



Die unheimliche Beschleunigung des

# WISSENS

Warum wir nichts verstehen und trotzdem Großes schaffen





Walter Hehl

Die unheimliche  
Beschleunigung des **WISSENS**

Warum wir nichts verstehen und trotzdem Großes schaffen

Bibliografische Information  
der Deutschen Nationalbibliothek

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

Covermotiv:

Man is but a worm - der Mensch ist nur ein Wurm.  
Aus der satirischen Zeitschrift «Punch» (1882) zur  
Stellung des Menschen in der Evolution.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheber-  
rechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der  
engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne  
Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar.  
Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Überset-  
zungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung  
und Verarbeitung in elektronischen Systemen.



ISBN978-3-7281-3455-4 (Print)  
ISBN978-3-7281-3493-6 (E-Book)  
DOI-Nr. 10.3218/3493-6  
[verlag@vdf.ethz.ch](mailto:verlag@vdf.ethz.ch)  
[www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)



© 2012, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort .....</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>Der Weg bis Newton und Darwin – die schwierige Reise zum Besten, was noch menschlich ist .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1</b>	<b>Die Antike: Von naiv bis raffiniert naiv .....</b>	<b>19</b>
1.1.1	Wer und was ist naiv? Eine (uns) verletzende Definition .....	19
1.1.2	Das „ganz naive“ astronomische Weltbild: Die Welt ist flach, der Himmel eine Halbkugel .....	21
1.1.3	Das raffinierte „naive“ astronomische Weltbild: Ein Uhrwerk von Kreisen (auf Kreisen (auf Kreisen)) oder Kugeln .....	26
<b>1.2</b>	<b>Der Übergang: Von Alhazen und Bacon zu Kopernikus, Kepler und Galilei .....</b>	<b>28</b>
1.2.1	Das revolutionäre geometrische Weltbild: Kopernikus, Brahe und Kepler. Von versetzten Kreisen zu ketzerischen Ellipsen .....	28
1.2.1.1	Die halbe Revolution und die „erste Kränkung“ der Menschheit .....	28
1.2.1.2	Das Reale bricht in die idealisierte Weltordnung ein: Nicht ewig und keine Kreise .....	32
1.2.2	Das revolutionäre dynamische Weltbild I: Galilei versus Aristoteles .....	37
1.2.3	Die erste Generation des Fernrohrs: Einblicke und doppelter Streit zu einer Erfindung .....	44
1.2.4	Das Mikroskop .....	52
1.2.5	Experimente zum direkten Nachweis von Erddrehung und Erdbewegung .....	52
1.2.5.1	Die Erddrehung – wie beweist man sie direkt? .....	52
1.2.5.2	Die Erdbewegung um die Sonne – wie beweist man sie direkt? .....	54
1.2.6	Das revolutionäre dynamische Weltbild II: Newton und das klassische Weltbild .....	56
1.2.7	Vom idealen Gesetz zur Realität – und umgekehrt: Die „richtige“ Idealisierung .....	63
1.2.8	Newton mit Zeitgeist und Alchemie .....	67
1.2.9	Ergänzungen zur klassischen Physik: Energiesatz, Entropie und Chaos	69
1.2.9.1	Was ist Energie und was bleibt eigentlich erhalten? .....	69
1.2.9.2	Perpetuum Mobile als Wunschtraum und pseudowissenschaftliche Idee: Negativ formuliert, aber mächtig .....	70
1.2.9.3	Was ist Entropie?.....	75
1.2.9.4	Was sind Atome – nur eine metaphysische Idee oder wirklich? .....	76
1.2.9.5	Entropie und Wahrscheinlichkeit, Information und Zufall .....	76

<b>1.3</b>	<b>Das klassische Weltbild der Biologie .....</b>	<b>79</b>
1.3.1	Die Entstehung des Lebens: Schöpfung, Spontanzeugung. Oder ewig?	80
1.3.1.1	Schöpfungsdaten und „Junge Erde Lehre“ .....	81
1.3.1.2	Spontanzeugung des Lebens .....	85
1.3.1.3	Panspermie – Lebenssporen auf Reisen? .....	87
1.3.2	Die Entstehung des Lebens: Chemische und biologische Evolution vor Darwin .....	89
1.3.2.1	Von der Trennung anorganisch-organisch zur Verknüpfung .....	89
1.3.2.2	Die Systematik von Linné – wissenschaftlicher Ansatz und Vorstufe ....	89
1.3.2.3	Chemische Evolution vorausgeahnt .....	92
1.3.2.4	Biologische Evolution vor Darwin .....	92
1.3.2.5	Zwischenbemerkung: Probleme vor der wissenschaftlichen Erkenntnis	98
1.3.3	Charles Darwin und die Evolution .....	99
1.3.3.1	Die (naive, wunderbare) Entdeckung .....	99
1.3.3.2	Das Überleben von Gruppen und Systemen: Gesetze des Zusammenlebens .....	101
1.3.4	Einige Ideen zum Verständnis der Evolution und Anwendungen .....	103
1.3.4.1	Virtuelle Verrückungen – Mechanik der Evolution .....	103
1.3.4.2	Evolutionäre Mathematik .....	104
1.3.4.3	Philosophisch: Die Evolution versteht nichts, braucht nichts zu verstehen! .....	104
1.3.5	Nach Darwin: Von Mendel und Häckel zur modernen Evo-Devo-Biologie .....	105
<b>1.4</b>	<b>Sigmund Freud et al. und die Ahnung des Unbewussten .....</b>	<b>109</b>
<b>1.5</b>	<b>Der Zeitgeist der Vormoderne im 19. Jahrhundert: An der Grenze von Naivität zum Übermenschlichen .....</b>	<b>109</b>
1.5.1	Zum Zeitgeist der Jahrhundertwende um 1900 .....	109
1.5.2	An der Grenze zum Nichtnaiven und Übermenschlichen .....	112
<b>2</b>	<b>Un- und übermenschlich: Wo wir heute stehen .....</b>	<b>115</b>
<b>2.1</b>	<b>Dimensionen, zu gross oder zu klein, und die unmenschliche Genauigkeit von Messungen .....</b>	<b>116</b>
2.1.1	Grosse Dimensionen: Erde – Sonnensystem – Galaxis – Universum	116
2.1.1.1	Die Erde .....	116
2.1.1.2	Das Weltall – kosmische Dimensionen .....	117

---

2.1.1.3	Von der Galaxis zum Universum .....	118
2.1.2	Die kleinen Grössendimensionen .....	119
2.1.3	Zeiten .....	123
2.1.4	Mengen, Massen und Anzahl .....	123
2.1.5	Dimensionen in der Computertechnologie .....	124
2.1.5.1	Hardware: Chip- und Kommunikationstechnologien .....	124
2.1.5.2	Software: Die Grösse der technischen Seele .....	129
2.1.6	Übermenschlich genaue Messungen: Beispiele .....	132
2.1.6.1	Astronomie: Das Finden extrasolarer Planeten und Winkelgenauigkeit – wie scharf kann man (übermenschlich) sehen? .....	133
2.1.6.2	Physik: Der Mössbauereffekt und geringe Frequenzunterschiede ...	136
2.1.6.3	Physik: Zeitmessungen mit Atomuhren .....	137
2.1.6.4	Astrophysik: Eine beinahe mystische Präzisionsmessung – die kosmische Hintergrundstrahlung als messbarer Überrest vom Urknall .....	138
<b>2.2</b>	<b>Die Grundbegriffe sind nicht zu fassen – Demontage auf der grossen und kleinen Skala: Materie, Raum und Zeit .....</b>	<b>141</b>
2.2.1	Raum, Zeit und Geschwindigkeit .....	141
2.2.2	Eine Reise nahe der Lichtgeschwindigkeit .....	145
2.2.3	Gravitation und der Raum im Grossen: Die allgemeine Relativitätstheorie .....	150
2.2.3.1	Licht, Gravitation und Raumkrümmung .....	151
2.2.3.2	Uhren und Gravitation: Wer versteht dies? .....	156
2.2.3.3	Schwarze Löcher .....	157
2.2.4	Einiges, von dem wir wissen, dass wir es nicht wissen .....	159
2.2.5	Die atomare Dimension: Atome – was sind sie? .....	161
2.2.5.1	Der philosophische Begriff des Atoms .....	161
2.2.5.2	Die Kleinheit der Atome .....	165
2.2.6	Einige Merkwürdigkeiten der Quanteneffekte .....	167
2.2.6.1	Teilchen und Welle, ein Ort, aber kein Weg? .....	167
2.2.6.2	Die Schrödinger Katze .....	171
2.2.6.3	Verschränkung und Zufall .....	173
2.2.6.4	Quanteninformatik: Anwendungen der Verschränkung .....	174
<b>2.3</b>	<b>Digitale Welt: Ist die Welt selbst ein Computer? .....</b>	<b>176</b>

<b>3</b>	<b>Sicherheit und Unsicherheit – und wie sie (vielleicht) zu unterscheiden sind .....</b>	<b>181</b>
<b>3.1</b>	<b>Unser Hang zum Falschen: Beispiele von Pseudolehren und Lehren daraus .....</b>	<b>181</b>
3.1.1	Alchemie und Goldmacherkunst .....	182
3.1.2	Astrologie .....	185
3.1.3	Welteislehre .....	189
3.1.4	Strahlen und Kraftorte .....	194
3.1.4.1	Strahlen und Radioaktivität: Vom Wundermittel zur Bedrohung .....	195
3.1.4.2	Erdstrahlen .....	195
3.1.5	UFOs und das Marsgesicht: Zeichen der Aliens mit allen Anzeichen von Pseudolehren? .....	196
<b>3.2</b>	<b>Psychologie, die verführt .....</b>	<b>201</b>
3.2.1	Carpentereffekt und ideomotorisches Prinzip .....	201
3.2.2	Kohnstammefekt .....	202
3.2.3	Der gefühlte und „gemessene“ Kraftort .....	202
3.2.4	Warum wird um Gottes Willen dies alles geglaubt? .....	205
3.2.4.1	Die trügerische Welt der eigenen Wahrheit .....	205
3.2.4.2	Der Cargokult-Effekt .....	207
3.2.4.3	Der Barnum-Forer-Effekt: Barnumaussagen und andere Selbsttäuschungen .....	208
<b>3.3</b>	<b>Irrtümer in der Wissenschaft .....</b>	<b>211</b>
3.3.1	N-Strahlen .....	211
3.3.2	Die „Marskanäle“ .....	213
3.3.3	Die „kalte Fusion“ .....	215
3.3.4	Viele Irrwege, nur selten wird die „Pseudolehre“ doch Lehre .....	216
<b>3.4</b>	<b>Hilfen und Fallstricke auf dem Weg .....</b>	<b>219</b>
3.4.1	Die experimentelle Methode .....	220
3.4.2	Verwirrende Experimente mit Zufall, Chaos und Statistik .....	223
3.4.2.1	Die pragmatische Aufhebung der Kausalität: Der Schmetterlingseffekt .....	224
3.4.2.2	Statistik in der klassischen Physik, im Internet oder mit Menschen	227
3.4.2.3	Die Randomisierungsproblematik: Wo bekommt man echten Zufall? .....	228
3.4.2.4	Alles richtig, trotzdem falsch: Das simpsonsche Paradoxon .....	229
3.4.2.5	Falsche Positive und Negative: Die richtige Klassifizierung von Menschen .....	230



3.4.3	Mathematische Modelle denken für uns: Von Modellen, Ockhams Rasierer und dem Hasen Harvey .....	232
<b>3.5</b>	<b>Der Vorschlag einer Härteskala für (Pseudo-)Wissenschaft: Die „Scientific Hardness“ .....</b>	<b>237</b>
<b>3.6</b>	<b>Sicherheit und Unsicherheit in der Medizin .....</b>	<b>245</b>
3.6.1	Besondere Schwierigkeiten .....	245
3.6.2	Ein 200 Jahre altes Beispiel: Die Homöopathie – Heilen mit Nichts	247
3.6.3	Wissen in der Medizin: Evidenzbasierte Medizin, bayessche Netzwerke und Genetik .....	252
<b>3.7</b>	<b>Futurologie – Wissen über die Zukunft .....</b>	<b>256</b>
3.7.1	Vorhersagen: Richtig, falsch und ganz falsch .....	256
3.7.2	Schwarze Schwäne .....	260
<b>4</b>	<b>Desillusionierung und Neupositionierung: Von Kopernikus zur Singularität .....</b>	<b>263</b>
<b>4.1</b>	<b>Unsere laufende Entthronung: Die Geschichte als „Kopernikanisierung“ .....</b>	<b>263</b>
4.1.1	Das Gesamtbild der „Kränkungen“ .....	264
4.1.2	Der Computer als Ebenbild, Mitbewerber und Bedrohung .....	269
4.1.2.1	Wo stehen die Computer? .....	270
4.1.2.2	Ein ganz äusserliches Computermodell des Geistes .....	271
4.1.2.3	Künstliche Intelligenz – speziell und allgemein .....	273
4.1.2.4	Noch weiter: Kreativität und Computer? .....	282
4.1.2.5	Der letzte Schritt: Bewusstsein und Computer? .....	287
4.1.2.6	Computer treffen tödliche Entscheidungen .....	298
4.1.3	Ausserirdisches intelligentes Leben – das nähme uns (beinahe) den Rest! .....	301
4.1.3.1	Wir nähern uns ausserirdischem Leben .....	301
4.1.3.2	Das anthropische Prinzip, unsere einzigartige Vergangenheit und die Zukunft .....	307
<b>4.2</b>	<b>Wir alle verstehen alles und nichts, eher nichts .....</b>	<b>309</b>
4.2.1	Was können wir verstehen? (Teil I) .....	309
4.2.1.1	Wir sind und bleiben Jäger und Sammler .....	310
4.2.1.2	Immanuel Kant war 200 Jahre zu früh .....	312
4.2.2	Paradigmenwechsel (d.h. Verstehen) an einem simplen Beispiel: Die Elektrizitätslehre im Barock .....	314

4.2.3	Was können wir verstehen? (Teil II) .....	317
4.2.3.1	Modelle als Konstruktionsanweisungen .....	317
4.2.3.2	Architektur grosser Systeme .....	319
4.2.3.3	Emergenz als zentraler Begriff .....	321
4.2.3.4	Lehren des Schichtenmodells .....	325
4.2.4	Verstehen nur per Computer: Der Computer versteht die Welt für uns	327
4.2.4.1	„Einfach“ ist die Ausnahme: Keine Platonizität – alles wechselwirkt!	328
4.2.4.2	Ist die Welt ein Computer? Oder ist der Computer die Welt? .....	331
4.2.4.3	Der Computer als wachsendes Werkzeug der Erkenntnis .....	332
4.2.4.4	Verstehen durch Nachbau („Operationalismus“) .....	333
<b>4.3</b>	<b>Desillusioniert, und nun? Wie geht es weiter? .....</b>	<b>335</b>
4.3.1	Welche Kränkung ist ernsthaft? .....	336
4.3.1.1	Wir wollen der König (oder die Königin) bleiben .....	336
4.3.1.2	Die Maschinen werden immer mehr und immer überlegener .....	339
4.3.1.3	Die technologische Singularität – Kränkung oder Heil? .....	341
4.3.1.4	Haben Computer Gefühle? Eine naive Frage? .....	347
4.3.2	Die Kränkung der Geisteswissenschaften .....	351
4.3.2.1	Was sind Geisteswissenschaften? .....	351
4.3.2.2	Die Mathematik ist übermenschlich .....	351
4.3.2.3	Der gemeine Unterschied – aber niemand kann etwas dafür .....	352
4.3.3	Fragen zum Leben als Naiver (d.h. als Mensch) .....	357
4.3.3.1	Weil wir selbst Computer sind: Freier Wille .....	357
4.3.3.2	Weil wir selbst Computer sind: Unsere Identität .....	359
4.3.3.3	Weil wir so naiv sind: Wie wir mit Unbekanntem umgehen .....	361
4.3.3.4	Weil wir so naiv sind: Was ist an den Grenzen? Gott? .....	365
4.3.3.5	„Intelligentes Design“ anstelle von Evolution ist sinnlos .....	367
4.3.3.6	„Intelligentes Design“ in der Kosmogonie und das Multiversum .....	373
4.3.3.7	Weil wir so naiv sind: Gott als der persönliche Gott .....	377
4.3.3.8	Naivität, Wissenschaft und Spiritualität: Das ozeanische Gefühl .....	380

---

<b>5</b>	<b>Schlussgedanken und das Wichtigste (Executive Summary) .....</b>	<b>385</b>
	Noch mehr pascalsche Zaunpfähle verschwinden .....	385
	Naivität des Einzelnen und Sicherheit des Wissens .....	386
	Der Weg zum Übermenschlichen und das ganz grosse Paradoxon .....	387
	Wir verstehen nichts – aber wir können uns anpassen .....	388
	Mühsame Neupositionierung nach der Desillusionierung .....	389
	Wir verstehen nichts – aber wir haben übermenschliche Macht en détail .....	389
	Die Religion danach: Vom „God-of-Gaps“ zum „God-optional“ .....	390
	Das Weltbild: Eher flexibles Kasino als Schweizer Uhr .....	391
	Emergenz und Zufall als wichtigste (neue) Begriffe .....	391
	Technologische Singularität und die Zukunft .....	392
	Umkehrung der Werte: Wie weit? .....	394
<b>6</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>397</b>
<b>6.1</b>	<b>Verwendete besondere Begriffe: „Beinah-must-know“-Ausdrücke</b>	<b>397</b>
<b>6.2</b>	<b>Ausgewählte Referenzen .....</b>	<b>403</b>
	<b>Dank .....</b>	<b>406</b>
	<b>Register .....</b>	<b>407</b>



# Vorwort

*„Der Mensch denkt wunder, wer er wäre, wenn er die Milbe einen Elefanten und die Sonne einen Funken nennt.“*

*Georg Christoph Lichtenberg, deutscher Physiker, 1742–1799.*

*„Alles Gescheite ist schon gedacht worden, man muss nur versuchen, es noch einmal zu denken.“*

*Johann Wolfgang von Goethe, deutscher Dichter, 1782–1832.*

Als Student wurde der Autor in einem astronomischen Klub gebeten, über die Bedeutung des Kopernikus einen Vortrag zu halten, nämlich über das Entfernen des Menschen aus dem Zentrum der astronomischen Welt. Diese Beschäftigung mit Kopernikus war aber nur der Anfang der Beobachtung einer Folge von ähnlichen desillusionierenden Entwicklungen: von der Erfindung des Fernrohrs und des Mikroskops (die zeigen, dass es mehr gibt in der Welt als wir unmittelbar sehen können) über die Entwicklung des Unbewussten (die zeigt, wie unsere Seele arbeitet; das ist bereits im Ansatz ungehörig) zu den heutigen Entwicklungen der künstlichen Intelligenz (die zeigen, dass viele menschliche Fähigkeiten vom Computer überholt werden). Diese kopernikanischen Entwicklungen entstanden im Laufe des Aufbaus der grossen Systeme in Wissenschaft und Technik.

Der Gegenstand des Buches ist deshalb ein Problem, das wir Menschen damit haben, jeden Tag mehr: Wir sind von Systemen umgeben, die als ganzes System übermenschlich geworden sind und jeden Tag komplexer werden. Dies geschieht beschleunigt: Wir zeigen dies (messbar!) am exponentiellen Wachstum der Daten und damit des Wissens.

Das betrifft zum einen das System der Wissenschaft und unser Verständnis von Natur und Universum mit den Vorstellungen vom Kleinsten bis zum Grossen, zum anderen auch die künstlichen technischen Systeme, insbesondere „das Innere“ der Informationstechnologie wie z.B. Betriebssysteme und vernetzte Anwendungen. Wir können versuchen, diesen wachsenden Strukturen ernsthaft zu folgen soweit wir können, oder alternativ an falsche menschliche Vereinfachungen glauben, etwa in der Form von Pseudolehren (und es gibt Tausende davon!).

Wir haben hier Paradoxien. Auf der konstruktiven Seite: Wie können wir Menschen Systeme schaffen, die unser „naives“ Fassungsvermögen weit übersteigen? Ganz ähnlich auf der Seite der Analyse: Wir lernen täglich, dass die Welt komplexer ist, als dass

wir sie als Menschen „mit gesundem Menschenverstand“ verstehen könnten. Der „gesunde Menschenverstand“ unterliegt dabei vielen Irrungen! Wir versuchen sogar zu zeigen, dass wir eigentlich kaum etwas „verstehen“. Es ist uns ein Anliegen, die geleisteten und erzwungenen Paradigmenwechsel zu verdeutlichen und die Leistungen dahinter zu würdigen. Diese Mechanismen sind durchaus nicht nur historisch wertvoll, sondern auch heute sichtbar und anwendbar.

Ein Thema des Buchs ist es, damit den Weg zwischen unsinniger vorgeblicher Sicherheit (z.B. in Pseudolehren) einerseits und übermenschlicher Gewissheit (etwa in etablierter moderner Physik) andererseits zu zeigen – beide Seiten sind für uns Menschen eigentlich deprimierend; nur wenn man Anhänger einer Pseudolehre ist, fühlt man sich sicher und ist zufrieden.

Die klassische Lösung, um zumindest die Welt (und die Menschen) zu verstehen, ist eine Religion, die sagt, was wichtig und was richtig ist. Was aber, wenn entsprechende Teile der Religion unglaubwürdig werden? Eventuell aus der Unfähigkeit der Anpassung an neue Gegebenheiten?

Noch bis zum Ende der Aufklärung war man nicht nur zuversichtlich, dass unser Verstand (der „Geist“) der Komplexität der Welt gewachsen wäre, sondern man war sicher, dass der „Geist“ sogar allem überlegen ist. Diese Haltung lässt sich nicht aufrechterhalten, spätestens seit der Erfahrung der speziellen Relativitätstheorie im Jahre 1905, erst recht nicht mit der Quantentheorie. Wie löst sich dieses Paradoxon, und was bedeutet es?

Im ersten Kapitel gehen wir Bottom-Up vor, von unten nach oben: Wie weit können (naive) Menschen, nur auf sich und ihre unmittelbaren Beobachtungen angewiesen, in der Erkenntnis der Welt überhaupt kommen – wie weit können wir uns von unsinnigen Ideen trennen? Zunächst zeigen wir das astronomische Weltbild der Antike als abgeschlossenes, verständliches und überzeugendes System. Getragen von der Sicherheit von Autoritäten, dem Wunsch nach göttlicher Perfektion und der anscheinend unbezweifelbaren unmittelbaren Sinneserfahrung – und dann den schwierigen Paradigmenwechsel zu Kopernikus, Kepler und Newton als Krönung der klassischen Physik. Wir legen den Finger auf die Probleme und zeigen das Ergebnis als die maximale korrigierte Erkenntnis, die man mit bescheidenen Erkenntnismethoden („naiv“) erreichen kann (das einfache Fernrohr haben wir noch als „naives“ Werkzeug kategorisiert) oder besser: hätte erreichen können aus unserem heutigen Wissen heraus, aber ohne unsere heutige Technologie.

Viele dieser klassischen Ideen sind heute noch wirksam, sei es innerhalb von Lehren von religiösem oder pseudowissenschaftlichem Charakter oder weil wir als Menschen einfach nicht anders denken können. Im Vergleich zu heutigen Vorstellungen erlauben wir uns, dies als „naives Weltbild“ zu bezeichnen – insbesondere sogar Newton, neben

Einstein wohl der herausragendste Physiker der Wissenschaftsgeschichte; er möge (und würde wohl in diesem Sinn) das Adjektiv „naiv“ verzeihen. Andererseits ist „seine“ Gravitationstheorie genau für unseren Naivitätsbegriff ein gutes Beispiel; Newton und Darwin würden die Einordnung als „naiv“ aus heutiger Perspektive sicher sogar annehmen.

Im zweiten Hauptabschnitt zeigen wir einen Abriss der modernen oder postmodernen wissenschaftlichen Modelle, sozusagen Top-down, die etablierten Ergebnisse mit „High Science“ und „High Tech“. Hier lösen sich in vielen Bereichen alte Vorstellungen auf und es wird überhaupt nicht mehr „naiv“ fassbar, ja nicht mehr für uns überhaupt denkbar. Das beginnt bei den kosmischen Dimensionen, die drastisch zeigen, wie viel Mal grösser die Wirklichkeit ist als das grösste „gross“ von Antike und Mittelalter – und entsprechend das kleinste „klein“. Wir zeigen, dass es keine Chance gab für Menschen vergangener Zeiten, weiterzukommen – so grosse Denker sie auch sein mochten, was für wunderbare Alchemie sie betrieben haben konnten: Sie konnten sicher kein Gold machen, und unsere naive Begriffswelt ist schlicht ungeeignet, ja unsinnig – sowohl im kosmischen wie im allerkleinsten atomaren und subatomaren Bereich. Diese Diskrepanz der realen Weltmodelle zur naiven Welt zu zeigen, ist unser Ziel in diesem Abschnitt – nach dem Bild von Pascal, die Zaunpfähle unserer Welt ins Übermenschliche hinauszuschieben, im Grossen wie im Kleinen.

Unsere dringenden menschlichen Fragen sind häufig per Definition sinnlos, und unsere ersten Vermutungen (Denken oder Intuition) sind zunächst sowieso beinahe immer falsch. Das „Verstehen“ ist für Menschen nur in einer sehr schwachen Form möglich, und dann nur sehr angepasst.

Das dritte Kapitel zeigt den menschlichen Umgang mit Unsicherheit auf, mit negativer Ausrichtung in unsinnigen Irrtümern und Irrlehren einerseits, im Ansatz positiv beim Bau der grossen Systeme: Wie gross können grosse Systeme sein? Beides haben wir in Beispielen in den beiden vorhergehenden Kapiteln gesehen, zusammen mit den Hilfsmitteln, die den Übergang zum modernen Weltbild ermöglicht haben: Messtechnik von übermenschlicher Genauigkeit und Mathematik mit dem Computer von übermenschlicher Leistungsfähigkeit.

Die Wahrheit wächst trotzdem aus Tausenden von deprimierenden Irrungen, falschen Hypothesen und Pseudolehren: Unser Ziel ist es, anhand eines kleinen Kuriositätenkabinetts zu zeigen, dass für Menschen das Falsche beinahe das Normale ist und die „eigene“ Wahrheit eine Droge ist – ob richtig oder meistens (wirklich meistens!) falsch. Wir nehmen uns auch Beispiele von Pseudolehren vor, die aus heutiger Sicht ganz (oder „recht“) sicher inhaltlos sind, etwa pseudoastronomische Lehren, und trotzdem überleben. Dazu gehört auch die Betrachtung von oft gehörten (angeblich) historischen Zitaten – die aber falsch und erfunden sind, im Internet mehr denn je.

Dem setzen wir die Erfahrungen bei der Synthese (übermenschlich grosser) Systeme durch Menschen entgegen und zeigen, wie wir trotz unserer menschlichen Beschränktheit nahezu Unbeschränktes bauen können. Aus persönlicher Erfahrung sehen wir uns dazu als halb-technisches Beispiel für das Handeln in Unsicherheit zum einen die (unsichere) Futurologie an, mit falschen und wohl richtigen Vorhersagen, zum anderen die (Un-)Sicherheit im Umfeld der Medizin.

Ziel ist es, dem Leser bei der Entwicklung eines Gefühls zur Bewertung von Aussagen und Lehren zu helfen – vom Internet bis zur Wissenschaft (oder Pseudowissenschaft): Menschlich Dummes und übermenschlich Präzises liegen in unserer Gesellschaft oft hart nebeneinander, und viele Menschen können es nicht unterscheiden. Dazu führen wir u.a. ein Mass für Sicherheit ein, so etwas wie eine „wissenschaftliche Härteskala“. Wir fordern auf, Ideen und Lehren dort einzuordnen von „fest“ über „weich“ bis zu „böartig“ – am besten bei jeder Erwähnung!

Im letzten Kapitel sammeln wir unsere Schlussfolgerungen und Schlussgedanken zu unserer Position als Menschen: Was tut uns scheinbar oder wirklich weh an den neuen Paradigmen („Kränkungen“ und Desillusionierungen)? Warum wollen auch heute viele Menschen nicht aus einem Zentrum verschoben werden und kämpfen für die „Junge Erde“ oder allgemein gegen „Verwestlichung“, oder glauben, dass das Gehirn so komplex sei, dass es niemals verstanden werden wird?

Wie sieht unsere Zukunft im Umfeld der beschleunigten Entwicklung aus? Sicher noch mit sehr grossen und unsicheren Umwälzungen, mit Maschinen, die Bewusstsein haben? Mit Menschen, die 1000 Jahre leben können? Beides zeichnet sich ab. Was können wir „verstehen“? Wir zeigen, dass sogar unsere selbstverständlichsten Fragen unsinnig sein müssen, etwa nach den verschiedenen Rollen Gottes, die wir eben denken müssen. Eigentlich verstehen wir nahezu nichts als Individuen: Die Geschichte ist für uns eine einzige Desillusionierung und Entthronung – von Kopernikus über Darwin und Einstein und zur künstlichen Intelligenz (KI). Vieles an uns, was für unberührbar oder geistig gehalten wurde, sind nun nur noch technische Eigenschaften, die der Computer besser kann oder können wird. Viele intellektuelle Fragen lösen sich trivial, soweit dies möglich ist, etwa freier Wille und Bewusstsein, eher von der Ingenieursseite als von der Seite der Philosophie.

Die letzten Entthronungen können bald folgen, etwa die Entdeckung ausserirdischen Lebens. Aber als Menschheit haben wir mit unserem akkumulierten Wissen und hoch entwickelten Technik etwas Übermenschliches aufgebaut, mit der Mathematik (und damit auch mit dem Computer) als übermenschlichem Rückgrat, dessen Macht wir nicht verstehen. Wir zeigen, dass wir damit (durch Emergenz und mit Zufall) direkt die Evolution weiterführen – aber wir zeigen das Paradoxon des anthropischen Prinzips, dass die Vergangenheit immer zwingend aussieht, aber dass die Zukunft ungewiss ist.



Unsere Schlussgedanken sind nicht tröstlich: Wir bauen als Menschheit ohne viel Steuerung und ohne grosse Einsicht immer schneller weiter an den übermenschlichen Systemen: Stichwort ist „die Singularität“. Wir haben dabei wesentliche Seiten der Evolution selbst übernommen und führen sie eigenständig weiter, jetzt in vielleicht vieltausendfacher Beschleunigung bis zu „Transhumanismus“.

Für uns als Einzelne und unser Einzelleben gibt es dabei heute keine gute Antwort, wenn man nicht zurück zur unbewegten und flachen Erde gehen will, höchstens: Bewusst in dieser paradoxen Situation als Naive in einer übermenschlichen Welt weiter zu gehen, aber als Menschen in Würde und Demut.

Ziel des Buchs ist dem Leser zu helfen, zwischen menschlichem Unsinn und fantas-tisch Grosseem zu unterscheiden als Erwachsener des 21. Jahrhunderts.

Im letzten Paragraphen stellen wir dafür eine Zusammenstellung der wichtigsten aktuellen Begriffe zur Verfügung, die Must-know-Begriffe des Intellektuellen sozusagen, aus dem Umfeld des Buchs, also zur Physik, zur pragmatischen Informatik und aus der zugehörigen Philosophie.

*„Was ich jetzt sage, mag dunkel erscheinen, aber es wird später klarer werden.“*

*Nikolaus Kopernikus, polnischer Astronom, 1473–1523.*



# 1 Der Weg bis Newton und Darwin – die schwierige Reise zum Besten, was noch menschlich ist

Dieses Kapitel möchte einen Teil des schweren Wegs aufzeigen, den wir Menschen als historische Gemeinschaft in der Wissenschaft zurückgelegt haben, und zwar was wir erreicht haben und überhaupt erreichen konnten mit einfachen Mitteln: technisch etwa bis zu einfachen Teleskopen und Mikroskopen (wie Galilei oder Leeuwenhoek), mit Papier und Bleistift (wie Kepler und Newton), mit sorgfältiger menschlicher Beobachtung wie Darwin und Mendel. Dieses Bottom-up-Verfahren soll etwa abgrenzen, was „menschlich“ noch zu erfassen ist. Dies wird durch die These ergänzt, dass vieles vom heutigen Wissen jenseits davon übermenschlich ist (dies im zweiten Kapitel). Den Übergang von menschlich-naiv zu übermenschlich sehen wir etwa zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts.

Das Erreichte und damit diese menschliche Seite des Weltbilds sind gleichzeitig das, was uns natürlich und denkmöglich erscheint.

Dazu sehen wir uns Ansichten und Gedanken der Antike an, den Weg der exakten Naturwissenschaft wie der Physik und der schwerer zu fassenden (und weiter weg von Mathematik liegenden) Wissenschaften wie der Biologie. Insbesondere wollen wir an den Widerständen und Paradigmenwechseln lernen. Dies ergibt das menschliche und materialistische Weltbild etwa wie am Ende des 19. Jahrhunderts, wie es für uns immer noch „das natürliche“ ist. Paradoxe Weise gilt dies insbesondere für die Gegner moderner Technologie, die sich andererseits nach Spiritualität sehnen.

## 1.1 Die Antike: Von naiv bis raffiniert naiv

*„Naiv muss jedes wahre Genie sein, oder es ist keines.“*

Friedrich Schiller, deutscher Dichter, 1759–1805.

### 1.1.1 Wer und was ist naiv? Eine (uns) verletzende Definition

Wir beginnen mit einer Beleidigung oder Kränkung, indem wir uns alle als naiv bezeichnen:

Als „naiv“ wollen wir Menschen bezeichnen, die ihr Weltbild aufgrund der direkten Sinneserfahrungen und eigener Schlüsse bilden bzw. bilden müssen (natürlich wäre es noch naiver möglich jenseits der Sinneserfahrungen und aufgrund von Gerüchten –

aber das ist ein anderes, moderneres Kapitel). In Abbildung 1-1 sind zwei allgemeine Definitionen des Wortes „naiv“: Aus einem Thesaurus und dazu eine Definition des „naiven Computeranwenders“. Der Gegensatz von „naiv“ zu „modern“ oder „postmodern“ ist fundamental für das Verständnis des Buchs. In diesem Kapitel werden wir verschiedene Grade der Naivität sehen – je nach dem Grad und der Tiefe der Verarbeitung der Informationen aus der direkt zugänglichen Welt.

**naiv, Adjektiv**

**Synonyme:** einfach, vertrauenserweckend, unschuldig, unerfahren, aufrichtig, einfältig, arglos, harmlos, unvoreingenommen, leichtgläubig, gutgläubig, dumm

**Antonym:** argwöhnisch, schlau, gerissen, raffiniert

*Abbildung 1-1a: Eine Sammlung von Bedeutungen des Wortes „naiv“.  
Nach MSN Encarta Thesaurus, eigene Übersetzung.*

**Naiver Anwender, Substantiv.**

Ein Neuling in einem Computerspiel, den man im Allgemeinen mit einer Mischung aus Sympathie und Mitleid betrachtet.

*Abbildung 1-1b: Eine moderne Deutung von „Naivität“ nach dem Lexikon des IBM Computerjargons von Mike Cowlishaw (1990).*

Es ist uns wichtig, das Attribut „naiv“ nicht (nur) abwertend zu betrachten: Es ist im guten Sinne eine Umschreibung des gesunden Menschenverstands und dessen, was wir unmittelbar sehen, erfahren, verstehen und schliessen können. Damit betrifft dieses Attribut uns alle, aber auch die griechischen Philosophen und die Wissenschaftler der Renaissance und Klassik, deren Weltbilder wir zunächst betrachten und die wir in diesem Sinne – Verzeihung – wohl als die grössten Naiven der Geschichte ansehen können, die bis an die Grenze der möglichen Leistungen gegangen sind und den Weg für das moderne Weltbild vorbereitet haben.



**Abbildung 1-2:** Eine Hommage an grosse „naive“ Denker: Sokrates, Platon, Aristoteles. „Naiv“, da sie aufgrund allgemeiner Beobachtung, einfacher Erfahrung und ihren Vorstellungen ohne Führung durch „höhere“ externe Hilfen philosophierten. Aus: [www.histokomp.de/altertum-griechenland-klassik.php](http://www.histokomp.de/altertum-griechenland-klassik.php)

### 1.1.2 Das „ganz naive“ astronomische Weltbild: Die Welt ist flach, der Himmel eine Halbkugel

„Heilig ist zwar Laktanz, der die Kugelgestalt der Erde leugnete, heilig Augustinus, der die Kugelgestalt zugab, aber Antipoden leugnete.“

Johannes Kepler, deutscher Astronom, in: *Astronomia Nova*, 1609.

Lactantius (ca. 250–320), christlicher Schriftsteller, war einer der wenigen Gebildeten seit der Spätantike, der die Kugelgestalt noch leugnete. Aber mit der Vorstellung von Antipoden gab es grosse Probleme, z.B. was geschah mit dem Wasser bei der Sintflut?

Wie beginnt ein auf sich gestellter Beobachter, sich sein Weltbild zu bauen? Für klare, einfache und überschaubare Verhältnisse in der Position des einzelnen Menschen in der Welt stellen wir uns eine weite Ebene vor mit ungehindertem Blick zum Horizont. Über uns wölbe sich ein azurblauer Himmel als Halbkugel oder halbe Sphäre mit einer kleinen, nur 30 Bogenminuten grossen Sonnenscheibe (Abbildung 1-3a).

Den sinnvollen Halbmesser der Sphäre setzen wir nach dem unmittelbaren Eindruck für den Beobachter einfach gleich der Entfernung des scheinbaren Horizonts, gesehen von einem mässig hohen Haus oder Turm von 15 m Höhe: 15 km scheinen nach der Formel für die Sichtweite ein gutes Mass zu sein für unsere empfundene persönliche

Weltgrösse. Wir haben dabei allerdings heimlich die Kugelgestalt der Erde mit eingerechnet; bei einer wirklich flachen Erde würde nur die Atmosphäre mit Streuung und Absorption die Sicht begrenzen und am Meer z.B. einen diffusen Horizont ergeben.

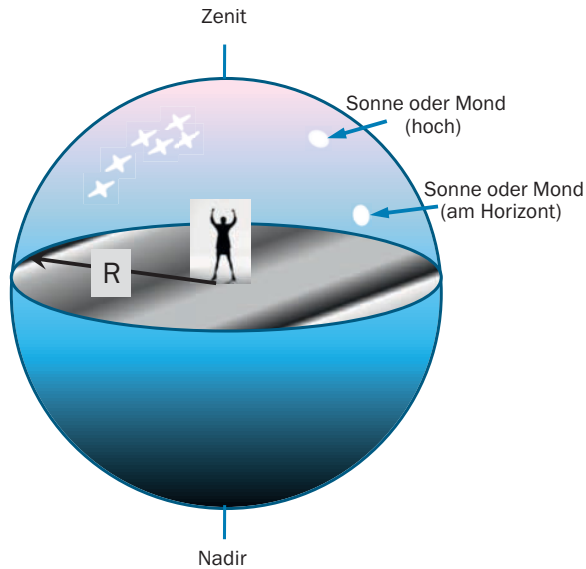
Die persönliche Fläche um uns herum, ähnlich dem künstlichen Horizont in einer Planetariumskuppel, sind dann etwa 700 km<sup>2</sup>. Dies ergibt bereits auf der Fläche der Bundesrepublik Deutschland etwa 500 persönliche Weltflächen ...

Allerdings bemerkt bereits der naive Beobachter einen psychologischen Effekt, der die Perfektion der Himmelskugel stört: Uns erscheinen die Scheiben von Mond und Sonne in Horizontnähe, also bei Auf- oder Untergang, wesentlich grösser als hoch am Himmel. Der Grund ist, dass wir Objekte in Horizontnähe besser, d.h. hier als weiter, einschätzen und damit als grösser empfinden.

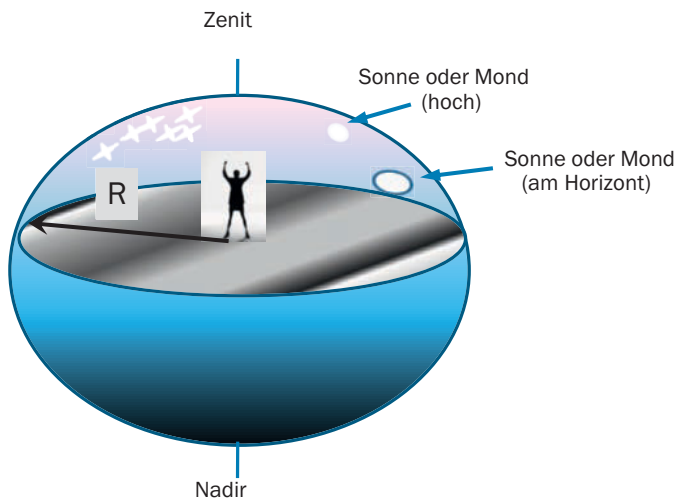
Zur Kompensation dieses Effekts ist in der Skizze der Abbildung 1-3b die scheinbare Höhe der Sphäre gekürzt worden; empfindungsmässig wird die Sphäre damit ein Rotationsellipsoid. Dies bedeutet für den klassischen Ästhetiker eine unangenehme Abweichung von einer perfekten Kugelgestalt.

Astronomen, Geodäten und Seeleute sehen von diesem psychologischen Effekt ab, aber sie müssen dafür ein anderes objektives Phänomen berücksichtigen, das der naive Beobachter unmittelbar sehen kann durch die Verzerrung der unter- oder aufgehenden Sonnenscheibe: Die (kleine) Hebung des scheinbaren Orts eines Gestirns an der Sphäre durch die Brechung durch die zunehmende Luftdichte ist umso stärker, je weiter weg ein Lichtstrahl vom Zenit ist und damit je näher am Horizont: Am Horizont wird der Strahl um 33 Bogenminuten angehoben. Diese „Refraktion“ hat Carl Friedrich Gauss als erster berechnet – sie ist für das abgeflachte Bild der Scheiben von Sonne oder Mond am Horizont verantwortlich, und sie erlaubt es sogar, um diesen Winkel unter den geometrischen Horizont selbst zu blicken. In Abbildung 1-4 wird der Effekt von Erdkrümmung und Refraktion anhand eines Schiffs illustriert, dessen Rumpf durch den sichtbaren Horizont noch verdeckt wird, aber „in Wirklichkeit“ befindet sich das ganze Schiff noch unter dem geometrischen Horizont.

So naiv das Weltbild einer persönlichen Sphäre auch ist, wenn man etwas genauer hinsieht, entdeckt man bereits einige Komplikationen – sogar die Krümmung der Erde und die Zunahme der Dichte der Atmosphäre über dem Boden. Je nach Priorität muss man diese Effekte ignorieren oder berücksichtigen.



**Abbildung 1-3a:** Der Beobachter in seiner persönlichen Halbsphäre. Ein Wert für die Entfernung  $R$  bis zum Horizont sei z.B. 15 km.



**Abbildung 1-3b:** Der Beobachter in seiner persönlichen scheinbaren gestauchten Halbsphäre. Der Zenit erscheint wesentlich näher zu sein als der Horizont. Die Sonne oder der Mond am Horizont erscheinen subjektiv wesentlich grösser als bei grösserer Höhe und dazu ebenfalls gestaucht (schematische Darstellung).  
Quelle: Eigen.

Beobachtet unsere Person die Gestirne im Laufe des Tages oder des Jahres, so wird sie an den Fixsternen im Laufe eines menschlichen Lebens keine Veränderung feststellen (vor allem, weil sie keine erwarten wird, wenn sie noch nichts von veränderlichen Sternen gehört hat oder nicht das Glück der Beobachtung einer Supernova hatte), wohl aber am Mond und den Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Für die antike Vorstellung waren Veränderungen an den Fixsternen – in Helligkeit oder Position am Himmel – unvorstellbar.



**Abbildung 1-4:** *Die Aufbauten eines Schiffes erscheinen über dem Horizont. Dies ist möglich durch die Erdkrümmung zusammen mit der Refraktion (Anhebung) der Lichtstrahlen am Horizont. Aus: Deutscher Wikipediaartikel „Sichtweite“.*

Die Fixsterne haben schon vielen Kulturen und Völkern den Anlass zur Bildung von Sternbildern gegeben, nahezu willkürlichen Zuordnungen von Tieren, Menschen und Objekten zu Gruppen und Anordnungen von Sternen. Zwar ist es für Beobachter naheliegend, Gruppen von Sternen als Strukturen zusammen zu sehen (sogenannte Asterismen) – vor allem bei schlechten (!) Sichtbedingungen, wenn nicht zu viele Sterne den Zusammenhang stören.

Die Sterne der Sternbilder stehen in den allermeisten Fällen – wie wir heute wissen – in ganz verschiedenen Entfernungen und nur zufällig in ähnlicher Richtung, haben nichts miteinander und erst recht nichts mit der Erde und uns Menschen zu tun. Heute sind Sternbilder etwas für die Kulturgeschichte oder mit 88 genau festgelegten Himmelszonen ein Ordnungsprinzip der Union der professionellen Astronomen für die praktische Astronomie.

Interessanter ist für den Beobachter die Analyse der Bewegungen der Planeten, von Mond und Sonne: Die Sonnen- und Mondfinsternisse sind bedrohliche Ereignisse, die Planetenbewegungen sind geheimnisvoll.

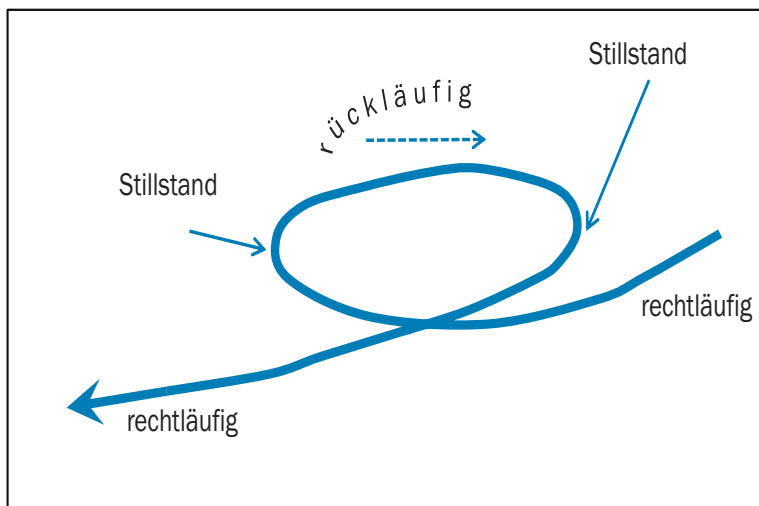
Offensichtlich haben schon babylonisch-chaldäische Astronomen eine Regel für die Wiederholung von Finsternissen beobachtet, heute Saroszyklus genannt: nach 18 Jahren, 11 Tagen und 8 Stunden wiederholen sich ähnliche Finsternisse mit einer Schärfe



von 2 Stunden über eine ganze Serie von Finsternissen hinweg. Diese Sarosperiode ist ein ganzzahliges Vielfaches verschiedener Mondperioden (synodischer, drakonitischer und anomalistischer Monat): Verstehen im modernen Sinn kann man den Saroszyklus erst mit einer Theorie der Mondbahn; mit menschlichem Schicksal haben die Finsternisse nichts zu tun. Aber schon die Möglichkeit der Vorhersage hatte den vorgeschichtlichen Astronomen, vermutlich Priestern, Macht gegeben.

An der Planetenbewegung ist es für den naiven Beobachter rätselhaft, dass sich die Planeten schneller oder langsamer am Himmel bewegen (die sogenannte erste Ungleichheit), ja sogar stillstehen können und eine Zeitlang gegen die übliche Bewegungsrichtung laufen; damit vollführt der Planet eine Schleife am Himmel wie ein mystisches Zeichen (die sogenannte 2. Ungleichheit, siehe Abbildung 1-5)! Dies macht auf dieser Stufe der Erkenntnis übernatürliche Deutungen verständlich: Hier ist der Ursprung der Astrologie, die uns bis heute begleitet.

Interessanter ist für den Beobachter die Analyse der Bewegungen der Planeten, von Mond und Sonne: Die Sonnen- und Mondfinsternisse sind bedrohliche Ereignisse, die Planetenbewegungen sind geheimnisvoll: Die richtige Vorhersage war ein attraktives Ziel mit der Verheissung von Macht.



**Abbildung 1-5:** *Prinzipische Skizze der Planetenschleifen am Himmel: Die normale „richtige“ Bewegung des Planeten kehrt sich für eine gewisse Zeit um – der Planet wird „gegenläufig“. Ohne ein tieferes Verständnis erscheint der Vorgang wie ein mystisches Zeichen. Quelle: Eigen.*

### 1.1.3 Das raffinierte „naive“ astronomische Weltbild: Ein Uhrwerk von Kreisen (auf Kreisen (auf Kreisen)) oder Kugeln

*„Das Einfache kompliziert zu machen, das ist üblich, aber das Komplizierte einfach, richtig einfach, das ist Kreativität.“*

*Charles Mingus, US-amerikanischer Musiker, 1922–1972.*

Nach der blossen Beobachtung der Gestirne und ihrer Bewegungen ist es eine grosse Leistung der antiken Astronomie, Modelle der Himmelsbewegungen zu erstellen: Ein grosser Schritt von Magie und passiver Beobachtung zur Erklärung und insbesondere der Vorausberechnung der Ephemeriden – der Positionen der Gestirne – und der daraus abgeleiteten Kalender. Aus der naiven Sicht, die in der Planetenbewegung eine göttliche Botschaft sieht, ist dies eine erste Ketzerei der Wissenschaft. Andererseits sind Kalender sowohl für das praktische Leben wertvoll, aber auch für die religiösen Bräuche – z.B. zur Bestimmung des Monatsanfangs im jüdischen und insbesondere im islamischen Kalender.

Zwei weitere Dogmen (nach dem der Unveränderlichkeit der Fixsterne) gingen in die Himmelsmodelle ein – bis und einschliesslich Kopernikus:

- Jegliche Bewegung am Himmel erfolgt in Kreisform,
- Himmelskörper bewegen sich auf ihren Kreisen mit gleichförmiger Geschwindigkeit.

Nur Kreise sind per Dogma würdig, in der Astronomie Verwendung zu finden – oder Kugeln als entsprechend dreidimensionale Idealgestalt. Es war zwar störend, dass die Beobachtungen bereits mit blossem Auge zeigten, dass einfache Kreisbewegungen nicht ausreichten, aber man half sich mit immer raffinierteren Hilfskonstruktionen. Das wichtigste Modell von Ptolemäus, das für 1400 Jahre bestimmend war, verwendet so

- Epizyklen (nach Apollonius): Der Planet bewegt sich nicht direkt auf einem Kreis um die Erde, sondern auf einem aufgesetzten kleinen Kreis (dem Epizyklus), der seinerseits auf einem geozentrischen Hauptkreis, dem Deferenten aufgesetzt ist, oder/und
- versetzte Kreise (nach Hipparch): Der Mittelpunkt des Planetenkreises wird verschoben.

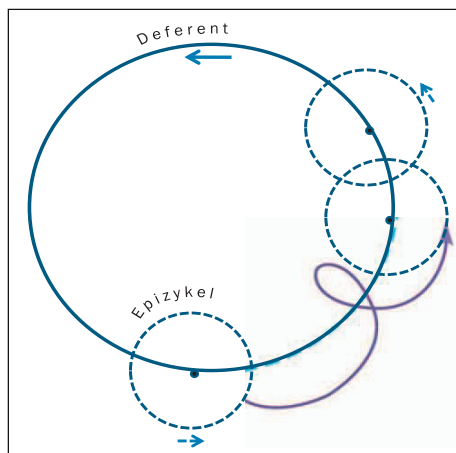
Ein weitere künstliche Verbesserung von Ptolemäus ist der zusätzliche Äquantkreis mit dem „punctum aequans“ als Mittelpunkt, von dem aus gesehen das Zentrum des Epizykels gleichförmig läuft – und damit eine dogmatische Forderung erfüllt. Dieser „punctum aequans“ aus der antiken Näherung kommt dabei dem Brennpunkt der keplerschen Ellipse nahe, in dem die Sonne *nicht* steht: Damit sehen wir, was die gesamte komplizierte (und geistreiche) Ptolemäuskonstruktionen von neuer Warte aus „wirklich“

sind: Es sind geometrische Entwicklungen, um künstlich die Erde im Mittelpunkt stehen zu haben und um Ellipsen zu vermeiden, aber immer mehr anzunähern.

Die Betrachtung des ptolemäischen Weltbildes aus höherer Warte ist ein Musterbeispiel, wie sich unser Verständnis weiterentwickelt und wie man einen notwendigen grösseren Schritt voraussehen kann:

- Der geozentrische Ansatz wurde komplizierter mit immer mehr anpassungsfähigen, willkürlich erscheinenden Parametern, z.B. mit weiteren Epizyklen, die ihrerseits auf Epizyklen laufen,
- aus unerfindlichen Gründen rotieren im Modell die Deferenten für die inneren Planeten und die Epizyklen der äusseren Planeten gemeinsam jeweils mit der Periode des Sonnenjahres – aber was hat die Sonne als ein Gestirn unter vielen (im geozentrischen Weltbild) mit allen Planeten zu tun?

Die Antwort gibt eine einfache Koordinatentransformation auf eine bewegte Erde, die aus den 10 Kreisen für 5 Planeten (jeweils ein Deferent und ein Epizyklus) nur noch 6 Kreise macht, nämlich einen Deferenten für die Erde und 5 Epizyklen für die damals bekannten Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. (siehe Kevin Brown, 2011). Dann sind wir allerdings genau bei Kopernikus (s.u.)!



**Abbildung 1-6:** *Das Konzept der Epizyklen nach Apollonius. Um die Planetenschleifen zu erklären, sollen sich die Planeten nicht auf dem Hauptkreis (dem Deferenten) bewegen, sondern auf aufgesetzten, eventuell noch geneigten Kreisen (den Epizyklen). Daraus resultiert eine Planetenbahn in der mathematischen Form einer Evolute. Reicht dies nicht zur „hinreichend präzisen“ Beschreibung aus, so wurde ein zweiter Epizykelkreis hinzugefügt. Quelle: Eigen.*

Das Auftreten der gleichen Konstante in ganz verschiedenen Zusammenhängen – hier das irdische Jahr bei anderen Planeten oder die Lichtgeschwindigkeit bei Licht und Radiowellen oder die Masse als träge und schwere Masse – ist ein Zeichen für eine noch nicht verstandene innere Verknüpfung (wie heute wohl in der Kosmologie).

Formal und mathematisch ist das geozentrische Vorgehen mit der Verschachtelung von Kreisen durchaus möglich – es ist nur eine recht ungünstige und umständliche Art von Reihenentwicklung, insbesondere mühsam ohne Computer. Es zeigt einen anderen menschlichen Trend:

*Bevor wir ein akzeptiertes Paradigma aufgeben, versuchen wir (Menschen) das alte Paradigma gewaltsam und artifizuell zu halten!*

In der Innovation bezeichnet man das alte Paradigma (eine etablierte Technologie und Feind des Neuen) als „im Schützengraben“ (entrenched).

In der Vorstellung der antiken griechischen Astronomie sind die Sterne dann selbst an ineinander verschachtelte bewegliche und bewegte Sphären (Kugelflächen) geheftet. Die Grundsphäre ist die Kugel, in deren Mitte die Erde selbst ruhen sollte und an deren inneren Oberfläche die Fixsterne befestigt sein sollen für die tägliche Drehung. Diese Vielzahl von kristallinen – also durchaus materiellen – Kugelschalen ergibt mit ihren verschiedenen Neigungen und Bewegungen das Uhrwerk des Himmels, bei Aristoteles sind es 56 Sphären, die nach Pythagoras die himmlische „Sphärenmusik“ erzeugen.

## **1.2 Der Übergang: Von Alhazen und Bacon zu Kopernikus, Kepler und Galilei**

### **1.2.1 Das revolutionäre geometrische Weltbild: Kopernikus, Brahe und Kepler. Von versetzten Kreisen zu ketzerischen Ellipsen**

#### **1.2.1.1 Die halbe Revolution und die „erste Kränkung“ der Menschheit**

*„Eppur si muove.“*

*Galileo Galilei, italienischer Physiker, 1564–1642 (wohl fälschlich zugeschrieben).*

Die erwähnte prinzipielle Vereinfachung des geozentrischen Systems durch eine geometrisch-mathematische Transformation auf eine bewegte Erde ist ein Beispiel für ein Grundprinzip der wissenschaftlichen Methodik, dem „Rasiermesser von Ockham“: Dieses Prinzip – benannt nach einem englischen Philosophen, Scholastiker und Franziskaner William von Ockham – verlangt unter mehreren Theorien, die das Gleiche gleich gut beschreiben, die einfachere zu bevorzugen (Sparsamkeitsprinzip). Natürlich kann es nicht streng bedeuten, dass die Natur selbst unter mehreren Möglichkeiten sich immer die simpelste aussucht – aber dann muss man für die Abweichung von der

Einfachheit einen Beweis finden! Ein Beispiel zur Abweichung vom Ockhamprinzip gibt die Evolution: Aus historischen „Evo-devo“-Gründen mag eine Lösung der Natur einem Umweg folgen – aber sie funktioniert und wird beibehalten. Und in der Technik wird ein Stück funktionierender Software auch lange beibehalten, bevor eine neue bessere Lösung eingesetzt wird! Man macht zunächst nur äussere Verbesserungen („Face Lifting“).

Kopernikus hat diese Vereinfachung der Transformation des Kreissystems von der Erde auf die Sonne als Mittelpunkt vollzogen und in der Formulierung von Axiomen, den „Petitiones“, einige dazu notwendige Schritte vollzogen, so z.B. in der Übersetzung von Franz Peter Waiblinger:

- „Der Mittelpunkt der Erde ist nicht der Mittelpunkt der Welt, sondern nur der Mittelpunkt der Schwere und des Mondkreises.“
- „Alle Bahnkreise führen um die Sonne, als stünde diese in der Mitte von allem, und deswegen liegt der Mittelpunkt des Kosmos in der Nähe der Sonne.“
- „Das Verhältnis des Abstands von Sonne und Erde zur Höhe des Fixsternhimmels ist kleiner als das Verhältnis des Halbmessers der Erde zum Abstand der Sonne, und zwar um so viel, dass dieser im Verhältnis zur Höhe des Fixsternhimmels unmerklich ist.“

Für das Umsetzen von geozentrischem auf heliozentrischem Modell konnte sich Kopernikus dabei auf Aristarch von Samos berufen – in der Entwicklung einer revolutionären Idee ist es eine Hilfe, wenn ein Vorgänger den Boden bereitet und die „kognitive Distanz“ zum Paradigmenwechsel verringert! Aristarch hatte zwar kein rechnerisches Modell gehabt, aber er hatte aus den kreisförmigen Bögen des Erdschattens bei einer Mondfinsternis auf eine kugelförmige Erde geschlossen.

Kopernikus ist trotzdem noch in der antiken Denkwelt verhaftet – man hat ihn als „rückwärts gewandten Revolutionär“ bezeichnet. Es bleiben die Kreise, Epizyklen und Kristallsphären. Kopernikus ist damit eher der letzte grosse antike Astronom als der Neuerer. Seine Zeitgenossen waren von der Umwälzung wohl deshalb auch weit weniger geschockt, wie wir dies heute erwarten würden. Dazu hatte der Theologe Andreas Osiander (wohl eigenmächtig) im Vorwort zum Hauptwerk des Kopernikus die Aussagen „die Sonne steht im Mittelpunkt, die Erde bewegt sich“ zu reinen Rechenhypothesen herabgestuft – zum Unwillen von Giordano Bruno, der grossartig schrieb (Giordano Bruno, 1584):

*„Wenn dieser Deutsche auch nicht genügend Mittel besass, dem Irrtum nicht nur Widerstand zu leisten, sondern ihn auch vollends besiegen zu können, so hat er doch entschieden und offen dazu bekannt, dass man schliesslich zu dem Schluss gelangen müsse, es bewege sich eher unser Erdball gegenüber dem Universum, als dass die*

*Gesamtheit der unzähligen Körper, von denen viele erhabener und grösser sind als die Erde, diese als Mittelpunkt und Grundlage ihrer Umdrehungen ... anzuerkennen habe.“*

Die harte Gegnerschaft der Kirche entstand erst mit der Popularisierung des Modells und der Auffassung als „echtes“ Weltbild mit der Sonne im Zentrum. So soll Kardinal Robert Bellarmin im Jahr 1616 zu Galilei gesagt haben:

*„Sei vernünftig: Bezeichne deine Ideen als Hypothesen, sonst sind sie Ketzerei.“*

Zu dieser Zeit, 73 Jahre nach der Veröffentlichung des kopernikanischen Hauptwerks „De Revolutionibus Orbium Coelestium“ (Von den Umdrehungen der Himmelskörper), war die Lehre von der Kirche als philosophisch und theologisch falsch (und gefährlich) eingestuft worden.

Übrigens sagen die Akten Bellarmin, dass Galileo Galilei zusagte „abzulassen“; die berühmten Trotz Worte *„Und sie bewegt sich doch – Tamensi movetur (lateinisch) – Eppur si muove (italienisch)“* gehören in den Bereich der Legende.

Wir betrachten die kopernikanische Versetzung der Erde vom kosmischen Zentrum an „den vierten Platz in der Reihe der Planeten“ – im Sinne von Kopernikus von aussen gezählt, nach Fixsternsphäre, Saturn, Jupiter und Mars – als klare Degradierung: So ist etwa bei Hildegard von Bingen die geistige Sonderstellung des Menschen unmittelbar mit der Stellung der Erde im Zentrum des Kosmos verknüpft – damit wird die kopernikanische Position eine Abwertung. Im modernen Sinn hat dies z.B. Sigmund Freud festgestellt, wenn er von „der ersten Kränkung der Menschheit“ sprach und der Verletzung unserer menschlichen Eigenliebe (s.u.). Und Kopernikus selbst schreibt in seinem Hauptwerk „De Revolutionibus Orbium Coelestium“:

*„In der Mitte von allen aber hat die Sonne ihren Sitz. ... So lenkt die Sonne, gleichsam auf königlichem Thron sitzend, in der Tat die sie umkreisende Familie der Gestirne.“*

Als Randbemerkung sei gesagt, dass es im antiken Weltgefühl nicht unbedingt so herabwürdigend verstanden werden musste: Die Sphären der inneren Planeten, der Sonne, die äusseren Planeten und schliesslich der Fixsterne waren ja in der etablierten Ordnung auch von wachsender Vornehmheit und immer näher am Paradies, das gegebenenfalls jenseits der Fixsternsphäre gedacht wurde. In diesem Sinne war die geozentrische Erde der niedrigste Ort – mit Kopernikus wurde man ja „an die vierte Stelle“ (von oben) gesetzt! Und man hat, wie Kopernikus betont, ja noch den Mond als Diener.

Dies zeigt einen anderen Effekt des Erkennens: Das antike geozentrische Weltbild war extrem einfach und mit der täglichen Erfahrung („dem gesunden Menschenverstand“) voll kompatibel, z.B. mit dem populären römischen Weltmodell oder dem Buch Sidrach (1273; Jellinghaus 1847): In einfachster Form mit dem Eidotter als Erde, dem Eiweiss als Wasser und der Eierschale als Firmament (das Häutchen eventuell als Luft). Damit