

StrategieWerkstatt  
Industrie der ZUKUNFT.



---

## SCHLAGLICHT

**Die Zukunft der Produktion  
im Spiegel der Science Fiction**

**StrategieWerkstatt: Industrie der ZUKUNFT.**  
des Sächsischen Staatsministeriums  
für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Tel. +49 351 486797-40  
[strategiewerkstatt@smwa.sachsen.de](mailto:strategiewerkstatt@smwa.sachsen.de)  
[industrie.sachsen.de/strategiewerkstatt.html](http://industrie.sachsen.de/strategiewerkstatt.html)

in Zusammenarbeit mit



[www.phantastik.eu](http://www.phantastik.eu)

## Vorwort

„Selten haben sich in der Geschichte der kapitalistischen Industrialisierung Visionen über die zukünftige Entwicklung der Fabrik derartig gehäuft wie gerade jetzt [...]. Kaum je in einer anderen industriellen Epoche waren die Entwürfe so weitreichend und kühn, die Parolen aufwiegelnd und herausfordernd wie in der gegenwärtigen Diskussion um die Zukunft der Fabrik. Kaum je zuvor hat die Vision um Technik und Arbeitseinsatz in der Produktion so deutlich die Gestalt von Glaubensbekenntnissen angenommen.“

Was hier wie eine Beschreibung der aktuellen Auseinandersetzung um Industrie 4.0 und die damit verbundene Zukunft der industriellen Produktion wirkt, ist tatsächlich über 30 Jahre alt und stammt aus dem 1985 erschienen Buch „Fabrik 2000“ von Peter Brödner. Und obwohl im Präsens formuliert, hat die Analyse – insbesondere aus Sicht der damaligen Zeit – eine geradezu visionäre Kraft, die auch heute noch spürbar ist. Dies liegt ganz sicher auch an dem Umstand, dass nicht die Fabrik selbst und ihr (zukünftiger) Zustand beschrieben werden, sondern die Diskussion und das schon in missionarischen Eifer übergehende Ringen um sie. Nicht zuletzt bekommt vor diesem Hintergrund der Terminus „Arbeitskampf“ eine völlig neue Bedeutung als Auseinandersetzung um die Zukunft der Wertschöpfung.

Der Anspruch, die Fragen nach der Zukunft von Wertschöpfung und Arbeit zu beantworten, ist auch Thema der StrategieWerkstatt: Industrie der ZUKUNFT des Sächsischen Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. In einem umfassenden Prozess werden dabei seit Ende des Jahres 2015 in Studien und Expertenprozessen, vor allem aber in partizipativen Veranstaltungsformaten Aspekte des industriellen Wandels identifiziert und systematisiert. Im Kern geht es darum, jene Potenziale zu erfassen und mit einer Perspektive zu versehen, die in Sachsen besonders zukunftssträchtig sind, um Wertschöpfung und Beschäftigung zu sichern und auszubauen.

Komplementär zu dieser strukturierten und validierten Arbeit hat die Strategiewerkstatt in Zusammenarbeit mit der Phantastischen Bibliothek in Wetzlar den Versuch unternommen, die in der Science-Fiction-Literatur enthaltenen Szenarien und Visionen zur Zukunft der Produktion zu analysieren und so einen „Resonanzboden“ für die heutigen und heute absehbaren Entwicklungen zu bilden. Die Science Fiction als Literatur der Ideen extrapoliert und variiert heute vorhandene Techniken, Entwicklungen, Fragestellungen, Situationen in die Zukunft, wobei sie die Basis der Naturwissenschaften nicht verlässt, allerdings in der Zukunft zu erwartende Erkenntnisse bereits einrechnet. In ihren Geschichten, in denen stets der Mensch im Mittelpunkt steht, stellt sie nicht nur technische Innovationen vor, sondern zeichnet vor allem Zukunftsszenarien, in denen sie Fragen nach Akzeptanz und Risiko betrachtet und aufzeigt, welche gesellschaftlichen Veränderungen der technische Fortschritt nach sich zieht.

Auf diese Weise soll das vorliegende Schlaglicht „Die Zukunft der Produktion im Spiegel der Science Fiction“ zum Nach- und Weiterdenken der heutigen Entwicklungen anregen, ohne dabei für sich in Anspruch zu nehmen, die Zukunft vorherzusagen. Und an der ein oder anderen Stelle lässt sich nachzeichnen, wie die aus der Science Fiction stammenden Zukunftsbilder auch unsere Lebenswirklichkeit geprägt haben. Kaum je in einer anderen industriellen Epoche waren die Entwürfe so weitreichend und kühn.

## 1 Science Fiction und das Imaginieren von Zukunft

Die Science-Fiction-Literatur ist nicht nur ein Erzählgenre, das dem Leser Abenteuer in einer nahen oder fernen Zukunft als Unterhaltung vermittelt, sondern sie trägt den selbstgewählten Anspruch in sich, Zukunftswelten (als Handlungshintergründe) auch technologisch und gesellschaftlich zu beschreiben und dabei die erdachten technischen Innovationen wieder in Handlungszusammenhänge einzubinden. Dabei fasziniert die Science Fiction ihre Leser vor allem mit ihren geschilderten Innovationen sowie deren Auswirkungen auf den Menschen und sein Sozialleben. Außerdem öffnet sie durch die Radikalität ihrer Ansätze die Köpfe ihrer Leser für Neues, auch im eigenen realen Alltag. Schon von ihrem Namen her will die Science Fiction also (natur-)wissenschaftlich begründete Blicke in alternative Zukünfte werfen, und ihre Autoren werden daran gemessen, wie stark ihre Ideen wissenschaftlich fundiert oder ableitbar sind. Ohne im Detail prognostisch sein zu können, will die Science Fiction dennoch mittels der Vielfalt ihrer Ideen und Szenarien mögliche Entwicklungen extrapolieren: entweder um für sie zu werben oder um vor ihnen zu warnen.

Aus der Fülle der in der Literatur dargestellten Zukunftsszenarien sollen hier in einer gerafften Übersicht mögliche Veränderungen in der Produktion benannt werden: welche neuen Produkttypen es geben könnte und welche verschwinden werden, wie künftig Produkte (industriell) hergestellt werden, wie sich die Wertschöpfung von der Industrie in den Privatraum verlagern kann, wie und welche virtuellen Produkte auf den Markt kommen und die Grenzen zwischen Produkt und Dienstleistung verwischen. Trotz des durchgehend spekulativen Charakters der Quellen bieten die Szenarien der Science Fiction auswertbare Informationen für Technikfolgenabschätzungen sowie wertvolle Impulse für unternehmerische und politische Planungs- und Steuerungsprozesse, weil diese Szenarien exemplarisch aufzeigen, wie Menschen mit beschriebenen Innovationen umgehen: ob sie diese annehmen oder gegen sie opponieren, ob sie ihnen wirklich das Leben erleichtern, welche nicht-intendierten Nebenefekte sie haben und ob sie möglicherweise zu ganz anderen Zwecken genutzt werden, als das von ihren Erfindern geplant wurde. Und vor allem: welche Veränderungswirkung neue Technologien über den Einfluss auf den Einzelnen hinaus auf die gesamte Gesellschaft zeitigen.

## 2 Der Übergang von maschineller zur vollautomatischen Produktherstellung

Im Vergleich der menschlichen Arbeitsleistung mit der Qualität der Arbeitsweise von Maschinen sind Roboter erfahrungsgemäß präziser, schneller und ausdauernder. Sie liefern Produkte von gleichbleibender Qualität und sind mindestens in der Serienproduktion preiswerter. Sie erledigen auch schwere und unangenehme Arbeiten – und das klaglos und ohne Qualitätseinbußen aufgrund von Tagesform und Motivation. Sie kennen keine Krankheit, kein Fernbleiben vom Arbeitsplatz, keine Kündigung (auch keine innere), diskutieren keine Anweisungen und stellen keine Forderungen. Allerdings unterliegen sie einem Materialverschleiß, sie müssen gewartet werden und sie erfahren eine technologische Alterung. Ferner müssen bei Maschinen Energiekosten eingerechnet werden (während sich menschliche Arbeitskräfte auf eigene Kosten ernähren), und natürlich erfordern sie eine Anschaffungsinvestition.

Die Charakteristik der herkömmlichen industriellen Produktion lag noch in der Produktion von Großserien, bei denen alle Produkte von gleichbleibender Qualität mit vernachlässigbarer Toleranzbreite waren. Das erzeugte nicht nur Skaleneffekte, sondern erleichterte auch Kalkulation und Marketing, und der Kunde konnte darauf vertrauen, immer wieder das gleiche Produkt zu einem günstigen Preis zu erhalten. Doch sobald man keine starr eingerichteten, sondern in allen Freiheitsgraden programmierbare Maschinen einsetzt, lassen sich mit ihnen auch Kleinserien und sogar Produktunikate wirtschaftlich herstellen. Die Bedürfnisse des Kunden und seine individuellen Ansprüche an das Produkt können erfüllt werden, und dennoch müssen – verglichen mit menschlicher Handarbeit – keine Einbußen

in Qualität oder Zeitaufwand hingenommen werden. Die Produktionskosten bleiben auch ohne traditionelle Skaleneffekte gering. Der Roboter vereint also die besten Eigenschaften der alten maschinellen Welt und der menschlichen Produktion.

Unbegrenzte Computerkapazitäten hatten den Produktionskreislauf geschlossen. In primitiven Kulturen wurden Gegenstände von Hand hergestellt und keine zwei waren völlig identisch. Die industrielle Revolution hatte die Produktion standardisiert, stieß einen endlosen Strom von Produkten für die ›Konsumentenkultur‹ hervor. Und schließlich wurde es möglich, dass jedes einzelne Produkt einzeln bestellt und hergestellt wurde. Meine sämtlichen Möbel waren Einzelstücke. Nirgendwo auf dem Mond konnte sich ein anderes Sofa befinden wie diese ... diese lächerliche Monstrosität da drüben.

*John Varley: Stahl-Paradies. Bergisch-Gladbach: Bastei Lübbe, 1994. S. 57 f. [Original: Steel Beach, 1992.]*

Aufgrund knapper werdender Ressourcen steigen die Preise der Produktionsfaktoren. Es erhöht sich progressiv die Notwendigkeit und die Rentabilität, nachgefragte Bodenschätze (Erze, Öl und Gas) auch an schwer zugänglichen Orten und in gefahrgeneigten Umgebungen abzubauen. Die Tiefsee, die Arktis, aber auch andere Himmelskörper (Mond, Mars, Planetoiden...) versprechen abbaubares Gut. Intelligente Maschinen kommen dort zum Einsatz, wo Menschen aufgrund ihrer Biologie nicht arbeiten können oder aufgrund von Umgebungsgefahren nicht arbeiten sollen/dürfen. Diese Roboter können nicht nur gesuchte Elemente detektieren und aufgrund ihrer Präzision und mechanischen Belastbarkeit auch extrem schmale Flöze abbauen. Darüber hinaus sind sie in der Lage, im luftleeren Raum, unter Wasser, bei hohem Außendruck, bei hohen und tiefen Temperaturen, unter Strahlenbelastung sowie in einer Giftgasumgebung zu arbeiten. Das Schürfen des Erzes und die Verhüttung können vor Ort miteinander kombiniert werden, sodass das gesuchte Material in einer reinen Form transportiert wird und das taube Gestein gleich wieder im Abbaufeld verfüllt werden kann. Dadurch werden Transportkosten gesenkt.

Eine nicht-irdische Umgebung impliziert allerdings höhere Ansprüche an die Beanspruchbarkeit der eingesetzten Maschinen. Der Ausfall eines Baggers auf der Erde ist durch ein Ersatzgerät oder durch die Reparatur in einer nahegelegenen Werkstatt beherrschbar, während ein Erzschürfgerät, das zu einem Planetoiden transportiert oder dort erst errichtet wurde, vor Ort über lange Zeit autark, wartungsarm und vor allem störungsfrei arbeiten muss. Das Gerät sollte zweckmäßigerweise so konstruiert sein, dass es sich selbst reparieren und Verschleißteile unter Nutzung der vor Ort vorhandenen Ressourcen selbst herstellen kann.

Das Offshore-Geschäft hat sich erst gelohnt, als die OPEC den Preis in die Höhe trieb, Anfang der Siebziger. Aber seit Mitte der Achtziger fällt er wieder. Und entsprechend tief wird Nordeuropa fallen, wenn die Quellen versiegen, also müssen wir weiter draußen bohren, wo es tief ist, unter Zuhilfenahme von ROVs und AUVs.

AUV war eine weitere Abkürzung aus dem Vokabular der Tiefseeexploration und derzeit in aller Munde. Die Autonomous Underwater Vehicles funktionierten im Wesentlichen wie Victor, waren jedoch nicht mehr auf die künstliche Nabelschnur zum Mutterschiff angewiesen. Die Offshore-Industrie sah mit großem Interesse auf die Entwicklung dieser neuartigen Tauchroboter, die wie planetare Späher in die unwirtlichsten Regionen vorstießen, äußerst flexibel und beweglich waren und innerhalb eines gewissen Rahmens sogar eigene Entscheidungen treffen konnten. Mit Hilfe von AUVs rückte die Möglichkeit in greifbare Nähe, Ölförderstationen selbst in fünf- oder sechstausend Metern Tiefe zu installieren und zu überwachen

*Frank Schätzing: Der Schwarm. Köln: Kiepenheuer & Witsch, 2004. S. 75 f.*

Dabei ist allerdings als interessanter Aspekt zu vermerken, dass die Science Fiction beim Aufspüren abbaubarer Erzvorkommen auf Monden, Planetoiden und anderen Kleinhimmelskörpern der menschlichen Arbeitskraft häufig den Vorzug vor maschineller Exploration gibt. Sie schildert, wie ganze Wert-

schöpfungskreisläufe ins All verlagert werden und durch den Abbau der dort vorhandenen Rohstoffe neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Ceres, die größte [Raum-]Hafenstadt des [Kuiper-]Gürtels und der äußeren Planeten, hatte einen Durchmesser von zweihundertfünfzig Kilometern [...]. Inzwischen zählte Ceres mehr als sechs Millionen ständige Einwohner, und an jedem beliebigen Tag dockten bis zu tausend Schiffe an, was die Bevölkerung bis auf sieben Millionen erhöhte.

Platin, Eisen, Titan aus dem Gürtel. Wasser vom Saturn, [...] Helium-3 von den Raffinerien auf Rhea und Iapetus. Ein Strom von Wohlstand und Macht.

*James Corey: Leviathan erwacht. München: Heyne, 2012. S. 29f. [Original: Leviathan Wakes, 2011.]*

Häufig wird das menschliche Zweierteam mit eigenem (meist gebrauchtem) Kleinraumschiff als Unternehmer auf eigenes Risiko dargestellt, das wie einst die irdischen Digger in unbekanntenen oder wenig besuchten Regionen des Alls nach Ressourcen sucht und die Information über Ertrag versprechende Claims dann an Bergbaukonzerne verkauft. Die Arbeit dieser beschriebenen menschlichen „Prospektoren“ wird als wirtschaftlich (d.h. vom Energieaufwand her) deutlich günstiger dargestellt, als aufwändige Maschinen bereits bei der Suche einzusetzen. Allerdings wird in der Science Fiction nur selten thematisiert, dass auch die Ausbeutung von Bodenschätzen auf fernen Himmelskörpern aufgrund des Transfers der technischen Infrastruktur auf den Himmelskörper und des anschließenden Transports der gewonnenen Rohstoffe eher unwirtschaftlich sein dürfte, wenn man den dafür erforderlichen Energieeinsatz einrechnet.<sup>1</sup> Erst in jüngster Zeit sind Romane erschienen, die das Problem der großen Entfernungen berücksichtigen und das Thema Ressourcengewinnung deshalb auf unser Sonnensystem beschränken (beispielhaft: Ben Bova: „The Asteroid Wars“, Trilogie 2001–2004; James Corey: „The Expanse“, Roman- und TV-Serie, 2011–2016; Alastair Reynolds: „Blue Remembered Earth“, 2012).

Die Veränderungen von Wertschöpfungsprozessen und der mögliche Verlust von Arbeitsplätzen als unmittelbare Folge der Robotisierung der Arbeitswelt werden in der Science Fiction nicht auf einzelne Branchen oder Produktionslinien hin thematisiert. Es werden nach Überspringen einer zeitlichen Lücke zwischen der Realitätswelt des Lesers und der Fiktion der Romanwelt eher Endszenarien geschildert, in denen entweder niemand mehr körperlich arbeitet, oder der Mensch sich seine Arbeit frei suchen kann, oder Roboter und Menschen friedlich miteinander leben (wobei diese faszinierende Vision unserer besonderer Aufmerksamkeit wert ist).

Wenn Arbeitsplätze für Menschen künftig fehlen, wird das in alternativen Szenarien sowohl als Problem als auch als Lebenschance geschildert: Solange Erwerbsarbeit immer noch notwendig ist, um sich seinen Lebensunterhalt zu verdienen, führt die Reduktion von Arbeitsplätzen natürlich zu einem rasanten Anstieg von prekären Verhältnissen mit entsprechenden gesellschaftlichen Verwerfungen (Hunger, soziale Not, Aufstände, Arm-Reich-Konflikte mit Verlust des inneren Friedens, Krieg gegen Staaten mit anderer Wirtschaftsstruktur) und entsprechenden extremen staatlichen Reaktionen (einerseits Diktatur, andererseits Aufgabe der staatlichen Ordnung). Andere Szenarien, in denen der Lebensunterhalt auf alternative Weise gewährleistet ist, schildern dagegen das Paradies des Nichtstuns, der totalen Freiheit, der immerwährenden Ferien, wobei auch diese Utopie nach einer (durchaus langen) Phase des Glücks in Dekadenz und Niedergang der Zivilisation umschlagen kann. Hier ist in der

<sup>1</sup> Die Science Fiction neigt grundsätzlich dazu, den Energieverbrauch beschriebener Raumfahrttechnologien nicht durchzurechnen. Es wird lediglich – meist vage – eine Nutzung von Antimaterie oder eines Fusionsantriebs postuliert. Im Bereich der Eroberung des extrasolaren Weltalls haben deshalb die Szenarien der Science Fiction – bei allem ansonsten ernsthaften Bemühen um einen spekulativen Realismus – ein großes Glaubwürdigkeitsproblem. Anders verhält es sich bei den in den letzten Jahrzehnten erschienenen und verstärkt auf unser Sonnensystem konzentrierten Romanen (beispielhaft: Ben Bova: „Mars“, 1992; Gregory Benford: „The Martian Race“, 1999). Hier wird eingehend berücksichtigt, wie „teuer“ Raumfahrt kommt.

Literatur kein Szenario auszumachen, das zahlenmäßig vorherrschend wäre oder dessen Eintrittswahrscheinlichkeit höher begründet wäre.

Die Science Fiction postuliert mehrheitlich, dass Roboter in ihrer Evolution niemals die Kreativität von Menschen erreichen werden. Das impliziert, dass wir Menschen uns von Robotern nicht wirklich bedroht fühlen müssen, weil wir ihnen in einem Kernbereich unseres Wesens immer voraus haben werden, dass nur wir die Welt schöpferisch verändern können. Begründet wird das – außer durch einen eher mythologischen „göttlichen Funken“ – jedoch nicht. Beim Vergleich mit Alien-Spezies fällt allerdings auf, dass außerirdischen Spezies vielfältige Formen der Kreativität zugestanden werden, auch andere und sogar höhere als unsere, und das unabhängig davon, wie diese Wesen entstanden und sich evolutionär entwickelt haben. Es drängt sich deshalb der Verdacht auf, dass das Postulat, Roboter könnten nicht kreativ sein, eher einem Wunschdenken entspricht und dass gerade Autoren, die sich ja über ihre Kreativität definieren und von ihr leben, besonders empfindlich bei diesem Thema sind und sich eine Alternative gar nicht vorstellen wollen.

### 3 Dezentrale, nicht ortsgebundene Produktion sowie Produktherstellung im Privatbereich

In der Realwelt beginnt der 3D-Druck bereits heute, die Wertschöpfungsketten rasant zu verändern. Bei Objekten, die nur aus einem einzigen und gleichzeitig leicht formbaren Material bestehen, kann schon heute der tatsächliche Produktionsort von Waren bis hin zum einzelnen Kunden verlagert werden. Rohstoffe und die Dienstleistung der Zurverfügungstellung des technischen Know-hows werden unabhängig voneinander an den Kunden geliefert. Der Erwerb des zur Produktion benötigten technischen Geräts fällt dann nicht unter die Rubrik „Konsum“, sondern ist eine Investition in ein Produktionsmittel. Die Wertschöpfung findet an anderem Ort und unter anderen Voraussetzungen statt. Somit stellt der 3D-Drucker die Vorstufe eines universellen Replikators dar, einer Maschine, die auch aus beliebigen Stoffen bestehende Objekte herstellen kann. Mit dieser Technologie gibt es keinen physischen Warentransport mehr, sondern es werden lediglich als Dienstleistung in digitaler Form die „Blaupausen“ der Objekte übersandt: ihre Konstruktionsdaten.

Man füllt den Tank mit speziellem Kunststoff. Dann feuert man Laserstrahlen in den Kunststoff hinein, bis er sich dauerhaft verfestigt. Die Umriss des Objekts werden von den Bewegungen des Strahls definiert – im Fokus des kohärenten Lichts verfestigt sich die Flüssigkeit. Der Strahl ist natürlich Ausfluß unseres – virtuellen – Designs, somit können wir reale Gegenstände vollständig im Computer entwerfen. Oder aber wir fotokopieren 3D-Realitäten. Zum Beispiel deinen Körper.

*Bruce Sterling: Heiliges Feuer. München: Heyne, 2001. S. 153 [Original: Holy Fire, 1996.]*

Das ist Industrie für jedermann, die ihre besondere Qualität in der Herstellung von individuellen Produkten entfalten kann, indem der Kunde bestimmte Produktdetails – z.B. Farbgebung und Beschriftung – unmittelbar vor der Herstellung nachjustieren kann. Damit können auch Kleinstserien bis hinab zur Stückzahl 1 kostengünstig angeboten werden (was in der Umkehrung impliziert, dass Massenproduktion immer noch unter Verwendung der herkömmlichen Techniken preiswerter sein wird). Soweit die Konstruktionssoftware entsprechend freigeschaltet ist, kann der Kunde auch selbstentwickelte Details dem Produkt hinzufügen, oder er kann – entsprechende Programmierkenntnisse unterstellt – vollkommen eigene Produkte kreieren und sogar von geschützten Produkten „Raubkopien“ erstellen. Da bei einer Produktion mittels 3D-Drucker für das einzelne Produkt keine Vertriebskette mehr existiert, die von außen überwacht werden kann, sondern Herstellung und Nutzung gleichermaßen im Privatbereich für den eigenen Haushalt geschehen, entsteht dort ein Bereich, in dem Wertschöpfung stattfindet, diese aber nicht mit den herkömmlichen Erfassungsmethoden in die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung eingeht, was ein zunehmend verzerrtes Bild vom tatsächlichen Inlandsprodukt ergibt. Allerdings ist die Verfolgung von Urheberrechtsverletzungen stark erschwert.

Von besonderer Bedeutung kann der Einsatz des 3D-Druckers an Orten werden, zu denen Lieferungen von herkömmlich hergestellten Objekten nur mit einem extremen logistischen Aufwand und/oder einem hohen Zeiteinsatz möglich ist. Das Ersatzteillager für eine Spezialmaschine, die zum Beispiel auf einer einsamen Insel im Südatlantik installiert wird, kann ebenso entfallen wie etwa die Mitnahme von Mehrfachexemplaren funktionswichtiger Teile bei einer Raumstation oder einem Außenposten auf dem Mond. Sobald ein Funktionsteil defekt ist und ersetzt werden muss, kann mittels eines 3D-Druckers das Teil neu „gedruckt“ werden: entweder nach Auslesen seiner Konstruktionsdaten aus dem Druckerspeicher oder nach Datenübermittlung per Funk. Technologische Innovationen können auf diese Art in kürzester Zeit an weit entfernte Orte transportiert werden, wie etwa zu einem in weiter Entfernung fliegenden Raumschiff.

Das Radiodurcheinander von der Erde enthält etwas Interessantes. [...] In Nowosibirsk auf der Erde gibt es eine Gruppe, die sich mit Hibernation befasst. [...] Ich habe auch ihre Veröffentlichungen gefunden. Sie haben alle Ergebnisse freigegeben, alle Formeln und notwendigen Maßnahmen. Sie sind Teil der Bewegung für frei zugängliche Wissenschaft. Sie haben alles in die eurasische Cloud gepackt, wo ich es auch gefunden habe. [...] Ihr druckt also Betten, Medikamente und die sonstige Ausrüstung, und Roboter, die Justierungen an euch vornehmen können, während ihr schlaft. Ihr müsst euch bloß an das Rezept halten.

*Kim Stanley Robinson: Aurora. München: Heyne, 2016. S. 366 f. [Original: Aurora, 2015.]*

Neben einer Herstellung unmittelbar am Ort des Gebrauchs lässt sich für die Warendistribution auch ein interessantes Zwischenmodell konstruieren: 3D-Drucker können in lokalen Postfilialen oder Copyshops stationiert werden, so dass bei einem bestellten Objekt für die große Strecke vom Hersteller zur Postfiliale nur ein Datenpaket übersandt wird und das Objekt erst unmittelbar vor der sogenannten letzten Meile „ausgedruckt“ (i.e. hergestellt) wird. Auf diese Weise wird nicht nur der größte Teil der Transportkosten und des dazu notwendigen Zeitaufwands eingespart, sondern der Händler spart auch noch sein Lager ein, und der Privatkunde muss keinen – möglicherweise teuren und bedienungsaufwendigen – 3D-Drucker besitzen sowie keine Lagerbestände von unterschiedlichen Rohmaterialien vorhalten.

Sie schloss ihr Rad in der Alley ab, benutzte ihr Telefon, um durch die Hintertür ins Forever Fab zu kommen. Es roch nach Pfannkuchen [...]. Pfannkuchengeruch hieß, dass sie mit dem kompostierbaren Kunststoff druckten. [...]

Flynn wusste nicht genau, wie viel vom Geschäft des Fab auf nachgefabten Sachen beruhte, aber bestimmt ein großer Teil. Eine Meile den Highway runter gab es eine Fabbitt-Filiale mit größeren Druckern, mehr Sorten, aber im Fabbitt machte man nichts Zwielfichtiges.

*William Gibson: Peripherie. Stuttgart: Tropen Verlag, 2016. S. 53 f. [Original: The Peripheral, 2014].*

Durch Einsatz von Nanotechnik lassen sich im Labor beliebig komplexe Moleküle herstellen und auf ihre chemische Beständigkeit testen. Nicht jede mögliche Verbindung von Elementen bleibt anschließend stabil, aber es sind auch stabile Verbindungen möglich, zu denen nur noch kein chemischer Herstellungsprozess bekannt ist. Ein auf Nanotechnik basierender Manipulator von Atomen („Assembler“) vermag also eine Vielzahl von bislang unbekanntem Stoffen generieren, deren Verwendbarkeit außerhalb des Labors erst erforscht wird. Bei Brauchbarkeit kann nachträglich nach einem chemischen Verfahren gesucht werden, das ebenfalls zu diesem neuen Stoff führt, das aber für eine industrielle und damit kostengünstige Großproduktion geeignet ist.

Der Höhepunkt der Entwicklungskette vom 3D-Drucker über den Nanomanipulator stellt der im medialen „Star Trek“-Universum eingeführte „Replikator“ dar, der mittels Materieaufbau im Elementarteilchenbereich (d. h. aus Protonen, Neutronen und Elektronen oder möglicherweise sogar aus deren fundamentalen Bestandteilen) zunächst jedes gewünschte Element auf atomarer Ebene zusammen-



fügt<sup>2</sup>, damit dann die benötigten Moleküle erstellt und diese gemeinsam mit anderen Molekülen zu dem geordneten Objekt in der definierten Form, Größe, Farbe, Konsistenz, Geschmack etc. verbindet. Die Roman- bzw. Filmfigur ordert am Gerät mittels Spracheingabe („Tea, Earl Grey, hot“) nicht nur ein simples anorganisches Objekt (hier: ein Glasgefäß als Behältnis für den eigentlichen Stoff), sondern auch ein komplexes Lebensmittel in definierter Geschmacksvariante. Allerdings wird die Herstellung komplexer organischer Moleküle zumeist als nicht perfekt beschrieben: Lebewesen können nicht repliziert werden, und auch bei Speisen gibt es bezüglich des Geschmacks Abweichungen gegenüber herkömmlich zubereiteten Mahlzeiten.<sup>3</sup> In der Science Fiction wird jedoch ebenfalls – wie oben schon an anderer Stelle kritisch vermerkt – die Frage nach dem Energieaufwand für die Herstellung von Objekten ignoriert. Nach unserem heutigen Wissen über kernphysikalische Vorgänge ist der Bau von Atomkernen mittels eines gezielten Zusammenfügens von Protonen und Neutronen nur unter extrem hohem Energieeinsatz möglich.

Komplexere Objekte können auch so aufgebaut werden, dass sie ihr Replikatormodul bereits in sich haben. Verschleißteile und funktionsgemäßer Verbrauch werden dann nicht länger mittels externer Replikatoren hergestellt und eingebaut, sondern das Objekt ist selbstreplizierend und kann sich autonom ergänzen. Es nimmt dazu Stoffe aus der Umwelt (Luft, Boden) auf, verwandelt sie in die benötigten Elemente, formt sie entsprechend und setzt sie in die eigene Architektur ein. Damit ist eine solche selbstreplizierende Maschine, auch wenn sie nur aus anorganischem Material bestehen sollte, in ihrer Funktionsweise nahe an einem organischen Lebewesen.

Allerdings prognostiziert die Science Fiction nicht die Ablösung der Industrieproduktion durch lokale Replikatoren. Vielmehr wird ein Nebeneinander beschrieben, das den Replikatoren die kleineren Objekte und die Alltagsprodukte zuweist. In der Fernsehserie „Star Trek: Deep Space Nine“ wird die Industrialisierung eines Planeten durch Industriereplikatoren angeschoben, die Kraftwerke und Fabriken errichten, die dann die herkömmliche Produktion übernehmen („Fort the Cause“, EA 6. Mai 1996). Bei Massenproduktionen bleibt es aufgrund der hohen Energiebilanz von Replikatoren wirtschaftlicher, bereits vorhandene Materialien (z. B. Metalle) zu nutzen, statt diese Elemente erst kernphysikalisch zu generieren. Was sich jedoch verändern wird, ist die Situierung von Fabriken, die als vollautomatische Produktionsstätten künftig zumeist unterirdisch oder weit entfernt von Wohnbereichen gebaut werden.

Some eleven thousand sites on the planet were occupied by independent, self-contained, self-regulating communities of cybernetic devices or beings – computers with mechanical extensions. [...] Several huge desert Cities served as [...] manufacturing centers or contained accelerators, launching pads, and so on. All City facilities were underground and domed, to obviate damage to or from the local environment.

*Ursula K. Le Guin: Always Coming Home. London: Grafton, 1988. S. 149. [Original: 1986.]*

Auch Philip K. Dick schildert in seiner Kurzgeschichte „Autofac“ (1955) Fabriken, die in der Wüste abseits von menschlichen Siedlungen situiert sind und die einschließlich der Rohstoffbeschaffung vollkommen autonom arbeiten. Allerdings ergänzt er, dass die Autonomie dazu führt, dass Überproduktionen entstehen.

<sup>2</sup> Das im (fiktiven) Technikhandbuch (Eintrag „Replikatoren“: In: Stan Morse (Hrsg.): Die offiziellen Star Trek Fakten und Infos. München: THEMA Verlag, o.J. Datei 59, Karte 3) beschriebene vereinfachte physikalische Verfahren einer Manipulation auf Molekülebene und nicht auf Atomebene funktioniert nur auf einem Raumschiff oder in einem anderen großen Habitat, da dann jeder Replikator mit einem zentralen und relativ ergiebigen Speicher aller Elemente sowie organischer Molekülketten verbunden sein muss und nicht überall verfügbaren Wasserstoff, Sauerstoff und eventuell Kohlenstoff aus der Umgebungsatmosphäre entnimmt.

<sup>3</sup> Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass diese Spekulationen eher auf einer persönlichen Haltung der meisten Autoren gegenüber einer natürlichen Lebensweise beruhen.

## 4 Produkte im virtuellen Raum

Die Menge der nur noch aus Daten bestehenden Produkte wird explosionsartig zunehmen, und der Übergang vom Produkt zur Dienstleistung wird verschwimmen. Neben unzähligen Programmen, die wir heute bereits benutzen, beschreibt die Science Fiction ganze Intelligenzen, also Datenkomplexe, die sich autark gegenüber äußerer Steuerung verhalten, die sich ihrer Umwelt, der Veränderung ihrer Aufgabenstellung sowie den eingehenden Informationen anpassen, sich selbst programmieren und damit evolutionär weiterentwickeln. Physisch sind diese Produkte lediglich als sich ständig verändernde Datenmengen auf festen Datenträgern oder verteilt im Netz vorhanden, also im eigentlichen Sinne nicht manifest. Nach außen können sie über optische und akustische Schnittstellen eine menschenähnliche Existenz simulieren, indem ihre Avatare auf Bildschirmen oder holografisch im Raum erscheinen.

Die Simulation wird so perfekt sein, dass die Menschen, die mit ihr interagieren, gar nicht mehr wahrnehmen können, dass sie mit einem Nicht-Menschen in Kontakt sind. Je nach Mobilität der holografischen Projektion kann eine solche virtuelle Existenz auch am menschlichen Sozialleben teilnehmen.

Das Essen war üppig, viele kleine Gänge, die jeweils auf rechteckigen Tellern serviert wurden. Jedesmal, wenn ein Teller vor Rei Toei hingestellt wurde – und immer in das Feld ihrer Projektionsquelle hinein –, wurde er im selben Moment von einer makellosen Kopie überdeckt, Holo-Essen auf einem Holo-Teller.

Selbst die Bewegung ihrer Stäbchen rief ein peripheres Flimmern nodaler Vision hervor. Weil die Stäbchen ebenfalls Information waren, wenn auch nicht annähernd so dicht wie ihre Gesichtszüge, ihr Blick. Jedesmal, wenn ein ›leerer‹ Teller weggeräumt wurde, erschien wieder das unberührte Gericht.

*William Gibson: Idoru. München: Heyne, 1999. S. 210. [Original: Idoru, 1996.]*

Nicht nur Intelligenzen können sich virtuell manifestieren, sondern es lassen sich beliebige Objekte virtuell darstellen – bis hin zu kompletten Räumen und Szenarien, in die man als Mensch dann auch eintreten kann.

[Das] Apartment lag inmitten anderer Wohnungen und hatte keine Außenfenster; niemand verspürte Lust, die überbevölkerte Außenwelt zu betrachten. [...] Als er [...] in die Wohnung trat, umgab ihn sofort die ebenso freundliche wie künstliche Atmosphäre eines Gartens, in dem ewiger Sommer herrschte. Es war schon erstaunlich, wie ein Whologramm es fertig brachte, auf engstem Raum derart weitläufige Kunstwelten zu schaffen. Hinter den Gartenrosen und Glyzinien stand ihr Haus. Die Täuschung war perfekt: Ein georgianisches Herrenhaus schien ihn willkommen zu heißen.

*Brian W. Aldiss: Superspielzeug hält den ganzen Sommer. In: Ders.: Künstliche Intelligenzen. München: Heyne, 2001. S. 41 [Original: Supertoys Last All Summer Long, 1969.]*

Genutzt werden solche virtuellen Szenarien zur Simulation von technischen Abläufen, im Objektdesign, in der Forschung, in der Erprobung realer Vorgänge (z.B. kann die „Bewegung“ in der virtuellen Projektion eines eingescannten Gehirns für Ärzte dazu dienen, eine schwierige Operation vorzubereiten), aber auch bei der Simulation gesellschaftlicher Vorgänge. Die virtuelle Welt „Second Life“ zeigt bereits heute als zweidimensionale Bildschirmfassung das Abbild einer Zweitausgabe unserer Realwelt, das aber nach der Summe der Vorgaben der Teilnehmer individuell gestaltet ist, beliebig variiert werden und vor allem auch in Alternativfassungen wiederholt werden kann. Die Simulation ist jedoch mit der Realwelt derart verzahnt, dass Aktionen in beiden Welten wechselseitig aufeinander Einfluss haben: Utensilien wie Waffen, Kleidung oder gesellschaftliche Stellungen in der Simulation, auch virtueller Wohnraum, persönliche Eigenschaften (Körperstärke, Aussehen, sexuelle Attraktivität) müssen mit Geld der Realwelt bezahlt werden, sodass für virtuelle Objekte und ein „Leben“ im virtuellen Raum ein ertragreicher realer Markt geschaffen wird und die Produzenten lediglich Träume verkaufen. Hier wird aus Nichts (bzw. lediglich aus Information) ein merkantiler Wert geschaffen.

Der größte Markt für solche Weltsimulationen sind derzeit noch Computerspiele, demnächst werden Spielfilme nur noch digital hergestellt, und auch Simulationen kriegerischer Auseinandersetzungen zu Ausbildungszwecken gehören zu den wichtigsten Anwendungen. Die Science Fiction beschreibt, dass aufgrund der künftigen Ununterscheidbarkeit von Realität und Simulation die Hemmschwelle zum Töten stark herabgesetzt sein wird, oder dass einer Person vorgegaukelt werden kann, sie würde nur in einem Computerspiel Aktionen vornehmen, in Wirklichkeit führt sie aber einen realen Krieg, der sogar einen Völkermord umfasst (beispielhaft dargestellt in: Orson Scott Card: „Enders Game“, Roman 1985, Film 2013).

Die optimierte Einrichtung für solche simulierten Welten ist das „Holodeck“ im medialen „Star Trek“-Universum. In einem realen Projektionsraum lässt sich eine programmierbare Welt simulieren, die auch scheinbar größer sein kann als der physische Raum und in dem nicht nur virtuelle Objekte vorhanden sind, sondern auch künstlich erzeugte Wesen so agieren, dass der Unterschied zur realen Welt – außer bei Störungen oder nach Eingabe spezieller Sprachbefehle (z. B. „Computer: Ausgang“ oder „Computer: Programm beenden“, um die Simulation wieder verlassen zu können) – subjektiv nicht mehr wahrnehmbar ist. Alle virtuellen Objekte und virtuellen Wesen sind ebenso manifest wie die realen Menschen, die sich in diese Simulation hinein begeben haben, sie können sie anfassen und von ihnen angefasst werden, die photonische Projektion wirkt hier wie feste Materie. Damit können auf dem Holodeck beispielsweise schwierige Experimente vorgenommen werden, die in der Realwelt zu gefährlich wären. Das Holodeck wird im Unterhaltungsbereich mit Sport- und Kampfszenarien, zum Eintauchen in literarische und historische Welten und in fremde Kulturkreise, sogar zu reinen Urlaubszwecken mit exotischen Stränden oder erhabenen Bergpanoramen genutzt. Es können Filme nachgespielt werden, in denen jedermann die Rolle eines Stars einnehmen kann, und selbstredend sind alle sexuellen Phantasien auslebbbar: mit Avataren und ohne einen anderen Menschen zu verletzen. Letztlich kann das Holodeck sogar als Lebenswelt dienen. Es ist augenscheinlich, dass hier ein gigantischer Markt für die Unterhaltungsindustrie winkt.

## 5 Produktion und darüber hinaus: Hinter dem Horizont geht's weiter

Die Science Fiction ist nicht nur als Unterhaltungslektüre verkäuflich, sondern die in ihr beschriebenen technischen Innovationen sind Ideengeber und Visionen für die Entwicklung neuer Produktionsformen und Technologien. Diese Rolle der Science Fiction ist bereits konkreter als zunächst gedacht: So beschäftigt die Virtual-Reality-Agentur Magic Leap den Autor Neal Stephenson als „Chief Futurist“, während Tesla-Gründer Elon Musk immer wieder den schottischen Autor Iain Banks als Ideengeber anführt.

Die mit der Science Fiction eröffneten Ideenräume sind jedoch nicht auf Produktionstechnologien beschränkt. Sie bieten Bilder für das gesamte Spektrum der Wertschöpfungskette, vom Rohstoffabbau über Fertigungsprozesse hin zu Marketing und Vertrieb. Dabei lassen sich nicht allein Inspirationen für spezifische Technologien finden, sondern es werden auch Bereiche unseres Lebens auf den Prüfstein gestellt, die wir nur allzu oft als gegeben hinnehmen: Was ist die Rolle des Geldes und wie könnte Wertschöpfung ohne Geld auskommen? Was machen die Menschen mit der zusätzlich hinzugewonnenen Freizeit? Und wie wird der automatisch generierte Mehrwert verteilt und gesellschaftlich genutzt? Derartige Fragen bieten die Möglichkeit, Zusammenhänge von Wertschöpfung und gesellschaftlicher Integration aufzudecken und neu auszurichten. Dies bedeutet nicht, dass Science Fiction zu Illusionen verführt, sondern dass mit ihr neue Ideen in ihrem Zusammenhang zu den gegenwärtigen Bedingungen ihrer Umsetzung kritisch reflektiert und verhandelt werden. In dieser Rolle kann Science Fiction helfen, Strategien für die Industrie der Zukunft zu entwickeln, deren Horizont weiter geht als der nächste Konjunkturzyklus, und Produktion, Wachstum, Konsum und Freizeit als miteinander verbundene Teile unseres gesellschaftlichen Lebens im Hier und Jetzt versteht.

# StrategieWerkstatt Industrie der ZUKUNFT.



ein Projekt von

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



Freistaat  
**SACHSEN**

durchgeführt von

**VDI | VDE | IT**

[industrie.sachsen.de/strategiewerkstatt.html](http://industrie.sachsen.de/strategiewerkstatt.html)