

GÜTERS DIE  
LOHERVISION  
VERLAG SEINER  
HAUS NEUENWELT





Lars Jaeger

# **Supermacht Wissenschaft**

Unsere Zukunft zwischen  
Himmel und Hölle

GÜTERS DIE  
LOHERVISION  
VERLAG SEINER  
HAUS NEUENWELT



**Meinen Kindern  
Anika, Kira und Talia**

# INHALT

---

**Vorwort** ..... 15

## TEIL I

### 1 – Technomania

**Wir sind mittendrin** ..... 19

Wenn Zeit zusammenschnurrt ..... 20

Auf breiter Front ..... 22

#### Schlüsseltechnologie 1:

Quantentechnologien 2.0 –

Feynmans Visionen ..... 24

#### Schlüsseltechnologie 2:

Nanotechnologie – Erschaffung von

Gegenständen aus dem ›Nichts‹ ..... 26

#### Schlüsseltechnologie 3:

Gentechnologie – Designerbabys und

der Sieg über den Krebs ..... 28

#### Schlüsseltechnologie 4:

Künstliche Intelligenz – Die Kontrolle

über unser Leben ..... 31

#### Schlüsseltechnologie 5:

Industrie 4.0 – Schlaue Fabriken

und das ›Internet der Dinge‹ ..... 33

#### Schlüsseltechnologie 6:

Neuro-Enhancement – Vom Verstehen

zum Verbessern unseres Geistes ..... 36

Schlüsseltechnologie 7:	
Bewusstseinstechologie – Virtuelle Welten .....	37
Schlüsseltechnologie 8:	
Biosensoren – Von Apotheker-Fröschen zu Nano-Robotern im Körper .....	39
Schlüsseltechnologie 9:	
Stammzellen – Die Alleskönner in unserem Körper ....	41
Schlüsseltechnologie 10:	
Lebensverlängerung und ewiges Leben – Wie wir dem Tod ein Schnippchen schlagen .....	43
Schlüsseltechnologie 11:	
Lebensmitteltechnologie – Wie ernähren wir 10 Milliarden Menschen? .....	44
Schlüsseltechnologie 12:	
Energietechnologie – 50 Jahre Geduld .....	48
Schlüsseltechnologie 13:	
Big Data – Lebensprofile .....	50
Schlüsseltechnologie 14:	
Synthetisches Leben – Wenn der Mensch Gott spielt ...	52
Zauberlehrlinge am Werk .....	53
Jetzt kommt es darauf an .....	56
<b>2 – Wunderwelten</b>	
<b>Der Sieg der menschlichen Kreativität .....</b>	<b>57</b>
Knochensäge und Schlafschwamm .....	60
Leben in Schloss Sanssouci .....	62
6 Die Ausrottung des Krebses .....	64

Stammzellen – Allround-Künstler in unserem Körper ....	68
Ein Helfer namens Watson .....	70
Chirurgen aus Stahl .....	73
Nano-Roboter in unserem Körper .....	74
Der Mensch als genetischer Baukasten .....	78
Von der Schrotflinte zum Präzisionsgewehr .....	80
Sieg über den Tod .....	82
Die Leber aus Petrischale und 3D-Drucker .....	85
Innere Schönheit und höchste Erfüllung .....	89
Herren über die Zeit .....	91
<b>3 – »Nach unten hin gibt es noch viel Platz«</b>	
<b>Die Gefahren ungesteuerten Fortschritts</b> .....	93
Moderne Dystopien und Wissenschaftsskepsis .....	95
1. Thema: Reich und Arm – ein Vorstandsmitglied aus Nullen und Einsen .....	99
2. Thema: Kriege der Zukunft – Mausklick statt Atombombe .....	104
3. Thema: Künstliche Intelligenz – Death by Algorithm .....	109
4. Thema: Versorgung mit Energie – Der unersättliche Hunger .....	111
Uns geht der Sprit aus .....	114
5. Thema: <i>Natura facit saltus</i> – Der Klimawandel .....	117
Auf Messers Schneide .....	123

## **4 – Die Menschenmacher**

<b>Was wollen wir sein: molekulargenetischer Bioapparat, neuro-optimierte Denkmaschine oder autonomes Individuum?</b> .....	126
Gedankenkontrolle .....	127
Twittern von Hirn zu Hirn .....	129
Vernetzte Superintelligenzen .....	132
Hirndoping .....	135
Hardware und Wetware .....	139
Legokasten der Gene .....	141
Eine Frage der Ethik .....	144
Jetzt wird es ernst .....	147
Leben aus dem Reagenzglas .....	148
Bewusstseinstechnologien: Wenn ich nicht mehr ich bin .....	151
Ein Manifest .....	155

## **TEIL II**

### **5 – In 80 Sekunden um die Welt**

<b>Der gläserne Mensch zwischen Big Data und digitaler Demenz</b> .....	159
Affenspaß und Emobrille .....	161
Großer Lauschangriff im Wohnzimmer .....	164
Alles mit allem verbunden .....	167
8 Im Maßanzug .....	169



Big Brother is watching you .....	172
Nur ein kleiner Stups .....	176
Der Schwarm als Meute .....	179
Digitale Transparenz und die offene Gesellschaft .....	181
Taxi downunder .....	183
Soziale Bots und andere Lügen .....	185
Digitale Demenz vs. unbegrenzte digitale Möglichkeiten .....	189
<b>6 – Black Box</b>	
<b>Endstation technologische Singularität .....</b>	<b>193</b>
Blindes Vertrauen .....	195
Quantenphysik 1.0 .....	197
Wenn aus Unwägbarkeiten Gewissheiten werden .....	202
Quanten-Technologien 2.0 .....	203
Unendliche Möglichkeiten zwischen 0 und 1 .....	205
Quanteninternet .....	209
Künstliche Intelligenz – Im Wechselbad der Gefühle .....	211
Feuern von Schicht zu Schicht .....	213
Lernen in der Tiefe .....	216
Mein allerbesten Freund .....	220
KI weiß was, was du nicht weißt .....	221
Dressur des demokratischen Willens .....	224

Außer Kontrolle .....	225
Auf dem Weg zur Superintelligenz .....	227
Irren ist menschlich – aber nicht ›maschinlich‹ .....	230
Intellektuelle Überforderung des Menschen .....	232

## **7 – Schleudertrauma**

<b>Der ethische Burn-out</b> .....	234
Dünger und Maschinen .....	235
Die zwei Gesichter des Fortschritts .....	236
Durstige Baumwolle .....	239
Knollenfäule und blinde Kinder .....	241
›Natürliche‹ Gentechnologie .....	245
Finale Lösungen .....	248
Fressen so viel wir wollen .....	251
Wissenschaft, Technologie und Kapitalismus .....	254
Von Small zu Big Science .....	257
Hackordnung auf dem Hühnerhof .....	260
Ethischer Burn-out .....	261

## **8 – Die Suche nach der Wohlfühlzone**

<b>Zwischen grenzenlosen Möglichkeiten und Alternativlosigkeit</b> .....	263
Was VR mit uns macht .....	264
Schmetterling oder Philosoph? .....	267
Der virtuelle Mensch .....	268

Virtuelle Verkörperungen – Manipulation unseres Selbstmodells .....	270
»Oh nein! Stell mich wieder auf den Boden!« .....	273
Virtuelle Einflüsterungen .....	276
Ich und mein Avatar .....	278
0,015 Prozent Erfolg .....	281
Die Würde der Maschinen .....	283
Virtuelle Wohlfühlzonen .....	285
Yes, we can .....	289

### **TEIL III**

#### **9 – Der unbestechliche Blick**

##### **Warum intellektuelle Integrität**

<b>der Anfang ist .....</b>	<b>293</b>
Unbestechliche Spiritualität .....	294
Dogmen, Faulheit und Korruption .....	299
1. Voraussetzung: Intellektuelle Redlichkeit .....	301
2. Voraussetzung: Der Bayesianische Geist .....	304
Permanent im Reparaturmodus .....	310
Wissenschaftliche Redlichkeit im Zeitalter von Big Science .....	312
Wider das Postfaktische – Der Bayesianische Geist in der Praxis .....	316
Rasiermesserscharf .....	319

So einfach ist es aber nun auch wieder nicht ..... 321

Ethische Leitplanken  
und rationales Risikomanagement ..... 323

## **10 – Der Mythos von der unsichtbaren Hand**

**Warum wir Entscheidungen nicht dem  
Markt überlassen dürfen** ..... 327

Die sichtbare unsichtbare Hand ..... 329

Von den Scharlatanen zur Finanzkrise ..... 332

Der ›Silicon Valley Dream‹ ..... 337

The Winner takes it all ..... 343

Teilen statt Wettbewerb ..... 348

Der Vierte im Bunde ..... 350

Blockchain und Bitcoin ..... 357

Ideen statt Ideologien ..... 360

## **11 – Big Talk**

**Wie wir uns gemeinsam um unsere Zukunft  
kümmern werden** ..... 362

Der runde Tisch ..... 363

Ziel: Unbekannt ..... 368

›Big Talk‹ anstatt Smalltalk – Wir müssen reden! ..... 370

Ein jeder hat etwas zu sagen ..... 372

Jenseits des Humanismus ..... 375

12 Weißer Hut, schwarzer Hut ..... 377

Die spirituelle Dimension .....	379
Auslaufmodell Egoismus .....	382
Konkurrenzlos glücklich .....	384
Paradies des Überflusses – Das technologische Schlaraffenland .....	386
<b>12 – Manifest</b> .....	390
1. Mitspracherecht und -pflicht für Alle .....	393
2. Gemeinschaftliche Werte und Sinngebungen .....	398
3. Klarheit im Denken und Handeln .....	400
4. Neue Wirtschaftsstrukturen und Sozialsysteme .....	402
<b>Literatur</b> .....	406
<b>Register</b> .....	411



## VORWORT

---

Wir befinden uns in der Mitte des 22. Jahrhunderts, auf der Erde herrscht eine körperlose Netz-Intelligenz, die Internet und Datenströme kontrolliert. Die Menschheit hat sich in drei Arten aufgespalten:

- Eine genetisch und neurotechnologisch optimierte Menschenart, der eine unendliche Lebensdauer vergönnt ist und deren Fähigkeiten den natürlichen Möglichkeiten eines Menschen vielfach überlegen sind.
- Ebenfalls unsterbliche und niemals kranke Cyborgs – teils Mensch, teils Maschine – deren Gehirne direkt mit Quantencomputern verbunden und mit künstlicher Intelligenz im frühen 21. Jahrhundert noch unvorstellbaren Ausmaßes aufgepeppt sind.
- Und dann sind da noch die Menschen, die weder genetisch noch technologisch aufgerüstet wurden. Sie führen im Vergleich zu den Cyborgs und Supermenschen ein rechtloses Leben – so wie heute die Affen.

Klingt allzu unrealistisch? Nun, im Jahr 2100, so behauptet der Physiker und Erfolgsautor Michio Kaku<sup>1</sup>, haben wir Menschen mittels Bio- und Neurotechnologie unsere Körper perfektioniert, die Fähigkeiten unseres Geistes potenziert und unsere Lebensspanne bedeutend verlängert – vielleicht sogar auf unbegrenzte Dauer. Mit Hilfe neuer Nanotechnologien wandeln wir Materialien

1 M. Kaku, Die Physik der Zukunft, Rowohlt (2012)

ineinander um oder lassen sie wie aus dem Nichts entstehen. Wir könnten sogar Objekte rein mit der Kraft unserer Gedanken bewegen und manipulieren. Von einer Welt, in der dies alles möglich ist, wäre es bis zum im obigen Szenario beschriebenen Untergang der menschlichen Rasse, wie wir sie heute kennen, nicht mehr weit.

Auch wenn Kakus Thesen und seine Szenarien umstritten sind, ist eines unbestreitbar: So wie die wissenschaftlichen Grundlagen für den gegenwärtigen Auto- und Flugverkehr im 18. und 19. Jahrhundert geschaffen wurden, so wird die Basis für die Wundertechnologien des 21. und 22. Jahrhunderts *heute* kreierte. Aber anders als früher sind wissenschaftliche und technologische Durchbrüche nicht mehr Sache von Jahrzehnten, sie finden heute im monatlichen Takt statt. Gewaltige gesellschaftliche, soziale und kulturelle Veränderungen stehen uns daher nicht erst in fernen Zeiten bevor.

Das Ziel dieses Buches ist es, die Leserinnen und Leser auf eine aufregende Reise mitzunehmen, die uns in die Welt der Möglichkeiten unserer eigenen Zukunft führt. Diese Exkursion ist in drei Etappen unterteilt. Im ersten Teil des Buches werden wir uns in der Welt der Wissenschaft und Technologie umschauen und dabei eine Art Safari-Gefühl genießen. Die großartigen Entwicklungen und Erfindungen der Ingenieure und Wissenschaftler werden uns wie exotische Tiere vorkommen, die wir voller Aufregung und Erstaunen vom sicheren Safaribus aus anschauen.

Im zweiten Teil des Buches werden wir entdecken, dass nicht nur wir die wilden Tiere beobachten, sondern auch sie uns. Ein Gänsehaut-Gefühl wird uns am Rücken entlangstreichen, wenn wir bemerken, dass wir in großer Gefahr sind, gefressen zu werden. Denn über den Safaribus, der uns am Anfang unserer Reise als sicheres



Gefährt erschien, haben wir die Kontrolle verloren, ohne dass wir es gemerkt haben. Während wir amüsiert den Ausblick genossen haben, haben wir völlig übersehen, dass niemand am Steuer des Safaribusses sitzt. Und wir müssen uns vorsehen, dass die schöne Landpartie nicht im nächsten Wasserloch oder am nächsten meterhohen, betonharten Termitenhügel endet.

Im dritten Teil des Buches wird es darum gehen, wie wir so weit wie möglich die Kontrolle über unsere Zukunft gewinnen können. Denn nur so wären wir in der Lage, Dystopien, in der normale Menschen zu hilf- und rechtlosen Wesen degradiert werden, zu vermeiden. Wenn wir es schaffen, das Steuer des Wagens zu besetzen und gemeinsam zu entscheiden, wohin wir fahren wollen (und wohin nicht!), dann hat die Zukunft tatsächlich wunderbare Möglichkeiten für uns bereit, in der wir Menschen weniger Krankheit, weniger Arbeit, mehr Glück und mehr Sinn erfahren.

.....

Zahlreiche Personen haben diesen Text gelesen und dabei wertvolle Verbesserungsvorschläge gemacht. Zualtererst möchte ich Bettina Burchardt danken, ohne die das Buch in dieser Form nicht möglich geworden wäre. In vielen Stunden hat sie sich dem Text und seinen Inhalten gewidmet und dieses Buch in die Form gebracht, die es nun hat. Dann möchte ich meiner Partnerin Yuka Nakamura danken für die emotionale und inhaltliche Unterstützung über die vielen Wochen des Schreibens. Herzlich danken möchte auch Diedrich Steen für seine hervorragende Lektoratsarbeit sowie für sein ausgezeichnetes Projektmanagement und die Begleitung während der Entstehung dieses Buches. Danken möchte ich

auch meiner Agentin, Beate Riess, für all ihre Unterstützung und Ermutigung nicht nur für dieses Buch sowie desgleichen German Neundorfer.

Trotz all dieser Hilfe haben sich sicher der ein oder andere Fehler und zahlreiche Auslassungen nicht vermeiden lassen. Ich bitte den Leser um Entschuldigung und übernehme selbstverständlich die volle Verantwortung dafür. Doch nun kann es losgehen mit der aufregenden Reise in eine Zukunft, die längst begonnen hat.

*Baar, im Juni 2017*

**1 – TECHNOMANIA**  
**WIR SIND MITTENDRIN**

Angenommen, ein Zeitreisender aus der Welt vor hundert Jahren träfe in unserer heutigen Zeit ein. Er sähe überall auf asphaltierten Straßen Autos und am Himmel Düsenflugzeuge. Die Nächte erschienen ihm unglaublich hell erleuchtet. Er würde Fernseher, Computer, Mobiltelefone, MP3-Player und andere elektronische Massenkonsumgüter kennenlernen und sich über die Kunststoffe wundern, aus denen viele Gegenstände bestehen. Antibiotika und Atomenergie, Laser und Internet, Organtransplantationen, Genmanipulationen und bildgebende medizinische Verfahren – alles wäre neu für ihn. Der britische Physiker Arthur Charles Clarke sagte einmal: »Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.« Und wie Zauberei würde es dem Besucher aus der Vergangenheit auch vorkommen, wenn er erführe, dass der Mensch auf den Mond geflogen ist, Sonden auf vorbeiziehende Kometen schickt und entfernteste Galaxien mit Hilfe von Welt- raumteleskopen untersucht.

Die Sache mit dem Zeitreisenden ist ein altbekanntes Gedankenspiel. Es lässt die vorangegangenen Generationen ein wenig lächerlich erscheinen. Je mehr wir uns vorstellen dürfen, wie sie sich über unsere Errungenschaften wundern, desto überlegener fühlen wir uns.

Was aber, wenn *wir* es sind, die in die Zukunft reisen? Wenn *uns* der Boden unter den Füßen weggezogen

wird, weil das, was uns vertraut ist, längst überholt ist und von Neuem ersetzt wurde? Dann sind *wir* es, die mit offenem Mund sehen, wie sich Objekte (z.B. mit Hilfe von Nanomaschinen) wie aus dem Nichts erschaffen lassen, mit 120-Jährigen sprechen, die aussehen wie 40-Jährige, und in Wohnungen stehen, die sich wie von Zauberhand selber putzen, und in denen der Blick aus den Fenstern unterschiedliche Szenen zeigt – ganz nach unserer Stimmung einen friedlich plätschernden Bergbach oder eine Caféhausumgebung.

### **Wenn Zeit zusammenschnurrt**

Als die Anhänger der US-Fernsehserie *Star Trek* in den 1960er-Jahren über tragbare Computer und Mobiltelefone, virtuelle Realitäten, Touchscreens, Roboter und andere Dinge staunten, wurden ihnen diese noch als wundersame Technologien des 23. Jahrhunderts vorgestellt. Weniger als ein Menschenleben später sind viele dieser »Wunder-Technologien« längst Realität geworden – nur das Beamen und der Warp-Antrieb lassen noch auf sich warten.

Fakt ist, dass der Wandel der Welt viel schneller abläuft, als wir es vermuten. 1993 war das Leben nicht so viel anders als 1970 – aber was hat die Gegenwart im Jahr 2017 noch mit 1993 gemein? Es müssen keine hundert Jahre mehr vergehen, bis sich der Alltag so verändert hat, dass er kaum mehr wiederzuerkennen ist. Wenn wir heute von der Zukunft sprechen, dann ist in den Medien von den Jahren 2030 oder 2050 die Rede. Die Zeitspanne, die wir im Blick haben, wenn wir von »Zukunft« sprechen, ist von hundert Jahren auf einen Bruchteil davon geschrumpft. Wer glaubt, wir leben in einer Zeit, in der sich technologischer Wandel in der ge-

wohnten Geschwindigkeit vollzieht, hat nicht verstanden, was zurzeit wirklich passiert.

*Dramatisch sind nicht nur die Veränderungen selbst, sondern vor allem die wachsende Geschwindigkeit des Wandels.*

Die wesentlichen Motoren dieses Wandels sind die Naturwissenschaften. Ihre Erkenntnisse haben seit dem 19. Jahrhundert das menschliche Leben stärker verändert als jegliche politische, wirtschaftliche, soziale und geistige Entwicklungen in den 10.000 Jahren davor. Selbst während des vor technologischem Optimismus nur so strotzenden 18. (Aufklärungs-)Jahrhunderts hätte sich niemand die Geschwindigkeit vorstellen können, mit der Wissenschaft unsere heutige Welt verwandelt. Diese formt sie stärker als alle Naturgewalten.

Denn aus dem Wunsch der Wissenschaftler, die Welt zu verstehen, ist längst auch ein Wille zur Gestaltung geworden. Immer neue Innovationen führen uns in immer neue Dimensionen der Naturbeherrschung und Lebensgestaltung, die uns nur wenige Jahre zuvor noch unvorstellbar erschienen. Enkelkinder erklären heute ihren Großeltern die Feinheiten des Smartphones und wie sie jederzeit mit WhatsApp und Facebook in Kontakt mit ihnen treten können. Wer weiß, was sie sich einmal von ihren eigenen Kindern oder gar jüngeren Geschwistern erklären lassen müssen. Die rasante, immer schneller werdende Fahrt führt uns in eine zunehmend durch völlig neue Technologien geprägte Zukunft.

Ich gehe sogar einen Schritt weiter: Der Fortschritt ist so rasend schnell geworden, dass wir die Zukunft bereits eingeholt haben. Um uns herum machen Wissenschaftler unglaublichste Technologien möglich, doch wir

befinden uns wie in einer Blase, in der wir noch der alten Zeit verhaftet sind und Mühe haben, die Neuerungen überhaupt wahrzunehmen, geschweige denn zu verstehen, was sie bedeuten und wie sie unsere Gesellschaften verändern werden.

*Die Zukunft liegt nicht vor uns, sondern wir befinden uns bereits mitten in ihr. Was uns von dieser Zukunft trennt, ist nicht eine Spanne Zeit, sondern allein die Tatsache, dass wir uns der Veränderungen noch nicht bewusst geworden sind.*

### **Auf breiter Front**

In früheren Jahrhunderten gab es mehr oder weniger abgegrenzte Fortschrittsbereiche, *eine* Disziplin war die jeweilige Königin der Naturwissenschaften. Grob gesagt: Nach von der Mechanik bestimmten Jahrhunderten, die von der Erfindung der Dampfkraft gekrönt wurden, kam die Zeit der Elektrizität, dann die der Chemie, dann die der Atom- und Quantenphysik. Doch dann wurde aus einzelnen Vorstößen in verschiedensten naturwissenschaftlichen Fachgebieten ein lawinenartiges Anwachsen von Wissen, das mit ganz neu erschaffenen Schlüsseltechnologien – von der Quantenphysik bis zur Algorithmik, von der Nanochemie bis zur Reproduktionsgenetik, von der künstlichen Intelligenz bis zur Robotik – alte Gewissheiten auf den Kopf stellt und Türen in unvorstellbare Möglichkeitsräume öffnet. Und viele dieser Technologien sind heute eng miteinander verzahnt und treten miteinander in Wechselwirkung.

Doch nur in Ausnahmefällen werden die Fortschritte von der Öffentlichkeit direkt oder auch nur zeitnah wahrgenommen. So weiß kaum jemand, dass bereits heute ...

- ... die Medizintechnik Querschnittsgelähmte wieder gehen lässt.
- ... allein mit Hilfe unserer Gedanken Roboter gesteuert werden.
- ... Menschen sich mit Hilfe von Neuro- und Bewusstseinstechnologien in Maschinen verkörpern können (und dabei das Gefühl haben, sie seien selbst die Maschine).
- ... im Tierversuch Gehirne zusammenschaltet werden, so dass sie wie ein einziges Gehirn agieren.
- ... Erinnerungen in tierische Gehirne transferiert werden.
- ... neue gentechnologische Methoden wie ›CRISPR/Cas9‹ bereits gezielt Augenfarbe, Körpergröße oder Intelligenz von Tieren manipulieren.
- ... Bakterien zu 100 Prozent künstlich hergestellt werden.
- ... so genannte Quantencomputer gebaut werden, welche Geheimdienste und die Arzneientwicklung ebenso revolutionieren könnten wie das Finanzwesen.
- ... der aus Douglas Adams' Roman *Per Anhalter durch die Galaxis* bekannte ›Babelfisch‹, der simultan fremde Sprachen in die Sprache des Trägers übersetzt, in ersten Einsätzen erfolgreich erprobt wird.
- ... Nanobots, Roboter so groß wie Viren, in lebenden Organismen eingesetzt werden, um dort beispielsweise Krebszellen zu bekämpfen.

... Fleisch und funktionsfähige Organe in 3D-Druckern ausgedruckt werden.

In den nächsten Jahren werden wir noch bedeutend tiefer in die Geheimnisse der Natur eindringen und immer besser erkennen, »was die Welt im Innersten zusammenhält«. Und noch bevor wir überhaupt verstanden haben, welchen Umwälzungen wir heute schon ausgesetzt sind, wird der wissenschaftliche und technologische Fortschritt der nächsten Jahre und Jahrzehnte alle vermeintlichen Gewissheiten noch einmal dramatisch umformen – über die Welt und das Universum, über Raum und Zeit, über Materie und Substanz, über Mensch und Natur und nicht zuletzt über uns selbst und unseren Geist.

*Die Liste der Schlüsseltechnologien, die unser Leben massiv beeinflussen werden, ist länger, faszinierender und oft auch beängstigender als je zuvor.*

Auf den folgenden Seiten gebe ich einen kurzen Überblick über einige dieser Schlüsseltechnologien und ihre Bedeutung und was wir für die menschliche Zivilisation aber auch für den einzelnen Menschen erwarten dürfen<sup>2</sup>.

### **Schlüsseltechnologie 1:**

#### Quantentechnologien 2.0 – Feynmans Visionen

Die einflussreichste physikalische Theorie des 20. Jahrhunderts ist ohne Zweifel die Quantentheorie. Sie erst

<sup>2</sup> Der Zeithorizont dieser Erwartung liegt eher bei 20 als bei 50 Jahren, so dass der Autor sie noch selber erleben dürfte (es ist zu einfach, Vorhersagen zu machen, für die man selber nicht mehr zur Rechenschaft gezogen werden kann).



machte Halbleiter- und Lasertechnologien möglich, ohne die es keine Mikrochips, keine Computer, keine Handys, keine Satelliten-Navigation, keine Mikrowellengeräte, keine Nukleartechnologie, keine bildgebenden Verfahren in der Medizin usw. geben würde. Nach verschiedenen Schätzungen beruht heute zwischen einem Viertel und der Hälfte des Bruttosozialprodukts der Industrienationen direkt oder mittelbar auf Erfindungen mit quantentheoretischer Grundlage.

Trotz ihrer bisherigen Erfolge und Errungenschaften hat die Quantenphysik ihr technologisches Potential bei weitem noch nicht ausgereizt. Der renommierte Quantenphysiker Rainer Blatt sagt für das 21. Jahrhundert ein weiteres »Jahrhundert der Quantentechnologie« voraus, das sowohl die Wirtschaft als auch die Gesellschaft noch einmal fundamental verändern werde: »Wir beginnen gerade erst zu verstehen, was uns durch diese Revolution an Möglichkeiten erwächst.«<sup>3</sup>

Doch die Quantentheorie ist aber nicht nur die bedeutsamste physikalische Theorie der letzten 100 Jahre, sie ist auch die geheimnisvollste. Viele ihrer Aussagen stehen unserer Erfahrungswelt diametral entgegen. So kann sich gemäß der Quantentheorie ein Objekt an mehreren Stellen zugleich befinden, eine Katze kann tot sein und gleichzeitig quicklebendig (zumindest im Gedankenexperiment, wenn man quantenphysikalischen Prinzipien auf die Makrowelt anwendet), Teilchen können wie aus dem Nichts entstehen oder über beliebige Distanzen hinweg in spukhafter Wechselwirkung miteinander stehen.

Der berühmte Quantenphysiker Richard Feynman hielt in den 1950er- bzw. 1980er-Jahren zwei bis heute vielzitierte Vorträge, die als Vision und Programm mög-

licher Quantentechnologien des 21. Jahrhunderts betrachtet werden können. Unter dem Titel *There's Plenty of Room at the Bottom* (»Nach unten ist eine Menge Platz«) beschrieb er 1959, wie zukünftige Technologien auf mikro- und nanoskopischer Ebene funktionieren könnten. Die Ideen seines Vortrags wurden zur Grundlage der Nanotechnologie (siehe den folgenden Abschnitt dieses Kapitels).

In seiner zweiten visionären Rede im Jahr 1981 entwickelte Feynman den Gedanken eines Quantencomputers. Ein solcher Computer beruht, anders als heutige Computer, für Datenspeicherung und -verarbeitung in seinem Kern bereits direkt auf den bizarren Eigenschaften von Quantenteilchen. Anstatt wie klassische Computer Bit für Bit zu verarbeiten, rechnet ein Quantencomputer parallel auf zahlreichen Quantenzuständen, so genannten Quantenbits, zugleich. Dies ermöglicht eine im Vergleich zu gängigen Computern unvorstellbar höhere Rechengeschwindigkeit. Mehr über dieses Thema findet sich in Kapitel 6.

*Mit Quantencomputern werden den Menschen schier unermessliche Möglichkeiten der Informationsverarbeitung zur Verfügung stehen.*

### **Schlüsseltechnologie 2:**

Nanotechnologie – Erschaffung von Gegenständen aus dem ›Nichts‹

Zahlreiche der Ideen Feynmans sind bereits Realität geworden, darunter mikroskopische Datenspeicher, das Elektronenmikroskop sowie mikroskopisch große Daten-

speicher und integrierte Schaltkreise mit Elementen, die nur 10 bis 100 Atome groß sind. Seine bahnbrechendste Vision allerdings war die Konstruktion ultrakleiner Maschinen, die Arbeiten auf allerkleinsten Längenskalen durchführen können. Er beschrieb, wie Nanomaschinen Materie auf der Ebene von Atomen manipulieren und damit jede chemisch mögliche (d.h. energetisch stabile) Verbindung synthetisch herstellen könnten.

Solchen Nanomaschinen wird es möglich sein, sich selbst zu replizieren, sagte Feynman voraus. Diesen Gedanken nahm der Schriftsteller Andreas Eschbach in seinem Roman »Der Herr aller Dinge« (2011) auf. In seinem Zukunftsszenario manipulieren Nanomaschinen einzelne Atome und Moleküle, setzen sie auf nahezu beliebige Art und Weise zusammen, vervielfältigen sich selbst und breiten sich so exponentiell schnell aus. Dank ihrer Fähigkeiten sind diese Nanomaschinen in der Lage, wie aus dem Nichts (d.h. aus den jeweiligen in Luft oder Boden allgegenwärtigen Atomen) Dinge und Wirkungen zu erzeugen. Der Protagonist des Romans lernt sie zu befehligen und jegliche Dinge zu bauen, die er gerade braucht (Autos, Flugzeuge bis hin zu einem Raumschiff). Er schafft dies zuletzt alleine durch seine Gedanken. Ihm wächst so eine unvorstellbare Macht zu.

Sind solche Nanomaschinen möglich? Kein Naturgesetz spricht gegen ihre Herstellung. Tatsächlich nähern sich Forscher immer weiter der Vision Feynmans. In einigen Fällen ist es bereits gelungen, gezielt Strukturen von der Größe einzelner Atome zu manipulieren. Die Vergabe des Nobelpreises 2016 an die Chemiker Jean-Pierre Sauvage, Fraser Stoddart und Bernard Feringa, die Maschinen in Molekülgröße entworfen und hergestellt haben, zeigt, für wie wichtig die Forschergemeinschaft die Arbeiten an Nanomaschinen hält.

In der Medizin werden Nanomaschinen eine große Zukunft vorausgesagt. Schon Feynman deutete an, dass sie in den menschlichen Körper eingeschleust werden könnten, zum Beispiel mit der Aufgabe, sich eigenständig auf die Suche nach Krebszellen zu machen. Zurzeit arbeitet eine amerikanische Institution an der Entwicklung einer Klasse von Nanopartikeln, die Krankheiten, Verletzungen und Infektionen aus dem Körperinneren erfassen und behandeln oder Schmerzsignale im Gehirn unterdrücken können. Das hört sich gut an. Doch bei dieser Institution handelt es sich um die US-amerikanische *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), eine Behörde, die vom Verteidigungsministerium der USA mit Forschungsprojekten für die Streitkräfte beauftragt wird. Ist es überkritisch zu unterstellen, dass derjenige, der Schmerz durch Nanomaschinen verschwinden lassen kann, ihn auch hervorrufen kann. Mehr hierzu in Kapitel 2.

*Mit Hilfe von Nanomaschinen lassen sich aus atomarem Rohmaterial beliebige Produkte herstellen, indem diese einfach die ›richtigen Atome‹ zusammensetzen. Der Schritt zur Selbstreplikation solcher Maschinen und ihrer exponentiellen Verbreitung ist nicht weit.*

### **Schlüsseltechnologie 3:**

Gentechnologie – Designerbabys und der Sieg über den Krebs

Ende 2015 gelang Ärzten eines Londoner Krankenhauses die Heilung eines an einer aggressiven Leukämie erkrankten 14 Wochen alten Mädchens. Das Baby Layla hatte zuvor sowohl eine Chemotherapie als auch

eine Knochenmarkstransplantation über sich ergehen lassen müssen. Doch keine dieser konventionellen Behandlungsmethoden hatte angeschlagen, der Krebs war zurückgekehrt und die Überlebenschancen des Kindes gingen gegen Null. Dann versuchten die Mediziner etwas ganz Neues: Sie schrieben die Gene der Immunzellen eines gesunden Spenders derart um, dass diese den Blutkrebs des Mädchens bekämpfen konnten, ohne von ihrem Immunsystem abgestoßen zu werden. Es funktionierte tatsächlich! Schon einige Wochen nach der Injektion der genetisch veränderten Immunzellen konnten die Ärzte Laylas Eltern erste Erfolge melden. Die Designerzellen hatten die Krebszellen zerstört.

Erst drei Jahre zuvor, im Jahr 2012, war eine neue mächtige Technik, die Eingriffe wie diese stark erleichtert, entdeckt worden. Sie erlaubt Gentechnologen den direkten Zugriff auf einzelne Gene und deren gezielte Manipulation (*genome editing* wird dieses Verfahren genannt). In nur wenigen Jahren hat diese Methode sich zu einem der wichtigsten Werkzeuge der Gentechniker entwickelt. Ihre abkürzende Bezeichnung wird in einigen Jahren nicht weniger bekannt sein als DNA oder Aids: Es handelt sich um ›CRISPR‹ (genauer: ›CRISPR/Cas9‹)<sup>4</sup>.

CRISPR ermöglicht einen sehr viel präziseren und auch wesentlich schnelleren und billigeren Eingriff in das Erbgut von Lebewesen als jede vorhergehende Methode. Bei der Veränderung des Erbgutes von Pflanzen wird die Technologie längst angewendet. So konnten die Biologen mit Hilfe von CRISPR beispielsweise die Gene eines Zuchtchampignons derart verändern, dass Druckstellen

4 ›CRISPR‹ steht für ›Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats‹ und beschreibt Abschnitte sich wiederholender DNA im Erbgut von vielen Bakterien. Die Wissenschaftlerinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna erkannten 2011, dass mit Hilfe des CRISPR/Cas-Komplexes spezifische DNA-Ziele *in vitro* angesteuert und geschnitten werden können.

nicht so schnell braun werden. Der haltbare Pilz war das erste CRISPR-Produkt, dessen Vermarktung die Zulassungsbehörden der USA erlaubten (Frühjahr 2016).

Bei Tieren und Menschen steht die Gentechnologie noch am Anfang. Dabei verspricht sie nahezu Unglaubliches, unter anderem:

- *Heilung* von Aids
- *Behandlung* von bisher als unheilbar geltenden Krankheiten, die durch Gendefekte hervorgerufen werden
- *Schutz* vor Krebs, Diabetes und anderen altersbedingten Krankheiten

Für den Einzelnen ist das ein großer Segen. Indem CRISPR das Genom ›kaputter‹ Zellen repariert, ist diese Methode in der Lage, viel Leid zu verhindern. Doch was passiert, wenn diese Technologie auf embryonale Zellen, Ei- oder Spermazellen angewendet wird? Dann ist nicht nur das Individuum manipuliert, sondern alle seine Nachkommen sind es ebenfalls.

Die CRISPR-Methode sorgt dafür, dass Designer-Babys keine Utopie bleiben. Mit ihrer Hilfe werden sich Eltern die Eigenschaften ihrer Kinder – Augenfarbe, Größe, Intelligenz, Körperstärke und vieles mehr – beliebig zusammenstellen können (was die gegenwärtige ethische Diskussion über Präimplantationsdiagnostik wie ein Vorgeplänkel aussehen lässt). Auch könnten gentechnisch optimierte Menschen schon bald ›normalen Menschen‹ kognitiv und körperlich deutlich überlegen sein. Und was passiert, wenn CRISPR in das Arsenal der biologischen Kriegsführung aufgenommen wird? Schon haben die US-Geheimdienste Geneditiermethoden mit ihren Möglichkeiten einzelne Gene auch missbräuch-

lich zu verändern, auf die Liste möglicher Bedrohungen durch Massenvernichtungswaffen aufgenommen<sup>5</sup>. Und Forschung für militärische Zwecke lässt sich, anders als zivile Wissenschaft, kaum (öffentlich) kontrollieren.

Selten zuvor sind die Fragen, die eine neue Technologie aufwirft, derart schnell in der öffentlichen Diskussion angekommen. Welche Folgen wird CRISPR für eine Gesellschaft haben? Sind wir schon bereit, die moralischen Konsequenzen von Eingriffen in das Erbgut zu überblicken, geschweige denn durch eine Gesetzgebung in den Griff zu bekommen? Kapitel 4 nähert sich den Antworten auf diese Fragen.

*CRISPR ist der wichtigste medizinische Durchbruch dieses Jahrhunderts. Seine unvergleichbare Potenz lässt bereits Philosophen, Theologen und Ethiker über die Macht der neuen Methode diskutieren.*

#### **Schlüsseltechnologie 4:**

Künstliche Intelligenz – Die Kontrolle über unser Leben

Das alte fernöstliche Spiel Go kennt nur wenige Regeln, ist aber in seinen strategischen Feinheiten um Größenordnungen komplexer als das Schachspiel. Ein Spieler kann ein ganzes Leben lang darauf verwenden, seine Fähigkeiten auszubauen und neue Strategien zu erfinden. Dagegen lässt sich das Schachspiel eher als ein kombinatorisches Problem betrachten. Die Spieler rechnen die möglichen Varianten von Zügen bis zur rechentechnischen

5 James R. Clapper, Director of National Intelligence, in einem Report an den US-Senat am 9. Februar 2016

nisch maximal möglichen Tiefe durch. Entsprechend sind Schachcomputer dem Menschen schon länger weit überlegen. Bereits 1997 schlug der IBM-Computer *Deep Blue* den damaligen Weltmeister Garri Kasparow.

Beim Go-Spiel ist das anders. Hier spielen Intuition und Kreativität eine weitaus größere Rolle für den Erfolg als stures Rechnen. Die Maschine muss genauso wie der Mensch, lernen, wie man am besten spielt. Der überraschende Sieg des Computers ›AlphaGo‹ über den Go-Weltmeister Lee Sedol im März 2016 zeigte einer breiten Öffentlichkeit, wie weit die Lernalgorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI) bereits sind. Denn AlphaGo ist nicht nur ein schneller Rechner. Er besteht zum größten Teil aus lernenden – man ist versucht zu sagen: lebendigen – neuronalen Netzen, die Lern- und Denkprozesse des menschlichen Gehirns nachahmen.

Die der heutigen KI zugrunde liegenden Lern- und Optimierungsverfahren (das so genannte *deep learning*) ermöglichen eine maschinelle Intelligenzsteigerung in die Breite. Zukünftige Computer werden nicht mehr nur ausschließlich den bestimmten Zweck bewältigen, für den sie konstruiert wurden (beispielsweise Schachspielen oder schnell rechnen), sondern auf einem sehr viel ausgedehnteren Gebiet einsatzfähig sein. Die Forschung auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz feiert große Durchbrüche auf dem Weg, ihren Traum wahr werden zu lassen, die menschliche Intelligenz nachzubilden und gar darüber hinauszugelangen. Kapitel 6 wird sich damit näher beschäftigen.

Doch wie viel soll und darf ein Computer lernen? Eine solche dem Menschen überlegene künstliche Intelligenz, eine so genannte ›Superintelligenz‹, könnte wiederum die Wissenschaft noch schneller vorantreiben, den technischen Fortschritt noch massiver beschleunigen und ihrerseits weitere künstliche Systeme schaffen, die



dann *noch* intelligenter sind. Solch eine Rückkopplung sorgt dafür, dass Menschen mit dem rasanten technischen Fortschritt intellektuell nicht mehr mithalten könnten (siehe auch Kapitel 3).

Im Jahre 1993 veröffentlichte der Mathematiker und Computerpionier Vernor Vinge die Prognose, dass wir »innerhalb von 30 Jahren über die technologischen Mittel verfügen werden, um übermenschliche Intelligenz zu schaffen.« Das wäre das Jahr 2023. Wir sind auf dem besten Wege, diese Voraussage zu erfüllen.

Sorge sollte uns der gleich anschließende Satz Vinges machen: »Wenig später ist die Ära der Menschen beendet.«

*Einige Wissenschaftler gehen davon aus, dass wir in den nächsten Jahrzehnten oder gar nur Jahren eine Superintelligenz realisieren werden, die die Kontrolle über unser Leben und unsere Zukunft übernimmt.*

### **Schlüsseltechnologie 5:**

Industrie 4.0 – Schlaue Fabriken und das ›Internet der Dinge‹

Wir haben uns bereits an zahlreiche digitale Alltagshelfer gewöhnt, von der App, die uns in Echtzeit über Zugverspätungen informiert, über die elektronische Erfassung der Schritte, die wir gelaufen sind, bis zu Tinder, die paarungsbereite Zeitgenossen in der unmittelbaren Umgebung anzeigt. Doch wie wäre es mit ...

... einem Regenschirm, der zuhause blinkt, wenn es regnen wird?

- ... einer App, die automatisch mit einem individuellen Klingelton anzeigt, wenn die Kinder oder der Ehepartner auf dem Nachhauseweg sind?
- ... einem Portemonnaie, das sich immer schwerer öffnen lässt, je geringer das Guthaben auf der Kreditkarte ist?
- ... Besteck, das registriert, was und wie schnell jemand isst. Wird zu schnell, zu viel oder das Falsche gegessen, piepst die Gabel?

Auch unsere Autos werden intelligenter. Der Hersteller Tesla beispielsweise sammelt von jedem verkauften Fahrzeug über eingebaute Sensoren eine ganze Menge Daten. So konnten die Ingenieure der Firma feststellen, dass Schweizer Kunden insbesondere bei Schnee Schwierigkeiten beim Anfahren am Berg haben (durch starkes Zurückrollen). Tesla entwickelte ein Software-Update, testete dieses kurz und überspielte es dann über Nacht auf alle Tesla-Fahrzeuge weltweit. Am nächsten Morgen hatten die Tesla-Fahrer einen neuen Knopf auf ihrem digitalen Armaturenbrett, der höheres Standgas gibt oder ein automatisches Anfahren ermöglicht.

*Die Objekte unseres alltäglichen Lebens werden immer intelligenter.*

Kühne Visionen, gepaart mit hohen Erwartungen, beflügeln die Fantasie vieler Industriebranchen: Schlagworte wie

- industrielle Revolution 4.0<sup>6</sup>
- intelligente Fabriken

6 Industrielle Revolution 1.0: Massenproduktion durch Maschinen ab ca. 1800  
 Industrielle Revolution 2.0: Akkord- und Fließbandarbeit ab Ende des 19. Jahrhunderts  
 Industrielle Revolution 3.0: Automatisierung durch Computer seit ca. 1970

- Verschmelzung von Industrie und Informatik
- industrie-technologische Evolution
- Internet der Dinge

prägen die Diskussion darüber, wie zukünftig Service-Industrie und Güterproduktion digital bestimmt werden. Dabei beschreiben diese Worte nicht nur eine Zukunft, sondern zugleich eine bereits stattfindende Entwicklung: Kommunikation erfolgt in Form von direkter Maschine-zu-Maschine-Verständigung, wodurch z.B. Transportprozesse in Echtzeit gesteuert werden. Fertigungstechnik, Warenproduktion und Logistik sind automatisiert, Maschinen und Werkstücke im Produktionsprozess über das Internet vernetzt und selbstlernende Software optimiert immer komplexere Abläufe.

Mit steigender Rechenkapazität, schnellerer Vernetzung und immer intelligenterer Datenverarbeitung wird sich diese Entwicklung rasant fortsetzen. Der Einfluss der industriellen Revolution 4.0 auf wirtschaftliche, soziale und gesellschaftliche Prozesse ist bereits deutlich sichtbar. Zum Beispiel kann ein Autokäufer sein Wunschexemplar aus zigtausenden Varianten ganz nach seinem Geschmack zusammenstellen lassen. Und genauso, wie einige Berufsbilder neu entstehen, verschwinden andere völlig in der Versenkung, wie in den Kapiteln 3 und 5 ausgeführt wird.

*Industrielle Revolution 4.0 bedeutet, dass sich Maschinen und Produkte untereinander vernetzen und organisieren, ohne dass Menschen oder zentrale Computer eine koordinierende Rolle übernehmen.*

### **Schlüsseltechnologie 6:**

Neuro-Enhancement – Vom Verstehen zum Verbessern unseres Geistes

Mit Hilfe von Aufputzmitteln wie Modafinil und Methylphenidat (Ritalin) versuchen bereits Millionen von Menschen, ihre kognitive Leistungsfähigkeit künstlich zu verbessern (allerdings mit umstrittenen Ergebnissen). Dahinter steht der Wunsch, fitter, intelligenter und schneller im Denken zu sein. Man muss nur eine Pille schlucken und schon verbessern sich Konzentrations- und Erinnerungsvermögen. Je nach Präparat – teils illegal erworben, teils auf Rezept besorgt – baut so mancher auch darauf, glücklicher und emotional ausgeglichener zu sein.

*›Hirn-Doping‹ durch Psychostimulanzien ist bereits heute an der Tagesordnung.*

In den letzten zwanzig Jahren hat sich das Wissen über Struktur und Dynamik unseres Gehirns vervielfacht. Je mehr wir seine Funktionsweise erfassen, desto zielgenauer können wir unser Fühlen, Denken und Erleben beeinflussen. Wissenschaftler arbeiten sogar an Mikrochips, die sich ins Gehirn pflanzen lassen und unsere Gemütsverfassung permanent verbessern, das Wohlfühlen anheben, unsere Intelligenz, unser Erinnerungsvermögen und unsere Konzentrationsfähigkeit steigern oder gar dauerhafte Glückseligkeit vermitteln.

In seiner Romantrilogie »Black Out«, »Hide Out« und »Time Out« (2010-2012) beschreibt der Schriftsteller Andreas Eschbach ein unheimliches Zukunftsszenario: eine Welt voller Menschen, die mit Hilfe von implantier-

ten Chips direkt über ihre Gehirne kommunizieren können. Sie müssen also nicht mehr miteinander sprechen, sie können miteinander *denken*. Als Folge existieren sie als Teil einer einzigen mentalen Entität mit einem zentralen Hyper-Bewusstsein (der so genannten ›Kohärenz‹), die zugleich alle Gedanken der Menschen kontrolliert.

Tatsächlich beginnen die technologischen Grundlagen des Eschbach'schen Szenarios heute Realität zu werden. Hirnforscher lassen heute schon Gehirne und Maschinen miteinander interagieren. Mit Hilfe von Hirn-Computer-Schnittstellen (so genannter *brain computer interfaces*, BCIs) können zum Beispiel Inhalte aus dem Gehirn eines Menschen auf eine Maschine übertragen werden (siehe auch Kapitel 4).

*Der direkte Zugriff auf die neuronalen Strukturen in unserem Gehirn macht nicht nur die direkte Veränderung unserer emotionalen und intellektuellen Eigenschaften möglich, sondern auch die Verbindung von Mensch und Maschine.*

### **Schlüsseltechnologie 7:**

#### Bewusstseinstechnologien – Virtuelle Welten

Sie sind gelähmt, nur Ihren Kopf können Sie noch bewegen. Eine Pflegerin in einer Schwesterntracht der 1940er-Jahre schiebt Sie im Rollstuhl durch einen finsternen Raum. Dann jagt Ihnen ein Arzt mit verrücktem Blick eine Spritze in Ihren gefühllosen linken Arm. Vor Ihnen liegt ein fleischiger, nackter Mensch, seine Hand an den Genitalien. Eine wahre Kakophonie des Terrors in einem Irrenhaus.

Sie erleben diese Fantasie sehr real als Schockerlebnis, entsprechend sind Ihre physiologischen Reaktionen (Angstschweiß, schneller Atem und Herzschlag). Das beschriebene Szenario ist aber nicht real, sondern virtuelle Realität, in diesem Fall in dem Virtual-Reality-Film ›Catononic‹ der Firma VRSE.

Die neurowissenschaftlichen Erkenntnisse darüber, wie und in welchen Regionen in unserem zentralen Denkorgan Wahrnehmungen, Reaktionen und Gefühle verarbeitet werden, haben gezeigt, dass sich die damit verbundenen hirnpfysiologischen Vorgänge manipulieren lassen, und dies teils sogar verhältnismäßig leicht, entweder durch Vorspielen einer virtuellen Realität oder sogar durch direkte Reizung der entsprechenden Stellen in unserem Gehirn.

Die Bewusstseinstechnologie kann natürlich auch den Eindruck erwecken, den Mount Everest zu besteigen, mitsamt dem »realen und emotional atemberaubenden Gefühl bei der Herausforderung, den höchsten Berg der Erde zu erklimmen«, wie der isländische Hersteller des Spiels ›Everest VR‹ wirbt. Wenn die Sinneseindrücke nicht mehr nur die Optik betreffen, sondern auch noch Wind, Kälte und Erschöpfung buchstäblich mit ins Spiel bringen, wird das Game-Erlebnis von der ›echten‹ Realität nicht mehr zu unterscheiden sein.

Bisher hingen unsere Wahrnehmung und wie wir uns selbst sehen (unser ›Selbstmodell‹, wie es Philosophen nennen) allein von unserer Verbindung mit der uns umgebenden Realität ab. Was wir und wie wir uns selbst erlebten war unmittelbar durch die Stimuli der äußeren Welt gegeben. Mit den neuen Bewusstseinstechnologien gerät der Bezug zu dieser Realität ins Schwanken. Indem unserem Gehirn neue Realitäten vorgespielt werden, lassen sich unsere Wahrnehmung und unser Selbstmodell nahezu beliebig verändern. VR-Technologien beeinflus-

sen also zunehmend nicht nur unsere äußere Lebenswelt, sondern auch unseren subjektiven ›Innenraum‹. Kapitel 8 beschäftigt sich mit den sich daraus ergebenden Folgen.

*Virtuelle Realitätstechnologie ermöglicht faszinierende Anwendungen, aber auch furchterregende Manipulationen unseres Selbstmodells.*

### **Schlüsseltechnologie 8:**

**Biosensoren – Von Apotheker-Fröschen zu Nano-Robotern im Körper**

Bis in die Sechzigerjahre hatte jede Apotheke ein Aquarium mit warmem Wasser, in dem südafrikanische Kralenfrösche gehalten wurden. Der Grund: Sie wurden als Indikatoren für eine Schwangerschaft beim Menschen benötigt. Der Morgenurin der Frau, bei der eine Schwangerschaft vermutet wurde, wurde einem weiblichen Frosch injiziert. Laichte dieser innerhalb von 18 Stunden, hatte der Urin ein bestimmtes Hormon enthalten – der Beweis für die Schwangerschaft der Frau.

Heute gelingt der Nachweis deutlich schneller und weniger aufwendig. Biomarker rufen in extrem kleinen Flüssigkeitsmengen durch chemische Vorgänge Farbreaktionen hervor. Jeder Schwangerschaftstest und jedes Alkoholröhrchen, in das ein Autofahrer pusten muss, ist so ein Mini-Labor. Seit September 2016 werden von der Polizei auch Teststreifen erprobt, mit denen Speichelproben gleich am Straßenrand auf Cannabis und andere Drogen untersucht werden können<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> <https://www.welt.de/regionales/hamburg/article158281904/Polizei-sucht-Drogen-mit-einer-Art-Schwangerschaftstest.html>

*Große Analysegeräte in Laboratorien sind unterdessen zu winzigen Systemen geschrumpft.*

Biosensoren auf Mikro- und Nano-Ebene können auch auf elektronischem Wege mit Hilfe von Mikroprozessor-Chips funktionieren. Ein ›Lab-on-a-Chip‹ kann in wenigen Minuten eine Diagnose für zahlreiche Krankheitssymptome ermitteln.

Schon werden Nano-Partikel dazu verwendet, Medikation gezielt in krankes Gewebe zu transportieren, so dass Krankheitserreger oder mutierte Zellen direkt mit Wirkstoffen attackiert werden können. Man spricht in diesem Zusammenhang von ›medizinischen Wunderkugeln‹.

Die Zukunftsversprechen der Medizin sind allerdings noch aufregender. Sie reichen von ultrakleinen Nano-Robotern (so genannte ›Nanobots‹), die sich permanent durch unseren Körper bewegen und nach Krankheitserregern suchen, automatischen, allmorgendlichen Nano-Checks beim Zähneputzen durch Biomarker, die schwere Krankheiten bereits in ihrem Frühstadium anzeigen, bis dahin, dass defekte Körperteile durch Implantate aus entsprechenden Nano-Teilchen ausgetauscht werden (siehe Kapitel 2).

*Molekulare Maschinen ersetzen die Chirurgie. Sie bewegen sich durch den Blutstrom zu erkrankten Organen und setzen dort Medikamente frei oder führen mikroskopische operative Eingriffe durch.*