

INTERNATIONALE ARCHÄOLOGIE  
**Arbeitsgemeinschaft, Symposium,  
Tagung, Kongress**

**Band 16**

Begründet von  
Claus Dobiak und Klaus Leidorf

Herausgegeben von  
Claus Dobiak, Friederike Fless  
und Eva Stauch

**Bios – Cultus – (Im)mortalitas**  
Zu Religion und Kultur –  
Von den biologischen Grundlagen bis zu Jenseitsvorstellungen

Beiträge der interdisziplinären Kolloquien  
vom 10.-11. März 2006 und 24.-25. Juli 2009  
in der Ludwig-Maximilians-Universität München

Herausgegeben von  
Amei Lang und Peter Marinković



Verlag Marie Leidorf GmbH · Rahden/Westf.  
2012

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

**Lang, Amei ; Marinković, Peter (Hrsg.):**

Bios – Cultus – (Im)mortalitas ; Zu Religion und Kultur - Von den biologischen Grundlagen bis zu Jenseitsvorstellungen ; Beiträge der interdisziplinären Kolloquien vom 10.- 11. März 2006 und 24.- 25. Juli 2009 in der Ludwig-Maximilians-Universität München / hrsg. von Amei Lang ...  
Rahden/Westf.: Leidorf, 2012

(Internationale Archäologie : Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress ; Bd. 16)  
ISBN 978-3-89646-446-0

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

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier

Alle Rechte vorbehalten

© 2012



Verlag Marie Leidorf GmbH  
*Geschäftsführer:* Dr. Bert Wiegel  
Stellerloh 65 · D-32369 Rahden/Westf.

Tel: +49/(0)5771/9510-74

Fax: +49/(0)5771/9510-75

E-Mail: [info@vml.de](mailto:info@vml.de)

Internet: <http://www.vml.de>

ISBN 978-3-89646-446-0

ISSN 1434-6427

Kein Teil des Buches darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, CD-ROM, DVD, Internet oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages Marie Leidorf GmbH reproduziert werden oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Umschlagentwurf: Amei Lang, München  
Redaktion und Bildnachbearbeitung: Amei Lang, München  
Satz und Layout: Robert Schumann, München

Druck und Produktion: DSC-Bevermann GmbH, Bad Laer

## Inhalt

Vorwort der Herausgeber.....	7
<i>Ulrich Welsch</i>	
Die biologische Entwicklung des Menschen .....	9
<i>Winfried Henke / Matthias Herrgen</i>	
Menschwerdung als evolutionsökologischer Prozess .....	25
<i>Gerhard Bosinski</i>	
Die kulturelle Entwicklung des Menschen von den Anfängen bis zum Beginn des Neolithikums .....	61
<i>Amei Lang</i>	
Archäologisches zu Religion im Paläolithikum .....	69
<i>Harald Floss</i>	
Bilder von Leben und Tod – Die Eiszeitkunst .....	87
<i>Wolfgang Achtner</i>	
Die Evolution von Religion in theologischer Perspektive .....	93
<i>Regine Schulz</i>	
Jenseits und Unsterblichkeit im Pharaonischen Ägypten .....	109
<i>Stephan Kroll</i>	
Frühbronzezeitliche Opferplätze in der südlichen Levante .....	117
<i>Walther Sallaberger</i>	
Der Tod des göttlichen Königs. Die Krise des Menschenbilds in altbabylonischer Zeit .....	123
<i>Walther Sallaberger</i>	
Das Opfer in der altmesopotamischen Religion .....	135
<i>Herbert Niehr</i>	
Bestattung und Nachleben der Könige von Ugarit im Spiegel von Archäologie und Literatur .....	145
<i>Carola Metzner-Nebelsick</i>	
Das Opfer. Betrachtungen aus archäologischer Sicht .....	157
<i>Peter-Arnold Mumm</i>	
Die Seele als „kalter Hauch“ des Todes – der sprachgeschichtliche Hintergrund von <i>psyche</i> .....	181

<i>Peter Marinković</i>	
<i>nəpəš - psyche – immortalitas. Hoffnung auf Unsterblichkeit in der biblischen Tradition der hellenistisch-römischen Zeit?.....</i>	187
<i>Jörg Rüpke</i>	
Der Tod als Ende der Sterblichkeit. Praktiken und Konzeptionen in der römischen Antike .....	199
<i>Josef Quitterer</i>	
Schwierigkeiten einer rationalen Rekonstruktion des christlichen Auferstehungsglaubens – exemplarisch verdeutlicht an der Lehre des Thomas von Aquin .....	211
<i>Hartmann Hinterhuber</i>	
Seele und Gehirn. Kulturgeschichtliche und neurowissenschaftliche Gedanken zu Psyche, Geist und Bewusstsein .....	219
<i>Gabriele Werner-Felmayer</i>	
Immer jung und niemals tot? Ein alter Menschheitstraum aus der Perspektive heutiger Biomedizin .....	233
<i>Hans Goller</i>	
Sind Nahtoderfahrungen ein Beweis für das Überleben unseres Todes?.....	247

# Immer jung und niemals tot?

## Ein alter Menschheitstraum aus Perspektive heutiger Biomedizin

Gabriele Werner-Felmayer

*Biological life span varies considerably among species as well as among individuals of one species and it is one of biology's unresolved enigmas which factors determine life span. With the recent developments in biomedicine, a better understanding of aging became apparent. According to current concepts, aging is understood as a generalized impairment of function rendering the body increasingly vulnerable to develop diseases and to finally die. Some genes that are linked to this development have been identified suggesting that the molecular basis of aging and finally dying can be understood and hence also be manipulated. Furthermore, the concept of biological immortality was introduced already about 180 years ago. This idea is far from being scientifically provable. Rather, it is based on assumptions that are rooted in the world view of the mid 19<sup>th</sup> century suggesting that a thing like biological identity lasting for eternity does exist and that it can be ascribed to certain cell types or, more recently, to DNA and genes. Even though recent results of genomics and cell biology challenge this view essentially, the metaphor of biological immortality seems itself to be immortal. Too powerful is the broader sense of immortality, particularly in the context of the newly emerged biomedical disciplines of regenerative medicine and of anti-aging medicine. Some futurologists already think beyond treating diseases and improving life quality. They are expecting practical immortality – this ranges between 150 and 1000 years of age – to be reached by 2029 or within the next 30 to 50 years. In an amalgam of hopes, fears and imaginations the view that the human body is nothing but a repairable machine is further propagated thereby obscuring not only biological complexity but also overestimating the effectiveness of anti-aging or rejuvenating interventions.*

*Lebensdauer, Lebenserwartung, Altern, Sterben, Tod, biologische Unsterblichkeit, biologische Identität, Individuum*

Wissen Sie, Johann“, sagte Hemingway, „mich klagt man auch ständig an. Statt dass meine Bücher gelesen werden, werden jetzt welche über mich geschrieben. Darüber, dass ich meine Frauen nicht geliebt habe. Dass ich mich nicht genügend um meinen Sohn gekümmert habe. Dass ich einem Kritiker eins auf die Schnauze gehauen habe. [...] Dass ich meine Mutter geärgert habe.“ „Das ist die Unsterblichkeit“, sagte Goethe. „Die Unsterblichkeit ist ein Ewiges Gericht“.

Milan Kundera, Die Unsterblichkeit<sup>1</sup>

### 1 Einleitung

Die molekularen Ursachen für die offensichtlich große Varianz biologischer Lebensdauer, sowohl verschiedener Arten von Lebewesen wie auch verschiedener Individuen einer Art, gelten nach wie vor als eines der wichtigsten ungelösten Rätsel der Biologie. Neuere Forschungen führten zwar zu einem besseren Verständnis des biologischen Alterungsprozesses, warum dieser Prozess sowohl in verschiedenen Spezies als auch bei Individuen derselben Spezies so augenscheinlich unterschiedlich verläuft, ist jedoch erst in Ansätzen verständlich. Altern wird derzeit als ein genereller Verlust von Funktionen definiert, wodurch der Körper zunehmend anfällig für Krankheiten wird und schließlich stirbt. Biologisch gesehen wird Altern und Sterben lediglich als großer

Abbauprozess interpretiert und die Versuchung ist groß, so etwas wie ein unentrinnbares Programm zu vermuten. Zudem konnten mittlerweile einige Gene, die mit dieser Entwicklung assoziiert sind, identifiziert werden. Dies suggeriert, dass die molekulare Basis von Altern und Sterben verstehbar und folglich manipulierbar ist.

Als Gegenpol zu dieser Verfallsmetaphorik wurde auf der Suche nach der naturwissenschaftlichen Erklärung von Leben und Tod in den 1880er Jahren das Konzept der biologischen Unsterblichkeit eingeführt. Dieses Konzept ist wissenschaftlich nicht überprüfbar. Vielmehr beruht es auf einer Annahme, die in der Weltsicht des mittleren 19. Jahrhunderts wurzelt. Demnach gibt es so etwas wie biologische Identität. So lange Nachkommen und Eltern identisch sind, sind sie keine Individuen, die sterben

1 Milan Kundera. Die Unsterblichkeit. Fischer Taschenbuch Verlag (Frankfurt am Main 10/2004) 104. 105.

könnten, sondern sich vielmehr Individuen, die sich ineinander umwandeln und stets dieselben bleiben. Einzellige Organismen und bestimmte Zelltypen wurden so charakterisiert. In neuerer Zeit wurde diese Identität auf die Kernsubstanz (*desoxyribonucleic acid*, DNA) oder Gene angewandt, schließlich während der letzten 15 Jahre auch embryonalen Stammzellen zugeschrieben. Die Annahme ist stets, dass diese biologischen Entitäten unverändert und unveränderbar über ewige Zeiten hinweg erhalten bleiben, sozusagen stabil inmitten einer Welt ewigen Wandels verharren. Dieses Konzept widerspricht allem, was Biologen seit langer Zeit beobachten können und ist gerade im Licht der Ergebnisse der derzeitigen Genomik und Zellbiologie nicht haltbar. Trotzdem überdauert die Metapher der biologischen Unsterblichkeit basierend auf Identität gerade so, als sei sie selbst unsterblich, vor allem seit diese Identität eine genetische wurde. Im Rahmen von Gesundheit und Krankheit fügt sie sich bestens in verschiedene neue Medizinfelder ein, wie etwa die Regenerative Medizin und die sogenannte Anti-Aging Medizin, die sich in letzter Zeit etwas realistischer zu einer Well-Aging Medizin zu wandeln scheint.

Einige Futurologen denken, beflügelt von ihrer Vorstellung über die breite Anwendung gentechnischer und zellbiologischer Technologien, bereits über die Behandlung von Krankheiten und die Erhöhung von Lebensqualität während Krankheit oder im Laufe des Alterns hinaus. Sie erwarten etwas, das sie *practical immortality*, zu Deutsch Quasi-Unsterblichkeit nennen. Je nach Autor variiert diese zwischen bescheidenen 150 Jahren oder sie übersteigt sogar 1000 Jahre Lebensdauer. Dies soll bereits 2029 oder zumindest innerhalb der nächsten 30 bis 50 Jahre erreicht werden können. Hoffnungen, Ängsten und Wünschen, so alt wie die Menschheit, wird hier mit modernster Technologie begegnet. Dabei wird, entgegen dem, was sich derzeit aus den aktuellen Forschungsergebnissen lernen lässt, das alte Bild vom Körper als einer Maschine, einem reparablen Mechanismus propagiert. Diese Herangehensweise verstellt nicht nur den Blick auf die scheinbar grenzenlose Komplexität und Variabilität von Lebewesen und Lebensprozessen, sondern überschätzt auch die Kapazität von technischen Maßnahmen zur „Optimierung“ von Körpern. Zudem wird ein zutiefst dualistisches Verständnis des Menschen vorausgesetzt, das davon ausgeht, dass die laufende Überholung des Körpers zu Unsterblichkeit und, in weiterer Folge, zum Glück des Menschen führen werde.

Im folgenden Text werden zunächst eine Reihe beobachtbarer Phänomene, wie die Erhöhung der Lebenserwartung, die Varianz der Lebensdauer, sowie Altern als biologischer Prozess näher erläutert. Im Rahmen einer kritischen Analyse wird das Konzept der biologischen Unsterblichkeit im Kontext der heutigen biomedizinischen Forschung untersucht sowie seine Wirksamkeit für die Wahrnehmung von Selbstbestimmung, Gesundheit und die Idee unbegrenzter Lebensdauer.

## 2 Wir werden immer älter

Die in den 1990er Jahren an der Universität von Kalifornien in Los Angeles gegründete *Gerontology Research Group*, eine Gruppe von Physikern, Biologen und Medizinern, hat es sich zum Ziel gesetzt, den Alterungsprozess beim Menschen während der nächsten 20 Jahre zu verlangsamen und schließlich gänzlich aufzuheben. Wer sich diesem erklärten Ziel nicht anschließt, wie etwa Craig Venter, der in der New York Times meinte, dass die Verlängerung der Lebensdauer nicht das Ziel von Forschung sein sollte, sollte nicht in der Liste der Top-Biogerontologen geführt werden, die die Gruppe auf ihrer Internetseite eingerichtet hat.<sup>2</sup> Venter, eine Leitfigur in Sachen Genomik, der in letzter Zeit mit seinen Arbeiten zur Synthese von Mikroorganismen für Aufsehen und Kontroversen sorgte, wird dies vermutlich verschmerzen, doch die Ernsthaftigkeit der Überzeugung, Altern und Sterben seien abschaffbare Prozesse, wird daraus deutlich. Auf der *Gerontology Research Group* Homepage finden sich zudem die Namen von noch lebenden Personen, die über 110 Jahre alt sind, so genannten *supercentenarians*. Am 25. Dezember 2008 wurden hier 92 Personen verzeichnet, die dieser Definition entsprechen (82 Frauen, 10 Männer), am 22. Mai 2010 waren es 75 Personen (72 Frauen und 3 Männer)<sup>3</sup>. Die Zahlen sind z. T. umstritten, doch gilt es als weitgehend sicher, dass seit 1990 etwa 20 Personen weltweit ein Alter von 115 Jahren oder darüber erreicht haben.<sup>4</sup> Im Vergleich dazu leben auf der Welt etwa 250.000 Personen, die über 100 Jahre alt sind. Das schweizerische Bundesamt für Statistik errechnete kürzlich, dass rund 22% der heute geborenen Mädchen und 14% der Knaben ihren 100. Geburtstag werden feiern können. Allerdings werden heutigen Berechnungen zufolge nur 1,1% dieser Mädchen und 0,6%

2 Gerontology Research Group, <http://www.grg.org/>, aufgerufen am 13. Juli 2010.

3 Gerontology Research Group, <http://www.grg.org/>, aufgerufen am 13. Juli 2010.

4 Jeune et al. 2010.

dieser Knaben älter als 110 Jahre werden.<sup>5</sup> In Japan feierte der „Club der Hundertjährigen“ im Jahr 2008 einen Rekord: 36.276 wurden Ende September 2008 verzeichnet, 86% davon sind Frauen. Auf Okinawa kommen auf 100.000 Einwohner 61 Menschen, die über 100 Jahre alt sind.<sup>6</sup>

Den Rekord an Lebensjahren hält nach wie vor Jeanne Calment aus Arles<sup>7</sup>, die 1997 im Alter von 122 Jahren verstarb.<sup>8</sup> Bis ins Alter von Hundert fuhr sie mit dem Fahrrad. Sie lebte im eigenen Haushalt bis ins Alter von 110 Jahren, übersiedelte dann in ein Pflegeheim, brach sich im Alter von 115 zwei Knochen und musste sich einer Operation unterziehen, und sie war überzeugt, dass Olivenöl, Bitterschokolade, etwas Portwein und Humor die wichtigsten Ingredienzien für ein langes Leben sind.<sup>9</sup> Der Vergleich der Biographie von Jeanne Calment und anderen sehr alten Menschen zeigte weiter keine besonderen Auffälligkeiten, aus denen sich Aussagen über notwendige Voraussetzungen für ein derart hohes Alter machen ließen, außer dass es sich zumeist um Frauen handelt, von denen einige gerne Schokolade oder Süßes aßen. Außerdem rauchten sie nicht oder nur sehr wenig, niemand war je im Leben übergewichtig und insgesamt schienen alle eine starke zuversichtliche Persönlichkeit gehabt zu haben. Nach ihrem 105. Geburtstag hatten alle unter zunehmender körperlicher Gebrechlichkeit zu leiden, während sie geistig aufgeschlossen und relativ wenig beeinträchtigt waren und schwere Krankheiten erst in relativ hohem Alter auftraten.<sup>10</sup> Chris Mortensen formulierte es im Alter von 113 Jahren so: „Hm, genießen und leben sind zwei verschiedene Dinge. Ich bin 113. Welches Vergnügen kann es für einen so alten Mann geben? Ich esse jeden Tag. Ich höre Radio.“<sup>11</sup>

Wenn auch die maximal beobachtbare Lebensspanne für Menschen nach wie vor bei 115 bis 120 Jahren liegt, so stieg und steigt die durchschnittliche Lebenserwartung in den letzten Jahrzehnten dramatisch. Der

Tod lässt sich aufschieben, und zwar nicht in Folge irgendwelcher revolutionärer Fortschritte bei der Verlangsamung des Alterungsprozesses, sondern auf Grund dessen, dass Menschen in Folge zahlreicher Maßnahmen und einer gewissen Umverteilung von Wohlstand im 20. Jahrhundert heute länger gesund bleiben und insgesamt bessere Lebensbedingungen vorfinden<sup>12</sup>, ein Prozess, dessen Potential noch lange nicht ausgeschöpft ist. Während im Römischen Reich die durchschnittliche Lebenserwartung etwa 22-25 Jahre betrug und auch um 1900 weltweit erst bei etwa 30 Jahren lag, erreichte sie im Jahr 1985 etwa 62 Jahre und beträgt derzeit 64,3 Jahre.<sup>13</sup> Bei näherer Betrachtung ergeben sich beträchtliche Unterschiede: in Andorra (83,5 Jahre), San Marino (82,1 Jahre), Singapur (81,6 Jahre) und Japan (81,15 Jahre) ist die Lebenserwartung weltweit am höchsten, in einigen afrikanischen Ländern liegt sie hingegen drastisch tiefer, z.B. in Swasiland (33,2 Jahre), Botswana (33,9 Jahre) und Lesotho (34,5 Jahre).<sup>14</sup> In Folge der AIDS Epidemie sank zudem in 34 Ländern, 26 davon in Afrika, die Lebenserwartung wieder.<sup>15</sup> Wohlstand spielt zwar eine wichtige Rolle für die zu erwartende Lebensdauer, doch erklärt er offenbar nicht alles: so weist das reiche Saudi Arabien nur eine Lebenserwartung von 67,8 Jahren auf, während Kuba mit 76,2 Jahren deutlich besser abschneidet<sup>16</sup>, was vermutlich eine Folge der bekannt guten öffentlichen Gesundheitsversorgung der breiten Bevölkerung in Kuba ist. Ähnliches gilt für China und Costa Rica.

Vergleiche verschiedener Gruppen innerhalb eines Landes offenbaren einige wichtige Diskrepanzen. Zum Beispiel zeigt sich in den USA ein deutlicher Unterschied in der Lebenserwartung von Afro-Amerikanern im Vergleich zur weißen Bevölkerung, die zwischen 1983 und 1993 besonders augenfällig wurde und dann zwischen 1993 und 2003 wieder gesenkt werden konnte (von 5,59 auf 4,54 Jahre Un-

5 Immer mehr Hundertjährige. Swissinfo.ch, aufgerufen am 27. Mai 2010, [http://www.swissinfo.ch/ger/gesellschaft/Immer\\_mehr\\_Hundertjaehrige.html?cid=8959612](http://www.swissinfo.ch/ger/gesellschaft/Immer_mehr_Hundertjaehrige.html?cid=8959612), aufgerufen am 31. Mai 2010).

6 „36.000 Hundertjährige in Japan“, Der Tagesspiegel, 12.9.2008, <http://www.tagesspiegel.de/weltspiegel/36-000-hundertjaehrige-in-japan/1323806.html?view=print>, aufgerufen am 31. Mai 2010.

7 Liste der ältesten Menschen, online unter: [http://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_%C3%A4ltesten\\_Menschen](http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_%C3%A4ltesten_Menschen), aufgerufen am 16. Juni 2010.

8 Robine/Allard 2003.

9 “Believed to be world’s oldest woman in France dies at 122”, Houston Chronicle News Services, 4. August 1997, online unter: <http://www.supercentenarian.com/oldest/jeanne-calment.html>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

10 Jeune et al. 2010.

11 Jeune et al. 2010, 301. Der Originaltext lautet: „Well, enjoying and living are two different things. I’m 113 years old. What pleasure can there be for such an old man? I eat every day. I listen to the radio“. Mortensen genoss es übrigens, einige milde Zigarren pro Woche zu rauchen und freute sich über die mitgebrachten dänischen Zigarren.

12 Vaupel 2010.

13 Rosenberg 2010.

14 Rosenberg 2010.

15 Rosenberg 2010.

16 Rosenberg 2010.

terschied bei afro-amerikanischen Frauen und von 8,44 auf 6,33 Jahre bei afro-amerikanischen Männern). Dies wurde durch Maßnahmen erzielt, die die Sterblichkeit in Folge von Mord, HIV, Unfällen und Herzerkrankungen reduzieren konnten. Die immer noch bestehende Diskrepanz lässt sich nach wie vor auf diese Auslöser sowie auf Kindersterblichkeit zurückführen, was weitere Maßnahmen im Bereich von Gesundheitsvorsorge und Politik erfordert.<sup>17</sup> Zudem ist der Bildungsgrad ein Indikator für die Lebenserwartung: eine US-Studie belegt, dass die Zuwächse bei der Lebenserwartung den Schichten mit höherem Bildungsniveau vorbehalten sind.<sup>18</sup>

Die Kommission für Soziale Gesundheitsfaktoren (Commission on Social Determinants of Health) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) kommt in ihrem 2008 erschienenen Bericht zum Schluss<sup>19</sup>, dass „soziale Ungerechtigkeit Menschen im großen Stil tötet“ und dass dies nicht nur in einkommensschwachen Ländern zu beobachten ist, sondern gerade auch in hoch entwickelten Ländern wie Australien. Dort ist die Lebenserwartung für eingeborene australische Männer im Vergleich zu anderen australischen Männern um 17 Jahre kürzer.<sup>20</sup> Die Lebenserwartung variiert auch zwischen einzelnen Stadtvierteln in Abhängigkeit des Einkommens, wie für England gezeigt wurde: Bewohner des Glasgower Vororts Calton leben durchschnittlich 28 Jahre kürzer als jene des benachbarten, wohlhabenden Lenzie. Im Londoner Nobelviertel Hampstead werden die Bewohner durchschnittlich 11 Jahre älter als in St. Pancras.<sup>21</sup> Der oben erwähnte WHO Bericht fasst zusammen, dass vorwiegend soziale und nicht genetische Faktoren für die beobachteten Ungleichheiten verantwortlich sind. Wohlstand und damit verbunden ein besserer Gesundheitszustand sind wichtig zum Ausgleich von Ungleichheit verschiedener Gruppen, die Maßnahmen zur Verbesserung der Situation müssten jedoch über den Gesundheitssektor hinausgehen.<sup>22</sup> Global gesehen hat sich zudem der Abstand im Brutto- sozialprodukt zwischen reichen und armen Natio-

nen seit 1980 von 60-fach auf 122-fach erhöht. Die WHO fordert daher, dass reiche Nationen 0,7% ihres Brutto- sozialprodukts als Hilfe an ärmere Nationen geben sollten, um die Lebenserwartung in diesen Ländern positiv zu beeinflussen.<sup>23</sup>

Interessanterweise ist die Erhöhung der Lebenserwartung erstaunlich linear, vor allem bei Frauen, wo sie über die letzten 160 Jahre um knapp drei Monate pro Jahr anstieg und daher zahlreiche Berechnungen der Lebenserwartung laufend revidiert werden mussten.<sup>24</sup> Seit 1975 stieg schwedischen und japanischen Studien zufolge auch die Zahl der über 105-jährigen Frauen drastisch, in Japan praktisch vertikal.<sup>25</sup> Trotzdem ist in bestimmten US-Bezirken gerade bei Frauen eine deutliche Verringerung der Lebenserwartung zu beobachten, die auf Fettleibigkeit, Rauchen und hohen Blutdruck zurückgeführt wird. Sie scheint weniger auf Einkommen oder Ethnie zurückzuführen zu sein als vielmehr auf den Standort, da sie vor allem südliche und ländliche Bezirke des Staates Washington betrifft.<sup>26</sup> Eine derartige Entwicklung wird auf Grund der Zunahme von Fettleibigkeit und den damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Lebensdauer für die gesamte USA während der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts vorausgesagt.<sup>27</sup>

Eine Frage, die sich bei Betrachtung dieser unterschiedlichen demographischen Untersuchungen aufdrängt ist, ob die Lebenserwartung von Menschen tatsächlich limitiert ist. Warum sollte sie nicht weiterhin steigen und damit auch eines Tages das derzeit geltende Limit von 120 Jahren überschreiten können? Einige Demographen argumentieren in diese Richtung und begründen dies mit der beobachteten Linearität der steigenden Lebensdauer. Sie erwarten, dass die Sterblichkeit durch verschiedene Maßnahmen weiter reduziert werden kann, sei es durch Kontrolle der oben erwähnten sozialen Faktoren, sei es durch Verbesserung bei der Behandlung von Krankheiten, und sehen theoretisch keine biologische Grenze für die

17 Harper et al. 2007.

18 Meara et al. 2008.

19 Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health. Report of the Commission on Social Determinants of Health 2008: [http://www.who.int/social\\_determinants/thecommission/finalreport/en/index.html](http://www.who.int/social_determinants/thecommission/finalreport/en/index.html), aufgerufen am 17.6.2010.

20 Inequities are killing people on grand scale. Reports WHO's Commission, Presseaussendung der WHO, 28. August 2008, online unter: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2008/pr29/en/index.html>, aufgerufen am 17. Juni 2010.

21 Social factors key to ill health. BBC News, 28. August 2008; online unter: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7584056.stm>, aufgerufen am 17. Juni 2010.

22 Rosenberg 2010.

23 Rosenberg 2010.

24 Oeppen/Vaupel 2002.

25 Vaupel 2010.

26 Ezzati et al. 2008.

27 Olshansky et al. 2005.

Lebenserwartung.<sup>28</sup> Andere argumentieren, dass die absolute Lebensspanne auf Grund biologischer Limitierungen von Körperfunktionen nicht viel mehr als 100 Jahre betragen kann. Das einzige erreichbare Ziel wäre demnach die Steigerung gesunder Jahre für eine steigende Anzahl von Menschen durch Verlangsamung des Alterungsprozesses.<sup>29</sup>

Aus demographischer Sicht hat bisher jedoch keine Verlangsamung des Alterungsprozesses stattgefunden, wenn sie auch das propagierte Ziel der Forschung ist.<sup>30</sup> Vielmehr ergibt sich die Verlängerung der Lebenserwartung bisherigen Analysen zufolge dadurch, dass immer mehr Menschen bis in immer höheres Alter gesund sind und der Eintritt in eine üblicherweise zum Tod führende Krankheitsphase seit 1994 um gute zehn Jahre nach hinten verschoben wurde. Dieser Prozess, so wird erwartet, sei weiter ausbaufähig und könne durch die Möglichkeiten der regenerativen Medizin, Organe zu verjüngen oder zu erneuern, unterstützt werden.<sup>31</sup>

Ob wir nun verlangsamt altern oder länger gesund bleiben, dürfte eher von akademischem, denn von praktischem Interesse sein. Biologisch gesehen lässt sich vermutlich gar kein genauer Zeitpunkt festsetzen, wann Altern beginnt. Thomas Kirkwood, Leiter des Instituts für Altern und Gesundheit an der Universität Newcastle, formuliert es so: „Altern beginnt, bevor wir überhaupt geboren werden. Altern ist kein Stadium, sondern ein Prozess, der dem Leben innewohnt.“<sup>32</sup> Eine kryptische Aussage, die weder zu beweisen noch zu widerlegen ist und nichts erklärt.

### 3 Einige werden noch viel älter

Betrachtet man die Lebensdauer anderer als der menschlichen Spezies, so wird eine noch wesent-

lich breitere Variabilität deutlich. Diese reicht von ein paar Stunden bei Eintagsfliegen zu weit über 100 Jahren bei Riesenschildkröten. Harriet zum Beispiel, die angeblich Charles Darwin 1835 von den Galapagos-Inseln nach England mitnahm und die dann zwischen 1850 und 1860 im Botanischen Garten in Brisbane und später im Australia Zoo lebte, wo sie am 22. Juni 2006 starb<sup>33</sup>, wurde 176 Jahre alt.<sup>34</sup> Unter Säugetieren erreichen neben Menschen nur einige Walarten ein Alter von 100 und mehr Jahren<sup>35</sup>. Menschen gelten daher als besonders langlebige Spezies, vor allem im Vergleich zu anderen Primaten. Diese lange Lebensdauer könnte dadurch bewirkt worden sein, dass sich im Laufe der Evolution durch verbessertes Lernen, Erkennen und Einsicht ein sogenannter *dietary shift*, also eine Ernährungsänderung hin zu hochqualitativen, nährstoffreichen und schwer zu gewinnenden Lebensmitteln ergeben hat.<sup>36</sup>

Wenn man Pflanzen in die Betrachtung möglicher Lebensspannen mit einbezieht, werden weder Schildkröten noch Menschen wirklich alt: in der schwedischen Provinz Dalarna wurde vor wenigen Jahren der weltälteste Baum, eine Nordische Fichte, gefunden. Diese Fichte ist eigentlich ein „Fichtenkomplex“ und besteht aus vier genetisch identischen<sup>37</sup> Generationen, deren Alter mittels Radiocarbonmethode mit 9.550, 9.000, 5.660 und 375 Jahren bestimmt wurde. Die älteren Generationen wachsen flach über dem Boden, während der jüngste Ableger ein zartes, windzerzaustes Bäumchen bildet.<sup>38</sup> Die Liste alter Bäume ist lang. Sie reicht von der 4.700 Jahre alten kalifornischen Bristlecone Kiefer Methusalem, über einige Riesensequoias (Mammutbäume) im kalifornischen Sequoia National Park zu Eichen, Linden, Eiben, Oliven- und Feigenbäumen, die mehrere 100 Jah-

28 Oeppen/Vaupel 2002.

29 Olshansky et al. 2005; Olshansky et al. 2006.

30 Kenyon 2010.

31 Vaupel 2010.

32 Kirkwood 2010; Originaltext: „Ageing begins before we are even born. Ageing is not a phase but a process that is inherent to life“.

33 Schildkröte Harriet ist tot. Der Spiegel, Panorama, vom 23. Juni 2006, online: <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,423220,00.html>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

34 Mehr Information zu Harriet auf der Homepage des Australia Zoo (2010): <http://www.australiazoo.com.au/our-animals/harriet/>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

35 Longevity Records, Max Planck Institute für Demographische Forschung, Rostock, Deutschland; online unter: <http://www.demogr.mpg.de/cgi-bin/longevityrecords/entry.plx>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

36 Kaplan et al. 2000.

37 „Genetische Identität“ meint eine relative Identität, die üblicherweise in Prozent angegeben wird. Sie bezieht sich in der Regel auf bestimmte charakteristische Stellen im Genom. Eine Analyse des gesamten Genoms würde vermutlich eine ganze Reihe von genetischen Unterschieden zeigen. Besonders über so lange Zeiträume ergibt sich auf Grund von Mutationen eine Veränderung des Genoms (*genetic drift*).

38 Walentowski 2008; Swedes find „world’s oldest tree“. BBC News vom 17. April 2008, online unter: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/7353357.stm>, aufgerufen am 2. Juli 2010.

re alt sind.<sup>39</sup> Weitaus ältere Pflanzen sind ebenfalls klonale Kolonien: das Wurzelnetz einer in Utah befindlichen Zitterpappel-Kolonie von etwa 43 Hektar und 47.000 Stämmen (Pando) wird auf 80.000 Jahre geschätzt und gilt als ältester lebender Organismus.<sup>40</sup> Seegras (*Poseidonia oceanica*) bildet ebenfalls Rasen von Klonen einer Urpflanze. Bei Ibiza befindet sich ein etwa 8 km langes Feld aus Neptunseegras, das schätzungsweise seit 100.000 Jahren wächst.<sup>41</sup> Wenn auch die jetzt sichtbaren Teile dieser Pflanzen nur etwa 100 bis 200 Jahre alt sind (Seegras wächst etwa 1 cm pro Jahr), so ist die gesamte Struktur dieser Exemplare wesentlich älter als irgendein bekanntes Tier.

Einige Eigenschaften dieser sehr alten Pflanzen sind bemerkenswert im Zusammenhang mit Altern und Sterben. Erstens sind einzelne wachsende Teile dieser Pflanzen, die über viel ältere Wurzelsysteme und Stämme oder Stränge miteinander verbunden sind, genetisch mehr oder weniger identisch. Das heißt, dass es in diesen Kolonien zu keiner Individualisierung kommt, die mit tierischen Arten vergleichbar wäre. Zweitens wachsen etliche der sehr alten Pflanzen wie die Bristlecone Kiefern oder die Nordischen Fichten in sehr unwirtlichen Gegenden mit kurzen Vegetationsperioden. Diese Bäume sind offensichtlich gut an lange Phasen geringer Stoffwechselaktivität adaptiert. Ein weiteres wichtiges Merkmal von Pflanzen ist ihre Immobilität. Man könnte also spekulieren, dass Individuation und Mobilität von Arten in puncto Lebensdauer kostspielig sind, während sich Perioden eingeschränkter Nährstoffversorgung positiv auswirken.

Letzteres ist derzeit ein viel untersuchtes Gebiet der Altersforschung. Für eine Reihe von Organismen, von Hefe zu Mäusen, wurde gezeigt, dass eine Einschränkung der Nährstoffversorgung (*calorie restriction*) bei gleichzeitiger Nährstoff-Balance die Lebensspanne deutlich verlängert und bei Mäusen eine Reihe von auch beim Menschen relevanten Erkrankungen, die mit Altern verbunden sind, seltener auftreten.<sup>42</sup> Dies wurde auch für Rhesusaffen gezeigt und, obwohl die Frage lange Zeit kontrovers dis-

kutiert wurde<sup>43</sup>, es mehren sich die Hinweise, dass Fettleibigkeit ursächlich mit der Entwicklung einer Reihe alterstypischer Erkrankungen wie Diabetes, Herz-Kreislaufkrankungen und Krebs zusammenhängt bzw. die Einschränkung der Nahrungszufuhr das Risiko, diese Krankheiten zu entwickeln deutlich reduziert.<sup>44</sup> Hinweise in diese Richtung gaben zunächst Menschen, die längere Zeiten eingeschränkter Nahrungszufuhr erlebt hatten, ohne dabei zu hungern oder sich einseitig zu ernähren, wie etwa die Bevölkerung von Okinawa. Auch bei gesunden, jedoch übergewichtigen Personen reduzierte eine vernünftige Einschränkung der Nahrungszufuhr das Risiko wesentlich, an Diabetes oder Arteriosklerose zu erkranken.<sup>45</sup> Selbst bei normalgewichtigen Personen wirkte sich diese Nahrungsbeschränkung günstig aus.<sup>46</sup> Dies bestätigt, was eigentlich eine altbekannte Tatsache ist.

Biochemisch kennt man mittlerweile zahlreiche Signal- und Stoffwechselwege, die direkt durch die Nahrungszufuhr reguliert werden und mit einer Verlängerung der Lebensspanne korrelieren.<sup>47</sup> Der Zucker-Stoffwechsel spielt hier eine wesentliche Rolle, ebenso die Art und Menge von verzehrtem Protein. Insgesamt dürften individuelle Unterschiede in der Nährstoffverwertung wesentlich dazu beitragen, welches nun die richtige Nährstoff-Mischung und das geeignete Maß an Essen darstellt. Um es der Menschheit leichter zu machen, mit diesen kniffligen Regulationen zu leben und vor allem gesund und jugendlich zu altern, verspricht die Forschung die Entwicklung von Pharmaka, die auf diese Stoffwechselwege und damit gesundheitsfördernd und lebensverlängernd wirken, dabei jedoch keine Nebenwirkungen haben.<sup>48</sup> Eine ziemlich kühne Versprechung, gerade wenn es um lange Zeiträume geht, in denen fast alle Pharmaka irgendwelche Nebenwirkungen haben. Doch der Einsatz von Medikamenten, so hypothetisch er derzeit noch sein mag, wird als realistisches Ergebnis erwartet, vor allem dann, wenn die derzeit in der Bewilligung von Pharmaka für diesen Zweck noch zurückhaltende US Food and Drug Administration ihre Bedenken revidiert und Altern als

39 List of long-living organisms. Wikipedia, online unter: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_long-living\\_organisms](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_long-living_organisms), aufgerufen am 2. Juli 2010.

40 Das älteste lebende Exemplar einer Pflanze ist... Spektrumdirekt, online unter: <http://www.wissenschaft-online.de/artikel/1010985>, aufgerufen am 2. Juli 2010.

41 S. Anm. 40.

42 Fontana et al. 2010.

43 Holloszy / Fontana 2007.

44 Fontana et al. 2010.

45 Holloszy / Fontana 2010.

46 Redmann et al. 2008.

47 Fontana et al. 2010; Kenyon 2010.

48 Fontana et al. 2010.

zu behandelnden Zustand, also als Krankheit anerkennen sollte.<sup>49</sup> Vor diesem Hintergrund wird werbewirksam von einigen das Ziel propagiert, unsere gesunde Lebensdauer weit über das heute vorstellbare Maß hinaus ausdehnen zu können und womöglich nicht nur den Status *supercentenarian*, sondern sogar bis zu mehrere Jahrhunderte Lebensdauer und damit Quasi-Unsterblichkeit erlangen zu können, und das bei guter Gesundheit und hoher Vitalität.

#### 4 Biologische Unsterblichkeit

In seinem 1996 erschienen Buch „Life Itself“, einem Porträt der zellbiologischen Forschung und ihren Ergebnissen Ende des 20. Jahrhunderts, formulierte der amerikanische Wissenschaftsjournalist Boyce Rensberger im Kapitel *The Immortality Within* (etwa: Die innenliegende Unsterblichkeit) folgendes: „Tod, entgegen der landläufigen Meinung, ist kein essentieller Teil des Lebens. Einige Lebensformen sind unsterblich. Sie sterben nie“.<sup>50</sup> Prinzipiell und vor allem historisch gesehen – die Idee stammt von August Weismann<sup>51</sup>, einem eminentem Biologen des späten 19. Jahrhunderts – sind damit Bakterien und Einzeller gemeint, bei denen durch Zellteilung aus einer „Mutterzelle“ zwei gleichwertige „Tochterzellen“ entstehen, wobei die „Mutterzelle“ voll in den „Tochterzellen“ aufgeht, ein Vorgang, bei dem weder Altern noch Tod im Sinn einer übrig bleibenden „Leiche“ zu beobachten sind. In der Realität ist diese theoretisch endlose Fortpflanzung nicht ganz so strikt verwirklicht, weswegen man vorsichtshalber von *potentieller* Unsterblichkeit spricht. Heute weiß man zudem, dass sowohl bei Bakterien als auch bei Einzellern wie der Bäckerhefe Altern auftritt und de facto scheint sich gerade die Bäckerhefe als Modellorganismus zum Verständnis von Alterungsprozessen bei Säugetieren besonders gut zu eignen.<sup>52</sup> Altern wird in der Regel an einer gewissen morphologischen Asymmetrie festgemacht, z.B. die sichtbare Unterscheidung in eine juvenile und eine ältere Lebensphase. Beim Bakterium *Escherichia coli* ist dies nicht der Fall, die Zellen einer Kolonie scheinen alle gleich zu sein. Sie galten daher bis vor kurzem

als Organismen, die tatsächlich nicht altern und es wurde ihnen etwas, das als *functional immortality* bezeichnet wird, zugeschrieben. Doch vor wenigen Jahren konnte nachgewiesen werden, dass es auch damit nicht weit her ist: bei der Zellteilung erhält eine „Tochterzelle“ den Zellpol der „Mutterzelle“, während die andere „Tochterzelle“ einen neuen Zellpol ausbildet. *E. coli* Zellen, die den alten Zellpol erben, teilen sich langsamer und sterben schneller ab.<sup>53</sup> Zudem lagern diese Zellen mehr aggregierte, nicht mehr funktionstüchtige Proteine ein.<sup>54</sup> Daraus lässt sich schließen, dass jene „Tochterzelle“, die den alten Zellpol erbt, eigentlich besser als eine „alternde Mutterzelle“ bezeichnet werden sollte, die einen jüngeren Nachkommen produziert.<sup>55</sup> Es bestätigt sich damit, dass biologische Unsterblichkeit eher eine theoretische denn eine praktische Größe ist, die darauf beruht, wie wir Identität definieren.

Inspirierend war und ist auch die Grünalge *Volvox*, ein einfacher Organismus am Übergang vom Ein- zum Vielzeller, der zur Ikone der biologischen Unsterblichkeit avancierte, jedoch zugleich als „erste Leiche“ gilt. Wie konnte es dazu kommen? Der Grund dafür ist, dass bei *Volvox*, kugeligen Kolonien von mehreren tausend begeißelten Einzelzellen, die einen gallertigen Hohlraum umwachsen, eine Differenzierung in Körperzellen (somatische Zellen) und in Geschlechtszellen<sup>56</sup> (Gonidien) auftritt. Bei der ungeschlechtlichen Vermehrung teilen sich Gonidien vielfach und bilden Tochterkolonien im Inneren der *Volvox*-Kugel aus, die schließlich freigesetzt werden, wobei die Mutterkolonie stirbt. Die geschlechtliche Vermehrung erfolgt nach Befruchtung einer Eizelle durch Spermatozoiden und Bildung einer Zygote, die ein Überdauerungsstadium darstellt, welches unter geeigneten Bedingungen zu einer *Volvox*-Kolonie heranwächst. August Weismann entwickelte aus dieser Beobachtung die sogenannte Keimplasma Theorie (*germ plasm theory*)<sup>57</sup>, die besagt, dass mit der Spezialisierung in Zellen, die für die Vererbung verantwortlich sind, sowie in Zellen, die den Körper aufbauen, der Tod auftritt, quasi zur Entsorgung des für die Arterhaltung unnötigen körperlichen Ballasts. Nur die Keimzellen überleben, sind also unsterblich. In neuerer Zeit wurden auch Gene – Richard Daw-

49 Kenyon 2010.

50 Rensberger 1996, 247, Originaltext: “Death, contrary to conventional wisdom, is not an essential part of life. Some forms of life are immortal. They never die.”

51 Weismann 1884-1885.

52 Kaeberlein 2010.

53 Stewart et al. 2005.

54 Lindner et al. 2008.

55 Stewart et al. 2005.

56 Diese sind weibliche bzw. männliche Gonidien, die Eizellen bzw. Spermatozoide bilden. Es gibt eingeschlechtige, also weibliche oder männliche Kolonien, sowie zweigeschlechtige Kolonien, die weibliche und männliche Gonidien aufweisen.

57 Weismann 1892.

kins verwendete dafür den schlagkräftigen Ausdruck „immortal coils“ – und schließlich Stammzellen in den Olymp der Unsterblichkeit erhoben.<sup>58</sup> Michael West, Begründer der Firma Geron, die intensiv an der klinischen Einführung von Therapien mit embryonalen Stammzellen arbeitet, ist denn auch überzeugt davon, dass diese unsterblichen Zellen nicht nur Krankheiten heilen können, sondern das Potential dazu haben, uns unsterblich zu machen. Der Bush'schen Politik, die die Forschung mit embryonalen Stammzellen über Jahre wesentlich einschränkte, setzte er somit nichts geringeres als das ewige Leben entgegen, das dadurch gefährdet sei.<sup>59</sup>

Die Metapher ist so stark, dass sie auch unter akademischen Altersforschern im Jahr 2009 noch beeindruckt: „Keimzellen verbinden die Generationen und sind daher unsterblich. Embryonale Stammzellen, aber auch [...] erwachsene Vorläuferzellen [...] weisen einen hohen Grad an Pluripotenz auf und daher wird ihnen das Potential zur Unsterblichkeit zugeschrieben. Dies führt uns zur ultimativen Frage, die durch die weitere Entwicklung der Regenerativen Medizin beantwortet werden muss: Wird es uns möglich sein, unsere Existenz durch die Verwendung pluripotenter Stammzellen zu verlängern?“<sup>60</sup> Man kann die Sache auch differenzierter und mit weniger sehnsuchtsvollen Nebenwirkungen darstellen: Keimanlagen (*germ line*)<sup>61</sup> werden im Laufe der Evolution der natürlichen Selektion ausgesetzt, müssen sich anpassen und können, sofern diese Anpassung gelingt, als potentiell unsterblich angesehen werden. Embryonale Stammzellen hingegen, die im Labor gezüchtet werden, werden von den Zellbiologen selektioniert und dabei kommt es nicht auf irgendeine Anpassung, sondern auf höchstmögliche Identität von Tochtergenerationen zur elterlichen Stammzelle an, damit sie überhaupt für eine Therapie in Frage kommen.<sup>62</sup>

Auch in vivo wird für jene Zellen, die im Stammzell-Pool von Geweben und Organen verbleiben, eine

solche genetische Stabilität angenommen. Die sogenannte *immortal strand* Hypothese, 1975 von James Craig entwickelt, nimmt an, dass bei der Zellteilung von embryonalen Stammzellen stets alle elterlichen DNA-Stränge in jener Population erhalten bleiben, die nicht weiter ausdifferenziert, während die neu synthetisierten, möglicherweise fehlerhaften Stränge an jene Zellen weitergegeben werden, die für die Ausdifferenzierung vorgesehen sind.<sup>63</sup> Die Hypothese ist umstritten, sie untermauert allerdings die Vorstellung, dass es einen mehr oder weniger genetisch identen Stammzellpool gibt, fügt sich also gut in die Ideenwelt der Unsterblichkeit ein. Sie befördert damit das Bild der embryonalen Stammzelle als Keim der Unsterblichkeit, der unserem alternden Soma wieder auf die Sprünge helfen könnte.<sup>64</sup> Dass dies nicht ganz so einfach ist, liegt auf der Hand. Auch embryonale Stammzellen altern und verändern sich bezüglich ihrer Funktionalität. Das ihnen zugesprochene Attribut einer quasi identischen Selbsterneuerung (*self-renewal*) ist ein biologisch gesehen nicht erzielbarer Standard, denn er setzt größtmögliche genomische Stabilität voraus, die bei näherem Hinsehen nicht gegeben ist. Wer zellbiologisch arbeitet, weiß, dass diese Form der Standardisierung Utopie ist, denn Zellen reagieren in der Regel auf kleinste Änderungen ihrer Umwelt. Zudem schließt diese Vorstellung genetischer Identität jegliche Fähigkeit zur Anpassung aus, läuft somit allem, was in der Biologie common sense ist und durch neue Ergebnisse zur Biologie der Vererbung wieder und wieder gezeigt wird, zuwider. Diese Anpassung, so die verbreitete Vorstellung, sei wegen der präzisen Standardisierung, die es zur Herstellung von embryonalen Stammzellen als Therapeutikum braucht, auch nicht nötig. Es ist die Wissenschaft, die ewige Stabilität in einer instabilen, vom Tod gebeutelten Welt garantiert und die Abschaffung von Leid und Tod verspricht. Was die Sache mit der biologischen Unsterblichkeit erschwert, ist die Idee der Identität, die ihr zugrun-

58 Hauskeller 2005.

59 West 2004.

60 Lepperdinger 2009, 116, Originaltext: “Germ cells link the generations and are thus immortal. ES cells, but also [...] adult progenitor cells [...] exhibit a high degree of pluripotency and are therefore considered to have the potentiality for immortality. This leads us to the ultimate question, which remains to be answered by future developments in regenerative medicine: May we be able to prolong our existence through the use of pluripotent stem cells?”

61 Die Begriffe *germ line* (Keimanlage) und *germ cell* (Keimzelle, also z.B. Eizelle und Spermium) werden zwar oft synonym verwendet. Keimanlage ist aber insofern präziser, als die Zelle an sich nicht über mehrere Generationen überlebt, sondern vielmehr die in ihr verpackten Erbanlagen, die von Generation zu Generation weitergegeben werden. Üblicherweise wird darunter das Genom, also die DNA, verstanden, wir wissen jedoch heute, dass der Begriff Erbanlagen molekular weiter gefasst werden muss, da einerseits sogenannte epigenetische Muster, also Modifikationen des Genoms, vererbt werden, ebenso wie regulatorische RNA Moleküle.

62 Rando 2006.

63 Rando 2007.

64 Mehr dazu in Hauskeller 2005.

de liegt und die heute in der Regel als genetische Identität gedacht wird, woraus dann auch noch gefolgert wird, dass „genetisch identische“ Einheiten (Zellen oder Organismen) keine Individuen sind, sondern Klone, also möglichst 100-prozentige Kopien. Sie setzt, stark reduktionistisch, voraus, dass nur die Anhäufung von Mutationen vermieden werden, das Genom also möglichst unverändert weitergegeben werden müsste, und schon ergäbe sich Unsterblichkeit, eine für uns übrigens unattraktive Form der Unsterblichkeit, denn schließlich hängt der Mensch an seinem Körper und kann sich als Individuum nur schlecht damit trösten, dass nur seine DNA unsterblich sein soll. Durch die derzeit boomende Forschung zur sogenannten Epigenetik, also zu jenen Vorgängen, die für Vererbung wichtig sind, aber nicht die DNA-Sequenz des Genoms betreffen, wird aber immer deutlicher: das Genom, besser gesagt das Epigenom, ist weit plastischer als ursprünglich angenommen und variiert nicht nur zwischen Individuen, sondern auch zwischen den Zellen und Geweben eines Individuums, so dass z.B. die Annahme, alle Körperzellen eines Menschen hätten dasselbe Genom, revidiert werden müsste.<sup>65</sup> Besonders augenscheinlich werden diese Phänomene an eineiigen Zwillingen, die, bis vor wenigen Jahren noch gemeinhin als genetisch identisch und quasi als Klone gehandelt, epigenetisch variieren, was nicht nur unterschiedliche Anfälligkeit für Krankheiten und Lebenserwartung, sondern auch verschiedene Persönlichkeitsmerkmale zumindest teilweise zu erklären vermag.<sup>66</sup> Insgesamt scheinen die Konzepte der biologischen Unsterblichkeit wie der biologischen bzw. genetischen Identität mehr hinderlich als förderlich für das Verständnis von Vererbung, Evolution sowie Leben und Sterben zu sein. Sie verstellen den Blick auf die große Plastizität biologischer Systeme, wie sie uns gerade die neuere Forschung wunderbar vor Augen führt. Dadurch wird Überleben und Anpassung ganz allgemein gesichert, Überleben eines Individuums unter bestimmten Bedingungen ebenso wie von Spezies. Wir könnten auch endlich mit dem heute so blühenden genetischen Determinismus aufräumen, wenn wir nicht in dogmatischer Weise an diesen Prinzipien festhielten. Doch die aktuelle Fachliteratur ist nach wie vor geprägt von dieser Ambivalenz: der Stabilität und Identität im Sinne von Gleichheit wird eindeutig der Vorzug über die Variabilität und damit

Ungewissheit gegeben, eine zutiefst bewahrende, jeden Wandel negierende Haltung, die in Zeiten, in denen Individualität alles ist, grotesk anmutet.

Es lohnt sich, nochmals zu August Weismanns Schriften zurück zu gehen, der ja, wie es scheint, für einen Gutteil der ganzen Unsterblichkeitsdebatte als Urheber gelten muss. In seinem Aufsatz „Zur Frage nach der Unsterblichkeit der Einzelligen“<sup>67</sup> schreibt er dazu: „Der Ausdruck „unsterblich“ kam in den Naturwissenschaften bisher nicht vor, weil man eben glaubte, dass Sterblichkeit das Los alles Lebendigen sei. [...] Fasst man also den Begriff der Unsterblichkeit ganz einfach als den Gegensatz zur Sterblichkeit, so besagt er, dass die betreffenden Bionten nicht sterben müssen, dass sie einen natürlichen Tod, einen Tod aus innern Ursachen nicht besitzen, und so verhält es sich ja bei den Einzelligen. [...] Auf die rein philosophische Frage, ob diese Unsterblichkeit gleich ewigem Leben ist, braucht man sich dabei gar nicht einzulassen“. Obwohl die heutige Altersforschung seit Jahrzehnten die von Weismann möglicherweise propagierte Idee<sup>68</sup>, höhere Tiere unterlägen einer Art Todesprogramm, in aufwändiger Weise widerlegt, hält man sich nach wie vor gerne an die Diktion von Weismann, wenn es um die Unsterblichkeit geht und spricht von *immortal germline* und *mortal soma*, etwa in der von Kirkwood in den 1970er Jahren entwickelten *disposable soma* Theorie zum biologischen Alterungsprozess.<sup>69</sup>

Zum Thema „Individuum“ bei Ein- und Vielzellern sagt Weismann übrigens, es handle sich um einen „bloßen Wortstreit, der nur insofern eine tiefere Bedeutung hat, als er zum Bewusstsein bringt, dass es bei den Einzelligen kein „Individuum“ in dem Sinne gibt wie bei den höheren Organismen, dass überhaupt unsere Abstraktionen, wie „Generation“, „Mutter“, „Tochter“ nicht ohne weiteres überall angewandt werden können, da sie eben künstliche Begriffe, nicht aber in der Natur vorhandene Dinge sind“. Weismann war sich der Limitierung unserer Sprache für diese zuvor nicht beschriebenen Phänomene bewusst, er meinte auch, „[m]an könnte ja ein neues Wort dafür erfinden, wenn man „unsterblich“ verwirft“.<sup>70</sup> Und weiter schreibt er, „der Gedanke eines „Alters“ der Einzelligen ist nicht haltbar, vielmehr besteht in physiologischer Beziehung ein tiefer Unterschied zwischen Einzelligen und Vielzelligen darin, dass nur die letzteren sich durch das

65 Dear 2009; Sgaramella 2010.

66 Haque et al. 2009.

67 Weismann 1884-1885, 688 ff.

68 Man muss sie schon aus der Formulierung „einen Tod aus innern Ursachen“ heraus lesen wollen und dabei diese „innern Ursachen“ genetisch definieren.

69 Kirkwood 2005.

70 Weismann 1884-1885, 689.

Leben selbst aufreiben und zu einem natürlichen Tod treiben, während die ersteren durch den Stoffwechsel niemals derart verändert werden, dass das Leben dadurch unmöglich würde<sup>71</sup>. Die Überlegung, dass Keimzellen ebenso wie Einzeller potentiell unsterblich sind, wurde, häufig unter Weglassung des Wortes potentiell, von der heutigen Forschung direkt übernommen. Biologische Unsterblichkeit ist, obwohl die Evidenz dafür mehr als dürftig ist, aus dem Weltbild der Biologie nicht mehr wegzudenken. Dies erscheint in Anbetracht des doch sehr rasanten Fortschritts im Verständnis zellbiologischer Prozesse seit Weismanns Zeit zumindest erstaunlich. Doch die Metapher lebt und beflügelt die Phantasien, dass das, was Weismann für Einzeller und Keimzellen postulierte, dereinst, vielleicht mithilfe von embryonalen Stammzellen<sup>72</sup>, für ganze Körper gelten wird.

## 5 Generation 150+

Altern, die Entwicklung damit verbundener Krankheiten und Sterben sind also, biologisch gesehen, enigmatisch. Trotz intensiver Forschung, die Fachrichtungen wie Geriatrie (die Lehre von den Krankheiten des alternden Menschen) und Gerontologie (die Wissenschaft vom Altern, die verschiedenste, über die Medizin hinausgehende Aspekte des Alterns untersucht) hervorgebracht haben, scheint sich die Erkenntnis im Kreis zu drehen: Alter gilt nach wie vor als wichtigster Risikofaktor, an einer der heute auf Grund demographischer Entwicklungen häufigen Erkrankungen wie Demenz, Diabetes, Herz-, Kreislauf-, Leberstörungen oder Osteoporose zu erkranken, dadurch in einen Zustand allgemeiner Gebrechlichkeit zu geraten und letztlich zu sterben. Andererseits spielen Veranlagung, Lebensstil, Umweltfaktoren, Bildungsgrad, ökonomische Situation und vieles mehr eine bedeutende Rolle dabei, ob und wann diese Krankheiten entwickelt werden. Alter per se liefert also keine zufrieden stellende Erklärung für Krankheit und letztlich Sterben. Darüber hinaus gibt es das, was der Volksmund als „Altersschwäche“ be-

zeichnet, bei der keine der genannten Erkrankungen dingfest zu machen ist, die jedoch ebenfalls zum sicheren Tod führt. „Es gibt keine überzeugende Erklärung für die Ursache des Todes von alten, doch an sich gesunden Menschen, Mäusen, Würmern oder Fliegen [...]. Noch immer zeichnet sich keine Hypothese ab, die eine brauchbare, auf Zell- und Gewebebiologie bezogene Definition des „Sterbens auf Grund hohen Alters“ liefert. [...] nur selten wird die Frage „Wann beginnt der Tod?“ aus biologischer Sicht gestellt“ schreibt Thomas Rando zusammenfassend im Jahr 2006.<sup>73</sup>

Die Frage „Wann beginnt der Tod?“ im biologischen Sinn dürfte ebenso schwer zu beantworten sein wie die Frage „Wann beginnt Altern?“ und „Wann beginnt das Leben?“, nicht zuletzt deshalb, weil es hier an eindeutigen Definitionen mangelt. Diese Fragen scheinen sich auf Grund ihrer Komplexität der molekularen Analyse zu entziehen. Welcher Struktur sprechen wir Leben zu, wie sieht etwas auf molekularer Basis aus, das „alt“ ist oder gar „sterbend“ und schließlich „tot“? Insofern kann man auch relativ willkürlich erklären, Altern beginne noch vor der Geburt, wie es Thomas Kirkwood tut (s. oben). Der Gedanke, der Tod gehöre zum Leben wie der Schmerz zur Liebe, drängt sich auf, zudem er eine durchaus gängige, seit Menschengedenken tradierte Ansicht widerspiegelt, selbst wenn man heute Weismann so auslegt, als hätte er mit seiner biologischen Unsterblichkeit das Gegenteil bewiesen. Mark Benecke, deutscher Kriminalbiologe und Autor zahlreicher, erfreulich kritischer und populärer Beiträge zum Thema Altern, Tod und Biomedizin, schrieb in einem Bericht 1999<sup>74</sup>: „Lebewesen müssen sterben, und das hat einen guten Grund. Um genetisch neu kombinierte Nachkommen mit besserer Umweltanpassung hervorzubringen, pflanzen sich die Elterngenerationen zunächst sexuell fort und schleusen dann mit dem Tod ihre Biomoleküle (ihren Körper) zurück in den Kreislauf des Lebens. Das gilt für praktisch alle Wesen, vom Flieder bis zur Fledermaus, und es dient dem einen Zweck, der Arterhaltung“. Schöner kann man die weithin gängige Lehrmei-

71 Weismann 1884-1885, 689.

72 Insgesamt ist die Biologie von Stammzellen und ihrer Umgebung wesentlich komplexer als oft dargestellt und außerdem in großen Zügen noch unverstanden (Rando 2006). So scheint es auch eher unwahrscheinlich, dass uns Stammzellen mittels Regenerativer Medizin der lange ersehnte Jungbrunnen sein könnten, wobei nicht auszuschließen ist, dass sie eines Tages in bestimmten Situationen klinische Anwendung finden werden, vermutlich eher in Form induzierter pluripotenter Zellen (iPS), also „verjüngter“ Körperzellen denn als embryonale Stammzellen. Entgegen des medialen Hype sehen führende Forscher auf diesem Gebiet nach wie vor grundlegende Hürden auf dem Weg zur klinischen Anwendung (Ispisúa Belmonte et al. 2009).

73 Rando 2006, Box 2, S. 1084, Originaltext: „There is no compelling explanation for the cause of death in old but otherwise healthy humans, mice, worms or flies. [...] Yet no hypothesis has emerged that yields a useful definition of “dying of old age” in terms of cell and tissue biology. [...] The question “When does life begin?” engenders much debate, and the [underlying] biological mechanisms [...] rarely is the question asked from a biological perspective, “When does death begin?”

74 Benecke 1999.

nung nicht ausdrücken, die uns angeblich Darwin, vielmehr jedoch seine Zeitgenossen und seine Übersetzer<sup>75</sup> als den berühmten „Kampf ums Dasein“ mit all seinen bekannten Folgen für unser Verständnis von Leben, Natur und Evolution, basierend auf Konkurrenz und Selektion und *survival of the fittest* hinterlassen haben. Sinngemäß postulierten manche Evolutionstheoretiker auch, dass Altern ein genetisch vorprogrammierter und unentrinnbarer Prozess sei, da die Eliminierung nicht mehr reproduktionsfähiger Individuen insgesamt Ressourcen für künftige Generationen spare.<sup>76</sup> Nun, dies ist Darwinismus in seiner härtesten Auslegung und auch in mir, obwohl skeptisch, was die Sache mit der Unsterblichkeit angeht, regt sich Widerstand angesichts solch undifferenzierter Kosten- Nutzenrechnung.

Gerontologen haben dieser Lehrmeinung den Kampf angesagt. Das war eigentlich an der Zeit, denn tatsächlich ist es fragwürdig, ob der Tod als Programm akzeptiert werden muss, bloß weil es keine bessere Erklärung gibt. Die Versuche, dieses Todesprogramm zu widerlegen, wirken allerdings ein wenig unbeholfen, weil es auch hier immer um genaue Definitionen geht. Was ist ein Programm? Was ist ein Prozess? Ist Altern ein Abbauprozess, ein Abbauprogramm? Spielen Gene und Nukleotid-Polymorphismen (SNPs, *single nucleotide polymorphisms*) eine Rolle dabei, wann und wie wir altern? Letzteres wird von einer derzeit heftig umstrittenen Studie an DNA von *supercentenarians* evoziert, die verspricht, es könnte die Wahrscheinlichkeit, ein extrem hohes Alter zu erreichen, aus SNP Analysen verlässlich vorhergesagt werden.<sup>77</sup> Kritiker bezweifeln die Methodik, die relativ hohen Korrelationen könnten auf Artefakten bei der Analyse beruhen.<sup>78</sup> Seit Jahrzehnten müht man sich um eine brauchbare Theorie zur Biologie des Alterns und verheddert sich in zahlreichen Kontroversen.<sup>79</sup> Derzeit drückt man sich so aus: „Altern [verläuft] nicht zufällig, sondern [ist] durch ein gene-

tisch reguliertes Langlebigkeits-Netzwerk bestimmt, das sowohl genetisch als auch pharmakologisch verlangsamt werden kann.“<sup>80</sup> Kein Todesprogramm also, sondern ein Langlebigkeits-Netzwerk ordnet die wissenschaftliche Gemeinde als Resultat zahlreicher, 2009 publizierter Arbeiten zum Thema Altern. Gene, Telomere und Telomerase<sup>81</sup>, DNA Schäden, Mitochondrien, oxidativer Stress, Nährstoff einschränkung, Stammzellen sind die Netzwerker. Doch trotz vieler Details bleibt das Ganze unscharf.

Nichtsdestotrotz wird die Entwicklung einer Therapie des Alterns als realistisch eingeschätzt und erste Pharmaka werden in Aussicht gestellt.<sup>82</sup> Jayne Lucke und Kollegen haben sich kürzlich mit einem fiktiven Szenario, der Verfügbarkeit einer Anti-Ageing Pille, die einem immerhin zu 150 Lebensjahren verhelfen soll, auseinandergesetzt.<sup>83</sup> Der Markt, den sie prophezeien, boomt bereits, obwohl eine derartige Pille noch nicht in Sicht ist. Konsumenten dürfte es herzlich egal sein, ob Altern einem genetischen Programm zwecks Arterhaltung folgt oder ein mehr oder weniger zufälliger Prozess ist, solange auch nur irgendeine Chance besteht, dass eine derartige Pille wirken könnte. Zudem der Körper bereits seit längerem im Prozess zunehmender Medikalisierung sowie Technologisierung von Leben und Tod zu einem „utopischen Raum [wird], in welchen Fantasien der kompletten Kontrolle, dauernden Jugend und Langlebigkeit projiziert werden“.<sup>84</sup> Die Vermeidung des Todes mit allen Mitteln entwickelt sich so zu einer Konsummöglichkeit und es steht zu erwarten, dass diese gut genützt wird, zudem die Versprechung ja nicht nur in langem Leben, sondern auch in einem guten langen Leben liegt. Wie alle utopischen Impulse ist auch die mit der Aufhebung des Todes verbundene Technoutopie eine Entsprechung kultureller Ängste.<sup>85</sup>

Die Popularität von Aubrey de Grey, Leitfigur der Transhumanismus Strömung und Begründer von

75 Kutschera 2009.

76 Rando 2006.

77 Sebastiani et al. 2010.

78 The Great Beyond, Longevity paper sparks debate – July 04, 2010; [http://blogs.nature.com/news/thegreatbeyond/2010/07/longevity\\_paper\\_sparks\\_debate\\_1.html](http://blogs.nature.com/news/thegreatbeyond/2010/07/longevity_paper_sparks_debate_1.html).

79 Rando 2006; Kirkwood 2005.

80 Blagosklonny et al. 2010, 111, Originaltext: „The emerging message in 2009 is that aging is not random but determined by a genetically-regulated longevity network and can be decelerated both genetically and pharmacologically“.

81 Chromosomenenden, die bei der Zellteilung kürzer werden, was mit der Zellalterung einhergeht, ein Prozess, der bei Stamm- und Krebszellen durch Telomerase verhindert wird, die die Chromosomenenden immer wieder aufbaut. 2009 wurde der Medizin-Nobelpreis für die Aufklärung, wie Telomere und Telomerase die Chromosomenenden schützen, vergeben.

82 Kenyon 2010; Kaeberlein 2010.

83 Lucke et al. 2009.

84 Shaw 2009, 253, Originaltext: “The body becomes a utopian space into which are projected fantasies of complete control, perpetual youth and longevity”.

85 Shaw 2009.

SENS (Strategies for Engineered Negligible Senescence) zeigt, dass diese Technoutopie durchaus attraktiv ist. De Grey meint übrigens, dass die Lebensspanne des Menschen nicht auf 150 Jahre beschränkt bleibt, sondern, bei Ausschöpfung aller uns zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, auf mindestens 1000 Jahre ausgedehnt werden kann, wobei er vermutet, dass der erste 1000-jährige bereits etwa 60 Jahre alt ist.<sup>86</sup> Ist es etwa der Erfinder Ray Kurzweil, der mit 200 Nahrungsergänzungspillen täglich sein Altern aufzuhalten versucht, von sich behauptet, er sei biologisch erst etwa 40, während er chronologisch 60 sei und der die Vision hat, im Alter von 75 eigentlich erst 38 zu sein und schließlich mit Nanobots, winzigen, in den Blutkreislauf eingeschleusten Robotern, seine Biochemie neu programmieren will?<sup>87</sup> Kurzweil spricht übrigens nicht von der Verdrängung des Todes in heutiger Zeit, sondern von der Verdrängung der Tatsache, dass der Tod Leiden ist. Als Motivation für seine Arbeiten zum Thema Lebensverlängerung ortet Kurzweil nicht Angst vor dem Tod, sondern sie sei so zu begründen: „Ich bin Erfinder, und meine Produkte sollen das richtige timing haben.“<sup>88</sup> Zudem konnte Kurzweil auf Grund einer Umstellung seiner Lebensweise seine Zuckerkrankheit überwinden. Nun, hier wären wir wieder bei den üblichen Risikofaktoren. Der Gedanke drängt sich auf, dass vor allem gut Bekanntes neu aufbereitet und zeitgeistig vermarktet werden soll. „Propheten der Unsterblichkeit“ gab es in der Geschichte bereits einige, bisher blieb der Erfolg allerdings aus.<sup>89</sup> Es steht zu befürchten oder zu hoffen, je nachdem, welchen Blick man auf die Angelegenheit hat, dass es auch in diesem Fall so sein wird. Die medizinisch verursachte Unsterblichkeit lässt also auf sich warten. So bleibt einem derzeit nur, sich mit dem Tod zu arrangieren und einstweilen möglichst gut zu leben, sich nicht zu überarbeiten, sich viel zu bewegen, ausreichend zu schlafen, gut und gesund zu essen, seine Beziehungen und Interessen zu pflegen, auf ein Glas Rotwein und Bitterschokolade nicht zu verzichten und, im übrigen, genügend Wasser zu trinken. Ganz auf der Höhe der Zeit wirbt denn auch eine bekannte Mineralwasser-Marke bei der Fashion Week Berlin 2010 mit dem Spruch: „Wer

jung bleiben will, muss früh damit anfangen“<sup>90</sup>, gemäß der Erkenntnis, dass man nicht früh genug anfangen kann, gesund zu leben, um möglichst lange jung zu bleiben, während man schon alt wird. Unter der Schlagzeile „Jünger Altern“ erfährt man auch, dass sich bereits zwei Drittel der Deutschen eine chirurgische Schönheitskorrektur vorstellen könnten.<sup>91</sup> Noch müssen relativ hausbackene Methoden und eine glatte Fassade wettmachen, was manche eminente Vertreter der biomedizinischen Forschung versprechen. Diese haben sich offenbar dem Lifestyle der Zeit unterworfen und gewinnen mit den Interpretationen ihrer Ergebnisse vorwiegend Konsumenten ungewisser Lebensverlängerung und fiktiver Unsterblichkeit und nur in geringem Maß Erkenntnis.

## 6 Zusammenfassung

Altern, Sterben, Tod des Körpers sind Phänomene, die Menschen seit jeher beschäftigen. Mit der Entwicklung der heutigen Biomedizin, geprägt von der Aufklärung der chemischen Struktur von Genen, der Sequenzierung des Genoms und der Charakterisierung von embryonalen Stammzellen, sehen zunehmend auch ansonsten nüchterne Forscher die Möglichkeit, diese Phänomene zu beeinflussen, die Lebensdauer zu verlängern, unter Umständen weit über das heute vorstellbare Maß hinaus. Was als Behandlung von Krankheiten beginnt, könnte, so die Vorstellung, Standard werden und damit zumindest den sogenannten natürlichen Tod abschaffen. Gespeist wird diese Vorstellung einerseits von der während des letzten Jahrhunderts tatsächlich eindrucksvoll angestiegenen Lebenserwartung, andererseits von der Ende des 19. Jahrhunderts in die Biologie eingeführten Idee, es gäbe prinzipiell biologische Unsterblichkeit. Sie fußt auf Annahmen von Identität, die dem heutigen Forschungsstand zufolge nicht haltbar sind. Vielmehr dient sie als Metapher, die es Teilen der heutigen Biomedizin-Forschung ermöglicht, kollektive Visionen zu befriedigen und sich als Konsumkultur zu etablieren.

86 Aubrey de Grey, We will be able to live to 1,000. BBC News, 2004/12/03, online unter: [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/4003063.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/4003063.stm), aufgerufen am 16. Juli 2010.

87 Hülswitt 2008.

88 Hülswitt 2008.

89 S Jay Olshansky, Don't fall for the cult of immortality. BBC News 2004/12/03, online unter: [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/4059549.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/4059549.stm), aufgerufen am 16. Juli 2010.

90 Vogue Juli 2010, 54.

91 Vogue Juli 2010, 56.

## Literatur

BARTKE et al. 2008

Andrzej Bartke / Michael Bonkowski / Michal Masternak, How diet interacts with longevity genes. *Hormones* 7, 2008, 17-23.

BENECKE 2009

Mark Benecke, „Der Tod bleibt immer Sieger“, Altern und Sterben – biologische Perspektiven an der Jahrtausendwende. *Süddeutsche Zeitung*, 20./21. Februar 1999, Feuilletonbeilage, Seite III, online: [http://wiki.benecke.com/index.php?title=1999-02-21\\_SZ:\\_Der\\_Tod\\_bleibt\\_immer\\_Sieger](http://wiki.benecke.com/index.php?title=1999-02-21_SZ:_Der_Tod_bleibt_immer_Sieger), aufgerufen am 14. Juli 2010.

BLAGOSKLONNY et al. 2010

Mikhail V. Blagosklonny / Judy Campisi / David A. Sinclair et al., Impact papers on aging in 2009. *AGING. Open-access Impact journal on aging* 2, 2010, 111-121.

DEAR 2009

Paul H. Dear, Copy-number variation: the end of the human genome? *Trends in Biotechnology* 27, 2009, 448-454.

EZZATI et al. 2008

Majid Ezzati / Ari B. Friedman / Sandeep C. Kulkarni / Christopher J. L. Murray, The reversal of fortunes: trends in county mortality and cross-county mortality disparities in the United States. *PLoS Medicine* 5, 2008, 0557-0568.

FONTANA et al. 2010

Luigi Fontana / Linda Partridge / Valter D. Longo, Extending healthy life span – from yeast to humans. *Science* 328, 2010, 321-326.

HARPER et al. 2007

S. Harper / J. Lynch / S. Burris / George Davey Smith, Trends in the black-white life expectancy gap in the United States, 1983-2003. *JAMA. The journal of the American Medical Association* 297, 2007, 1224-1232.

HAQUE et al. 2009

F. Nipa Haque / Gottesman, Irving I. / Wong, Albert H.C., Not really identical: epigenetic differences in monozygotic twins and implications for twin studies in psychiatry. *American Journal of Medical Genetics Part C (Seminars in Medical Genetics)* 151C, 2009, 136-141.

HAUSKELLER 2005

Ch. Hauskeller, „The language of stem cell science“. In: Wolfgang Bender / Alexandra Manzei (Hrsg.), *Crossing Borders, Grenzüberschreitungen. Ethical, legal, economic and religious views on stem cell research. Global Perspectives (Münster 2005)* 39-59.

HOLLOSZY/FONTANA 2007

J. O. Holloszy / L. Fontana, Caloric restriction in humans. *Experimental Gerontology* 42, 2007, 709-712.

HÜLSWITT 2008

T. Hüls Witt, Werden wir ewig leben, Mister Kurzweil? *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (23.2.2008) 46, S. Z6.

IZPISÚA et al. 2009

J. C. Izpisua Belmonte / J. Ellis / K. Hochedlinger / S. Yamanaka, (2009), Induced pluripotent stem cells and reprogramming: seeing the science through the hype. *Nature Reviews Genetics* 10, 2009, 878-883.

JEUNE et al. 2010

B. Jeune / J.-M. Robine / R. Young / B. Desjardins / A. Skytthe / J. W. Vaupel, J. Calment et al., Biographical notes on the longest living humans, in: H. Maier (ed.) *Supercentenarians. Demographic Research Monographs* (Berlin / Heidelberg 2010), online unter: <http://www.demogr.mpg.de/books/drm/007/3-4.pdf>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

KAEBERLEIN 2010

M. Kaerberlein, Lessons on longevity from budding yeast. *Nature* 464, 2010, 513-519.

KAPLAN et al. 2000

H. Kaplan / K. Hill / J. Lancaster / A. Magdalena Hurtado, A theory of human life history evolution: diet, intelligence, and longevity. *Evolutionary Anthropology* 9, 2000, 156-185.

KENYON 2010

C. Kenyon, The genetics of ageing. *Nature* 464, 2010, 504-512.

KIRKWOOD 2005

T. Kirkwood, Understanding the odd science of aging. *Cell* 120, 2005, 437-447.

KIRKWOOD 2010

T. Kirkwood, Ageing is everyone's concern!" *Echo* 1, 4-7 (online: [http://www.axa-research.org/lib/rc/uploads2/communiques/AXA\\_ECHO\\_1.pdf](http://www.axa-research.org/lib/rc/uploads2/communiques/AXA_ECHO_1.pdf), aufgerufen am 17. Juni 2010).

KUTSCHERA 2009

U. Kutschera, Struggle to translate Darwin's view of concurrency. *Nature* 458, 2009, 967.

LEPPERDINGER 2009

G. Lepperdinger, Open-ended question: is immortality exclusively inherent to the germline? *Gerontology* 55, 2009, 114-117.

LINDNER et al. 2008

A. B. Lindner / R. Madden / A. Demarez / E. J. Stewart / F. Taddei, Asymmetric segregation of protein aggregates is associated with cellular aging and rejuvenation. *Proceedings of the National Academy USA* 105, 2008, 3076-3081.

LUCKE et al. 2009

J. C. Lucke / P. C. Diedrichs / P. Bradley / W. D. Hall, Anticipating the anti-ageing pill. *EMBO Reports* 10, 2009, 108-113.

MEARA et al. 2008

E R. Meara / S. Richards / D. M. Cutler, The gap gets bigger: changes in mortality and life expectancy by education, 1981-2000. *Health Affairs* 27, 2008, 350-360.

OEPPEM/VAUPEL 2002

J. Oeppen / J. W. Vaupel, Broken limits to life expectancy. *Science* 296, 2002, 1029-1031.

OLSHANSKY et al. 2001

S. J. Olshansky / B. A. Carnes / R. N. Butler, If humans were built to last. *Scientific American*, March 2001, 94-100.

OLSHANSKY et al. 2005

S. J. Olshansky / D. J. Passaro / R. C. Hershow et al., A potential decline in life expectancy in the United States in the 21<sup>st</sup> century. *New England Journal of Medicine* 352, 2005, 1138-1145.

OLSHANSKY et al. 2006

S. J. Olshansky / D. Perry / R. A. Miller / R. N. Butler, In pursuit of the longevity dividend. *The Scientist*, March 2006, 28-36.

RANDO 2006

T. A. Rando, Stem cells, ageing and the quest for immortality. *Nature* 441, 2006, 1080-1086.

RANDO 2007

T. A. Rando, The immortal strand hypothesis: segregation and reconstruction. *Cell* 129, 2007, 1239-1243.

REDMANN et al. 2008

L. M. Redman / C. K. Martn / D. A. Williamson / E. Ravussin, Effect of caloric restriction in non-obese humans on physiological, psychological and behavioural outcomes. *Physiology & Behavior* 94, 2008, 643-648.

RENSBERGER 1996

B. Rensberger, *Life Itself – exploring the realm of the living cell* (New York, Oxford 1996).

ROBINE / ALLARD 2003

J.-M. Robine / M. Allard, J. Calment: Validation of the duration of her life. Max Planck Institut für demographische Forschung, Rostock, Deutschland, online unter: <http://www.demogr.mpg.de/books/odense/6/09.htm>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

ROSENBERG 2010

M. Rosenberg, Life expectancy. *About.com:Geography*, <http://geography.about.com/od/populationgeography/a/life-expectancy.htm>, aufgerufen am 16. Juni 2010.

SEBASTIANI et al. 2010

P. Sebastiani / N. Solovieff / P. Annibale et al., Genetic signatures of exceptional longevity in humans. *Science*, published online July 1, DOI: 10.1126/science.1190532.

SHAW 2009

D. B. Shaw, Technology, death and the cultural imagination. *Science as Culture* 18, 2009, 251-260.

SGARAMELLA 2010

V. SgarameLLa, Variability of our somatic (epi)genomes. *Science* 329, 2010, 32-33.

STEWART et al. 2005

E. J. Stewart / R. Madden / G. Paul / F. Taddei, Aging and death in an organism that reproduces by morphologically symmetric division. *PLoS Biology* 3, 2005, 295-300.

VAUPEL 2010

J. W. Vaupel, Biodemography of human ageing. *Nature* 464, 2010, 536-542.

WALENTOWSKI 2008

H. Walentowski, Weltältester Baum in Schweden entdeckt. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft aktuell 65, 2008, 56. Online unter: [http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-aktuell/65/a65-22\\_walentowski.pdf](http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-aktuell/65/a65-22_walentowski.pdf), aufgerufen am 2. Juli 2010.

WEISMANN 1884-1885

A. Weismann, Zur Frage der Unsterblichkeit der Einzelligen. *Biologisches Centralblatt* 4, 1884-1885, 651-691; online unter Max-Planck-Institut für Geschichte der Wissenschaft, Berlin, <http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=lit37654>, aufgerufen am 28. Juni 2010.

WEISMANN 1892

A. Weismann, *Das Keimplasma: Eine Theorie der Vererbung* (Jena 1892). Neudruck Februar 2010, Kessinger Pub Co, Whitefish, MT, USA. Englische Version: *The Germ-Plasm, A Theory of Heredity*, Charles Scribner Son's, 1893, online unter: <http://www.esp.org/books/weismann/germ-plasm/facsimile/>, aufgerufen am 15. Juli 2010.

WEST 2004

M. D. West, Therapeutic Cloning, in: *The Immortality Institute* (ed.), *The scientific conquest of death, essays on infinite lifespans* (LibrosEnRed, USA 2004).

A.Univ.Prof. Dr. Gabriele Werner-Felmayer  
 Universität Innsbruck  
 Sektion für Biologische Chemie, Biozentrum, und  
 Bioethik-Netzwerk Ethucation  
 Medizinische Universität Innsbruck  
 Fritz-Pregl-Straße 3  
 A-6020 Innsbruck  
 Gabriele.Werner-Felmayer@i-med.ac.at