





Oliver Müller

**Altern. Sterben. Tod.**

Die Vergänglichkeit des Menschen aus  
der Sicht der Naturwissenschaften



Die Erwähnung und Beschreibung von Substanzen und Vorgehensweisen zur Therapie und Prävention von Krankheiten oder zur Lebensverlängerung garantieren nicht die genannten Wirkungen, stellen keine medizinischen Ratschläge dar und ersetzen auch nicht die von einer Ärztin oder einem Arzt empfohlenen oder angeordneten Maßnahmen.

Für Xenia und Tim,  
die mich meine eigene Vergänglichkeit  
vergessen lassen

# INHALT

---

Vorwort.....	16
Einleitung.....	20

## 1. LEBEN UND VERGÄNGLICHKEIT

<b>1. Was ist Leben?</b> .....	<b>26</b>
Die Besonderheiten des Lebens als Zustand .....	26
Der Aufbau des menschlichen Körpers.....	28
Weitere Bedingungen des Lebens.....	30
Der Nachweis des individuellen Lebens.....	31
<b>2. Wann beginnt und wann endet das menschliche Leben?</b> .....	<b>33</b>
Die Bedingungen des Lebens am Lebensende.....	35
<b>3. Die Phasen des Lebens: Entwicklung, Altern und Sterben</b> .....	<b>36</b>
Entwicklung, Zellteilung und Wachstum .....	37

## 2. ALTERN

<b>1. Was ist Altern?</b> .....	<b>41</b>
Altern im Alltag .....	41
Der Begriff Altern.....	42
Wann beginnt und wann endet Altern?.....	43
Altern und Krankheit .....	43

<b>2. Alterungsprozesse</b> .....	<b>45</b>
Die Unumkehrbarkeit der Alterungsprozesse .....	45
Das übergeordnete physikalische Prinzip des Alterns .....	46
Ordnung ist nicht nur das halbe Leben .....	48
Stoffwechsel und Unordnung .....	51
Altern im Alter .....	53
<b>3. Altern auf mehreren Ebenen</b> .....	<b>53</b>
Alterungsprozesse und deren Folgen .....	54
Biochemisches Altern .....	57
Altern auf Molekülebene I: Anhäufung von molekularem Abfall .....	58
Altern auf Molekülebene II: Schädigung wichtiger Moleküle .....	60
Alterung auf Molekülebene III: Verkürzung der Chromosomen .....	64
Embryonale Stammzellen .....	65
Zelluläres Altern .....	66
Der Ersatz von toten Organzellen .....	67
Zelluläre Seneszenz .....	69
Zelluläre Seneszenz und Krebs .....	71
Senescente Zellen als Ursache für die Organalterung .....	71
<b>4. Individuelles Altern</b> .....	<b>73</b>
Die Geschwindigkeit des Alterns .....	74
Beeinflussung der Geschwindigkeit des Alterns .....	75
Beschleunigung des Alterns .....	76

Verzögerung des Alterns .....	79
Alterung der Organe und des Körpers .....	86
Merkmale typischer Alterskrankheiten .....	87
<b>5. Demenz, Arteriosklerose und Krebs .....</b>	<b>89</b>
Demenz.....	90
Kleine Gehirne alter und dementer Menschen.....	90
Gehirnverkleinerung und Demenz .....	92
Häufigkeit der Demenz.....	95
Demenz als lebenszeitverkürzender Faktor .....	96
Die Alzheimer-Krankheit .....	98
Moleküle und Zellen in Gehirnen von Alzheimer-Patienten .....	98
Ursachen der Alzheimer-Krankheit .....	99
Prävention der Alzheimer-Krankheit und der Demenz .....	100
Mehr denken gegen die Alzheimer-Krankheit? .....	101
Ginkgo.....	103
Arteriosklerose.....	104
Entwicklung und Verlauf der Arteriosklerose .....	105
Häufigkeit der Arteriosklerose.....	108
Faktoren, die das Fortschreiten der Arteriosklerose begünstigen .....	110
Folgeerkrankungen der Arteriosklerose .....	111
Prävention der Arteriosklerose.....	112
Omega-3-Fettsäuren .....	113

Krebs.....	114
Entstehung einer Tumorzelle und eines Tumors .....	115
Ursache der Tumorentstehung .....	116
Ursachen für Mutationen.....	118
Externe Mutationsursachen.....	120
Anzahl von Mutationen.....	121
Krebsrisiko und Lebensalter.....	121
Häufigkeit der Krankheit Krebs.....	123
Krebsprävention .....	124
Die 12 Regeln gegen den Krebs.....	125
<b>6. Sinn und Vorteile des Alterns und eines hohen Alters .....</b>	<b>128</b>
Zunehmende Fähigkeiten im Alter .....	129
Leistungsfähigkeit im Alter .....	129
Altersweisheit.....	130
Kristalline Intelligenz.....	132
Altersweisheit: Eine Folge von Alterungsprozessen oder von Lebenserfahrung? .....	133
<b>3. STERBEN</b>	
<b>1. Die Tophemen Sterben und Tod .....</b>	<b>135</b>
Das Sterblichkeitsparadoxon.....	136
Relevanz der Sterblichkeit.....	138

<b>2. Konsequenzen der beobachtbaren und allgemeinen Sterblichkeit</b> .....	<b>139</b>
Sterblichkeit als Voraussetzung für die Weiterentwicklung einer Art.....	139
Sterblichkeit als Voraussetzung für die Weiterentwicklung des Menschen? .....	140
Die Weiterentwicklung des Menschen .....	142
Sterblichkeit zur Begrenzung der Anzahl »biologisch sinnloser« Jahre .....	143
Die Unbewertbarkeit menschlicher Lebensjahre.....	145
Der Vorteil älterer Menschen für die Weiterentwicklung des Menschen .....	145
Sterblichkeit und Anzahl der Menschen.....	147
Die maximal mögliche Anzahl von Menschen .....	148
<b>3. Die Erkenntnis der eigenen Sterblichkeit und deren Auswirkungen</b> .....	<b>149</b>
Entwicklung der Sterblichkeitserkenntnis.....	150
Tabuisierung von Sterben und Tod.....	152
<b>4. Die komplexe Angst vor Sterben und Tod</b> .....	<b>152</b>
Angst vor dem Ende der Lebenszeit und vor deren Begrenztheit .....	153
Angst vor Leiden während des Sterbeprozesses .....	155
Angst vor dem Tod als Zustand und vor der Situation nach dem Leben.....	156
Argumente gegen Angst vor Sterben und Tod.....	157
Thanatophobie: Die krankhafte Angst vor Sterben und Tod .....	158

<b>5. Beeinflusst die Sterblichkeitserkenntnis unsere Handlungen?</b> .....	<b>159</b>
Die Sterblichkeitserkenntnis als Antrieb .....	161
Die Sterblichkeitserkenntnis als Faktor, der unsere Handlungen beeinflusst .....	162
Der Einfluss der Sterblichkeitserkenntnis auf die menschliche Zivilisation .....	165
Erkenntnis der Sterblichkeit als Voraussetzung für Lebensqualität .....	167
Der Wert der Sterblichkeitserkenntnis .....	168
<b>6. Der Sterbeprozess</b> .....	<b>170</b>
Der Beginn des Sterbens .....	170
Die Phasen des Sterbeprozesses .....	171
Das Ende des Sterbeprozesses und der Beginn des Todes .....	174
<b>7. Sterblichkeit in Zahlen</b> .....	<b>175</b>
Sterblichkeit und Mortalität .....	175
Wo sterben wir? .....	176
Woran sterben wir? .....	178
Die rechtsmedizinische Einteilung der Todesarten .....	179
Die gerichtsmedizinische Sektion .....	180
Die klinische Sektion .....	181
Die medizinische Einteilung der Todesursachen .....	183
Die häufigsten Todesursachen .....	183
Wann sterben wir? .....	185
Mortalität in verschiedenen Lebensaltern .....	188
Die mittlere Lebenserwartung .....	189

Statistische Einflüsse auf die mittlere Lebenserwartung .....	191
Die fernere Lebenserwartung.....	192
Entwicklungen der mittleren und der ferneren Lebenserwartung .....	194
Die unterschiedlichen Lebenserwartungen von Frauen und Männern .....	197
Die unterschiedlichen Lebenserwartungen in verschiedenen Ländern.....	198
Ursachen der unterschiedlichen Lebenserwartungen in verschiedenen Ländern .....	200
Zusammenhang zwischen Reichtum eines Landes und Lebenserwartung.....	201
Abnahme der Lebenserwartung in manchen reichen Ländern.....	203
<b>8. Künftige Entwicklung der Lebenserwartung .....</b>	<b>205</b>
Entwicklung der Kinder- und Säuglingssterblichkeit .....	205
Die künftige Entwicklung der mittleren Lebenserwartung in Deutschland .....	207
Wie alt können wir werden? .....	209
Wie können wir unsere Lebenserwartung erhöhen?.....	211
Warum leben Japaner in Japan so lang? .....	211
Medizinische Ratschläge zur Prävention der häufigsten Krankheiten .....	213
Populäre Ratschläge zur Lebensverlängerung.....	217
Die Pille, die längeres Leben garantiert .....	218
Verlängerung des Lebens von Tieren in Gefangenschaft .....	220
Verlängert Hungern die Lebenserwartung? .....	221

<b>9. Das Sterben der einzelnen Zelle</b> .....	<b>224</b>
Nekrose und Apoptose .....	<b>224</b>
Unterschiede zwischen Nekrose und Apoptose .....	<b>225</b>
<b>4. TOD</b>	
<b>1. Was ist der Tod?</b> .....	<b>228</b>
Die Prinzipien des Todes .....	<b>229</b>
<b>2. Die Stufen bis zum endgültigen Tod</b> .....	<b>231</b>
Der klinische Tod .....	<b>231</b>
Der Hirntod .....	<b>234</b>
Der Hirntod als endgültiger Tod .....	<b>234</b>
Hirntod ohne vorherigen klinischen Tod .....	<b>235</b>
Funktionierender Körper trotz Hirntod .....	<b>236</b>
Unterschiede zwischen Tod und Wachkoma .....	<b>237</b>
Die Feststellung des Hirntods .....	<b>238</b>
Kritik am Hirntodkonzept .....	<b>241</b>
Argumente für die Definition des Hirntodes als endgültigen Tod .....	<b>245</b>
Ende aller Organfunktionen und der biologische Tod .....	<b>246</b>
Der genaue Zeitpunkt des Todesbeginns .....	<b>247</b>
<b>3. Todeszeichen</b> .....	<b>249</b>
Herzstillstand .....	<b>251</b>
Die todbringende Verletzung .....	<b>251</b>
Die Nulllinie im Elektroenzephalogramm .....	<b>251</b>

Atemstillstand.....	252
Fehlen des Pupillenreflexes und anderer Reflexe .....	253
Totenkälte .....	253
Totenflecken .....	254
Totenstarre .....	255
Verwesung und Fäulnis .....	256
<b>4. Der Umgang mit dem eigenen nahenden Tod .....</b>	<b>258</b>
Die stufenartige Reaktion auf die Nachricht des nahenden Todes.....	259
Kritik am Phasenmodell .....	260
<b>5. Nahtoderfahrungen.....</b>	<b>262</b>
Inhalte der Nahtoderfahrungen .....	263
Nahtoderfahrungen als Indizien für eine Weiterexistenz nach dem Tod .....	267
Argumente gegen Nahtoderfahrungen als Beweise für eine postmortale Weiterexistenz .....	270
<b>6. Die alte Menschheitsfrage:</b>	
<b>Gibt es ein Leben nach dem Tod?.....</b>	<b>274</b>
Die Seelenlehre im Alltag .....	278
Eigenschaften der Seele .....	279
Die Seelenlehre in den fünf Weltreligionen .....	279
Die Attraktivität der Seelenlehre.....	281
Die Seele aus Sicht der Wissenschaft.....	285
Nachweis von Aktivitäten der Seele am lebenden Gehirn und an Nervenzellen .....	286
Die Körperabhängigkeit der Seele .....	291
Körperlosigkeit und Unsterblichkeit der Seele .....	294

Unsterblichkeit und Körperlosigkeit der Seele provozieren viele Fragen.....	295
Schlussfolgerungen.....	298
Möglichkeiten der postmortalen Weiterexistenz .....	299
Kyronik.....	300
Mind uploading.....	302
Reproduktion .....	305
Klonen.....	307
Konservierung .....	310
Werke und Erinnerung.....	312
Das Leben nach dem eigenen Tod .....	314
<b>7. Auswege aus der Sackgasse.....</b>	<b>316</b>
Fokussierung auf das laufende Leben .....	318
Kann man die Erkenntnis der eigenen Sterblichkeit dauerhaft ausblenden?.....	319
Wissenschaftlicher Nachweis der unsterblichen Seele.....	320
Unsterblichkeit durch Medizin und Wissenschaft.....	322
Wissen oder Glauben?.....	327
 Verwendete und weiterführende Literatur .....	 330

## VORWORT

---

*Wer über Sterben und Tod nachdenkt,  
thematisiert letztendlich das Leben.*

*Margot Käßmann, deutsche Theologin*

Warum muss jeder Mensch sterben? Was passiert beim Sterben? Geht das Leben nach dem Tod weiter? Diese Fragen beschäftigen mich seit meiner Kindheit. Meine Antworten darauf variierten von Lebensabschnitt zu Lebensabschnitt. Als kleiner Junge war für mich klar, dass mein Vater nach seinem frühen Tod nur kurz weg war und sehr bald zurückkommen würde. Ein paar Jahre später fragte ich als Jugendlicher nach dem Sinn unseres Daseins. In der kurzen Zeit zwischen Geburt und Tod konnte ich schon aufgrund der zeitlichen Begrenztheit keinen Sinn erkennen. Daher muss das Leben im Tod irgendwie weitergehen, um wenigstens posthum Sinn zu machen. Ist das Leben vor dem Tod vielleicht nur eine Art Vorbereitung auf die viel wichtigere Existenz nach dem Tod? Diese Idee passte zu den christlichen Vorstellungen, die ich im Religions- und Konfirmandenunterricht kennenlernte. Während meines Theologiestudiums hoffte ich, noch mehr darüber zu erfahren, um die für mich wichtigen Fragen beantworten zu können. Doch je mehr ich mich in das Studium der christlichen Ideen vertiefte, desto mehr erkannte ich, dass man als religiöser Mensch viele teilweise widersprüchliche Prämissen im wahrsten Wortsinne glauben, also unbewiesen übernehmen muss. Dazu sah ich mich nicht in der Lage und suchte meine persönliche und berufliche Zukunft in Naturwissenschaft und Medizin. Während meines naturwissenschaftlichen Studiums lernte ich die Moleküle, Zellen und Strukturen sowie die molekularen und zellulären Vorgänge kennen, die einen lebenden Körper

ausmachen. Ich erfuhr, dass diese Vorgänge nur in einem lebenden Organismus geordnet ablaufen können und mit dem Tod des Organismus enden. Nach dieser Vorstellung ist der lebende Mensch »nur« ein hochkomplexes System aus Molekülen, Zellen und Organen, in denen ständig unzählige Vorgänge und Reaktionen ablaufen. Mit dem Lebensende enden diese Abläufe. Mehr lernte ich im Studium nicht über die Themen Altern, Sterben und Tod. Das lag vor allem daran, dass man damals, in den 1980er-Jahren noch nicht viel darüber wusste. Methoden zur Analyse der Aktivität von Nervenzellen und von ganzen Hirnregionen waren gerade erst entwickelt und noch zu kompliziert und zu teuer, um sie zur Klärung von Fragen rund um Altern, Sterben und Tod einzusetzen. Außerdem kümmerten sich die *Lebenswissenschaftler* schon aufgrund ihres Selbstverständnisses vor allem um die Vorgänge während des Lebens. Altern, Sterben und Tod lagen für die meisten von ihnen nicht nur am zeitlichen Rand des Lebens, sondern auch am thematischen Rand ihrer Wissenschaft.

Das hat sich unterdessen sehr gewandelt. In den letzten Jahren konnte die moderne Naturwissenschaft viele Fragen rund um Altern, Sterben und Tod beantworten. Mediziner und Naturwissenschaftler haben das spannende Thema der menschlichen Vergänglichkeit als Forschungsthema entdeckt. An vielen Universitäten wurden Lehrstühle und Institute für die Erforschung der Prozesse und der Folgen des Alterns eingerichtet. Zahlreiche internationale Fachzeitschriften haben sich auf die Veröffentlichung von Studien spezialisiert, in denen die Vorgänge während des Alterns, des Sterbens und nach dem Lebensende näher untersucht werden.

Leider sind die dabei gewonnenen Erkenntnisse noch nicht bei vielen Menschen angekommen. Genau das will ich mit diesem Buch ändern. Leserinnen und Leser sollen nach der Lektüre die aktuelle Sicht der Naturwissenschaft

auf Altern, Sterben und Tod kennen und verstehen. Die in diesem Buch gebotenen Informationen können vielleicht dabei helfen das eigene Lebensende als weniger bedrohlich zu empfinden, und die persönlichen Vorstellungen der menschlichen Vergänglichkeit mit Hilfe wissenschaftlicher Fakten zu modifizieren und zu ergänzen. Wenn ich manche Hemmungen abbauen kann, über das eigene Altern, das eigene Sterben und den eigenen Tod vorurteilsfrei und sachlich nachzudenken, dann habe ich mein Ziel erreicht. Wenn dieses Buch außerdem die eine Leserin und den anderen Leser dazu anregen kann, mit ihren und seinen Mitmenschen über diese Themen zu diskutieren, würde ich mich freuen.

Eine Abhandlung über so ein umfangreiches und vielschichtiges Thema wie die menschliche Vergänglichkeit kann nur einen Bruchteil des vorhandenen Wissens darstellen. Die Auswahl der dargestellten Themen erfolgte nach rein subjektiven Kriterien. Wenn ich ein Thema nur am Rande oder gar nicht erwähne, bedeutet das nicht, dass dieses Gebiet unwichtig ist. Weitere und vertiefende Informationen finden sich in den zitierten Quellen und auf der buchbegleitenden Internetseite <http://www.altern-sterben-tod.de>.

Auch wenn ich versucht habe, alle Aspekte korrekt und unmissverständlich darzustellen, kann ein Buch wie dieses nicht frei von Unvollständigkeiten und missverständlichen Formulierungen sein. Ich freue mich deshalb über jeden sachlichen Kommentar und alle konstruktiven Verbesserungsvorschläge.

Ein solches Buch kann nicht von einem Menschen alleine geschrieben und veröffentlicht werden. Ich danke allen, die zum Entstehen und zur Veröffentlichung des Buches beigetragen haben. Professor Dr. Hermann Herbst danke ich für seine Erlaubnis, Fotos seiner mikroskopischen und makroskopischen Präparate zu verwenden. Dr. Martina Wesselhöft und Martin Iwanski danke ich für die Vermittlung wichtiger Kontakte und die Unterstützung während der Erstellung

des Manuskripts. Meinem Literaturagenten Günter Berg danke ich dafür, dass er von Anfang an vom Gelingen des Projekts überzeugt war und mich auf vielfältige Weise unterstützt hat. Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Gütersloher Verlagshauses danke ich für die fruchtbare Zusammenarbeit. Allen voran gilt mein Dank Diedrich Steen für die guten Gespräche, für die kritische Durchsicht des Manuskripts und für seine zahlreichen Ideen und Verbesserungsvorschläge. Gudrun Krieger und Beate Nottbrock danke ich für ihre sorgfältige Arbeit bei der Formatierung und Zusammenstellung des Manuskripts. Meiner Familie danke ich dafür, dass sie mir die Zeit, die Ruhe und das Vertrauen gab, um mich diesem Projekt widmen zu können.

Zweibrücken, Herbst 2018

*Oliver Müller*

## EINLEITUNG

---

*Ein jegliches hat seine Zeit,  
und alles Vorhaben unter dem Himmel hat seine Stunde:  
geboren werden hat seine Zeit, sterben hat seine Zeit.*

*Bibel, Altes Testament, Prediger 3, Vers 1*

Vergänglichkeit ist das Phänomen der zeitlich begrenzten Existenz. Alles, was aus Materie besteht, ist vergänglich. Da unser Körper aus Materie besteht, ist auch er vergänglich. Daraus folgt, dass unsere Zeit als eine Kombination aus körperlichen und nicht körperlichen Anteilen irgendwann vorbei sein wird. Wir werden vergehen und dann irgendwann vergangen und *Vergangenheit* sein. Unser Weg in die Vergangenheit beginnt bereits während unseres Lebens und führt über Altern und Sterben in den Tod.

Mit diesen simplen Tatsachen werden wir täglich konfrontiert. Ältere Menschen berichten uns über ihre nachlassenden Fähigkeiten und Alterskrankheiten. Immer wieder erfahren wir vom Tod eines nahestehenden Menschen oder müssen das Sterben eines Mitmenschen miterleben. Und manch einer der gestorbenen Menschen fehlt uns noch lange nach seinem Tod. Aber nicht nur die Vergänglichkeit anderer Menschen ist uns ständig präsent. Altern, Sterben und Tod bedrohen uns auch selbst und kommen uns selbst unweigerlich immer näher. Spätestens wenn wir die Folgen des Alterns im eigenen Körper spüren, wird uns bewusst, dass auch wir altern und dass auch unsere eigene Lebenszeit begrenzt ist.

Trotz ihrer unmittelbaren Nähe werden die vielen Fragen und Probleme, die unsere Vergänglichkeit verursacht, in unserer Gesellschaft, die auf Jugend und moderne Technik setzt, verdrängt und tabuisiert. Denn unsere sicher eintre-

tende Nichtexistenz wirkt bedrohlich, macht Angst und provoziert unzählige Fragen. Viele von uns haben Angst vor den Antworten auf diese Fragen und trauen sich darum nicht, sie zu stellen. Und wer doch einmal mehr wissen will, wird mit jahrhundertealten Hypothesen, persönlichen Wunschvorstellungen oder vorgefertigten Ideologien konfrontiert, die oft noch mehr Fragen aufwerfen, als sie beantworten.

Eine Ursache für die Unsicherheit und die Angst vor unserer unausweichlichen Vergänglichkeit ist unser mangelndes Wissen. Die meisten von uns kennen weder die genauen Vorgänge in einem alternden Körper, noch kennen sie die typischen Phasen des Sterbens oder die Unterschiede zwischen einem lebenden und einem endgültig toten Menschen.

Mein Ziel ist es, Unsicherheit und Angst beim Umgang mit unserer Vergänglichkeit durch Wissen und Sachlichkeit zu mildern. Denn in den letzten Jahren konnten Wissenschaftler und Ärzte viele Rätsel rund um die Themen Altern, Sterben und Tod lösen. Auf Fragen wie: »Warum altern wir überhaupt?«, »Warum führt Altern immer irgendwann zum Tod?«, »Was passiert beim Sterben?« und »Gibt es ein Leben nach dem Tod?« konnten in zahlreichen wissenschaftlichen Studien Antworten gefunden werden. Dieses Buch stellt die Ergebnisse einiger dieser Studien vor.

Die Frage dabei ist, welche Voraussetzungen eine Studie erfüllen muss, um als wissenschaftlich bezeichnet zu werden. Immerhin sind sich alle Wissenschaftler darüber einig, dass eine Studie, die wissenschaftlich genannt werden kann, vier Bedingungen erfüllen sollte, nämlich:

- Reliabilität (Zuverlässigkeit),
- Objektivität (Unabhängigkeit von äußeren und subjektiven Faktoren),
- Repräsentativität (stellvertretend für andere nicht untersuchte Systeme) und
- Validität (Gültigkeit).

Was das bedeutet, kann an folgendem Beispiel deutlich werden: Ein internationales Wissenschaftler-Team unter der Leitung von Rafael de Cabo von den amerikanischen Gesundheitsinstituten in Baltimore (USA) analysierte den Effekt des Diabetes-Medikaments Metformin. Konkret wollten die Forscher wissen, ob Metformin die Lebensdauer von Mäusen beeinflusst. Dazu gaben sie einer Gruppe von Mäusen täglich eine Dosis Metformin, während eine zweite Gruppe kein Metformin erhielt. Bis auf die Metformin-Gabe wurden alle Mäuse unter identischen Bedingungen gehalten. Jeden Tag wurden die lebenden Mäuse in beiden Gruppen gezählt, so lange, bis alle Mäuse tot waren. Dabei stellten die Wissenschaftler fest, dass die Anzahl der lebenden Mäuse in der Metformin-Gruppe langsamer abnahm als in der Gruppe der Kontrollmäuse. Mit anderen Worten: Die Mäuse mit Metformin lebten länger als die Mäuse ohne Metformin.

Zuallererst müssen die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Studie zuverlässig sein und dürfen nicht einfach nur auf Zufall beruhen. In der genannten Studie zeigte die statistische Auswertung der Überlebenszeiten der Mäuse, dass sich die Lebenszeiten zwischen behandelten und unbehandelten Tieren signifikant unterschieden. Und auch in einer anderen ähnlichen Studie sollten sich die Lebenszeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit in ähnlichem Ausmaß unterscheiden. Das heißt, die Ergebnisse sind mit Hilfe einer ähnlichen Studie reproduzierbar (wiederholbar). Damit sind die Studie und die erhaltenen Ergebnisse zuverlässig, sie erfüllen das Kriterium der Reliabilität.

Wichtig ist auch, dass die Ergebnisse einer Studie unbeeinflusst und unabhängig von äußeren Faktoren und auch von den Personen sind, die die Analysen durchführen. Wenn man davon ausgeht, dass die Wissenschaftler bei der Haltung, Zählung und Dokumentation der lebenden Mäuse keine Fehler gemacht haben und dass auch andere Wissenschaftler unter den gegebenen Versuchsbedingungen

dieselben Ergebnisse erhalten hätten, ist das Kriterium der Objektivität erfüllt.

Natürlich können in keiner Studie die Auswirkungen eines Parameters auf alle Lebewesen einer bestimmten Art untersucht werden. Im Fall der erwähnten Studie wäre es unmöglich gewesen, die Wirkung von Metformin auf alle zurzeit lebenden Mäuse zu testen. Um aus beispielhaften Ergebnissen mit einer begrenzten Anzahl von Tieren auf viele Organismen, am besten auf alle Organismen einer Art schließen zu können, muss das Kriterium der Repräsentativität erfüllt sein. In der genannten Studie wirkte sich Metformin auf die Lebenszeiten von Mäusen unterschiedlicher Mäusestämme sehr ähnlich aus. Daraus kann man schließen, dass Metformin sehr wahrscheinlich auch auf nicht getestete Mäuse ganz ähnliche Effekte hat. Damit sind die beispielhaften Ergebnisse repräsentativ für alle Mäuse.

Schließlich müssen die Ergebnisse die zu Beginn gestellte Frage beantworten. Im Fall dieser Studie lautete die Ausgangsfrage: »Wirkt sich Metformin auf die Lebensdauer von Mäusen aus?« Diese Frage wurde durch Vergleich der Lebenszeiten Metformin-behandelter mit den Lebenszeiten unbehauelter Mäuse und durch die dabei erhaltenen Ergebnisse beantwortet. Damit sind die Studie und die erhaltenen Ergebnisse zur Beantwortung der gestellten Frage geeignet (gültig), sie erfüllen das Kriterium der Validität.

Nicht alle Fragen rund um Altern, Sterben und Tod können durch experimentelle Studien beantwortet werden, die die Bedingungen der Naturwissenschaft erfüllen. Beispielsweise ist es schwierig, den Einfluss der Sterblichkeitserkenntnis, also unseres Wissens, dass wir sterben müssen, auf unser Leben nach strengen wissenschaftlichen Kriterien endgültig zu untersuchen. Dies liegt daran, dass wir uns und unser Leben nicht mit Menschen und deren Leben vergleichen können, bei denen diese Erkenntnis keine Rolle spielt. Denn es gibt weder unsterbliche Menschen noch Menschen, denen die ei-

gene Sterblichkeit nicht bewusst ist. Deshalb werde ich die Rolle der Sterblichkeitserkenntnis und auch einzelne andere Themen anhand ausgewählter vorurteilsfreier Denkmodelle und Konzepte der modernen Philosophie darstellen.

Das Buch gliedert sich in vier unabhängige Kapitel. Auch wenn es viele Querverweise zwischen den Kapiteln gibt, stehen die einzelnen Kapitel für sich und können auch unabhängig voneinander gelesen und verstanden werden. Bevor ich die vielschichtigen Prozesse der Vergänglichkeit und des Alterns vorstelle, erläutere ich die allgemeinen Grundlagen des Lebens. Die Besonderheiten eines lebenden Systems, der Aufbau unseres Körpers und die Antworten auf die Fragen, wann individuelles Leben beginnt und wann es endet, werden im ersten Kapitel zusammenfassend beschrieben.

Die Moleküle, Zellen und Strukturen, die den Körper formen, beginnen sich bereits während der Alterung und dann vor allem ab dem Zeitpunkt des Lebensendes zu verändern und in der Atmosphäre zu verteilen. Dieser Zusammenhang und das übergeordnete physikalische Prinzip der Vergänglichkeit werden im zweiten Kapitel »Altern« erläutert. Weitere Themen dieses Kapitels sind die molekularen, zellulären und organischen Alterungsprozesse sowie die Alterskrankheiten, die aus der Vergänglichkeit der körperlichen Materie resultieren. Mit Demenz, Arteriosklerose und Krebs werden drei typische Alterskrankheiten näher beschrieben.

Letzte Konsequenz des Alterns ist das Sterben. Im dritten Kapitel werden die Phasen des Sterbeprozesses beschrieben. Der Einfluss der Sterblichkeit auf unser Leben wird vorgestellt. Außerdem werden die menschliche Lebenserwartung und die Ursachen für die unterschiedlichen Lebenserwartungen beleuchtet. Verschiedene Möglichkeiten zur Beeinflussung unserer Lebenserwartung werden vorgestellt.

Jedes individuelle Leben endet mit dem Beginn eines besonderen Zustands, der Tod genannt wird. Im vierten Kapitel wird dieser Zustand anhand von acht Prinzipien näher

beschrieben. Definitionen des genauen Zeitpunkts des Todesbeginns werden vorgestellt und miteinander verglichen. Die Entstehung und die Bedeutung von Nahtoderfahrungen werden erklärt. Schließlich werden Möglichkeiten der postmortalen Weiterexistenz vorgestellt, um die Frage nach einer möglichen Weiterexistenz nach dem Lebensende zu beantworten.

# 1. LEBEN UND VERGÄNGLICHKEIT

---

*Das Leben ist eine ansteckende Krankheit,  
die beim Geschlechtsverkehr übertragen wird  
und immer zum Tod führt.*

*Verfasser unbekannt*

## 1. Was ist Leben?

In unserer Alltagssprache hat der Begriff »Leben« zahlreiche Bedeutungen. Beispielsweise bezeichnet er die Gesamtheit aller Lebewesen in einer Umgebung (»das Leben im Ozean«) oder auch die Lebenszeit eines Menschen (»sein Leben war kurz«). Das entsprechende Verb »leben« wird ebenso wie das verwandte Substantiv in vielen Zusammenhängen verwendet, und zwar meistens als Gegenteil der Begriffe »gestorben sein« oder »tot sein«. Es steht oft synonym für »lebendig sein« oder »am Leben sein«. In der Formulierung »sie lebt seit 2010 in Berlin« steht »leben« für »sich befinden«, in dem Satz »ich lebe zusammen mit meinen zwei Katzen« für »wohnen« oder »seine Zeit verbringen«.

## Die Besonderheiten des Lebens als Zustand

Im wissenschaftlichen Zusammenhang versteht man unter »Leben« einen besonderen Zustand, in dem sich nur lebende Wesen befinden können und der sie von leblosen oder toten Systemen unterscheidet. Diese Definition wird natürlich erst aussagekräftig, wenn man zusätzlich erklärt, was den Zustand »Leben« so besonders macht, was also ein lebendes Wesen von einem Nichtlebewesen unterscheidet. Diese Klärung kann über die Bedingungen und Eigenschaften erfol-

gen, die ein System erfüllen oder besitzen muss, um als Lebewesen bezeichnet werden zu können.

Ein Lebewesen, beziehungsweise die Vorgänge, die in einem Lebewesen, in seinen Organen und Zellen ablaufen, müssen folgende Bedingungen erfüllen (Tabelle 1.1).

**Leben ist ein Zustand, in dem sich Systeme befinden, die bestimmte Fähigkeiten und Eigenschaften besitzen, die tote oder nicht lebende Systeme nicht haben.**

Bedingung	Konsequenz
zeitliche Begrenztheit	die Dauer eines individuellen Lebens ist begrenzt
Zellgebundenheit	jedes Lebewesen besteht aus mindestens einer Zelle
Reproduktionsfähigkeit	Lebewesen können sich vermehren
Informationsweitergabe	Lebewesen können Information weitergeben
Reizbarkeit	Lebewesen können äußere Reize wahrnehmen und darauf reagieren
Stoffwechsel	in jedem Lebewesen werden Energie und Stoffe umgesetzt

**Tabelle 1.1** Eigenschaften und Fähigkeiten, die ein Lebewesen besitzt.

Für alle lebenden Systeme gilt: Individuelles Leben findet ausschließlich im Zeitraum zwischen Lebensbeginn und Lebensende statt und ist damit zeitlich begrenzt. Allerdings hängen die genauen Zeitpunkte für Beginn und Ende von deren Definitionen und den Methoden zu deren Nachweis ab.

Die Bedingung der zeitlichen Begrenztheit ist bei einzelligen Lebewesen wie dem Pantoffeltierchen *Paramecium* oder dem Bakterium *Escherichia coli* nicht erfüllt. Das Leben jedes Einzellers hat zwar einen zeitlichen Beginn, nämlich den Zeitpunkt der Teilung der Mutterzelle. Im Gegensatz zu einem Vielzeller durchläuft ein Einzeller aber nicht die typischen Phasen von Entstehung, Entwicklung, Altern, Sterben und Tod. Das bedeutet, dass die Moleküle, aus de-

nen der Einzeller besteht, und deren Anordnung, sich vom Zeitpunkt der Entstehung an nur wenig verändern. Unter optimalen Voraussetzungen und bei Zufuhr von ausreichend Nahrung könnte also ein Einzeller ewig leben. Dennoch ist auch die Lebenszeit der allermeisten Einzeller begrenzt. Denn das Leben eines Einzellers kann aufgrund von Nahrungsmangel, Vergiftung oder Überhitzung jederzeit enden. Genau wie jedes andere Lebewesen ist also auch ein Einzeller fakultativ sterblich.

Jedes Lebewesen ist von seiner Umgebung abgegrenzt. Leben findet in biologischen Organisationseinheiten statt, die Zellen genannt werden. Tatsächlich kennen wir nur Lebewesen, egal ob Bakterien, Pilze, Pflanzen oder Tiere, die aus mindestens einer Zelle bestehen.

**Die Lebenszeit jedes Lebewesens ist  
zumindest fakultativ begrenzt.**

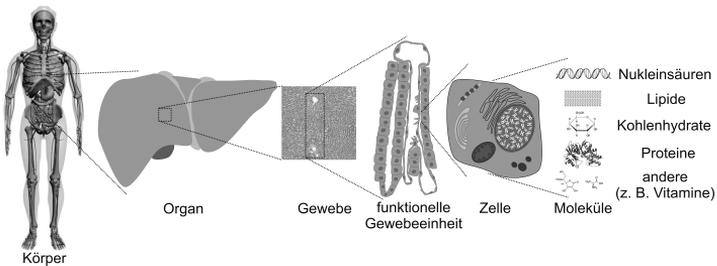
### **Der Aufbau des menschlichen Körpers**

Der menschliche Körper ist aus vielen Milliarden Zellen aufgebaut, die in spezialisierten festen und flüssigen Organen angeordnet und *organisiert* sind. Ein Organ ist über seine Funktionen definiert. Wir haben beispielsweise Organe für die Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe (Bronchien, Lunge), Organe für den Stofftransport im Körper (Blut, Blutgefäße) und Organe für die Nahrungsaufnahme, Verdauung und Resorption (Mund, Speiseröhre, Magen, Darm). Betrachtet man ein Organ unter dem Mikroskop, sieht man, dass jedes Organ aus einzelnen geordneten Strukturen besteht. Diese Strukturen sind nicht nur strukturelle, sondern auch funktionelle Einheiten und werden aus spezialisierten Zellen und extrazellulären Bestandteilen gebildet (Tabelle 1.2).

<b>Organ</b>	<b>Haut</b>	<b>Blut</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Leber</b>
<b>Einheiten</b>	Epidermis Dermis Hypodermis	Knochenmark Blut Gefäße	neuronales Gewebe Neuroglia	Leberläppchen
<b>Zellen</b>	Keratinocyten Melanozyten Makrophagen Sinneszellen	Erythrozyten Thrombozyten Granulozyten Lymphozyten Monozyten	Nervenzellen Astrozyten Oligodendro- zyten Ependymzellen Mikrogliazellen	Hepatozyten Kupfer- Zellen Sternzellen Endothelzellen
<b>extrazelluläre Bestandteile</b>	Wasser Kollagen Salze	Wasser Albumin Globuline Aminosäuren Salze	Wasser Neuro- transmitter Salze	Wasser Gallensäuren Salze

**Tabelle 1.2** Beispiele für Organe mit ihren wichtigsten zellulären und extrazellulären Bestandteilen.

Alle Zellen und extrazellulären Anteile und damit auch das Organ und der ganze Mensch bestehen aus Molekülen (Abbildung 1.1). Zellen setzen sich hauptsächlich zusammen aus Makromolekülen, das heißt aus Proteinen, Nukleinsäuren und Kohlenhydraten, sowie aus vielen verschiedenen kleinen Molekülen und Ionen wie Wasser, Aminosäuren, Vitaminen, Lipiden sowie Salzen. Der extrazelluläre Gewebeanteil besteht vor allem aus Wasser, Proteinen, sowie aus Salzen und verschiedenen kleinen Molekülen wie Aminosäuren und Lipiden.



**Abbildung 1.1** Prinzipieller Aufbau des menschlichen Körpers. Als Beispielorgan ist schematisch die Leber gezeigt. Die Leber besteht aus geordnetem Gewebe. Dieses besteht aus funktionellen Einheiten, die aus Zellen bestehen, die wiederum aus Molekülen aufgebaut sind.

**Der menschliche Körper besteht  
aus Zellen, die aus Molekülen  
zusammengesetzt sind.**

## Weitere Bedingungen des Lebens

Ein Lebewesen muss zwar nicht zu jedem Zeitpunkt seiner Existenz, aber wenigstens prinzipiell und vorübergehend die Fähigkeit zur Reproduktion haben. Aufgrund der begrenzten individuellen Lebenszeit wären einzelne Lebewesen oder auch eine biologische Art, die ausschließlich aus nicht reproduktionsfähigen Individuen besteht, nur kurzfristige Phänomene und damit kein echtes Leben. Bei der Reproduktion gibt jedes Lebewesen Information weiter, um zu gewährleisten, dass die neu entstehenden Lebewesen dem vorhergehenden, sich selbst reproduzierenden Lebewesen ähneln.

Ein Lebewesen muss fähig sein, bestimmte äußere Reize wahrzunehmen und darauf zu reagieren. Wahrnehmung von Umweltreizen und die Reaktion darauf sind Voraussetzungen für das Überleben in jeder Umwelt. Nur das Bakterium, das eine Zuckerquelle wahrnehmen und sich gezielt darauf

zubewegen kann, wird auch Energie zum Weiterleben erhalten. Nur das Zebra, das den Löwen sehen, hören oder riechen und vor ihm fliehen kann, hat die Chance, nicht gefressen zu werden.

Außerdem muss ein Lebewesen einen biochemischen Stoffwechsel haben: Es muss in der Lage sein, bestimmte Moleküle auf-, um- und abzubauen, um dadurch Energie aufzunehmen. Nur ein Stoffwechsel, der Energie in den unterschiedlichsten Formen bereitstellt, ermöglicht die vielfältigen Funktionen eines Organismus, wie zum Beispiel Reproduktion, Wachstum und Wahrnehmung.

**Jedes Lebewesen kann sich reproduzieren, Informationen weitergeben, auf Umweltreize reagieren, sowie Moleküle auf-, um- und abbauen.**

## **Der Nachweis des individuellen Lebens**

Die Vorgänge, die Leben ausmachen, sind mit mindestens einer geeigneten Methode nachweisbar. Beim Menschen können die Lebensvorgänge lange nach Lebensbeginn oder auch lange vor Lebensende schnell, einfach und mit vielen verschiedenen Methoden nachgewiesen werden. Ob ein Mensch lebt, erkennt man an vielen Parametern, die sich mit unterschiedlichen Methoden nachweisen lassen, beispielsweise durch Messung von Herzschlag, Atmung, Stoffwechselreaktionen, Verdauungsaktivität, Zellteilungen oder Nervenaktivitäten (Tabelle 1.3).

Aber nicht alle diese Methoden sind geeignet, um das Leben eines Menschen in zeitlicher Nähe zu Lebensbeginn und Lebensende nachzuweisen. Denn rund um Lebensbeginn und Lebensende sind nur wenige Methoden zum eindeutigen Nachweis des Lebens geeignet. Es macht zum Beispiel keinen Sinn, den Nachweis der Atmung eines vorgeburtlichen Fetus im Mutterleib zu verwenden, um dessen Leben zu prüfen,

da der erste Atemzug erst sehr viel später, normalerweise während des Geburtsvorgangs erfolgt. Das heißt: Beim Test auf Leben mit der Bedingung »Atmung« würde der Fetus als potentiell lebendes Wesen durchfallen. Dagegen wäre ein

**Die genauen Zeitpunkte für Lebensbeginn und Lebensende hängen von der eingesetzten Methode zu deren Nachweis ab.**

Fetus, gemessen an anderen Kriterien, wie zum Beispiel Herz- oder Nervenaktivität, zweifelsfrei bereits ein lebendes Wesen. Tatsächlich

hängen die zu definierenden Zeitpunkte für Lebensbeginn und Lebensende von den eingesetzten Prüfverfahren und auch von den gemessenen Parametern ab.

<b>Methode</b>	<b>Messung der Aktivität / Funktionalität von</b>
Tasten und Fühlen von Puls oder Herzschlag	Herz- und Kreislaufsystem
Abhören der Herztöne mit Stethoskop	
Messung der elektrischen Signalweiterleitung im Herzmuskel mittels Elektrokardiogramm (EKG)	
Messung des Blutdrucks	Lungen und Atmungssystem
Abhören der Atemgeräusche mit Stethoskop	
Fühlen und Abtasten der Atembewegungen	
Analyse des Sauerstoffgehalts des Blutes	Nerven und Nervensystem
Messung der elektrischen Aktivität des Gehirns mittels Elektroenzephalogramm (EEG)	
Auslösung und Testung von Reflexen	

**Tabelle 1.3** Beispiele für übliche Methoden und Parameter, die zum Nachweis von Vorgängen des Lebens eines Menschen eingesetzt werden. Alle genannten Methoden liefern positive Ergebnisse bei einem gesunden Menschen lange nach Lebensbeginn und auch lange vor Lebensende.

## 2. Wann beginnt und wann endet das menschliche Leben?

Aufgrund dieser Methodenabhängigkeit ist die Frage nach den genauen Zeitpunkten für Beginn und Ende des menschlichen Lebens nicht einfach zu beantworten. Dazu kommt, dass auch Naturwissenschaftler und Ärzte verschiedener Fachgebiete unterschiedliche Auffassungen darüber haben, wann Leben beginnt. Für den Physiker beginnt das neue Leben mit der Erhöhung der molekularen Ordnung zur Bildung von Ei- und Samenzelle im Körper der Eltern (Kapitel 2). Der Zellbiologe definiert als Lebensbeginn die Bildung der Zygote, die als erste Zelle des neuen Menschen durch Verschmelzung von Ei- und Samenzelle entsteht. Für den Kardiologen beginnt das Leben in der 7. Schwangerschaftswoche, wenn der Herzschlag des Embryos mittels Ultraschallmessung nachweisbar ist. Und der Neurologe wird den Termin des Lebensbeginns in die 25. Schwangerschaftswoche legen, wenn die elektrischen Signale des neuen Gehirns und damit die Gehirntätigkeit nachweisbar sind. Als allgemeine Antwort auf die Frage, wann das menschliche Leben beginnt, lässt sich am ehesten folgende Aussage formulieren: Das Leben beginnt, sobald das Ergebnis einer geeigneten Methode zum Nachweis des Lebens positiv ist. Dabei hängt die Definition des genauen Zeitpunkts von der eingesetzten Methode ab.

**Das Leben eines Menschen beginnt, sobald mindestens ein Lebensvorgang nachgewiesen werden kann.**

Die Frage, ab wann ein Mensch nicht mehr lebt, lässt sich ebenso wenig eindeutig beantworten wie die Frage nach dem genauen Zeitpunkt des Lebensbeginns. Die Antwort ist abhängig von der Definition des Begriffs Leben und von der zum Lebensnachweis eingesetzten Methode. Noch schwieriger wird die Beantwortung der Frage nach