

---

# Nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen

---

Ulrich Frey

# Nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen

Erfolgsfaktoren in komplexen  
sozial-ökologischen Systemen

Ulrich Frey  
Technische Thermodynamik  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Stuttgart  
Deutschland

ISBN 978-3-662-55445-6      ISBN 978-3-662-55446-3 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-55446-3>

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

Springer Spektrum

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Stefanie Wolf

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Danksagung

Ich möchte mich bei der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Eckart Voland und vor allem ihm selbst für seine große Unterstützung sehr herzlich bedanken! Ohne seine moralische Unterstützung wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen. Er hat es mir ermöglicht, mich diesem Thema überhaupt im Detail zu widmen und so einen erfolgreichen Antrag beim BMBF zu stellen, der die Basis dieser Arbeit darstellt.

Auch die leider viel zu früh verstorbene Elinor Ostrom hat maßgeblich am Zustandekommen dieser Arbeit mitgewirkt. Es ist nicht selbstverständlich für eine Nobelpreisträgerin mit so vielen anderen Verpflichtungen, ihre Zeit und ihr enormes Fachwissen für dieses Projekt zur Verfügung zu stellen. Ohne die empirische Datengrundlage, die sie, ihre Arbeitsgruppe in Bloomington und verschiedene andere Universitäten wie die University of Michigan in den letzten Jahrzehnten entwickelt und mir selbstlos zur Verfügung gestellt haben, gäbe es diese Arbeit nicht.

Ein großes Dankeschön auch an Herrn Prof. Dr. Wolters für die hilfreichen Diskussionen zu verschiedenen Aspekten dieser Arbeit!

Diese Arbeit ist aus dem oben genannten Projekt des BMBF entstanden – vielen Dank für die Mitarbeit von Dr. Carl Salk, Dr. Hannes Rusch, Niklas Dworazik und Ernst Lettau.

Vielen herzlichen Dank auch an meine Korrekturleser Johannes, Anne und Sonja!

Meiner Familie, Sonja, Felix, Elinor, Laura, Joachim, Anne, Hans und Maria, möchte ich für all die schöne Zeit während dieser Arbeit danken!

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Einleitung</b>	1
1	Die Bedeutung natürlicher Ressourcen	1
1.1	Nachhaltigkeitsprobleme der untersuchten Ressourcen	2
1.2	Komplexität sozialökologischer Systeme	4
2	Fragestellung, Hindernisse und Ziele	6
2.1	Nutzen und Ziel	6
2.2	Forschungslücken und Hindernisse	8
2.3	Arbeitshypothesen	13
<b>B</b>	<b>Stand der Forschung</b>	15
1	Grundlegende biologische Kooperationsmechanismen	16
1.1	Tragik der Allmende bei verschiedenen Arten	22
1.2	Möglichkeiten zur Verhinderung von Ressourcenübernutzung	24
2	Einflussfaktoren in spieltheoretischen Verhaltensexperimenten	25
2.1	Weitere Einflussfaktoren auf Kooperation	29
2.2	Interkulturelle Vergleiche	31
2.3	Fazit und Zusammenfassung des Stands der Forschung zu Verhaltensexperimenten	32
2.4	Feldexperimente	36
3	Allmendegüter ( <i>common-pool resources</i> )	38
3.1	Definition und Charakterisierung der Allmendeproblematik	38
3.2	Darstellung der Allmendeproblemstruktur anhand von Beispielen	43
4	Sozial-ökologische Systeme	45
4.1	Prinzipielle Möglichkeiten der Bewirtschaftung von Allmendegütern	45
4.2	Der Ansatz von Elinor Ostrom	47
4.2.1	Definitionen und Begriffsklärungen	48
4.2.2	Zusammenhang der verschiedenen Analyserahmen (frameworks)	50
4.3	Bezug der Analyse zu verwandten Strömungen	56
4.4	Weitere Ansätze zur Analyse von SES	58

4.4.1	Widerstandsfähigkeit sozial-ökologischer Systeme . . . . .	58
4.4.2	(Adaptives) Ko-Management sozial-ökologischer Systeme . . . . .	60
5	Potenzielle Erfolgsfaktoren nachhaltiger Bewirtschaftung sozial-ökologischer Systeme . . . . .	63
5.1	Konstruktionsprinzipien . . . . .	64
5.2	Überblick über Faktorenkataloge . . . . .	66
5.2.1	Faktorenkatalog 1 (Synthese von Erfolgsfaktoren). . . . .	66
5.2.2	Faktorenkatalog 2 (Fischerei in Asien) . . . . .	68
5.2.3	Faktorenkatalog 3 (Metaanalyse zur Waldbewirtschaftung, weltweit) . . . . .	69
5.2.4	Faktorenkatalog 4 (kleinteilige Waldbewirtschaftung in Deutschland) . . . . .	71
5.2.5	Faktorenkatalog 5 (Metaanalyse lokaler Gemeinschaften, weltweit) . . . . .	72
5.2.6	Faktorenkatalog 6 (Bewässerungssysteme in Indien) . . . . .	74
5.2.7	Faktorenkatalog 7 (Metaanalyse zur Fischerei, weltweit) . . . . .	75
5.2.8	Faktorenkatalog 8 (Fischerei in Kenia, Tansania, Madagaskar, Indonesien und Papua-Neuguinea) . . . . .	76
5.2.9	Faktorenkatalog 9 (Naturschutzprojekte, weltweit) . . . . .	77
5.2.10	Faktorenkatalog 10 (Synthese von Erfolgsfaktoren, SES-Rahmenmodell) . . . . .	78
5.3	Fazit für sozial-ökologische Systeme . . . . .	80
<b>C</b>	<b>Daten</b> . . . . .	83
1	CPR-Datenbank . . . . .	84
2	NIIS-Datenbank . . . . .	86
3	IFRI-Datenbank . . . . .	87
4	Vergleichbarkeit der Datenbanken . . . . .	88
5	Datenaufbereitung . . . . .	91
5.1	Überprüfung der Rohdaten . . . . .	91
5.1.1	Überprüfung der Korrektheit der Daten – Arbeitsschritt 1: Datenerfassung . . . . .	92
5.1.2	Überprüfung der Korrektheit der Daten – Arbeitsschritt 2: Dateneingabe . . . . .	93
5.1.3	Überprüfung der Korrektheit der Daten – Arbeitsschritt 3: Datenbanken . . . . .	93
5.1.4	Überprüfung der Korrektheit der Daten – Technische Umsetzung . . . . .	94
5.2	Selektion der Daten . . . . .	95
5.2.1	Selektion der Daten – Arbeitsschritt 1: Auswahl . . . . .	96
5.2.2	Selektion der Daten – Technische Umsetzung . . . . .	96
5.3	Umkodierung der Variablen . . . . .	96
5.3.1	Umkodierung der Variablen – Arbeitsschritt 1: Transformation . . . . .	97

5.3.2	Umkodierung der Variablen – Arbeitsschritt 2: Aggregation. . . . .	97
5.3.3	Umkodierung der Variablen – Arbeitsschritt 3: Textvariablen. . . . .	100
5.3.4	Umkodierung der Variablen – Arbeitsschritt 4: Mehrfachverwendung . . . . .	100
5.3.5	Umkodierung der Variablen – Arbeitsschritt 5: Umgang mit fehlenden Werten . . . . .	101
5.3.6	Umkodierung der Variablen – Technische Umsetzung . . . . .	101
5.4	Gewichtung der Variablen und Indikatoren. . . . .	102
5.4.1	Gewichtung der Variablen und Indikatoren – Arbeitsschritt 1: Variablenengewichtung . . . . .	103
5.4.2	Gewichtung der Variablen und Indikatoren – Arbeitsschritt 2: Indikatorenengewichtung. . . . .	103
5.4.3	Gewichtung der Variablen und Indikatoren – Arbeitsschritt 3: Auswahl der 3 am höchsten gewichteten Variablen . . . . .	104
5.4.4	Gewichtung der Variablen und Indikatoren – Technische Umsetzung . . . . .	105
5.5	Aufteilung der Datensätze in Trainings- und Testsets. . . . .	106
5.5.1	Aufteilung der Datensätze – Arbeitsschritt 1: Aufteilung . . . . .	106
5.5.2	Aufteilung der Datensätze – Technische Umsetzung . . . . .	108
5.6	Aufbereitung der Analyseergebnisse. . . . .	108
5.7	Zusammenfassung der verwendeten Methodik und Daten . . . . .	108
<b>D</b>	<b>Methodik</b> . . . . .	<b>111</b>
1	Statistische Analysemethoden. . . . .	111
1.1	Multivariate lineare Regressionen. . . . .	111
1.2	Entscheidungswälder. . . . .	112
1.3	Künstliche neuronale Netzwerke. . . . .	115
1.3.1	Aufbau. . . . .	116
1.3.2	Lernen und Generalisieren . . . . .	119
1.3.3	Design . . . . .	120
1.3.4	Extraktion der Faktorenbedeutung . . . . .	124
2	Operationalisierung der Erfolgsfaktoren über die Entwicklung eines Indikatorensystems . . . . .	125
2.1	Notwendigkeit der Verwendung eines Indikatorensystems. . . . .	125
2.2	Herleitung, Entwicklung und Validierung. . . . .	126
2.3	Übersicht über die verwendeten Indikatoren. . . . .	132
2.4	Zuordnung der Variablen zu den Indikatoren und Faktoren . . . . .	137
2.5	Indikatoren für die abhängige Variable ökologischer Erfolg. . . . .	141
2.6	Operationalisierung des ökologischen Erfolgs . . . . .	143

<b>E</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b> . . . . .	147
1	Synthese der Erfolgsfaktoren . . . . .	148
1.1	Begründung der Wahl der Faktoren . . . . .	148
1.2	Darstellung des umfassenden Katalogs . . . . .	149
1.3	Darstellung des Minimalkatalogs . . . . .	150
1.4	Ausschluss von Faktoren . . . . .	152
1.5	Definition und Diskussion der Relevanz der Erfolgsfaktoren . . . . .	154
1.5.1	Ressource . . . . .	156
1.5.2	Ressourceneinheiten . . . . .	159
1.5.3	Akteure . . . . .	160
1.5.4	Regelsysteme . . . . .	164
1.5.5	Externe Einflüsse . . . . .	173
2	Ergebnisse für die CPR-Daten . . . . .	176
2.1	Deskriptive statistische Kennzahlen . . . . .	176
2.2	Korrelationen . . . . .	178
2.3	Multivariate lineare Regressionen (MLR) . . . . .	182
2.4	Entscheidungswälder . . . . .	186
2.5	Neuronale Netze . . . . .	189
2.6	Diskussion . . . . .	192
3	Ergebnisse für die NIIS-Daten . . . . .	194
3.1	Deskriptive statistische Kennzahlen . . . . .	194
3.2	Korrelationen . . . . .	194
3.3	Multivariate lineare Regressionen . . . . .	199
3.4	Entscheidungswälder . . . . .	203
3.5	Neuronale Netze . . . . .	205
3.6	Diskussion . . . . .	206
4	Ergebnisse für die IFRI-Daten . . . . .	209
4.1	Deskriptive statistische Kennzahlen . . . . .	209
4.2	Korrelationen . . . . .	211
4.3	Multivariate lineare Regressionen . . . . .	214
4.4	Entscheidungswälder . . . . .	218
4.5	Neuronale Netze . . . . .	220
4.6	Diskussion . . . . .	222
5	Ergebnisse für das Gesamtmodell . . . . .	225
5.1	Deskriptive statistische Kennzahlen . . . . .	225
5.2	Korrelationen . . . . .	225
5.3	Multivariate lineare Regressionen . . . . .	230
5.4	Entscheidungswälder . . . . .	233
5.5	Neuronale Netze . . . . .	235
5.6	Diskussion . . . . .	236
6	Robustheits- und Sensitivitätsanalysen . . . . .	238
6.1	CPR . . . . .	242
6.1.1	Multivariate lineare Regressionen . . . . .	242
6.1.2	Entscheidungswälder . . . . .	243
6.1.3	Neuronale Netze . . . . .	244



---

6.2	NIIS	245
6.2.1	Multivariate lineare Regressionen	245
6.2.2	Entscheidungswälder	246
6.2.3	Neuronale Netze	247
6.3	IFRI	248
6.3.1	Multivariate lineare Regressionen	248
6.3.2	Entscheidungswälder	249
6.3.3	Neuronale Netze	250
<b>F</b>	<b>Diskussion und Fazit</b>	<b>253</b>
1	Gesamtabschätzung und Beschränkungen	253
2	Neue Erkenntnisse	258
3	Zusammenfassung	260
4	Ausblick	263
<b>G</b>	<b>Verwendete Literatur</b>	<b>267</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>283</b>