

Propensity und Serendipity – zwei Leitideen steuern den glücklichen Zufall

1. Das Glück, das aus dem Zufall und aus der Zukunft kommt

Man kann glücklich sein bei dem, was man gerade tut, oder glücklich sein, weil man etwas getan oder erreicht hat. Auf dem Weg zum Glück, etwas getan oder erreicht zu haben, sind zwei Hindernisse zu überwinden, über die die Physik, bei der wir hier Anleihen machen wollen, eine Menge weiß: die *Zukunft* und der *Zufall*. Die Zukunft, weil das Streben nach Glück wie das nach Selbstverwirklichung sich auf Dinge bezieht, die in der Zukunft liegen. Der Zufall, weil fast jedes Glück mit Zufällen verbunden ist, ob man der glückliche Sieger eines Tennisturniers geworden ist oder durch ›reinen Zufall‹ einem Unfall entkommen ist und in diesem Sinne ›Glück gehabt‹ hat.

Um Glück und Zufall geht es hier, aber nicht um das Glück im Lotto oder bei ähnlichen Zufallsspielen, bei denen man am Eintritt des Zufalls nichts ändern kann. Vielmehr geht es um zwei Arten eines *beeinflussbaren* Zufallsgeschehens, bei denen sich Glück in seinen beiden Bedeutungen, im Sinne von Zufall und im Sinne von Freude, mehr oder minder herbeiführen lässt. Herbeigeführt werden soll dieses Glück mit Hilfe steuerbarer Wahrscheinlichkeiten, die so wichtig sind, dass sie einen eigenen Namen verdienen: *Propensities* und *Serendipities*. (Ich gebe den englische Ausdrücken den Vorzug vor den deutschen ›Propensitäten‹ und ›Serendipitäten‹.)

Darüber später mehr. Zunächst etwas Wichtiges über *Zukunft und Zufälle*. Dar-

über haben die Physiker seit nunmehr acht Jahrzehnten Erkenntnisse gewonnen, die revolutionär sind und die unser gesamtes Weltbild verändern könnten und auch verändern würden, wenn die Ergebnisse der Naturwissenschaften bei Intellektuellen noch die Aufmerksamkeit fänden wie zur Zeit des Kopernikus. Bei unserem Streben nach Glück und Selbstverwirklichung werden sie jedenfalls sehr hilfreich sein.

2. Glück, Zufall, Zukunft und Physik

Für Physiker sind Zufall und Zukunft fest miteinander verbunden: Alles, was überhaupt geschehen kann, kann nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit geschehen. »Die wahre Logik dieser Welt liegt in der Wahrscheinlichkeitsrechnung« schrieb bereits James Clerk Maxwell¹, der große Physiker des 19. Jahrhunderts. Aber erst im 20. Jahrhundert wurde diese Weltdeutung um eine neue Interpretation der Wahrscheinlichkeit und um neue Berechnungsmethoden bereichert: durch Werner Heisenbergs Quantenmechanik², Erwin Schrödingers Wellenmechanik³ und Richard Feynmans ›Quantenelektrodynamik‹⁴. Letztere beschreibt nicht weniger als »alle Phänomene der physikalischen Welt mit Ausnahme der Wirkung der Gravitation... sowie der radioaktiven Erscheinungen...«⁵.

Eine Welt voller Wahrscheinlichkeiten? Das war nicht immer so. Jahrtausende lang hatte man geglaubt, alles Geschehen sei vorbestimmt oder ›determiniert‹. Und im Alltagsdenken haben wir uns noch nicht ganz von diesen Vorstellungen befreit. Die Mikrowelt der Elementarteilchen, deren

ganz indeterministisches Verhalten von Wissenschaftlern der ›Quantenmechanik‹ und ›Quantenelektrodynamik‹ aufgeklärt worden ist, scheint uns wenig anzugehen. In unserer größer dimensionierten Welt scheinen Wahrscheinlichkeiten eine Nebenrolle zu spielen; und die Hauptrolle scheint der strengen Kausalität zuzufallen: Ursachen haben voraussagbare Wirkungen und für jede Wirkung lassen sich nachträglich die Ursachen finden, wenigstens prinzipiell. Denken Sie an Uhren, Autos und Computer, aber auch an Unfälle, Krankheiten und Kriminalfälle.

Uhren zum Beispiel sind sehr genau vorhersagbar, und ihr Räderwerk oder ihr elektronisches Schaltwerk läuft in der Zukunft ganz so wie es in der Vergangenheit gelaufen ist. Ihre Zukunft ist fast gänzlich durch ihre Vergangenheit festgelegt, ›determiniert‹. Rückwärts gesehen scheint alles nach Art der Uhren abgelaufen zu sein. Jeder noch so unwahrscheinliche Prozess wie der des herabfallenden Blumentopfes, der den Vorübergehenden zufällig am Kopf trifft, scheint streng kausal erklärbar zu sein, wenn es meist auch sehr schwierig sein mag, die einzelnen Kausaläden, die sich da überkreuzt haben, zu entwirren.

Die revolutionären Wahrscheinlichkeitsphysiker des letzten Jahrhunderts versichern uns aber, dass, genau besehen, Prozesse mit hundert Prozent Wahrscheinlichkeit oder fast hundert Prozent immer nur dann zu beobachten sind, wenn bei dem Geschehen unvorstellbar große Mengen von Atomen oder Molekülen beteiligt sind, die ein statistisch stabiles Verhalten bewirken, für das sich exakte Gesetze formulieren lassen⁶. Für die *Bausteine* unserer Welt, die Atome, Moleküle und übrigen Elementarteilchen, gilt jedoch seit

1927 der Satz: Alles, was überhaupt geschehen kann, kann nur mit Wahrscheinlichkeit geschehen. Wir kommen auf das Datum 1927 noch zu sprechen.

Was wir von der Quantenphysik lernen können, ist: Die Vergangenheit von Elementarteilchen mag noch so exakt erforscht sein, aus ihr folgt keine exakte Zukunft, sondern nur eine große Anzahl von Möglichkeiten, die jeweils unterschiedliche Wahrscheinlichkeit haben, realisiert zu werden⁷. Eine einzige wird tatsächlich realisiert, die *rückwärts* gesehen dann die Wahrscheinlichkeit Eins gehabt zu haben scheint und damit rein kausales Geschehen vortäuscht.⁸

Dieses Rückwärtsblicken ist der Grund für den Eindruck, die existierende Welt sei völlig kausal. Wenn wir die Geschichte physikalischer Dinge betrachten, ist alles wohlgeordnet, eines folgt kausal aus dem anderen. Wahrscheinlichkeiten kommen nicht vor beziehungsweise scheint alles, was geschehen ist, die Wahrscheinlichkeit Eins gehabt zu haben. Wenn die Vergangenheit so wohlgeordnet kausal ist, warum sollte der Übergang in die Gegenwart es nicht sein, wo er doch nichts weiter ist als das letzte Glied vieler ineinander verwundener kausaler Ketten, die aus der Vergangenheit in die Gegenwart führen?

Nein, vorwärts blickend, sagt die Physik, sieht die Welt ganz anders aus. Von der Gegenwart in die Zukunft geschaut ist die Welt voller Wahrscheinlichkeiten zwischen Null und Eins. Und wenn wir fragen ›Was wird geschehen?‹, dann ist es nicht nur die Vergangenheit, die zur Gegenwart der Elementarteilchen wird, sondern dann sind es auch deren zukünftige Möglichkeiten, die in die Gegenwart hineinwirken. Denn alle diese Möglichkeiten haben eine bestimmte, real vorhandene Wahrscheinlich-

keit, und diese sind der Grund dafür, dass eine von ihnen realisiert wird. Meistens wird die Möglichkeit mit der größten Wahrscheinlichkeit realisiert. Nicht selten wird aber auch die mit einer kleineren Wahrscheinlichkeit verwirklicht. Die Zukunft wirkt auf die Gegenwart: Das ist neu und nicht ganz selbstverständlich.⁹

Das für uns Interessante daran ist: Das gilt auch in einigen menschengemachten Welten. Die Zukunft wirkt auf die Gegenwart. Es gibt eine weitgehende Strukturgleichheit der Wahrscheinlichkeitsverhältnisse bei Elementarteilchen und bei Menschen. Auch in der Geschichte der Menschen, in ihren sozialen Beziehungen und in ihrem individuellen Leben, auch in solchen Systemen, in denen Lebenspläne, ›Glück‹ und ›Selbstverwirklichung‹ realisiert werden sollen, ist die Zukunft anderer Natur als die Vergangenheit. Sie ist voller Wahrscheinlichkeiten, die, wie wir sehen werden, genauso real sind wie die physikalischen Wahrscheinlichkeiten, die das Verhalten der Elementarteilchen steuern. Dass sie ganz anders berechnet werden, ändert an dieser Tatsache nichts. Für alle vergangenen Ereignisse sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten stets Eins, denn sie sind ja bereits eingetreten. Dagegen hatte nicht jedes Glied in der Kette schon im Voraus die Wahrscheinlichkeit Eins. Denken Sie wieder an Unfälle, Krankheiten oder Kriminalfälle.

Die Zukunft ist ›offen‹, das heißt, sie ist nur teilweise durch die Vergangenheit festgelegt, ›determiniert‹ und sie ist voller Möglichkeiten, deren Realisierung von Wahrscheinlichkeiten mit Werten zwischen Null und Eins abhängt, die wir vergrößern oder verkleinern können¹⁰. Da wir einen Teil dieser Möglichkeiten voraussehen und dafür sorgen können, dass deren Eintritts-

wahrscheinlichkeiten, da wo wir es wünschen, vergrößert werden, gilt für uns Menschen noch stärker als für Elementarteilchen, dass die Zukunft auf die Gegenwart wirkt.

Im Widerspruch zu diesem physikalisch geprägten Weltbild glauben viele Menschen, dass die Kausalketten der Vergangenheit sich in die Zukunft fortsetzen. Zumindest glauben sie, dass die Gegenwart so etwas wie das Endprodukt der bisherigen Vergangenheit ist, sozusagen das letzte Glied einer Kausalkette oder mehrerer verschlungener Kausalketten. Sie denken, dass allein die Vergangenheit die Zukunft hervorbringe. Sie fühlen sich selbst gewissermaßen aus der Vergangenheit in die Zukunft geschoben. Sie sehen nicht, dass es zugleich auch die Zukunft ist, die sie in die Gegenwart hineinzieht. Sie sehen nicht, dass die Wahrscheinlichkeiten der verschiedenen Zukunftsmöglichkeiten eine ebenso *objektive Realität* haben, wie das bei Elementarteilchen der Fall ist¹¹.

Folglich sehen sie auch nicht, dass es ihnen freisteht, unter den vielen Möglichkeiten diejenige mit der größten geistigen Anziehungskraft zu wählen und ihr die größte *physikalische* ›Anziehungskraft‹ zu verleihen. Diese Anziehungskraft ist mehr als eine Metapher. Sie entspricht, wie wir sehen werden, etwas real Vorhandenem. Real vorhandene Wahrscheinlichkeiten kann man im physikalischen Sinne vergrößern, wenn man ihre physikalischen Eintrittsbedingungen entsprechend verändert. Wir können sozusagen, wo wir wollen, die ›Würfel‹ präparieren, damit die für uns günstige Augenzahl eine größere Realisierungswahrscheinlichkeit bekommt. So können wir die von uns bevorzugten Zukunftsmöglichkeiten mit größerer Wahrscheinlichkeit Gegenwart werden lassen.

Für unsere Lebensweise, unser Glück, unsere Selbstverwirklichung ist es wichtig, dass wir aufhören zu glauben, eine bestimmte, im Geiste vorgestellte Zukunft werde ›vielleicht‹ eintreten und sei nur deshalb ›wahrscheinlich‹ zu nennen, *weil wir nicht wissen*, wie sie sein wird. An die freiwerdende Stelle könnte als Leitidee treten, dass unsere Zukunftsmöglichkeiten von real vorhandenen Wahrscheinlichkeiten abhängen, die wir beeinflussen können. Darum geht es hier.

3. *Propensities und Serendipities*

Zunächst sind zwei fundamental verschiedene Wahrscheinlichkeiten zu unterscheiden: zum einen die *subjektiven* Wahrscheinlichkeiten in unserem Kopf, zum andern die *objektiven* Wahrscheinlichkeiten in der physischen Welt.¹² Sie sind leicht erklärt.

Die Wahrscheinlichkeit, auf dem Mars Spuren von Leben zu finden, ist weder Null noch Eins. Sie liegt irgendwo dazwischen. Je mehr wir über den Mars wissen, desto wahrscheinlicher oder unwahrscheinlicher wird dieser Wert, je nach dem, wie die Ergebnisse entsprechender Forschungsmissionen ausfallen. Weil sie sich auf unser *Wissen* bezieht, wird diese Wahrscheinlichkeit *subjektiv* genannt. Der Wert dieser Wahrscheinlichkeit hängt nicht von den physischen Umständen auf dem Mars ab. Sie kann nicht durch Manipulationen auf dem Mars, sagen wir, auf 5% gebracht werden; denn Spuren von Leben sind entweder da oder nicht da.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ich einmal Diabetes bekomme, hat ebenfalls einen Wert zwischen Null und Eins. Doch sie hat einen ganz anderen Charakter als die Wahrscheinlichkeit für Lebensspuren auf dem Mars. Ich kann sie durch sportliche

Betätigung verkleinern und durch Bewegungsfaulheit vergrößern. Ich kann sie physisch *beeinflussen*, und umgekehrt kann die verkleinerte Wahrscheinlichkeit mein Leben beeinflussen, weil ich etwas mehr vor Diabetes geschützt bin. Dass die Wahrscheinlichkeit, Diabetes zu bekommen, durch Bewegungsarmut vergrößert wird, ist eine *objektive* Tatsache, nämlich das Ergebnis wissenschaftlicher Forschung. Will ich diese Wahrscheinlichkeit bei mir verkleinern, sagen wir auf 5%, hat das, anders als im vorigen Fall, nichts mit meinem Wissen zu tun, sondern mit meiner Lebensweise, also mit Sport und Ernährung.

Im Folgenden interessieren uns die objektiven, beeinflussbaren Wahrscheinlichkeiten.

Auch sie zerfallen in zwei Gruppen. Zum einen gibt es die von Karl Popper ›*Propensity*‹ genannte Realisierungswahrscheinlichkeit für bestimmte Ziele, die wir klar vor Augen haben¹³. Zum anderen um die in Anlehnung an Robert Merton ›*Serendipity*‹ genannte Realisierungswahrscheinlichkeit für Dinge, von denen wir nichts wissen, außer, dass sie unserem Leben eine neue fruchtbare Wendung geben können¹⁴.

Im Hinblick auf menschliches Glück sorgen beeinflussbare Propensities dafür, konkrete Ziele zu erreichen, die uns, wie wir hoffen, glücklich machen werden¹⁵. Beeinflussbare Serendipities sorgen dafür, dass wir Glück dort finden werden, wo wir uns auf etwas völlig Neues, Unbekanntes eingelassen haben.

Allerdings gibt es einige Hindernisse zu überwinden. Noch wird unser Denken allzu sehr von der Vorstellung beherrscht, dass *alle* Wahrscheinlichkeiten subjektiver Natur seien. Bis in die zwanziger Jah-

re des 20. Jahrhunderts glaubten selbst die besten Naturwissenschaftler, dass hinter allen zufälligen Erscheinungen determinierte Vorgänge steckten.¹⁶

Wären Wahrscheinlichkeitsaussagen über die Zukunft tatsächlich nur eine Folge unseres begrenzten Wissens, also *subjektiver* Natur, und nur Vermutungen über das, was mit oder ohne unser Zutun in jedem Fall geschehen muss, so könnten wir sie nicht beeinflussen. Es gäbe gar keine objektiven Wahrscheinlichkeiten, sondern nur Vermutungen, die mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit richtig oder falsch wären. Die Propensities und Serendipities genannten Realisierungswahrscheinlichkeiten für bestimmte in der Zukunft liegende Ziele und Entdeckungen könnten nicht vergrößert werden, sie wären Phantome. Unsere Suche nach Glück und Selbstverwirklichung wäre in einer im Voraus festgelegten Welt eine Illusion. Niemand wäre ›seines Glückes Schmied‹.

4. Die falsche Leitidee ›Determinismus‹

In unserer heute oft etwas chaotischen Welt glaubt kaum jemand noch, dass alle Dinge vorbestimmt seien. Dennoch ist der Determinismus nicht überwunden, solange die neue Leitidee einer ›Welt voller beeinflussbarer Wahrscheinlichkeiten‹ noch nicht genügend fest verankert ist. Es gibt eine Reihe von Gründen, warum das nicht der Fall ist, Gründe, die uns hindern, uns in einer nicht-determinierten Welt einzurichten.

Der Hauptgrund ist wohl, dass die Idee des Indeterminismus noch keine hundert Jahre alt ist, während der Determinismus seit Jahrtausenden tief in unserem Denken, in unserer Sprache und unserer Kultur verwurzelt ist. Determinismus bestimmte das Weltbild des Alltagsmenschen und

des Wissenschaftlers seit undenklichen Zeiten. Der Glaube an ein ›Schicksal‹, an Schicksalsmächte, an Götter, die das Geschehen auf Erden lenken, ist deterministischer Natur. Und auch jeder Glaube, dass die Zukunft bereits im Ganzen oder teilweise feststünde, dass sie nur für uns Menschen *unerkennbar* sei, ist deterministischer Natur¹⁷. Auch der von einigen Milliarden Menschen geteilte Glaube an einen *allwissenden* Gott, der alles Kommende im Voraus kennt, für den die Zukunft also schon entschieden ist, bedeutet die Verinnerlichung des deterministischen Weltbildes. Kein Wunder, dass selbst die Physiker der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts Schwierigkeiten hatten, ihre eigene Idee des Indeterminismus zu verstehen.

Hinzu kommt, dass echter Zufall per se schwer vorstellbar ist¹⁸. Ein Uranatom kann in der nächsten Sekunde zerfallen oder erst nach Milliarden von Jahren. Da läuft kein Prozess ab, der zum Zerfall führt. Für den genauen Zeitpunkt des Zerfalls gibt es einfach keine Ursache. Infolge unserer angeborenen Ursache-Wirkung-Kategorien¹⁹ fällt es uns schwer aufzuhören, nach versteckten Mechanismen zu suchen. Bis in die 50er Jahre des 20. Jh. fiel das sogar Einstein noch schwer²⁰.

Warum können wir uns echten Zufall so schwer vorstellen, fragt Erwin Schrödinger 1922: »Woher stammt nun der allgemein verbreitete Glaube an die absolute, kausale Determiniertheit des molekularen Geschehens und die Überzeugung von der *Undenkbarkeit* des Gegenteils? ...die uns ein undeterminiertes Geschehen, einen absoluten, *primären* Zufall als einen vollkommenen Nonsens, als *logisch* unsinnig erscheinen lässt.« Schrödingers Vermutung ist: »Aus der Jahrhunderte, Jahrtausende langen Beobachtung gerade *derje-*

nigen natürlichen Gesetzmäßigkeiten, von denen wir heute mit Sicherheit wissen, dass sie nicht – jedenfalls nicht unmittelbar – *kausale*, sondern *unmittelbar statistische* Gesetzmäßigkeiten sind.«²¹

Schrödinger denkt vor allem an die Wärmelehre, die Ausdehnung von Gasen, wenn sie erhitzt werden, die Erhöhung des Drucks, wenn man die Ausdehnung verhindert und viele andere äußerst exakte Gesetze. Diese Gesetze beruhen auf dem statistischen Verhalten einer unvorstellbar großen Anzahl von Molekülen. Die Anzahl liegt im Bereich von 10^{23} .

Es gibt noch einen zweiten wichtigen Grund, warum wir das deterministische Weltbild nur halb aufgeben und die Idee einer ›Welt voller beeinflussbarer Wahrscheinlichkeiten‹ nicht verinnerlichen. Der liegt darin, dass es bei Vermutungen über die Zukunft auf den ersten Blick hin einerlei zu sein scheint, ob wir nicht *wissen*, wie die Zukunft aussieht, oder ob sie zur Zeit noch nicht feststeht.

Ein dritter Grund dafür, dass echter Zufall so schwer vorstellbar ist, hängt damit zusammen, dass viele Zukunftsdinge ja tatsächlich schon feststehen. Unsere Vermutungen sind nur deshalb unsicher und wir greifen nur deshalb zu Wahrscheinlichkeitsaussagen, weil wir nicht *wissen*, was bereits feststeht. Ob wir auf dem Mars einmal Fossilien von Lebewesen finden werden, ist für *uns* eine Möglichkeit, die in Wirklichkeit bereits feststeht und die *nur für uns* eine gewisse Wahrscheinlichkeit hat, die sich vergrößert, je mehr Indizien wir finden. Aber wir wissen das Ergebnis noch nicht. Das sind Möglichkeiten, die wir *nicht* beeinflussen können. In dieser Weise enthält die Zukunft viele Dinge, die bereits heute feststehen. Wir unterscheiden offenbar nicht genügend zwi-

schen diesen beiden fundamental verschiedenen Arten von Zukunft. Trotz dieser Denkgewohnheiten ist die Beweislage gegen den Determinismus erdrückend.

5. 1927 Ende und Wende

Abgesehen von einigen wenigen Vordenkern²² erkannte man den durchgängigen Zufallscharakter der Welt erst 1927. Das ist das Jahr, in dem Werner Heisenberg seine Unbestimmtheitsrelation veröffentlichte²³. Sie besagt, dass der Bewegungszustand (Impuls) und Aufenthaltsort eines beliebigen physikalischen Körpers, etwa eines Elementarteilchens, nur in unserer Vorstellung exakte Werte haben kann, aber niemals in der Wirklichkeit.

Der Determinismus hingegen hatte behauptet, dass diese Werte beliebig exakt seien, ob man sie messen könne oder nicht. Nur wenn sie beliebig exakt messbar wären, hätte Pierre-Simon Laplace, der bedeutendste Vertreter des Determinismus, Recht haben können: Wer die genauen Anfangsbedingungen der Welt kennt, kann jeden zukünftigen Weltzustand berechnen²⁴. Das ist, wie wir seit 1927 wissen, nicht der Fall. Der Determinismus war mit Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation schlagartig widerlegt.

Unabhängig davon zeigte seit 1929 die ›Quantenelektrodynamik‹, dass das Verhalten der Elementarteilchen, aus denen unsere Welt besteht, von den *zukünftigen* Möglichkeiten abhängt, die ihnen offen stehen, also z.B. von den vielen möglichen Wegen, den das Licht nehmen *könnte*. Diesen Möglichkeiten sind Wahrscheinlichkeiten zugeordnet, aus denen sich Wahrscheinlichkeitsaussagen über das tatsächliche Verhalten der Teilchen berechnen lassen.²⁵

Im Resultat kann das Verhalten der Teilchen sehr determiniert aussehen. Zum Bei-

spiel überlagern sich beim Licht, das auf einen Spiegel fällt, so viele Möglichkeiten, dass *im Resultat* ein Lichtstrahl sehr exakt auf eine bestimmte Stelle des Spiegels zu fallen scheint, um an dieser Stelle sehr exakt reflektiert zu werden. Man kann aber leicht zeigen, dass an dem Reflexionsvorgang *alle möglichen Wege* zum und vom Spiegel beteiligt sind und dass keineswegs nur die Stelle beteiligt ist, von der wir *glauben*, dass der Lichtstrahl an ihr reflektiert worden sei.²⁶

Es gibt leicht nachvollziehbare empirische Beweise dafür, dass jedes einzelne Lichtquant tatsächlich alle seine verschiedenen wahrscheinlichen Möglichkeiten ›auslotet‹ und den Weg nimmt, den wir als den der größten Wahrscheinlichkeit berechnen können. Dieses ›Ausloten‹ ist natürlich kein physikalischer Vorgang: Sobald eine bestimmte räumliche Anordnung vorliegt, liegen ohne Zeitverzögerung die Wahrscheinlichkeiten aller möglichen Wege fest. Das ist die Grundstruktur der Teilchenwelt. Aber gilt sie auch für unsere Welt? Davon darf man ausgehen, selbst wenn die quantenmechanischen Berechnungsmethoden versagen, sobald es sich um größere Objekte handelt. Die Berechnungsmethoden sind dort vollkommen anders, und im sozialen Bereich gibt es fast keine. Das ändert aber nichts daran, dass es eine weitgehende Strukturgleichheit der Teilchenwelt und der sozialen Welt des Menschen gibt: die resultierenden Wahrscheinlichkeiten, die das wirkliche Verhalten steuern, hängen von verschiedenen wahrscheinlichen Möglichkeiten ab. Sie sind reale Größen.

Zu dieser Strukturgleichheit gehört auch, dass die Wahrscheinlichkeiten zukünftiger Möglichkeiten auf die Gegenwart wirken. In der Mikrowelt: Der Weg eines Licht-

quants, den es z.B. in einer bestimmten Spiegelanordnung²⁷ gehen *wird* (Zukunft!), hängt von den verschiedenen wahrscheinlichen Möglichkeiten ab, die hinter den Spiegeln bestehen, bevor es ›losläuft‹. In unserer Welt: Die Zukunft eines Künstlers hängt von den verschiedenen möglichen Produkten ab, die er herstellen *wird*, und die eine verschieden starke faszinierende Wirkung auf sein Publikum haben werden. Die Realisierungswahrscheinlichkeiten zukünftiger Möglichkeiten des Lichtquants kann man verkleinern oder Null werden lassen; die des Künstlers auch. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeiten, die den verschiedenen Möglichkeiten zugeordnet sind, sich verändern lassen, bevor noch eine dieser Möglichkeiten realisiert worden ist. Die veränderten Zukunftsmöglichkeiten wirken auf die Gegenwart ein und verändern sie.

Die Quantenphysik liefert damit eine neue Weltdeutung: Die Vergangenheit kann man genau rekonstruieren, die Zukunft nicht, sondern nur mit Wahrscheinlichkeit vorhersagen. Die Zukunft ist indeterministisch. Was überhaupt geschieht, geschieht *wahrscheinlich*. Die Zukunft wirkt auf die Gegenwart²⁸.

Sehr wichtig ist: Die genannten Wahrscheinlichkeiten beziehen sich nicht nur auf Mengen von Teilchen, sondern auch auf *einzelne* Teilchen. Deren Zukunftsmöglichkeiten sind es, die mit realen Wahrscheinlichkeiten verknüpft sind. Letztere sind *real*, weil sie nachprüfbar auf die Wirklichkeit wirken und weil wir auf sie wirken können. Das ist das Kriterium für ›real sein‹ oder ›wirklich vorhanden sein‹²⁹, von dem wir noch öfter Gebrauch machen werden.

Realisierungswahrscheinlichkeiten oder ›Propensities‹ können vergrößert oder

verkleinert werden. Die Gegenwart ist nur zum Teil das Produkt der Vergangenheit. Sie ist also nicht völlig in der Vergangenheit enthalten und folglich ist die Welt dank vieler noch nicht realisierter Möglichkeiten mit realen Wahrscheinlichkeiten eine *neue* und *kreative* Welt³⁰. Die Zukunft wirkt auf die Gegenwart durch ›Anziehung‹, wenn wir damit die Wahrscheinlichkeit der Möglichkeiten meinen, die wir vergrößern wollen und vergrößern können.

6. Die Erblast des Determinismus

Trotz des großen Erfolges dieser Theorien innerhalb der Physik und ihrer Anwendungstechnik konnte sich die Weltauffassung des Indeterminismus bisher nur wenig durchsetzen und hatte deshalb kaum Konsequenzen für das Alltagsleben. Dafür gibt es, wie oben gesagt, mehrere Gründe. Einer war, dass echter Zufall schwer zu verstehen ist. Darum ist das Jahrtausende alte, ganz und gar falsche Weltbild noch nicht restlos verschwunden. Es lebt weiter als eine schwere Erblast, die unser Denken und Handeln im täglichen Leben einschränkt, wo es frei und kreativ sein könnte. Zwar ist der reine Determinismus weitgehend verschwunden; zwar glaubt kaum jemand noch, dass die gesamte Zukunft vorherbestimmt sei und das eigene ›Schicksal‹ im Voraus exakt feststünde; doch sind einige Restüberzeugungen aus dem früheren Determinismus bis heute wirksam geblieben. Erst wenn auch sie noch überwunden werden können, tun sich neue Wege auf, die unsere Freiheit im Sinne von mehr Handlungsmöglichkeiten vergrößern und die unsere Suche nach Glück und Selbstverwirklichung erfolgreicher machen werden. Bei dieser Erblast handelt es sich um den weitverbreiteten Glauben, dass wir nur

deshalb sagen ›das und das wird *wahrscheinlich* geschehen‹, weil wir *nicht wissen*, was geschehen wird. Wie selbstverständlich gehen wir davon aus, dass, wie bei der Frage früheren Lebens auf dem Mars, schon feststeht, was der Fall ist. Wenn der Würfel einmal rollt, denken wir, werden ihn die Gesetze der Physik beherrschen und er muss am Ende eine bestimmte Zahl zeigen. Hätten wir genügend Kenntnisse, denken wir, könnten wir den ganzen Prozess lückenlos beschreiben. Da wir sie nicht haben, bleibt uns nur, statistische Aussagen zu machen.

Aus dieser Sicht konnte *wahrscheinliches Wissen* nur bedeuteten, dass wir *subjektiv* nicht genau sagen können, wie die Zukunft aussehen wird. Sogar etliche große Physiker haben noch viele Jahrzehnte nach dem Auftauchen des neuen Weltbildes in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts an dieser ›subjektiven Wahrscheinlichkeitsauffassung‹ festgehalten³¹.

Warum ist der Unterschied so wichtig? Warum ist eine *objektive* Wahrscheinlichkeitsauffassung etwas völlig anderes als eine *subjektive*?³² Weil eine Welt voller *objektiver* Wahrscheinlichkeiten nichts mit unserem Wissen oder Nichtwissen zu tun hat. *Objektive Wahrscheinlichkeiten* kann man willkürlich vergrößern oder verkleinern; subjektive ändern nichts in der Welt, sondern nur etwas in unserem Kopf.

Dieser Unterschied ist hier sehr wichtig, und er ist auch sehr wichtig für unser Leben. Denn erst dann ist unser Denken und Handeln wirklich frei und kreativ, wenn es von diesem Erbe des Determinismus befreit ist. Frei und kreativ ist es, wenn an die Stelle einer Zukunft, die ebenso unabänderlich gesehen wurde wie die Vergangenheit, eine andere Zukunft tritt: eine Zukunft voller Möglichkeiten, unter denen

wir auswählen können und denen wir helfen können, Realität zu werden.

Die neue Leitidee, die den Determinismus ablöst, ist: Wir werden nicht nur von der Vergangenheit in die Gegenwart geschoben; wir werden auch von der Zukunft gezogen. Und deren ›Anziehungskraft‹ können wir vergrößern.

Doch der Rest des deterministischen Denkens in uns protestiert. Noch ist der Glauben allzu fest verankert, dass, so wie die Gegenwart aus der Vergangenheit hervorgegangen ist, auch die Zukunft aus der Gegenwart hervorgehen müsse und niemals das Umgekehrte der Fall sein könne, dass die Gegenwart aus der Zukunft hervorgehe.

Hier scheiden sich die Geister. Viele, auch die, die glauben, keine Deterministen zu sein, werden an dieser Stelle die Gefolgschaft verweigern und bestreiten, dass die Zukunft Einfluss auf die Gegenwart hat. Die alte Denkgewohnheit ist tief eingegraben, und nichts könnte deutlicher zeigen, wie wenig sich das ›neue‹ Weltbild – neu seit achtzig Jahren! – bisher durchsetzen konnte.

Dennoch ist es so: Die Elementarteilchen ›wissen‹ im Voraus, ob wir ihnen eine Möglichkeit genommen oder neu eröffnet haben, und reagieren darauf. Dasselbe tun viele Menschen faktisch, wenn sie ihren bevorzugten Zukunftsmöglichkeiten mehr Realisierungschancen geben. Nur der kosmologische Zusammenhang, die universelle Strukturgleichheit, hat sich als neue *Leitidee* noch nicht durchgesetzt: die Verinnerlichung der Idee, dass die Zukunft auf die Gegenwart wirkt und dass sie kreativ ist, weil völlig Neues, in der Vergangenheit noch nicht Enthaltenes, Wirklichkeit werden kann.

Bevor ich zu Argumenten aus unserer Alltagswelt übergehe, möchte ich meinen Gedanken fortsetzen und auf den Zusammenhang des neuen, indeterministischen Weltbildes mit Glück und Selbstverwirklichung aufmerksam machen. Dadurch hoffe ich, die mehr an lebensnahen Dingen interessierten Leser dafür zu gewinnen, sich auch auf die lebensfern scheinenden Ergebnisse von Quantenmechanikern einzulassen.

Der Zusammenhang ist unübersehbar, sobald man das neue Weltbild probenhalber als gültig akzeptiert: Dann sind wir als Individuen zwar immer noch das Produkt unserer *Vergangenheit*, dann können z.B. Psychologen und Psychiater noch weiterhin Dinge aus unserer Kindheit zutage fördern, die schiefgelaufenen sind und unserem ganzen Leben den falschen Dreh gegeben haben, aber die Vergangenheit und die Gegenwart sind nun nicht mehr alles, was gestaltend auf unsere Persönlichkeit wirkt.

Wenn es stimmt, dass die Zukunft auf die Gegenwart wirken kann, wenn wir ihre offenen Möglichkeiten erkennen und dafür sorgen können, dass eine gewünschte dieser Möglichkeiten eine erhöhte Verwirklichungswahrscheinlichkeit bekommt, dann bedeutet Selbstverwirklichung nicht mehr nur, das freizusetzen, was in uns steckt, sondern auch das, was *nicht* in uns steckt, was noch als Möglichkeit in der Zukunft liegt, aber schon als Wahrscheinlichkeit Realität besitzt, Wirklichkeit werden zu lassen. Die unveränderliche Vergangenheit schiebt uns in die Gegenwart; die kreative Zukunft zieht uns hinein.

7. Das Grundproblem der Zufallstheorie und seine Lösung

Die Erblast des Determinismus hindert uns, den Indeterminismus zu verinnerli-

chen. Ein weiter Grund mag auch darin liegen, dass die Quantenmechanik allzu weit von unserem Alltagsdenken entfernt ist. Daher folgt jetzt eine auf unsere gewöhnliche Lebenswelt zurückgreifende Erklärung dafür, warum der Determinismus unhaltbar ist und die Zukunft in *realen* ›Propensities‹ auf uns zu kommt.

Wohin die Roulettekugel rollt, wie der Würfel beim Würfelspiel fällt, wissen wir nicht. Das einzelne Ergebnis des Zufallsprozesses lässt sich nicht berechnen, sonst wäre Zufall nicht das, was wir Zufall nennen. Zufall wird oft als Gegensatz zum Gesetzmäßigen gesehen.

Und doch folgt zufälliges Geschehen exakten Gesetzen. Dass das so ist, zeigt sich, wenn wir die Vorhersagen *statistisch* nachprüfen. Bei einem sehr regelmäßigen Spielwürfel wird die Sechs stets mit einer Wahrscheinlichkeit von ziemlich genau $1/6$ auftreten, wenn wir genügend viele Würfe machen. Nach 25 Würfeln ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 99% die Sechs erschienen. Zwei Sechsen hintereinander beobachten wir in 2.78% der Fälle. Für drei Sechsen ist die Wahrscheinlichkeit 0.463%, für vier Sechsen 0.0772%. Der Reihe nach die Eins, Zwei, Drei, Vier, Fünf, Sechs tritt in 0.0021434% der Fälle auf. Bei zwei Würfeln ist die Wahrscheinlichkeit einer Sieben $1/6$. Es gibt unzählige solcher Gesetzmäßigkeiten. Sie werden alle experimentell bestätigt, wenn die Versuchsreihen genügend lang sind.

Wie erklärt der Determinist diese Gesetzmäßigkeiten des Würfels? Er muss dazu annehmen, dass in jedem Würfel ein Mechanismus eingebaut ist, der die Würfe mitzählt und nach jeweils ungefähr sechs Würfeln immer mal wieder die Sechs kommen lässt, nach rund 36 Würfeln zweimal die Sechs hintereinander und nach jeweils

rund 216 Würfeln dreimal die Eins hintereinander. Nach im Durchschnitt ungefähr 1300 Würfeln sollte immer die Sechs vier Mal hintereinander auftauchen. Und in dieser Weise müsste dafür gesorgt werden, dass Millionen und Abermillionen Gesetzmäßigkeiten auftreten, die beliebig exakt sind, wenn wir sehr viele Würfe untersuchen.

Ist eine solche geheime Rechenmaschine im Würfel eingebaut, die die Würfe mitzählt und ›weiß‹, dass sie nicht beliebige Zahlenreihen produzieren darf, sondern nur solche, die die exakten Gesetzmäßigkeiten erfüllen? – Keineswegs. Der Würfel enthält nichts dergleichen. Einem Deterministen bliebe zur Erklärung nichts anderes übrig, als eine zufällige Anfangsverteilung zu behaupten, um die zufällige Endverteilung erklären zu können. Das darf er natürlich nicht, denn dann ist sie keine deterministische Erklärung mehr. Der Determinist kann das Verhalten des Würfels nicht erklären.

Wie lassen sich die vielen Regelmäßigkeiten nun aber *erklären*? Und zwar so, dass es sich um eine echte Erklärung handelt, also eine Ableitung aus einem höheren Gesetz? Das wird seit fast achtzig Jahren das *Grundproblem der Zufallstheorie*³³ genannt, und es tritt natürlich nicht nur beim Würfeln auf.

Die Lösung des Grundproblems der Zufallstheorie stammt von Karl Popper: Die *Ursache* des ziemlich exakten gesetzmäßigen Verhaltens des Würfels liegt in der Neigung oder ›Propensity‹ des Würfels, beim nächsten Wurf z.B. eine Sechs zu werfen (wenn dieser Fall erklärt werden soll).³⁴ Und diese Propensity kann man aus der Symmetrie des Würfels berechnen: Jede der sechs Seiten des Würfels hat eine gleichwahrscheinliche Möglichkeit, nach dem Wurf nach oben zu zei-

gen. Zusammen müssen die sechs Wahrscheinlichkeiten Eins ergeben; denn eine der sechs Zahlen wird oben liegen. Damit erhält man für jede Seite des Würfels die Wahrscheinlichkeit $1/6$.

Der Wert dieser Wahrscheinlichkeit ist kein überraschendes Ergebnis. Das Überraschende und Revolutionäre ist die neue Interpretation dieser Wahrscheinlichkeiten als *Erklärung* des physikalischen Verhaltens. Sie ist zwar einfach, aber alles andere als trivial: Die Wahrscheinlichkeit, beim Würfeln eine Sechs zu zeigen, ist eine *physikalische Realität*, etwas, was wirklich in der Welt vorhanden ist. Sie ist nicht etwa nur eine Rechenvorschrift.

Um diese realen physikalischen Wahrscheinlichkeiten von solchen Wahrscheinlichkeiten zu unterscheiden, die nur in unserem Kopf existieren und unser unzureichendes Wissen ausdrücken, heißen sie ›Propensities‹.

Eine Wahrscheinlichkeit, die sich nur auf unser unzureichendes Wissen bezieht, ist die Wahrscheinlichkeit, links oben auf der zehnten Seite des Buches, das in meiner Bibliothek der Tür am nächsten steht, ein Wort mit genau sechs Buchstaben zu finden. Die ist nicht Null und nicht Eins. Aber sie ist keine Propensity, keine Neigung, die das Wort hat, sechs Buchstaben zu haben. Denn es steht schon fest, wie viele Buchstaben es hat. Wir können hier nur von einer Wahrscheinlichkeit sprechen, richtig zu raten, und diese vielleicht einer Wahrscheinlichkeitstabelle der durchschnittlichen Wortlängen entnehmen. Wahrscheinlichkeiten und Propensities sind etwas ganz Verschiedenes. Sie sind physikalisch verschiedene Dinge, auch wenn wir öfter das gebräuchlichere Wort ›Wahrscheinlichkeit‹ anstelle des korrekten ›Propensity‹ verwenden.

Propensities sind so real vorhanden wie physikalische Kräfte. Auch Kräfte kann man nicht direkt sehen oder direkt messen. Man erkennt ihr reales Vorhandensein nur, weil sie die *Ursache* für beschleunigte Bewegungen sind oder, besser gesagt, weil sie die *Erklärung* für beschleunigte Bewegungen liefern. In der gleichen Weise sind Propensities wirklich vorhanden, weil sie die Ursache des statistischen Verhaltens sind und die Erklärung des statistischen Verhaltens liefern.³⁵

Propensities sind auch deshalb wirklich vorhanden, weil sie das Kriterium für wirklich Vorhandenes erfüllen: Man kann auf sie einwirken und sie können auf die Wirklichkeit einwirken.³⁶ Vergrößert man beispielsweise beim Spielwürfel die Seite mit der Eins, dann vergrößert man die Propensity für die Sechs. Die vergrößerte Propensity verändert also Dinge, die wir beobachten können; sie wirkt auf die Wirklichkeit.

8. *Propensities als die Wahrscheinlichkeit von Einzelereignissen*

Die in der neueren Physik und im Alltagsleben interessanten Wahrscheinlichkeiten sind die von Einzelereignissen, von Dingen, Vorgängen und Ereignissen, die sich nicht wiederholen.

Auch diese Einzelwahrscheinlichkeiten, wie etwa die Propensity, beim Apfelpflücken von einer Leiter zu fallen, sind etwas Reales in unserer Welt und nicht einfach nur der Ausdruck unseres Unwissens. Um zu verstehen, dass Propensities tatsächlich eine nachprüfbare Wirkung auf die Wirklichkeit haben, sollten wir noch einmal einen Ausflug in die Welt der Elementarteilchen unternehmen. Denn bei Elementarteilchen kann man die Realität der Propensities leicht nachweisen, während

die Propensity, von einer Leiter zu fallen, nicht so leicht zu erkennen ist. Das liegt daran, dass sie nicht so einfach zu berechnen ist.

Die Propensities der Elementarteilchen werden anders berechnet als beim Würfel oder beim Roulette. Die Formeln, die man dazu verwenden muss, sehen jenen ganz ähnlich, mit denen man das Verhalten von *Wellen* beschreibt. Daher kommt es, dass ihre Wahrscheinlichkeitsverteilungen sich ähnlich verhalten, wie wir es von Wellen kennen: Es gibt zum Beispiel Verstärkungen und Auslöschungen, also Gebiete, wo viele Teilchen zu erwarten sind und welche, wo wenig oder gar keine zu erwarten sind. Und diese Verstärkungen und Auslöschungen können zu ›Interferenzmustern‹ führen, ähnlich denen auf der Oberfläche eines Teiches, in den wir zwei Steine werfen, worauf die sich ringförmig ausbreitenden Wellen sich überschneiden, wodurch sie sich zum Teil verstärken, zum Teil auslöschen.

Bemerkenswert und weiterführend ist folgendes Experiment³⁷. Viele Teilchen fliegen durch ein kleines Loch A auf eine entfernte Wand. Sie streuen etwas in alle möglichen Richtungen, treffen meist in der Mitte auf, teils auch auf neben der Mitte angebrachte Streifen 1, 2, 3 usw. Merkwürdig ist: Wenn man mit einem zweiten Loch B sehr dicht neben A einen *zusätzlichen* Weg öffnet, dann gibt es kaum noch Treffer im Streifen 1, wohl aber in der Mitte und im zweiten Streifen. Die Teilchen kommen dort *nicht* an, obgleich wir ihnen einen zusätzlichen Weg freigegeben haben. Das lässt sich leicht damit erklären, dass die Zahl der Treffer auf dem Streifen Eins durch Interferenz der beteiligten Propensities Null wird.

Dasselbe Verhalten beobachten wir auch, wenn die Teilchen immer nur *einzel*n durch Loch A (im ersten Versuch) oder A und B (im zweiten Versuch) auf die Zielscheibe zufliegen. Sie können also nicht irgendwie mit sich selber interferieren (wie Wellen es täten).

Dieses Verhalten ist nur so erklärbar, dass die Propensities der Elementarteilchen nicht einfach die Eigenschaft eines Teilchens sind, sondern offenbar sehr stark durch die Struktur des Raumes bestimmt werden, in dem sie sich bewegen. Öffnet oder versperrt man einen zuvor möglichen Weg, dann verändert man sofort die Propensities, ein festgelegtes Ziel zu erreichen. Solche Wahrscheinlichkeiten oder Propensities von Einzelereignissen, von Dingen, Vorgängen, Ereignissen, die sich nicht wiederholen, sind nicht nur in der neueren Physik interessant, sondern auch im Alltagsleben.

Von großer Tragweite ist: Propensities für unwiederholbare Einzelereignisse sind *reale* Größen. Zwar kann man beim Spielwürfel die aus der Symmetrie geschätzte Propensity der Sechs von 1/6 nur messen und nachprüfen, wenn man die Häufigkeit der Sechs misst, aber die Wirklichkeit hängt nicht davon ab, ob wir sie messen oder nicht messen. Propensities sind auch ungemessen eine physikalische Realität, also Teil unserer Wirklichkeit, weil sie die Welt in irgendeinem Detail verändern können, und weil wir willkürlich die Werte der Propensities verändern können.

9. Propensities in der Alltagswelt

Propensities von Einzelereignissen spielen in unserer Lebenswelt eine große Rolle. So wie wir die reale Propensity der Sechs beim Spielwürfel vergrößern können, wenn wir ein Stück Blei nahe der Eins

einbauen, so können wir die Propensity verändern, ein Examen zu bestehen, oder die Propensity, einer bestimmten Partei bei den Wahlen zur Mehrheit zu verhelfen usw. Wir können auch in der sozialen Welt ›die Würfel präparieren‹.

Im System ›Philosoph beim Äpfelpflücken‹ gibt es eine gewisse Propensity, von der Leiter zu fallen. Sie ist nicht berechenbar. Aber sie ist weder Null noch Eins. Sie hängt von konkreten Dingen ab, die wir beeinflussen können: von den Sprossen, deren eine vielleicht locker ist; vom Untergrund, auf dem die Leiter steht; von der Umsicht des Äpfelpflückers; davon, ob und wie er eine Hand zum Festhalten benutzt usw.

Auch wenn wir die Propensities in unserer individuellen oder sozialen Welt nicht *quantitativ* berechnen können, sind sie doch in bestimmten Werten vorhanden. Die Wirklichkeit hängt nicht davon ab, ob wir sie messen oder nicht. In jedem Augenblick haben diese Propensities einen bestimmten Wert, den wir nicht immer, aber doch oft genug willkürlich verändern können. In dem Augenblick, in dem wir unser Wahlkreuz machen, haben wir die Propensity einer Partei, zur Macht zu kommen, erhöht. In dem Augenblick, in dem irgendwo in der Welt ein Medikament gegen Vogelgrippe gefunden wird, sinkt sofort, sozusagen mit Überlichtgeschwindigkeit³⁸, überall in unserer Welt die Propensity, an dieser Krankheit zu sterben. Allerdings ist diese Propensity nicht überall in der Welt gleich groß; in den westlichen Ländern ist sie vermutlich größer als in Afrika.

Es ist nützlich, sich Propensities immer auf einer Skala von Null bis Hundert Prozent vorzustellen. In dem Augenblick, in dem wir ein Flugzeug besteigen, fällt un-

sere Propensity, den Tag zu überleben, um einen winzigen Strich nach unten. Möglicherweise fällt sie weniger, als wenn wir stattdessen das Auto wählten. Mit dem Anlegen des Sicherheitsgurtes steigt sie, mit jeder Geschwindigkeitssteigerung des Autos fällt sie.

Reisen im Flugzeug und im Auto machen viele Menschen. Daher gibt es statistisches Material, so dass man in diesen Fällen die vermuteten Propensities für das sichere Erreichen des Ziels nachprüfen kann. Wichtiger als deren Werte ist hier die neue Leitidee. Wir sagen nicht mehr: ›Das ist nur Statistik, und wir *wissen* nicht, ob sie auf uns zutreffen wird oder nicht‹, sondern richtiger: ›Das sind Propensities, die so wirklich sind, wie die Beschleunigung des Autos wirklich ist. Sie *sind* Realität. Sie lassen sich beeinflussen‹.

Statistiken werden gewonnen, indem man die *Häufigkeit* eines Merkmals feststellt, z.B. die Zahl der Flugzeugabstürze relativ zur Gesamtzahl aller Flüge. Häufigkeiten sind etwas Objektives, aber sie sind niemals die *Ursache* des Einzelfalls. Die Ursache und die Erklärung des Einzelfalls sind die Propensities; in diesem Fall die von vielen Faktoren abhängige Neigung eines Flugzeuges abzustürzen.

Bei einmaligen historischen, gesellschaftlichen Ereignissen kann man mit Häufigkeiten nicht arbeiten. Außer wenn es um Dinge geht wie Bevölkerungsstatistik, wo Merkmale wiederholt auftreten. Diabetes tritt in Deutschland bei sechzigjährigen Männern mit einer weitgehend konstanten Häufigkeit auf. Aber wie groß ist die Propensity für Diabeteserkrankung innerhalb der nächsten zehn Jahre bei einem *bestimmten* sechzigjährigen Mann? Diese Propensity hängt von vielen individuellen Faktoren ab, von seinen Genen, von sei-

ner bisherigen Lebensweise, von seiner zukünftigen Lebensweise und von vielem anderen. Das meiste bestimmt hier die Vergangenheit.

10. Die Zukunft wirkt auf die Gegenwart
Selbst dort, wo sich zwei ganz unabhängige Kausalketten kreuzen, wie die eines vom Fensterbrett der fünften Etage fallenden Blumentopfes und die eines zum Bahnhof eilenden Mannes, kann man den Zufall prinzipiell mit rekonstruierbaren Kausalketten erklären.

Aber nur rückwärts gesehen ist das kausale Geschehen völlig festgelegt; nicht jedoch, wenn wir in die Zukunft schauen. Wenn wir in die Zukunft schauen, hat der Blumentopf eine gewisse Propensity, einen bestimmten Punkt zu erreichen, und der Kopf des zum Bahnhof eilenden Mannes hat eine gewisse Propensity, sich zum gleichen Zeitpunkt an der gleichen Stelle zu befinden.

Das gilt natürlich auch für ›Kausalketten‹, die zu glücklichen Ereignissen führen: auch sie haben nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dorthin zu führen; eine Wahrscheinlichkeit, die wir vergrößern können, wenn wir wollen. Das können wir aber nur wollen, wenn wir diese Wahrscheinlichkeiten nicht länger als Folge unseres unsicheren Wissens über die Zukunft interpretieren, sondern als Propensities.

Auch bei der Propensity für einen Zehnjährigen, später das Abitur und noch später die Habilitation zu schaffen, hängt vieles von der Vergangenheit ab. Noch mehr aber hängt von der Zukunft ab, von seinem zukünftigen Lernverhalten und vielen anderen Zukunftsmöglichkeiten, die er noch wählen muss, deren Propensity er noch erhöhen kann. Beispielsweise muss das ›richtige‹ Studienfach gewählt werden,

das zu den sich entwickelnden Fähigkeiten am besten passt und das genügend viele Habilitationsplätze bietet.

Für uns alle ziemlich wichtig sind die ›Zukunftsvisionen‹, die Künstler und Politiker haben. Für den deutschen Bundeskanzler Helmut Kohl wurde nach 1989 Deutschlands Wiedervereinigung eine realisierbare Vision, nachdem sie Jahrzehnte lang eine unrealisierbare Utopie war. Auf einmal gab es mehrere Möglichkeiten, deren Realisierungspropensities manipulierbar wurden. Man konnte sie erhöhen. In einem großen Sprung war nichts zu erreichen. Auf welche der möglichen Schritte sollte man setzen? Kohl verstärkte offenbar die passenden Propensities. Sein Zukunftsbild wurde ›wahr‹ oder, besser gesagt, Wirklichkeit. Zurückblickend werden die Historiker versuchen, auf eine folgerichtige Kausalkette hinzuweisen, die die Wirklichkeit eines wiedervereinigten Deutschlands hervorbrachte. Tatsächlich aber hat hier weniger die Vergangenheit die Gegenwart hervorgebracht als in viel größerem Maße die Zukunft die Gegenwart beeinflusst. Und das nur deshalb, weil jemand die mit realen Propensities ausgestatteten Möglichkeiten dieser Zukunft ›sehen‹ konnte und systematisch die Propensities der gewünschten Möglichkeiten vergrößerte.

Die Zukunft bringt die Gegenwart hervor, und wir können dabei mitwirken.

Man sieht also: Auch dieses neue, für unser Alltagsleben so wichtige Weltbild kommt aus der Quantenphysik: Ob Photonen oder größere Moleküle³⁹: sie scheinen im Voraus zu ›wissen‹, ob die räumlich und daher auch zeitlich vor ihnen liegende Apparatur durch Interferenz bestimmte Wege zulässt oder unmöglich macht⁴⁰. Ich hatte oben, sehr knapp, denn

man kann das besser anderswo nachlesen, einen Versuch beschrieben, der zeigt: Das Einzelteilchen ›weiß‹ im Voraus etwas. Es ›weiß‹ bei gegebener Anordnung im Voraus den wahrscheinlichsten und den unwahrscheinlichsten Weg. Es gibt überzeugende Nachweise dafür, dass es schon vor dem Losfliegen auch Wege berücksichtigt, die nur als Möglichkeit vor ihm liegen; denn es kann unmöglich alle Wege sozusagen in ›Aufklärungsflügen‹ im Voraus gemacht haben.⁴¹

Wie das Beispiel ›Wiedervereinigung‹ zeigt, gilt dieses neue Weltbild auch für unsere normale Lebenswelt: Was wirklich geschehen ist, die ›Vergangenheit‹, lässt sich prinzipiell in Form von Kausalketten rekonstruieren, die Zukunft nicht. Die Zukunft besteht aus Möglichkeiten, von denen einige mit mehr oder minder großer Wahrscheinlichkeit eintreffen. Diese Wahrscheinlichkeiten sind bereits heute Realität, sie sind Propensities. Sie bewirken, dass die vorhandenen Möglichkeiten sich entsprechend dem zwischen Null und Eins liegenden Wert der Propensity verwirklichen. Sie sind Realität, weil sie, unabhängig von uns, auf die Gegenwart wirken und weil wir auf diese Wahrscheinlichkeiten einwirken können. Das war unser Kriterium für ›real sein‹ oder ›wirklich vorhanden sein‹. Verwirklichungspropensities sind in physikalischen Systemen, insbesondere in der Teilchenwelt, berechenbar. Wir können sie durch physische Maßnahmen vergrößern oder verkleinern, und zwar sowohl in der Welt der Elementarteilchen als auch in der Makrowelt und in der sozialen Welt. Um sie willkürlich zu beeinflussen, ist ein menschliches Wesen notwendig. Der Mensch kann die Propensities verändern, aber die Tatsache, dass es sie gegenwärtig gibt und dass sie Zukunftsmöglichkei-

ten zu Gegenwart werden lassen, mithin auf die Gegenwart wirken, diese Tatsache ist Teil der *objektiven*, von Menschen unabhängigen Welt.

Auch im menschlichen Alltagsleben schiebt uns die Vergangenheit kausal in die Gegenwart; zugleich wirkt aber auch die Zukunft auf die Gegenwart. Die Propensities ziehen uns gewissermaßen in die Gegenwart.⁴²

Jeder *bereits eingetretene* Verkehrsunfall ist lückenlos durch eine Kette von Ursachen und Wirkungen kausal determiniert. Ob wir ihn in dieser Weise erklären können, hängt von unserem Wissen ab. Aber objektiv ist er determiniert. Für den *noch nicht eingetretenen* Verkehrsunfall gilt das nicht! Hier sind immer Tausende von Möglichkeiten offen; und nicht alle sind gleich wahrscheinlich. Die gewünschte ›Zukunftsvision‹ einer weniger unfallträchtigen Welt kann dadurch auf die Wirklichkeit wirken, dass wir die entsprechenden Propensities erhöhen, die mehr Sicherheit schaffen können, etwa durch Sicherheitsgurte, neue Reifen, übersichtliche Verkehrswege, passende Verkehrsschilder, Kreisel statt Ampeln usw.

Fast alle historischen Ereignisse sind prinzipiell kausal erklärbar. Aber fast keines ist mit Sicherheit vorhersagbar, auch wenn wir alles *mögliche* Wissen hätten. Denn möglich ist oft nur die Kenntnis realer Wahrscheinlichkeiten.

Selbst das, was wir heute Abend um acht tun, sehen und erleben werden, steht morgens um acht noch nicht genau fest, daran ändern auch genaue Pläne nichts. Das kann man leicht prüfen, wenn man die genaue Situation im Voraus aufschreibt und dann feststellen wird, dass die wirkliche Situation in vielen Punkten anders eingetreten ist.

Dessen ungeachtet haben wir großen Einfluss darauf, wie die wirkliche Situation sein wird, weil wir für die gewünschten Möglichkeiten die real vorhandenen Propensities erhöhen können, so dass sie größere Verwirklichungschancen bekommen.

Die Vergangenheit schiebt, die Zukunft zieht uns in die Gegenwart.

Wenn Polen auf der Konferenz der Europäischen Union 2007 die Kriegsschuld der Deutschen als Grund dafür nennt, den großen Staaten in Europa weniger Stimmgewicht zu geben und den kleinen mehr, dann wirkt die Vergangenheit auf die Gegenwart. Der politische Visionär, wenn er *Zukunftsrealist* ist, kann sich hingegen auch eine völlig neue europäische Wirklichkeit vorstellen, die unabhängig von ihrer Geschichte bereits heute eine reale Propensity hat, die man erhöhen kann.

Schauen wir zurück auf die ersten europäischen ›Amerikaner‹, die von ihrer erlebten Geschichte getrieben – oft von einer bösen Geschichte! – in der ›neuen Welt‹ Zuflucht suchten. Nie wieder politische und soziale Ungerechtigkeiten zu erleiden, das war der Grund dafür, eine neue Lebensweise und eine neue Verfassung zu schaffen. Die Vergangenheit schob die Einwanderer in die neue Richtung. Aber es war auch die Zukunft, die einen Sog ausübte. Es war auch das ›Land der unbegrenzten Möglichkeiten‹, das man mehr erahnte als erkannte, aber richtig erahnte. Die Vergangenheit stößt; die Zukunft zieht. Und das ist, wie gesagt, nicht nur metaphorisch gemeint, sondern auch physikalisch.

Diese Unsymmetrie zwischen Zukunft und Vergangenheit sollten wir im Auge behalten. Geschichte, Traditionen und Institutionen: mit ihnen stößt die Vergangenheit uns in die Gegenwart. Der Sog oder die Anziehungskraft aus der anderen Richtung

verstärkt den Antrieb: die kompetente politische Vision, deren Propensities als *reale* mehr oder minder starke, beeinflussbare ›Anziehungskräfte‹ wirken.

Wir sind zum Teil schon unsere Zukunft. Sie ist noch in der Schwebelage, aber als Möglichkeit schon physisch vorhanden; denn unsere Welt ist, wie Popper schrieb, »Eine Welt der Propensitäten«⁴³. Sicherheit und Exaktheit gibt es nur dort, wo sich die Wahrscheinlichkeiten zu fast Eins aufsummieren. Das ist im sozialen Bereich selten der Fall.

Die Vergangenheit führt uns an Kausalketten in die Gegenwart; gleichzeitig zieht uns die Zukunft mit ihren Propensities in die Gegenwart.

11. Neue Leitideen und ein neues Weltbild

Fassen wir unsere bisherigen Ergebnisse zusammen: ›Propensities‹ nannten wir diejenigen Wahrscheinlichkeiten, auf denen alle Veränderungen in der Welt beruhen. Sie sind objektiv vorhanden und prinzipiell beeinflussbar. Wenn Zukünftiges Gegenwart wird, sieht es so aus, als hätten Propensities spontan den Wert Eins bekommen. Tatsächlich können wir in manchen Fällen dafür sorgen, dass eine Propensity den Wert Eins bekommt. Dann wird dieser Teil der Zukunft mit Sicherheit zur Gegenwart. Meist ist es aber so, dass ein Teil der Zukunft ›teilweise existent; teilweise nicht existent‹ ist. Das hat nichts zu tun mit unserem unzulänglichen Wissen über die Zukunft. Diese Teile der Zukunft existieren bereits in der Gegenwart, aber nur als beeinflussbare Propensity. Verkehrsunfälle, Krankheiten, bestandene Prüfungen, Siege im Tennisturnier, die Frage, ob ich heute Abend ein Glas Wein trinken werde: Das alles existiert zunächst

als Propensity in dem Maße, wie diese einen Wert zwischen Null und Eins hat.

Propensities sind reale physikalische Größen, weil sie beeinflussbar sind und weil sie die Wirklichkeit beeinflussen. Für unsere Lebensgestaltung hängt viel davon ab, ob wir erkennen, dass sie real vorhanden sind und dass wir sie folglich vergrößern können, was nicht möglich wäre, wenn sie nur Ausdruck unseres Unwissens über die Zukunft wären.

Im Gegensatz zu jener einstmals viel diskutierten ›Vielweltentheorie‹⁴⁴ behaupten wir, dass nicht die Gegenwart sich in viele Welten aufspaltet und wir in einer von ihnen weiterleben, sondern dass es die Zukunft ist, die bereits in viele mögliche Welten aufgespalten vor uns liegt, die eine unterschiedliche, aber reale Wahrscheinlichkeit haben, Wirklichkeit zu werden. Nur eine der vielen möglichen Welten wird realisiert, die eine, die in jedem Augenblick Gegenwart wird.

Wenn wir uns die Vergangenheit als ein aus vielen Kausalfäden gewundenes Seil vorstellen, dann müssen wir, um im Bild zu bleiben, uns die Zukunft als eine Vielzahl solcher Seile und Kausalfäden vorstellen, deren Glieder und Abschnitte mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten auf uns zulaufen, um im Augenblick der Gegenwart ein nur einziges Seil Wirklichkeit werden zu lassen; das Seil, an dem wir, fast wie die Nornen, zuvor ›mitstricken‹ konnten.

Diese Wahrscheinlichkeiten sind Propensities, die man prinzipiell verändern kann, um unseren Zielen näherzukommen. Weil wir es können, sollten wir es tun. Mit Sicherheit erzwingen kann man Ziele nicht, die nur wahrscheinlich sind; aber es ist nicht nichts, wenn man sie zu erreichen wahrscheinlicher machen kann.

Wir müssen uns von der Zukunft anziehen lassen. Visionen oder Utopien sind realistisch und rational vertretbar, wenn sie reale Propensities haben, die sich verstärken lassen.

Wir werden den alten Glauben aufgeben müssen, dass die Zukunft stets aus der Vergangenheit hervorgeht und aus dieser berechnet oder wenigstens abgeschätzt werden kann. Wir werden, wenn wir zu besseren Lebens- und Glücksstrategien kommen wollen, die Welt als eine Welt voller Propensities begreifen müssen.

Das macht die Welt zwar weniger übersichtlich und weniger begreifbar, als wenn sie deterministisch wäre, eröffnet aber eine neue, realistischere Einstellung zu Glück und Lebensgestaltung. Nur in einer nicht vorbestimmten, nicht-determinierten Welt kann es prinzipiell Neues geben. Nur eine nicht-determinierte Welt ist eine *kreative Welt*. Nur in einer von realen Wahrscheinlichkeiten bestimmten Welt sind Glückstreben und Lebensgestaltung sinnvoll; denn nur dort sind Wahrscheinlichkeiten für Gewünschtes nicht Ausdruck unseres Nichtwissens über eine bereits feststehende Zukunft, sondern physikalische Realitäten, die von Bedingungen abhängen, die wir so beeinflussen können, dass die ›Anziehungskraft‹ für Gewünschtes vergrößert und die für Ungewünschtes verkleinert wird.

Selbstverwirklichung ist nicht mehr nur, das Wirklichkeit werden zu lassen, ›was in uns steckt‹, was in unseren Genen steckt, was sich seit der Kindheit Schritt für Schritt ›entwickelt‹ hat, was die Fortsetzung unserer Vergangenheit ist, sondern auch das, was als bekannte oder unbekannte Möglichkeiten in der Zukunft liegt. Nicht nur ›Werde, der du bist!‹ ist die Devise, sondern ›Werde, der du sein kannst.‹

Oder noch genauer: ›Werde der, den du in einer *realisierbaren* Vision vor dir siehst!‹, ›Werde der, dessen Propensities du verstärken kannst und verstärken willst‹.

Was für Propensities gilt, gilt auch für die im Folgenden zu besprechenden ›Serendipities‹. Diese Wahrscheinlichkeiten beziehen sich im Unterschied zu Propensities auf eine uns *unbekannte* Zukunft, auf die wir uns aber einlassen wollen, weil wir auf unsere Klugheit vertrauen, aus allem Neuen, dem wir begegnen, etwas Wertvolles zu machen, wertvoll für uns oder für andere.

12. Von Propensities zu Serendipities

Von den erwünschten Zukunftsmöglichkeiten, die wir sehen, ahnen oder erraten, gibt es zwei verschiedene Arten. Sie sind beide für unsere Lebensplanung interessant. Zum einen sind das die bisher behandelten *klar gesehenen Möglichkeiten*, deren Propensities wir, falls gewünscht, vergrößern oder, falls ungewünscht, verkleinern können. Zum anderen handelt es sich um die heute noch *unvorstellbare, neue Zukunft*, die für unsere Lebensweise, unser Glück, unsere Selbstverwirklichung ebenfalls wichtig ist.

Wie unvorstellbar und neu die Zukunft sein kann, wissen wir aus Abenteuerromanen oder aus dem größten Abenteuerroman überhaupt: aus der menschlichen Geschichte. Sie ist eine Folge von Entdeckungen der Art des Kolumbus: Man sucht nach irgendetwas, findet es oder findet etwas anderes, wie Kolumbus etwas anderes fand, nämlich ›Amerika‹, das natürlich noch nicht so hieß. Man begreift zunächst nur, dass das Gefundene neu ist und ein Potenzial für weiteres Neue besitzt. Das Neue ist hier also nicht nur das Gefundene, nicht der neue Kontinent – er

war ja schon vorher dort –, sondern das sind die mit verschiedenen Propensities ausgestatteten *Möglichkeiten*, denen man nun zur Realität verhelfen kann, dadurch, dass man die entsprechenden Propensities vergrößert.

In diesem Sinne gehören zu den bedeutenden Entdeckungen auch die *Erfindungen*. Sie sind die Entdeckung einer real möglichen Zukunft. ›Real möglich‹ soll hier heißen, dass sie eine Wahrscheinlichkeit zwischen Null und Eins haben, Realität zu werden. Man denke etwa an die Erfindungen des Rades und des Kruges. Sie haben die Welt verändert, und das Ausmaß dieser Veränderung können wir auch nachträglich kaum abschätzen, geschweige denn im Voraus. Solche ›Erfindungen‹ sind geistvolle Produkte des menschlichen Intellekts. Aus unserer Propensity-Welt sind sie *Entdeckungen* im Reiche der Zukunftsmöglichkeiten, im Reich einer unabhängig vom ›Erfinder‹ existierenden *anderen Welt*, in der es sich – zum Beispiel mit Rad und Krug – anders, wahrscheinlich besser, leben lässt.

Allerdings hatte diese neue Welt, bevor es darin Menschen gab, eine Wahrscheinlichkeit von fast Null. Nicht ganz Null, denn es könnte Tiere oder Pflanzen gegeben haben oder es hat sie vielleicht gegeben, die so etwas Ähnliches wie Krüge (vielleicht trichterförmige Blätter) oder Räder (vielleicht in Form von Kugeln) benutzten. Neue Welten sind offenbar als Möglichkeiten immer existent, und ihre Realisierungschance ist nicht völlig Null. Wahrscheinlich gibt es unendlich viele neue Welten, die mit realen Propensities ausgestattet sind. Allerdings ist nicht jede Möglichkeit, die wir sehen, real vorhanden: Welten mit quadratischen Kreisen werden niemals Wirklichkeit werden. Nicht jedes

Hirngespinnst ist eine Entdeckung in einer existenten Welt der Propensities.

Ungeahnte neue Welten wie die, in der es Räder gibt und Krüge und bisher unbekannte Kontinente wie ›Amerika‹, existieren auch in unserer Zeit als reale Propensities. Den Mut, auch heute noch in der Zukunft liegendes, unsichtbares Neues zu vermuten und anzustreben, gewinnen wir aus unserer jüngsten Geschichte. Wir brauchen nur das letzte halbe Jahrhundert zurückzugehen, und wir finden viele revolutionäre, welt- und menschenverändernde Entdeckungen. Um einige Beispiele zu nennen: 1948 der Transistor, 1952 die Tranquilizer, 1953 die Doppelhelix der DNA, 1954 der Polio-Impfstoff, 1956 die Kontrazeptiva, 1957 der Sputnik, 1960 der Laser, 1961 Gagarins erster Weltraumausflug, 1964 der Beginn geostationärer Satelliten, 1964 der Bau integrierter Schaltkreise (›Chips‹), 1968 die Immunglobuline, 1971 die erste Raumschiffrückkehr, 1971 der Beginn der DNA-Rekombinationstechnik, 1973 die Röntgen-Computertomographie, 1976 der erste PC, 1979 das gentechnisch erzeugte Human-Insulin, 1982 die ersten transgenen Pflanzen, 1988 der Beginn der Dechiffrierung des Human-Genoms, 1990 die Gentherapie, 1994 die ›Explosion‹ des Internet, 1995 die erste CPU mit 100 Mrd. Operationen/Sekunde, und so ging es immer weiter.

Es ist zwar nicht *logisch*, dass es auch in Zukunft so weitergehen wird, aber es ist zu erwarten, weil sich an den relevanten Umständen nichts geändert hat. Die wichtigste Voraussetzung, die gegeben sein muss, sind allerdings die ›Entdecker‹, also Menschen, die nach Neuem suchen mit Wissen und Fingerspitzengefühl dafür, wo Neues zu finden sein könnte, und die, so-

bald sie Neues gefunden haben, mindestens vage dessen Potenzial begreifen.

Solche Entdecker können wir alle sein oder müssen wir werden, wenn es um unsere persönlichen Lebenspläne geht, um unser Glück, unsere sozialen Beziehungen und unsere Selbstverwirklichung. Entdecker mit Fingerspitzengefühl dafür, wo Neues zu finden sein könnte, und mit der Fähigkeit, mindestens vage dessen Potenzial zu begreifen, sobald es sich zeigt. Kann man etwas systematischer als bisher ein solcher Entdecker werden, ein Entdecker von Ideen, von neuen Lebensweisen, von neuen sozialen Beziehungen, die unser Leben günstig verändern?

13. *Serendipity als Lebenskunst*

Viel für unsere Lebenskunst ist schon gewonnen, wenn wir uns das Schema dieser Methode einprägen und ihr einen Namen geben: ›*Serendipity*‹, was bedeutet, nach Neuem zu suchen, mit Wissen oder mindestens mit Fingerspitzengefühl dafür, wo Neues zu finden sein könnte, und, wenn man darauf gestoßen ist, dessen Potenzial zu erahnen und zu versuchen, ›daraus etwas zu machen‹. *Glück* im Sinne von Zufall ist dazu nötig, aber auch *Klugheit*, die weiß, wo Zufälle zu erwarten sind und wie man sie sich zunutze macht.

Diese Kombination von Zufall und Klugheit ist es, die Horace Walpole, der Erfinder des Wortes ›*Serendipity*‹ (1754), den Menschen zuschreibt, die *Serendipity* als Charaktereigenschaft haben: »...making discoveries, by accident and sagacity, of things which they were not in quest of«⁴⁵ (dt. ›per Zufall und Nachdenken Dinge entdecken, nach denen man eigentlich nicht gesucht hat‹).

Dabei zieht Walpole eine Grenzlinie, die uns als Abgrenzung von den ›Propensities‹

dienen kann: »no discovery of a thing you are looking for comes under this description«. Die Entdeckung von Dingen, nach denen man bewusst gesucht hat, fällt nicht unter diesen Begriff.

›Serendipity!‹ nennt man im Englischen ein *Ereignis*, durch das jemandem ein Glück widerfahren ist, nach dem er nicht gesucht hat. ›Serendipity‹ ist auch die entsprechende *Haltung*, sich auf glückliche Zufälle einzulassen. Genauer muss man sagen: sich einzulassen auf zufällig Neues, das mit ein wenig Nachdenken in einen ›glücklichen Zufall‹ verwandelt werden kann. ›Serendipity‹ werden wir im Folgenden auch die *Propensity* nennen, in einer bestimmten Umgebung Neues zu finden, aus dem sich mit Nachdenken etwas Wertvolles machen lässt⁴⁶.

Serendipity ist, wie Robert Merton fand, die Haltung erfolgreicher Forscher⁴⁷. Ganz zielgerichtet kann man nämlich auch in der Forschung nie auf das Neue zugehen. Man weiß ja nicht, was das Neue ist, sonst wäre es nicht neu. Man erfindet die Glühbirne oder das Nylon, den PC oder das Internet, weiß aber jeweils zum Zeitpunkt der Entdeckung noch nicht, welche völlig neuen Konsequenzen die Erfindung hat. Und nur in den neuen Konsequenzen liegt, wenn überhaupt, der Wert der Erfindung. Die Situation des Forschers ist fast immer, dass man nicht das gesucht hat, was man findet. ›Serendipity‹ ist das Glück des Neuen, an das man sich mit Klugheit und Erfahrung heranmanövriert hat und dessen Tragweite man im Augenblick der Entdeckung klug erkennt. Die Serendipity-Strategie ist also: Erst die Klugheit, die Entdeckungen wahrscheinlich macht, dann die überraschende Neuigkeit, dann wieder die Klugheit, die aus ihr etwas macht. Schon den Begriff zu haben, mag helfen,

Serendipity als Haltung und als Lebenskunst zu erlernen. Eine weitere wichtige Übung ist, sich davon zu überzeugen, dass die Zukunft ungeahnt viel Neues enthalten muss, weil das auch in der Vergangenheit stets der Fall war. Oben hatten wir eine Anzahl solcher in ungeahnter Weise die Welt verändernden Entdeckungen aufgelistet: Laser, Microchips, Internet, Gentechnologien usw. Aus methodischen und sogar moralischen Gründen dürfen wir hier einmal ›Induktivisten‹ sein und von der Vergangenheit auf die Zukunft schließen⁴⁸.

Die vielen Beispiele dafür, dass das Neue unsichtbar, aber doch teilweise schon als reale Propensity vor uns liegt, könnten beispielsweise die Studenten beliebiger Disziplinen beflügeln, nicht nur in der Vergangenheit zu graben, nicht nur das historische Material neu zu arrangieren, aufzuarbeiten, zu vergleichen oder zu kommentieren, sondern die Zukunft ›auszubeuten‹, also auch an das völlig Neue zu glauben, das real vor ihnen liegt und mit ein bisschen Scharfsinn aufgedeckt und mit einem weiteren Quant Scharfsinn in etwas Wertvolles verwandelt werden kann.

Mit der Leitidee Serendipity im Kopf wird man vielleicht jedem Menschen und sich selbst einräumen, völlig neue Eigenschaften entwickeln zu können. Denn auch die eigene Zukunft ist nicht nur völlig offen, sondern enthält überraschend Neues, das allerdings nicht ohne etwas Klugheit freigelegt werden kann.

Dass jeder Mensch sich nicht nur graduell, sondern grundlegend wandeln kann, dass niemand, um ein Extrem zu nennen, zum Verbrecher geboren oder für immer einer geworden ist, das ist Teil unserer *Menschenwürde*, die wiederum der Grund für die Ablehnung der Todesstrafe ist: In

diesem Sinne bedeutet sie, dass wir alle prinzipiell zu ganz und gar Neuem fähig sind, zu totalem Wandel, zu völliger Umkehr. Entscheidend für unser Leben ist, wie weit wir die Leitidee verinnerlicht haben, dass die Zukunft Möglichkeiten mit real vorhandenen Propensities enthält, die man verändern kann.

Allerdings haben diese Propensities den Charakter von Serendipities: Wir kennen das Neue nicht, wir brauchen Klugheit, um es freizulegen, wir brauchen Klugheit, um etwas Wertvolles daraus zu machen.

14. Nochmals von der Wissenschaft lernen: die Serendipity-Methode

Was immer wir suchen, wirklich neue Erkenntnisse, wirklich neue soziale Beziehungen, wirklich neue eigene Eigenschaften: Wir können versuchen, die Methode erfolgreicher Wissenschaftler zu übernehmen, mit der diese zielstrebig in gewünschtes, unbekanntes und vielversprechendes Neuland vorstoßen.

Forscher lassen sich gerne auf den Zufall ein. Oft genug lässt sie der glückliche Zufall bedeutende Entdeckungen machen. Sie untersuchen Bakterienkulturen und entdecken bakterienfreie Kreisflächen auf einer längere Zeit unbeachtet liegengeliebenen Kultur. Wenn sich jetzt noch der richtige Schluss einstellt: ›da ist Schimmel gewachsen und der Schimmel hat die Bakterien getötet‹, dann war die Entdeckung der Antibiotika ein solcher glücklicher Zufallsfund⁴⁹. Da experimentiert einer mit Filmen, entdeckt ›Belichtungen‹, die offenbar ohne Licht zustande kamen, und mit etwas Klugheit erschließt er die neue Welt der ›Röntgenstrahlen‹⁵⁰.

Systematischer gelangen Forscher in die Nähe von Neuland, wenn sie ihre Versuche unter verschiedenen Bedingungen öf-

ter wiederholen. Stellt sich der bisher beobachtete Effekt nicht ein, ist zu erwarten, dass die Analyse seines Ausbleibens zu neuen Erkenntnissen führt. Neu müssen sie sein, weil man ja das Eintreten des Effekts erwartet hatte. Die Propensity, Neues zu lernen, macht einen Sprung nach oben. Die erlernbare Serendipity-Haltung ist hier: Widersprüche suchen, Fehler finden, Probleme sehen. Hat man das Problem identifiziert, sind die Lösungen leichter zu finden.

Problemlösungen sind immer glückliche Zufälle im Sinne von Serendipity⁵¹. Denn weder logisch noch sonstwie systematisch folgen Lösungen aus Problemen. Die Chancen dafür erhöhen sich aber gewaltig, wenn man sich in dem betreffenden Gebiet gut auskennt, egal, ob es sich um physikalische oder soziale Probleme handelt. Wer sich in Probleme vertieft, sie analysiert und immer wieder neu und anders formuliert, bringt sich in die Nähe solcher Situationen, in denen glückliche Zufälle winken. Mit genügendem Scharfsinn kann er oder sie dann aus dem Zufall etwas machen: eine Problemlösung.

Serendipity bezeichnet also eine besondere *Situation* und eine besondere *Charakterhaltung*, eine Neigung und Fähigkeit zu kreativem Handeln. Mit Serendipities haben wir auch die *Propensities* bezeichnet, etwas Neues zu entdecken, das man noch nicht kennen kann, von dem man aber hofft, dass es wert sei, entdeckt zu werden.

Genau besehen spielen dabei *zwei* Propensities eine Rolle: erstens die Propensity, in einem bestimmten Gebiet auf Neues zu treffen; und zweitens die Propensity, eine neue Wirklichkeit zu schaffen dadurch, dass mit dem vorhandenen Wissen und Können das Potenzial dieser Neugier erschlossen wird.

Der Verstand muss hier gewissermaßen über zwei Tellerränder hinweg die Zukunft erahnen. Er muss hinter dem ersten Tellerand die Möglichkeiten von Neuem vermuten, und wenn dieser Rand erreicht ist und das Neue sichtbar wird, hinter dem zweiten Tellerrand das Potenzial des Neuen ahnen.

Sicher herbeiführen kann man weder die erste Situation, in der Neues zu erwarten ist, noch die zweite Situation, in der man aus dem Neuem etwas weiteres Neues und Wertvolles macht. Wir können nur versuchen, die Propensities für diese beiden Situationen zu erhöhen.

15. Serendipity in Politik und Alltagsleben

Dem naiven, unvorbereiteten Menschen gelingen selten große Entdeckungen. Er hat unzählige Male die Sonne um die Erde kreisen sehen und sich nichts dabei gedacht. Im Alltag trifft man selten auf einen latent wertvollen Zufall, auf eine zufällige Situation mit Entdeckungspotenzial. Und wenn doch: Der Zufall allein macht nicht, dass wir solchen Situationen das Wertvolle abgewinnen.

Andererseits sind es auch keine überragenden Fähigkeiten, die zu einer kreativen Lebenshaltung notwendig sind. Ein guter Anfang ist: Sich gerne überraschen lassen, ohne zu wissen wovon, weil man sich weitgehend darauf verlassen kann, dass man aus der Überraschung etwas Kluges machen wird.

Serendipity als Haltung des Forschers kann durchaus im Alltagsleben Anwendung finden. Dabei kann es sich um neue Situationen handeln wie Auswandern, Berufswechsel, Partnerwechsel, Hobbywechsel usw., also um mehr oder minder absichtlich herbeigeführte Situationen, auf

die oft zutrifft, dass man riskiert, mit Neuem konfrontiert zu werden. Man weiß nicht konkret, was kommt, aber man überlässt auch nicht alles dem Zufall, sondern wählt, wie der Forscher, klug aus, in welches Gebiet man sich begibt. Und wie der Forscher muss man nun mit klugem Verhalten dem Neuen etwas abgewinnen. Wenn man etwas Wertvolles daraus gemacht hat, kann man sagen: Serendipity! ›Glück gehabt!‹ in diesem besonderen Sinn.

Kreative Situationen lassen sich nicht ohne Klugheit herbeiführen. Im kreativen Leben ist es so, wie beispielsweise im Fußballspiel dauernd: Man manövriert sich immer wieder in neue, aber vielversprechende Zufallssituationen hinein, in der Hoffnung, dass man selbst oder zusammen mit anderen die Geschicklichkeit und Klugheit besitzt, daraus ›etwas zu machen‹. In ›vielversprechende Zufallssituationen‹ gelangt aber nur, wer sich gut auskennt. Und gut nutzt man solche Situationen nur, wenn man seine Kräfte und Geisteskräfte gut kennt.

Zufallssituationen sind nur vielversprechend, wenn ihre Propensities real vorhanden sind, das heißt, wenn man weiß, dass sie nicht Null sind. Das ist oft schwer und in Zahlenwerten überhaupt nicht festzustellen. Trotzdem können ›Zukunftsvisionen‹ als real erkannt werden.

Zur Illustration ein Beispiel aus dem Leben Edward Elgars. Der englische Komponist war viele Jahre im Zweifel darüber, ob er zum Komponisten taugte. Nicht im Zweifel war seine Frau Alice. Sie sah viel klarer und viele Jahre früher als er selbst seine Zukunftsmöglichkeiten und sie bewegte ihn, seine Arbeit nicht aufzugeben. Es ist praktisch ausgeschlossen, dass sie nur ehrgeizig war. Ehrgeiz kann jemanden

veranlassen, Opfer zu fordern oder gar über Leichen zu gehen, aber Ehrgeiz allein kann keinen überragenden Komponisten hervorbringen. Als solcher hat sich Elgar aber dann viel später erwiesen. Folglich muss Alice eine *realistische* ›Vision‹ gehabt haben, eine Vision mit *real* vorhandenen Realisierungschancen.

Viele Serendipities spielen im täglichen Leben eine Rolle. Ein gutes Gespräch, eine bereichernde Diskussion leben davon, dass nicht jeder nur das sagt, was er oder sie weiß. Vielmehr müssen einige Teilnehmer die Gesprächssituation dahin bringen, dass neue Gedanken auftauchen können, die niemand zuvor im Kopf hatte und die dann aufgegriffen und weiterentwickelt werden können. Gäbe es keine Serendipity im Gespräch, würde jeder nur sein Wissen wie von der Schallplatte wiedergeben. Nur die Vergangenheit jedes Teilnehmers würde eine Rolle spielen, was eine Menge sein kann, wenn Fachleute zusammenkommen. Es wäre vielleicht immer noch ein interessanter ›Gedankenaustausch‹, aber mehr auch nicht. Mit Serendipity jedoch können Gespräche *kreativ* werden und etwas völlig Neues in die Welt bringen.

Liebe, Freundschaft, Ehe und viele andere Lebensformen beleben sich bekanntlich, wenn die zur Gewohnheit gewordenen Bahnen verlassen werden und nicht nur die Vergangenheit uns weiterschiebt, sondern auch die Zukunft uns anlockt. Das ist der Fall, wenn wir dafür sorgen, dass jene neuen ›vielversprechenden Zufallskonstellationen‹ sich einstellen, in denen es dann darauf ankommt, klug zu sein, um etwas daraus zu machen. Auf die gute Abstimmung kommt es an. In diesen Fällen gilt nicht: Wer viel wagt, der viel gewinnt. Sondern nur der gewinnt, der so viel Neues wagt, wie es seiner Klugheit

entspricht, wie er mit dem Neuem etwas anfangen kann.

Überall, wo wir in unserem Leben Ziele verfolgen, Wünsche haben, Zwecken nachgehen, können sich Schwierigkeiten einstellen. Oder anders ausgedrückt, überall können Probleme auftauchen. Probleme oder Schwierigkeiten sind nichts Negatives. Wer keine hat, leidet; wer zuviel davon hat, leidet auch. Nur wer Serendipity hat, ist glücklich: Er kann sich in Probleme oder Schwierigkeiten begeben, die er (oder sie) mit dem eigenen Maß an Klugheit gerade noch lösen kann. Wie bei den besagten negativen Experimenten des Wissenschaftlers, wo sich wider Erwarten der bisher beobachtete Effekt nicht wiederholte, sind Probleme das Tor zu Neuem. Ob wir an dieses Tor gelangen und ob wir es aufstoßen, hängt von unserer Klugheit ab.

16. Zusammenfassung

Realisten erreichen ihre Ziele leichter als Menschen, die sich Illusionen machen oder politische Utopien verfolgen. Es lässt sich nicht vermeiden, dass unsere in die Zukunft gerichteten politischen und sozialen Aktivitäten, unsere Lebenspläne und unser Streben nach ›Glück‹ und ›Selbstverwirklichung‹ einen visionären und utopischen Charakter haben. Aber auch hier können wir Realisten sein.

Der Zukunftsrealist versteht die Verwirklichungswahrscheinlichkeiten seiner Visionen nicht als Ausdruck seines unsicheren Wissens, sondern als ›Propensities‹ und ›Serendipities‹ genannte physikalische Realitäten, an denen man willentlich etwas verändern kann.

Der Zukunftsrealist bezieht die Tatsache in sein Handeln ein, dass die Zukunft auf die Gegenwart wirken kann. Er sieht sich

nicht nur durch die eigene Geschichte in die Gegenwart geschoben, sondern auch von der Zukunft angezogen und weiß, dass er deren ›Anziehungskräfte‹ vergrößern kann.

Beide Vorstellungen sind Teil eines Weltbildes, das von der Quantenphysik herührt. So befremdlich es auf den ersten Blick hin scheinen mag, sich die Rezepte für politisches Handeln, menschliches Glück und gelingende Selbstverwirklichung aus diesem eher fern liegenden Gebiet zu holen, die Anleihen könnten sich am Ende doch als sehr nützlich erweisen. Der bekannte Sinnspruch »Jeder ist seines Glückes Schmied« kann nun in neuer Weise gelesen werden. Ob auf Personen oder Nationen bezogen: Wir werden nicht nur auf dem Amboss der Geschichte geschmiedet. Wichtiger sind die Pläne, die wir schmieden, Pläne, Visionen und Utopien, die eine Chance haben, Realität zu werden, wenn wir reale Propensities und Serendipities einbeziehen und verstärken. Propensities und Serendipities sind es, die aus der geistigen Anziehungskraft der Zukunft eine physische machen. So werden wir stärker in die gewünschte Zukunft gezogen, von der wir annehmen, dass sie unser ›Glück‹ vergrößert.

Anmerkungen:

¹ James Clerk Maxwell: »The true logic of this world is in the calculus of probabilities«, zitiert in: R. Feynman, *Lectures on Physics*, Addison-Wesley Publishing 1971, Vol I, part 1, 6-1.

² Seit 1926.

³ Seit 1926.

⁴ Seit 1949.

⁵ R. Feynman, *QED – Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie*, München (Piper) 1988, S. 18.

⁶ E. Schrödinger: »...vom Standpunkt des Physikers [ist] die Wurzel der Kausalität der Zufall« in Schrödinger, ›Das Gesetz der Zufälle‹, *Die Koral-*

le 5 (1929), S. 417-8. Siehe auch Anm. 17, S. 28.

⁷ In vielen Fällen kann auch ein Laie das nachvollziehen; siehe dazu Feynmans viele Beispiele (Anm. 5).

⁸ Für Heisenberg ist eine kausale Vergangenheitschau möglich, aber »reine Geschmackssache«. Sicher ist »..., dass die Unbestimmtheitsrelationen sich offenbar nicht auf die Vergangenheit beziehen«, Werner Heisenberg, *Physikalische Prinzipien der Quantentheorie* (1929 und später, hier Mannheim 1991), S. 15.

⁹ Das ist Karl Poppers Interpretation der Quantenphysik in K. Popper, *Eine Welt der Propensitäten*, Tübingen (Mohr Siebeck) 1995, (englisch 1990). Die Idee wird hier weitergeführt.

¹⁰ Eine Idee Karl Poppers, die er seit den 50er Jahren des 20. Jh. vertritt. Siehe K. Popper, *Das Offene Universum*, Tübingen (Mohr Siebeck) 2001 aus den Jahren 1951-1956; insbesondere: K. Popper, *Realismus und das Ziel der Wissenschaft*, Tübingen (Mohr Siebeck) 2002, aus dem Jahr 1956, Teil II; sowie das kleine Buch in Anm. 9.

¹¹ Auch diese Idee geht auf Popper zurück; siehe Anm. 10.

¹² Vgl. zu diesem Abschnitt die frühen Versuche von Poisson, Carnap, Quetelet und anderen, zwei Arten von Wahrscheinlichkeiten zu unterscheiden in: Lit. in Anm. 16, Kap. 8.2, siehe dort auch S. 28, 57, 189-190. Objektive Wahrscheinlichkeiten bezogen sich zunächst (bis 1956 auch bei Popper, siehe Anm. 33) meist auf Häufigkeiten.

¹³ Popper ist mit Abstand der wichtigste Philosoph der Propensities, auch wenn Propensities der Sache nach bereits bei Jakob Bernoulli und wörtlich bei Charles Sanders Peirce (Coll. Papers II, Harvard Uni Press 1932) vorkommen (Lit. in Anm. 16, Kap. 8.2). Siehe auch die Verweise auf Poppers Arbeiten unter ›Propensitäten‹ und ›Wahrscheinlichkeit‹ in: H. J. Niemann, *Lexikon des Kritischen Rationalismus*, Tübingen (Mohr Siebeck) 2004.

¹⁴ Robert Merton, Elinor Barber, *Travels and Adventures of Serendipity*, Princeton University Press 2004 (Text aus dem Jahr 1958).

¹⁵ Auf die unserem Glück oft im Wege stehenden ›Grenzen unserer emotionalen Intelligenz‹ kann ich hier nicht eingehen, obgleich es äußerst wichtig ist, sie zu kennen. Siehe dazu Daniel Gilbert, *Stumbling on Happiness*, New York (Knopf) 2006.

¹⁶ Zur z.T. auch wissenschaftlichen Verbreitung des Determinismus, siehe Gerd Gigerenzer et al., *Das*

Reich des Zufalls, Heidelberg-Berlin (Spektrum Verlag) 1999 (engl. Original 1989), ›Determinismus‹ (Kap. 1.4 und 8.3).

¹⁷ Der Glaube der Physiker bis in die 20er Jahre des 20. Jh. Siehe W. Heisenberg, *Das Naturbild der heutigen Physik*, Hamburg (Rowohlt), S. 28. Siehe auch Anm. 18.

¹⁸ E. Schrödinger, ›Was ist ein Naturgesetz‹, *Die Naturwissenschaften*, 17 (1929), S. 9-11, Abdruck der Antrittsrede von 1922. Siehe auch Anm. 17, S. 26.

¹⁹ I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, Teil I, Zweites Buch, Erste Abteilung, 2. Hauptstück, 3. Abschnitt, Nr. (3), zweite Analogie. Noch Erwin Schrödinger folgte Kant: »Kausalität ist ein unlösbarer Bestandteil unserer Art, zu begreifen, den wir an jedes Beobachtungsmaterial heranzubringen nicht vermeiden können, es mag beschaffen sein wie es will« (Brief an Hans Reichenbach 1924, abgedruckt in: ›Anmerkungen zum Kausalproblem‹, *Erkenntnis* 5 (1932), S. 65-70, hier S. 69.) Schrödinger ist sich auf derselben Seite klar darüber, dass es wahrscheinlich nirgendwo strenge Kausalität gibt.

²⁰ Einstein gab seinen Determinismus erst 1954 in einem Brief an Wolfgang Pauli auf (siehe Popper, *Das Offene Universum*, Tübingen 2001, Kap. I, Anm. 2). Seine ›Übergangswahrscheinlichkeiten‹ sind dennoch echte Propensities im Popperschen Sinne: A. Einstein, ›Zur Quantentheorie der Strahlung‹, *Physikalische Zeitschrift* 18 (1916), S. 121-128.

²¹ E. Schrödinger, Anm. 18. Schrödinger selbst konnte sich dem Druck der Tradition nicht entziehen. Seit 1926 hat er die Idee des unerklärbaren Indeterminismus auf atomarer Ebene wieder aufgegeben. Er glaubte nun, mit den ›Wellen‹ seiner berühmten Schrödinger-Gleichung alles deterministisch erklären zu können (W. Moore, *A Life of Erwin Schrödinger*, Cambridge Univ. Press 1994, S. 115.) Zum Glück leben Ideen länger als Autoren.

²² Wie z. B. Franz Exner und Erwin Schrödinger (1922), siehe Lit. in Anm. 21. Charles Darwin gehört nicht zu den Vordenkern echten Zufalls, obgleich seine Evolutionstheorie inzwischen zu den besten Stützen des Indeterminismus zählt. Der Zufall galt zunächst als *Einwand* gegen Darwins Theorie, den man zu entkräften versuchte. Siehe Gerd Gigerenzer et al., in Anm. 16, S. 87-89.

²³ W. Heisenberg, ›Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik‹,

Zeitschrift für Physik 43 (1927), S. 172-198.

²⁴ Pierre-Simon Laplace, *Essai philosophique sur des Probabilités* (1814).

²⁵ Anm. 5.

²⁶ Anm. 5, S. 50-61.

²⁷ Gemeint ist das ›Mach-Zehnder-Interferometer. Siehe z.B. bei A. Zeilinger, *Der Schleier Einsteins*, München (C. H. Beck) 2003, Kap. IV, 6, S. 181 f.

²⁸ Ich folge hier Poppers Ideen (siehe Anm. 9) und Feynmans Ergebnissen der Quantenphysik (siehe Anm.5).

²⁹ Dieses Realitätskriterium Alfred Landés wird übernommen und diskutiert in: Karl Popper, *Das offene Universum*, Tübingen 2001, Anhang I, Abschnitt ›Die Realität der drei Welten‹. Auch der bedeutendste Wissenschaftler auf dem Gebiet quantenmechanischer Wahrscheinlichkeiten, Max Born, hält Wahrscheinlichkeiten für real; siehe Nancy Cartwright, ›Max Born and the Reality of Quantum Probabilities‹, in: L. Krüger, G. Gigerenzer und M. S. Morgan (Hrsg.), *The Probabilistic Revolution*, Vol. 2, MIT Press (1987), S. 409-416.

³⁰ Diskutiert in: K. Popper, *Das offene Universum*, Tübingen 2001.

³¹ Selbst Heisenberg schwankte noch zwischen subjektiven und objektiven Wahrscheinlichkeiten; siehe sein *Physik und Philosophie*, Berlin (Ullstein) 1959, S. 34.

³² Natürlich nicht überall. Dort, wo die Dinge bereits festliegen und wir raten müssen, hat die ›subjektive Wahrscheinlichkeitsinterpretation‹ ihren Platz.

³³ Popper, *Die Logik der Forschung*, 1935; 11. Aufl. Tübingen (Mohr Siebeck) 2005. Das Grundproblem der Zufallstheorie in Abschnitt 49; Poppers damalige Lösung in Abschnitt 64; seine spätere in K. Popper, *Realismus und das Ziel der Wissenschaft*, Teil II, insbes. Abschn. 28 und die ›abschließende Zusammenfassung von 1982‹.

³⁴ Poppers Propensity-Interpretation: siehe Anm.9 und 10.

³⁵ Siehe Anm. 9.

³⁶ Siehe Anm. 29.

³⁷ Siehe beispielsweise R. Feynman, *Lectures on Physics*, Addison-Wesley Publishing 1971, Vol. III, *Quantum Mechanics*, Abschn. 3.

³⁸ Popper, siehe Anm. 33, Abschnitt 76.

³⁹ So genannte ›Fullerene‹.

⁴⁰ Siehe Anm. 27.

⁴¹ Siehe die Experimente bei Feynman, Anm. 5, und

Zeilinger, Anm. 40.

⁴² Ich gehe hier und im Folgenden den Ideen Poppers nach, siehe Anm. 9, Abschnitt IX.

⁴³ Buchtitel: siehe Anm. 9.

⁴⁴ Sie geht auf Hugh Everett zurück, erklärt z. B. in: Lit. Anm. 27, S. 150f.

⁴⁵ Horace Walpole, *Letter to Horace Mann*, 28. Jan. 1754, in: W. S. Lewis (Hrsg.), *Horace Walpole's Correspondence*, The Yale Edition.

⁴⁶ Dieser dritten Bedeutung wegen verwenden wir das Wort auch im Plural: ›Serendipities‹.

⁴⁷ Robert Merton diskutierte Serendipity als Forschungsstrategie seit einem Vortrag im Jahr 1946: siehe Anm. 14, S. XXI und S. 18 f.

⁴⁸ Das ist kein *logischer* Schluss, sondern eine heuristische Vermutung.

⁴⁹ Sogenannte ›Zufallserfindungen‹ sind, wie Robert Merton fand, oft exemplarische Beispiele für ›Serendipity‹, weil bei ihnen Zufall *und* Klugheit eine Rolle spielen (siehe Anm. 47). Viele weitere Beispiele in: R. M Roberts, *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*, John Wiley 1989; P. J. Hannan, *Serendipity, Luck and Wisdom in Research*, iUniverse 2006; und in der englischen Wikipedia unter ›Serendipity‹.

⁵⁰ Anm. 47, S. 18-19.

⁵¹ Popper: »Sie [die Probleme] waren *Präferenzen*. Die Lösungen waren *Zufälle*.«, siehe Anm. 9, XII.