestimmt auszuführen. Durch die Bereitstellung produktionstechnischer und sozialer Infrastrukturen bieten sie das Potential, technische und soziale Innovationen zu fördern.

Die vorliegende Dissertation unternimmt den Versuch, den Nutzen offener Werkstätten für den Akteur, die akademische Lehre und die Gesellschaft aufzuzeigen und Chancen zu bestimmen, wie offene Werkstätten dazu beitragen können, das Ziel des transformativen Wandels zu in Richtung nachhaltiger Gesellschaften und Wirtschaften zu fördern. Es wird ein Modell erarbeitet, das die Entwicklungsmöglichkeiten offener Werkstätten aus den integrativen ingenieur-, wirtschafts-, informations-, sozialwissenschaftlichen und auch philosophischen Perspektiven umreißt, den individuellen, gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Nutzen identifiziert und dadurch ihre Potentiale für den transformativen Wandel beschreibt. Offene Werkstätten werden im Prozess der Demokratisierung von Wissen und Technik betrachtet. Dabei wird bestimmt, wie sich soziale und technische Innovationen bottom-up realisieren lassen. Am exemplarischen Beispiel eines universitären Makerspaces werden die Entwicklungsoptionen mit transformativem Potential ausführlich beschrieben.

Die vorliegende Arbeit ist in Fortführung von Initiativen des durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) bis 2015 geförderten Sonderforschungsbereichs 1026 – Sustainable Manufacturing – Shaping Global Value Creation im Teilprojekt C5 Learnstrumnts for Value Creation Networks entstanden, das das Ziel verfolgt, handlungsorientierte Lernwerkzeuge für die Vermittlung nachhaltiger Wertschöpfung zu entwickeln.



Abstract

The goal agreed by the global community of states within the United Nations *Agenda 2030 - Transforming our world*, to shape human development in an economic, ecological and social dimension in a sustainable manner, confronts the international community with the challenge of redesigning established production and consumption patterns, to find alternative approaches of sustainable value creation configurations and to establish new ways of knowledge transfer. So called open workshops or Makerspaces represent a concept for sustainable value creation that is pursued worldwide. They offer open access for civil society protagonists to participate in collaborative value creation processes, to acquire technical production competencies and to carry out value creation processes independently. By providing a production-technical and social infrastructures, they offer the potential to promote technical and social innovations.

This dissertation attempts to demonstrate the benefits of open workshops for the user, academic education and society, and to identify opportunities for how open workshops can contribute to promote the goal of transformative change towards sustainable societies and economies. A model is developed that outlines the development opportunities of open workshops from integrative engineering, economic, information science, social science and philosophical perspectives, identifies the individual, societal, economic and ecological benefits and thereby describes their potentials for transformative change. Open workshops are analyzed in the process of democratizing knowledge and technology. It is determined how social and technical innovations can be realized bottom-up. Development options with transformative potential are described in more detail using the exemplary application of a university makerspace.

The present work has been developed in continuation of initiatives of the Collaborative Research Center 1026 - Sustainable Manufacturing - Shaping Global Value Creation, funded by the German Research Foundation (DFG) in the subproject C5 Learnstruments for Value Creation Networks, which pursues the goal of developing action-oriented learning tools for imparting sustainable value creation knowledge.





Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1. MOTIVATION.....	1
1.2. ZIEL DER ARBEIT UND VORGEHENSWEISE	4
2. STAND DER FORSCHUNG UND TECHNIK	7
2.1. MAKERSPACE	7
2.1.1. DEFINITION	7
2.1.2. FORMEN VON OFFENEN WERKSTÄTTEN	9
2.1.3. TYPOLOGISIERUNG	13
2.2. NACHHALTIGE WERTSCHÖPFUNG	21
2.2.1. WERTE	21
2.2.2. WERTSCHÖPFUNG.....	28
2.2.3. NACHHALTIGKEIT	31
2.2.4. TRANSFORMATIVER WANDEL.....	35
2.2.5. FAZIT	40
3. HANDLUNGSBEDARF	44
4. KONZEPTENTWICKLUNG	48
4.1. PLANUNG DER DURCHFÜHRUNG.....	48
4.1.1. AUSWAHL EINES WERTSCHÖPFUNGSMODELLS.....	49
4.1.2. ANALYSEPLANUNG	65
4.2. DURCHFÜHRUNG DER ANALYSE	68
4.2.1. MENSCH (WER MIT WEM?).....	69
4.2.2. PROZESS (WIE?).....	80
4.2.3. ORGANISATION (WANN & WO?)	89
4.2.4. BETRIEBSMITTEL (WOMIT?)	97
4.3. DARSTELLUNG DER WERTSCHÖPFUNGSBEITRÄGE ALS PRODUKT OFFENER WERKSTÄTTEN	108
4.4. PRODUKTE ALS BEITRAG ZUM TRANSFORMATIVEN WANDEL	122
4.5. PRODUKTE ALS BEITRAG ZU DEN 17 SDGS	127
5. UMSETZUNG UND VALIDIERUNG	132
5.1. BESCHREIBUNG DES ANWENDUNGSFELDES	132
5.2. EXEMPLARISCHE ANWENDUNG DER PRODUKTE IM UNIVERSITÄREN MAKERSPACE	133
6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	149
6.1. ZUSAMMENFASSUNG.....	149
6.2. NUTZEN UND RISIKEN	151



6.3. ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN	152
6.4. FORSCHUNGSPERSPEKTIVEN	153
7. LITERATURVERZEICHNIS	155
7.1. GLOSSAR	168



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Inhalt der Arbeit	6
Abbildung 2: Systematisierung der Typen von offenen Werkstätten (Simons et al., 2016).....	14
Abbildung 3: Absolute Positionen von 120 LSCI nach Führungsstruktur und Schwerpunkt der entwickelten Projekte (Capdevila, 2013, p. 12), eigene grafische Darstellung.....	19
Abbildung 4: Relative Position der verschiedenen Ausprägungen nach Führungsstruktur und Schwerpunkt der entwickelten Projekte (Capdevila, 2013, p. 12), eigene grafische Darstellung	20
Abbildung 5: Genealogie der Axiologie (Werttheorien), (Ueda 2009).....	22
Abbildung 6: Drei-Säulen-Modell und Vorrangmodell der Nachhaltigkeit, eigene grafische Darstellung	33
Abbildung 7: 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs), (BMU, 2018).....	35
Abbildung 8: Transformativer Wandel aus Sicht der Vereinten Nationen (UNRISD, 2016, p. 6)	36
Abbildung 9: Kriterien zur Erfassung des Transformationspotentials von zivilgesellschaftlichen Nachhaltigkeitsinitiativen, (Wunder et al., 2019, p. 13).....	38
Abbildung 10: Typologie von Pionieren des transformativen Wandels, (WBGU, 2011, p. 258)	39
Abbildung 11: Kriterien für Nachhaltigkeits- und Transformationspotential, (Wunder et al., 2019, p. 131).....	40
Abbildung 12: Dreidimensionale Darstellung nachhaltiger Wertschöpfungsfaktoren (Kaiharu et al., 2018, p. 792; Jovane et al., 2008, p. 647), eigene grafische Darstellung	41
Abbildung 13: Beziehungen zwischen sozialen, künstlichen und natürlichen Systemen für Nachhaltigkeit (Ueda et al., 2009, p. 686), eigene grafische Darstellung	43
Abbildung 14: Charakteristika von Ko-Aktionen, (Redlich, 2010, p. 136), eigene grafische Darstellung	53
Abbildung 15: Value Creation Module and Networks (Seliger et al., 2017, p. 9).....	56
Abbildung 16: Wertschöpfungsfaktor Produkt nach (Seliger et al., 2017)	57
Abbildung 17: Schematische Darstellung der Elemente eines Einzelprozesses nach (Seliger et al., 2017), DIN EN ISO 9000:2015 und (Brugger-Gebhardt, 2016, p. 10), eigene Darstellung. 58	
Abbildung 18: Wertschöpfungsfaktor Organisation nach (Seliger et al., 2017)	60
Abbildung 19: Wertschöpfungsfaktor Prozess nach (Seliger et al., 2017)	60
Abbildung 20: Wertschöpfungsfaktor Mensch nach (Seliger et al., 2017)	62
Abbildung 21: Nutzenleiter (Vershofen 1959, p.89), eigene Darstellung.....	66
Abbildung 22: Innovationsprozess in einer Gemeinschaftsarbeit, nach Aryan et al. 2018, S. 22, eigene grafische Darstellung.....	83
Abbildung 23: Beiträge der Subsysteme zu den Innovationssystemfunktionen, Peukert 2018, eigene grafische Darstellung	85
Abbildung 24: Akteure im sozialen Ökosystem offener Werkstätten (Simons et al., 2016, p. 45), eigene grafische Darstellung.....	90
Abbildung 25: Wertschöpfungssystem (Open Production),(Redlich, 2010, p. 165).....	93
Abbildung 26: Interaktives Wertschöpfungsnetzwerk: Virtual Factory for customized Open Production (Redlich, 2010, p. 192; Redlich et al., 2008).....	94
Abbildung 27: Produkt Gemeinwohl	109
Abbildung 28: Produkt Teilhabe.....	110
Abbildung 29: Produkt Bereitstellung von Infrastruktur	110
Abbildung 30: Produkt Bildung.....	112



<i>Abbildung 31: Produkt Kompetenzerwerb</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 32: Produkt Gemeinschaften und Vernetzung</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 33: Produkt Wissensgenerierung und Innovationprozesse.....</i>	<i>115</i>
<i>Abbildung 34: Produkt Nischenaktivitäten.....</i>	<i>116</i>
<i>Abbildung 35: Produkt Alternative Wertschöpfungskonfigurationen.....</i>	<i>117</i>
<i>Abbildung 36: Produkt Inkubator und Akzelerator</i>	<i>118</i>
<i>Abbildung 37: Produkt Freude am Gestalten</i>	<i>118</i>
<i>Abbildung 38: Produkt Veranlagungen und Interessen</i>	<i>119</i>
<i>Abbildung 39: Produkt Personal Fabrication.....</i>	<i>120</i>
<i>Abbildung 40: Darstellung der Produkte offener Werkstätten, in Anlehnung an (Seliger 2017) und (Spur 1997)</i>	<i>121</i>
<i>Abbildung 41: Qualitative Bewertung der Produkte zur Erfüllung der 17 SDGs</i>	<i>128</i>
<i>Abbildung 42: © Makerspace for Sustainable Manufacturing (M4SM), Bernd Muschard ...</i>	<i>133</i>
<i>Abbildung 43: neoGET: Projektablauf, Phasen und Gruppenbild, © Bernd Muschard.....</i>	<i>141</i>
<i>Abbildung 44: Ausgewählte Projekte des EET, © Bernd Muschard</i>	<i>141</i>
<i>Abbildung 45: © CubeFactory2, Bernd Muschard</i>	<i>142</i>
<i>Abbildung 46: © RecycleBin, Bernd Muschard</i>	<i>143</i>
<i>Abbildung 47: © NaWaRo, Bernd Muschard</i>	<i>143</i>
<i>Abbildung 48: 3D gedruckte Windkraftanlagen deutscher und vietnamesischer Studenten, © Bernd Muschard</i>	<i>144</i>
<i>Abbildung 49: © Fishstone, Karsten Jaszowskiak.....</i>	<i>146</i>
<i>Abbildung 50: © dycle, Ayumi Matsuzaka & Christian Schloh.....</i>	<i>146</i>
<i>Abbildung 51: © Thingk.Systems, Jan Gerlach.....</i>	<i>146</i>



Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Fab Charter, offizielle deutsche Übersetzung, (FAB Foundation, 2019).....</i>	<i>10</i>
<i>Tabelle 2: Wertschöpfungsorte und -quellen nach (Sauer, 2019, p. 182).....</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 3: Aufzählung relevanter Prozessinformationen nach (Brugger-Gebhardt, 2016, p. 10).....</i>	<i>58</i>
<i>Tabelle 4: Marktwirtschaftliche und gewerkschaftliche Funktionen von Wettbewerb, nach (Pirntke, 2016).....</i>	<i>63</i>
<i>Tabelle 5: Marktwirtschaftliche Kooperationsmotive nach (Lindemann, 2005), eigene Darstellung.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabelle 6: Wertschöpfungstabelle zur Strukturierung und Darstellung der Wertschöpfungsbeiträge und Nutzen.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabelle 7: Typologie von Kernarchetypen der Nutzer von CBPP-Plattformen nach (Aryan et al., 2018, p. 20).....</i>	<i>71</i>
<i>Tabelle 8: Stufen und Phasen der Entwicklung eines Nutzers von CBPP-Plattformen nach (Aryan et al., 2018, p. 20).....</i>	<i>72</i>
<i>Tabelle 9: Wertschöpfungsbeiträge und erzeugte Werte für den Nutzer.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabelle 10: Wertschöpfungsbeitrag zur nachhaltigen Entwicklung in einem transformativen Wandel.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabelle 11: Wertschöpfungsbeitrag für Wirtschafts- und Sozial-/Kulturförderung.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabelle 12: Wertschöpfungsbeitrag für intermediärer NGOs und Stiftungen.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabelle 13: Erzeugte Wertschöpfung durch Betrieb und Kooperation für offene Werkstätten und Unternehmen.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabelle 14: Erzeugte Wertschöpfung für Forschungseinrichtungen und Universitäten.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabelle 15: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Wert für die Nutzer im Kontext der Digitalkompetenzen.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabelle 16: Wertschöpfungsbeitrag zu Aspekten der Demokratisierung.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabelle 17: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Wert für die Nutzer im Kontext gemeinschaftlicher Innovationsprozesse.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabelle 18: Wertschöpfungsbeitrag und Nutzen im Kontext unternehmerischen Experimentierens.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 19: Wertschöpfungsbeitrag im Kontext der Wissensentwicklung.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 20: Wertschöpfungsbeitrag im Kontext der Wissensverbreitung.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabelle 21: Wertschöpfungsbeitrag bei der Vorgabe der Suchfeldrichtung.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabelle 22: Wertschöpfungsbeitrag bei der Marktbildung.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabelle 23: Wertschöpfungsbeitrag für die Ressourcenbereitstellung.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabelle 24: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Wert für den Nutzer im Kontext der Legitimierung.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabelle 25: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Wert für den Nutzer durch die Allmendefertigung durch Gleichberechtigte (CBPP).....</i>	<i>92</i>
<i>Tabelle 26: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Wert für den Akteur in interaktiven Wertschöpfungsnetzwerken der Open Production.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabelle 27: Wertschöpfungsbeiträge und erzeugter Wert für Akteure der Ko-Kreation.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabelle 28: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugte Werte für und durch den Nutzer im Kontext der Betriebsmittel.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabelle 29: Einteilung von Werkzeugen nach (Spur und Stöferle, 1986), eigene Darstellung.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabelle 30: Wertschöpfungsbeitrag und Erzeugter Wert für den Nutzer durch einfache Werkzeuge.....</i>	<i>100</i>

<i>Tabelle 31: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Nutzen für den Maker durch die Desktop Maschine Tools.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabelle 32: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Nutzen für Maker und Unternehmen durch industrielle Werkzeugmaschinen</i>	<i>103</i>
<i>Tabelle 33: Wertschöpfungsbeitrag und erzeugter Nutzen für den Maker durch Handwerkzeuge.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabelle 34: Wertschöpfungsbeitrag bei der Demokratisierung von Wissen.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabelle 35: Wertschöpfungsbeitrag offener Werkstätten zur Demokratisierung von Technik</i>	<i>107</i>
<i>Tabelle 36: Wertschöpfungsbeitrag offener Werkstätten zum transformativen Wandel - Soziale Potentiale</i>	<i>125</i>
<i>Tabelle 37: Wertschöpfungsbeitrag offener Werkstätten zum transformativen Wandel - Ökologische Potentiale.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabelle 38: Wertschöpfungsbeitrag offener Werkstätten zum transformativen Wandel - Ökonomische Potentiale.....</i>	<i>126</i>



Abkürzungsverzeichnis

3D	3-dimensional
5 P's	People, Planet, Prosperity, Peace, Partnership
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BSR	Berliner Stadtreinigung
°C	Grad Celsius (Temperatureinheit)
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-aided manufacturing
CBPE	Common-based peer production
CNC	Computerized Numerical Control
CO ₂	Kohlenstoffdioxid oder Kohlendioxid
CoP	Community of Practice
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIY	Do-It-Yourself
DIWO	Do-It-With-Others
€	Euro (Europäische Währungseinheit)
ECUST	East-China University of Science and Technology
EET	European Engineering Teams
EG	Europäische Gemeinschaft
Gcode	CNC-Maschinen-Code
FabLab	Fabrication Laboratory (Werkstattform)
GCSM	Global Conference on Sustainable Manufacturing
GPE	Global Production Engineering
i.d.R.	In der Regel
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ISO	Internationale Organisation für Normung
IWF	Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
KMU	Kleine mittelständische Unternehmen
kWh	Kilowattstunde
LSCI	Localized Spaces of Collaborative Innovation
MOOC	Massive Open Online Course
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
neoGET	New Global Engineering Teams
PLA	Poly-Lactic Acid Plastic/ Mehrkettiger Milchsäure Kunststoff
USP	Universität São Paulo
kg	Kilogramm
LiFePo ₄	Lithium Eisenphosphat
M4SM	Makerspace for Sustainable Manufacturing
MDG	Millennium Development Goals / Millennium Entwicklungsziele
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik
NVivo	Software
OER	Open Educational Resources / Lizenzfreie Lern- und Lehrmaterialien
\$	Dollar (US-Amerikanische Währungseinheit)
PSS	Product Service System / Hybride Leistungsbündel
SDG	Sustainable Development Goals / nachhaltige Entwicklungsziele
STEAM	Science, technology, engineering, arts, mathematics
TDU	Türkisch-Deutsche Universität
TU Berlin	Technische Universität Berlin



UNRISD	Forschungsinstitut der Vereinten Nationen für soziale Entwicklung
VCM	Value Creation Module / Wertschöpfungsmodul
VGU	Vietnamese German University / Vietnamesisch-Deutsche Universität
WCED	World Council on Environment and Development

1. Einleitung

1.1. Motivation

Der fortschreitende Klimawandel ist nur eine von vielen menschengemachten Auswirkungen auf die globalen Ökosysteme, die mit zunehmender Geschwindigkeit sichtbar werden, allzu oft irreversibel sind und die verdeutlichen, dass man mit der Natur nicht verhandeln kann. Eine Studie des Wuppertal Institutes hat gezeigt, „das Einhalten des 1,5-°C-Emissionsbudgets verlangt deutlich schnellere Emissionsminderungen und ein wesentlich früheres Erreichen von Treibhausgasneutralität als dies (...) in bestehenden politischen Zielvorgaben der Bundesregierung dargelegt ist“ (Kobiela et al., 2020). Damit Deutschland die vereinbarten Zielvorgaben einhalten kann, muss die für das Jahr 2050 vereinbarte CO₂-Neutralität bereits im Jahr 2035 erreicht werden. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es der Transformation der Wirtschaften in Form von nachhaltigen Wertschöpfungsmustern sowie der Transformation der Gesellschaften in Form von nachhaltigen Konsummustern. Gelingt dies nicht, wird die Transformation der Umwelt fortschreiten und sich mit zunehmender Geschwindigkeit auf die Wirtschaften und Gesellschaften auswirken. So oder so, die Welt wird sich verändern.

Hinzu kommen weitere ökologische, ökonomische und soziale Herausforderungen, wie Armut, Ungleichverteilung, Bevölkerungswachstum, Ressourcenknappheit, Verlust an Biodiversität, das Streben nach Wohlstand und Entwicklung, die sich gegenseitig bedingen und nicht unabhängig voneinander gelöst werden können. Eine starke Wirtschaft zum Erhalt von Lebensqualität und Wohlstand, bedarf eines soliden gesellschaftlichen Fundaments, das wiederum einer intakten Umwelt bedarf. Diese Herausforderungen gilt es auf nationaler wie globaler Ebene zu lösen.

Mit der Agenda 2030 - Transformation unserer Welt haben sich 150 Regierungen verpflichtet, extreme Armut zu reduzieren, Ungleichheit und Ungerechtigkeit zu bekämpfen und den Klimawandel zu stoppen. Diese Transformation wird transformativer Wandel genannt und beschreibt den notwendigen Veränderungsprozess, *„an den zugrunde liegenden Ursachen anzusetzen, die wirtschaftliche, soziale und ökologische Probleme und Ungleichgewichte auslösen und reproduzieren“*, mit dem Ziel, *„die Verwirklichung von mehr Gleichheit, Nachhaltigkeit und Selbstbestimmung (...) in Gesellschaft und Wirtschaft“* herbeizuführen (UNRISD, 2016, p. 5).

Zur Bewältigung der Herausforderungen bedarf es vielfältiger Anstrengungen in Form von politischen Interventionen, wirtschaftlichen Veränderungen, technischen und sozialen Innovationen und starker Gesellschaften mit besser geschulten Weltbürgern, die über das

Bewusstsein für die Auswirkungen des eigenen Handelns verfügen, verantwortlich agieren und notwendige Verhaltensänderungen gesellschaftlich tragen oder aktiv herbeiführen.

Die Agenda 2030 beabsichtigt eine Veränderung der sozialen Strukturen, die mehr demokratische Einbeziehung der Zivilgesellschaft vorsieht. Dabei betont sie die Notwendigkeit einer sozialen Wende, die das *„individuelle Handeln des Einzelnen als auch das Handeln von Gesellschaften“* fördert, das *„aktive staatsbürgerliche Engagement mit stärkerer Einmischung von Organisationen der Zivilgesellschaft und sozialen Bewegungen“* ermöglicht und die *„Umkehr der Hierarchien von Normen und Werten, die soziale und ökologische Ziele wirtschaftlichen Anliegen unterordnet“* (UNRISD, 2016, p. 6). Dabei gilt es vielfältige Ansätze zu verfolgen, die zivilgesellschaftliches Engagement und Teilhabe ermöglichen, soziale Gemeinschaften bilden und stärken, zielgerichtete Bildung und Vermittlung vereinfachen, das Erzeugen und Erproben von technischen und sozialen Innovationen fördern und dabei geringeren wirtschaftlichen Zwängen unterliegen.

Ein Ansatz zu diesen Zielen beizutragen, sind offene Werkstätten, wie Makerspaces, FabLabs, Repair Cafés oder Selbsthilfewerkstätten. Offene Werkstätten bieten einen zivilgesellschaftlichen Zugang zur Wertschöpfung. Sie stellen produktionstechnische Infrastruktur wie Werkzeuge, Maschinen, Wissen und Knowhow, aber auch soziale Infrastrukturen wie Gemeinschaften, kollaborative Prozesse und Bildungsangebote zur Verfügung, mit dem Ziel, Nutzer für die selbstbestimmte Fertigung von Artefakten und Gütern zu befähigen und ihnen die Teilhabe an Wertschöpfungsprozessen zu ermöglichen. Sie finden sowohl im zivilgesellschaftlichen Sektor, im Bildungssektor wie in der Gründerförderung Anwendung und richten sich an ein breites Feld von Nutzern wie Kindern, Jugendlichen, Schülern, Studierenden, Hobbyisten, Künstlern, Handwerkern, Startups oder Entrepreneurs, die in ihnen Basteln, Bauen, Tüfteln, Entwickeln, Ausprobieren, Testen, Fertigen, Nähen, Reparieren oder Innovieren.

Die freie oder kostengünstige Bereitstellung von produktionstechnischer Infrastruktur nennt man Demokratisierung der Fertigung (engl. democratization of manufacturing). Ähnlich, wie Wikipedia einen Beitrag zur Demokratisierung von Wissen geleistet hat, demokratisieren offene Werkstätten durch die Zugänglichkeit und Nutzbarkeit anspruchsvoller Technologien wie 3D Druckern, CNC Fräsen oder Lasercuttern grundlegende Aspekte der Wertschöpfung. Dabei werden nicht nur Werkzeuge, sondern auch Wissen, Lösungen und Ergebnisse geteilt, die meist auf kollaborativer Basis erstellt und offen über das Internet verbreitet oder abgerufen werden (Open Source). Es besteht ein hoher Grad von Vernetzung zu anderen spezialisierten Gemeinschaften (Open Source Communities), die Software, Hardware, 3D