

Philipp Frank **Das Kausalgesetz** **und seine Grenzen**

Herausgegeben von Anne J. Kox
suhrkamp taschenbuch
wissenschaft

suhrkamp taschenbuch
wissenschaft 734

Wiener Kreis – Schriften zum Logischen Empirismus
Herausgegeben von H. L. Mulder (Amsterdam),
R. Hegselmann (Essen), A. J. Kox (Amsterdam),
F. Stadler (Wien)

Philipp Frank diskutiert in diesem Buch den Begriff der Kausalität sowohl in historischer Perspektive als auch im Rahmen der modernen Wissenschaften, insbesondere der Quantentheorie. Er arbeitet den Gegensatz zwischen dem Kausalitätsgesetz im Alltagsleben und dessen sehr viel subtilerer Verwendung in den Wissenschaften heraus. Besonderen Wert legt er auf die genaue Klärung jener Begriffe, die in die Formulierungen des Kausalgesetzes eingehen. Weiterhin diskutiert Frank das Verhältnis von theoretischen Begriffen wie z. B. »Elektrizität« oder »magnetisches Feld« einerseits und Beobachtungen bzw. Erfahrungen andererseits. Der sprachkritischen Grundeinstellung des Logischen Empirismus verpflichtet, betont Frank immer wieder die Gefahr, sinn- und bedeutungslose Sätze zu formulieren oder Tautologien für informativ zu halten.

Philipp Frank
Das Kausalgesetz
und seine Grenzen

Herausgegeben von
Anne J. Kox

Suhrkamp

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

2. Auflage 2016

Erste Auflage 1988

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 734

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 1988

Suhrkamp Taschenbuch Verlag

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Übersetzung,
des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung
durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert
oder unter Verwendung elektronischer Systeme
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Printed in Germany

Umschlag nach Entwürfen von
Willy Fleckhaus und Rolf Staudt

ISBN 978-3-518-28334-9

Inhalt

Anne Jacob Kox Einleitung	15
---------------------------	----

DAS KAUSALGESETZ UND SEINE GRENZEN

Vorwort	23
---------	----

I

Die Gefahren der Sinnlosigkeit bei Sätzen von großer Allgemeinheit

1. Das Instrument »Wissenschaft« und seine Handhabung	29
2. Formeln sind keine Aussagen über die wirkliche Welt	31
3. Nur tautologische oder Wirklichkeitssätze sind wahr oder falsch	32
4. Ein einzelner allgemeiner Satz ist weder wahr noch falsch	33
5. Es gibt keine Philosophie außerhalb der Fachwissenschaften	34
6. Sinnlose Fragestellungen	36
7. Die sogenannte philosophische Neutralität der Wissenschaft	38
8. Der Kampf gegen die Philosophie in Sowjetrußland	40
9. Gleiten allgemeiner Sätze ins Tautologische	42
10. Wie erkennt man Wirklichkeitssätze?	43
11. Der Satz »Eine gerade Linie kehrt nie in sich zurück«	44
12. Das Trägheitsgesetz als Tautologie	46
13. Das Trägheitsgesetz als Wirklichkeitssatz	47
14. »Die Vorausbestimmtheit der Zukunft« als Sinn des Kausalgesetzes	48
15. Der Satz »Alles ist vorherbestimmt« als tautologischer und als Wirklichkeitssatz	49
16. »Existenz einer Weltformel« als Sinn des Kausalgesetzes	50
17. Der Konventionalismus und seine Bedeutung	51

18. Die Auffassung der Wissenschaft durch H. Dingler . . .	53
19. Schwierigkeiten bei der Feststellung reiner Tautologien	56

II

Die schärfste Formulierung des Kausalgesetzes:
Laplaces Forderung einer Weltformel

1. Inhalt der Laplaceschen Forderung	59
2. Die Rolle der übermenschlichen Intelligenz in der Laplaceschen Formulierung	61
3. Was sagt die Laplacesche Forderung über die wirkliche Welt aus?	61
4. Was bedeutet die »Lage« eines Massenpunktes?	62
5. Laplaces Hypothese und Newtonsche Mechanik	64
6. Sinn der Laplaceschen Forderung für eine menschliche Intelligenz	66
7. Die Astronomie als Idealfall	67
8. Endlich ausgedehnte Körper paßten nie in das Laplacesche Schema	68
9. Einführung kontinuierlicher Medien statt der Massenpunkte	69
10. Die Mechanik der Kontinua kennt keine Kausalität im Laplaceschen Sinne	70
11. Die Mechanik der Kontinua führt notwendig zur statistischen Auffassung	72
12. Laplacesche Forderung und Elektrizitätstheorie	72
13. Kausalität und Äther	74
14. Einführung allgemeinerer Bewegungsgesetze als der Newtonschen	75
15. Vorausbestimmtheit durch den Zustand während einer endlichen Zeit	76
16. Durch Einführung des Feldes an Stelle der Körper verliert das Kausalgesetz seine Einfachheit	77
17. Die Feldphysik und die okkulten Qualitäten	77
18. Der wissenschaftliche Sinn der Feldphysik	78
19. Das Kausalgesetz der Feldphysik ist viel unbestimmter als das Laplacesche	79
20. Wie kann das Kausalgesetz in der Feldphysik präzisiert werden?	81

III
Kausalitätsfeindliche Strömungen

1. Die Quellen der antikausalen Strömungen	83
2. Die erste »Lockerung« des Kausalgesetzes in der Physik	85
3. Die energetische Naturauffassung	86
4. Rettungsversuch der mechanischen Kausalität durch den Gedanken der Statistik	89
5. In der statistischen Auffassung liegt aber schon ein Abrücken von der Laplaceschen Kausalität	90
6. Der Maxwellsche Dämon	91
7. Stimmen von Physikern gegen die Allgemeingültigkeit der mechanischen Kausalität	92
8. Antikausale Auffassung in der Quantenmechanik . . .	94
9. Kausalität und Wunderglauben	96
10. Die »Durchbrechung« der Naturgesetze	97
11. Eine historische Bemerkung	99
12. »Lücken« in den Naturgesetzen	100
13. »Lücken« durch den Unterschied zwischen mathematischen Punkten und beobachtbaren Raumstellen	101
14. Über die Benutzung der Lücken in der mechanischen Gesetzmäßigkeit	103
15. Beim Wunder muß das Eingreifen in die Lücken planmäßig sein	104
16. Zweckbetrachtungen anstatt kausaler Auffassungen . .	105
17. Die Richtung des Fortschrittes in der Geschichte der Naturwissenschaften	107
18. Der Charakter der Gesetzmäßigkeiten in Physik und Biologie ist derselbe	108
19. Gründliches und oberflächliches Erfassen des Naturgeschehens	109
20. »Verstehende« Wissenschaften im Gegensatz zu bloß »ordnenden«	111
21. Die Natur arbeitet möglichst sparsam	114
22. Der wissenschaftliche Sinn des Prinzips der kleinsten Wirkung	114
23. Strebungen und Tendenzen als Bestandteile biologischer Theorien	116
24. Psychologie höherer Wesen als Grundlage der Biologie	119

1. Das Zeitalter der Aufklärung und die Zweckursachen	121
2. Sind »Kausalität« und »Finalität« Kennzeichnungen der wirklichen Welt?	122
3. Erklärungen durch »Zweckstreben« sind immer oberflächlich	123
4. Die bloße Annahme der »Existenz eines Planes« ist sinnlos	124
5. »Bestimmtheit der Gegenwart durch die Zukunft« in der Mechanik	127
6. Auch der »gegenwärtige« Zustand ist eigentlich der Zustand in mehreren Zeitpunkten	128
7. Auch beim lebendigen Organismus ist die bloße Behauptung der »Zielstrebigkeit« sinnlos	129
8. Nur Zwecke, die ein lebendiges Wesen anstrebt, sind sinnvoll	130
9. Auch in der Geschichtswissenschaft ist die Einführung von Zwecken, die niemand bezweckt, etwas sehr Oberflächliches	131
10. Die »Autonomie« der Lebenserscheinungen wird oft unbesehen hingenommen	132
11. Ein Beweis von H. Driesch für die Autonomie der Lebenserscheinungen	133
12. Bedenken gegen den Beweis	135
13. Driesch will die Unvereinbarkeit der Lebensvorgänge mit der Newtonschen Mechanik beweisen	137
14. Versuch, die Behauptung des Vitalismus als Beschreibung eines beobachtbaren Tatbestandes zu formulieren	139
15. Ein anderer Beweis von Driesch: die Analyse der menschlichen Handlungen	141
16. Bedenken gegen den Beweis	142
17. Positive Formulierungen des Vitalismus führen zum Spiritismus	144
18. Der Vitalismus ist im strengen Sinn keine wissenschaftliche Theorie	146
19. Versuche, den Vitalismus »positivistisch« zu formulieren	147

20. Dialektischer Materialismus und Vitalismus	150
21. Der Kampf gegen die »Mechanisten« in Sowjet- rußland	153
22. Welche Aussagen über die wirklichen Vorgänge enthält der dialektische Materialismus?	155
23. Biologen als Gegner von Vitalismus und Teleologie	157
24. Was bedeuten die Aussagen der »Ganzheits- philosophie«?	159
25. Der Vitalismus in der Biologie und die finalistischen Auffassungen in der Physik	162
26. Finalismus und Quantentheorie	163

v

Physikalische Gesetzmäßigkeit
und Kausalität

1. Vorgänge ohne Energieänderung sollen keine mechani- sche Ursache brauchen	170
2. Die Rolle des Energiesatzes darf nicht übertrieben wer- den	171
3. Gibt es eine besondere Energieform für die Lebensvor- gänge?	174
4. Worin besteht die besondere Rolle des Energie- satzes?	175
5. Sind Ursache und Wirkung vertauschbar?	176
6. Die kausale Form physikalischer Gesetze	179
7. Die Störungen der Planetenbahnen als Beispiel	181
8. »Freie« und »erzwungene« Bewegungen in der Mechanik	182
9. »Freie« und »erzwungene« menschliche Handlungen .	183
10. Die Frage der »Freiheit« der menschlichen Handlun- gen hat nichts mit der des Determinismus zu tun	184
11. Für die Welt als Ganzes verliert das Wort »frei« seinen Sinn	186
12. Die Einteilung menschlicher Handlungen in »freie« und »erzwungene« ist eine naturwissenschaftliche und bildet keine Brücke zur Metaphysik	187

VI
Kausalität und Zufall

1. Ein Ereignis kann nur in bezug auf ein bestimmtes kausales Gesetz »Zufall« heißen	190
2. »Zufälligkeit eines Ereignisses« sagt etwas Negatives aus	191
3. Das Glücksspiel und der positive Zufallsbegriff	192
4. Jede physikalische Versuchsreihe ist Ergebnis eines Glücksspiels	195
5. Die Hypothese des Determinismus	196

VII
Kausalität und Quantenmechanik

1. Der Determinismus und die Laplacesche Weltanschauung	197
2. Der Determinismus verlangt exakte Zahlenwerte für die Zustandsgrößen	198
3. Atomistische Auffassung und Determinismus	199
4. Der Determinismus war nie restlos durchgeführt	201
5. Die Bohrsche Atomtheorie und der Determinismus	202
6. Der Satz: »Was im Kleinen gilt, gilt auch im Großen«	203
7. Der Determinismus bei den feinsten Vorgängen	205
8. Bruch zwischen der Mechanik im Großen und im Kleinen	207
9. Die beliebig genaue Messung aller Zustandsgrößen ist prinzipiell unmöglich	208
10. Die Heisenbergschen Unschärfebeziehungen	210
11. Die Unmöglichkeit, aus den Versuchsbedingungen des Einzelversuchs dessen Ergebnis vorherzusagen	212
12. Von der klassischen Mechanik zur neuen »Wellen«mechanik	214
13. Wellenoptik und Unschärfebeziehungen	216
14. Materiewellen und Unschärfebeziehungen	219
15. Es gibt kein Scheibenschießen mit beliebig kleinen Massenteilchen	222
16. Die Aussagen der Wellenmechanik	224
17. Wellenmechanik und Laplacescher Geist	226
18. Die Vorhersage der Zukunft in der Wellenmechanik	227

19. Die Verwendung der Wellenmechanik zur Überwindung der kausal-mechanischen Weltauffassung	229
20. Die Wellenmechanik bringt kein »irrationales« Element in die Naturauffassung	231
21. Die Wellenmechanik und die »Lücken« in der mechanischen Kausalität	233
22. Wellenmechanik und »Willensfreiheit«	235

VIII

Kausalität, Zufall oder Plan
in der Weltentwicklung?

1. Gesetzmäßigkeit in verschiedenen Zustandsgrößen bedeutet etwas Verschiedenes	238
2. Eine Eigenschaft der soziologischen und historischen Gesetze	240
3. Die Rolle von Kausalität und Zufall in der materialistischen Geschichtsauffassung	241
4. Die Zustandsänderungen in einem Gase als Beispiel	243
5. Die verschiedene Wahrscheinlichkeit der einzelnen Zustände	246
6. Die Wahrscheinlichkeit verschiedener Dichteverteilungen in einem Gase	248
7. Die »Nichtumkehrbarkeit« der Naturvorgänge	250
8. Zustandswahrscheinlichkeit und Entropie	252
9. Die »Unwahrscheinlichkeit« regelmäßiger Figuren	254
10. Die Entstehung der Organismen durch »Zufall« soll »unendlich unwahrscheinlich« sein	255
11. Das Zeitalter der Aufklärung und die Frage von der Entstehung der Ilias durch Zufall	256
12. Die »Wahrscheinlichkeit« einer Entstehung der Organismen durch Zufall ist ganz undefiniert	258
13. Aus der Ablehnung des Zufalls folgt aber nicht die Existenz einer Planmäßigkeit	260

IX

Schwierigkeiten bei der Formulierung
eines allgemeinen Kausalgesetzes

1. Vorläufige Übersicht über einige Schwierigkeiten	263
2. Formulierungen mit Hilfe der Wiederkehr gleicher Zustände	265

3. Teilweise Kreisprozesse	266
4. »Wiederkehr eines Zustandes« kann sehr Verschiedenes bedeuten	268
5. Je nach der Auffassung von der »Wiederkehr« hat die kausale Vorhersage der Zukunft einen ganz verschiede- nen Charakter	270
6. Anwendung auf Individual- und Sozialpsychologie . . .	271
7. Vorhersage auf Grund der Wiederkehr eines Zustandes und auf Grund von Gesetzen	273
8. Das Kausalgesetz als Behauptung der Existenz von Gesetzen	274
9. Das Kausalgesetz wird leicht zu einer Tautologie	275
10. Wie ist der Kausalsatz als Wirklichkeitssatz zu erhalten?	276
11. Poincaré, Kant und Lenin	277
12. Die Zuordnung der zahlenmäßig bestimmten Zustandsgrößen zu den Beobachtungen bereitet Schwierigkeiten	279
13. Die üblichen Zuordnungsregeln versagen bei den feinsten Vorgängen	281
14. Erst durch Angabe der Zuordnungsregeln wird der Satz »auf A folgt jedesmal B« zu einem Wirklichkeits- satz	282
15. Die besprochenen Schwierigkeiten sind keine überflüs- sigen Spitzfindigkeiten	283
16. Die Aussage, daß die »wahren« Zustandsgrößen dem Kausalgesetz gehorchen, ist kein Wirklichkeitssatz . . .	284
17. Trotz aller dieser Schwierigkeiten wenden wir das Kausalgesetz im Leben mit Erfolg an	286

x

Von der sogenannten wahren Welt

1. »Wirklich« und »scheinbar«	288
2. Was bedeutet »wirklich« und »scheinbar« in der Physik?	289
3. »Wahre« und »scheinbare« Masse, »wahre« und »scheinbare« Kraft	290
4. Die »wahre«, »wirkliche« Welt in der Physik	292

5. Der Sinn einer »wahren« Welt außerhalb der Erlebnisse	293
6. Versuche, die »wahre« Welt mit Hilfe von Erlebnissen zu definieren	294
7. Die »wahre« Welt als Grenze, der die wissenschaftlichen Theorien zustreben	296
8. Eine Konvergenz der physikalischen Theorien gegen eine Grenze ist nicht zu bemerken	297
9. Die physikalischen Theorien und die »wahre« Welt	299
10. Die neue Quantenmechanik und die »wahre« Welt	301
11. Die Begründer der Quantenmechanik und die »wahre« Welt	303
12. Die »Philosophie« will über die »wahre« Welt etwas aussagen	305
13. Ernst Mach als Gegner des Begriffes »wahre Welt«	306
14. Der Kampf Lenins und seiner philosophischen Schüler gegen den »Machismus«	308
15. In der Weigerung, von einer »wahren« Welt zu sprechen, liegt nichts Skeptisches	310
16. Das »Ignorabimus« ist sinnlos	311
17. Die sogenannten Grenzen der Wissenschaft	312
18. Die Anerkennung von Grenzen der Wissenschaft bedeutet die Anerkennung von außerwissenschaftlichen Erkenntnissen	313
19. In der Schulphilosophie sind die Reste veralteter wissenschaftlicher Theorien konserviert	315
20. Die »Philosophie« als Verteidigerin des Volksvorurteils	317
21. Die »Philosophie« im Kampf gegen den Fortschritt der Wissenschaft	318
22. Die Bedeutung des Neukantianismus für eine wissenschaftliche Weltauffassung	320

XI

Von der Gültigkeit des Kausalgesetzes

1. Im praktischen Leben vertrauen wir nie auf das allgemeine Kausalgesetz, sondern auf unsere Kenntnis über spezielle Zusammenhänge	324
---	-----

2. Die kausale Verknüpfung der Erlebnisse ist nicht die einzig richtige, sondern nur eine von großer praktischer Bedeutung	326
3. Auch der »allgemeine« Energiesatz wird in der wirklichen Physik nicht angewendet	328
4. Auch die »Erhaltung« der Energie hat nicht für beliebige Vorgänge einen Sinn	329
5. Der Energiesatz ist aber einem Wirklichkeitssatz näher als der Kausalsatz	331
6. Die kausalen Beziehungen zwischen Erlebnissen sind nach der neuen Physik nicht prinzipiell anderer Art als nach der alten; nur die Zuordnung zum Instrument »Wissenschaft«, zu den Beziehungen zwischen den Symbolen, hat sich verschoben	333
Anmerkungen	335
Bibliographie der Schriften Philipp Franks	346
Namenregister	356

Anne Jacob Kox

Einleitung

Philipp Frank (1884 bis 1966) studierte Physik und promovierte 1906 bei Ludwig Boltzmann in Wien. 1910 wurde er an der Wiener Universität im Fache Physik zum Privatdozenten ernannt. Zwei Jahre später wurde er an die Deutsche Universität in Prag zum Professor für theoretische Physik berufen, und zwar auf Empfehlung seines Vorgängers Albert Einstein. 1938 zwangen ihn die politischen Umstände, aus Europa zu fliehen. Frank ging in die USA, wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1954 an der Universität Harvard Physik und Mathematik lehrte.

Von Anfang an konzentrierten sich die Interessen Franks auf Probleme recht fundamentaler Art. Eine große Zahl von Publikationen, darunter einige Bücher, belegen diese Interessen (vgl. die Bibliographie der Schriften Franks). Sie behandeln Probleme der Mathematik, Physik (insbesondere der speziellen Relativitätstheorie) und der Wissenschaftstheorie. In den 20er Jahren wurde Frank ein vehementer Vertreter des Logischen Empirismus des Wiener Kreises und arbeitete seitdem fast ausschließlich auf wissenschaftstheoretischem Feld. Frank war fest davon überzeugt, daß die Methoden der modernen Wissenschaften Beiträge leisten könnten zur Beantwortung fundamentaler Fragen hinsichtlich Natur und Gültigkeit der Erkenntnis.

Die erste Ausgabe von *Das Kausalgesetz und seine Grenzen* erschien 1932 als Band 6 der Serie *Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung*, die von Moritz Schlick und Philipp Frank herausgegeben wurde. Zu den anderen Bänden der Serie gehörten z. B. *Abriß der Logistik* von Rudolf Carnap und *Fragen der Ethik* von Moritz Schlick. *Das Kausalgesetz* wurde 1937 ins Französische übersetzt. Eine englische Ausgabe ist in Vorbereitung.

Franks Buch *Das Kausalgesetz und seine Grenzen* knüpft an eine frühere Arbeit an, nämlich *Kausalgesetz und Erfahrung* (1907), in der Frank Poincarés Konventionalismus auf das Problem der Kausalität bezog. Diese frühere Arbeit hatte die Aufmerksamkeit Einsteins auf sich gezogen. Frank und Einstein begannen zu korrespondieren und wurden enge Freunde, die sie Zeit ihres Lebens

blieben. In der früheren Arbeit behauptete Frank, daß das Kausalgesetz in seiner üblichen Formulierung (»Einem bestimmten Anfangszustand A folgt immer der gleiche Zustand B«) nicht mehr sei als eine Definition des Begriffs »identischer Zustand«. In seinem Buch verteidigt Frank diese Position nicht mehr. Das Buch diskutiert den Kausalitätsbegriff sowohl in historischer Perspektive wie auch im Rahmen der modernen Wissenschaften, insbesondere der Quantentheorie. Frank arbeitet den Gegensatz zwischen dem Kausalitätsgesetz im Alltagsleben und dessen sehr viel subtileren Verwendung in den Wissenschaften heraus. Besonderer Wert wird auf die genaue Klärung des Begriffs »identischer Zustand« gelegt. Weiterhin gibt Frank eine klärende Diskussion des Verhältnisses von theoretischen Begriffen wie z. B. »Elektrizität« oder »magnetisches Feld« einerseits und Beobachtungen bzw. Erfahrungen andererseits.

In seinem Vorwort macht Frank Ziele und Methoden seiner Arbeit deutlich. Er unterstreicht besonders den Nutzen, den die im Wiener Kreis entwickelten Methoden der Begriffsklärung für die Explikation des alltäglichen und des wissenschaftlichen Kausalitätsbegriffs haben. Der historisch-kritische Ansatz, den er bei vielen Gelegenheiten wählt, ist inspiriert von Ernst Mach, den die Mitglieder des Wiener Kreises als ihren hauptsächlichen Vorläufer betrachteten. Immer wieder analysiert Frank Formulierungen des Kausalitätsgesetzes oder verwandter Behauptungen und kommt zu dem Ergebnis, daß sie bedeutungslos oder tautologisch sind.

Eines der zentralen Themen des Buches ist die Interpretation der bekannten Behauptung Laplaces, nach der unter der Bedingung, daß die Anfangspositionen und Geschwindigkeiten aller Partikel des Universums gegeben seien, die Zukunft mit absoluter Sicherheit prognostiziert werden könne. Frank macht die vielen Probleme deutlich, die sich im Zusammenhang dieser Annahme ergeben. So geben uns z. B. in vielen Fällen die Beobachtungen nicht genügend Informationen hinsichtlich der zugrundeliegenden »mikroskopischen« Phänomene, so daß die vollständige Kenntnis der Anfangszustände unerreichbar bleibt. Ein Beispiel ist das Volumen von Gas: Ein solches System besteht aus einer solch großen Anzahl von Partikeln, daß es unmöglich ist, jemals Positionen und Geschwindigkeiten aller Partikel zu wissen. Wir haben lediglich ein Wissen der »makroskopischen« Eigenschaften des Sy-

stems, z. B. Druck und Temperatur; und wir müssen auf ›statistische‹ Gesetze zurückgreifen, die die Entwicklung des Systems in nur approximativer Weise vorhersagen und Schwankungen nicht berücksichtigen. Auf einer fundamentaleren Ebene folgt aus der Quantentheorie, daß es unmöglich ist, zugleich Position und Geschwindigkeit mikroskopischer Partikel (wie es zum Beispiel Atome sind) exakt zu bestimmen. Konsequenz davon ist, daß nur die Resultate von Serien von Experimenten prognostiziert werden können, hingegen nichts gesagt werden kann über das Schicksal individueller mikroskopischer Konstituenten. Eine zweite fundamentale Restriktion, die sich aus der Quantentheorie für die Beschreibung eines physikalischen Systems ergibt, ist der unkontrollierbare Einfluß der Meßinstrumente auf das System. Für makroskopische Systeme ist dieser Effekt vernachlässigbar, für mikroskopische Systeme wird er hingegen überaus bedeutsam.

Eine andere fundamentale Überlegung hat damit zu tun, daß in vielen Fällen selbst eine sehr kleine Ungenauigkeit in unserem Wissen über Anfangsbedingungen schon sehr schnell zu Unvorhersagbarkeiten führen kann. Dieser Effekt wurde 1873 sehr klar durch den englischen Physiker James Clerk Maxwell herausgestellt; später, nämlich 1903, hat der französische Mathematiker und Wissenschaftsphilosoph Henri Poincaré ebenfalls das Problem diskutiert. Poincaré gebraucht das Bild eines Felsbrockens, der im Sinne eines labilen Gleichgewichts auf der Spitze eines Berges liegt. Durch einen kleinen Stoß würde er fallen, und es hängt entscheidend von der Richtung des Stoßes ab, welchen der zahllosen und sehr verschiedenen Fallwege der Stein nehmen wird. Neuere Entwicklungen in der Physik machen das Problem der Instabilität noch klarer. Aus den Untersuchungen ergibt sich, daß in bestimmten physikalischen Systemen (einige von ihnen sind sehr einfach und bestehen nur aus wenigen Komponenten, die in nicht-linearer Weise miteinander interagieren) das Verhalten nur für eine sehr kurze Zeitperiode prognostiziert werden kann. Nach dieser Periode setzt ein sogenanntes ›chaotisches‹ Verhalten ein und Schwankungen nehmen makroskopische Formen an. Ein Beispiel chaotischen Verhaltens in Flüssigkeitsströmen ist der Übergang von regulären ›laminaren‹ zu irregulären ›turbulenten‹ Strömungen. In diesen Fällen ist nach einer kurzen Zeitperiode selbst eine statistische Behandlung nicht mehr mög-

lich. Zu betonen ist dabei, daß dieses Verhalten nichts mit Indeterminiertheiten zu tun hat: Das System ist rein deterministisch in dem Sinne, daß es ausschließlich durch klassische deterministische Gesetze regiert wird. Ein anderes Beispiel für ein deterministisches chaotisches System ist die Erdatmosphäre. Dies wiederum setzt enge Grenzen für die Möglichkeit langfristiger Wettervorhersagen.

Zusammenfassend kann man also sagen: In vielen Fällen ist die Laplacesche Vorstellung vollständiger Vorhersagbarkeit unhaltbar, und zwar entweder aus Gründen praktischer Unmöglichkeit, Anfangszustände mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen, oder aber deshalb, weil es fundamentale Begrenzungen unserer Fähigkeit gibt, Wissen über mikroskopische Phänomene zu erhalten. Heißt das nun, daß auch das Kausalitätsgesetz verworfen werden muß? Nach Frank ginge dies zu weit. Auch die mikroskopischen Phänomene werden von deterministischen Gesetzen regiert (und zwar selbst in der Quantenphysik, wenn man auf die Gleichungen schaut, die die Entwicklung von Wellenfunktionen beschreiben), so daß in gewissem Sinne die mikroskopische Theorie einen kausalen Charakter hat. Es ist die Welt des täglichen Lebens, in der wir uns mit globalen statt rein kausalen Beziehungen begnügen müssen, und zwar deshalb, weil die Beziehungen zwischen den mathematischen Größen, mit denen wir die mikroskopische Welt beschreiben, und der Welt des täglichen Lebens nicht in einer eindeutigen Weise hergestellt werden können. In den meisten Situationen des alltäglichen Lebens genügt aber ein ›schwaches‹ Kausalitätsprinzip, das uns bei den meisten unserer Handlungen auf ›kausale‹ Beziehungen bauen läßt.

Es ist häufig gedacht worden, daß die Unmöglichkeit, das Laplacesche Programm durchzuführen (und zwar insbesondere mit Blick auf die Quantenphysik, in der wir mit Begrenzungen fundamentaler Art konfrontiert sind), zugleich ein Argument für einen freien Willen ist. In diese Richtung weisende Bemerkungen finden sich immer wieder, und dies auch in den Diskussionen um gegenwärtige Entwicklungen der Theorien chaotischer Prozesse. Man kann nicht häufig genug betonen, daß es keinen Zusammenhang zwischen beidem gibt. Wie auch Frank herausstellt, müssen alle Versuche, das unvorhersagbare Verhalten sehr komplizierter Systeme – wie etwa des menschlichen Gehirns – heranzuziehen, um undefinierte Begriffe wie z. B. »Willenskraft« einzuführen,

scheitern und in unüberprüfbaren, metaphysischen Behauptungen enden. Das Problem des freien Willens kann – wenn es denn überhaupt lösbar ist – nicht im Kontext der Naturwissenschaften gelöst werden.