

*Andreas Lösch, Paulina Dobroć und Christoph Schneider*

## **Transformatives Vision Assessment zu 3D Druck: Ein Beitrag zur demokratischen Gestaltung des digitalen Kulturwandels?**

### **Abstract:**

3D Druck-Technologien gelten als bedeutende Innovationen. Sie verändern allmählich Kulturen der Kollaboration, u.a. in Forschung und Entwicklung, industrieller Fertigung, Bildung oder in den offenen Werkstätten (Maker Spaces, FabLabs). Die Zukunft des 3D Drucks ist heute jedoch immer noch offen. Von dieser Prämisse ausgehend, zielt das transformative Vision Assessment auf eine Modulation von Zukunftsvisionen zu soziotechnischen Szenarien, die demokratische Aushandlungsprozesse und Entscheidungen im Umfeld der Innovationen orientieren sollen. Im Szenarienprozess werden 3D Druck-Technologien vor dem Hintergrund sozialer wie ökologischer Herausforderungen diskutierbar und ihr kulturveränderndes Potential reflektierbar. Der vorliegende Beitrag stellt den partizipativen und interaktiven Szenarienprozess im Vision Assessment-Projekt zum skalierbaren 3D Druck des Exzellenzclusters 3DMM2O vor. Fokussierend auf soziale Inklusion und Nachhaltigkeit wurden Optionen des Kulturwandels mit und durch 3D Druck-Technologien ausgelotet und reflektiert, um auf diesem Wege die demokratische Mit-Gestaltung der Transformation in Wissenschaft und Gesellschaft zu fördern.

### **1. Einleitung: Problemstellung und Herausforderung**

Die Entwicklung von Technologien der Informatisierung wurde seit ihrem Aufkommen in den 1970er Jahren stets mit einem hohen Demokratisierungs- und kulturverändernden Potential in Verbindung gebracht (z.B. Schrape 2016). Seit den 2010er Jahren werden im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Gesellschaft, diese einst (als) utopisch wirkenden Potentiale deutlich. Technologien, wie die des 3D Drucks leisten einen bedeutenden Beitrag zu dieser Entwicklung. So verändern 3D Druck-Technologien bereits Kulturen der Kollaboration in Forschung und Entwicklung, industrieller Fertigung, im Bildungsbereich oder in offenen neuen Formen kollektiver Produktion, z.B. in Maker Spaces und FabLabs (vgl. Schneider 2018). Die Zukunft des 3D Drucks ist jedoch auch heute noch offen, denn längst sind nicht alle Innovationspotentiale dieser Technologien ausgeschöpft. Dies verdeutlicht eine Vielzahl aktueller Forschungen und Entwicklungen zu 3D Druck-Technologien, beispielsweise die Forschungen im Rahmen des Exzellenzclusters „3D Matter Made to Order“ (3DMM2O 2023) des Karlsruher Instituts für Technologie und der Universität Heidelberg. Die hier

intendierten wissenschaftlich-technischen Entwicklungen des skalierbaren 3D Drucks werden als eine nächste Generation der Technologie verkündet. Denn sie sollen eine absolut präzise Entwicklung von allen erdenklichen Materialien und Instrumenten, ausgehend vom Molekularen, über den Nanometer und Mikrometer bis hin zum Makrometerbereich, ermöglichen. Diese sollen zukünftig den individuellen und individualisierten Bedarfen in jeglicher industriellen Fertigung, medizinisch-klinischen Anwendung und vielseitigen weiteren gesellschaftlichen Nutzungsweisen zu Gute kommen. Sie sollen damit die Begrenztheiten des gegenwärtigen metall- sowie kunststoffbasierten 3D Drucks hinter sich lassen und bisherige 3D Druck-Anwendungen bei weitem übersteigen (3DMM2O 2023).

Diese Vision wirft aber neue Fragen bezüglich der gesellschaftlichen Nutzung und der sozial-ökologischer Folgen der neuen 3D Drucktechnologien auf. Das kulturverändernde Potential der neuen Entwicklungen wäre aufgrund der Vielzahl an denkbaren Anwendungsmöglichkeiten der 3D Druck-Technologien und ihrer Verbreitung in der Gesellschaft (von industriellen, über medizinische bis hin zu privaten Nutzungen) weitaus radikaler, als das bei den bisherigen 3D Druck-Nutzungen bspw. in Industrie, in offenen Werkstätten der Maker-Bewegung (FabLabs) oder im schulischen Bildungsbereich der Fall ist. Schon heute sichtbare Herausforderungen, z.B. in der Regelung des Zugangs zur Technologie oder bezüglich der Ressourceneffizienz von Produkten, stellen sich in verstärkter Form. Denn mit der Realisierung der neuen Generation des skalierbaren 3D Drucks wäre eine weit breitere Wirkung in der Gesellschaft anzunehmen. Im Hinblick darauf sollten die Ausgestaltung und die Entwicklung der Technologien aufmerksam verfolgt und reflektiert werden. Im Rahmen einer solchen Reflexion sind mögliche soziale „Zukünfte“ des 3D Drucks mit breiter gesellschaftlicher Beteiligung und somit dem Einbezug verschiedener Stakeholdergruppen bzw. der heute und zukünftig von 3D Druck tangierten Akteursgruppen zu diskutieren und zu verhandeln, um zu ihrer demokratischen Gestaltung zugunsten einer sozial-inklusiven und ökologisch nachhaltigen Entwicklung beizutragen.

Sozio-politische Aushandlungsprozesse und die daraus hervorgehende Entscheidungen der Förderung, Nutzung und Regulierung der zukünftigen bzw. sich heute noch in der Laborforschung und Entwicklung befindlichen Technologien orientieren sich – wie dies einschlägige Forschungen der Technikfolgenabschätzung (TA), der Science & Technology Studies (STS), oder des Foresight zeigen – an den sogenannten „Zukünften“ wie z.B. den in der Gesellschaft zirkulierenden und die Technologien kontextualisierenden Visionen und Szenarien (z.B. Lösch et al. 2019; Konrad et.al 2016). Die „Zukünfte“ übernehmen in den gesellschaftlichen Diskursen die Rolle der Kommunikations- und Reflexionsmedien (z.B.

Grunwald 2012). Nimmt man die dominierenden oder häufig kommunizierten Visionen zu „New and Emerging Sciences and Technologies (NEST)“ (wie Nanotechnologie, Künstlicher Intelligenz und heute des skalierbaren 3D Drucks) in den Blick, so versprechen die Visionen meist große gesellschaftliche Umbrüche durch bevorstehende bahnbrechende technische Innovationen. Diese technischen Innovationen werden dabei als Beitrag zur Bewältigung der gegenwärtig drängenden sozialen und ökologischen Herausforderungen propagiert. In diesem Sinne handelt es sich um technikgetriebene Visionen, in deren Narrativen die Komplexität sozio-ökologischer Transformationen reduziert wird und zugleich Diskurspositionen ausgeschlossen werden, die die Lösung der Transformationsherausforderungen nicht primär oder kausal in Relation zu technischen Fortschritten stellen (Schneider et al 2021). Daraus ergibt sich der Bedarf an einer gesamtgesellschaftlichen Debatte zu den emergierenden Technologien. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Herausforderung die „Zukünfte“ so zu gestalten, dass sie die Antizipation komplexer Transformationen zugunsten demokratischer – nicht exklusiver – und den sozio-ökologischen Herausforderungen angemessener – nachhaltiger – Mit-Gestaltungsprozesse aller von den neuen Technologien tangierter Gesellschaftsmitglieder ermöglichen.

Im Folgenden wird der ITAS-Ansatz des Vision Assessments als eine hierfür geeignete Methode der Technikfolgenabschätzung zur Gestaltung von Zukünften vorgestellt. Danach folgt eine Darstellung des methodischen Vorgehens im „transformativen Vision Assessment“ (TVA) im Forschungsprojekt zu Zukünften des skalierbaren 3D Drucks. Vor diesem Hintergrund wird auf die im Forschungsprozess durchgeführte Ko-Kreation sozio-technischer Szenarien eingegangen, den Forschungsschritt, in welchem unterkomplexe und technikgetriebene visionäre Narrative in soziotechnische Zukunftsszenarien transformiert werden, die die Komplexität sozio-ökologischer Transformationen angemessener sind und Möglichkeiten sowie Folgen des 3D Drucks in diesem Kontext antizipativ beurteilbar machen. Der Beitrag endet mit einer kritischen Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des transformativen Vision Assessments und den Schlussbemerkungen zur Relevanz der Ergebnisse für die demokratische Mit-Gestaltung des digitalen Kulturwandels.

## 2. Vision Assessment als erfolgsversprechende TA Methode der Gestaltung von Zukünften?

Das Vision Assessment (VA), das am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) entwickelt wurde, ist eine bewährte Methode der TA, um die Bedeutung und Wirkung von Visionen in Innovationsprozessen zu analysieren, zu bewerten und zu gestalten (Lösch et al. 2021). Der analytische Fokus liegt dabei auf Visionen in „sozio-epistemischen Praktiken“ (Lösch 2022). Damit sind an visionären Kommunikationsprozessen orientierte Praktiken gemeint, die zu Neuordnungen von Wissen und sozialen Arrangements beitragen. Das Vision Assessment wurde in den letzten Jahren zu einem intervenierenden Forschungsansatz, dem transformativen Vision Assessment (TVA) weiterentwickelt. Dies impliziert, dass das VA nicht mehr allein zur kritischen Beobachtung (Analyse und Bewertung) von Visionen *in* sozio-epistemischen Praktiken dient, sondern *selbst* zu einer sozio-epistemischen Praxis wird. TVA ist insofern eine transformative Modulation technikgetriebener Visionen mittels partizipativer Szenariengestaltung. In diesem Prozess werden technikgetriebene Visionen in visionäre soziotechnische Szenarien transformiert, die die Antizipation der multidimensionalen Bedarfe an Technikentwicklungen für die Gesellschaft im Horizont der Komplexität sozio-ökologischer Herausforderungen ermöglichen sollen.

Der Ansatz verknüpft wissenschaftliche Analysen von Visionen, die in Wissenschaft und Gesellschaft zirkulieren, mit partizipativen Dialogen zwischen beiden zum Zweck der Antizipation und Bewertung sozialen und ökologischen Impacts der zukünftigen neuen Technologien in der Gesellschaft. Dies erfolgt durch eine Modulation der Visionen zu geeigneten visionären Anwendungsszenarien (vgl. Abbildung 1). Entwickelt und erprobt wurde der Ansatz u.a. in dem hier näher betrachteten ITAS-Forschungsprojekt „Vision Assessment des skalierbaren 3D Drucks im DFG-Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order“ (Vision Assessment 2023).

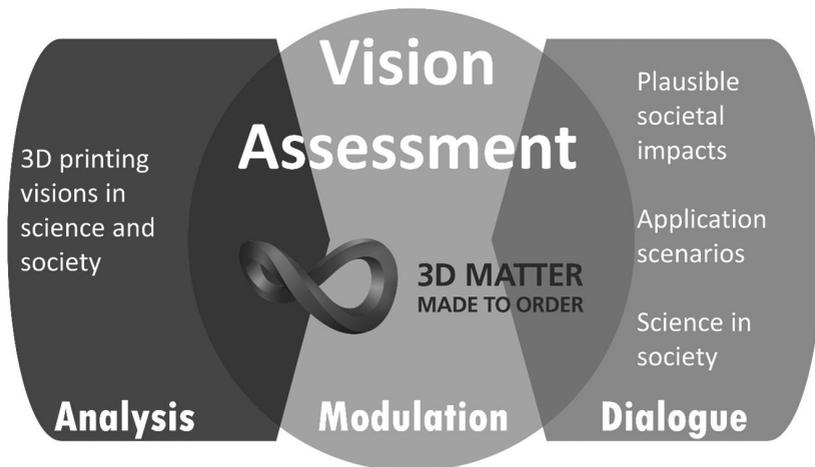


Abbildung 1: Projektdesign (eigene Darstellung)

### 3. Transformatives Vision Assessment und 3D Druck Zukünfte

Das Forschungsprojekt „Vision Assessment des skalierbaren 3D-Drucks im Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order“ war eine sozialwissenschaftliche Begleitstudie im DFG-Exzellenzcluster 3DMM2O (3D Matter Made to Order). In diesem Cluster forschen über 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Physik, Chemie, Bio- und Materialwissenschaften interdisziplinär an Materialien, Technologien und Anwendungen für eine neue Generation von 3D Druck-Technologien, die in der Zukunft ein skalierbares digitales „3D Additive Manufacturing“ ermöglichen sollen. Die ursprüngliche, vom DFG-Exzellenzcluster u.a. über die eigene Website nach außen kommunizierte Vision, positioniert die neuen Technologien, die aus den Clusterforschungen hervorgehen sollen, als radikale und umwälzende Innovationen:

„3D Additive Manufacturing [...] has the potential to change our world in the 21st Century as much as Gutenberg’s movable-type “2D printing” did in the 15th Century. [...] It converts information – a digital blueprint – directly and rapidly into physical objects. [...] The vision of the Cluster is to establish scalable digital three-dimensional (3D) Additive Manufacturing reaching all the way from the molecular, via the nanometer and micrometer, to the macroscopic scale. [...] This vision

is nothing less than the ultimate digitization of 3D manufacturing and material processing.” (3DMM2O About 2020)

Im Vision Assessment-Projekt wurden solche technische Visionen, die Diskurse in Wissenschaft und Gesellschaft schon vor der Verkündung der neuen „skalierbaren 3D Druck“ Generation prägten, zum Ausgangspunkt der wissenschaftlichen Auseinandersetzung und der transformativen Praxis. Zu diesem Zweck wurden die in wissenschaftlichen und öffentlichen Diskursen seit dem Beginn der 2010er Jahren (um den ersten visionären Hype zum 3D Druck) artikulierten visionären Diskurselemente vom Projektteam in visionäre Schlüssel narrative klassifiziert. Diese dienten als Ausgangspunkt der kommunikativen Interaktion mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Cluster sowie für die späteren Dialoge zur Kreierung von soziotechnischen Szenarien mit verschiedenen durch gegenwärtig wie zukünftig von 3D Druck-Technologien tangierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Stakeholdern und Personen aus der Praxis (siehe die Projektberichte Roßmann et al. 2021: S.10; Schneider et al. 2020: S.15–23, zur Methode Roßmann/Rösch 2019). Die Klassifizierung der visionären Diskurselemente in Schlüssel narrative erfolgte anhand unterschiedlicher Relationen zwischen Technik und sozial-ökologischen Werten. So wurden sechs Narrative voneinander differenziert (vgl. Abbildung 2): 1. Die Neugestaltung der Welt Bit für Bit; 2. Die kollektive Ermächtigung in Maker Spaces und FabLabs; 3. Die neue Generation individualisierter und bedarfsgerechter Medizin; 4. Ge-steigerte Ressourceneffizienz; 5. Die nächste industrielle Revolution; und 6. Die individuelle Ermächtigung eines jeden Unternehmers – alles in Folge neuer 3D Druck-Technologien.<sup>1</sup>

---

1 Die gegenwärtige Relevanz der visionären Schlüssel narrative für die heutigen Entwicklungen des 3D Drucks nach dem Hype wurde auf der Basis von Dokumentenanalysen zum Finanzsektor und Massenmedien und vertiefenden Experteninterviews mit 3D Druck-Fachpersonen aus der 3D Druck-Forschung, zu 3D bio-printing, der klinischen Anwendungsentwicklung, des Bildungsbereichs und des Wissenschaftsjournalismus bestätigt (vgl. Roßmann et al 2021).

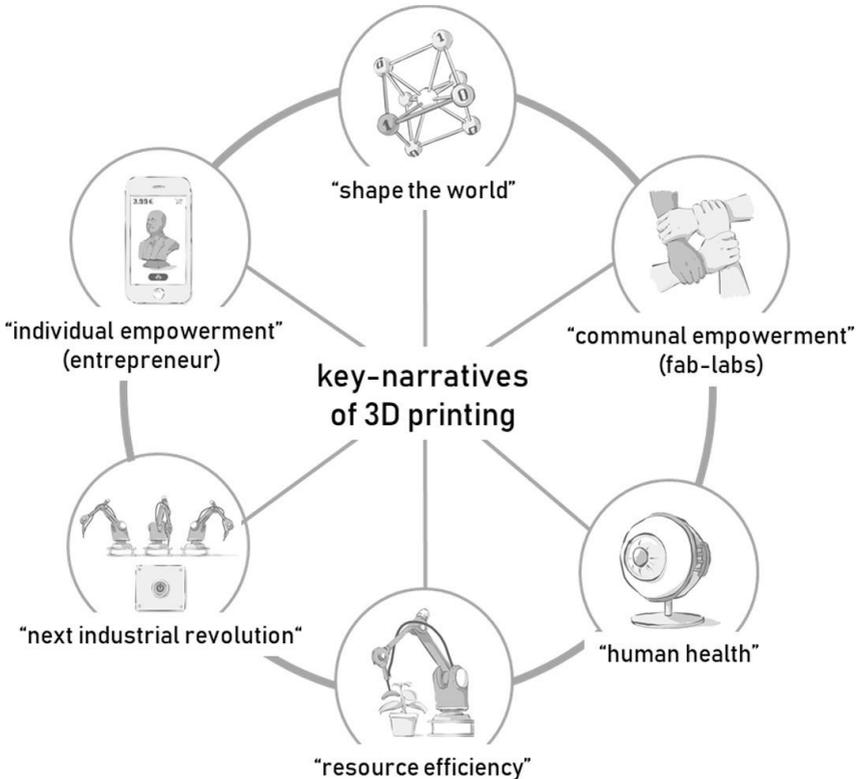


Abbildung 2: Visionäre Schlüssel narrative (eigene Darstellung)

Die Schlüssel narrative dienen zunächst dazu, um im Projekt in den Dialog mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Clusters zu kommen. In jährlichen Feedback-Dialogen mit je ca. 30 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aller akademischen Grade (Promovierende, Postdocs und Professorinnen resp. Professoren) wurden die Forschenden mittels des Instruments der Schlüssel narrative zu Antizipationen zukünftiger Anwendungskontexte und sozialer wie ökologischer Impacts ihrer sich im Stadium der Laborforschung befindlichen Forschungen und Entwicklungen angeregt. Um jedoch eine reflektierte Antizipation möglicher zukünftiger Nutzungsweisen und Folgen der Technologien vor dem Horizont großer sozial-ökologischer Herausforderungen zu ermöglichen,

waren die visionären Schlüsselnarrative technikgetriebene Narrative (vgl. Schneider et al 2021). Sie positionieren bspw. die neuen und zukünftigen Technologien des 3D Drucks als Ermöglichungsbedingung kollektiver Ermächtigung in der Fabrikation oder von effizienterer zukünftiger Ressourcennutzung. Die visionären Schlüsselnarrative sind kommunikationsermöglichende Medien (Lösch 2014: 50ff), um mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Interaktion zu kommen. Wie bereits problematisiert, sind sie aber zu einseitig für die intendierte Initiierung von Antizipationsprozessen, die die erwarteten neuen Technologien im Kontext der Komplexität sozio-ökologischer Transformationen der Gesellschaft reflektieren. Sie ermöglichen noch keinen antizipativen Diskursraum, in dem sich gesellschaftsverändernde bzw. kulturtransformierende Potentiale von bestimmten 3D Druck-Anwendungen innerhalb unterschiedlicher gesellschaftlicher Konstellationen und Entwicklungen beurteilen lassen. Insofern bildeten die Schlüsselnarrative im Projektdesign erst den Ausgangspunkt für die anschließende Modulation der technikgetriebenen Visionen zu komplexen soziotechnischen Szenarien gesellschaftlicher Zukünfte des 3D Drucks. Dieser Prozess wurde dann nicht mehr nur intern im Cluster, sondern in Interaktion mit externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, für den 3D Druck relevanten Stakeholdern und interessierten Bürgerinnen und Bürgern durchgeführt

#### **4. Die Ko-Kreation von soziotechnischen Szenarien des 3D Drucks**

Um nun „Zukünfte“ des 3D Drucks so zu modulieren, dass sie die intendierte Antizipation komplexer sozio-ökologischer Transformationen unter Inklusion aller von den neuen Technologien tangierter Gesellschaftsmitglieder ermöglichen, wurde im Projekt eine Reihe von Dialogen zwischen Akteuren der Wissenschaft und Gesellschaft initiiert, in denen Szenarien zukünftiger Entwicklungen und Nutzungsweisen von skalierbaren 3D Druck-Technologien partizipativ und unter Beteiligung aller Akteure entwickelt wurden. Der Prozess startete mit einem wissenschaftlichen Symposium zu 3D Druck in der Gesellschaft, an dem neben den Natur- und Technikwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern aus dem Cluster internationale Fachpersonen aus verschiedenen geistes- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen (inklusive Wirtschafts- und Rechtswissenschaft) beteiligt waren. Verbunden war das Symposium mit einem Szenarienworkshop, in dem diese wissenschaftlichen Fachpersonen gemeinsam mit Praxisexpertinnen und -experten z.B. aus klinisch-medizinischen Bereichen, dem Bildungssektor, Vertreterinnen und Vertretern der im visionären Diskurs prominenten Maker-

und FabLab-Bewegung narrative Szenarien nachhaltiger/nicht-nachhaltiger und sozial-inklusive/sozial-exklusive 3D Druck-Zukünfte entwickelten. Dabei ging es nicht um einzelne 3D Druck-Anwendungen, sondern um das Entwickeln von Beschreibungen gesellschaftlicher Konstellationen und Prozesse zukünftiger 3D Nutzungen. Hierfür wurde vom Projektteam ein vier Felder umfassendes Szenariengrid mit den Achsen (nachhaltig/nicht nachhaltig und sozial-inklusive/exklusiv) vorgegeben, um einer Strukturierung der Antizipation auf soziale und ökologische Herausforderungen zu erzielen. Das Ergebnis war ein Prototyp, der bei einer öffentlichen Abendveranstaltung am Ende des Symposiums und Szenarienworkshops der anwesenden Öffentlichkeit vorgestellt wurde (Dobroć/Gazos 2021; Roßmann et al. 2021).

Dieser Prototyp wurde in Folge dieses Events bei drei Workshops mit unterschiedlichen Stakeholdern aus den praxisrelevanten Bereichen der 3D Drucknutzung sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern diskutiert und in Bezug auf die Praktikabilität der sozial-ökologischen Folgenantizipation für jeweils für die Teilnehmenden relevanten Nutzungsbereichen (z.B. Bildungsbereich, klinischen Bereich) ausgetestet, validiert und inhaltlich weiter angereichert. Zudem wurden die Ergebnisse dieses Prozesses in Feedbackdialogen ins Cluster zurückgespiegelt. In diesen Dialogen zeigte es sich, dass die Szenarien gut geeignet waren, um einzelne zukünftige 3D Druck-Anwendungen vor der Folie des Szenariengrids zu beurteilen.

Abbildung 3 veranschaulicht den Weg der Interaktionen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft im Projektverlauf hin zu den vier Szenarien. Abbildung 4 verdeutlicht in kondensierter Form die Struktur der vier Szenarien, innerhalb derer sich einzelne 3D Druck-Technologien im Kontext soziotechnischer Zukunftskonstellationen beurteilen lassen. In der kondensierten Darstellung lassen sich für jedes Feld die relevanten Akteure, zugrundeliegenden Normen und konkreten Herausforderungen identifizieren – je nachdem, wohin sich 3D Druck-Technologien entwickeln würden (siehe Abbildung 4, im Detail: Roßmann et al. 2021, ferner Schneider/Dobroć 2022).

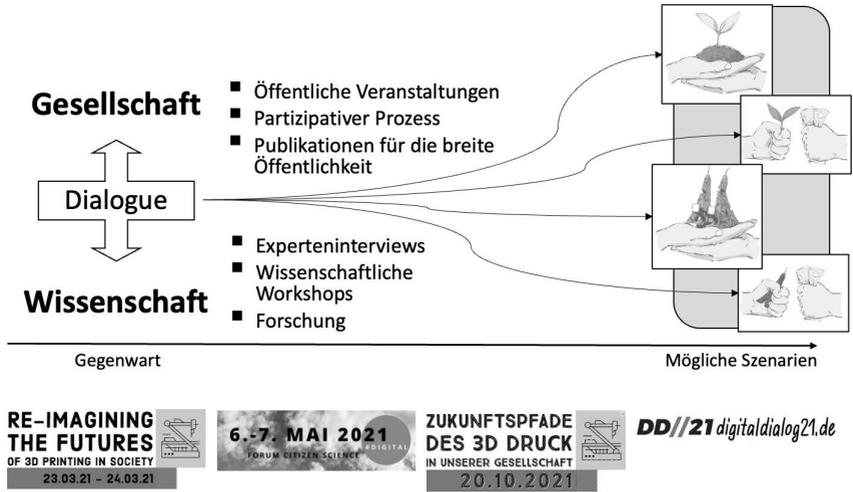


Abbildung 3: Ko-Kreation von Szenarien im Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (eigene Darstellung)<sup>2</sup>

	EXKLUSIV	INKLUSIV
NACHHALTIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Akteure:</b> Unternehmen und Experten dominieren den 3D Druck</li> <li>■ <b>Normen:</b> enges Verständnis von Nachhaltigkeit und Profit</li> <li>■ <b>Herausforderungen:</b> ungerechter Zugang zur Hightech-Wirtschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Akteure:</b> Zusammenarbeit zwischen Wissensgemeinschaften und staatlichen Akteuren</li> <li>■ <b>Normen:</b> gemeinsame Nutzung von Wissen und Ressourcen, breites Verständnis von Nachhaltigkeit, das zu neuen Lebens- und Wirtschaftsweisen führt</li> <li>■ <b>Herausforderungen:</b> Missbrauch der Allmende durch einzelne Akteure</li> </ul>
UNNACHHALTIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Akteure:</b> Unternehmen und Kriminelle profitieren auf unreguliertem Markt</li> <li>■ <b>Normen:</b> gewinnen oder verlieren, alles drucken, wofür bezahlt wird</li> <li>■ <b>Herausforderungen:</b> langsamer Fortschritt, Ungerechtigkeit, Unsicherheit der 3D-Anwendungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Akteure:</b> Kapitalgesellschaften und Verbraucher</li> <li>■ <b>Normen:</b> individualisierter Wegwerf-Konsum</li> <li>■ <b>Herausforderungen:</b> hohe Umweltkosten des 3D Drucks</li> </ul>

Abbildung 4: Szenarien sozial inklusiver/exklusiver und ökologisch nachhaltiger/nicht-nachhaltiger 3D Druck-Zukünfte (eigene Darstellung)

2 Die vier Bilder rechts symbolisieren die 4 Szenarien. Die Reihe der 4 Bilder unten in der Abbildung verweisen auf die im Text genannten Events auf dem Weg der Szenariengestaltung.

Die Szenarien waren damit gleichzeitig ein kollektives Produkt und Kommunikationsmedium der beteiligten Akteure. Um zu den Szenarien zu kommen, die zur Orientierung von Entscheidungen zugunsten verantwortlicher Forschungen, Entwicklungen und Nutzungen im Sinne der Ideale von „Responsible Research and Innovation“ (z.B. Owen et al. 2012) von 3D Druck-Technologien vor dem Hintergrund der großen sozialen und ökologischen Herausforderungen unserer Gesellschaft geeignet sein können, wurde – wie oben ausgeführt – für den Prozess der partizipativen Ko-Kreation der Szenarien (methodisch orientiert an: Withycombe Keeler et al. 2019) vom Projektteam das Szenariengrid mit den Achsen sozial „exklusiv-inklusiv“ und „nachhaltig-unnachhaltig“ vorgegeben.

Die Szenarien haben im Prozess ihrer Kreation und Kommunikation Orientierung für die Reflexion zukünftiger Technologien im Kontext der Komplexität sozio-ökologischer Transformationen gegeben. Dies nicht in dem Sinne, dass sie direkte Entscheidungen für die Entwicklung einer Technologie ermöglichen würden. Die Szenarien eröffnen vielmehr einen antizipativen Raum, innerhalb dessen sich (Weiter-)Entwicklungen des 3D Drucks von den beteiligten Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis sowie anderen von 3D Druck tangierten Akteurinnen und Akteuren vor dem Hintergrund sozial-ökologischer Herausforderungen diskutieren und beurteilen lassen. Auf diesem Wege können bewusst verantwortliche, sozial und ökologisch gewünschte Entwicklungen und Nutzungsweisen des 3D Drucks identifiziert werden. Die Beobachtungen der Dialoge und Workshops des Szenarienprozesses sowie der Feedback-Dialoge und Diskussionen mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Exzellenzclusters bei Konferenzen des Clusters wiesen auf diese Eignung der Szenarien als antizipatives Reflexionstool hin. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Clusters wurden gerade durch die Konfrontation mit den Szenarien zur Reflexion über unterschiedliche Konsequenzen verschiedener Ausgestaltungen ihrer zukünftigen skalierbaren 3D Druck-Technologien in der Gesellschaft motiviert, denn mittels der Szenarien konnte verdeutlicht werden, dass die sozial-ökologischen Folgen von 3D Druck-Anwendungen immer im Kontext der jeweiligen gesellschaftlichen Konstellationen und Prozesse zu denken sind.

## 5. Möglichkeiten und Grenzen des transformativen Vision Assessments

Es kann festgehalten werden, dass solch ein ko-kreativer Szenarienprozess eine geeignete Methode ist, um durch die Kontextualisierung unterkomplexer, technikgetriebener Visionen einen Reflexionsraum für demokratische Kommunikati-

onsprozesse zu eröffnen. In diesem Raum lassen sich gesellschaftliche Zukünfte des 3D Drucks unter Adressierung drängender sozio-ökologischer Herausforderungen antizipieren. Das normative Ziel des transformativen Vision Assessments: die Verbesserung von Reflexivität für verantwortliche Entscheidungsprozesse vor dem Horizont großer sozialer und ökologischer Herausforderungen ist mit solchen und vergleichbaren Methoden der Modulation erreichbar.

Jedoch hat ein solcher transformativer Ansatz auch typische Grenzen der Projektforschung:

- Das dargestellte Projekt war eine „kleine“ sozialwissenschaftliche Studie in einem „großen“ Forschungscluster. Aus diesem Grund ließ sich nur eine begrenzte Anzahl der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an den Dialogen beteiligen.
- Die Entwicklung und spätere Nutzung der 3D Druck-Technologien ist darüber hinaus mit sozio-ökonomischen Machtasymmetrien konfrontiert. Insofern stellt sich die Frage nach den unterschiedlichen Impacts der beteiligten Akteurinnen und Akteure auf die gesellschaftlichen Zukünfte des 3D Drucks – z.B. die unterschiedlichen Einflüsse zwischen Akteurinnen und Akteure aus Natur/Technikwissenschaften und der Industrie im Vergleich zu Akteurinnen und Akteuren aus Maker Spaces oder aus dem schulischen Bildungssektor.
- Auf konzeptioneller Ebene gibt es Grenzen der Antizipation von 3D Druck-Zukünften. Denn die im Szenarienprozess unvermeidliche Strukturierung des antizipativen Möglichkeitsraumes durch die Fokussierung auf Nachhaltigkeit und Inklusivität schließt andere Wertbezüge aus, die für eine verantwortliche Entwicklung und Nutzung der Technologien ebenso relevant sein könnten.

Dennoch lässt sich aber festhalten, dass das transformative Vision Assessment als ein Beitrag reflexiver Gestaltung von Zukünften geeignet ist und zu einer Förderung demokratischer Mit-Gestaltung von Technik in der Gesellschaft beitragen kann. Ergebnisse wie die beschriebenen Szenarien eröffnen antizipative Räume, die vielerorts von unterschiedlichen Adressatengruppen genutzt werden können, um Entscheidungen zur Entwicklung, Förderung, Anwendung bestimmter 3D Druck-Technologien in der Gesellschaft zu orientieren. Die Szenarien können auch jenseits des Projektes bei entsprechenden Veranstaltungen mit Fachpersonen aus Wissenschaft und Praxis und interessierten Bürgerinnen und Bürgern genutzt werden.

## 6. Schluss

Rückblickend ist festzuhalten, dass durch die Modulation der technikgetriebenen Visionen zu soziotechnischen Szenarien im partizipativen und interaktiven Szenarienprozess des TVA neue Technologien vor dem Hintergrund drängender sozialer und ökologischer Herausforderungen diskutierbar werden. Dies haben die Aktivitäten in Workshops und Konferenzen des Clusters gezeigt. Die sozio-ökologische Kontextualisierung der Technologien in den Szenarien mittels der Foki auf soziale Inklusion und Nachhaltigkeit, die im Forschungsprozess definiert wurden, macht zukünftige Nutzungen der neuen 3D-Druck-Technologien in der Gesellschaft erst in diesem Zusammenhang reflektierbar und demokratisch verhandelbar. Optionen des Kulturwandels nicht durch die neuen digitalen Technologien, sondern unter Nutzung neuer Technologien werden auslotbar. Dieses Wissen kann demokratische Mit-Gestaltungen von Transformationsprozessen in Wissenschaft und Gesellschaft fundieren und orientieren. 3D Druck-Technologien wie andere digitale Technologien können zu einem Kulturwandel führen. Ob der Wandel zu einer sozial-ökologisch notwendigen und gewollten Transformation führt, hängt jedoch davon ab in welcher gesellschaftlichen Konstellation die Technologien ihre Wirkung entfalten können. Dass die Technologien selbst eine Lösung für bestehende sozial-ökologischer Probleme sind oder diese ermöglichen, wenn man sie nur breit gesellschaftlich nutzen würde, ist eine Täuschung technikgetriebener Visionen, die die neue Technik als Verursacherin gesellschaftlicher und kultureller Transformation anpreisen.

## Danksagung

Viel Dank für die Durchführung des dargestellten Projekts gilt dem ehemaligen und nicht an dem Buchbeitrag beteiligten Kollegen Dr. Maximilian Roßmann (heute: Maastricht Universität) und der studentischen Hilfskraft Mariana Leshkovych. Der Carl Zeiss-Stiftung danken wir für die Finanzierung der 3D Druck-Studie in 3DMM2O, gefördert durch die DFG innerhalb der Deutschen Exzellenzinitiative – 2082/1 – 390761711.

*Literaturverzeichnis*

- 3DMM2O (2023). [www.3dmattermadetoorder.kit.edu](http://www.3dmattermadetoorder.kit.edu), 28.07.2023
- 3DMM2O About (2020). [www.3dmattermadetoorder.kit.edu/about.php](http://www.3dmattermadetoorder.kit.edu/about.php), 16.07.2020
- Dobroć, P.; Gazos, A. (2021) Additive visionering. How visions shape 3D printing technologies. *Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 30(2), 77–78.
- Grunwald, A. (2012): *Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Konrad, K.; van Lente, H.; Groves, C.; Selin, C. (2016): *Performing and Governing the Future in Science and Technology*. In: Felt, U.; Fouché, R.; Miller, C.; Smith-Doerr, L. (Hrsg.): *The Handbook of Science and Technology Studies*. 4. Aufl., Cambridge: MIT Press, S. 465–493.
- Lösch, A. (2022): *Vision Assessment sozioepistemischer Praktiken: Theoretische Positionierung und Plausibilisierung des TA-Ansatzes*. In: Frey, P.; Dobroć, P.; Hausstein, A.; Heil, R. Lösch, A.; Roßmann, M.; Schneider, C. (Hrsg.): *Vision Assessment: Theoretische Reflexionen zur Erforschung soziotechnischer Zukünfte*. Karlsruhe KIT Scientific Publishing: S. 51–84.
- Lösch, A. (2014): *Die diskursive Konstruktion einer Technowissenschaft. Wissenssoziologische Analytik am Beispiel der Nanotechnologie*. Baden-Baden: Nomos.
- Lösch, A.; Grunwald, A.; Meister, M.; Schulz-Schaeffer, I. (Hrsg.) (2019). *Socio-Technical Futures Shaping the Present: Empirical Examples and Analytical Challenges*. Wiesbaden: Springer VS. DOI: 10.1007/978-3-658-27155-8
- Lösch, A.; Roßmann, M.; Schneider, C. (2021): *Vision Assessment als sozio-epistemische Praxis*. In: Bösch, S. et al. (Hrsg.) *Technikfolgenabschätzung*. Baden-Baden: Nomos: 337–351. doi:10.5771/9783748901990-337
- Owen, R; Macnaghten, P; Stilgoe, J. (2012): *Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society*. In: *Science and Public Policy* 39, H. 6, S. 751–760, doi.org/10.1093/scipol/scs093
- Roßmann, M.; Schneider, C.; Leshkovych, M.; Lösch, A. (2021): *Sociotechnical Visions of 3D Printing – from Visions to Sociotechnical Scenarios: 2nd Report of the Vision Assessment Study in the Cluster of Excellence 3D Matter Made to Order*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). doi:10.5445/IR/1000140561
- Roßmann, Maximilian / Lösch, Christine (2019): *Key-narratives of microalgae nutrition: Exploring futures with a public policy Delphi in Germany*. In: *Science and Public Policy* 47, H. 1, S. 137–147.
- Schneider, C. (2018): *Opening digital fabrication: transforming TechKnowledgies*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. DOI: 10.5445/KSP/1000083485
- Schneider, C.; Dobroć, P. (2022): *Szenarien des digitalen Wirtschaftens für den ländlichen Raum*. In: *Zugluft: öffentliche Wissenschaft in Forschung, Lehre und Gesellschaft*, 2 (3), 108–111.
- Schneider, C.; Roßmann, M.; Lösch, A.; Grunwald, A. (2021): *Transformative Vision Assessment and 3D Printing Futures: A New Approach of Technology Assessment to Address Grand Societal Challenges*. In: *IEEE transactions on engineering management*. doi:10.1109/TEM.2021.3129834

- Schneider, C.; Roßmann, M.; Lösch, A. (2020): Sociotechnical Visions of 3D Printing – After the First Hype? Report of the Vision Assessment Study in the Cluster of Excellence 3D Matter Made to Order. Karlsruhe: KIT Scientific Working Papers. DOI: 10.5445/IR/1000117984/v2
- Schrape, J.-F. (2016): Big Data: Informatisierung der Gesellschaft 4.0. Berliner Debatte Initial 27(4), 12–21.
- Vision Assessment des skalierbaren 3D Drucks (2019–2022): [ww.itas.kit.edu/projekte\\_loes19\\_va3d.php](http://ww.itas.kit.edu/projekte_loes19_va3d.php), 28.07.2023
- Withycombe Keeler, L.; Bernstein, M.; Selin, C. (2019): Intervening Through Futures for Sustainable Presents: Scenarios, Sustainability, and Responsible Research and Innovation. In: Lösch, A.; Grunwald, A.; Meister, M.; Schulz-Schaeffer, I. (Hrsg.). *Socio-Technical Futures Shaping the Present: Empirical Examples and Analytical Challenges*. Wiesbaden: Springer VS: S. 255–282. DOI: 10.1007/978-3-658-27155-8

