

E. W. Udo Küppers

# Die **humanoide** Herausforderung

Leben und Existenz  
in einer anthropozänen  
Zukunft



 Springer Vieweg

---

# Die humanoide Herausforderung

---

E. W. Udo Küppers

# Die humanoide Herausforderung

Leben und Existenz in einer  
anthropozänen Zukunft

 Springer

E. W. Udo Küppers  
Bremen, Deutschland

ISBN 978-3-658-17919-9

ISBN 978-3-658-17920-5 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-17920-5>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Dr. Daniel Fröhlich  
Lektorat: Tobias Hinrichs

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer ist Teil von Springer Nature  
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH  
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

*Gewidmet allen Kindern und Enkelkindern,  
für einen besonnenen und überlegten Umgang mit der Natur,  
in einer kommenden human-humanoiden Gesellschaft  
großer Herausforderungen.*

---

## Vorwort



Der Mai ist gekommen, die Bäume schlagen aus.  
Da bleibe wer Lust hat, mit Sorgen zu Haus.  
Wie die Wolken dort wandern am himmlischen Zelt,  
so steht auch mir der Sinn in die weite, weite Welt.

Im Jahr 1841 schuf Emanuel Geibel das Gedicht zum Frühling, von dem die erste Strophe dieses Vorwort einleitet. Ein Jahr später wurde das Gedicht von Wilhelm Lyra vertont und noch ein Jahr später wurde es als Wanderlied populär.<sup>1</sup>

Bis in die 50er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts hinein war das Singen von Volksliedern in *Volksschulen* und auch höheren Bildungseinrichtungen fester Bestandteil des Musikunterrichts. Das Singen von Volksliedern verkörperte und stärkte einen kulturellen Zusammenhalt. Es war eine zutiefst humane Angelegenheit. Jedes Kind, aber auch jeder Erwachsene sang nicht mechanisch den buchstabengetreuen Text. Die Melodie hatte

---

<sup>1</sup> [http://www.lieder-archiv.de/der\\_mai\\_ist\\_gekommen-notenblatt\\_300063.html](http://www.lieder-archiv.de/der_mai_ist_gekommen-notenblatt_300063.html) (Zugriff: 02.05.2016).

diesem noch einige zusätzliche schwungvolle Tonvariationen verpasst. So wurde zum Beispiel aus dem reinen Text der gesungene Text „[...] Wie die Woholken dort wahaman am hihimmlihichehen Zelt [...]“. Die Gefühle, die Menschen mit dem Singen des Liedes verbanden – vielleicht auch heute noch verbinden –, waren so zahlreich wie die Gesangssolisten. Die Ganzheitlichkeit des Wohlbefindens war beim Singen für Momente deutlich zu spüren; erst recht, wenn in natürlicher Umwelt, in sich selbst organisierenden Wäldern oder entlang arten- und blütenreicher Wiesen gesungen wurde – fern von alltäglichen Zwängen.

Der Schreibtisch im Arbeitszimmer ist so ein Zwang. Auf und neben dem Schreibtisch liegen Stapel von Büchern, Fachzeitschriften und kopierten Blättern aus Fachartikeln, handschriftliche Notizen, verteilt auf unzähligen kleinen farbigen Klebezetteln, auch einige DVDs (Digital Versatile Disk, also ein digitales vielseitiges optisches Speichermedium in Form einer Scheibe) mit Dokumentationen zu Buchkapiteln. Mit anderen Worten: Es herrscht ein konzentriertes Chaos mit kleinen Inseln von Ordnung darin.

Das Schreiben eines Buches ist unstreitig keine rein mechanische Angelegenheit. Man könnte sie aber zu einer machen! Schließlich haben Ingenieure, Mathematiker und Informatiker die Technik der Robotik relativ weit entwickelt. Die programmierten Algorithmen eines Schreibautomaten schöpfen aus dem künstlichen Gedächtnis eine Unzahl von Textbausteinen, die je nach Zielvorgabe in eine sinngebende Syntax übersetzt und niedergeschrieben bzw. ausgedruckt werden. Mit intelligenten Speichermedien, Big Data, künstlicher Intelligenz, künstlichen neuronalen Netze und anderen Techniken mehr könnten *Humanoide* (Menschenähnliche) die kompliziertesten Musikstücke, Gedichte, Romane oder Sachbuchtexte einschließlich damit verbundener Fotos und Grafiken im Handumdrehen aufs Papier bzw. auf den hochauflösenden „Retina-Bildschirm“ zaubern.

Einige Fragen bleiben aber noch offen: Können derartige Humanoide auch die Gefühle, die Gedanken, die den Menschen bei seiner kreativen Arbeiten begleiten und die auf irgendeine Weise in die Ergebnisse seiner Arbeit einfließen, transportieren? Können Humanoide auch die hochkomplexen Umwelteinflüsse, in der sich die Menschen – nicht nur – während der Arbeitsphasen befinden und die einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Menschen als ganzheitliche soziale Lebewesen ausüben, ebenso berücksichtigen? Zweifel sind durchaus angebracht. Das humane Bewusstsein will erst noch humanoid erobert werden.

Wer hat die folgende Situation nicht schon erlebt: Gefesselt an die Schreibtischarbeit – nahe am Thema – will sich auch über Stunden kein entscheidender Fortschritt einstellen. Ideen sind wie weggeblasen. Was tun? Die Erinnerung daran, dass neue Umgebungen neue Einflüsse auf uns Menschen ausüben, wie weiter oben angedeutet, lässt einen Umgebungswechsel sinnvoll erscheinen. Also: hinaus in die Natur, sich bewegen, mobil sein, weit weg von der eigentlichen Schreibtischarbeit, und hoffen, dadurch neue Anregungen für den stockenden Fortschritt des Buchschreibens zu bekommen.

Im nahegelegenen Bürgerpark, einem mit vielen verschiedenen Baumarten und Sträuchern angelegten Erholungsgebiet mitten in der Stadt, empfängt einen – besonders in den Morgenstunden – ein Konzert variantenreicher Vogelstimmen. Kohlmeisen trällern mit



**Abb. V.1** Naturwiese

Buchfinken, Rotkehlchen und Zilpzalpen um die Wette. Junge Amseln scheinen noch keine Angst vor Menschen zu haben, die sich bis auf weniger als 1 m nähern. Das Laufen im artenreichen Park wird begleitet von angenehmen Gerüchen frisch gesägten Holzes. Gelegentlich kriechen kleine Nacktschnecken über den Weg, denen auszuweichen eine gewisse mäandrierende Flexibilität beim Laufen erfordert. Frühlingsregentropfen fallen hier und da von den Blättern der Bäume, man könnte sagen, fast gezielt zwischen Brillengläser und Augen. Die Wiesen duften und stehen in voller Blüte. An besonderen Stellen weisen Schilder auf das Nichtbetreten der Wiesen hin, weil sie als Futtergras für freilebende Rehe angelegt wurden (Abb. V.1).

In unregelmäßigen Zeitabständen kommen einem Läuferinnen und Läufer entgegen. Nicht wenige tragen weiße oder andersfarbige Ohrstöpsel, durch die – mit kleinen technischen *digitalen Wunderwerken* am Oberarm befestigt oder als „Handheld“ im eigentlichen Sinne – Musik oder andere künstliche Geräusche das Ohrinnere beschallen. Der Laufstil bzw. die sich wiederholenden Bein- und Armbewegungen scheinen perfekt gleichmäßig zu sein. Fast könnte man auf den Gedanken kommen, dass Humanoide kaum bessere Bewegungsmuster perfekter Gleichmäßigkeit erzeugen können. Ziehen wir den *gesunden Menschenverstand* zu Rate, den es in unserer digitalisierenden Welt noch gerüchteweise zu geben scheint, dann ist es verblüffend, wie viele Menschen sich bereits als Vorboten fremdgesteuerter humanoider Existenzen verstehen. Mehr als vier Milliarden<sup>2</sup> von ins-

---

<sup>2</sup> <http://www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/> (Zugriff: 31.05.2016).

gesamt 7,35 Mrd.<sup>3</sup> Menschen sind gegenwärtig im Besitz eines *Mobile Phone*. Und der Trend zeigt nach oben.

Jedenfalls ist klar: Die unbeschreibliche Vielfalt der Eindrücke aus der Natur und Umwelt, die mit allen Sinnen berauschend aufgenommen werden können, wird von diesen Läuferinnen und Läufern bewusst völlig ausgeblendet. Aber es sind genau diese Einflüsse aus der belebten Natur – fern von der mechanischen Bucharbeit am Schreibtisch –, die unverhofft neue Ideen zum Vorschein bringen und zu neuen Gedankengängen für Texte und Grafiken führen, die in der Umgebung des Arbeitszimmers vermutlich kaum verarbeitet worden wären, und wenn doch, sicher erst mit mühevoller zeitlicher Verzögerung.

Aber auch der Aufenthalt in schönster Umgebung hat in unserem „zeitbeschleunigten“ Dasein ein Ende. Die feuchtwarme Luft im Bürgerpark erzeugt kurz vor Ende der Laufstrecke eine durch Lichtstreuung sichtbare Nebelwand, durch die in der Ferne eine diffuse Sonne in den frühen Maitag strahlt. Die herunterfallenden Ketten von Regentropfen scheinen an Intensität zuzunehmen. Unmittelbar danach ertönt ein schrilles piepsendes Geräusch aus den Baumkronen, das sich fallend auf den Boden zubewegt und dort mit blinkenden Lichtern ankommt und verstummt. Der Gegenstand ähnelt einem braun gefiederten Singvogel – vielleicht ein Zaunkönig, der von einem Kuckuck aus dem Nest geworfen wurde? Aber was bedeuten die blinkenden Lichter? Bei näherer Untersuchung zeigt sich ein perfekt modellierter Zaunkönigkörper, mit kleinsten LEDs (Licht emittie-



**Abb. V.2** Digitalwiese

<sup>3</sup> <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/> (Zugriff: 31.05.2016).

rende Dioden, stromführende elektrische Bauteile) und einem Gewirr von Verdrahtungen. Die Überraschung nach diesem Befund ist groß. Ein *Animaloid*? Eine künstliche Tierart in lebendiger biologischer Umgebung? Ein seltsamer Fund in der Natur! Bevor noch ausführlich darüber nachgedacht werden kann, verzieht sich der Nebel und eine große freiliegende Wiese breitet sich aus, an deren Rand wieder das bekannte Hinweisschild steht, diesmal mit einem Text – Abb. V.2 –, der überrascht.

Ist das ein Tagtraum? Oder spielt uns die Wahrnehmung einen Streich? War nicht vor kurzer Zeit noch alles biologisch und analog? Und nun erscheinen Umwelt und Natur als künstlich digitalisiert in einer täuschend realistischen Weise, so wie sie bisher unser Leben bestimmt?

Gottseidank löst sich diese Diffusion der Gedanken schnell auf und die wahre Realität ist wieder Herr des Geschehens. Der Weg zum Arbeitsplatz Schreibtisch nimmt einige neue Ideen mit in dieses Buch. Man kann sich noch auf sein bewährtes, über Jahrmillionen stetig weiterentwickeltes komplexes Gehirn verlassen – gelegentliche optische Täuschungen hin oder her. Die produktive Arbeit am Buch kann wieder aufgenommen werden – bis zum nächsten Waldlauf, fern vom eigentlichen Ort des Geschehens.

---

## Danksagung

Mein besonderer Dank gilt dem Springer-Verlag der dieses Buch ermöglichte. Insbesondere aber danke ich Herrn Dr. Daniel Fröhlich im Springer Lektorat Energie- I Umwelttechnik und Herrn Tobias Hinrichs vom Lektorat T. Hinrichs. Mit beiden konnte die Zusammenarbeit nicht besser sein. Einen herzlichen Dank geht an meine Frau Christiane und meine Kinder Jan-Philipp und Bianca, für ihre vielen Ratschläge und praktischen Hilfen, die den Text des Buches bereichern. Insbesondere danke ich aber meiner Frau, die meine langen Tage und Nächte des Recherchierens und Schreibens tapfer ertrug und mich stets mit ihrer Gelassenheit und einer Tasse Kaffee aufmunterte.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
 <b>Teil I Anforderungen</b>		
<b>2</b>	<b>Im Spannungsfeld von Humanen und Humanoiden</b> .....	<b>7</b>
2.1	Was ist Leben? .....	11
2.2	Was ist <i>humanoide</i> Existenz? .....	25
2.2.1	Was motiviert Menschen, Humanoide zu entwickeln? .....	25
2.2.2	Bukimi no tani – Masahiro Moris Tal der Unheimlichkeit- default]Tal der Unheimlichkeit .....	26
2.2.3	Humanoide Existenz ist ... ..	29
2.2.4	Definitionen, Anforderungen, Eigenschaften .....	31
2.2.5	Gesetze für Humanoide .....	32
2.2.6	<i>Humanoide</i> vor Leonardo da Vinci .....	34
2.2.7	<i>Humanoide</i> seit Leonardo da Vinci .....	36
2.3	Analoges Denken, Lernen, Vergessen versus digitales Sammeln, Verarbeiten, Speichern .....	53
2.3.1	Drei spezielle Blicke auf unser Denkgorgan .....	53
2.3.2	Menschen unter sich – Analoges Denken, Lernen, Vergessen, Miteinander-Reden .....	58
2.3.3	Humanoide unter sich – Digitales Sammeln, Speichern, Verarbeiten .....	73
2.3.4	Die Semantische Lücke – Sich miteinander verständigen .....	77
2.4	Analoges Denkgorgan – Doppelmoral und digitales Dauerfeuer .....	88
2.5	Macht des kurzfristigen Wohlgefallens – Ohnmacht der nachhaltigen Veränderung .....	96
2.5.1	Sich selbst verstehen und andere ändern? .....	96
2.5.2	Müheleose Gewohnheit und Sisyphusarbeit Nachhaltigkeit – Kurzfristiges Denken und langfristiges Denken .....	98

2.5.3	Können Humanoide routiniert und innovativ, glücklich und traurig sein? .....	104
Literatur	.....	106
<b>3</b>	<b>Fundamentale Treiber in einer humanen-humanoiden Gesellschaft</b> .....	113
3.1	Im HUMANoiden Anthropozän .....	113
3.1.1	Das Anthropozän .....	113
3.1.2	Energie .....	132
3.1.3	Rohstoffe, Werkstoffe .....	136
3.1.4	Daten, Information, Wissen .....	146
3.2	Risikokultur: Risiko – Fehlerchronik – Verantwortung .....	153
3.2.1	Risiko .....	153
3.2.2	Fehlerchronik .....	156
3.2.3	Verantwortung .....	166
3.3	Ethik .....	168
3.3.1	Humaner-humanoider Ethik-Kosmos .....	168
3.3.2	Roboterethik für Humanoide und in Humanoiden .....	175
3.4	Recht .....	188
3.4.1	Mensch und Recht .....	188
3.4.2	Humanoide Roboter und Recht .....	189
Literatur	.....	194

## Teil II Veränderungen

<b>4</b>	<b>Das ICH, die Optimierung und die Gesellschaft</b> .....	203
4.1	Das ICH – Vom natürlichen analogen zum künstlichen digitalen ICH ..	203
4.1.1	Das natürliche analoge ICH .....	203
4.1.2	Das künstliche digitale ICH .....	210
4.2	Natürliche Intelligenz – NI .....	213
4.2.1	Bewusstsein .....	213
4.2.2	Bewusstsein zum Zweiten, Unbewusstsein, Intuition und Bauchentscheidungen .....	214
4.2.3	Natürliche Intelligenz – Von den San bis zu den Astronauten ..	221
4.3	Künstliche Intelligenz – KI .....	224
4.3.1	Kann KI alles was Menschen können? – Oder existieren Grenzen? ..	224
4.3.2	Einblicke in die Künstliche Intelligenz .....	230
4.3.3	Ausblicke auf die Künstliche Intelligenz .....	240
4.4	Digitalisierung in humanoiden Sphären – Humanoide Praxis .....	246
4.4.1	Humanoide Praxis – Roboter-Kooperation außerhalb des vorab definierten humanoiden Erfahrungsraums .....	247
4.4.2	Dienstleistende Humanoide – Vorbemerkungen .....	249

4.4.3	Dienstleistende Humanoide – Ein Fächer von Tätigkeitsfeldern	251
4.5	Ist „Leben und Lernen 2.0“ unsere Zukunft?	275
4.5.1	Digitaler Teufelskreis Angriff – Abwehr	276
4.5.2	Datendiktatur, Demokratie und digitales Manifest	278
4.6	Kleine digitale Helfershelfer	282
4.6.1	Animaloide	284
4.6.2	Plantoide	292
	Literatur	294
<b>5</b>	<b>Arbeiten und arbeiten lassen – Kämpfen und Kooperieren um Arbeit</b>	<b>305</b>
5.1	Begriffsbestimmung	305
5.2	Arbeiter und „Kobots“	320
5.2.1	Arbeiter	321
5.2.2	Kobot – Cobot	322
5.2.3	Mensch-Kobot-Arbeitsplatz	326
5.2.4	Anwendungsspektrum von Mensch-Roboter-Arbeiten	335
5.3	Ein unsicherer Zahlenblick in eine Roboterzukunft	342
5.4	Arbeit im analogen-digitalen Kosmos	347
5.4.1	Historische Umbrüche von „Industrie 1.0“ bis „Industrie 4.0“	347
5.4.2	Arbeit in „Industrie 4.0“	357
5.5	Arbeiten und Arbeiten lassen 2050	365
	Literatur	370
<b>6</b>	<b>Analoge Freizeitaktivität oder digitale konditionierte Ertüchtigung?</b>	<b>375</b>
6.1	Ist Freizeiterleben mit allen Sinnen anachronistisch?	375
6.2	Die perfekt gesteuerte Kondition	379
6.3	Uchi mata mit einem Humanoiden	382
6.4	Homo ludens, Homo faber, Homo humanoide, Humanoide	384
	Literatur	390
<b>Teil III Entspannungen</b>		
<b>7</b>	<b>Muße im digitalisierenden humanoiden Anthropozän</b>	<b>395</b>
7.1	Erschöpfte offene Gesellschaft – Getriebene im Netz digitaler Verdichtung	395
7.2	Mit digitalem Volldampf in den rasenden Stillstand?	397
7.3	Die Zeit – Was wir darunter verstehen oder verstehen sollten	400
	Literatur	402

---

<b>8</b>	<b>Cui bono? Wem zum Vorteil?</b> .....	403
	Literatur .....	418
<b>9</b>	<b>Schlusswort</b> .....	421
	<b>Glossar</b> .....	423
	<b>Erwähnte Personen ohne direkten Quellenbezug</b> .....	451
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	453

Sicher erinnern Sie sich noch an unbeschwerte, abwechslungsreiche Stunden bei Ihrem Spaziergang über ein Volksfest. Die Atmosphäre war bunt und schrill. Aus jeder Kirmesbude prasselte eine andere Musik in Ihre Ohren. Die Losbudenverkäufer hatte kaum mehr Stimme, sie überschlugen sich im Anbieten von Losen mit Sonderpreisen. Hier und da bleiben Sie stehen, um etwas zu essen, zu trinken oder Karussell zu fahren. Wild-West-Wasserrutschen und Achterbahnen haben es Ihnen angetan. Der Rausch der Geschwindigkeit, immer begleitet mit etwas Unsicherheit, macht den Reiz des Fahrens aus. Sie gehen in eines der großen Festzelte, in denen Musikkapellen bzw. Rock-Bands versuchen, sich gegenseitig in der Lautstärke zu übertreffen, sodass normale Gesprächslautstärke untergeht. Das Schlagen mit dem Hammer auf einen Metallstift (haut den Lukas) muss auch sein. Dabei saust – je nach Schlagstärke – eine Markierung an einem Brett senkrecht in die Höhe, um Ihnen mit lustigen Worten wie „Supermann“ oder „Pantoffelheld“ anzuzeigen, wie physisch stark oder schwach Sie doch eigentlich sind.

Es ist ein Volksfest, bei dem alle Ihre Sinne angesprochen werden. In keiner Sekunde Ihres Rundgangs verspüren Sie auch nur den Hauch von Langeweile oder Müdigkeit, obwohl Sie bereits etliche Kilometer gelaufen sind. Ihre Neugier treibt Sie immer weiter über den Platz, um Neues zu sehen, sich im Spiegelkabinett zu beweisen oder mit der Geisterbahn Gruseffekte zu erleben, die Ihren ganzen Körper zittern lassen.

In gewisser Weise begeben Sie sich beim Lesen der folgenden Kapitel auch auf eine Art Reise über ein gesellschaftliches „Volksfest“ – nur mit anderen Beteiligten. Menschen – Humane – und Menschenähnliche – Humanoide – sind die beiden Pole in einem Zeitalter zunehmender Unsicherheit und Ungewissheit. Menschen sind – trotz hinreichender Erkenntnisse – aktiv dabei, ihre eigene Lebensgrundlage zu zerstören. Das Zeitalter des *ANTHROPOZÄNS* sagt nichts anderes aus. Zwischen den beiden Polen Mensch und Humanoide (im erweiterten Sinn zählen zu Humanoiden sowohl menschenähnliche Schreitroboter als auch sich rollend fortbewegende Roboter in vager Menschengestalt) besteht ein komplexes Netzwerk aus Haupt- und Nebenverknüpfungen. Nur leiten diese Hauptwege Sie nicht von Karussell zum Karussell, sondern direkt oder indirekt zu techni-

schen, wissenschaftlichen bzw. gesellschaftlichen Erkenntnissen, vorteilhaften Lösungen, Problemen, aber auch Ängsten und Befürchtungen. Innerhalb der Einzelkapitel werden Sie verführt, viele Nebenwege oder kleine Trampelpfade zu gehen, die zu überraschenden Erkenntnissen führen oder führen können.

So ähnlich, wie Sie mit allen Ihren Sinnen ein Volksfest wahrnehmen, so möchte ich Sie durch das Wegenetz von humanen und humanoiden Verknüpfungen führen. Nicht die Fokussierung auf einzelne Vor- und Nachteile, die in diesem Wirkungsnetz auch besprochen werden, ist grundlegend, sondern erst durch das *Erkennen von Zusammenhängen* und deren Wirkungsauslösungen zeigt sich der wahre Kern in dieser komplexen *HUMANEN* und *HUMANOIDEN* Umwelt.

Eine überlieferte, vielfach bekannte Weisheit des Zen-Buddhismus besagt: *Wenn Du in Eile bist, mache einen Umweg*. Die folgenden Kapitel bieten dazu ausreichend Gelegenheit. Schließlich ist auch der Weg des Lebens nicht immer geradlinig. Es verläuft um viele Ecken, durch viele Kurven, sozusagen in Mäandern entlang einer Zeitlinie. Auf dem Weg durch dieses *Sachbuch* verbergen sich hinter den Kurven der Kapitel gelegentlich neue Erkenntnissen aus anderen Disziplinen, die in einem streng strukturierten *Fachbuch* kaum vorkommen. An dieser Stelle kann daher nur auf das reichhaltige Fachbuchreservoir über Robotik und noch mehr Konferenzen zum Thema verwiesen werden.

Das vorliegende Sachbuch „Die humanoide Herausforderung – Leben und Existenz in einer anthropozänen Zukunft“ verknüpft zwei dominante gesellschaftliche Einflussphären miteinander: Natur und Technik oder Umwelt und Digitalisierung. Daraus ergibt sich ein Kosmos von interdisziplinärem bzw. intradisziplinärem Wissen, durch den viele Fachdisziplinen angesprochen werden. Der Wissensprofit wird aber dadurch nicht einseitig auf Ingenieure gelenkt, die sich neben anderen Zielen mit neuesten Technikvariationen von mehrdimensionalen Steuerungsprozessen im Raum gegenseitig zu übertrumpfen versuchen. Unstreitig tragen derartige Ingenieurleistungen auch zum Fortschritt der Robotik bei – aber eben nicht ausschließlich.

Den geneigten Leserinnen und Lesern wird aufgrund der Vielfalt der angesprochenen Themenkomplexe auch ein Glossar – am Ende des Buches – mitgegeben, in dem Begriffe verschiedenster Disziplinen verständlich erklärt werden.

Drei römisch bezifferte Hauptbereiche teilen den Buchinhalt nach

- I Anforderungen
- II Veränderungen und
- III Entspannungen.

Unter *I Anforderungen* werden grundlegende Erkenntnisse der humanoiden Robotik beschrieben, wobei wir historisch bis in die Zeit der Renaissance Leonardo da Vincis und davor zurückblicken. Es folgt ein Kapitel über analoge und digitale Prozesse bei Menschen und Robotern, um anschließend auf das grundlegende Thema Anthropozän und seine Folgen einzugehen, an denen Menschen ursächlich beteiligt sind und in das humanoide Roboter hineinwachsen. Fundamentale Treiber des Lebens und der Robotik wie

Energie, Stoffe und Informationen werden ausführlich behandelt. Das Folgekapitel befasst sich mit drei besonderen Themenkomplexen zu Risiko, Ethik und Recht, die insbesondere bei Mensch-Roboter-Interaktionen noch am Anfang ihrer Entwicklung stehen.

Unter *II Veränderungen* subsumieren sich Optimierungsstrategien für Menschen und Humanoide, die – verknüpft mit sogenannter künstlicher Intelligenz – unterschiedliche Ziele und Anwendungen verfolgen. Außerdem werden tierische und pflanzliche Roboter als kleine digitale Helfer des Menschen präsentiert. Es folgt das Kapitel Arbeiten und arbeiten lassen, in dem die kollaborierenden Arbeitsprozesse zwischen Mensch und Roboter und damit zusammenhängende Kriterien herausgestellt und beschrieben werden. Dieses arbeitsspezifische Tätigkeitsumfeld von Mensch und Roboter wird anschließend erweitert durch den Bereich Freizeitaktivitäten.

Unter *III Entspannungen* fragen wir nach Muße im digitalisierenden humanoiden Anthropozän und ob sie überhaupt im ursprünglichen Wortsinn für Menschen erreicht werden kann. Das letzte Themenkapitel nimmt Entspannungen im optischen Sinn wahr. Es weitet den Blick fürs Ganze und widmet sich der Frage: Wem gerät die Digitalisierung und Robotik im Anthropozän zum Vorteil und welche grundlegenden Beziehungen sind zu berücksichtigen, um nachhaltige Entwicklungen anzustoßen, ohne Gefahr zu laufen, in Katastrophen zu enden?

Ihre Lesereise kann nun beginnen. Das Ziel Ihrer Reise ist nicht – wie bereits angedeutet – schnell und sicher durch die *KOMPLEXITÄTSLANDSCHAFT* des Buches zu eilen, sondern durch Seitenpfade von Kapiteln und Unterkapiteln zu streifen, auch wieder zurückzugehen oder im Kreis zu wandern, hier und da innezuhalten und am Ende der Reise zu rufen: *Heilige Scheiße, was für ein Abenteuer!*

---

# Teil I

## Anforderungen

Über das visionäre Thema *HUMANOIDE* zu schreiben, ist immer dann gewagt, wenn der klar umrissene ingenieurtechnische Raum von Forschung, Entwicklung und präziser Funktionalität in der Anwendung überschritten wird und Aspekte menschlichen evolutionären Daseins berührt werden. Warum ist das so? Weil mit einem Mal eine Explosion von Komplexität hinzukommt, die keiner durchschauen kann. Wir begeben uns in ein Umfeld von Wahrscheinlichkeiten, Unsicherheiten und Überraschungen, das Ingenieuren nicht vertraut ist. In diesen hochgradig dynamischen und vernetzten Zusammenhängen von Mensch und Maschine, von Gesellschaft und Technologie ist die Zukunft ungewiss.

Und doch wagen sich nicht wenige Menschen auf diesen Pfad der Voraussagen zukünftiger Entwicklungen. Andererseits: Was wäre die Menschheit ohne Visionen oder visionäre Fortschritte? Wir wären wahrscheinlich gedankenärmer, eintöniger, gleichgültiger, mechanischer. Visionen zu besitzen und zu benutzen, um neue Entwicklungen anzustoßen, die den Menschen eine hoffentlich segensreiche Zukunft verheißen, ist sowohl ein vielversprechendes als auch ein riskantes Unterfangen.

Es ist vielversprechend, weil durch innovative Prinzipien und Techniken erfolversprechende Lösungen für bisher nicht lösbare Probleme – in welchem biosphärischen Umfeld auch immer – erarbeitet werden können. Denn die Biosphäre ist der Raum, in dem Leben erzeugt wird, wächst und sich fortpflanzt. Seit mehr als vier Milliarden Jahre existiert Leben auf der Erde. Die Spezies des *homo sapiens*, des weisen Menschen, blickt auf eine zirka 200.000-jährige Entwicklung zurück (Mayr 2003, 296).

Die konkrete Alterszahl 200.000 Jahre für die Spezies des „weisen Menschen“ wird nachfolgend noch in anderem Zusammenhang genannt, wobei klar ist, dass die Entwicklungslinie des Menschen bzw. Frühmenschen zirka 4 Millionen Jahre zurückreicht.

Riskant ist der Weg des Fortschritts in eine unbestimmte Zukunft, weil die Neugier des Menschen eine starke evolutionäre Triebfeder ist, die oft Grenzen überschreitet um der unbedingten Machbarkeit willen und nicht zuletzt auch aus dem Bestreben heraus, Macht zu demonstrieren.

Es ist also ein zweischneidiges Entwicklungsschwert das wir höchst angepasst führen müssen:

► Fortschritt in Richtung nachhaltiger Weiterentwicklung unter ganzheitlicher vorausschauender Berücksichtigung möglicher Folgeprobleme.

Eben diese Dualität von Vision und Risiko berührt auch den Kern dieses Buches. Aus ihr können zwei fundamentale Fragen abgeleitet werden, deren spezifische Antworten, Bezüge und Gegenüberstellungen sich über die Kap. 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 verteilen:

1. Was ist Leben?
2. Was ist humanoide Existenz?<sup>1</sup>

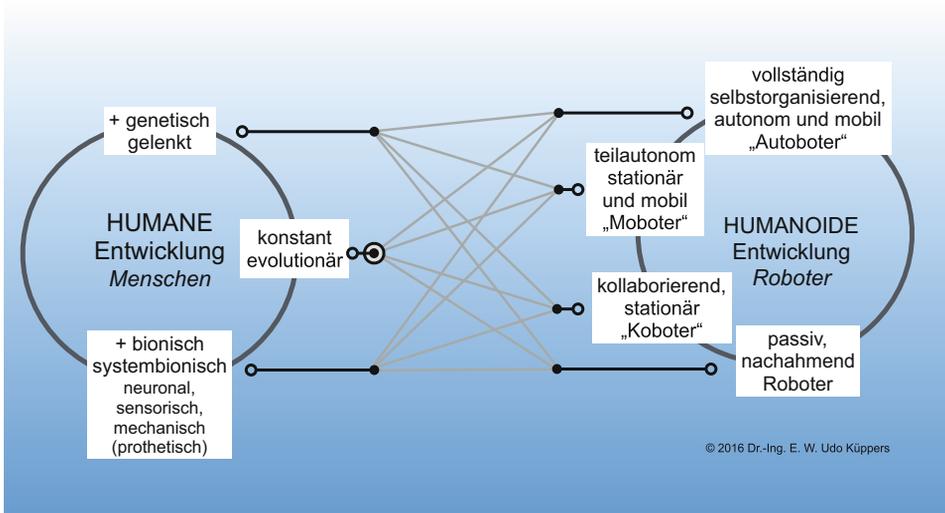
Ganz allgemein wollen wir aber schon an dieser Stelle auf beide Fragen mit der notwendigen Tiefe eingehen und versuchen herauszuarbeiten, welche Bedeutung sie für die Weiterentwicklung auf unserem Planeten besitzen.

Die vernetzte Darstellung in Abb. 2.1 basiert auf folgenden Annahmen:

1. Die evolutionäre Weiterentwicklung des Menschen ist im humanen-humanoiden Beziehungsgeflecht der zentrale Zeitpfeil, der alle anderen Entwicklungen dominiert.
2. Die Verknüpfungen zwischen humanen und humanoiden Entwicklungen führen sowohl zu immateriellen (Software, z. B. Künstliche Intelligenz, Schwarm-Algorithmen) als auch zu materiellen (Hardware, z. B. Exoskelett, Roboterarm) Lösungen oder Verbänden beider.
3. Genetische und bionische/systembionische Entwicklung sind additive (PLUS-Symbol)- „Techniken“, die aus evolutionärer Entwicklung hervorgegangen sind. Ihr praktischer Einsatz ist sowohl in humanen wie auch in humanoiden Entwicklungsszenarien sowie über geeignete Bio-Tech-Schnittstellen im Verbund beider Sphären zu sehen.

Eine Ahnung dieser Entwicklung führt zurück in die 1960er und 1970er-Jahre, die frühe Entwicklungsphase der Bionik – als eine Wissenschaftsdisziplin im Grenzbereich zwischen Natur und Technik, die sich natürlichen optimalen Prinzipien und deren technischen Anwendungen widmet –, in der bereits als eigenständiger Zweck die bionische

<sup>1</sup> In Zusammenhang mit dem Adjektiv humanoid (mensenähnlich) wird im Folgenden statt Leben der Begriff der Existenz (Vorhandensein) benutzt, weil das Substantiv Leben ein Zustand ist, den alle Lebewesen gemeinsam besitzen, um sich von toter Materie abzugrenzen. Humanoide werden daher als menschenähnliche, aber nicht lebende Existenzen beschrieben, die sich deutlich von der lebenden *Ganzheit* eines Menschen unterscheiden. Zwischen beiden Polen, Mensch und menschenähnliche Existenz, sind eine Vielzahl von Hybriden denkbar (siehe auch weiter unten Abb. 2.2). Der Begriff Roboter, hergeleitet aus dem tschechischen Wort *robota*, was so viel bedeutet wie unfreiwilliger Arbeiter, wurde durch den Tschechen Karel Čapek in seinem Theaterstück R.U.R (Rossum's Universal Robots) 1921 geprägt (Bear in Asimov 2006). Letztlich bedeuten humanoide *Existenz* oder humanoide Roboter aber dasselbe.



**Abb. 2.1** Hybride Lebens-Existenz-Formen zwischen den beiden extremen Humane und Humanoide

Prothetik präsent ist. Nicht nur die Technik künstlicher Gliedmaßen sondern auch künstliche Gehörimplantate, impulsgebende Nervenschrittmacher oder elektronische neuronale Schaltungsnetze waren neben aero- und hydrodynamischen Analysen und Experimenten frühe bionische Forschungen und Entwicklungen.<sup>2</sup>

In diesem Zusammenhang möglicher Verknüpfungen zwischen Mensch und Humanoiden taucht auch der Begriff des *Cyborg* auf. Er ist ein Akronym von *Cybernetic Organism*, also eines kybernetischen Organismus, wobei Kybernetik seit Norbert Wiener (1963) der Ausdruck für *Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine* ist.

Cyborgs werden weder als zu 100 % Mensch noch als zu 100 % Maschine angesehen. Ausgehend von menschlichen Schwächen, die durch Krankheiten, Unglücke oder genetisch bedingt entstehen, werden Teile vom menschlichen Körper durch funktional vergleichbare biologisch verträgliche, technische bzw. technisch-elektronische Elemente ersetzt. Lesenswert ist hierzu der Beitrag über „*Chemie der Cyborgs – Zur Verknüpfung technischer Systeme mit Lebewesen*“ von Gieselbrecht u. a. (2013).

Technisch-philosophisch, aber auch rechtlich-verantwortlich schließt sich die Frage an: Wann, bzw. in welchem Stadium der Cyborg-Entwicklung dominiert noch der Mensch oder schon die künstlich intelligente Existenz? Ist die Antwort so einfach, wie es Spreen (2010, 170) skizziert, indem er die „*Technisierung des Körpers*“ durch einen Schiebe-

<sup>2</sup> Der Autor hat Ende der 1970er/Anfang der 1980er-Jahre an der Technischen Universität Berlin im Fachbereich Verfahrenstechnik in Bionik promoviert.

regler auf einem horizontalen Maßstab zwischen lowtech – Niedrigtechnologie – (links) und hightech – Hochtechnologie – (rechts) über die mittig angebrachte Markierung der „Hautgrenze“ positioniert? Oder sind wir bereits – bewusst oder unbewusst – mitten in einer *Cyborgschen Sphäre*, etwa mit „Google-Glass“, einem tragbaren Minicomputer im Brillengestell, der uns über eine Bildschirmanzeige zusätzliche Daten und Informationen vor den Augen einblendet, oder durch permanentes Verbundensein mit dem Mobiltelefon und Nachrichten aus aller Welt? Dies sind Fragen, die noch ganz am Anfang der laufenden Entwicklung Humaner und Humanoider stehen und sicher noch die eine oder andere Überraschung in sich bergen – und sie führen ebenfalls zurück zur Grundfassung der Kybernetik in Mensch und Maschine. So schreibt Wiener im Vorwort zur 2. Auflage von Kybernetik:

Als ich zuerst [1948 d. A.] über Kybernetik schrieb, bestanden die Hauptschwierigkeiten, einen Standpunkt einzunehmen, darin, dass die Vorstellungen der statistischen Informationstheorie und der Regelungstechnik neu waren und sogar auf die Denkhaltung der Zeit schockierend wirkten. Heute sind sie so allgemein bekanntgeworden wie das Rüstzeug der Fernmeldeingenieure und der Entwickler automatischer Regelungen, [...]. Die Rolle der Rückkopplung, sowohl bei technischen Entwicklungen wie auch in der Biologie, ist wohlbekannt geworden. Die Betrachtung der Information und die Technik des Messens und des Übertragens von Information ist für den Ingenieur, für den Physiologen, den Psychologen und den Soziologen zu einer regelrechten Disziplin geworden. Die Automaten, von der ersten Ausgabe dieses Buches kaum vorhergesagt, sind Wirklichkeit geworden, und die mit ihnen verknüpften sozialen Gefahren, vor denen ich nicht nur in diesem Buch, sondern auch in seinem kleinen populären Gefährten „The Human Use of Human Beings“ warnte, sind ebenfalls eine Realität.

Wissenschaftler vom Range eines Norbert Wiener, die – nicht nur – technisches Neuland betreten und dadurch bisher völlig unbekannte Erkenntnisse der Nachwelt zur Verfügung stellen, haben immer auch vorausschauend Probleme und Risiken thematisiert, die mit ihren Erkenntnissen oder Erfindungen gekoppelt sind, beziehungsweise sein könnten. Sie waren zu ihrer Zeit weitblickender als manche heutige Gelehrte, Forscher und Entwickler, die mit großer Akribie und großem Ehrgeiz neue Ziele zu verfolgen scheinen, bei deren Realisierung Folgeprobleme oft stillschweigend in Kauf genommen werden.

In welche Richtung und mit welcher Intensität und Kreativität uns die humanoide Entwicklung führen wird, ist ungewiss. Eines bleibt allerdings festzuhalten:

Die Macht der Evolution wird auch durch die oft postulierte Weiterentwicklung des Menschen an der Schwelle zu humanoiden Existenzen nicht so leicht aus den Angeln zu heben sein.

## 2.1 Was ist Leben?

Tell me, what is my life without your love?  
Tell me, who am I without you, by my side?  
Chorus aus WHAT IS LIFE  
von George Harrison, 1970

Die Suche nach einer Antwort darauf, was Leben ist, ist vermutlich so alt wie der erste Mensch, der darüber nachdachte. Vielleicht war es ein *Australopithecus* vor 3 bis 4 Mio. Jahren oder ein *Homo sapiens neanderthalensis* vor 200.000 bis 300.000 Jahren oder einer der ersten Vertreter moderner Menschen (*homo sapiens sapiens*), der *Cromagnon-Mensch* in den Höhlen von Lascaux, in Frankreich, vor rund 40.000 Jahren. Wir wissen es nicht. Auch hat sich die Philosophie (Wolf 1999) des Themas „Leben“ angenommen, indem sie nach dem Sinn des Lebens oder danach fragte, was gutes Leben ist. All dies sind Versuche einer Beschreibung, die sich um den eigentlichen Kern, was Leben ist, drehen.

Im Vorwort zu Lynn Margulis und Dorion Sagans Buch über Leben (1997) erklärt Nils Eldredge vom Amerikanischen Museum für Naturgeschichte in New York:

Leben ist eine wahre Orgie biologischer und intellektueller Vielfalt. Wir treffen auf Mikroorganismen, für die Sauerstoff ein Gift ist, und auf andere, die Schwefelverbindungen veratmen. Wieder andere ernähren sich von Wasserstoff und Kohlendioxid, ohne jemals Energie direkt aus dem Sonnenlicht oder aus der Substanz anderer Lebewesen aufzunehmen. [...] Wir sehen, wie die Haut der Erde sich als überzeugendes Bild eines einzigen Überlebenswesens darstellt. Und wir erfahren, dass die Evolution, die diese üppige Fülle hervorgebracht hat, auf erstaunlichen Wegen vorgegangen ist: Mehr als einmal sind einfache Organismen zu komplexen Folgearten verschmolzen. Darin liegt eine besonders interessante Geschichte von intellektueller Tiefe und Tollkühnheit.

Diese *Tiefe* und *Tollkühnheit* von Leben hat sich über Jahrmilliarden zu einer biologischen Vielfalt ausgebreitet, deren Fortschritt höchst gefährdet scheint. E. O. Wilson lässt in seinem Buch mit dem Titel *Ende Der Biologischen Vielfalt* (1988, deutsch 1992) verschiedene Autoren zu Wort kommen, die sich mit der Bewahrung und Gefährdung der biologischen Vielfalt auseinandersetzen. Zwei Themenkomplexe sollen hier gebührend betrachtet werden:

1. Der Wert der biologischen Vielfalt und
2. Wissenschaft und Technologie: Welche Hilfen leisten sie?

Das erste Thema ist so aktuell wie nie. Die sukzessive wirtschaftliche Vereinnahmung der Natur führt uns fast täglich vor Augen, wie es um die Zukunft unseres Planeten und unser aller Leben bestellt ist: nicht besonders gut.

Das zweite Thema ist nicht weniger aktuell. Es betrifft einerseits die zunehmende Technisierung und Ausbeutung natürlicher Ressourcen (hier geht es in erster Linie um

wirtschaftliche Kosteneffizienz, weit jenseits jeder *wahren Werte*, die uns die Natur zum Leben kostenlos (!) zur Verfügung stellt). Andererseits helfen Techniken auch, Arten zu erhalten. Ob Humanoide eines Tages überhaupt (und wenn ja: auf welche Weise) Anteil am Erhalt und Fortbestand von Leben besitzen werden, ist gegenwärtig noch völlig offen.

Konzentrieren wir uns erst einmal auf den Wert der biologischen Vielfalt an sich, als essentielle Grundlage für die Entwicklung von Leben. „*Wie hoch sind die Kosten eines bestimmten Investitionsvorhabens oder eines Naturschutzprogramms, und welchen Nutzen haben wir davon? Lohnt es sich, das Projekt zu realisieren?*“ (Hanemann in Wilson 1992, 215). Normative (Wie hoch ist die wirtschaftliche Effizienz?) und positive – soziale – Analysen (Wie gehen Menschen mit natürlichen Ressourcen um? Welchen Wert ordnen sie der Artenvielfalt zu? Welche Entscheidungen treffen sie mit Blick auf die Arterhaltung?) müssen gleichzeitig berücksichtigt werden, um annähernd einen perspektivischen Blick für die Ganzheit biologischer Artenvielfalt und Artenerhaltung zu bekommen. Das ist alles andere als leicht, angesichts unserer mangelhaften Erkenntnis über die komplexe vernetzte Natur. Zur Erarbeitung von Argumenten, die Werte biologischer Vielfalt zuzuordnen sind, zählt Hanemann (ebd. 216) folgende auf:

- „Die Entscheidung, gegenwärtige Konsumgelegenheiten zum Wohle künftiger Generationen ungenutzt zu lassen, ist von allgemeinem Wert.“ Also der Schutz natürlicher Ressourcen ist von kollektivem Wert.
- „[...] auch die Ressourcen selbst sind häufig ein Gut der Allgemeinheit“ (Gefahr des Raubbaus mangels ungeklärter Eigentumsrechte). Auch das Ressourcenschutz-Dilemma „allgemeine Interessen kontra individuelle Interessen“ belastet die Bestimmung von Werten der biologischen Vielfalt.
- Bei natürlichen Systemen besteht beträchtliche Unsicherheit darüber, wie sich gegenwärtige Erhaltungs- und Ausbeutungsmaßnahmen in Zukunft auswirken.
- „[...] ist es problematisch, Präferenzen oder Werte von Einzelpersonen zusammenzufassen.“ Unterschiedliche Vorlieben für und Abneigungen gegen die biologische Vielfalt lassen sich wegen des sozialen komplexen Verhaltens nicht wie eine mathematische Gleichung behandeln, obwohl es genügend Versuche – auch auf anderen Gebieten – gibt, dies zu tun.

Brian Norton (in Wilson 1992, 223) beleuchtet den Wert biologischer Vielfalt mit wirtschaftswissenschaftlichen Termini:

- „*Man spricht davon, dass eine Art einen Handelswert hat, wenn man aus ihr ein Produkt herstellen kann, das sich auf dem Markt kaufen oder verkaufen lässt.*“ In dem Sinn besitzt ein Baum oder ein Wald einen potenziellen Wert für das Holz-Sägewerk oder das Handelshaus für Holzmöbel.
- *Man spricht davon, dass Arten einen Annehmlichkeitswert besitzen, „[...] wenn sie unser Leben in immaterieller Weise bereichern [...].“* Ein Waldspaziergang in der Frühlingssonne, die Beobachtung von Amseln beim Füttern ihrer Jungen, der Hund

als treuer Begleiter im Alltag, Schwimmen im korallenreichen Meer und vieles mehr sind Beispiele hierzu.

- Man spricht davon, dass eine Art einen *moralischen Wert* besitzt, der – philosophischen Meinungen nach – von Natur aus vorhanden ist (Taylor 2011). Norton erwähnt zum moralischen Verhalten von Arten den amerikanischen Schriftsteller Henry David Thoreau (1817–1862), der davon überzeugt war (Thoreau 2007), dass die sorgfältige Beobachtung anderer Arten ihm helfen werde, ein besseres Leben zu führen.

Verlässliche Antworten auf den Wert der biologischen Vielfalt zu finden, zumal sie einer permanenten, differenzierten Anpassungsdynamik folgt, mit wechselseitigen Beeinflussungen der Arten, scheint schon nach der kurzen Aufzählung im Ganzen unmöglich und im Detail äußerst schwierig. Es wäre in hohem Maß vermessen, die Summe der Arten als Ganzes als die biologische Vielfalt zu sehen. Nicht zuletzt auch deshalb, weil immer wieder Arten neu entdeckt werden, die wir gestern noch nicht kannten, oder auch unbekannteren Arten ein *potenzieller Wert* zugeschrieben wird (Norton in Wilson 1992, 224). Es bleibt eine beängstigende Vorstellung, diese potenziellen Werte von Leben in Geld aufzuwiegen. Bleiben wir realistisch und stellen fest:

Ein Adler ist mehr als ein Adler, weil er Teil einer hochkomplexen Nahrungskette ist. Eine Biene ist mehr als eine Biene, weil ganze Biotope von ihr abhängig sind, die in Mitleidenschaft gezogen werden, wenn sie temporär oder auf Dauer durch menschliche Aktivitäten drastisch reduziert oder vernichtet wird. Ein Baum – erst recht ein Wald – ist mehr als ein Baum, technisch gemessen in Kosten pro Festmeter, weil er als Photosynthese-Maschine „saubere“ Energiewandlung betreibt, Speicher für Kohlendioxid ist und Sauerstoff produziert, Vögeln und Insekten als Nahrung und Behausung dient, Filter und Indikator für Schadstoffe bereitstellt sowie Aufenthaltsort mit Erholungswert für uns Menschen ist (Vester 1985, 1983).

Muss – so könnte gefragt werden – einer Art oder der biologischen Vielfalt überhaupt ein Wert, ein ökonomischer Kostenfaktor zuordnet werden? Und wenn ja, zu welchem Zweck? Das Wirtschaftsprinzip *ökonomische Effizienz* wirkt hier in aller Regel als die treibende Kraft, wahre Werte durch wirtschaftliche Kosten zu überdecken – ein ebenso kurzsichtiges wie realitätsfernes Vorgehen.

Sollte – so könnte auch gefragt werden – einer Art oder der biologischen Vielfalt, mit ihren über Jahrmillionen bewährten Erfahrungen, die sich uns als höchst effiziente Prinzipien des Überlebens zu erkennen geben, nicht gehorcht werden? Warum? Weil die Nutzung diese Prinzipien auch für die menschliche Entwicklung ungeahnte Vorteile bieten, die per se ökologische, soziale und ökonomische Werte beinhalten. Das Meta-Prinzip *Nachhaltigkeit* ist in diesem Fall der Leitgedanke, der auch die menschliche Kreativität verinnerlicht und fördert.

Jedenfalls wäre der Weg in eine zunehmende Ökonomisierung (Mathematisierung) der Natur höchst kontraproduktiv für eine nachhaltige Überlebensfähigkeit der biologischen Vielfalt. Und davon hängt unstrittig ebenso unser eigener Fortbestand auf der Erde ab. Belege für die Vielfalt exzessiver Naturzerstörungen durch Ausbeutung natürlicher

Ressourcen für Technik und Wirtschaft, insbesondere aber für die damit verbundenen Folgeprobleme, die eine Extraklasse nachwirkender Zerstörungspotenziale in sich tragen und breitgestreut in gesellschaftliche Bereiche hineinragen, anzuführen, hieße Eulen nach Athen tragen. In welchem Zustand die biologische Vielfalt – auch Biodiversität genannt – ist, zeigen folgende Ergebnisse:

- Die Vereinten Nationen haben im Jahr 2000 acht Millennium-Entwicklungsziele<sup>3</sup> (*Millennium Development Goals*, MDG) vorgegeben, darunter auch Ziel 7: Ökologische Nachhaltigkeit mit dem Unterpunkt „Verlust der Biodiversität verringern“ verabschiedet (siehe auch Tab. 2.1 mit zehn Leitthemen in der Erforschung des Lebens). Keines der acht Ziele – trotz Fortschritten im Detail – wurde bis zum Ende der 15-Jahresperiode 2015 erreicht. Kritiker bemängeln u. a. die Schönung von Daten und Zielen durch manipulierte Trendumkehr.<sup>4</sup> Armut, Hunger und Entwicklungspolitik stehe hier im Vordergrund, wobei sich alle drei Argumente mit dem Verlust an Biodiversität verknüpfen lassen.
- „Transforming our World“ ist die UN-logische Fortsetzung der MDG für die kommende 15-Jahresperiode bis 2030. Aus den unvollendeten acht Entwicklungszielen sind nun 17 Entwicklungsziele geworden. In Ziel 15 wird die biologische Vielfalt nur noch am Rande erwähnt und gefordert, sie einzudämmen.<sup>5</sup> Was für ein Fortschritt!
- Der World Wildlife Fund Deutschland (WWF-D) veröffentlichte 2008 zum Thema biologische Vielfalt unter dem Titel *Abschied der Arten* Folgendes: „36 Prozent unserer untersuchten einheimischen Tierarten sind bedroht, zudem 72,5 Prozent der Lebensräume. Damit erreicht Deutschland mit die höchsten Negativwerte in Europa – vor allem wegen intensiver Flächennutzung und des Eintrags von Schad- und Nährstoffen. Von dem EU-Ziel, den Verlust an biologischer Vielfalt bis zum Jahre 2010 zu stoppen, ist Deutschland weit entfernt. Mit unserem Lebenswandel haben wir es geschafft, dass die Aussterberate heute laut der Weltnaturschutzunion IUCN um den Faktor 1000 bis 10.000 höher liegt als in all den gut vier Milliarden Jahren der Evolution zuvor.“<sup>6</sup> Siehe hierzu auch de Vos et al. 2015, Urban 2015.

Weltweit sprechen nicht wenige Anzeichen dafür, dass die biologische Vielfalt höchst gefährdet ist. Humanes Leben, also wir Menschen tragen in erheblichem Maß mit unserem Verhalten dazu bei, egal ob es die Rohstoffexploration, die Produktion, den Konsum, Arbeit und Freizeit und vieles mehr betrifft. Wir werden in Abschn. 3.1 noch einmal in

<sup>3</sup> United Nations: The Millennium Development Goals Report 2015.

<sup>4</sup> Grefe, C. (2015): Erfolge sind auf kosmetische Mathematik zurückzuführen. Interview mit dem Philosophen Thomas Pogge. Die Zeit Online, 3 Juni 2015.

<sup>5</sup> United Nations (2015): Transforming the World. The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1.

<sup>6</sup> WWF-Deutschland (2008): Abschied der Arten. Wie unser Lebenswandel die Natur in die Enge treibt.

Zusammenhang mit dem Begriff Anthropozän auf den Einfluss des Menschen auf das Leben zu sprechen kommen.

Begeben wir uns nun auf eine kurze Zeitschleife, zurück ins Jahr 1944. Zu der Zeit erschien ein kleines Buch mit dem Titel „*What is Life?*“ des Physikers Erwin Schrödinger (1944). Er hatte für seine Arbeiten zur Quantenmechanik 1933 den Nobelpreis bekommen. Seine Hinwendung zu einem biologischen Thema, das nicht zu seinem wissenschaftlichen Kerngebiet zählt, beschrieb er im Vorwort (Schrödinger 1987, 29 f.):

Wir haben von unseren Vorfahren das heftige Streben nach einem ganzheitlichen, alles umfassenden Wissen geerbt. [...] aber das Wachstum in der Weite und Tiefe, das die mannigfaltigen Wissenszweige seit etwa einem Jahrhundert zeigen, stellt uns vor ein seltsames Dilemma. Es wird uns klar, dass wir erst jetzt beginnen, verlässliches Material zu sammeln, um unser gesamtes Wissensgut zu einer Ganzheit zu verbinden. Andererseits aber ist es einem einzelnen Verstand beinahe unmöglich geworden, mehr als nur einen kleinen spezialisierten Teil zu beherrschen.

Wenn wir unser wahres Ziel nicht für immer aufgeben wollen, dann dürfe es nur den einen Ausweg aus dem Dilemma geben: dass einige von uns sich an die Zusammenschau von Tatsachen und Theorien wagen, auch wenn ihr Wissen teilweise aus zweiter Hand stammt und unvollständig ist – und sie Gefahr laufen, sich lächerlich zu machen.

Der wissenschaftliche *Sprung* Schrödingers über die Grenze seines Fachgebietes, der Physik bzw. Quantenphysik in die Biologie, dort wo Leben beschrieben wird, verleitete ihn zu fragen: „*Wie lassen sich die Vorgänge in Raum und Zeit, welche innerhalb der räumlichen Begrenzung eines Organismus vor sich gehen, durch die Physik und die Chemie erklären?*“ (ebd. 30). In diesem Zusammenhang interessierte ihn ebenfalls die Frage nach dem Erhalt von organischer Ordnung und Unordnung<sup>7</sup> – *Entropie*<sup>8</sup>.

Im Vorwort zur deutschen Ausgabe von 1987 schrieb bereits Ernst Peter Fischer dazu, dass heute das „Problem der Ordnung“ begreifbar sei; Leben in keinem Konflikt mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten stehe (Prigogine und Stengers 1980) und „*die Zunahme der Ordnung in der Evolution*“ kompatibel mit der Physik sei (Eigen 1976).

Schrödingers Weitblick über den Fachhorizont sollte die Entwicklung der Naturwissenschaften, vor allem aber die moderne Biologie maßgebend beeinflussen.

Ergänzend hierzu ist aus heutiger Sicht noch hinzuzufügen, dass die präsenten großen Konflikte unseres Lebens, ob sie die Ernährung, die Energie, die Migration, die Armut, aus dem Ruder laufende Finanzkrisen gesellschaftlichen Ausmaßes oder die oft zu kurz greifenden Eingriffe der Politik in hochkomplexe Felder betreffen, mehr denn je aus ganzheitlicher Perspektive und Verantwortung zu lösen sind, ein Weg, den Schrödinger mutig beschritten hat, ohne sich dabei im Geringsten lächerlich gemacht zu haben.

Entscheidungsträger, die sich dazu berufen fühlen, über heutiges und noch mehr zukünftiges Leben zu bestimmen, können daher von Schrödingers Erkenntnis nur lernen.

<sup>7</sup> Der zweite Hauptsatz (HS) der Thermodynamik besagt: Jeder Transfer oder Wandel von Energie vergrößert unaufhaltsam die Entropie im Universum. Zwar kann lokal Ordnung geschaffen werden, wie es wachsende Organismen tun; global gesehen vergrößert sich aber die Unordnung.

<sup>8</sup> Entropie wird als Maß für die Unordnung oder den Zufall verwendet.

**Tab. 2.1** Zehn Leitthemen in der Erforschung des Lebens. (Campbell u. a. 2006, 1–26)

<b>Die Erforschung des Lebens auf seinen vier Ebenen</b>	
1	Jede biologische Organisationsebene weist <i>emergente</i> Eigenschaften auf, das sind neue Eigenschaften oder Strukturen infolge eines Zusammenwirkens einzelner Elemente, die diese nicht besitzen
2	<i>Zellen</i> sind die Basiseinheiten der Struktur und Funktion eines Lebewesens
3	Die Kontinuität des Lebens beruht auf vererbbarer Information in Form von <i>DNA</i> – Desoxyribonukleinsäure, Biomolekül, Träger der Erbsubstanz, somit der Gene
4	<i>Struktur und Funktion</i> sind auf allen biologischen Organisationsebenen <i>miteinander gekoppelt</i>
5	Organismen sind <i>offene Systeme</i> , d. h., sie transportieren und verarbeiten sowohl Energie, Materie als auch Information. Sie stehen kontinuierlich mit ihrer Umwelt in Wechselbeziehung. Offene Systeme stehen im Gegensatz zu geschlossenen Systemen, die keine Materie transformieren und somit nur Energie bzw. Information verarbeiten
6	Regulationsmechanismen sorgen in lebenden Systemen für ein <i>dynamisches Gleichgewicht</i> . Sogenannte <i>Dissipative Dynamische Systeme</i> (offene Systeme) können durch wachsende Energiezufuhr fern vom <i>thermischen Gleichgewicht</i> neue Ordnungen und Strukturen – wie bei wachsenden Organismen – erzeugen. Viele biologische Prozesse regulieren sich selbst durch Rückkopplungsmechanismen; der Prozess wird durch sein Produkt reguliert. Es existieren zwei Arten von Rückkopplungen, einerseits verstärken sie die Reaktionsfolge eines Prozesses (positive Rückkopplung), andererseits hemmen sie diese (negative Rückkopplung). Die negative Rückkopplung überwiegt in lebenden Systemen
<b>Evolution, Einheitlichkeit und Vielfalt der Organismen</b>	
7	<i>Vielfalt – Biodiversität – und Einheitlichkeit</i> sind die zwei Seiten des Lebens auf der Erde
8	Die <i>Evolution</i> ist das zentrale Thema der Biologie
<b>Naturwissenschaftliche Forschung</b>	
9	Naturwissenschaftliche Forschung ist ein <i>Erkenntnisprozess</i> aus wiederholbaren Beobachtungen und überprüfbareren Hypothesen
10	Naturwissenschaft und Technik sind <i>tragende Säulen unserer Gesellschaft</i>

Die Antwort auf die Frage „Was ist Leben“ kann heute zu Beginn des 21. Jahrhunderts plausibel beschrieben werden (Campbell et al. 2006; Mayr 2003; Wilson 1995). Woher Leben kommt, ist jedoch noch immer eine heiß diskutierte Frage.

Die Erforschung des Lebens steht inzwischen auf einem sehr breiten und stabilen Fundament, an dem viele Fachdisziplinen mitwirken. Abschließend zeigen die genannten „Zehn Leitthemen in der Erforschung des Lebens“ (Campbell et al. 2006), wie facettenreich Leben heute betrachtet wird, wobei anzumerken bleibt, dass über viele Jahrhunderte seit dem Altertum als Lehrmethode „[...] nur die universale Betrachtungsweise voll anerkannt wurde.“ (Schrödinger 1987, 29)

Leben hat sich bis heute – nach mehreren, in geologischen Zeiträumen stattfindenden großen Perioden von Zerstörungen – erhalten und immer wieder neu weiterentwickelt. Insgesamt fünf großen Massensterben (Massenextinktionen) über zirka 500 Mio. Jahre,

„[...] die sich anhand von Ablagerungen mariner Fossilien rekonstruieren lassen, führten jeweils auf der Ebene der Familien zu einem starken Rückgang der Vielfalt.“ (Kolbert 2015, 24). Konnten bei diesem fünf erdgeschichtlichen Massensterben noch ursächlich Auslöser natürlichen Ursprungs ins Kalkül gesetzt werden, so besitzt das sogenannte sechste Massensterben die deutliche Handschrift des homo sapiens. An dieser Stelle seien nur wenige, aber für den Fortschritt des Lebens entscheidende Zerstörungspotenziale zum sechsten, anthropozänen<sup>9</sup> Massensterben genannt:

- Der außergewöhnlich hohe Anstieg von atmosphärischen Kohlendioxidkonzentrationen, ist seit der Industrialisierung vor zirka 200 Jahren bis heute deutlich zu erkennen. Es ist der Hartnäckigkeit des Chemikers Charles David Keeling (1960) zu verdanken, dass heute die Frage: „[...] ist der (Kohlendioxidpegel) [...] tatsächlich eine Folge zivilisatorischer Umtriebe?“ durch den renommierten Klimaforscher Hans Joachim Schellnhuber (2015, 73) mit einem klaren „Ja“ beantwortet wird. Keelings Aufzeichnungen der Messwerte von jahreszeitlich bedingten Schwankungen der Konzentration des atmosphärischen Kohlendioxids, zugleich ein Grundstoff für die pflanzliche Photosynthese, ähnelt einer Sägezahnkurve – jedoch mit erschreckendem Anstieg über die letzten Jahrzehnte. Zu Beginn der Messreihe im Jahr 1958 wurde ein atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Wert am Mauna-Loa-Observatorium von 317 ppmv (parts per million volume %) gemessen (ebd.). „Zum silbernen Jubiläum des International Geophysical Year im Jahr 1988 näherte sich der Gehalt an Kohlendioxid in der Atmosphäre dreihundertfünfzig Teilen pro Million“ (Weiner 1990, 43). 2015 wurde die 400-ppmv-Marke durchbrochen und seit dem Beginn der industriellen Revolution haben sich 40 % mehr atmosphärisches CO<sub>2</sub> angesammelt (Schellnhuber 2015, 73). Dadurch zeichnet sich ein Trend ab, der das Klima der Erde und somit das *Lebenserhaltungssystem* aller Lebewesen in eine beunruhigende Schiefelage bringen kann – vielleicht schon gebracht hat. Dieses besondere hochkomplexe Zerstörungspotenzial ist ein Schlüsselereignis für die Menschheit und alles Leben.
- Die Vermüllung des Meeres durch zunehmende human-zivilisatorische Unfähigkeit, mit Materialien in der Technosphäre nachhaltig umzugehen, ist nicht minder beängstigend. Der Lebensgrundstoff Wasser, ob als Nahrungsmittel für Lebewesen an Land, in der Luft oder in den Flüssen und Ozeanen der Erde, die *noch* reich sind an Biodi-

---

<sup>9</sup> Der Begriff Anthropozän wurde vom Nobelpreisträger Paul J. Crutzen Anfang des 2. Jahrtausends kreiert. Er sagt aus, dass Umweltbelastungen deutliche Rückschlüsse auf die Lebensweise des Menschen zulassen, der Mensch somit zu einem atmosphärischen, geologischen und biologischen Faktor geworden ist. Das Zeitalter des Anthropozäns könnte vermutlich im späten 18. Jahrhundert begonnen haben, als die Messungen von Lufteinschlüssen im Polareis den Beginn einer wachsenden globalen Konzentration von Kohlendioxid und Methan nachwiesen. Hierbei ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit dem Datum der Erfindung von James Watts Dampfmaschine, 1784 (Crutzen 2002). Nach wie vor bleibt aber der Beginn des geologisch definierten Zeitraums Anthropozän unklar. Darauf wird in Abschn. 2.5 näher eingegangen.