

Schriften zum Öffentlichen Recht

Band 1283

Komplexität und Recht

Von

Michael Zollner



Duncker & Humblot · Berlin

MICHAEL ZOLLNER

Komplexität und Recht

Schriften zum Öffentlichen Recht

Band 1283

Komplexität und Recht

Von

Michael Zollner



Duncker & Humblot · Berlin

Die Juristische Fakultät der Universität Augsburg
hat diese Arbeit im Jahre 2013
als Dissertation angenommen.

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.

Alle Rechte vorbehalten

© 2014 Duncker & Humblot GmbH, Berlin
Fremddatenübernahme: L101 Mediengestaltung, Berlin
Druck: CPI buchbücher.de, Birkach
Printed in Germany

ISSN 0582-0200

ISBN 978-3-428-14266-8 (Print)

ISBN 978-3-428-54266-6 (E-Book)

ISBN 978-3-428-84266-7 (Print & E-Book)

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier
entsprechend ISO 9706 ☺

Internet: <http://www.duncker-humblot.de>

Für meine Frau Tali!

Herzlichen Dank an Prof. Appel und
meine Familie für die geduldige Unterstützung!

Inhaltsübersicht

Einführung	29
I. Gegenstand der Untersuchung	29
II. Methodisches Vorgehen und Aufbau	34
<i>Teil I</i>	
Rezeptionsbedarf: Das Komplexitätsproblem des modernen Rechts am Beispiel des Umwelt- und Technikrechts	38
A. Vorüberlegungen	38
I. Was bedeutet Komplexität?	40
II. Komplexität als Rechtsproblem	47
III. Das Umweltrecht als Referenzgebiet für das Komplexitätsproblem des Rechts in der modernen Gesellschaft	55
B. Die Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts als Herausforde- rung für Recht und Staat	67
I. Folgen der Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	67
II. Wesentliche Strategien und Konzepte zum Umgang mit der Komplexi- tät der Regelungsmaterie des Umweltrechts	98
III. Defizite und Grenzen der Konzepte und Strategien zum Umgang mit der Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	127
C. Die Komplexität der Umweltrechtsordnung als Herausforderung für Recht und Staat	159
I. Folgen der übermäßigen Komplexität der Umweltrechtsordnung	159
II. Wesentliche Strategien und Konzepte zur Reduktion der Komplexität der Umweltrechtsordnung	168
III. Defizite und Grenzen der Konzepte und Strategien zur Reduktion der Komplexität der Umweltrechtsordnung	174
D. Konklusion	182
I. Die Defizite und Grenzen der Methodik des Umgangs mit Komplexität im Umweltrecht als Herausforderung für die Umweltrechtslehre	182
II. Das Erfordernis einer Einbeziehung interdisziplinärer Erkenntnisse bei der Lösung des umweltrechtlichen Komplexitätsproblems	184

Teil II

Rezeptionsgegenstand: Die Komplexitätstheorie	189
A. Historisch-naturwissenschaftliche Einführung	189
I. Vom linearen zum nichtlinearen Denken in den Naturwissenschaften	189
II. Komplexitätsforschung und Komplexitätstheorie	205
B. Theorien der Komplexität	210
I. Theoretische Konzepte über nichtlineare Dynamik, Chaos und Komplexität	211
II. Theorien der Selbstorganisation	233
C. Die Möglichkeiten und Grenzen der Analyse und Steuerung komplexer dynamischer Systeme	252
I. Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung und Analyse komplexer dynamischer Systeme	253
II. Möglichkeiten und Grenzen der Regelung und Steuerung komplexer dynamischer Systeme	261
D. Konklusion	265
I. Wesentliche Aussagen der Komplexitätstheorie	265
II. Allgemeine wissenschaftstheoretische Einordnung der Komplexitätstheorie	272

Teil III

Rechtswissenschaftliche Rezeption: Die Übertragung der Konzepte und Hypothesen der modernen Komplexitätsforschung auf die Umweltrechtslehre	275
--	-----

A. Vorüberlegung: Die Komplexitätstheorie als Erkenntnisquelle für die Rechtslehre	275
I. Möglichkeiten und Grenzen des interdisziplinären Theorientransfers	276
II. Stand der Forschung	285
B. Die Methodik des Umgangs mit komplexen Regelungsmaterien im Umweltrecht im Lichte der Komplexitätstheorie	301
I. Der allgemeine Erklärungswert der Komplexitätstheorie für die Umweltrechtslehre in Bezug auf das Problem der besonderen Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	301
II. Überlegungen zu den Möglichkeiten einer Verbesserung der Methodik des Umgangs mit komplexen Regelungsgegenständen im Umweltrecht unter Berücksichtigung komplexitätstheoretischer Konzepte und Hypothesen	359
C. Die Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung im Lichte der Komplexitätstheorie	482

I.	Der allgemeine Erkenntniswert der Komplexitätstheorie im Hinblick auf die Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung	482
II.	Überlegungen zur Verbesserung der Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung unter Heranziehung der Konzepte und Hypothesen der modernen Komplexitätsforschung	483
D.	Konklusion	492
I.	Die besondere Bedeutung der Komplexitätstheorie für die Rechtslehre im Hinblick auf das Problem der Komplexität und Dynamik der Regelungsmaterie des Umweltrechts	493
II.	Die eingeschränkte Bedeutung der Komplexitätstheorie für die Rechtslehre im Hinblick auf das Problem der Komplexität und Dynamik der Umweltrechtsordnung	494
<i>Teil IV</i>		
	Zusammenfassung und Schlussbemerkung	496
A.	Zusammenfassung der Ergebnisse	496
B.	Schlussbemerkung	510
	Literaturverzeichnis	512
	Sachregister	542

Inhaltsverzeichnis

Einführung	29
I. Gegenstand der Untersuchung	29
1. Untersuchungsziel und rechtswissenschaftlicher Hintergrund	29
2. Das Umweltrecht als Referenzgebiet der Untersuchung	33
II. Methodisches Vorgehen und Aufbau	34
1. Rezeptionsetappen	34
2. Aufbau der Untersuchung	36
 <i>Teil I</i>	
Rezeptionsbedarf: Das Komplexitätsproblem des modernen Rechts am Beispiel des Umwelt- und Technikrechts	38
A. Vorüberlegungen	38
I. Was bedeutet Komplexität?	40
1. Die Komplexität des Komplexitätsbegriffs	40
2. Eckpunkte des traditionellen wissenschaftlichen Komplexitätsverständnisses	41
a) Der wissenschaftliche Komplexitätsbegriff als systemrelativer Begriff	41
b) Kriterien zur Bestimmung des Komplexitätsgrades eines Systems	42
3. Das neue Komplexitätsverständnis im Sinne der modernen Komplexitätswissenschaft	45
4. Zusammenfassung	46
II. Komplexität als Rechtsproblem	47
1. Von der natürlichen Randbedingung zum Rechtsproblem	48
a) Komplexe Regelungsmaterien als Rechtsproblem	48
b) Die Komplexität der modernen Rechtsordnung als Rechtsproblem	49
2. Komplexität als Herausforderung für die Rechtslehre	53
3. Zusammenfassung	54
III. Das Umweltrecht als Referenzgebiet für das Komplexitätsproblem des Rechts in der modernen Gesellschaft	55
1. Die besondere Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	55
a) Die Komplexität und Dynamik der ökozentrischen Umwelt	55

b) Die Komplexität und Dynamik der anthropozentrischen Umwelt	57
c) Die Vernetzung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Umwelt	60
2. Die besonderen Komplexität der Umweltrechtsordnung	61
3. Zusammenfassung	66
B. Die Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts als Herausforderung für Recht und Staat	67
I. Folgen der Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	67
1. Unmittelbare Auswirkungen der Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts für die Rechtspraxis	68
a) Informationsdefizite	68
b) Unsicherheit und Ungewissheit	69
2. Rechtliche Folgeprobleme	70
a) Die Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts als Hindernis einer rationalen Umweltrechtspolitik	70
aa) Komplexität und umweltrechtliche Gefahrenabwehr	71
bb) Komplexität und Risikovorsorge	74
b) Die Komplexität umweltrechtlicher Regelungsgegenstände als Ursache des traditionellen Strukturdefizits des Umweltrechts	79
aa) Das traditionelle Strukturdefizit des Umweltverwaltungsrechts	79
(1) Die traditionelle Struktur des Umweltverwaltungsrechts	80
(2) Die traditionelle Struktur des Umweltverwaltungsrechts versus rechtsökologische Realität	82
bb) Das traditionelle Strukturdefizit des Umwelthaftungsrechts	89
(1) Die traditionelle Struktur des Umwelthaftungsrechts	89
(2) Die traditionelle Struktur des Umwelthaftungsrechts versus rechtsökologische Realität	91
cc) Das traditionelle Strukturdefizit des Umweltrechts als konzeptionelle und regelungstechnische Herausforderung	97
3. Zusammenfassung	97
II. Wesentliche Strategien und Konzepte zum Umgang mit der Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	98
1. Die Tendenz zur Verlagerung umweltrechtlicher Entscheidungen auf private Institutionen, Verwaltung und Justiz	98
a) Die besondere Bedeutung der Normdelegierung und der Ausweitung administrativer Spielräume im Umweltrecht	100
b) Die besondere Bedeutung des legislativen Outsourcing im Umweltrecht	101
2. Konzepte zur Beschaffung und Verwaltung von Umweltinformationen	103
a) Instrumente staatlicher Umweltinformationsbeschaffung	104
b) Instrumente staatlicher Umweltinformationsverwaltung	105

3. Die reduktionistische Zerlegung umweltrechtlicher Information als methodisches Mittel zur rechtlichen Aufbereitung der Regelungsmaterie	106
4. Die inhaltliche bzw. konzeptionelle Modernisierung des Umweltrechts	107
a) Die Implementierung von Umweltrechtsprinzipien als Leitlinien des Umweltrechts	108
b) Die konzeptionelle Reformierung des Umweltrechts als Antwort des Umweltgesetzgebers auf die besondere Komplexität umweltrechtlicher Regelungsgegenstände	112
aa) Eckpunkte der Umweltverwaltungsrechtsreform	112
bb) Eckpunkte der Reform des Umwelthaftungsrechts	119
c) Die Hinwendung zu alternativen und ergänzenden Regelungskonzepten	121
5. Die inhaltliche und zeitliche Öffnung umweltrechtlicher Normen	124
6. Zusammenfassung	126
III. Defizite und Grenzen der Konzepte und Strategien zum Umgang mit der Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	127
1. Die Grenzen der Verlagerung des Gesetzgebungsprozesses auf informelle Gesetzgeber	128
a) Grundprobleme der wissenschaftlichen Umweltrechtsberatung	128
b) Die rechtsstaatlichen Grenzen des legislativen Outsourcing	131
2. Die komplexitätsbedingten Grenzen der Informationsbeschaffung und -verwaltung im Umweltrecht	133
3. Die komplexitätsbedingten Grenzen der rechtlichen Strategie des Reduktionismus im Umweltrecht	134
4. Die komplexitätsbedingten Defizite der inhaltlichen und konzeptionellen Modernisierung des Umweltrechts	136
a) Die Defizite und Grenzen der Prinzipien des Umweltrechts als Leitlinie für den Umgang mit der Komplexität der Regelungsmaterie im Umweltrecht	136
b) Die Defizite der bisherigen Umweltrechtsreform in Bezug auf das umweltrechtliche Komplexitätsproblem	143
aa) Die Defizite der Umweltverwaltungsrechtsreform	144
bb) Die Defizite der Reform des Umwelthaftungsrechts	151
cc) Die Defizite alternativer Regelungskonzepte als Konzepte zum Umgang mit der besonderen Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	153
5. Grenzen der inhaltlichen und zeitlichen Öffnung umweltrechtlicher Normen	155
6. Zusammenfassung	157
C. Die Komplexität der Umweltrechtsordnung als Herausforderung für Recht und Staat	159
I. Folgen der übermäßigen Komplexität der Umweltrechtsordnung	159

1. Die Komplexität der Umweltrechtsordnung als Rechtsanwendungs- und Rechtssetzungsproblem	160
2. Rechtliche Folgeprobleme	161
a) Die Komplexität der Umweltrechtsordnung als rechtspolitisches Problem	161
b) Die Komplexität der Umweltrechtsordnung als rechtsstaatliches Problem	165
3. Zusammenfassung	167
II. Wesentliche Strategien und Konzepte zur Reduktion der Komplexität der Umweltrechtsordnung	168
1. Deregulierung und Rechtsbereinigung	168
2. Vereinfachung	169
3. Rechtsoptimierung	171
4. Abstrahierung und Systematisierung	171
a) Abstrahierung	172
b) Systembildung	172
5. Zusammenfassung	174
III. Defizite und Grenzen der Konzepte und Strategien zur Reduktion der Komplexität der Umweltrechtsordnung	174
1. Defizite und Schwächen der Deregulierung und Rechtsbereinigung im Umweltrecht	175
2. Grenzen der Vereinfachung der Umweltrechtsordnung	176
3. Grenzen der Rechtsoptimierung	178
4. Defizite und Grenzen der Abstrahierung und Systematisierung des Umweltrechts	178
a) Die Grenzen der Abstrahierung umweltrechtlicher Regelungen	179
b) Die Grenzen der Systematisierung des Umweltrechts	179
5. Zusammenfassung	181
D. Konklusion	182
I. Die Defizite und Grenzen der Methodik des Umgangs mit Komplexität im Umweltrecht als Herausforderung für die Umweltrechtslehre	182
II. Das Erfordernis einer Einbeziehung interdisziplinärer Erkenntnisse bei der Lösung des umweltrechtlichen Komplexitätsproblems	184
1. Von einer strikt arbeitsteiligen zu einer differenziert-integrativen Haltung der Rechtslehre gegenüber den Natur- und Sozialwissenschaften	184
2. Die Komplexitätstheorie als Erkenntnisquelle für eine rechtswissenschaftliche Komplexitätsforschung	187

Teil II

Rezeptionsgegenstand: Die Komplexitätstheorie	189
A. Historisch-naturwissenschaftliche Einführung..... 189	
I. Vom linearen zum nichtlinearen Denken in den Naturwissenschaften..... 189	
1. Der Ausgangspunkt: Das Weltverständnis im Sinne der klassischen Mechanik	190
a) Die klassische Mechanik als Grundlage der theoretischen Physik	191
b) Die Prinzipien der Newtonschen Mechanik	191
aa) Die Linearität.....	192
(1) Der mathematische Linearitätsbegriff	193
(2) Der systemische Linearitätsbegriff	193
(3) Zusammenfassung	195
bb) Das starke Kausalitätsprinzip	195
cc) Der Determinismus	197
dd) Die Reversibilität.....	198
ee) Der Reduktionismus	198
c) Der Glaube an die vollständige Ergründbarkeit der Welt	199
2. Von der klassischen Mechanik zur <i>Nach-Newtonischen Welt</i> 200	
a) Der Zusammenbruch des Laplaceschen Weltbildes	201
aa) Die Unvereinbarkeit der deterministischen Konzepte der klassischen Mechanik mit der statistischen Mechanik	201
bb) Das Drei-Körper-Problem	202
b) Von den Anfängen der Erforschung nichtlinearer Dynamik zur Wissenschaft von der Komplexität	203
3. Zusammenfassung	205
II. Komplexitätsforschung und Komplexitätstheorie	205
1. Komplexitätsforschung..... 206	
a) Begriff.....	206
b) Disziplinen	207
2. Die Komplexitätstheorie	208
a) Begriff	208
b) Teilbereiche	210
B. Theorien der Komplexität	210
I. Theoretische Konzepte über nichtlineare Dynamik, Chaos und Komplexität	211
1. Mathematische Grundlagen der Nichtlinearitätsforschung	211
a) Die Theorie dynamischer Systeme	211
aa) Kontinuierliche und diskrete Systeme	212
bb) Konservative und dissipative Systeme	212
cc) Die Darstellung dynamischer Systeme im Phasenraum	212
dd) Attraktoren	213

b)	Die Bifurkationstheorie	214
c)	Ergänzung: Die Katastrophentheorie	215
d)	Fraktale Geometrie	216
2.	Die Chaostheorie	218
a)	Begriff	218
b)	Wesentliche Aussagen der Chaostheorie	219
aa)	Die sensitive Abhängigkeit von den Anfangsbedingungen, oder: Der Schmetterlingseffekt	219
bb)	Ordnung im Chaos	222
cc)	Chaotische Attraktoren	223
dd)	Die positive Funktion des Chaos	225
3.	Weitere Konzepte komplexen Verhaltens in kontinuierlichen und diskreten Systemen	226
a)	Turbulenzen und andere Formen chaotischen Verhaltens in kontinuierlichen Systemen	226
b)	Theorien komplexen Verhaltens in räumlich diskreten Systemen	227
aa)	Zelluläre Automaten	228
bb)	Neuronale Netzwerke	229
cc)	Ergänzung: Informatorische Komplexitätstheorien	230
4.	Zusammenfassung	230
II.	Theorien der Selbstorganisation	233
1.	Selbstorganisation – Ordnung zum Nulltarif	233
2.	Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Selbstorganisationsfor- schung	235
a)	Die allgemeine Systemtheorie	236
b)	Kybernetik	237
c)	Autopoiesis	238
d)	Die Theorie dissipativer Strukturen	239
aa)	Gleichgewicht und Entropie in der Thermodynamik	239
bb)	Nichtlineare Nichtgleichgewichtsthermodynamik und Selbst- organisation	240
e)	Die Emergenztheorie	241
3.	Ganzheitliche Selbstorganisationskonzepte	242
a)	Synergetik	242
aa)	Der Forschungsgegenstand der Synergetik	243
bb)	Wesentliche Erkenntnisse	244
cc)	Anwendungsfelder	244
b)	Die Theorie komplexer adaptiver Systeme	245
aa)	Begriff	245
bb)	Typische Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme	246
cc)	Anwendungsfelder	250
4.	Zusammenfassung	251

C. Die Möglichkeiten und Grenzen der Analyse und Steuerung komplexer dynamischer Systeme	252
I. Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung und Analyse komplexer dynamischer Systeme	253
1. Die begrenzte Erfassbarkeit komplexer dynamischer Systeme	253
2. Die Modellierung und Simulation komplexer dynamischer Systeme ..	254
a) Modellierung als Grundlage der Simulation	254
aa) Komplexitätsreduktion durch Modellierung	255
bb) Modellierung und Soft Computing	256
cc) Das Konzept der Fuzzy-Logik	257
b) Simulation	257
c) Beispiel: Wetter- und Klimamodelle	258
3. Zusammenfassung	260
II. Möglichkeiten und Grenzen der Regelung und Steuerung komplexer dynamischer Systeme	261
1. Möglichkeiten und Grenzen der gezielten Intervention in komplexe dynamische Systeme	261
2. Theorien des Managements komplexer Systeme	262
a) Das Konzept des Adaptive Management	263
b) Ecosystem Management und weitere Theorien des Managements komplexer Systeme	264
3. Zusammenfassung	264
D. Konklusion	265
I. Wesentliche Aussagen der Komplexitätstheorie	265
1. Von der universellen Geltung der Prinzipien der klassischen Mechanik zur <i>Nach-Newtonischen Welt</i>	266
a) Vom linearen zum nichtlinearen Denken	266
b) Von der starken Kausalität zur sensitiven Abhängigkeit	267
c) Vom Determinismus zum deterministischen Chaos	267
d) Von der Reversibilität zum Pfeil der Zeit	268
e) Vom reduktionistischen zum systemischen, holistischen Denken ..	268
2. Ein neues Verständnis von Komplexität	269
a) Von der Kompliziertheit zur Komplexität	269
b) Chaos und Komplexität als Normalität	270
c) Chaos und Komplexität als Qualität	271
II. Allgemeine wissenschaftstheoretische Einordnung der Komplexitätstheorie	272

Teil III

**Rechtswissenschaftliche Rezeption:
Die Übertragung der Konzepte und Hypothesen der modernen
Komplexitätsforschung auf die Umweltrechtslehre** 275

A. Vorüberlegung: Die Komplexitätstheorie als Erkenntnisquelle für die Rechtslehre	275
I. Möglichkeiten und Grenzen des interdisziplinären Theorientransfers ..	276
1. Die Komplexitätstheorie als interdisziplinäre Erkenntnisquelle ..	276
2. Anwendungsfelder komplexitätstheoretischer Konzepte in den rechtswissenschaftlichen Disziplinen	277
a) Anwendungsmöglichkeiten der Komplexitätstheorie in den juristischen Grundlagenfächern	278
b) Anwendungsmöglichkeiten der Komplexitätstheorie in der angewandten Rechtslehre	279
3. Die Grenzen eines Transfers komplexitätstheoretischer Konzepte auf die Rechtslehre	280
a) Allgemeine Gefahren eines interdisziplinären Theorientransfers ..	280
b) Typische Fehlerquellen	281
4. Zusammenfassung	284
II. Stand der Forschung	285
1. Die Rezeption der Komplexitätstheorie in der Rechtslehre	285
a) Schwierigkeiten bei der Sammlung rechtswissenschaftlicher Abhandlungen zum Thema Komplexitätsforschung	286
b) Allgemeine Einschätzung der gesichteten Literatur	287
2. Die Rezeption der Komplexitätstheorie i. e. S. in der Rechtswissenschaft	288
a) Die Theorie dynamischer Systeme in der rechtswissenschaftlichen Literatur	288
b) Die Chaostheorie in der rechtswissenschaftlichen Literatur	289
aa) Die metaphorische Übertragung einzelner Aspekte der Chaostheorie auf die Rechtsordnung	290
bb) Das chaotische Verhalten der durch das Recht zu regelnden Regelungsgegenstände	293
c) Komplexitätstheoretische Konzepte diskreter nichtlinearer Dynamik in der rechtswissenschaftlichen Literatur	293
3. Die Rezeption der Komplexitätstheorie i. w. S. in der Rechtswissenschaft	294
a) Fraktale Geometrie	295
b) Selbstorganisationstheorien	296
aa) Ältere Selbstorganisationskonzepte in der Rechtslehre	296
bb) Die Rezeption der Theorie komplexer, adaptiver Systeme in der Rechtslehre	298

cc) Das Rechtssystem als komplexes adaptives System nach Ruhl	299
4. Zusammenfassung	300
B. Die Methodik des Umgangs mit komplexen Regelungsmaterien im Umweltrecht im Lichte der Komplexitätstheorie	301
I. Der allgemeine Erklärungswert der Komplexitätstheorie für die Umweltrechtslehre in Bezug auf das Problem der besonderen Komplexität der Regelungsmaterie des Umweltrechts	301
1. Der Widerspruch zwischen der nichtlinearen Wirkungsweise der Umwelt und der linear-mechanistischen Prägung der Umweltrechtskultur	302
a) Die Regelungsgegenstände des Umweltrechts bestehen aus komplexen dynamischen Systemen im Sinne der Komplexitätstheorie	302
aa) Die Komplexität ökologischer Systeme	302
bb) Die Komplexität sozialer, ökonomischer und technologischer Systeme	305
cc) Zusammenfassung	308
b) Das Umweltrecht ist noch immer maßgeblich durch das linear-mechanistische Weltbild im Sinne der klassischen Physik geprägt	309
aa) Der historische Einfluss des linear-mechanistischen Weltbildes auf Recht und Rechtsdenken	309
bb) Der historische Einfluss des linear-mechanistischen Weltbildes auf die Rechtskultur	311
cc) Die Prinzipien der klassischen Mechanik im Recht	315
dd) Der Einfluss des linear-mechanistischen Weltbildes auf das traditionelle Umweltrecht	321
(1) Der Einfluss auf die traditionelle Umweltrechtspolitik ..	322
(2) Der Einfluss auf die Struktur des traditionellen Umweltrechts	323
(a) Die Struktur des traditionellen Umweltverwaltungsrechts	323
(b) Die Struktur des traditionellen Umweltpflichtsrechts ..	328
(3) Zusammenfassung	330
ee) Der fortbestehende Einfluss des linear-mechanistischen Weltbildes in der modernen Umweltrechtskultur	330
(1) Hilfsüberlegung: Die drei Ebenen der Rechtsordnung nach Tuori	330
(2) Die dualistische Prägung der Oberfläche des Umweltrechts	332
(a) Die Berücksichtigung der Komplexität und Dynamik der natürlichen Umwelt auf der Oberfläche des Umweltrechts	332

(b) Der fortbestehende Einfluss des linear-mechanistischen Weltbildes auf der Oberfläche des Umweltrechts	334
(3) Die dualistische Prägung der Umweltrechtskultur	339
(a) Die Berücksichtigung der nichtlinearen Dynamik der Umwelt in der modernen Umweltrechtskultur	339
(b) Der Fortbestand des Einflusses des linear-mechanistischen Weltbildes in der modernen Umweltrechtskultur	348
(4) Die linear-mechanistische Prägung der Tiefenstruktur des Umweltrechts	351
2. Das Erfordernis einer differenzierten Nichtlinearisierung der Umweltrechtskultur unter Berücksichtigung der Konzepte und Hypothesen der modernen Komplexitätsforschung	352
a) Die Komplexitätstheorie als erkenntnistheoretische Grundlage für die rechtsökologische Tatsachenforschung und die Umweltrechtskultur	353
b) Moderne Konzepte des Komplexitätsmanagements als Anregung für das Umweltrecht	355
c) Komplexe adaptive Systeme als Metapher für das Umweltrecht	357
3. Zusammenfassung	358
II. Überlegungen zu den Möglichkeiten einer Verbesserung der Methodik des Umgangs mit komplexen Regelungsgegenständen im Umweltrecht unter Berücksichtigung komplexitätstheoretischer Konzepte und Hypothesen	359
1. Die Taktik der Umweltgesetzgebung	359
a) Die Träger des Umweltgesetzgebungsverfahrens	360
aa) Formeller Gesetzgeber, informeller Gesetzgeber oder Selbstregulierung?	361
(1) Die Komplexitätstheorie als Argument für rechtsnihilistische Tendenzen?	361
(2) Die Komplexitätstheorie als Argument für die Ausweitung der Befugnisse informeller Gesetzgeber?	364
(3) Die Komplexitätstheorie als Argument für die Ausweitung der Befugnisse der Judikative?	369
bb) Die Verteilung der Umweltgesetzgebungskompetenzen	371
(1) Komplexität als Kriterium bei der Verteilung der Gesetzgebungskompetenzen	371
(2) Komplexe Regelungsmaterie – komplexes Mehrebenensystem?	372
b) Der äußere Rahmen des Umweltgesetzgebungsverfahrens	374
aa) Das Erfordernis von Gesetzgebungsverfahrensregeln	374
bb) Das Erfordernis von Regeln zur begleitenden und retrospektiven Gesetzesfolgenabschätzung	376
c) Zusammenfassung	377

2. Die Methodik der Umweltgesetzgebung	378
a) Die Beschaffung und Verwaltung von Umweltrechtstatsachen	378
aa) Die Komplexitätstheorie als erkenntnistheoretische Grundlage der rechtsökologischen Tatsachenforschung	379
bb) Die Adaptivität des Umweltrechtssystems im Lichte der Komplexitätstheorie	382
(1) Das Konzept des Adaptive Management als Anregung für die Umweltgesetzgebung	384
(2) Komplexe adaptive Systeme als Metapher für das Umweltrechtssystem	389
(a) Adaptivität durch Komplexität und Selbstorganisation?	390
(b) Adaptivität durch Aggregation und Diversität?	392
cc) Ergänzung: Die Bedeutung der Informationstechnologie für die Sammlung komplexer Umweltinformationen	394
b) Die Methodik der rechtlichen Aufbereitung von Umweltrechtstatsachen	395
aa) Vom reduktionistischen zum differenziert-systemischen Denken	395
bb) Das umweltrechtliche Integrationsprinzip als Ausdruck eines ganzheitlichen Ansatzes im Umweltrecht	396
c) Die inhaltliche bzw. konzeptionelle Gestaltung des Umweltrechts	396
aa) Die Prinzipien des Umweltrechts im Lichte der Komplexitätstheorie: Exemplarische Überlegungen am Beispiel des Vorsorge-, Nachhaltigkeits- und Integrationsprinzips	397
(1) Das Vorsorgeprinzip	398
(a) Das Problem der Kontur- und Schrankenlosigkeit des Vorsorgeprinzips im Lichte der Komplexitätstheorie	398
(b) Das Problem der Verhinderung von Lernerfahrung auf Grund von Vorsorgemaßnahmen	413
(c) Komplexitätsbedingte Grenzen der Rechtsfolgenabschätzung als Grenzen der Vorsorge	414
(2) Das Nachhaltigkeitsprinzip	415
(3) Das Integrationsprinzip	418
(a) Das Argument der erhöhten Komplexität der Entscheidung	418
(b) Das Argument der einseitigen Zuständigkeit für die komplexe ganzheitliche Entscheidung	419
bb) Von einer dualistischen zu einer differenziert-nichtlinearen Umweltrechtsstruktur	420
(1) Umweltverwaltungsrecht	420
(a) Von einer dualistischen zu einer differenzierten Normenstruktur	420

(b) Von einem dualistischen zu einem integrativen Umweltrecht	424
(c) Von einem dualistischen zu einem differenzierten Gefahren- und Risikomodell	425
(aa) Von einem linear-reduktionistischen zu einem differenzierten Modell der umweltrechtlichen Gefahrenabwehr	427
(bb) Ansatzmöglichkeiten einer weiteren Nichtlinearisierung der umweltrechtlichen Risikovorsorge	431
(2) Umwelthaftungsrecht	439
(a) Vorüberlegung: Komplexer Umweltschutz durch individualistisches Haftungsrecht?	440
(b) Ansatzmöglichkeiten zu einer strukturellen Anpassung des Umwelthaftungsrechts	442
(aa) Vom reduktionistischen Individualitätsprinzip zu Kollektivhaftung und Kollektivanspruch . .	442
(bb) Vom deterministischen Verschuldensprinzip zur Verantwortlichkeit bei Ungewissheit	444
(cc) Vom linealen Kausalitätsprinzip zur Einwirkungskausalität	446
(dd) Vom mechanistischen Alles-oder-Nichts-Prinzip zur unscharfen Proportionalhaftung	449
(ee) Schaden und Schadensersatz unter Komplexitätsbedingungen	450
d) Zusammenfassung	450
3. Die Technik der Umweltgesetzgebung	452
a) Vorüberlegung: Adaptivität durch Komplexität?	453
aa) Die Aussagen der Komplexitätstheorie über die positive Funktion von Chaos und Komplexität in Natur und Gesellschaft	454
bb) Von der komplizierten zur komplexen Umweltrechtsordnung?	455
(1) Ist die (Umwelt-)Rechtsordnung ein komplexes dynamisches System im Sinne der Komplexitätstheorie?	456
(a) Ist die Umweltrechtsordnung ein System?	456
(b) Ist die Umweltrechtsordnung ein dynamisches System?	457
(c) Ist die Umweltrechtsordnung ein komplexes dynamisches System im Sinne der Komplexitätstheorie? .	459
(2) Nichtlineare Eigenschaften der Umweltrechtsordnung .	461
(3) Von der Kompliziertheit zur Adoptionsfähigkeit der Umweltrechtsordnung?	465
b) Die rechtstechnische Gestaltung umweltrechtlicher Normen im Lichte der Komplexitätstheorie	466

aa) Fraktale Geometrie – fraktale Gesetze?	466
bb) Fuzzy-Logik – fuzzy Gesetze?	467
c) Zusammenfassung	470
4. Ergänzung: Die verfassungsrechtliche Grundlage einer weiteren Nichtlinearisierung der Umweltrechtskultur	470
a) Von einem deterministischen zu einem flexiblen Gesetzesmodell	472
aa) Der Widerspruch zwischen dem traditionellen, linear-deterministischen Gesetzesmodell und der komplexen Wirklichkeit als Ausgangspunkt für eine differenzierte Weiterentwicklung des Gesetzesbegriffs	474
bb) Das Erfordernis einer verfassungsrechtlichen Preisgabe der Vorstellung des vermeintlich allwissenden Gesetzgebers	475
cc) Das Erfordernis eines schonenden Ausgleichs des unlösbar Widerspruchs zwischen der notwendigen Stabilität und Flexibilität des Umweltrechts	477
b) Wege zu einer ganzheitlichen, umweltfreundlichen Grundrechtsdogmatik	479
aa) Das Erfordernis einer angemessenen Justierung von Freiheit und Sicherheit	479
bb) Das Erfordernis eines Grundrechts auf Umweltschutz?	480
c) Zusammenfassung	481
C. Die Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung im Lichte der Komplexitätstheorie	482
I. Der allgemeine Erkenntniswert der Komplexitätstheorie im Hinblick auf die Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung	482
II. Überlegungen zur Verbesserung der Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung unter Heranziehung der Konzepte und Hypothesen der modernen Komplexitätsforschung	483
1. Die Analyse des Umweltrechts	483
a) Möglichkeiten zur Messung der Komplexität des Rechts	484
b) Möglichkeiten zur Modellierung und Simulation der komplexen Dynamik des Rechts	485
c) Ergebnis	486
2. Die Technik der Umweltgesetzgebung	486
a) Komplexitätsbewältigung mit Hilfe von Informationstechnologien?	486
b) Komplexitätsreduktion durch weniger Systematisierung? – Die Hypothese von der Systemkomplexität des Rechts	488
3. Zusammenfassung	491
D. Konklusion	492
I. Die besondere Bedeutung der Komplexitätstheorie für die Rechtslehre im Hinblick auf das Problem der Komplexität und Dynamik der Regelungsmaterie des Umweltrechts	493

II. Die eingeschränkte Bedeutung der Komplexitätstheorie für die Rechtslehre im Hinblick auf das Problem der Komplexität und Dynamik der Umweltrechtsordnung	494
 <i>Teil IV</i>	
Zusammenfassung und Schlussbemerkung	496
A. Zusammenfassung der Ergebnisse	496
B. Schlussbemerkung	510
Literaturverzeichnis	512
Sachregister	542

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gefahr, Risiko und Restrisiko	117
Abb. 2: Eckpunkte der bisherigen Methodik des Umgangs mit Komplexität im Umweltrecht	157
Abb. 3: Rechtspolitische und rechtsstaatliche Herausforderungen durch Komplexität	168
Abb. 4: Eckpunkte der Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung	174
Abb. 5: Grenzen und Defizite der bisherigen Methodik des Umgangs mit der Komplexität der Umweltrechtsordnung	181
Abb. 6: Die Komplexitätstheorie im engeren und im weiteren Sinne	210
Abb. 7: Pendelbewegung im Phasenraum	213
Abb. 8: Bifurkationsdiagramm	215
Abb. 9: Kochsche Schneeflocke	218
Abb. 10: Seltsame Attraktoren eines chaotisch tropfenden Wasserhahns	224
Abb. 11: Theorien der Komplexität	231
Abb. 12: Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme	303
Abb. 13: Die drei Ebenen der Rechtsordnung nach Tuori	331

Abkürzungsverzeichnis

AbfG	Abfallgesetz
ABl.	Amtsblatt
AbwAG	Abwasserabgabengesetz (Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer)
AcP	Archiv für die civilistische Praxis
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
a.F.	alte Fassung
ARSP	Archiv für Rechts- und Sozialphilosophie
Art.	Artikel
AtomG	Atomgesetz (Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren)
Ausg.	Ausgabe
BB	Betriebsberater
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten)
Bd.	Band
BetmG	Betäubungsmittelgesetz (Bundesgesetz über die Betäubungsmittel und die psychotropen Stoffe vom 3. Oktober 1951)
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge)
BImSchV	Bundesimmissionsschutz-Verordnung (Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes)
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz (Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege)
BT-Drs.	Bundestagsdrucksachen
BVerfGE	Entscheidungen des Bundesverfassungsgericht
bzw.	beziehungsweise
CAS	Complex adaptive system (Komplexes adaptives System)
ChemG	Chemikaliengesetz (Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen)
ders.	Derselbe
dies.	Dieselben
DVB1.	Deutsches Verwaltungsblatt
etc.	et cetera

EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EuS	Ethik und Sozialwissenschaften
f.	Folgende
ff.	Fortfolgende
FFH-RL	EG-Richtlinie zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie = RL 92/43/EWG vom 21. Mai 1992)
FMStG	Gesetz zur Umsetzung eines Maßnahmenpakets zur Stabilisierung des Finanzmarkts
GentechnikG	Gentechnikgesetz (Gesetz zur Regelung der Gentechnik)
Geo. State L. Rev	Georgia State Law Review
Geo. Wash. L. Rev.	George Washington Law Review
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung
GG	Grundgesetz
Harv. L. Rev.	Harvard Law Review
HdUR.	Handwörterbuch des Umweltrechts
Hrsg.	Herausgeber
ibid.	ibidem
i. e. S.	im engeren Sinne
Iowa L. Rev.	Iowa Law Review
i. S. d.	im Sinne des/der
i. V. m.	in Verbindung mit
IVU-Richtlinie	Richtlinie 96/61/EG über die Integrierte Vermeidung und Verringerung der Umweltverschmutzung
i. w. S.	im weiteren Sinne
JZ	Juristenzeitung
KritV	Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft
KrW/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen)
LuftVerkG	Luftverkehrsgesetz
MDR	Monatsschrift für deutsches Recht
m. w. N.	mit weiteren Nachweisen
NJW	Neue Juristische Wochenschrift
Nr.	Nummer
NVwZ	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
NZG	Neue Zeitschrift für Gesellschaftsrecht
ÖZfP	Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft
Prof.	Professor
Rn.	Randnummer
RSK	Reaktorsicherheitskommission

Rutgers L. Rev.	Rutgers Law Review
S.	Seite
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
Tenn. L. Rev.	Tennessee Law Review
Tz.	Textziffer
u. a.	und andere
U. C. Davis Law Rev.	U. C. Davis Law Review
UGB-KomE	Entwurf der Unabhängigen Sachverständigenkommission zum Umweltgesetzbuch beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
UI-RL	EG-Richtlinie über den freien Zugang zu Informationen über die Umwelt (RL 90/313/EWG vom 7.6.1990)
UmweltHG	Umwelthaftungsgesetz
UmwRG	Umweltrechtsbehelfsgesetz
U. Pitt. L. Rev.	University of Pittsburgh Law Review
UPR	Umwelt und Planungsrecht
Urt.	Urteil
UStatG	Umweltstatistikgesetz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVP-ÄndRL	EG-Richtlinie zur Änderung der Umweltverträglichkeitsprüfung (RL 97/11/EG vom 03.03.1997)
UVPR	EG-Richtlinie zur Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (RL 83/337/EWG vom 27.6.1985)
v.	von, vom
Vand. L. Rev.	Vanderbilt Law Review
VerwArch	Verwaltungsarchiv
VGH	Verwaltungsgerichtshof
vgl.	vergleiche
Vol.	Volume
VVDStRL	Vereinigung der Deutschen Staatsrechtslehrer
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts)
Wm. and Mary L. Rev.	William and Mary Law Review
WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000)
Yale L. & Pol'y Rev.	Yale Law and Policy Review
ZG	Zeitschrift für Gesetzgebung
ZStW	Zeitschrift für die gesamte Strafrechtswissenschaft
ZUR	Zeitschrift für Umweltrecht

Einführung

„I think the next century will be the century of complexity“.

Stephen Hawking¹

I. Gegenstand der Untersuchung

Die nachfolgende Untersuchung widmet sich aus dem Blickwinkel der Rechtswissenschaften einem „der aufregendsten und spektakulärsten Lehr- und Forschungsgebiete der letzten Jahre“²: der Wissenschaft von der Komplexität („Science of Complexity“³).

1. Untersuchungsziel und rechtswissenschaftlicher Hintergrund

Komplexitätsforschung ist ein vergleichsweiser junger, interdisziplinärer Wissenschaftszweig⁴, dessen Gegenstand die fächerübergreifende Untersuchung von Chaos, Komplexität und Selbstorganisationsphänomenen in natürlichen und sozialen Systemen ist.⁵ Die wissenschaftliche Entdeckung des Themas Komplexität liegt erstaunlicherweise erst wenige Jahrzehnte zurück.⁶ Die revolutionären Konzepte und Hypothesen der Komplexitätsforscher – zusammenfassend als Komplexitätstheorie bezeichnet⁷ – sind Ausdruck eines fundamentalen Paradigmenwechsels⁸ in den Natur- und Sozialwissenschaften, der gekennzeichnet ist durch eine fächerübergreifende wissenschaftliche Neuorientierung, weg von linearen hin zu nichtlinearen

¹ Zitiert von Érdi (2008), S. 1.

² Mainzer (2008), S. 7.

³ s. zu den Begriffen Komplexitätsforschung bzw. Science of Complexity Teil II, Gliederungspunkt A. II. 1. a); ferner Christen/Stoop, in: Schweizer/Jeanrenaud/Kux (2003), S. 236.

⁴ Mainzer, in: Gottfried Wilhelm Leibniz Gemeinschaft (2005), S. 37.

⁵ s. zu den einzelnen Forschungsrichtungen der Komplexitätswissenschaft Teil II, Gliederungspunkt A. II. 1. b).

⁶ Hedrich (1994), S. 2.

⁷ s. zum Begriff „Komplexitätstheorie“ Teil II, Gliederungspunkt A. II. 2. a).

⁸ Küppers, in: Krohn/Küppers/Nowotny (1990), S. 51 ff.

Erklärungsmodellen⁹, von einer analytischen und reduktionistischen zu einer synthetischen und holistischen Betrachtung¹⁰, von der Suche nach dem Einfachen hin zur Erforschung von Chaos und Komplexität.¹¹ Ausgangspunkt für diese wissenschaftliche Revolution war ein umfassender Wandel des naturwissenschaftlichen Weltbildes.¹² Jahrhundertelang ging man basierend auf dem traditionellen mechanistischen Weltverständnis der klassischen Newtonschen Physik allgemein davon aus, dass lineare Wirkungszusammenhänge und damit Regelmäßigkeit und Ordnung in der Natur der Normalfall sind und dass die Welt im Grunde wie ein großes Uhrwerk funktioniert, welches universellen Gesetzen gehorchnend theoretisch vollständig berechenbar ist.¹³ Dieses traditionelle mechanistische Weltbild herrschte bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts vor, obwohl erste Zweifel daran im *mikroskopischen* Bereich bereits zu Beginn des Jahrhunderts durch das Aufkommen der Quantenmechanik entstanden¹⁴, wo die Gesetze der klassischen Physik nicht zu gelten schienen, wo Unschärfe und Unberechenbarkeit anstelle von Präzision und Gesetzmäßigkeit traten.¹⁵ Aber erst die Entwicklung und der Einsatz moderner, leistungsstarker Computer, mit deren Hilfe Simulationen und Berechnungen in neuen Dimensionen möglich wurden¹⁶, führten in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts langsam zu der Erkenntnis, dass die Welt auch im *makroskopischen* Bereich grundsätzlich nicht regelhaft und berechenbar – sprich: linear – funktioniert. In der Natur sind vielmehr nicht-lineare Dynamik und damit Chaos, Komplexität und emergente Selbstorganisationsprozesse der Normalfall und nicht die Ausnahme.¹⁷ Nichtlineare dynamische Systeme lassen sich jedoch durch die über Jahrhunderte vorherrschende und bewehrte reduktionistische Herangehensweise grundsätzlich nicht vollständig durchdringen¹⁸ und ihr Systemverhalten kann selbst mithilfe moderner, leistungsstarker Computer in der Regel nicht längerfristig zuverlässig berechnet werden.¹⁹ In der nichtlinearen Welt ist das Ganze weit

⁹ Mainzer (2004), S. 1 ff.; Vogt, in: Bornholdt/Feindt (1996), S. 159 (160); Morowitz/Singer (1994), S. 1.

¹⁰ Kratky, in: Kratky/Bonet (1989), S. 11 ff.; Davies (1990), S. 8.

¹¹ Morowitz/Singer (1994), S. 1; Leiber (1996), S. 454.

¹² Davies (1990), S. 79.

¹³ Hedrich (1994), S. 3.

¹⁴ Greschik (1998), S. 21.

¹⁵ Gell-Mann (1996), S. 189 ff.; Mainzer (2004), S. 55 ff.

¹⁶ s. zur Bedeutung der Computer für die Entwicklung der Komplexitätsforschung etwa Peak/Frame (1995), S. 19; Haken (2004), S. 34; Leiber (1996), S. 414.

¹⁷ Greschik (1998), S. 22.

¹⁸ s. zu den Grenzen des Reduktionismus Teil I, Gliederungspunkt B. III. 3.; ferner Greschik (1998), S. 16; Kratky, in: Kratky/Bonet (1989), S. 11 ff.

¹⁹ s. zu den Grenzen der Berechenbarkeit komplexer Systeme allgemein etwa Mainzer (2008), S. 15 ff.

mehr als die Summe seiner Teile²⁰, entsteht Ordnung aus Chaos²¹ und ist Komplexität Voraussetzung für Strukturbildung und Selbstorganisation.²²

Das Ziel der modernen Komplexitätsforschung ist es, die Wirkungsweise nichtlinearer dynamischer Systeme in Natur und Gesellschaft zu untersuchen und Gesetzmäßigkeiten hinter dem chaotischen und komplexen Systemverhalten sowie den daraus resultierenden Ordnungsprozessen zu entdecken. Die Sprache dieser jungen, interdisziplinären Wissenschaftsdisziplin – Chaos, Fraktale, Emergenz, Selbstorganisation etc. – ist spätestens seit Anfang der 1990er-Jahre auch einer breiten Öffentlichkeit bekannt geworden, als insbesondere die Chaostheorie in die Massenmedien und Gesprächsrunden vordrang.²³ Die anfängliche Aufregung in der Öffentlichkeit und der Populärwissenschaft um die Chaostheorie hat sich mittlerweile gelegt²⁴ und ist – nicht zuletzt aufgrund der vielfach überhöhten Anfangserwartungen – bisweilen gar einer gewissen Ernüchterung gewichen.²⁵ Dabei erscheinen die zentralen Fragen und Untersuchungsgegenstände der Komplexitätswissenschaftler heute aktueller denn je, wie nicht nur die globale Finanzkrise im Jahr 2008 zeigte, welche ein Musterbeispiel für das chaotische und komplexe Verhalten des hochgradig vernetzten Weltwirtschaftssystems darstellt. „Die sich abzeichnenden Schlüsselthemen dieses Jahrhunderts haben mit Komplexität zu tun“, so der Komplexitätswissenschaftler Klaus Mainzer²⁶. „Globale Klimaveränderung, Erdbeben und Tsunamis werden in Computermodellen komplexer dynamischer Systeme untersucht. Die Nanotechnologie entwickelt neue Materialien aus komplexen molekularen Strukturen. Die Gentechnologie analysiert DNS-Informationen, die komplexe zelluläre Organismen wachsen lässt. Artificial Life simuliert die komplexe Selbstorganisation des Lebens in geeigneten Computermodellen. Komplexität bestimmt auch die moderne Medizin.“²⁷ Mit anderen Worten: „Komplexität bestimmt die Wissenschaft des 21. Jahrhunderts.“²⁸

Das Ziel der nachfolgenden Untersuchung ist es, die revolutionären Konzepte und Hypothesen der Komplexitätsforscher aus rechtswissenschaftlicher Sicht zu beleuchten und am konkreten Beispiel des Umweltrechts

²⁰ Davies (1990), S. 43.

²¹ Stoop/Staab (2006), S. V.

²² Haken (2004), S. 13 ff.

²³ David/Frame (1995), S. 13.

²⁴ Greschik (1998), S. 11.

²⁵ s. dazu etwa Horgan, in: *Scientific American* 1995, S. 74 ff.; Wehr (2002), S. 1 ff.

²⁶ Mainzer (2008), S. 11.

²⁷ Ibid.

²⁸ Mainzer (2008), S. 10.