

SZENARIEN MIT SOZIOKULTURELLEM ANSATZ ALS IMPULSGEBER FÜR DIE ZUKUNFT DER LUFTFAHRT

S. Ollenburg, Hochschule für Bildende Künste Braunschweig,
Institut für Designforschung, Deutschland

Zusammenfassung

In der Luftfahrt sind Zukunftsszenarien, die sich mit den Lebensstilen der Reisenden der Zukunft beschäftigen, eher selten. Das Projekt ScenAIR2050 des Exzellenzclusters SE²A stellt mit einem Ansatz, der Design und Zukunftsforschung verbindet, Szenarien vor, die soziokulturelle Faktoren und damit gesellschaftliche Veränderungen in den Mittelpunkt stellen, um deren Auswirkungen auf das Luftverkehrssystem aufzuzeigen. Mit diesen qualitativen Szenarien sollen Impulse für die Technikentwicklung jenseits der üblichen Pfadabhängigkeiten abgeleitet werden. In der interdisziplinären Arbeit mit den Szenarien wird der Umgang mit Störungen genutzt, um plausible Möglichkeiten für ein energieeffizientes und nachhaltiges Luftverkehrssystem außerhalb der Entwicklungstrends aufzuzeigen.

Keywords

Zukunftsszenarien, Zukunftsforschung, Luftverkehrssystem, Research through Design, Technikfolgenabschätzung, Energieeffizienz, Nachhaltigkeit

1. EINLEITUNG

Die Luftfahrt ist in einer globalisierten Welt im transkontinentalen Personen- und Gütertransport kaum zu ersetzen und hat eine entsprechende ökonomische Bedeutung. Sie ist eingebettet in das Luftverkehrssystem, dessen Kern die Luftfahrtindustrie bildet. Sie stellt den Ausgangspunkt für das operative Geschäft von Luftfahrzeugherstellern, Fluggesellschaften, Flughafenbetreibern sowie Flugsicherungsdiensten dar [1, S. 2]. Im Hinblick auf den beschleunigten Klimawandel durch erhöhte CO₂-Emissionen wird die Luftfahrt als einer der Hauptverursacher angesehen: der Luftverkehr erzeugt 13,9 % der Emissionen des Transportsektors. Würde der Luftverkehr als eigenständiges Land betrachtet, wäre er laut einer EU-Studie aus dem Jahr 2021 unter den zehn größten Emittenten (vgl. [2]).

Bereits in 2011 hat die Europäische Kommission mit „Flightpath 2050“ [3] Ziele für ein nachhaltiges Flugverkehrssystem gesetzt, die für eine auf Nachhaltigkeit und Energieeffizienz bedachte Luft- und Raumfahrtforschung zukunftsweisend sind. Optimierungen im Luftfahrtsektor hin zu einer umweltfreundlicheren Luftfahrttechnik erfordern aufgrund langfristiger Produktentwicklungsprozesse und zunehmender dynamischer Verhaltens- und Nutzungsanforderungen ein fundiertes Wissen über zukünftige Einsatzbedingungen [4]. Viele Zukunftsszenarien für die Luftfahrt konzentrieren sich jedoch vor allem auf technologische und ökonomische Entwicklungen und Trends.

Um die notwendigen Lösungen zu entwickeln, wird in unterschiedlichen Forschungskonstellationen, die aus interdisziplinären Teams bestehen, vor allem nach technologischen Lösungen gestrebt. Ein Beispiel ist das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Exzellenzcluster SE²A – Sustainable Energy-Efficient Aviation [5]. Mit entsprechender Grundlagenforschung arbeiten die Wissenschaftler*innen im Forschungsbereich Luftfahrttech-

nik an der Entwicklung von Luftfahrzeugantrieben, Flugzeugentwürfen, Energieträgern sowie nachhaltig erzeugten Treibstoffen wie grünem Wasserstoff oder synthetischen Flugkraftstoffen (SAF), um den Ausstoß klimaschädlicher Stoffe zu reduzieren. Darüber hinaus wird untersucht, wie Verbundwerkstoffe, Brennstoffzellen und Aerodynamik optimiert werden können.

Als Teil des Exzellenzclusters SE²A entwickelt das Projekt „ScenAIR2050“ am Institut für Designforschung der HBK Braunschweig Szenarien für das Luftverkehrssystem (LVS) im Jahr 2050. Als Wissenschaftler*innen aus Design- und Zukunftsforschung werden neben technologischen, ökonomischen, ökologischen und politischen Entwicklungen insbesondere die zukünftigen Nutzer*innen und die Entwicklung ihrer Lebensstile untersucht. Aus dieser Perspektive heraus liegt der Fokus der Forschungsarbeit weniger auf technologischer Optimierung, sondern stärker auf gesellschaftlichen Veränderungsprozessen und deren Auswirkungen auf den Bereich der Luftfahrt [6], [7], [8].

Im vorliegenden Beitrag wird die im Projekt ScenAIR2050 angewandte qualitative explorative Szenariomethode [9], [10] und die daraus resultierenden Ergebnisse diskutiert. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird der Frage nachgegangen, wie Menschen in Zukunft reisen werden und welche Bedeutung dabei dem Luftverkehrssystem zukommt. Dabei werden gesellschaftliche Transformationsprozesse aufgezeigt, die in der heutigen Technikentwicklung seltener adressiert werden. Soziokulturelle Faktoren sind von zentraler Bedeutung und sollen im Szenarioprozess mit technologischen Entwicklungen, den Forschungsergebnissen des Exzellenzclusters und der Luftfahrtindustrie zusammengeführt werden.

Der Projektrahmen bildet die qualitative Szenariomentwicklung und basiert auf einem Prozessmodell, dem „Futures-Design-Process-Model“ (F-D-P-M), das Forschung durch Design (RtD) und Zukunftsforschung verbindet und sozial-

wissenschaftliche, partizipative und kreative Methoden integriert [7], [11], [12]. Der Forschungsprozess von ScenAIR2050 kann in Anlehnung an die Technikfolgenabschätzung verstanden werden, die den Zusammenhang zwischen gesellschaftlichen Positionen und technologischen Innovationen untersucht und sich mit soziotechnischen Zukünften beschäftigt [13], [14].

Hierbei wird die These vertreten, dass die Berücksichtigung gesellschaftlicher Veränderungen bereits bei der Entwicklung von Technologien von hoher Relevanz ist. Denn soziokulturelle Faktoren wie Bildungsstand, Einkommen und politische Einstellungen haben einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf Lebensstile und sind u.a. entscheidend für die Akzeptanz neuer Technologien in der Gesellschaft. Bereits in der Grundlagenforschung werden die Weichen für Innovationen gestellt. Aus diesem Grund ist es erforderlich, bereits hier langfristige Auswirkungen und gesellschaftliche Veränderungen zu untersuchen. Antizipierte Folgen können als Entscheidungshilfe für weitere Forschungsvorhaben, Politik und Gesetzgebung dienen. Im Sinne einer Technikfolgenabschätzung versteht sich ScenAIR2050 durch den Einsatz von Zukunftsforschung und Designmethoden als Beitrag zu einem Technikverständnis, das Technologien als Werkzeuge zur Anpassung an Dynamiken begreift [13], [15].

Der vorliegende Artikel gibt in Kapitel 2 zunächst einen Überblick über den Rahmen des Projekts ScenAIR2050, um in Kapitel 3 den theoretischen Hintergrund und das Forschungsdesign zu beschreiben. Im Anschluss werden in Kapitel 4 die durchgeführte Arbeit sowie die erzielten Ergebnisse präsentiert. Die Relevanz dieser Ergebnisse wird im abschließenden Kapitel 5 diskutiert und zeigt mögliche weitere Forschungsfragen auf.

2. FORSCHUNGSANSATZ FÜR ZUKÜNFT AUS SOZIOKULTURELLER PERSPEKTIVE

Als Teil des Exzellenzclusters für nachhaltige und energieeffiziente Luftfahrt „SE2A“ (sustainable and energy-efficient Aviation) ist das Projekt ScenAIR2050 Teil des integrierten Clusterbereichs (ICA) ICA A, der sich auf die „Bewertung des Lufttransportsystems“ konzentriert. In der Clusterstruktur gibt es noch ICA B mit dem Fokus „Flugphysik und Fahrzeugsysteme“ und ICA C mit dem Forschungsschwerpunkt „Energiespeicherung und -wandlung“. Der interdisziplinäre Forschungsverbund besteht überwiegend aus Projekten zur Grundlagenforschung, die eine Technologieentwicklung mit der Einstufung „Technology Readiness Level“ (TRL) 2-3 unterstützen. Ziel ist es, ein nachhaltiges und umweltfreundliches Luftverkehrssystem (LVS) voranzutreiben und zu etablieren. Daher stehen technische und ökonomische Optimierungsfragen im Mittelpunkt der Forschung, wobei vor allem quantitative Forschungsmethoden zum Einsatz kommen.

Die im Rahmen des ICA A im Projekt ScenAIR2050 entwickelten Zukunftsszenarien für ein LVS im Jahr 2050 legen den Schwerpunkt auf sozioökonomische und kulturelle Faktoren. Es verfolgt den Ansatz, dass Technologieentwicklung auch soziologische Veränderungen in komplexen Systemen berücksichtigen muss. Das LVS als Forschungsgegenstand wird in diesem Zusammenhang als komplex verstanden, da es folgende Merkmale aufweist: Unüber-

schaubarkeit der Anzahl der Systemelemente; hohe Diversität bzw. Unterschiedlichkeit der Elemente; hoher Interaktionsgrad der Vernetzung; hohe Dynamik der Interaktionen und damit ein hoher Grad an Veränderlichkeit, der mit dem Auftreten von Emergenzen verbunden ist [16, S. 13ff].

Die Entwicklung basiert auf einer Szenariotechnik aus der angewandten Zukunftsforschung, die sowohl quantitative als auch qualitative Daten als Grundlage verwendet. Zur Ermittlung von Anliegen zukünftiger Nutzer*innen werden im Projekt Methoden aus der Designforschung miteinbezogen. Ein Bestandteil der Forschung im ScenAIR2050 sind Beschreibungen zukünftiger Nutzer*innen des LVS, deren Lebensstile, Haltung sowie die Akzeptanz von neuartigen Technologien des LVS.

Die zentralen Forschungsfragen im Projekt ScenAIR2050 basieren auf der übergreifenden Fragen, welche Szenarien sind für die Entwicklung eines nachhaltigen und energieeffizienten Flugverkehrsmanagementsystems bis 2050 plausibel?

- In welcher Form wird sich das Reisen der Menschen in Zukunft verändern und gestalten?
- Welche Personengruppen werden primär die zukünftigen Passagiere sein?
- Welche Möglichkeiten bieten qualitative Zukunftsszenarien, um bereits heute die Akzeptanz technologischer Entwicklungen im Bereich LVS bei zukünftigen Stakeholdern abzuschätzen?

3. FORSCHUNG DURCH DESIGN ALS WISSENSCHAFTSPROZESS FÜR ZUKUNFTSSZENARIEN

Das Forschungsdesign im Projekt ScenAIR2050 (Abb.1) basiert auf Forschung durch Design bzw. „Research through Design“ (RtD) mittels des generischen Designprozesses nach Jonas als APS-Modell mit den Phasen Analyse, Projektion und Synthese [17], [18], [19]. Darauf basierend erweitert das „Futures-Design-Process-Models“ (F-D-P-M) [12] das APS-Modell in dem das Konzept der Zukunftsforschung von wahrscheinlichen, möglichen, wünschenswerten und plausiblen Zukünften [20], [21] eingebunden wird. Das F-D-P-M bietet den theoretischen Rahmen für eine systematische und nachvollziehbare Untersuchung, um in den jeweiligen Phasen nutzerzentrierte, explorative wie auch normative Zukunftsszenarien zu generieren. Die Verknüpfung von Design- und Zukunftsforschung wird genutzt, „[um] die aus der Zukunftsforschung abgeleiteten Konzepte und Methoden systematisch einzu beziehen, das inspirierende Momentum des Designs zu nutzen und den wissenschaftlichen Standards der Reproduzierbarkeit und Transparenz gerecht zu werden“ [12, S. 52]. Im Projekt ScenAIR2050 werden auf dieser Grundlage unterschiedliche Arten von Szenarien entwickelt [20], [22].

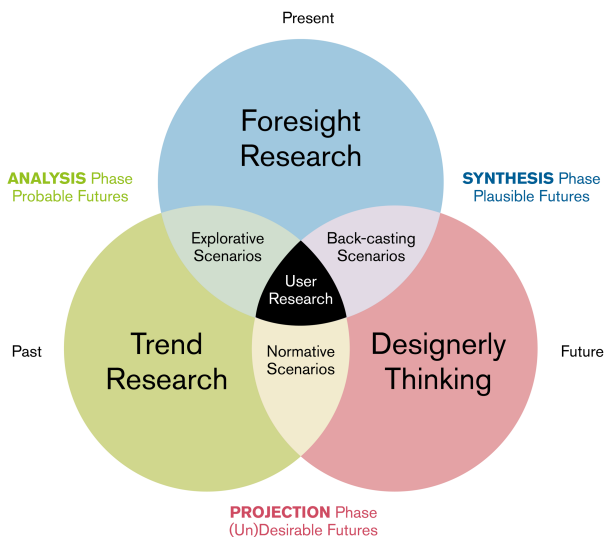


Abbildung 1 Grundlage des Forschungsdesigns basierend auf dem Futures Design Process Model (Ollenburg 2016/2019) und Research through Design (Jonas 2007) - Darstellung Land/Ollenburg

Der Forschungsprozess bezieht die Perspektiven der Projektpartner innerhalb und außerhalb des Exzellenzclusters ein und beinhaltet daher Schnittstellen für den Wissensaustausch über Umfragen und in Workshops. Beispielsweise wurden in qualitativen Befragungsstudien die Zukunftsvorstellungen und die Einschätzung der Forschungsrelevanz der Projektergebnisse abgefragt. Im Rahmen von Workshops wurde die Expertise der Forschungspartner zu zukünftigen Entwicklungen eingeholt. Mit Hilfe dieser partizipativen Methoden wird einerseits der inter- und transdisziplinäre Austausch forciert und andererseits vorhandenes Wissen sowie Annahmen über zukünftige Herausforderungen innerhalb des Forschungsclusters aufgedeckt.

3.1. Forschung durch Design von Zukünften

Forschung durch Design (RtD) ist die Struktur für den Prozess in der Designforschung, um darüber Wissen aus der Gegenwart für Zukunft mittels Gestaltungs- und Kreativmethoden zu generieren [19], [23], [24]. Dabei werden Artefakte gestaltet, die materiell aber auch konzeptionelle sein können [25]. Die Inter- und Transdisziplinarität sind Voraussetzung im Prozess, da Methoden aus Design, Kunst, Sozialwissenschaft und anderen Wissenschaften genutzt werden, um zum einen empirisch, aber auch generativ zu arbeiten. Damit wird im RtD Wissen kognitiv, aber auch intuitiv erarbeitet:

„[...] but about conceiving the design process as a unique epistemological and methodological medium / device for knowledge generation, different from other disciplines' instruments.“ [17, S. 36].

Im Projekt ScenAIR2050 erlaubt das Forschungsdesign mit F-D-P-M divergierende Entwicklungspfade und Zukünfte zu berücksichtigen. Dabei kommt es zu einer Diskrepanz zwischen dem Gewünschten und dem Erwarteten und Ergebnisse können gewollte Inkonsistenzen aufweisen (vgl. [23]). Damit wird die Möglichkeit eröffnet, kritische Fragestellungen zu erörtern. Denn die Struktur des F-D-P-M begünstigt die Multiplizität von Möglichkeitsräumen und damit die Untersuchung multipler Zukünfte. In der Analysephase stehen

wahrscheinliche und mögliche Zukünfte und damit Zukunftserwartungen im Mittelpunkt. In der Projektionsphase werden wünschbare und nicht wünschbare Zukünfte einbezogen, um normative Zukunftsvorstellungen von Hoffnungen und Befürchtungen aufzudecken. In der Synthesephase werden auf der Grundlage der Analyse- und Projektionsphase plausible Zukünfte entwickelt. Es handelt sich um denkbare Zukünfte, die mögliche Entwicklungspfade des Systems aufzeigen und für unterschiedliche Akteure wünschenswert sein können [12], [26] [12].

Über die Forschungsstruktur werden Zukünfte klar voneinander abgegrenzt und differenziert dargestellt. Dadurch werden jeweils die Herausforderungen und Chancen für die Zukunft deutlich. Dies geschieht in ähnlicher Weise auch in der Technikfolgenabschätzung (TA), die als Teil einer kritischen Zukunftsforschung verstanden werden kann [27]. Mit den Ansätzen der TA wird das Spannungsfeld zwischen Technik und gesellschaftlichen Entwicklungen wissenschaftlich reflektiert und bewertet. TA generiert Orientierungs- und Handlungswissen für Akteure aus Wirtschaft und Politik [13], [14], [27].

Im Projekt ScenAIR2050 wird zwar auf Methoden der TA zurückgegriffen, wie z.B. die Anwendung von qualitativen Zukunftsszenarien, jedoch ist das Projekt nicht auf Politikberatung ausgerichtet, sondern dient der Generierung von Orientierungswissen für das Exzellenzcluster.

3.2. Explorative Szenarien als Methode der Zukunftsforschung

In der Zukunftsforschung sind explorative Zukunftsszenarien eine qualitative Methode, um mögliche, wahrscheinliche und plausible Entwicklungen in einem Zeithorizont ab 10 Jahren zu einem Thema bzw. einem definierten Bereich zu ermitteln. Die Fragen von explorativen Szenarien richten sich nach dem „Was kann sein?“ [28]. Sie modellieren mögliche Entwicklungen innerhalb des komplexen Systems über eine STEEP-Analyse (Social, Technological, Economic, Ecological, Political) und damit die Korrelationen zwischen sozialen, technologischen, wirtschaftlichen, ökologischen und politischen Faktoren.

Auf Grundlage umfangreicher Literaturrecherchen und Trendbewertungen wie auch unter Einbeziehung von Expertenwissen, werden die STEEP-Faktoren ermittelt. Über Impact/Uncertainty Befragungen sind und evaluiert Ergebnisse und die Schlüsselfaktoren des Systems kondensiert und definiert. Als treibende Faktoren eines komplexen Systems stellen sie Indikatoren dar. Sie sind oftmals Entwicklung sehr volatil und unsicher sind, aber als Triebkräfte des Wandels von entscheidender Bedeutung sind. Jeder Schlüsselfaktor weist unterschiedliche Entwicklungsoptionen im RtD Projektionen bezeichnet, und ist mit hoher Unsicherheit behaftet [20], [29], [30], [31]. Explorative Szenarien dienen durch die Einbeziehung differenzierter Prognosen häufig als Entscheidungshilfe, können aber auch zum Umdenken anregen, um mögliche unerwünschte Folgen zu vermeiden. Szenarien werden daher sowohl im Innovationsmanagement wie auch in der TA zur Technologieentwicklung, zur strategischen Planung wie auch zur Entscheidungsfindung eingesetzt [20], [32].

„... scenario methods offer a pragmatic way to limit the uncertainties, and to work them up methodically, in order to

derive recommendations for action which are comprehensible, plausible and systematic.“ [33, S. 69]

4. ENTWICKLUNG VON ZUKUNFTSSZENARIEN MIT FOKUS AUF SOZIOKULTURELLE FAKTOREN

Bei der Entwicklung der Szenarien für das LVS im Jahr 2050 und bei der Untersuchung, Verdichtung und Evaluierung der Schlüsselfaktoren zeigt sich, dass die ganzheitliche Betrachtung über eine STEEP+L-Analyse dazu beiträgt, die Nachvollziehbarkeit und Wissenschaftlichkeit der Ergebnisse zu unterstützen. Denn, wie zu erwarten, sind Faktoren wie Ressourcenverfügbarkeit, Erkenntnisse in der Aerodynamik, Fortschritte in der Energieerzeugung und -speicherung treibende Kräfte. Andererseits haben Recherche und Umfragen gezeigt, dass politische Entscheidungen und wirtschaftliche Konstellationen einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung eines energieeffizienten Luftverkehrs nehmen können. So können politische Machtgefälle und unterschiedliche Besteuerungsmodelle innerhalb Europas den Luftverkehr und die Forschung in Richtung Nachhaltigkeit durch mangelnde Ressourcen und Wirtschaftskraft bremsen. Die kann zu einer sich vertiefenden Arm-Reich-Schere und sinkender Kaufkraft einhergehen. Die Auswirkungen können steigende Flugpreise sein. Diese entstehen aber auch, wenn sich die Betriebskosten durch Wasserstoffantrieben in Flugzeugen erhöhen. Die hohen Flugpreise können die Hürde für einkommensschwache Gesellschaftsschichten sein und Flugreisen zu einem Luxusgut unerschwinglichen und damit unattraktiv Reiseoption machen. Langfristig kann dies Einfluss darauf haben, welche Technologien aus wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Sicht noch rentabel sind.

Dies sind Beispiele wie wirtschaftspolitische Entscheidungen technologische und gesellschaftliche Entwicklungen beeinflussen. Um die Wechselwirkungen zwischen Technologie und gesellschaftlichem Gefüge sowie den Einfluss von Lebenssituationen und -stilen in der Gegenwart für zukünftige Nutzer*innen des LVS zu untersuchen, bedarf es dieser ganzheitlichen Betrachtung des komplexen Systems.

Im Laufe der Forschungsarbeit wurden mittels STEEP-Analyse zunächst über 90 Faktoren identifiziert, die gemeinsam mit den Projektpartnern und Experten durch Befragungen und Workshops auf 25 Faktoren reduziert werden konnten. Über einen asynchronen Impact/Uncertainty-Analyse-Prozess (vgl. [22, S. 48]) wurden durch zwei Befragungen letztlich 15 Schlüsselfaktoren identifiziert. Die festgelegten Schlüsselfaktoren haben jeweils einen hohen Impact auf die Entwicklung eines zukünftigen LVS und weisen jeweils eine geringe eindeutige Prognostizierbarkeit auf. Denn für jeden Schlüsselfaktor gibt es divergierende Entwicklungsmöglichkeiten, die in der Zukunftsforschung als Projektionen beschrieben werden.

Um die Projektionen hinsichtlich ihrer gleichzeitigen Eintrittswahrscheinlichkeit zu überprüfen, wird zur Berechnung explorativer Szenarien eine Konsistenzanalyse durchgeführt. Dabei werden die Projektionen jedes Schlüsselfaktors zueinander in Beziehung gesetzt und ihre gleichzeitige Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet, um nur plausible Kombinationen der Schlüsselfaktorprojektionen innerhalb eines Szenarios zu erhalten [34]. In ScenAIR2050 wurden für die

softwaregestützte Berechnung der Zukunftsszenarien die soziokulturellen Schlüsselfaktoren wie gesellschaftspolitische Dynamiken, Mobilitätsverhalten sowie gesellschaftliche Wertvorstellungen und Bildungsniveau als dominant definiert. Damit wird der gesellschaftliche Wandel in ein Spannungsverhältnis zum Forschungsgegenstand LVS gesetzt, um mögliche Hemmnisse und blinde Flecken aus Sicht der Technikentwicklung zu identifizieren.

4.1. Vier explorative Szenarien für ein Luftverkehrssystem im Jahr 2050 in Europa

Die im Projekt ScenAIR2050 resultierenden vier explorativen Szenarien erzählen die Entwicklungsgeschichte von grundlegenden Bedürfnissen, Motivationen bis hin zu konkreten Handlungen und Interaktionen. Sie können als Testfeld für Technologien und Inspiration genutzt werden. Die Szenarien werfen Fragen auf, die bislang nur am Rande berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise die Auswirkungen von Klimakatastrophen und Klimawandel auf Reisegewohnheiten; die zukünftige Erschwinglichkeit von Fernreisen für Haushalte mit niedrigem, aber auch mittlerem Einkommen; der Einfluss ideologischer Überzeugungen auf das Luftverkehrssystem; sowie die Beurteilung von Flugreisen als Teil einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Transportinfrastruktur.

Die folgenden vier Kurzfassung der Zukunftsszenarien für das LVS im Jahr 2050 sind das Resultat des beschriebenen Prozesses. Auf einer Matrix mit den Dimensionen *Sozialwirtschaftliche Entwicklung* im Spannungsfeld zu *Primat des Luftverkehrs*, besetzt jedes Szenario ein Feld. Diese sind jeweils unter dem Titel des Szenarios mit deren Dimension beschrieben.



Abbildung 2 Explorative Szenarien für das Luftverkehrssystem (ATS) im Jahr 2050 als Dynamiken zwischen gesellschaftlichen Veränderungen und dem LVS (eigene Darstellung)

Szenario 1: Ideologische Spaltung ignoriert Klimakrise:
Dimension Sozialwirtschaftliche Entwicklung: Fragmentierung; abnehmende soziale Gleichheit; für wenige erschwinglich, steht im Spannungsfeld mit *Dimension des Luftverkehrsprimats:* Profit und Effizienz

In einer Zeit, in der der Individualismus vorherrscht, steht die persönliche Freiheit im Vordergrund und das Verständnis von Wahrheit ist stark subjektiv geprägt. Unterschiedliche und oft widersprüchliche Überzeugungen untergraben ein gemeinsames wissenschaftliches Verständnis und schüren ideologische Spaltungen. Qualitativ hochwertige Bildung ist nur für Wohlhabende erschwinglich, was zu einem Mangel an Arbeitskräften und einer Polarisierung der Gesellschaft führt. Die Kluft zwischen Arm und Reich hat sich vergrößert. Abgesehen von der wirtschaftlichen und ideologischen Fragmentierung legen die Menschen Wert

auf persönlichen Komfort, was zu einer erhöhten Nachfrage nach maßgeschneiderten Reisemöglichkeiten führt, während erschwingliche Flugreisen rar sind. Die Technologien in der Luftfahrt sind veraltet, da Gewinn vor Investition geht. So ist Kerosin nach wie vor der Treibstoff des Luftverkehrs. Dezentrale und luxuriöse Flughäfen sind weit außerhalb der Städte entstanden.

Szenario 2: Nachhaltiges Fliegen in einer unausgewogenen Gesellschaft: *Dimension Sozialwirtschaftliche Entwicklung:* Fragmentierung; abnehmende soziale Gleichheit; für wenige erschwinglich, steht im Spannungsfeld mit *Dimension des Luftverkehrsprimats:* Nachhaltig und energieeffizient.

Die Erkenntnis, dass die Gefahr einer Klimakatastrophe real ist, hat sich in dieser individualistisch geprägten Gesellschaft durchgesetzt. Die Menschen leben mit dem Bewusstsein, etwas für die Umwelt tun zu können. Trotzdem sind die Ressourcen in Europa knapp und die Wirtschaftskraft sinkt. In der Folge wächst die Kluft zwischen Arm und Reich. Soziale Ungleichheit und Individualismus schüren Unzufriedenheit und Proteste. Reisen ist für viele Menschen kaum erschwinglich. Lange Strecken werden zwar nur noch selten zurückgelegt, aber dies geschieht eher chaotisch und zum Teil ungewollt. Stattdessen sind neue Formen des Reisens entstanden. Da Kurzstrecken gefragt sind, haben sich in der Luftfahrt batteriebetriebene Kleinflugzeuge durchgesetzt. Die Flughäfen liegen trotzdem außerhalb der Städte, mit dem Ziel, sie zu entlasten.

Szenario 3: Zersplitterte Himmel, geteilt durch Ideologie: *Dimension Sozialwirtschaftliche Entwicklung:* Auf dem Weg zum Gleichgewicht; zunehmende soziale Gleichheit; bezahlbar für viele, steht im Spannungsfeld mit *Dimension des Luftverkehrsprimats:* Profit und Effizienz.

Aufgrund ideologischer Differenzen ist die Gesellschaft in verschiedene Interessengruppen gespalten, die ihren eigenen Überzeugungen treu bleiben aber weltweit Kontakte zu Gleichgesinnten pflegen. Profit steht an erster Stelle und Nachhaltigkeit hat nur wenige Befürworter. Europa ist reich an Ressourcen und den Menschen geht es wirtschaftlich gut. Trotz zunehmender sozialer Gleichheit hält ein elitärer Bildungstrend an, der wenigen Privilegien einräumt. Die Klimakatastrophe ist spürbar, denn fast täglich gibt es in Europa Wetterkatastrophen. Trotzdem wird sie ignoriert. Das führt zu Planungsengpässen im Luftverkehr und damit zu Unberechenbarkeit von Flugreisen. Die Fluggesellschaften versuchen mit günstigen Flugmöglichkeiten dagegen anzusteuern. Flughäfen sind in die städtische Infrastruktur integriert und bieten ein nahtloses Reiseerlebnis. Da der Profit im Vordergrund steht, werden kaum Investitionen getätigt und auf bewährte Technologien gesetzt. Im Luftverkehr ist daher neben Kerosin das SAF als Ersatztreibstoff nutzbar.

Szenario 4: Wohlstand in Europa vereinigt dem Horizont: *Dimension Sozialwirtschaftliche Entwicklung:* Auf dem Weg zum Gleichgewicht; zunehmende soziale Gleichheit; bezahlbar für viele, steht im Spannungsfeld mit *Dimension des Luftverkehrsprimats:* Nachhaltig und energieeffizient

Das europäische System basiert auf einer gemeinschaftsorientierten Ideologie, die kollektive Bedürfnisse in den Vordergrund stellt und ethische Werte, einschließlich der Ver-

pflichtung zur Nachhaltigkeit, fördert. Die erfolgreiche Umsetzung von 15-Minuten-Städten verbessert die Lebensqualität, da kurze Wege bewusst geplant und bevorzugt werden. Bildung ist kostenlos und für alle zugänglich. Soziale Gleichheit basiert auch auf wirtschaftlicher Stabilität, die die Kluft zwischen Arm und Reich verringert. Die Gemeinschaft der EU beruht auf einer starken Demokratie. Die Staatengemeinschaft hat die kulturellen Unterschiede genutzt und in Europa ein intermodales Verkehrsnetz aufgebaut. Dazu gehört auch der Luftverkehr, über den die EU die Hoheit hat. Damit verbunden sind strenge Emissionsvorschriften, die ein effizientes Luftverkehrssystem geschaffen haben, das auf grünem Wasserstoff basiert. Durch die Optimierung des Flugverkehrs und die Vernetzung von zentralen und lokalen Flughäfen konnten Verspätungen und Umweltbelastungen reduziert werden.

4.2. Workshops zur Anreicherung der Szenarien mit technologischen und sozialen Konzepten für das Luftverkehrssystem

Zur Auswertung der Szenarien fanden im Sommer 2024 zwei Workshops mit Partnern des Exzellenzclusters statt. Im ersten nahmen insgesamt 14 Forscher*innen aus verschiedenen Disziplinen wie Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften teil. In vier Gruppen aufgeteilt, arbeiteten die Gruppen jeweils mit einem der Szenarien. Diese wurden diskutiert, visualisiert, um dann passende technologische sowie soziale Konzepte zu entwickeln, die im Szenario plausibel sind und auf heutiges Wissen basieren. In der Arbeit mit den Szenarien stellten die Teilnehmenden fest, dass die sozialen Faktoren und gesellschaftliche Veränderungen unterschätzt werden, insbesondere bei der Entwicklung von Technologien und gesellschaftlicher Akzeptanz.

Im zweiten Workshop wurde die Arbeit an den Szenarien von sieben Ingenieuren in drei Gruppen fortgesetzt. Im Rahmen der Auswertung wurde ein Backcasting durchgeführt, um relevante Ereignisse und Schritte von einer definierten Zukunft in die Gegenwart zu identifizieren. Dabei wurden die STEEP+L Kategorien (soziokulturell, wirtschaftlich, politisch, technologisch, ökologisch) als Hilfsmittel herangezogen.

In diesem Workshop erhielten die Gruppen zudem jeweils ein Störereignis bzw. Wildcard für ihr Szenario. Wildcard sind unerwartete Ereignisse mit potenziell große Auswirkungen [35], [36]. Ein Beispiel ist die COVID-19-Pandemie, die maßgeblichen Einfluss auch auf das Luftverkehrssystem hatte. In der Zeit wurden etablierte Strategien in Frage gestellt, während sie gleichzeitig neue Möglichkeiten für Mobilität und Kommunikation eröffnete [37], [38].

Bei der Auseinandersetzung mit den Wildcards musste sich jedes Gruppen mit abweichenden Entwicklungspfaden auseinandersetzen. Diese Herausforderung führte am Ende zu interessanten Lösungen. Ein Beispiel hierfür ist Szenario 3, welches einen globalen Internetblackout als Wildcard betrachtete. Die Gruppe nutzte dies als Möglichkeit zu überlegen, wie analoges Arbeiten in einem Szenario gefördert werden kann, dass hauptsächlich auf Techniklösungen gründet.

Die Arbeit mit Disruptionen in Form von Wildcards hat sich als wichtige Methode in der Zukunftsforschung erwiesen, um alternative Zukünfte in den Blick zu nehmen. Beispielsweise wird die Zukunft zeigen, welche Möglichkeiten die Entwicklung von Digitalisierung und KI für den Luftverkehr bietet. An dieser Stelle bedarf es jedoch weiterer Verfahren, um Szenarien und mögliche Auswirkungen auf den Luftverkehr zu diskutieren.

5. RELEVANZ UND AUSWIRKUNG VON SOZIALEN VERÄNDERUNGEN FÜR TECHNOLOGIEN

Die Klimakatastrophe gefährdet die Lebensräume der heutigen und zukünftigen Generationen, den heutigen Kindern und ungeborene Wesen. Bei jungen Menschen wecken die krisenhaften Zukunftsbilder Ökoangst und fördern eine pessimistische Sicht auf ihre persönliche Zukunft [39]. Diese Generation stellt jedoch auch die künftigen und potenziellen Passagiere der Luftfahrtindustrie dar, für die heute Technologie, Produkte und Geschäftsmodelle entwickelt werden.

In der Technikentwicklung betrachtet die Technikfolgenabschätzung (TA) gesellschaftliche Auswirkungen für Politikberatung, öffentliche Dialoge und Ingenieursprozesse Ingenieursprozesses [40, S. 51]. Hierbei werden u.a. Szenarien und kreative Methoden verwendet, um unterschiedliche Entwicklungsrichtungen zu beleuchten und Bürger einzubeziehen. Dennoch bleibt der Fokus auf den technologischen Aspekten und einer analytischen Herangehensweise.

In Anlehnung an die TA untersucht das ScenAIR2050 Projekt technologische Entwicklungen im Kontext gesellschaftlicher Veränderungen innerhalb des komplexen LVS als Analyse, um das zukünftige Verhalten der Passagiere abzubilden. Dabei werden technologische Fortschritte in Beziehung zu soziokulturellen Veränderungen gesetzt, um die verschiedenen plausiblen Entwicklungen von Lebensstilen, Einstellungen und Arbeitsmodellen zu erfassen.

In explorativen Zukunftsszenarien in Form von narrativen Modellen werden unterschiedlichen Entwicklungspfade dargelegt. Sie basieren auf einer STEEP+L-Analyse, bestehend aus sozialen, technologischen, wirtschaftlichen, ökologischen, politischen Faktoren sowie Lebensstilen. Die Faktoren beschreiben die Systemgrenzen und machen dessen Komplexität nachvollziehbar.

Ausgehend vom F-D-P-M wurden in einem interdisziplinären Verfahren Szenarien angereichert und neben den explorativen Szenarien Ansätze und Konzepte für normative Szenarien wünschbarer und nicht wünschbarer Zukünfte entwickelt. Wobei die vorhandenen explorativen Szenarien Plausibilitäten abbilden und teilweise Inkonsistenzen mit einem linearen Zukunftsverständnis aufweisen. Diese sind aber notwendig, um sich alternative Zukünfte zu veranschaulichen. Hier liegt die Stärke in der Verbindung von Design- und Zukunftsforschung, deren Methoden eine starke Vorstellungskraft und Phantasie für die Vielfalt der Zukünfte fördern. Der Perspektivenwechsel ist besonders relevant für innovatives Denken und Handeln, das zur Lösung von Problemen innerhalb und außerhalb der LVS auch in der Technikentwicklung notwendig ist.

Die Szenarien dienen als Diskussionsplattform innerhalb und außerhalb des SE²A Exzellenzclusters und helfen, weiterführende Forschungsfragen zu identifizieren. Wesentliche Fragestellungen sind weiterhin: Wie werden Klimakatastrophen und der Klimawandel die Reisegewohnheiten verändern? Sind Fernreisen in der Zukunft noch für Haushalte mit niedrigem und mittlerem Einkommen erschwinglich? Welchen Einfluss haben ideologische Überzeugungen auf das Luftverkehrssystem? Unter welchen Umständen sind Flugreisen eine echte Alternative und können als nachhaltigste Option gesehen werden?

Durch einen human-centered Design-Ansatz [25] und die Berücksichtigung soziokultureller Entwicklungen wird eine individuelle Ebene und deren Auswirkungen auf das System adressiert. Die Szenarien verdeutlichen, dass Veränderungen von Gewohnheiten, Einstellungen und Lebensstilen potenzieller Passagiergenerationen einen wesentlichen Bestandteil des komplexen Systems bilden, das nicht ausschließlich auf technologische Lösungen setzen kann.

Störungen in Form von Wildcards [41] verdeutlichen, dass es ungeplante Herausforderungen gibt, mit denen sich Akteure im Technologiebereich auseinandersetzen müssen. Dies stellt einen Lernprozess dar, der dazu beiträgt, die Komplexität des LVS zu begreifen und Raum für ungewöhnliche Lösungsideen zu schaffen. Ein bewusster Umgang mit Komplexität sowie antizipatorische Fähigkeiten sind erforderlich, um vom Gewohnten zu lassen und das Andere zu finden [42]. Durch das Einüben des Zulassens von Unbekanntem sowie den Aufbau einer Improvisationskompetenz [43] können systemische Fragestellungen zu Wicket Problems mit RtD [11] ungeahnte Lösungsmöglichkeiten bieten. Inwieweit Designmethoden, RtD bzw. F-D-P-M und inter- und transdisziplinäre Ansätze den Akteuren die Möglichkeit bieten, Zukünfte nicht nur zu imaginieren, sondern vielmehr einen Raum zu schaffen, in dem sie die Unsicherheiten von Zukünften erfahren und erproben können, um auch eine Vielfalt von Lösungen aus technologischen, aber auch sozialen Ansätzen zu finden, bedarf weiterer Untersuchungen.

6. LITERATUR

- [1] D. Schmitt und V. Gollnick, *Air Transport System*. Springer-Verlag, 2016. doi: 10.1007/978-3-7091-1880-1.
- [2] European Commission, „Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions“, 2021. Zugriffen: 25. August 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-12/com_2021_811_the-new-eu-urban-mobility.pdf
- [3] European Commission, „Flightpath 2050 Europe's Vision for Aviation“, 2011. doi: 10.2777/50266.
- [4] A. Stauch, „Intermezzo: Considerations on the Interdependence of Technology, Consumer Behaviour Change and Policy Interventions to Achieve Sustainable Aviation“, in *Sustainable Aviation: A Management Perspective*, J. L. Walls und A. Wittmer, Hrsg., in Management for Professionals. , Cham: Springer International Publishing, 2022. doi: 10.1007/978-3-030-90895-9.
- [5] J. Friedrichs u. a., „Accelerating the path towards carbon-free aviation“, Niedersächsisches Forschungszentrum für Luftfahrt NFL, 2023. doi: 10.24355/DBBS.084-202207041441-0.
- [6] G. Glatzel und M. Wiehle, „Szenarien verbinden“, *Entwurf. Entwick. Erleb. Produktentwicklung Des.* 2019 - 1 - 1, Bd. 1, S. 327–338, 2019.

- [7] M. Mozuni, D. Thomas, M. Wiehle, S. Rammler, und W. Jonas, „A Systemic Design Approach Towards sustainable Aviation scenarios“, Institute of Transportation Design, HBK Braunschweig, 2019.
- [8] M. Mozuni, G. Glatzel, und M. Ohlhoff, „User Research im Zukunftsorientiertem Design-Thinking: Eine Ganzheitliche Methode für das Stakeholder-Management in der Service-Optimierung“, in *Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design* 2021, Prof. Dr.-Ing. habil Ralph H. Stelzer, Prof. Dr.-Ing. Jens Krzywinski, Sep. 2021, S. 163–174. doi: 10.25368/2021.19.
- [9] L. Börjesen, M. Höjer, K.-H. Dreborg, T. Ekvall, und G. Finnveden, „Scenario types and techniques: Towards a user’s guide“, *Futures*, Bd. 38, Nr. 7, 2006.
- [10] E. Schüll, „Zur Forschungslogik explorativer und normativer Zukunftsforschung“, in *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung*, R. Popp und E. Schüll, Hrsg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, S. 223–234. doi: 10.1007/978-3-540-78564-4_16.
- [11] W. Jonas und S. Rammler, „Das Rad neu erfinden: Forschung zu zukunftsfähiger Mobilität am Institut für Transportation Design Braunschweig“, in *Zukunftsforschung im Praxistest*, R. Popp und A. Zweck, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013, S. 321–350. doi: 10.1007/978-3-531-19837-8_14.
- [12] S. Ollenburg, „A futures-design-process model for participatory futures“, *J. Futur. Stud.*, Bd. 23, Nr. 4, 2019, doi: 10.6531/JFS.201906_23(4).0006.
- [13] A. Grunwald, *Technikfolgenabschätzung: Einführung*. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 2022. doi: 10.5771/9783748928775.
- [14] A. Lösch u. a., „Technikfolgenabschätzung von soziotechnischen Zukünften“, 2016.
- [15] G. Abels und A. Bora, „Partizipative Technikfolgenabschätzung und -bewertung“, in *Konzepte und Verfahren der Technikfolgenabschätzung*, G. Simonis, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013, S. 109–128. doi: 10.1007/978-3-658-02035-4_7.
- [16] R. Scheinpflug und K. Stolzenberg, Hrsg., *Neue Komplexität in Personalarbeit und Führung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. doi: 10.1007/978-3-658-16135-4.
- [17] W. Jonas, „Research Through Design Is More than Just a New Form of Disseminating Design Outcomes“, *Constr. Found.*, Bd. 11, Nr. 1, S. 32–36, 2015, [Online]. Verfügbar unter: <https://phil-papers.org/rec/JONRTD>
- [18] W. Jonas, „Design Research and its Meaning to the Methodological Development of the Discipline“, in *Design Research Now*, R. Michel, Hrsg., DE GRUYTER, 2007, S. 187–206. doi: 10.1007/978-3-7643-8472-2_11.
- [19] W. Jonas, „Research through DESIGN through research: A cybernetic model of designing design foundations“, *Kybernetes*, Bd. 36, Nr. 9/10, S. 1362–1380, Okt. 2007, doi: 10.1108/03684920710827355.
- [20] P. Bishop, A. Hines, und T. Collins, „The current state of scenario development: an overview of techniques“, *Foresight*, Bd. 9, Nr. 1, S. 5–25, Feb. 2007, doi: 10.1108/14636680710727516.
- [21] S. Inayatullah, „Futures Studies: Theories and Methods“, *Theres Future Vis. Better World*, S. 36–66, 2013.
- [22] H. Kosow und R. Gaßner, *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien*. in Werkstattbericht Nr. 103. Berlin: IZT Berlin, 2008.
- [23] C. Mareis, *Design als Wissenskultur: Interferenzen zwischen Design- und Wissensdiskursen seit 1960*. in Studien zur visuellen Kultur (Bielefeld, Germany), no. Bd. 16. Bielefeld: Transcript, 2011.
- [24] A. Findeli, D. Brouillet, S. Martin, C. Moineau, und R. Tarrago, „Research Through Design and Transdisciplinarity: A Tentative Contribution to the Methodology of Design Research“, in „*Focused*“: *current design research projects and methods: Swiss Design Network Symposium 2008*, Genf: Swiss Design Network Genève, 2008. [Online]. Verfügbar unter: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00995468>
- [25] K. Krippendorff, *Die semantische Wende: eine neue Grundlage für Design*. in Schriften zur Gestaltung. Basel: Birkhäuser, 2013.
- [26] R. Kreibich, „Zukunftsforschung für Gesellschaft und Wirtschaft“, in *Zukunftsforschung im Praxistest*, R. Popp und A. Zweck, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013, S. 353–383. doi: 10.1007/978-3-531-19837-8_15.
- [27] K. Cuhls, „Methoden der prospektiven Technologiebetrachtung / Technikvorausschau“, in *Technikfolgenabschätzung: Handbuch für Wissenschaft und Praxis*, 1. Auflage., A. Grunwald, S. Bösch, B.-J. Krings, und C. Rösch, Hrsg., in Nomos Handbuch., Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 2021. doi: 10.5771/9783748901990.
- [28] K. Steinmüller, „Modalitäten“, in *Standards und Gütekriterien der Zukunftsforschung: Ein Handbuch für Wissenschaft und Praxis*, Bd. 4, L. Gerhold, D. Holtmannspötter, C. Neuhaus, E. Schüll, B. Schulz-Montag, und A. Zweck, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 31–39. doi: 10.1007/978-3-658-07363-3.
- [29] P. C. Bishop, „Baseline Analysis: The Epistemology of Scenario Support“, *World Futur. Rev.*, Bd. 9, Nr. 2, S. 83–92, Juni 2017, doi: 10.1177/1946756717705962.
- [30] H. Kosow und R. Gaßner, *Methods of future and scenario analysis: overview, assessment, and selection criteria*. in Studies, no. 39. Bonn: Dt. Inst. für Entwicklungspolitik, 2008.
- [31] M. Mozuni, D. Thomas, M. Wiehle, S. Rammler, und W. Jonas, „Aviation 2030-2050: A Systemic Design Approach Towards sustainable Aviation scenarios“, 2019.
- [32] A. Fink und A. Siebe, *Szenario-Management: von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen*. Frankfurt/Main: Campus Frankfurt / New York, 2016.
- [33] A. Strohmayer, „Improving Aircraft Design Robustness with Scenario Methods“, *Acta Polytech.*, Bd. 41, Nr. 4–5, Art. Nr. 4–5, Jan. 2001, doi: 10.14311/264.
- [34] H. Kosow und R. Gaßner, „Szenario-Methodik zur Begleitung strategischer F+E-Prozesse am Beispiel der Hightech-Strategie der Bundesregierung; Schlussbericht und Methodenevaluation“, 2010.
- [35] J. L. Petersen und K. Steinmüller, „WILD CARDS“, in *Futures Research Methodology V3.0 - The Millennium Project*, The Millennium Project, 2009.
- [36] BMBF und Prognos, „Wild Card Preparing for the Unexpected - workingversion“, 2021. Zugriffen: 18. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.vorausschau.de/SharedDocs/Downloads/vorausschau.de/WildCard_workingversion_EN.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [37] Statistisches Bundesamt, „Mehr Online-Meetings 2020 in 94 % der großen Unternehmen“, Statistisches Bundesamt. Zugriffen: 24. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/11/PD21_537_52911.html
- [38] A. Pávlcs, „Mitigating the Impact of COVID-19 on the Financial Performances of the Airlines“, 2021.
- [39] H. Brophy, J. Olson, und P. Paul, „Eco-anxiety in youth: An integrative literature review“, *Int. J. Ment. Health Nurs.*, Bd. 32, Nr. 3, S. 633–661, 2023, doi: 10.1111/inm.13099.
- [40] A. Grunwald, *Technology Assessment in Practice and Theory*. Abingdon, Oxon; New York, NY: Routledge Ltd., 2019. doi: <https://doi.org/10.4324/9780429442643>.
- [41] J. L. Petersen und K. Steinmüller, „WILD CARDS“, in *Futures Research Methodology*, The Millennium Project, 2009.
- [42] R. Miller, R. Poli, und P. Rossel, „The Discipline of Anticipation: Exploring Key Issues“, 2013, [Online]. Verfügbar unter: <http://www.costa22.dk/>
- [43] S. Ollenburg und M. Ciesielski, „Erspielte Zukünfte“, in *Futures Literacy. Zukunft lernen und lehren*, C. Sippl, G. Brandhofer, und E. Rauscher, Hrsg., Studienverlag, 2023. doi: 10.53349/oa.2022.a2.170.