

# Kausalität und Determinismus

Luc Saner

*Um Kausalität und Determinismus erklären zu können, müsste man das ganze Universum verstehen. Luc Saner*

## 1. Allgemeines

a) Das Universum ist ein Wechselspiel zwischen Stabilität und Veränderung. Aufgrund der Veränderungen lässt sich ein Vorher und ein Nachher unterscheiden. Der Massstab für die Geschwindigkeit dieser Veränderungen wird als Zeit bezeichnet.

b) Bei diesem Wechselspiel zwischen Stabilität und Veränderung entstehen aus einfachen tendenziell komplexe Strukturen. Strukturen können physischer oder geistiger Natur sein, wobei die geistigen Strukturen aufgrund der physischen Strukturen insbesondere des Gehirns entstehen. Zudem verändern diese Strukturen ihre Positionen in Raum und Zeit. Kausal sind in der Physik derartige Veränderungen, wenn kein Ereignis in der Zukunft einen Einfluss auf ein Ereignis in der Vergangenheit hat. Danach sind alle Ereignisse in der Realität kausal. Fraglich ist jedoch, ob diese Ereignisse auch deterministisch sind. Gibt es bei diesen Veränderungen der Strukturen nur eine Möglichkeit, sind sie deterministisch. Gibt es für diese Veränderungen mehrere Möglichkeiten, werden die einzelnen Veränderungen als Zufälle bezeichnet.

c) Wir Menschen überprüfen das Mass des Determinismus, indem wir versuchen, das Nachher, also das Auftreten neuer Strukturen respektive deren räumliche und zeitliche Veränderungen, vorauszusagen. Können wir diese Veränderungen der Strukturen eindeutig voraussagen, handelt es sich für uns um Determinismus. Sind wir nicht eindeutig zu dieser Voraussage in der Lage, so sprechen wir von den erwähnten Zufällen. Folgen diese Zufälle gewissen Regeln, so lassen sie sich mittels Wahrscheinlichkeiten beschreiben. Dies erlaubt zwar nicht eine Voraussage der einzelnen Zufälle. Doch erlauben Wahrscheinlichkeiten, die Entwicklung grösserer Strukturen vorauszusagen, da die entsprechenden Zufälle doch gewissen Regeln gehorchen.

Allerdings müssen wir uns bewusst sein, dass unsere Fähigkeit zur Voraussage nicht das alleinige Kriterium des Determinismus sein kann. Wäre dem so, so würden die Veränderungen der Strukturen umso deterministischer, je besser unsere Fähigkeiten zur Voraussicht werden. Jedoch steht uns zur Zeit keine bessere Methode zur Bestimmung der Determiniertheit von Veränderungen zur Verfügung. Wir müssen uns aber bewusst sein, dass die Unfähigkeit zur Voraussage nicht ohne weiteres bedeutet, dass Veränderungen nicht determiniert sind. Um

alles vorauszusagen, was objektiv voraussagbar ist, müssten wir das ganze Universum verstehen. Es ist durchaus möglich, dass uns das nie gelingen wird. Im Folgenden soll dargestellt werden, welche Möglichkeiten wir heute zur Voraussage haben und was dies für die Kausalität und den Determinismus bedeutet.

In meinem Aufsatz „Wann ist etwas wahr?“ ([www.aubonsens.ch/wahrheit.pdf](http://www.aubonsens.ch/wahrheit.pdf)) habe ich verschiedene Wahrheitskategorien unterschieden. Die Möglichkeiten zur Voraussage sind in den verschiedenen Wahrheitskategorien in verschiedenem Mass gegeben. Diese Wahrheitskategorien sind die Modellwahrheit, die Organisationswahrheit, die Spekulationswahrheit, die persönliche Wahrheit und die Begriffswahrheit.

## 2. Modellwahrheit

a) Bei der Modellwahrheit geht es darum, Modelle der Realität mittels der Erfahrung auf ihre Übereinstimmung mit der Realität zu überprüfen. Das wissenschaftliche Instrument dazu ist das Experiment, worunter auch die Beobachtung und die Messung verstanden werden soll. So lässt sich prüfen, ob die Modelle Voraussagen ermöglichen. Allerdings unterliegt diese Methode gewichtigen Einschränkungen.

So handelt es sich immer nur um Modelle der Realität. Derartige Modelle entstehen in unserem Gehirn und sind durch unsere Erkenntnisfähigkeit beschränkt. Dies betrifft sowohl unsere Sinnesorgane als auch unsere Vorstellungskraft. Sinnesorgane und Vorstellungskraft sind das Resultat der Evolution. Unsere Selektion erfolgte für den sogenannten Mesokosmos, also für die mittleren räumlichen und zeitlichen Dimensionen und die entsprechenden Erscheinungen. Allerdings ist auch diese Anpassung nicht in allen Punkten optimal. Nicht selektioniert wurden wir hingegen für mikro- und makrokosmische Dimensionen. Dementsprechend sind gerade unserer Vorstellungskraft Erscheinungen wie die Raumkrümmung, die sich in kosmischen Dimensionen nachweisen lässt, schwer zugänglich. Unsere Vorstellungskraft hat auch Schwierigkeiten mit dem Umstand, dass sich die kleinsten Erscheinungen sowohl als Teilchen als auch als Wellen beschreiben lassen. Allerdings haben wir uns Hilfsmittel geschaffen, um auch diese Dimensionen der Realität erfassen zu können. So unterstützen Fernrohre und Mikroskope unsere Sinnesorgane, mathematische Verfahren unsere Vorstellungskraft. Trotz diesen Hilfsmitteln bleibt unsere Erkenntnisfähigkeit beschränkt.

Dasselbe gilt für das Experiment. Die Falsifizierung durch das Experiment erfasst nur diejenigen räumlichen und zeitlichen Dimensionen und deren Erscheinungen, für die die Anordnung des Experiments angelegt ist. Ist bei biologischen Experimenten die räumliche Dimension zu gross gewählt, erkennt man Lebewesen wie Bakterien nicht, was zu Fehlurteilen und damit „Unwahrheiten“ führen kann. Immerhin können wir auch unsere Experimente dank vielfältigen Hilfsmitteln auf immer grössere und kleinere räumliche und zeitliche Dimensionen und deren entsprechende Erscheinungen ausdehnen.

Die Modellwahrheit lässt sich auch mit folgendem Vergleich umschreiben. Die Realität ist wie eine Landschaft. Die wissenschaftlichen Beschreibungen dieser Landschaft z. B. durch mathematische Formeln sind wie eine Landkarte. Doch ist bereits fraglich, ob die Mathematik, eine geistige Struktur von uns Menschen, die Realität ausreichend beschreibt. Weiter zeigen Kurt Gödels Unvollständigkeitsätze die beschränkten Möglichkeiten der Mathematik zum Beweis ihrer eigenen Sätze. Und die Interpretationen dieser Landkarte, z. B. durch die Philosophie, sind lediglich Beschreibungen der Landkarte und können dementsprechend weit von der Realität entfernt sein. Wenn nun Modelle genaue Voraussagen der Veränderungen der Landkarte ermöglichen, so wird daraus auf Determinismus geschlossen. Doch müssen wir uns bewusst sein, dass wir uns auf schwankendem Boden befinden.

b) In systematischer Hinsicht werden die physikalischen Grundlagen der Kausalität im Standardmodell der Elementarteilchenphysik dargestellt.

Dieses beschreibt die einfachsten uns bekannten Strukturen, die Quanten, eingeteilt in Materieteilchen und in Kräfte. Auf diesen Strukturen beruhen die weiteren Strukturen unseres Universums. Doch sind noch viele Fragen rund um das Standardmodell offen. So ist offen, inwieweit das Standardmodell auch die vermutete dunkle Materie und Energie beschreiben kann. Zudem muss das Standardmodell bereits unter Berücksichtigung der bekannten Physik als vorläufig bezeichnet werden. So existiert keine umfassende Theorie der Gravitation. Die Quantenmechanik, die die kleinsten Teilchen beschreibt, konnte bis heute nicht mit der fundamentalen Gravitationstheorie, der Allgemeinen Relativitätstheorie, zusammengeführt werden. Theoretische Ansätze finden sich in den Superstringtheorien. Weiter ist offen, ob die nach dem Standardmodell postulierten Teilchen tatsächlich elementar sind. Schliesslich geht das Standardmodell von einer Anzahl von Naturkonstanten aus, deren Wert nur experimentell bestimmt werden kann. Eine mögliche Darstellung des Standardmodells präsentiert sich wie folgt:

### Teilchen (Fermionen)

Leptonen		Quarks	
Name	Ruhemasse (MeV/c <sup>2</sup> )	Name	Ruhemasse (MeV/c <sup>2</sup> )
Elektron-Neutrino	etwa 0	up	etwa 5
Elektron	0.511	down	etwa 7
Müon-Neutrino	etwa 0	charm	1'500
Müon	105,7	strange	etwa 150
Tau-Neutrino	weniger als 35	top / truth	> 41'000
Tau	1'784	bottom / beauty	etwa 5'000

**Kräfte (Bosonen)**

Name	Kraft	Stärke im Abstand $10^{-13}$ Zentimeter im Vergleich zur starken Kraft	Reichweite	Ruhemasse ( $\text{GeV}/c^2$ )	Bemerkungen
Graviton	Gravitation	$10^{-38}$	unendlich	0	vermutet
Photon	Elektromagnetismus	$10^{-2}$	unendlich	0	direkt beobachtet
intermediäre Bosonen	schwache Kraft	$10^{-13}$	weniger als $10^{-16}$ Zentimeter		
$W^+$				81	direkt beobachtet
$W^-$				81	direkt beobachtet
$Z^0$				93	direkt beobachtet
Gluonen	starke Kraft	1	etwa $10^{-13}$ Zentimeter	0	eingeschlossen, indirekt beobachtet

(MeV = Millionen Elektronenvolt; GeV = Milliarden Elektronenvolt; c = Lichtgeschwindigkeit)

Aus diesen grundlegenden Strukturen bestehen nun komplexere Erscheinungen. Heute sind dies vor allem die Atome, auch Elemente genannt, die im sogenannten Periodensystem systematisiert sind. Ein Atom besteht aus einem Atomkern und aus den diesen Kern umkreisenden Elektronen. Die Elektronen werden von Photonen an den Kern gebunden. Der Atomkern besteht aus einem oder mehreren Protonen beziehungsweise Neutronen. Protonen bestehen aus zwei up-Quarks und einem down-Quark, Neutronen aus einem up-Quark und zwei down-Quarks, jeweils in unterschiedlichen sogenannten "Farben". Gluonen halten diese Quarks zusammen. Die intermediären Bosonen schliesslich sind für den spontanen Zerfall der Teilchen verantwortlich.

c) Die kleinsten Strukturen, wie sie im Standardmodell der Elementarteilchenphysik dargestellt werden, werden durch die Quantenmechanik beschrieben. Sie erlaubt sehr präzise Berechnungen und damit Voraussagen der gemessenen Eigenschaften von Elementarteilchen, Atomen, Molekülen und einfachen biologischen Systemen. Allerdings unterliegt die Quantenmechanik einigen Besonderheiten.

Aufgrund der Heisenbergschen Unschärferelation ist zum Beispiel eine gleichzeitige Messung von Ort und Geschwindigkeit eines Elementarteilchens nicht möglich. Je genauer der Ort beobachtet wird, desto ungenauer lässt sich die Geschwindigkeit beobachten und umgekehrt. Dabei handelt es sich aber nur vordergründig um ein Messproblem. Vielmehr handelt es sich um fundamentale Eigenschaften der Elementarteilchen, oder besser, der Quanten. Wie das Doppelspaltexperiment zeigt, verhalten sich Photonen je nach Anlage des Experiments wie Teilchen oder wie Wellen. Beim Doppelspaltexperiment werden Photonen auf eine Trennwand mit zwei Spalten geschossen, die sich wahlweise öffnen lassen.

Hinter der Trennwand befindet sich eine fotografische Platte als Detektor. Ist nur eine der beiden Spalten offen, verhalten sich die Photonen wie Teilchen, was sich am Fotoeffekt zeigt: Die Photonen erzeugen auf der fotografischen Platte eine Linie. Sind beide Spalten offen, verhalten sich die Photonen wie Wellen, was sich am Interferenzeffekt zeigt: Die Photonen erzeugen auf der fotografischen Platte viele, nicht etwa nur zwei Linien. Und die Photonen sind nicht etwa gleichmässig auf diese Linien verteilt, sondern nach bestimmten Wahrscheinlichkeitsregeln. Dabei ist festzuhalten, dass nicht etwa nur die Kraftquanten wie Photonen Welleneigenschaften aufweisen, sondern auch die Materieteilchen wie die Elektronen. Es ist sogar gelungen, mit einem Fulleren am Doppelspalt ein Interferenzmuster zu erzeugen. Ein Fulleren ist ein Molekül aus sechzig in spezieller Weise angeordneten Kohlenstoffatomen. Aufgrund dieser Welleneigenschaften lassen sich nicht gleichzeitig Ort und Geschwindigkeit der Welle beobachten, sondern alternativ nur Wahrscheinlichkeiten. Sobald aber das entsprechende Quant am Doppelspalt direkt beobachtet wird, verschwindet der Interferenzeffekt. Warum dies alles so ist, kann allerdings nicht eindeutig erklärt werden. Und da der mathematische Formalismus nur die Landkarte und nicht die Landschaft beschreibt, ist nicht sicher, ob dieser Formalismus wirklich die Realität beschreibt.

Schliesslich ist der spontane Zerfall des Atomkerns zu erwähnen. Dieser Zerfall ist im Einzelnen nicht voraussagbar. Doch lässt sich eine Zerfallswahrscheinlichkeit angeben, wobei gewisse Atomkerne auf verschiedene Art mit jeweils unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten zerfallen können. Im Übrigen lassen sich eine Vielzahl verschiedenster Zerfälle unterscheiden, so der Alphazerfall, bei dem der Atomkern einen Heliumkern abspaltet, die Betazerfälle, wenn bei einem Zerfall z.B. Elektronen beteiligt sind und schliesslich der Gammazerfall, der kein eigentlicher Kernzerfall ist, sondern bei dem Photonen vom Atomkern abgestrahlt werden.

d) Die klassische Physik beschreibt den Makrokosmos. In der klassischen Physik kann im Rahmen der Kausalität grundsätzlich jede Veränderung jede andere Veränderung beeinflussen, wobei davon ausgegangen wird, dass Determinismus herrscht.

Die klassische Physik ist nun aber nicht in der Lage, alle Veränderungen auf unserem Planeten als Ganzes zu beschreiben. Vielmehr beschränkt sich die klassische Physik auf einzelne Veränderungen; deren Verknüpfung ist jedoch nur beschränkt berechenbar und damit voraussagbar. So lassen sich mit der klassischen Physik nicht alle Veränderungen voraussagen, die sich in unserem Gehirn abspielen. Die Voraussagen scheitern nicht nur an der Komplexität, sondern auch am Umstand, dass bei höherer Komplexität der Strukturen sogenannte emergente Eigenschaften auftreten, die sich mit der klassischen Physik nicht aus den Bestandteilen der Strukturen errechnen und damit voraussagen lassen. Die entsprechenden Wissenschaften, die diese Eigenschaften beschreiben wie die Chemie, die Biologie und die anthropozentrischen Wissenschaften verfügen aber mit zunehmender Komplexität der Strukturen und dem Auftreten neuer Eigenschaften über immer weniger Möglichkeiten, die Entwicklung im einzelnen vorauszusagen.

Allerdings sind trotzdem gewisse Voraussagen möglich, vor allem bei kurzen Kausalketten. So kann die Medizin recht genau voraussagen, unter welchen Bedingungen ein Mensch stirbt.

Im Zusammenhang mit den Möglichkeiten zur Voraussage sind chaotische Strukturen interessant. Selbst geringe Änderungen der Anfangsbedingungen führen nach einer gewissen Zeit zu grossen Unterschieden bei den Veränderungen. Dieses Phänomen wird auch als Schmetterlingseffekt bezeichnet, wonach das Flattern eines Schmetterlings unter Umständen zu einer weltweiten Änderung des Wetters führen kann, weil just sein Flattern entscheidende Grenzwerte zum Kippen bringen kann. Oft ist es auch unmöglich, die Anfangsbedingungen mit der nötigen Genauigkeit zu messen, um die Veränderungen der Strukturen für eine gewisse Zeit zu berechnen.

e) In vielem ist ungeklärt, inwiefern quantenmechanische Effekte auf die klassische Physik Einfluss nehmen. Einige Überlegungen seien dazu aufgeführt.

Aufgrund des sogenannten Korrespondenzprinzips entsprechen die Eigenschaften von Quantensystemen im Grenzwert hoher Quantenzahlen mit hoher Genauigkeit den Gesetzen der klassischen Physik. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Dekohärenzeffekt. Unter Kohärenz versteht man die Phasenbeziehung zwischen den Einzelzuständen von Quanten. Diese Phasenbeziehung ist für die Interferenz verantwortlich, wie sie sich beim Doppelspaltexperiment zeigt. Durch den Kontakt mit der Umgebung geht die Phasenbeziehung und damit die Interferenz verloren, was die Quanteneffekte zum Verschwinden bringt. Die Dekohärenzzeit lässt sich berechnen. Sie beträgt für ein freies Elektron  $10^{-12}$  Sekunden, für ein Staubteilchen  $10^{-13}$  Sekunden und bei grösseren Strukturen wie einer Bowlingkugel  $10^{-26}$  Sekunden, dies bei normalen irdischen Bedingungen (300 K, Normaldruck). Spätestens nach Ablauf dieser Dekohärenzzeit werden bestimmte makroskopische Zustände eingenommen, was als Superselektion bezeichnet wird, wobei wiederum die Umgebung die Selektion der Zustände beeinflusst.

In diesem Zusammenhang wird die Meinung vertreten, dass die klassische Physik lediglich eine Näherung darstellt, während die Quantenmechanik vollkommen korrekt ist. Dem widerspricht die Idee der Emergenz, wonach auf komplexerer Stufe der Evolution neue Eigenschaften auftreten. Die Emergenz dient zur Charakterisierung von Systemeigenschaften, die sich nicht auf die eine oder andere Weise auf die Eigenschaften der Systembestandteile zurückführen lassen oder die unvorhersagbar sind oder die gar einen abwärts gerichteten Einfluss auf die Systemkomponenten ausüben. Diese Grundfragen der Emergenz werden in der Wissenschaft kontrovers diskutiert.

f) Fraglich ist schliesslich, ob sogenannte Singularitäten deterministisch sind. Derartige Singularitäten werden für den Beginn des heutigen Universums (Urknall), für dessen mögliches Ende im Falle der Kontraktion (Kollaps), aber auch für die mit grosser Wahrscheinlichkeit heute existierenden sogenannten Schwarzen Löcher postuliert. Sie könnten dazu führen, dass in ihnen jeweils die Gesetzmässigkeiten für die Entwicklung neu festgelegt würden, ohne dass vorausbestimmt ist, wie diese Gesetzmässigkeiten aussehen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Frage, ob es nichtdeterministische Ereignisse, Zufälle, gibt, die sich durch keinerlei Wahrscheinlichkeiten beschreiben lassen. Die Existenz derartiger Zufallsereignisse hätte vielleicht Albert Einstein von seinem berühmten Satz abgebracht: „Gott würfeln nicht!“.

g) Im Rahmen der grundsätzlichen Schranken unserer Erkenntnisfähigkeit und damit insbesondere auch unserer Fähigkeit zur Voraussage lässt sich folgendes festhalten:

- Alle Veränderungen in der Realität gelten als kausal.
- Die Veränderungen sind im Rahmen der klassischen Physik deterministisch. Im Rahmen der Quantenmechanik sind die Zustände der Quanten und deren Veränderungen nur mittels Wahrscheinlichkeiten beschreibbar.
- Die Zusammenhänge zwischen klassischer Physik und Quantenmechanik sind noch nicht geklärt; dementsprechend ist in Vielem noch offen, inwiefern die quantenmechanischen Wahrscheinlichkeiten für den Determinismus der klassischen Physik von Bedeutung sind.
- Unsere Fähigkeit zur Voraussage ist insbesondere für komplexe Strukturen beschränkt.

### **3. Organisationswahrheit**

a) Die Modellwahrheit erlaubt zwar sehr genaue Berechnungen und damit Voraussagen auf der Ebene der Quanten. Doch sind bei komplexeren Strukturen derart viele Quanten beteiligt, dass sich eine Berechnung rasch als unmöglich erweist. Zudem ist unklar, inwieweit sich die Quanteneffekte auf den Makrokosmos der klassischen Physik auswirken. Die klassische Physik behilft sich damit, für komplexere Strukturen Modelle wie „Brechungsindex“ einzuführen. Damit lassen sich die Veränderungen zumindest näherungsweise berechnen, hinter denen sich unzählige Einzelvorgänge verbergen. Im Resultat hat die klassische Physik zahlreiche derartige Modelle entwickelt, die es erlauben, zumindest näherungsweise die Veränderungen zu berechnen. Doch beschreibt die klassische Physik lediglich einzelne Modelle; deren Verknüpfung ist jedoch nur beschränkt berechenbar und damit voraussagbar.

Je komplexer die Strukturen und deren Verknüpfungen werden, umso schwieriger werden die entsprechenden Experimente und Berechnungen. Dies gilt in zunehmender Masse für Wissenschaften wie die Chemie, die Biologie und vor allem die anthropozentrischen Wissenschaften. Gerade letztere müssen sich mit der komplexesten bekannten Struktur beschäftigen, dem menschlichen Gehirn. Dabei fallen zwei Dinge auf: Einmal führt die Einteilung der Wissenschaften in kleine und Kleinstdisziplinen dazu, dass Zusammenhänge überbewertet werden, die sich aus dem Tätigkeitsgebiet der jeweiligen Disziplinen direkt ergeben. So vermuten Ökonomen vorwiegend wirtschaftliche Zusammenhänge, Biologen biologische Zusammenhänge und Psychologen psychologische Zusammenhänge. Und derartige Zusammenhänge werden umso höher bewertet, je näher die entspre-

chenden Ereignisse räumlich und zeitlich zusammenliegen. Die Quantenwelt aber kümmert sich um diese Schranken der einzelnen Wissenschaften überhaupt nicht. Zudem sind gerade den anthropozentrischen Wissenschaftlern die geschilderten Grundlagen von Kausalität und Determinismus zu wenig klar. Dies zeigt sich u. a. an den Ideen über den freien Willen.

b) Aus grundsätzlichen Überlegungen wird davon ausgegangen, dass die im Rahmen der Modellwahrheit dargelegten Überlegungen zu Kausalität und Determinismus auch für komplexe Strukturen und deren Verknüpfungen gelten. So bestehen die komplexen Strukturen wie Atome, Moleküle oder Lebewesen aus Quanten des Standardmodells der Elementarteilchen. Und die Veränderungen der komplexen Strukturen und deren Verknüpfungen werden durch die Kräfte dieses Standardmodells bewirkt, wobei dazu auch die Gravitation zählen soll. Es sind keine Eigenschaften der komplexen Strukturen oder deren Verknüpfungen bekannt, die dem entgegenstehen. Weder die unvorstellbare Zahl der bei komplexen Strukturen beteiligten Quanten noch das Auftreten einer zentralen Steuerung wie die DNA und Zentralnervensysteme führen zu einem anderen Ergebnis. Doch werden bei Zunahme der Komplexität der Strukturen und deren Verknüpfungen die Schwierigkeiten für Voraussagen so gross, dass Voraussagen wie bei der Modellwahrheit nicht möglich sind. Deshalb fehlt ein empirischer Beweis für die Richtigkeit obiger Überlegungen und deshalb wurden für derartige Voraussagen neue Methoden wie die Statistik entwickelt. Dies gilt insbesondere im Rahmen der Organisationswahrheit.

c) Unsere politischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Organisationen müssen angemessen geführt werden. Gerade auf der oberen Ebene der Organisationen stellen sich eine Vielzahl von Fragen, deren Antworten sich nicht auf Modellwahrheiten stützen können, da es aus praktischen Gründen gar nicht möglich ist, alles durch entsprechende Experimente zu falsifizieren. Vielmehr gilt es, zeitgerechte Entscheide zu fällen, wobei die Optimierung von Emotionen und vordergründigen Interessen im Vordergrund stehen kann. Dies geschieht durch die Organisationswahrheit, die danach fragt, welche Annahmen für eine Organisation wahr sind. Und eine Organisation muss auch Annahmen zu Voraussagen treffen.

Soweit sich Organisationen nicht auf die im Rahmen der Modellwahrheit beschriebenen Methoden zur Voraussage stützen können, wurden neue Methoden entwickelt. Dabei steigen die Schwierigkeiten zur Voraussage tendenziell, je länger die Kausalketten werden. Und die Schwierigkeiten zur Voraussage steigen, sobald nicht nur Veränderungen der toten Materie, sondern auch das Verhalten von Lebewesen vorauszusagen ist. Noch schwieriger sind Voraussagen tendenziell, wenn das Verhalten von Menschen vorauszusagen ist, eine Folge der Komplexität unseres Gehirns, aber auch unserer Organisationen und damit des Zusammenwirkens vieler Menschen. Am schwierigsten sind tendenziell Voraussagen, wenn das Zusammenwirken von Menschen mit anderen Lebewesen und der toten Materie über längere Kausalketten vorausgesagt werden muss. Ein derartiges Problem ist die Voraussage von Klimaänderungen.

d) Voraussagen über Veränderungen komplexer Strukturen wie das Klima bedürfen besonderer Methoden. Eine mögliche Methode soll anhand des Berichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Klimaänderung 2007, Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger in der deutschen Übersetzung von ProClim dargestellt werden.

- In einem ersten Schritt ist festzulegen, was, mit welcher Methode und von wem vorausgesagt werden soll.

Für die Klimaänderung heisst es dazu im Bericht „Klimaänderung 2007“, S. IV: „Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) wurde gemeinsam von der Welt-Meteorologie-Organisation (WMO) und dem Umwelt-Programm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet mit der Aufgabe, eine verbindliche internationale Erklärung zum wissenschaftlichen Verständnis der Klimaänderung zu verfassen. Die periodischen Sachstandsberichte des IPCC zu den Ursachen und Auswirkungen sowie von möglichen Reaktionsstrategien auf die Klimaänderung sind die umfassendsten und aktuellsten verfügbaren Berichte zu diesem Thema. Sie bilden weltweit die Standardreferenz für alle mit der Klimaänderung beschäftigten Hochschulen, Regierungen und Industrien. In drei Arbeitsgruppen beurteilen viele Hunderte von Experten die Klimaänderung in diesem Vierten Sachstandsbericht. Der IPCC führt keine neue Forschung durch, sondern erarbeitet politisch relevante Beurteilungen der existierenden weltweiten Literatur zu den wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Aspekten der Klimaänderung.“ Insofern beschränkt sich der Bericht „Klimaänderung 2007“ nicht auf Voraussagen – wozu regelmässig eine Ursachenanalyse gehört – sondern beleuchtet Massnahmen und legt die Verbindlichkeit des Berichtes fest, was im Rahmen der Organisationswahrheit zweckmässig ist.

- In einem zweiten Schritt sind ein oder mehrere Metamodelle zu entwickeln, die die entsprechenden Voraussagen ermöglichen, wobei soweit möglich Modellwahrheiten verwendet werden sollten.

Für die Klimaänderung ist dies z. B. die Energiebilanz des Klimasystems. Die Änderungen der Klimabilanz werden in Form des Strahlungsantriebs (Watt pro  $m^2$ ) ausgedrückt, womit die wärmenden und kühlenden Einflüsse einer Anzahl von menschlichen und natürlichen Antrieben auf das globale Klima bilanziert werden. Derartige Antriebe sind unter anderem die atmosphärische Konzentration der Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas, von Aerosolen wie Sulfat, organischem Kohlenstoff, Russ, Nitrat und Staub, die Sonneneinstrahlung, die Ozonkonzentration und die Beschaffenheit der Landoberfläche. (Bericht „Klimaänderung 2007“, S. 2 ff.)

- In einem dritten Schritt sind im Rahmen des jeweiligen Metamodells diejenigen Teilmodelle zu entwickeln, die die Berechnungen des Metamodells ermöglichen, mit anschliessender Berechnung des Metamodells, am besten gestützt auf experimentell gewonnene Daten. Auch dabei sind soweit möglich Modellwahrheiten zu verwenden. Zudem sind die Wechselwirkungen der Teilmodelle untereinander optimal zu verknüpfen.

Dies bedeutet für die Energiebilanz des Klimas resp. den Strahlungsantrieb eine Quantifizierung der einzelnen Antriebe. So wird z. B. für das Kohlendioxid ein globaler Strahlungsantrieb im Jahr 2005 von 1,66 Watt pro  $m^2$  geschätzt, mit einer Bandbreite von 1,49 bis 1,83 Watt pro  $m^2$ , wobei Wahrscheinlichkeiten in die Schätzungen einfließen. Der sogenannte „Grad des wissenschaftlichen Verständnisses“, wird für diese Schätzungen auf einer fünfstufigen Skala mit dem Höchstwert „hoch“ eingestuft. Bei diesem „Grad des wissenschaftlichen Verständnisses“ des Strahlungsantriebs des Kohlendioxids handelt es sich um eine „subjektive Einschätzung der Anhaltspunkte zu den physikalisch-chemischen Mechanismen, die den Antrieb bestimmen und zum Konsens bezüglich der quantitativen Abschätzung und deren Unsicherheiten.“ Auf dieser methodischen Grundlage wird der gesamte anthropogene Anteil des Strahlungsantriebs im Jahr 2005 auf 1,6 Watt pro  $m^2$  mit einer Bandbreite von 0,6 bis 2,4 Watt pro  $m^2$  geschätzt. Dieser Wert sei mit „sehr hohem Vertrauen“ anzunehmen. Das heisst, diese Aussage sei in 9 von 10 Fällen richtig. Zu den Wechselwirkungen der Teilmodelle wird unter anderem ausgeführt: „Eine Erwärmung führt tendenziell zu einer Verringerung der Aufnahme atmosphärischen Kohlendioxids durch Land und Ozeane, wodurch der Anteil der in der Atmosphäre verbliebenen anthropogenen Emissionen erhöht wird.“ (Bericht „Klimaänderung 2007“, S. 3 f., 14 und 76)

- In einem vierten Schritt sind die Berechnungen des Metamodells anhand von aktuellen und historischen Daten zu überprüfen, wobei die Daten wiederum soweit möglich experimentell zu erheben sind.

Der Bericht „Klimaänderung 2007“, S. 5, führt aufgrund der entsprechenden Daten unter anderem was folgt aus: „Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, wie dies nun aufgrund der Beobachtungen des Anstiegs der mittleren globalen Luft- und Meerestemperaturen, des ausgedehnten Abschmelzens von Schnee und Eis und des Anstiegs des mittleren globalen Meeresspiegels offensichtlich ist.“ Auch die paläoklimatische Perspektive stützt die Berechnungen des Metamodells: „Paläoklimatische Informationen stützen die Interpretation, dass die Wärme des letzten halben Jahrhunderts für mindestens die letzten 1'300 Jahre ungewöhnlich ist. Das letzte Mal, als die Polargebiete für längere Zeit signifikant wärmer waren als heute (vor etwa 125'000 Jahren), führten die Rückgänge der polaren Eismassen zu einem Meeresspiegelanstieg von 4 bis 6 m.“ (Bericht „Klimaänderung 2007“, S. 9)

- In einem fünften Schritt sind die Berechnungen des Metamodells und die relevanten Daten im Hinblick auf die Tauglichkeit des Metamodells für Voraussagen zu analysieren.

Dazu sagt der Bericht „Klimaänderung 2007“, S. 12: „Die Analyse von Klimamodellen kombiniert mit Randbedingungen aus den Beobachtungen ermöglicht zum ersten Mal die Angabe einer geschätzten wahrscheinlichen Bandbreite der Klimasensitivität und verschafft ein höheres Vertrauen in das Verständnis der Reaktionen des Klimasystems und den Strahlungsantrieb.“

- In einem sechsten Schritt sind, gestützt auf Metamodell und Daten, Voraussagen zu machen. Dabei ist auch das zukünftige Verhalten des Menschen zu berücksichtigen. Da dieses Verhalten schwer vorausgesagt werden kann, sind mögliche Varianten dieses Verhaltens in Form verschiedener Szenarien zu erfassen.

In den Szenarien des Berichts „Klimaänderung 2007“, S. 12 ff., werden z. B. ein unterschiedliches Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum oder die Einführung neuer und effizienterer Technologien berücksichtigt. Unterschiede ergeben sich auch aus dem Grad der Globalisierung. Für die verschiedenen Szenarien wird aufgrund von Simulationen entsprechender Modelle und mit zusätzlichen Informationen aufgrund von Beobachtungen die Wahrscheinlichkeit von vielen Aspekten der zukünftigen Klimaänderung abgeschätzt. Die besten geschätzten Änderungen der mittleren globalen Erwärmung der Erdoberfläche am Ende des 21. Jahrhunderts liegt für das optimistischste Szenario bei 1,8° Celsius mit einer Bandbreite von 1,1° Celsius bis 2,9° Celsius, für das pessimistischste Szenario bei 4° Celsius mit einer Bandbreite von 2,4° Celsius bis 6,4° Celsius. Im Bericht „Klimaänderung 2007“, S. 19 ff. und S. 41 ff., werden aufgrund dieser Voraussagen weitere Voraussagen gemacht und Massnahmen beleuchtet.

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Vorgehen:

- In einem ersten Schritt ist festzulegen, was, mit welcher Methode und von wem vorausgesagt werden soll.
  - In einem zweiten Schritt sind ein oder mehrere Metamodelle zu entwickeln, die die entsprechenden Voraussagen ermöglichen, wobei soweit möglich Modellwahrheiten verwendet werden sollten.
  - In einem dritten Schritt sind im Rahmen des jeweiligen Metamodells diejenigen Teilmodelle zu entwickeln, die die Berechnungen des Metamodells ermöglichen, mit anschliessender Berechnung des Metamodells, am besten gestützt auf experimentell gewonnene Daten. Auch dabei sind soweit möglich Modellwahrheiten zu verwenden. Zudem sind die Wechselwirkungen der Teilmodelle untereinander optimal zu verknüpfen.
  - In einem vierten Schritt sind die Berechnungen des Metamodells anhand von aktuellen und historischen Daten zu überprüfen, wobei die Daten wiederum soweit möglich experimentell zu erheben sind.
  - In einem fünften Schritt sind die Berechnungen des Metamodells und die relevanten Daten im Hinblick auf die Tauglichkeit des Metamodells für Voraussagen zu analysieren.
  - In einem sechsten Schritt sind, gestützt auf Metamodell und Daten, Voraussagen zu machen. Dabei ist auch das zukünftige Verhalten des Menschen zu berücksichtigen. Da dieses Verhalten schwer vorausgesagt werden kann, sind mögliche Varianten dieses Verhaltens in Form verschiedener Szenarien zu erfassen.
- e) Die dargestellte Methode zur Voraussage der Veränderung von komplexen Strukturen, unter Einbezug des Verhaltens von Lebewesen, insbesondere des Menschen, ist ausreichend abstrakt, um mit den allenfalls nötigen Anpassungen

universell anwendbar zu sein. Allerdings ist die Methode aufwendig und benötigt ausreichend Zeit. Und einzelne technische Prognoseverfahren wie statistische Verfahren oder die sogenannte Regressionsrechnung, die Analyse der Zusammenhänge verschiedener Daten, wurden nicht dargestellt.

Wesentlich ist aber, dass im Rahmen der Organisationswahrheit Voraussagen unsicher sind, so dass Determinismus zumindest nicht nachweisbar ist. Die Unsicherheit der Voraussagen muss ebenso kommuniziert werden wie der Umstand, dass im Rahmen der Organisationswahrheit zeitgerecht entschieden werden muss, trotz allen Unsicherheiten.

Die Unsicherheiten machen Voraussagen im Zusammenhang mit der Organisationswahrheit besonders anfällig für Lügen verschiedenen Grades. So können Expertengremien als Fanclubs ihrer Ideen mehr oder weniger unbewusst Voraussagen in eine bestimmte Richtung lenken. Oder aber politische und religiöse Organisationen machen bewusst falsche Voraussagen, um ihre Interessen durchzusetzen. Dazu sei auf meinen erwähnten Aufsatz „[Wann ist etwas wahr?](#)“ verwiesen, der sich unter Ziffer 11. ausführlicher mit der Lüge auseinandersetzt.

f) Wie zur Modellwahrheit beschrieben, besagt die Idee der Emergenz, dass auf komplexerer Stufe der Evolution neue Eigenschaften auftreten. Nach der hier vertretenen Idee unterscheiden sich Lebewesen von der toten Materie durch das Auftreten einer zentralen Steuerung der Strukturen und Prozesse. Die Struktur eines Lebewesens ist durch einen zentralen Bauplan wesentlich bestimmt. Dies geschieht durch ein komplexes Molekül, die DNA, und dessen Abschnitte, die Gene. Bei höheren Lebewesen besteht zudem eine zentrale Steuerung der Prozesse durch ein zentrales Nervensystem, bei uns Menschen insbesondere in Form eines Gehirns. Zentraler Bauplan und zentrale Prozesssteuerung sind den anderen Strukturen der Lebewesen in gewisser Weise übergeordnet und bestimmen wesentlich Struktur und Lebensprozesse. Allerdings ist diese „Planwirtschaft des Lebens“ keine Reinform; die dezentralen Strukturen beeinflussen die zentralen Strukturen der Lebewesen ebenfalls; die zentralen Strukturen bestehen ihrerseits aus den dezentralen Strukturen. Die zentrale Steuerung ist also keinesfalls eine strenge Hierarchie; vielmehr besteht ein höchst komplexes Zusammenspiel einer Vielfalt von Strukturen. Ausführlicher dazu habe ich in meinem Buch „Partnerschaft und Familie“ Stellung genommen ([www.aubonsens.ch/partnerschaft.pdf](http://www.aubonsens.ch/partnerschaft.pdf)).

Diese zentrale Steuerung durch die DNA und das zentrale Nervensystem hat nun offensichtlich die Eigenschaft, andere Strukturen „top down“ zu beeinflussen. Deshalb erlaubt die ständig verbesserte Analyse der DNA immer mehr Voraussagen über die Strukturen und die Prozesse der entsprechenden Lebewesen. Je mehr wir das zentrale Nervensystem kennen, umso besser können wir die Prozesse eines Lebewesens voraussagen. Im Resultat vereinfachen die Kenntnisse über die zentrale Steuerung Voraussagen. Insbesondere beim menschlichen Gehirn kommt eine entscheidende emergente Eigenschaft dazu, nämlich die Fähigkeit, Ziele zu setzen und zu verfolgen.

Die Fähigkeit, Ziele zu setzen und zu verfolgen, bedeutet nicht, dass deshalb der Mensch über einen freien Willen verfügt. Wie erwähnt, wird aus grundsätzlichen Überlegungen davon ausgegangen, dass die im Rahmen der Modellwahrheit dargelegten Überlegungen zu Kausalität und Determinismus auch für Lebewesen und deren zentrale Steuerung gelten. Diese Fähigkeit zur Zielsetzung und ihrer Verfolgung entspringt der Evolution unseres Stirnhirns. Damit ist der Mensch für Veränderungen nicht allein in die passive Rolle des Voraussagers verwiesen. Vielmehr können Veränderungen gezielt erfolgen. Damit können die Unsicherheiten bei Voraussagen zumindest teilweise ausgeglichen werden. Durch die Schaffung von Organisationen, insbesondere von Staaten, lassen sich Ziele auch im grösseren Massstab verfolgen. Allerdings sollten Ziele so gesetzt werden, dass sie erreichbar sind – was wiederum eine Frage der Voraussage ist. Und es sollten bei der Umsetzung der Ziele Reserven gebildet werden, da nicht alles voraussehbar ist.

#### **4. Spekulationswahrheit**

a) Die Spekulationswahrheit schliesslich löst sich vollständig von der Modellwahrheit und macht Aussagen, die sich experimentell zumindest zurzeit auch nicht in Teilen überprüfen lassen. Es geht darum, Hypothesen aufzustellen, wo aktuell keine Modellwahrheit und auch keine Organisationswahrheit zur Verfügung steht. Wie bei der Organisationswahrheit kann es darum gehen, zeitgerechte Entscheide zu fällen.

Derartige Spekulationen sind namentlich die religiösen Antworten auf die Frage nach Gott oder dem Weiterleben nach dem Tod. Oder es lässt sich darüber spekulieren, ob überhaupt eine Realität existiert.

b) Im Rahmen der Spekulationswahrheit müssen Veränderungen vorausgesagt werden, bei denen man sich weder auf die im Rahmen der Modellwahrheit, noch auf die im Rahmen der Organisationswahrheit beschriebenen Methoden zur Voraussage stützen kann. So kann oft die Zeit fehlen, um Modelle zu entwickeln, die Voraussagen ermöglichen. Um trotzdem Voraussagen im Rahmen der Spekulationswahrheit machen zu können, empfehlen sich spezifische Methoden.

So können sich Voraussagen im Rahmen der Spekulationswahrheit auf die Intuition stützen. Dabei ist es von Vorteil, wenn mögliche Varianten erkannt werden, wie sich die Veränderungen abspielen könnten. Je besser das Grundwissen auf dem entsprechenden Gebiet ist, umso mehr Varianten können erkannt werden, aus denen dann die Intuition auswählen kann. Doch besteht gerade bei intuitiven Voraussagen die Gefahr, dass jüngere und besondere Ereignisse überbewertet werden und dass Wunschvorstellungen die Voraussagen beeinflussen. Deshalb ist es wichtig, einen grösstmöglichen Überblick zu haben, wie ihn ein Studium generale bietet. Weitere Umstände können die Intuition befruchten. Dazu gehört eine Persönlichkeit, die offen für Neues ist, Mut besitzt und Interesse an grundlegenden Fragestellungen hat. Weiter gehört dazu eine entsprechende Lebensführung, die Zeit zum Nachdenken bietet und gleichzeitig so anregend ist, dass neue

Ideen entstehen können. Schliesslich hilft ein Umfeld, das neue Ideen zumindest nicht unterdrückt. Albert Einsteins Persönlichkeit und seine Zeit am Patentamt in Bern dürften viele dieser Voraussetzungen erfüllt haben.

Eine andere Methode für spekulative Voraussagen ist die Befragung von Experten, da deren Grundwissen besonders hoch sein kann.

c) Spekulative Voraussagen sind weit verbreitet. Dies betrifft Voraussagen, die sowohl von Organisationen als auch von einzelnen Menschen gemacht werden müssen. Die Voraussagen sind entsprechend unsicher, so dass Determinismus zumindest nicht nachweisbar ist. Es ist nicht erstaunlich, dass angesichts dieser Unsicherheiten Zuflucht zu Methoden wie die Astrologie und die Wahrsagerei genommen wird, die meist Positives voraussagen. Und die Lüge ist aufgrund der Unsicherheiten spekulativer Voraussagen weit verbreitet.

d) Spekulative Voraussagen sind umso besser, je grösser ihre Chancen sind, sie in Voraussagen im Rahmen der Organisations- oder gar der Modellwahrheit überführen zu können.

e) Und wiederum ermöglicht unsere Fähigkeit, Ziele zu setzen und zu verfolgen, nicht einfach spekulativ voraussagen zu müssen. Vielmehr können wir die Veränderungen gezielt verfolgen, was angesichts der grossen Unsicherheiten der spekulativen Voraussagen von grossem Wert ist.

## 5. Persönliche Wahrheit

a) Die persönliche Wahrheit fragt danach, welche Annahmen für den einzelnen Menschen wahr sind. Mit der persönlichen Wahrheit wählt der einzelne Mensch aus den anderen Wahrheitskategorien seine Wahrheit aus. Dabei kann er sich auf ererbte und erworbene Erfahrungen stützen. Da diese Auswahl letztlich durch unser Gehirn erfolgt, stellt sich die Frage nach der Funktion des Gehirns. Dazu sei auf meinen bereits erwähnten Aufsatz „Wann ist etwas wahr?“ verwiesen, der sich in Ziffer 6. mit dieser Thematik auseinandersetzt. Dabei wird insbesondere die führende Rolle unserer Gefühle für unsere Entscheidungen betont und geschildert, was wir angesichts der kleinen Kapazität unseres Arbeitsgedächtnisses tun müssen, um unsere Entscheidungen zu verbessern. Wesentlich ist schliesslich, dass erst die persönliche Wahrheit den Zugang zu den anderen Wahrheitskategorien eröffnet. Es ist immer die Wahrheit des einzelnen Menschen, bedingt durch sein Dasein, welche die Grundlage für die anderen Wahrheitskategorien bildet. Und damit sind es auch immer die Voraussagen des einzelnen Menschen, welche die Grundlage für die Voraussagen im Rahmen der anderen Wahrheitskategorien bilden.

b) Die Möglichkeiten des einzelnen Menschen vorauszusagen, sind höchst unterschiedlich. So sind die Methoden der Voraussage der Modell- und Organisationswahrheit nur den wenigsten Menschen direkt zugänglich. Und diese wenigen Menschen können die entsprechenden Methoden auch nur auf einzelne Voraussagen direkt anwenden. Im Resultat ist der einzelne Mensch von den Voraussagen Weniger abhängig – falls er von diesen Voraussagen überhaupt Kenntnis hat.

Aus all diesen Gründen beruhen viele Voraussagen des einzelnen Menschen auf Spekulationen, gestützt auf die Intuition. Die andere Möglichkeit besteht darin, den Voraussagen Dritter, insbesondere auch von Organisationen, zu vertrauen. Dies begünstigt wiederum die Lüge.

c) Angesichts dieser Situation lässt sich Determinismus im Rahmen der persönlichen Wahrheit zumindest nicht nachweisen. Aus Angst vor der unsicheren Zukunft kann man sich fatalistisch dem Schicksal ergeben: Es ist alles vorausbestimmt, es gibt nur eine Möglichkeit der Veränderungen. Oder aber die unsichere Zukunft erweckt den Eindruck, dass es mehrere Möglichkeiten der Veränderungen gibt. So können diese beiden Vorstellungen entweder zur Annahme eines unfreien oder eines freien Willens führen. Beides lässt sich auf der Ebene der Modellwahrheit nicht nachweisen.

## 6. Begriffswahrheit

a) Die Begriffswahrheit fragt schliesslich danach, wann ein Begriff, also die Definition eines Ausdrucks, wahr ist. Dies ist gleichbedeutend mit der Frage, wie der Begriff eines Ausdrucks definiert werden soll.

In meinem erwähnten Aufsatz „Wann ist etwas wahr?“ habe ich unter Ziffer 2. zur Begriffswahrheit Stellung genommen. In diesem Aufsatz zu Kausalität und Determinismus werden verschiedene Begriffe verwendet. Im Folgenden werden einige wichtige Begriffe auf der Grundlage dieses Aufsatzes definiert und es werden allfällige Erklärungen dazu abgegeben.

b) Das Universum ist ein Wechselspiel zwischen Stabilität und Veränderung. Aufgrund dieser Veränderungen lässt sich ein Vorher und ein Nachher unterscheiden. Der Massstab für die Geschwindigkeit dieser Veränderungen wird als *Zeit* bezeichnet.

c) Treten neue Strukturen auf respektive verändern sie ihre Positionen in Raum und Zeit, sind dies *Veränderungen*.

d) *Strukturen* sind sowohl physischer als auch geistiger Natur, wobei die geistigen Strukturen aufgrund der physischen Strukturen insbesondere unseres Gehirns entstehen.

e) *Kausal* sind in der Physik Veränderungen, wenn kein Ereignis in der Zukunft einen Einfluss auf ein Ereignis in der Vergangenheit hat. Danach sind alle Ereignisse in der Realität kausal.

Dieser Begriff wird als Grundlage im gesamten Aufsatz verwendet, da das physikalische Standardmodell der Elementarteilchen unter Einbezug der Gravitation die Grundlage der Kausalität verkörpert. Emergente Eigenschaften, die dem entgegenstehen, sind nicht bekannt.

f) *Deterministisch* werden Veränderungen der Strukturen genannt, wenn es für diese Veränderungen nur eine Möglichkeit gibt; gibt es mehrere Möglichkeiten, werden diese Veränderungen als *Zufälle* bezeichnet.

Auch diese physikalischen Begriffe werden aus den zum Kausalitätsbegriff erwähnten Gründen im gesamten Aufsatz verwendet.

g) *Voraussagen* versuchen das Nachher, also das Auftreten neuer Strukturen re-spektive deren räumliche und zeitliche Veränderungen, vorauszusagen. Können wir diese Veränderungen eindeutig voraussagen, ist für uns Menschen Determinismus nachgewiesen.

h) *Modelle* sind durch unser Gehirn produzierte Vorstellungen der Realität. Modelle ermöglichen Voraussagen.

i) *Experimente*, worunter auch die Beobachtung und die Messung verstanden werden soll, überprüfen mittels der Erfahrung, die wiederholbar ist, die Modelle auf ihre Übereinstimmung mit der Realität.

## 7. Zur Rechtsprechung des schweizerischen Bundesgerichts

a) Am Beispiel der Rechtsprechung des schweizerischen Bundesgerichts zur natürlichen und adäquaten Kausalität soll abschliessend gezeigt werden, welche Konsequenzen die Überlegungen dieses Aufsatzes für ein ausgewähltes Wissenschaftsgebiet und dessen Verständnis von Kausalität und Determinismus haben. Dieses Beispiel wurde nicht zuletzt auch deshalb ausgewählt, weil der Autor Jurist ist.

Die Darstellung erfolgt aufgrund von Bundesgerichtsentscheiden zum Strafrecht und zur sozialversicherungsrechtlichen und zivilrechtlichen Haftung. Dabei geht es um die Frage, ob ein Ereignis, in der Regel menschliches Verhalten, die Ursache für eine rechtlich relevante Wirkung wie die Verwirklichung eines strafrechtlichen Tatbestandes oder die Verursachung eines sozialversicherungsrechtlichen resp. zivilrechtlichen Schadens war.

b) Nach der Rechtsprechung des Bundesgerichts „ist ein (pflichtwidriges) Verhalten im natürlichen Sinne kausal, wenn es nicht weggedacht werden kann, ohne dass auch der eingetretene Erfolg entfiel; dieses Verhalten braucht nicht alleinige oder unmittelbare Ursache des Erfolgs zu sein. Mit dieser Bedingungsformel (*conditio sine qua non*) wird ein hypothetischer Kausalzusammenhang untersucht und dabei geprüft, was beim Weglassen bestimmter Tatsachen geschehen wäre. Ein solchermassen vermuteter natürlicher Kausalverlauf lässt sich nicht mit Gewissheit beweisen, weshalb es genügt, wenn das Verhalten des Täters mindestens mit einem hohen Grad der Wahrscheinlichkeit oder mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit die Ursache des Erfolgs bildete ...“ (Bundesgerichtsentscheid 125 IV 197) Gemäss dieser Definition der natürlichen Kausalität sind alle Bedingungen, die überhaupt zum Eintritt eines Erfolges beigetragen haben, gleichwertig, weshalb die Theorie der natürlichen Kausalität Bedingungs- oder Äquivalenztheorie heisst. Würde das Bundesgericht seine Definition der natürlichen Kausalität, insbesondere unter Berücksichtigung der „höheren Gewalt“, wörtlich nehmen, müsste es alle Ursachen bis zurück zum Urknall als mögliche Ursachen in Erwägung ziehen. Faktisch werden jedoch vom Bundesgericht nur solche Ursachen als natürlich kausal berücksichtigt, die in engem räumlichen und zeitli-

chen Zusammenhang mit dem entsprechenden Fall stehen. Dies ist angesichts der geltenden Rechtssetzung und des Standes der Wissenschaften zwar grundsätzlich sinnvoll. Doch sollte sich das Bundesgericht bemühen, die Kausalketten möglichst zu verlängern, da sonst viele Probleme lediglich verwaltet, aber nicht gelöst werden, weil die tieferen Ursachen der Probleme gar nicht erkannt werden. Und auch die Wissenschaften sollten versuchen, die Kausalketten zu verlängern, was sich wiederum in der Rechtssetzung niederschlagen muss. Dazu ist das Wissen eines Studium generale optimal (vgl. [www.aubonsens.ch/grundlagen.pdf](http://www.aubonsens.ch/grundlagen.pdf)).

Ein möglicher Einfluss der Quantenmechanik auf die natürliche Kausalität wird vom Bundesgericht nicht erwogen. Die Nichtberücksichtigung der Quantenmechanik ist sinnvoll. Der Einfluss der Quantenmechanik auf die klassische Physik ist zu unklar, um bei Gerichtsentscheiden berücksichtigt zu werden.

Ohne dass dies ausdrücklich gesagt wird, geht das Bundesgericht dementsprechend vom deterministischen Weltbild der klassischen Physik aus. Andererseits geht das Bundesgericht von der Existenz eines freien Willens (Bundesgerichtsentscheide 115 II 91 und 131 IV 120) und, entsprechend der Rechtssetzung, eines Verschuldens aus. Dies aber lässt sich mit einem deterministischen Weltbild nicht vereinbaren. Deshalb ist auf die Annahme eines freien Willens und damit eines Verschuldens zu verzichten. Diese Annahmen sind nicht nötig und führen zu einer nicht belegbaren Moralisierung des Rechts. Dazu sei auf meinen Aufsatz „Vom Strafrecht zum Durchsetzungsrecht“ verwiesen ([www.aubonsens.ch/strafrecht.pdf](http://www.aubonsens.ch/strafrecht.pdf)). Im Übrigen führt auch ein möglicher Einfluss der Quantenmechanik auf unser Gehirn nicht zwingend zur Annahme eines freien Willens.

c) Dass ein natürlicher Kausalzusammenhang zwischen Ereignis und „Erfolg“ vorliegt, ist jedoch nur eine Mindestanforderung, um eine rechtliche Wirkung auszulösen. Deshalb wurde ergänzend die Theorie der adäquaten Kausalität entwickelt. Die Theorie der adäquaten Kausalität „dient als Korrektiv zum naturwissenschaftlichen Ursachenbegriff, der unter Umständen der Einschränkung bedarf, um für die rechtliche Verantwortung tragbar zu sein.“ (Bundesgerichtsentscheid 123 III 112) Damit findet neben der Beschränkung auf den fachspezifischen räumlichen und zeitlichen Zusammenhang eine weitere Beschränkung der Kausalität statt.

Nach der Theorie der adäquaten Kausalität „hat ein Ereignis als adäquate Ursache eines Erfolges zu gelten, wenn es nach dem gewöhnlichen Lauf der Dinge und nach der allgemeinen Lebenserfahrung an sich geeignet ist, einen Erfolg von der Art des eingetretenen herbeizuführen, der Eintritt des Erfolges also durch das Ereignis allgemein als begünstigt erscheint.“ (Bundesgerichtsentscheid 123 III 112) Allerdings hat das Bundesgericht ausgeführt, dass auch ungewöhnliche Folgen einer Ursache noch als adäquat angesehen werden können. „Pour procéder à cette appréciation de la probabilité, le juge se met en règle générale à la place d'un 'tiers neutre'; cependant, pour permettre de déterminer le rôle de phénomènes naturels complexes, il sied de requérir l'avis d'experts. A cet égard, le Tribunal fédéral admet que la causalité adéquate peut aussi s'étendre à des 'conséquences extraordinaires', c'est-à-dire à des conséquences qui n'apparaissent

comme telles qu'aux yeux d'un profane, mais non pas à ceux de l'expert; il en va de même des conséquences 'rares'." (Bundesgerichtsentscheid 119 I b 345)

Weiter erfolgt im Rahmen der adäquaten Kausalität eine objektive rückblickende Prognose. „Le juge procède à un pronostic rétrospectif objectif: se plaçant au terme de la chaîne des causes, il lui appartient de remonter du dommage dont la réparation est demandée au chef de responsabilité invoqué et de déterminer si, dans le cours normal des choses et selon l'expérience générale de la vie humaine, une telle conséquence demeure dans le champ raisonnable des possibilités objectivement prévisibles.“ (Bundesgerichtsentscheid 119 I b 345) Diese objektive rückblickende Prognose führt allerdings dazu, dass kaum mehr eine Ursache inadäquat erscheint. Deshalb dürfen aus dieser objektiven rückblickenden Prognose keine zu weit reichenden Folgerungen für die subjektiven Voraussagemöglichkeiten gezogen werden.

Die zitierten Ausführungen des Bundesgerichts zur adäquaten Kausalität zeigen, dass sich das Bundesgericht einen möglichst grossen Beurteilungsspielraum offen halten will. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass das Bundesgericht die adäquate Kausalität als Werturteil im Einzelfall, unter Berücksichtigung der Normzwecke, qualifiziert. „Beim adäquaten Kausalzusammenhang im Sinne der genannten Umschreibung handelt es sich um eine Generalklausel, die im Einzelfall durch das Gericht gemäss Art. 4 ZGB nach Recht und Billigkeit konkretisiert werden muss. Die Beantwortung der Adäquanzfrage beruht somit auf einem Werturteil. Es muss entscheiden werden, ob eine unfallbedingte Störung billigerweise noch dem Schädiger oder Haftpflichtigen zugerechnet werden darf. Das Gericht hat dabei die gesamten Umstände des konkreten Einzelfalles, aber auch den Zweck einer Norm oder eines ganzen Normkomplexes, so z.B. im Bereich der Unfallversicherung auch deren Schutzzweck zu berücksichtigen. Die Auffassung der Beklagten, der Adäquanzbegriff müsse im Sozialversicherungs- und im Haftpflichtrecht gleich gehandhabt werden, ist zwar im Grundsatz einleuchtend, lässt aber ausser acht, dass es sich bei der Adäquanztheorie nicht um eine rein logische Kausalitätstheorie, sondern um eine wertende Zurechnungstheorie handelt.“ (Bundesgerichtsentscheid 123 III 112 f.) Zu diesen gesamten Umständen des Einzelfalles gehören bekanntermassen auch Fremdursachen wie höhere Gewalt sowie Selbst- und Drittverschulden. Ist schliesslich der adäquate Kausalverlauf ungewiss, wird auf die sogenannte hypothetische Kausalität in verschiedenen Varianten zurückgegriffen (vgl. Bundesgerichtsentscheid 115 II 443) Wenn die Kausalitätsfrage am Ende zu einem Werturteil im Einzelfall, unter Berücksichtigung der Normzwecke, führt, handelt es sich faktisch um einen politischen Entscheid mit sozialphilosophischer Komponente. Ein derartiger Entscheid muss sich in ein entsprechendes Staatsleitungssystem einfügen und insbesondere die Verwirklichung der Staatsziele fördern (vgl. [www.aubonsens.ch/staat.pdf](http://www.aubonsens.ch/staat.pdf)). Hilfreich sind dabei Berichte wie der zitierte Bericht zur Klimaänderung.

d) Im Resultat ist offensichtlich, dass das Bundesgericht Kausalität und Determinismus im Rahmen der Organisations- und wohl auch der Spekulationswahrheit abhandelt, was beim heutigen Stand des Wissens sinnvoll ist.

Die Analyse der bundesgerichtlichen Rechtsprechung zeigt einmal mehr, dass Kausalität und Determinismus einer holistischen Sicht bedürfen. Nur mit einer holistischen Sicht lässt sich die Länge der Kausalketten optimieren. Erst die holistische Sicht zeigt den Widerspruch zwischen einem deterministischen Weltbild einerseits und der Annahme eines freien Willens und damit eines individuellen Verschuldens andererseits. Und schliesslich zeigt sich die überragende Bedeutung von Zielen. Wird über die Kausalität faktisch politisch entschieden, so kommen nämlich den politischen Zielen für die Beurteilung der Kausalität entscheidende Bedeutung zu. Ziele wiederum bedürfen einer holistischen Sicht.

## **8. Dank**

Mein herzlicher Dank geht an Remigius Stalder, Basel, ohne dessen Hilfe ich diesen Aufsatz nicht hätte schreiben können. Ebenso herzlich danke ich Nico Baumgartner, Basel, Kurt Seelmann, Basel, und Ingrid Stalder, Basel, für ihre Hinweise.