



Stefan Zerbe

Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt

Ein interdisziplinäres Fachbuch

 Springer Spektrum

Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch
und Umwelt

Stefan Zerbe

Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt

Ein interdisziplinäres Fachbuch



Springer Spektrum

Stefan Zerbe

Faculty of Science and Technology
Free University of Bozen-Bolzano
Bozen-Bolzano, Italien

ISBN 978-3-662-58649-5 ISBN 978-3-662-58650-1 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58650-1>

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, ein Teil von Springer Nature 2019

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 allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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.

Verantwortlich im Verlag: Sarah Koch

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

The more clearly we can focus our attention on the wonders and realities of the universe about us, the less taste we shall have for destruction.

(Rachel Carson, April 1952)

Meinen Kindern gewidmet

Vorwort

Im Jahr 2018 war der „globale Erdüberlastungstag“ (Earth Overshoot Day) am 1. August. Das bedeutet, dass an diesem Tag bereits alle natürlichen, nachhaltig nutzbaren Ressourcen der Erde, die für ein ganzes Jahr reichen sollten, verbraucht waren (UBA 2018). Dieser Erdüberlastungstag ist im Vergleich zu 2016 um sieben Tage nach vorn gerückt, was auf einen zunehmenden, nichtnachhaltigen Ressourcenverbrauch hinweist. Man mag über diesen Ansatz, über die Datengrundlagen und über die Festlegung eines genauen Tages streiten. Was allerdings zu den unwiderlegbaren wissenschaftlichen Fakten gehört, ist die Übernutzung unserer natürlichen Ressourcen bzw. Naturkapitalien durch die Weltbevölkerung und die Konsequenzen, die sich hieraus für die Öko- bzw. Nutzungssysteme der Erde und die sozioökonomischen Bedingungen der Gesellschaften ergeben. Weltweit sind dies insbesondere der Verlust an biologischer Vielfalt, Klimawandel, Probleme der Wasserversorgung, nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ im Hinblick auf Eutrophierung und Verschmutzung des Wassers mit Schadstoffen, Verschmutzung der Meere, Bodenerosion von den Berglandschaften bis in das Tiefland, Bodenversalzung mit abnehmender landwirtschaftlicher Produktivität und Desertifikation in ariden und semiariden Gebieten – und all das bei Bevölkerungswachstum, steigendem Energiebedarf und Intensivierung der Landnutzung und damit steigendem Ressourcenverbrauch in stetig zunehmendem Maße.

Dass die erneuerbaren Naturressourcen nur in dem Maße verbraucht werden sollen, wie sie sich wieder regenerieren können, ist keine neue Erkenntnis, sondern wurde bereits in einigen indigenen menschlichen Populationen seit alters zur dauerhaften Sicherung der Überlebensfähigkeit praktiziert (Diamond 2011). Spätestens mit dem Buch *Die Grenzen des Wachstums* machte aber der Club of Rome (Meadows et al. 1972) eindringlich darauf aufmerksam, dass bestimmte natürliche Ressourcen nicht regenerierbar und deshalb endlich sind. Bereits vor ca. 20 Jahren wies Daily (1995) darauf hin, dass ca. 45 % der Landoberfläche eine reduzierte Kapazität für die Landnutzung hatten, d. h. mehr oder weniger stark anthropogen degradiert waren. Sie macht hierfür eine nichtnachhaltige Landbewirtschaftung verantwortlich. Diese fortschreitende Degradation wird auch gegenwärtig für viele Landnutzungstypen ökologisch und ökonomisch quantifiziert, wie in diesem Buch dargestellt wird.

Die aktuelle Diskussion über das „Insektensterben“ (z. B. NEFO 2017) etwa macht deutlich, dass die angestrebten Ziele des Natur- bzw. Umweltschutzes in Mitteleuropa trotz jahrzehntelanger gesellschaftspolitischer und praktischer Bemühungen sowie der gegenwärtigen natur- und umweltschutzrechtlichen Rahmenbedingungen vielfach kaum erreicht sind. Auch wenn man den aufgeregten Begrifflichkeiten wie „Waldsterben“ (in den 1980er und 1990er Jahren) und „Insektensterben“ nicht folgen möchte, kommt man nicht umhin, sich mit den Fakten der damit verbundenen Umweltprobleme zu beschäftigen und nach Lösungsansätzen zu suchen. Abgesehen von den tatsächlich lokal aufgrund hoher Schadstoffimmissionen abgestorbenen Waldbeständen (z. B. in den Hochlagen des Erzgebirges) hat die Diskussion um das „Waldsterben“ ebenfalls ganz entscheidende Impulse für die Waldökosystemforschung in Mitteleuropa gegeben und zu einer beträchtlichen Erweiterung der Kenntnisse über die Funktionen

und Leistungen unserer Waldökosysteme geführt. Auch das „Insektensterben“ lässt sich nicht nur als emotionaler „Hype“ abtun. Die Studie von Hallmann et al. (2017), die in den vergangenen 27 Jahren für verschiedene Lebensraumtypen einen Rückgang der Biomasse fliegender Insekten um ca. 75 % feststellt, ist nur eine von vielen wissenschaftlichen Untersuchungen, die qualitativ und quantitativ den steten Artenrückgang bzw. Biodiversitätsverlust weltweit dokumentieren und damit eindringlich auf den Verlust wichtiger Ökosystemleistungen hinweisen.

Damit stellt sich einerseits die Frage, wie wir zukünftig die natürlichen Ressourcen nachhaltiger nutzen, und andererseits, wie wir die bereits verbrauchten Ressourcen bzw. Naturkapitalien wiederherstellen können. Die Renaturierung von Ökosystemen, wissenschaftlich untermauert durch die Renaturierungsökologie, bietet hierzu eine der möglichen Antworten. Während die praktische Renaturierung bereits so alt ist wie die sesshaft gewordenen menschlichen Gesellschaften, hat sich die Renaturierungsökologie erst seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts als Teildisziplin der Ökologie international etabliert und rasch weiterentwickelt. Mittlerweile blickt dieser Zweig der Ökologie auf mehrere Jahrzehnte Forschung zurück und kann heute für die Praxis von Landnutzung, Landschaftsmanagement und Naturschutz einen umfangreichen und wertvollen Kenntnisstand liefern. Wie in dem vorliegenden Buch dargelegt wird, mangelt es weder an Daten und Fakten zum Zustand vieler Öko- bzw. Nutzungssysteme Mitteleuropas noch an Konzepten und Werkzeugen, diesen zu ermitteln und daraus für die Praxis Handlungsempfehlungen abzuleiten. Dennoch sind wir vielfach noch weit davon entfernt, die gesteckten Ziele einer Wiederherstellung funktionstüchtiger Ökosysteme sowie einer nachhaltigen Landnutzung mit den Konzepten und Maßnahmen der Ökosystemrenaturierung in den gesetzten Zeiträumen zu erreichen. Wenn Ökosysteme gar „renaturiert“ werden, indem Pestizide gespritzt, Vegetation abgebrannt oder Boden und Vegetation komplett abgetragen und entsorgt werden, so möchte man mitunter diese Ökosysteme vor den „Ökosystemrenaturierern“ schützen.

Das vorliegende Fachbuch wird in einem Einführungsteil die Grundlagen der Renaturierungsökologie darstellen. Begründungen und Motivationen für die Renaturierung sowie Referenzsysteme werden erläutert. Maßnahmen der Ökosystemrenaturierung werden in einem ersten Überblick vorgestellt, um diese dann am Beispiel der vielfältigen Ökosystem- und Nutzungstypen Mitteleuropas näher zu spezifizieren. Dabei werden die Ökosystem- bzw. Nutzungstypen ökologisch kurz vorgestellt, deren Ökosystemleistungen hervorgehoben, der Renaturierungsbedarf erläutert und die bisher gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen einer Renaturierung aus Forschung und Praxis dargestellt. Ein kurzer Abriss der Nutzungsgeschichte naturnaher Ökosysteme bzw. der Entstehungsgeschichte kulturbedingter Nutzungssysteme ist hierbei unabdingbar für die Ableitung von Renaturierungszielen bzw. die Identifizierung von Referenzsystemen für eine Renaturierung. Dies folgt der Prämisse, dass man nur mit Kenntnis der historischen Entwicklungsprozesse den gegenwärtigen Zustand verstehen und hieraus Handlungsempfehlungen für die zukünftige Landnutzung ableiten kann.

Die praktische Ökosystemrenaturierung basiert zwar wesentlich auf den Konzepten und Kenntnissen der Ökologie, kann aber nur erfolgreich sein, wenn sie in einen inter- bzw. transdisziplinären Kontext eingebunden wird. So spielen sowohl umweltökono-

mische Erwägungen und Bewertungen eine tragende Rolle wie auch umweltethische, soziologische, anthropologische und religiöse Aspekte, was im sozial- bzw. humanwissenschaftlichen Teil dieses Fachbuches behandelt wird. Das Vordringen eines Naturwissenschaftlers in humanwissenschaftliche Disziplinen ist ein Wagnis. Der Experte der jeweiligen humanwissenschaftlichen Disziplin mag über Begriffe, Argumentationslinien und einen Mangel an Gründlichkeit in seiner jeweiligen Disziplin stolpern. Dennoch soll gerade dieser interdisziplinäre Brückenschlag zu weiterführenden Diskussionen und einer Intensivierung des Diskurses der Natur- mit den Humanwissenschaften, insbesondere zur Lösung von Umweltproblemen und zur Entwicklung von Strategien im Umgang mit dem globalen Wandel (*global change*), anregen. Mit dem Überschreiten seiner Disziplin, um hierdurch Kausalitäten im Hinblick auf Umweltprobleme zu untersuchen und Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen, betritt der Wissenschaftler das Feld einer transdisziplinären Wissenschaft (► Kap. 22). In diesem Sinne folgt dieses Fachbuch einem transdisziplinären Ansatz.

Der geografische Fokus dieses Fachbuches liegt auf Mitteleuropa, einschließlich der Alpen, im Wesentlichen mit den Ländern Deutschland, Österreich, Polen, Schweiz, Slowakei und Tschechien. So werden für diesen geografischen Raum die wichtigsten mitteleuropäischen Ökosystem- bzw. Landnutzungstypen besprochen. Wälder, Flüsse einschließlich ihrer Auen, Seen, Moore und alpine Grasländer als natürliche bzw. naturnahe Ökosysteme werden hierbei ebenso wie die anthropogenen Landnutzungstypen Grünland, Heiden, Äcker, Agroforstsysteme, Abbaugruben und Siedlungsflächen berücksichtigt. Dennoch würde ein umfassender Einblick in die Renaturierungsökologie und praktische Ökosystemrenaturierung zu kurz greifen, wenn Konzepte und Erfahrungen aus anderen Regionen Europas bzw. der Erde vernachlässigt würden. Beispielsweise wären Ausführungen zur Renaturierung von Salzgrasland unvollständig ohne die zahlreichen Untersuchungen und Erfahrungen aus England. Ähnliches gilt beispielsweise auch für die umfangreichen Forschungen und Praxiserfahrungen zur Renaturierung von Heiden aus England, Skandinavien und den Niederlanden. So wird mit der Berücksichtigung von Literatur auch außerhalb Mitteleuropas versucht, ein umfassendes, aktuelles Bild der Renaturierungsökologie bzw. Ökosystemrenaturierung zu zeichnen.

Die zahlreichen Literaturzitate mögen dem Lesefluss mitunter etwas hinderlich sein, doch sind sie notwendig, um sicherzustellen, dass viele Daten und Fakten, die für die Renaturierung von Ökosystemen von Relevanz sind, bereits umfassend durch entsprechende wissenschaftliche Forschungen erarbeitet worden sind. Zudem sollen diese Hinweise dem Leser ermöglichen, weitergehende Recherchen zu bestimmten Sachverhalten vorzunehmen, auch vor dem Hintergrund, dass Daten und Fakten unterschiedlich interpretiert werden können. In den einzelnen Kapiteln werden Schlüsselbegriffe fett hervorgehoben. Zu den jeweiligen Ökosystem- bzw. Landnutzungstypen werden Fallbeispiele aus der praktischen Renaturierung dargestellt. Die Fallbeispiele spiegeln hierbei eine erfolgreiche Renaturierung wider, sollen ggf. aber auch auf Probleme der praktischen Ökosystemrenaturierung hinweisen. Zweifelsohne hat die Auswahl der Fallbeispiele auch einen subjektiven Charakter, jedoch folgt diese in der Regel den Kriterien einer umfassend vorliegenden Dokumentation des Renaturierungsprozesses von der Planung über die Umsetzung bis hin zur Erfolgskontrolle, einschließlich sozioökonomischer Aspekte, wie beispielsweise Kosten und Akzeptanz. Zahlreiche der hier

vorgestellten Fallbeispiele können auch als Beispiele der guten fachlichen Praxis (*Best Practice*) gelten.

Das vorliegende Buch entstand in wesentlichen Teilen während eines Sabbatjahres, welches mir die Freie Universität Bozen (Südtirol, Italien) großzügig gewährte. Im Verlauf dieses Jahres wurde ich während meiner Studienreisen von verschiedenen Gastgebern herzlich aufgenommen, denen mein Dank gilt, namentlich (in zeitlicher Reihenfolge) Familie Peria auf der italienischen Insel Elba, Prof. Dr. Ana Bozena Sabogal Dunin Borkowski De Alegria an der Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) in Lima (Peru), David Unger in Cobán (Guatemala), Luz Marina Delgado in San Marcos (Guatemala), Prof. Dr. Victoriano Ramón Vallejo Calzada an der Universität de Barcelona und am Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) in Valencia (Spanien) und Prof. Dr. Ingo Kowarik an der Technischen Universität Berlin. Während dieser Zeit haben mich Diskussionen und Gespräche mit zahlreichen Personen bzw. Fachkollegen inspiriert, denen ebenso mein Dank gilt.

Für die kritische Durchsicht und inhaltliche Anregungen zu den einzelnen Kapiteln danke ich (in alphabetischer Reihenfolge) Prof. Dr. Christian Ammer (Universität Göttingen) zu ► Kap. 7, Dr. Arthur Brande (TU Berlin) zu ► Kap. 8, Dr. Ralf Döring (Institut für Seefischerei am Johann Heinrich von Thünen-Institut) zu ► Kap. 13, Prof. em. Dr. Ulrich Hampicke (Universität Greifswald) zu ► Kap. 17 und 23, Dr. Michael Hupfer (Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin) zu ► Kap. 11, Prof. Dr. Jochen Kantelhardt (Universität für Bodenkultur, Wien) zu ► Kap. 23, Prof. Dr. Ingo Kowarik (TU Berlin) zu ► Kap. 5 und 19, Prof. Dr. Volker Lüderitz (Hochschule Magdeburg-Stendal) zu ► Kap. 10, Prof. Dr. Christoph Leuschner (Universität Göttingen) zu ► Kap. 7, Prof. Dr. Konrad Ott (Universität Kiel) zu ► Kap. 24, Dr. Markus Salomon (Sachverständigenrat für Umweltfragen, Deutschland) zu ► Kap. 13, Prof. Dr. Jutta Zeitz (Humboldt Universität Berlin) zu ► Kap. 8 und Dr. Wiebke Züghardt (Bundesamt für Naturschutz) zu ► Kap. 6.

Des Weiteren danke ich für wertvolle Hinweise und Anregungen zu einzelnen Themengebieten (ebenso in alphabetischer Reihenfolge) Dr. Albin Blaschka (Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein), Prof. Dr. Dietmar Brandes (Universität Braunschweig), Prof. Dr. Eckhard Jedicke (Hochschule Geisenheim), Prof. Dr. Vera Luthardt (Hochschule für Nachhaltige Entwicklung, Eberswalde), LFD Uwe Schölmerich (Regionalforstamt Rhein-Sieg-Erft), Heike Seehofer (Regierungspräsidium Stuttgart), Dr. Elisabeth Tauber (Freie Universität Bozen), Dr. Werner Westhus (Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie) sowie Prof. Dr. Dorothy Louise Zinn (Freie Universität Bozen).

Für die interessanten Begehungen von Fallbeispielen zur Ökosystemrenaturierung vor Ort danke ich Jörg Fürstenow (Heinz Sielmann Stiftung) in der Döberitzer Heide, Werner Schubert und Bettina Gräf (Biologische Station Hochsauerland) zu Bergheiden im Sauerland, Jürg Bunje (Niedersächsischer Nationalpark Wattenmeer) und Dr. Holger Freund (Universität Oldenburg) auf der Nordsee-Insel Langeoog, Gregor Eßer (Rheinisch-Westfälische-Energiewerke) zur Renaturierung von Braunkohletagebau-Land-

schaften im Rheinland und Dr. Hanna Köstler (Büro Dr. Köstler) zum Schöneberger Südgelände, Berlin.

Für die Unterstützung bei der Erstellung von Abbildungen danke ich Dr. Luigimaria Borruso, Dr. Barbara Plagg und Dr. Andrea Polo.

Dr. André Terwei (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz) sei herzlich gedankt für seinen professionellen und scharfen Blick beim Korrekturlesen des Buchmanuskripts.

Und schließlich danke ich dem Springer-Verlag und seinen Mitarbeiterinnen für die professionelle Druckvorbereitung des Buches und die stets angenehme Kooperation und Kommunikation.

Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwende ich in diesem Buch überwiegend das generische Maskulinum. Dies impliziert immer beide Formen, schließt also die weibliche Form mit ein.

Stefan Zerbe

Bozen

im Juni 2019

Inhaltsverzeichnis

I Allgemeine Grundlagen

1	Einführung in die Renaturierungsökologie	3
1.1	Ökosystemrenaturierung und Renaturierungsökologie in historischer Perspektive	8
1.2	Ökologische Grundbegriffe und Schlüsselkonzepte als Basis für die Ökosystemrenaturierung	11
1.2.1	Arten und Populationen	12
1.2.2	Ökosysteme und Landschaften	17
1.3	Ökosystemleistungen	23
1.4	Degradation von Ökosystemen	25
1.5	Was bedeutet Ökosystemrenaturierung? Vorschlag einer Definition	25
1.6	Skalenebenen der Ökosystemrenaturierung	30
1.7	Gemeinsamkeiten und Abgrenzung der Ökosystemrenaturierung in Bezug auf die Praxis anderer Fachrichtungen	31
2	Welcher Lebensraum soll wiederhergestellt werden? Referenzökosysteme für die Renaturierung	33
2.1	Ursprüngliche bzw. historische Referenz	36
2.2	Referenzökosysteme der aktuellen Kulturlandschaft	37
2.3	Potenzieller bzw. hypothetischer Referenzzustand	41
3	Maßnahmen der Ökosystemrenaturierung	43
3.1	Nichtstun (passive Renaturierung)	44
3.2	Aufhalten bzw. Zurückdrängung der natürlichen Sukzession	45
3.3	Entzug bzw. Reduktion von Nährstoffen aus Boden und Wasser	46
3.3.1	Terrestrische Standorte, Feuchtgebiete und Moore	47
3.3.2	Stillgewässer	49
3.4	Entzug von Schadstoffen durch Bioremediation	50
3.5	Veränderung des Wasserhaushalts, Wiedervernässung und hydromorphologische Eingriffe	52
3.6	Erosionssicherung und Wiederbegrünung	53
3.7	Diasporeneintrag und Wiedereinführen von Zielarten	53
3.8	Inokulation mit Mykorrhiza-Pilzen	54
3.9	Zurückdrängung unerwünschter Arten durch Pestizide	54
3.10	Kalkung versauerter Ökosysteme	54
3.11	Düngung	55
3.12	Fazit	55
4	Wiedereinführung von Pflanzen- und Tierarten	59
4.1	Wiedereinführung von Pflanzenarten	60
4.2	Wiederansiedlung von Tierarten	66
4.3	Fallbeispiel: Wiedereinführung des Braunbären im Trentino, Norditalien (EU-Projekt LIFE Ursus)	73

5	Zum Umgang mit nichteinheimischen Arten in der Ökosystemrenaturierung	77
5.1	Sind nichteinheimische Arten problematisch?	79
5.2	Nichteinheimische Arten in der Ökosystemrenaturierung	81
5.3	Handlungsempfehlungen für den Umgang mit nichteinheimischen Arten in der Ökosystemrenaturierung	82
5.4	Mit Vernunft und Sachlichkeit für das Fremde: Zum Einsatz nichteinheimischer Arten bei der Ökosystemrenaturierung	86
6	Monitoring und Erfolgskontrolle	89
6.1	Grundlageninformationen und Empfehlungen für ein ökologisches Monitoring	92
6.2	Wann ist ein Renaturierungsprojekt erfolgreich?	93
6.3	Ökologische bzw. naturschutzfachliche Parameter für ein Monitoring und die Erfolgskontrolle	97
6.4	Fallbeispiele und Best Practice	103
II	Renaturierung spezifischer Ökosysteme bzw. Nutzungstypen in Mitteleuropa mit den Alpen	

7	Wälder	107
7.1	Waldentwicklung in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen: Vom Naturwald zur intensiven Holzproduktion	111
7.2	Vegetation und Ökologie mitteleuropäischer Wälder	115
7.3	Ökosystemleistungen von Wäldern	120
7.4	Degradation von Wäldern und Renaturierungsbedarf	127
7.5	Nationale und internationale Rahmenbedingungen und Renaturierungsziele	131
7.6	Das Konzept der differenzierten Waldnutzung	132
7.7	Erfassung der Naturnähe von Wäldern	133
7.8	Nutzung natürlicher Prozesse für die Renaturierung von Wäldern und Waldstandorten	134
7.8.1	Regeneration von anthropogen degradierten Oberböden und atmosphärischer Stickstoffeintrag	134
7.8.2	Natürliche Verjüngung von Zielbaumarten in Nadelholzforsten	136
7.8.3	Zur Bedeutung kurzlebiger Baumarten bei der Waldrenaturierung	137
7.9	Renaturierung von Feuchtwäldern	139
7.10	Renaturierung von Waldlandschaften	141
7.11	Erhalt und Wiederbelebung traditioneller Waldnutzungsformen	141
7.12	Fallbeispiel: Neuer Wald und neue Waldlandschaften nach Braunkohleabbau im Rheinland – Rekultivierung im Südevier	145

8	Moore	151
8.1	Vom natürlichen zum degradierten Moor: Zur Geschichte der Moornutzung in Mitteleuropa	153
8.2	Ökologie und Typisierung von Mooren	156
8.3	Ökosystemleistungen von Mooren	162
8.4	Degradationsstufen von Mooren	168
8.5	Regionale, nationale und internationale Moorschutzbestrebungen	168
8.6	Vorbereitung der Renaturierung und Renaturierungsziele	169
8.7	Renaturierungsmaßnahmen	170
8.7.1	Wiedervernässung	170
8.7.2	Flachabtorfung	172
8.7.3	Einbringen von Zielarten und Ammenpflanzen	173
8.7.4	Phosphordynamik und Nährstoffentzug	174
8.8	Schutz durch Nutzung – integrativer Moorschutz	175
8.8.1	Röhrichte als Nutzpflanzen auf Mooren	176
8.8.2	Forstwirtschaft auf Niedermooren	177
8.9	Monitoring und Erfolgskontrolle	177
8.10	Fallbeispiel: Das Dosenmoor in Schleswig-Holstein	179
9	Subalpines und alpines Grasland	183
9.1	Die Alpen als Lebens- und Wirtschaftsraum	184
9.2	Ökologische Standortbedingungen des Hochgebirges	186
9.3	Alpenkonvention zum Schutz und zur nachhaltigen Entwicklung des Alpenraumes	190
9.4	Besondere Herausforderungen der Renaturierung von Hochgebirgsstandorten	191
9.5	Renaturierungsziele für die Hochlagen der Alpen	195
9.6	Renaturierungsmaßnahmen in den subalpinen und alpinen Hochlagen	195
9.6.1	Zurückdrängung der Gehölzsukzession	195
9.6.2	Wiederbegrünung von Skipisten und beschädigten Weideflächen	196
9.6.3	Nährstoffentzug nach Eutrophierung	202
9.6.4	Wiedereinführung bestimmter Tier- und Pflanzenarten	202
9.7	Vermeiden von Eingriffen in den Hochlagen der Alpen	203
9.8	Fallbeispiel: Wiederherstellung der alpinen Kulturlandschaft durch Almwirtschaft in der Steiermark	203
10	Fließgewässer	209
10.1	Ökologie von Fließgewässern und deren Auen	211
10.2	Nutzungsgeschichte und Degradation von Fließgewässern	215
10.3	Ökosystemleistungen von Fließgewässern	219
10.4	Ökologische Zustandsbewertung von Fließgewässern	222
10.5	Internationale Initiativen zur Renaturierung von Fließgewässern	224
10.6	Maßnahmen zur Fließgewässerrenaturierung	225
10.6.1	Eingriffe in die Flussmorphologie	225
10.6.2	Verbesserung der physikalisch-chemischen Wasserbedingungen	228
10.6.3	Wiedereinführung von fließgewässerspezifischen Arten	228

10.6.4	Entfernen von Pflanzenarten	229
10.7	Erfolgskontrolle	230
10.8	Fallbeispiel Elbaue bei Lenzen: Natürliche Dynamik in einer vom Fluss geprägten Kulturlandschaft	230
11	Natürliche und anthropogene Stillgewässer	235
11.1	Vielfalt der Seen in Mitteleuropa	237
11.2	Ökologie von Stillgewässern	240
11.2.1	Schichtung, Zonierung und Sediment	240
11.2.2	Flora und Vegetation	241
11.3	Anthropogene Beeinträchtigungen von Seen	242
11.3.1	Nähr- und Schadstoffbelastung	242
11.3.2	Temperaturanstieg in Seen	246
11.3.3	Verbau von Seeufern	246
11.3.4	Nichteinheimische Arten in Seen	246
11.4	Ökologische Zustandsbewertung von Seen	247
11.5	Ökosystemleistungen von Seen	249
11.5.1	Lebensraum für Arten und Biozöosen	249
11.5.2	Fischerei	250
11.5.3	Selbstreinigung des Wassers	250
11.5.4	Seen als Kohlenstoffspeicher	250
11.5.5	Lebensqualität und Gesundheit	251
11.5.6	Seen als Archive für Landschaftsentwicklung und Umweltveränderungen	251
11.6	Renaturierungsmaßnahmen in Seen und an deren Ufern	251
11.6.1	Renaturierung des Seeufers	251
11.6.2	Eingriffe in das Seesediment	254
11.6.3	Eingriffe in den Wasserkörper bzw. in die Wasserchemie	255
11.6.4	Biomanipulation als künstlicher Eingriff in das Nahrungsnetz von Seen	257
11.6.5	Biologisches Seemanagement mit der Zebrauschel	259
11.6.6	Ernte der submersen und schwimmenden Makrophyten zur „Aushagerung“	260
11.7	Abschließende Bewertung der Verfahren	260
11.8	Fallbeispiel: Der Tegeler See in Berlin als urbanes Gewässer	261
12	Von Salz beeinflusste Ökosysteme und Nutzungstypen	265
12.1	Salzwiesen der Küsten	266
12.1.1	Standortökologie und Vegetation salzgeprägter Küstenlebensräume	267
12.1.2	Ökosystemleistungen von Küstensalzwiesen	269
12.1.3	Nutzungsgeschichte und Veränderungen der Küstensalzwiesen	272
12.1.4	Politische Rahmenbedingungen zum Schutz und zur Renaturierung der Küstenlebensräume in Mittel- und Westeuropa	275
12.1.5	Maßnahmen zur Wiederherstellung von Salzwiesen	279
12.1.6	Fallbeispiel: Renaturierung von Salzwiesen im Nationalpark Wattenmeer auf der Nordseeinsel Langeoog	283
12.2	Salzstandorte des Binnenlandes	288
12.2.1	Vorkommen, Ökologie und naturschutzfachliche Bedeutung primärer Binnensalzstellen Mitteleuropas	288

12.2.2	Sekundäre Binnensalzstellen	290
12.2.3	Nutzungsgeschichte, Degradation und Gefährdung von Binnensalzstellen	291
12.2.4	Renaturierungsmaßnahmen auf Binnensalzstellen	292
12.2.5	Fallbeispiel: Binnensalzstelle Altensalzwedel in Sachsen-Anhalt – erste Erfolge einer Renaturierung	294
13	Marine Lebensräume in Nord- und Ostsee	297
13.1	Meeresökosysteme Nord- und Ostsee	299
13.1.1	Nordsee	299
13.1.2	Ostsee	300
13.2	Belastungen der Meeresökosysteme Nord- und Ostsee	301
13.3	Bedeutung der Meere für den Menschen	307
13.4	Internationale Schutzbestrebungen	309
13.5	Ein übergreifendes Konzept für die Wiederherstellung mariner Ökosystemleistungen?	311
13.6	Maßnahmen der Renaturierung im marinen Bereich	312
13.6.1	Beeinflussung der biotischen Ökosystemkompartimente	312
13.6.2	Beeinflussung der abiotischen Bedingungen	314
14	Heiden im Tief- und Bergland	315
14.1	Vegetationsformation Heide und ihre Verbreitung in Europa	316
14.2	Entstehung und Nutzungsgeschichte der Heiden	316
14.3	Ökologie und Dynamik von Heiden	319
14.3.1	Klima, Boden, Vegetation und Fauna	319
14.3.2	Entwicklungsphasen von <i>Calluna</i> -Heiden	325
14.4	Renaturierungsbedarf	325
14.5	Renaturierungsmaßnahmen	328
14.5.1	Renaturierung und Management von Sandheiden des Tieflands	328
14.5.2	Renaturierung von Feuchtheiden des Tieflandes	333
14.5.3	Renaturierung von Küstenheiden	334
14.6	Probleme für die Renaturierung und das Management von Heiden	334
14.7	Fallbeispiel: Landnutzung und Naturschutz im Spannungsfeld von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft – Wiederherstellung von Bergheiden im Hochsauerland	336
15	Wiesen und Weiden mesophiler, feuchter und kalkhaltiger Standorte	341
15.1	Geschichte des Grünlandes in Mitteleuropa	343
15.2	Ökologie des Grünlandes	346
15.3	Degradation des Grünlandes	353
15.4	Ökosystemleistungen extensiv genutzten, artenreichen Grünlandes	356
15.5	Initiativen und Förderprogramme zur Renaturierung artenreichen Grünlandes	358

15.6	Maßnahmen zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen des Grünlandes	360
15.6.1	Wiederherstellung von Grünland nach einer Zwischennutzung	360
15.6.2	Offenhaltung bzw. Pflegemanagement durch Mahd, Beweidung und Entbuschung	363
15.6.3	Oberbodenabtrag und -inversion	365
15.6.4	Aushagerung	365
15.6.5	Wiedervernässung zur Renaturierung von Feuchtgrünland und Flutrasen	366
15.6.6	Wiedereinbringung von Zielarten und Diasporentansfer	367
15.6.7	Inokulation mit Mykorrhiza-Pilzen	371
15.7	Fallbeispiel: Grünlandrenaturierung im Biosphärenreservat Rhön – eine Initiative zur Landschafts- und Regionalentwicklung	371
16	Sandmager- bzw. Sandtrockenrasen der Küsten und des Binnenlandes	375
16.1	Vorkommen und historische Entwicklung von Sandstandorten in Mitteleuropa	376
16.1.1	Küstendünen	376
16.1.2	Sandökosysteme des Binnenlandes	378
16.2	Ökologie und Dynamik von Sandmager- bzw. Sandtrockenrasen	379
16.3	Bedeutung für den Arten-, Biotop- und Kulturlandschaftsschutz und Renaturierungsbedarf	382
16.4	Renaturierungsstrategien und -maßnahmen für offene Sandlebensräume	386
16.4.1	Beweidung	386
16.4.2	Oberbodenabtrag und -inversion	387
16.4.3	Auftrag von nährstoffarmem Tiefensand	388
16.4.4	Aushagerung	388
16.4.5	Manueller und maschineller Diasporentansfer	388
16.4.6	Zulassen von Dynamik	389
16.5	Fallbeispiel: Der ehemalige Truppenübungsplatz Döberitz – Megaherbivoren und Schafe anstelle von Militärpanzern	389
17	Äcker	393
17.1	Geschichte: Vom Blütenmeer zum Hochleistungsacker	394
17.2	Flora, Fauna und Vegetation von Äckern	397
17.3	Naturschutz- und Renaturierungsstrategien: Artenreiche Schutzäcker und Randstreifen	399
17.4	Fallbeispiel: Extensivierung als Renaturierung von artenreichen Äckern in NO-Deutschland	403
18	Traditionelle Agroförstsysteme	407
18.1	Streuobstwiesen	408
18.1.1	Nutzungsgeschichte und heutiger Bestand	408
18.1.2	Bedeutung für Naturschutz und den Menschen	409
18.1.3	Förderstrategien und Renaturierung	411

18.1.4	Fallbeispiel: Europa fördert den Vogelschutz in Streuobstwiesen Baden-Württembergs	412
18.2	Lärchenwiesen und -weiden in den Alpen	413
18.2.1	Bestand und Nutzung	413
18.2.2	Ökosystemleistungen: Artenvielfalt und Kohlenstoffspeicher	414
18.2.3	Förderung eines Kulturlandschaftselements	415
18.3	Baumwiesen in Skandinavien und dem Baltikum	416
19	Städtische Ökosysteme	417
19.1	Besonderheiten urbaner Ökosysteme	420
19.2	Städtische Umwelt und menschliche Gesundheit	426
19.3	Motivation und nationale bzw. internationale Impulse für die Renaturierung von Stadtnatur	430
19.4	Renaturierung und Renaturierungsmaßnahmen auf urbanen Standorten	432
19.5	Neue Ansätze grüner Stadtentwicklung und der Wiederherstellung von Stadtnatur	434
19.6	Internationale Perspektive einer nachhaltigen Stadtentwicklung	435
19.7	Fallbeispiel: Wildnis in der Innenstadt – das Schöneberger Südgelände in Berlin	437
20	Berg- bzw. Tagebaustandorte und Deponien	441
20.1	Standortsökologische Besonderheiten von Abbaustellen und Bergbaufolgefleichen	443
20.1.1	Flächengröße	443
20.1.2	Geomorphologie	444
20.1.3	Geologie und Böden	444
20.1.4	Wasserhaushalt und Wasserqualität	445
20.1.5	Flora, Fauna und Vegetation	446
20.2	Planerische und rechtliche Grundlagen zur Renaturierung von Abbaustellen	447
20.3	Passive und aktive Ökosystemrenaturierung auf Abbaufleichen	449
20.4	Renaturierung von Bergbauhalden und Haldenabdeckung	455
20.5	Renaturierung von Mülldeponien	457
20.6	Fallbeispiel: Kreidebrüche auf Rügen – anthropogene Vielfalt an Arten und Lebensräumen	459
III	Renaturierung im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt: Sozial- bzw. humanwissenschaftliche Aspekte	
21	Gründe und Motivationen für eine Ökosystemrenaturierung	465
21.1	Umweltwissenschaftliche Fakten zur Begründung einer Renaturierung von Ökosystemen	466

21.2	Degradation und Ökosystemleistungen: Kosten und Nutzen als Begründung für die Renaturierung	467
21.3	Rechtliche Verpflichtungen und internationale Vereinbarungen	468
21.3.1	Nationale Vorgaben	468
21.3.2	Internationale Konventionen und Vereinbarungen	469
21.4	Umweltethische, religiöse und emotionale Begründungen und Motivationen	470
22	Akteure und ihre Rolle in der Ökosystemrenaturierung: Konfliktlösung und Akzeptanz durch Partizipation	473
22.1	Akteursanalyse	474
22.2	Akteure im Naturschutz und der Ökosystemrenaturierung	476
22.3	Mangelnde Akzeptanz als limitierender Faktor der Ökosystemrenaturierung	477
22.3.1	Wiedereinführung von Großräubern	479
22.3.2	Ablehnung von natürlichen Prozessen	482
22.3.3	Akzeptanz durch Information	483
22.4	Wissenschaft und Praxis ziehen am gleichen Strang: Transdisziplinäre Forschung	484
23	Ökonomische Aspekte der Renaturierung: Kosten und Nutzen	489
23.1	Methoden zur Erfassung von Kosten und Nutzen der Ökosystemrenaturierung	491
23.1.1	Marktpreis- und kostenbasierte Methoden	491
23.1.2	Methoden zur ökonomischen Bewertung von Nichtmarktgütern	492
23.1.3	Habitat- oder Ressourcen-Äquivalenz-Analyse	493
23.1.4	Ergebnisübertragung (benefit transfer)	493
23.2	Opportunitätskosten	494
23.3	Umfassende Kosten-Nutzen-Analyse: Von der Degradation zur Renaturierung	494
23.4	Welche Faktoren beeinflussen die Renaturierungskosten?	495
23.5	Finanzierungsquellen für die Renaturierung	496
23.6	Kosten und Nutzen der Ökosystemrenaturierung mit Beispielen aus Europa	499
23.6.1	Grünlandrenaturierung: Einbringen von Zielarten	499
23.6.2	Heiderenaturierung und -management in Nordwestdeutschland	499
23.6.3	Beweidung zur Renaturierung und zum Management von Offenland	502
23.6.4	Ökosystemrenaturierung zum Klimaschutz	505
23.6.5	Wild- und Honigbienen als Bestäuber in der Landwirtschaft	506
23.7	Erst rechnen, dann handeln	507
24	Normen und Werte in der Ökosystemrenaturierung	509
24.1	Umweltethik und Implikationen für die Ökosystemrenaturierung	511
24.1.1	Natur als Fälschung? Kritik aus der Umweltethik an der Ökosystemrenaturierung	514
24.2	Renaturierung im Dienste einer starken Nachhaltigkeit	516
24.3	Traditionelles ökologisches Wissen	517

24.4	Umwelthanthropologie	518
24.5	Ökosystemrenaturierung als tätige Verantwortung für die Schöpfung	520
24.6	Renaturierungsmaßnahmen auf dem ethischen Prüfstand	521
24.6.1	Einsatz von Pestiziden in der Ökosystemrenaturierung	522
24.6.2	Kontrolliertes Brennen zum Erhalt von Offenland	523
24.6.3	Oberbodenabtrag	525
24.7	Nichteinheimische Organismen und Fremdenfeindlichkeit	528

IV Synthese

25	Zusammenfassende Überlegungen und Ausblick	531
25.1	Limitierende Faktoren für die Ökosystemrenaturierung	532
25.2	Langfristig degradieren und kurzfristig regenerieren?	534
25.3	Ökosystemrenaturierung gegen die Eutrophierung der terrestrischen und aquatischen Lebensräume – eine Sisyphusarbeit?	536
25.4	Grenzen der Planbarkeit, Unsicherheiten und Unvorhergesehenes – mehr Dynamik zulassen	538
25.5	Ökosystemrenaturierung im Lichte aktueller Trends	539
25.6	Ökosystemrenaturierung um jeden Preis?	539
25.7	Wissen, Wissenstransfer und gesellschaftspolitische Entscheidungen	540
25.8	Fazit	541
	Serviceteil	
	Verzeichnis der Arten	544
	Literatur	568
	Stichwortverzeichnis	723

Über den Autor



Stefan Zerbe

Stefan Zerbe, Professor für Umwelt und Angewandte Botanik an der Freien Universität Bozen in Südtirol (Italien)

Stefan Zerbe hat an den Universitäten Würzburg und Stuttgart-Hohenheim Biologie mit dem Schwerpunkt Ökologie studiert. Er war wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Würzburg und der Technischen Universität Berlin, wo er 1992 zum Dr. rer. nat. promoviert hat. Am Institut für Ökologie der TU Berlin forschte und lehrte er bis 2005. 1998 wurde er im Fach Botanik habilitiert. Nach einer Gastprofessur für Biologie/Botanik an der TU Berlin wechselte er auf den Lehrstuhl für Geobotanik und Landschaftsökologie an die Universität Greifswald, wo er das Institut für Botanik und Landschaftsökologie als Geschäftsführender Direktor leitete. 2006 folgte er einem Direkturf an die Freie Universität Bozen in Südtirol auf die Professur Umwelt und Angewandte Botanik.

Stefan Zerbe gründete und leitete zwei internationale Masterstudiengänge: Landscape Ecology and Nature Conservation (LENC) an der Universität Greifswald und Environmental Management of Mountain Areas (EMMA) an der Freien Universität Bozen. Aus zahlreichen regionalen wie auch internationalen und interdisziplinären Forschungsprojekten und Kooperationen auf nationaler wie internationaler Ebene sind über 250 wissenschaftliche Publikationen, Buchbeiträge und Monografien entstanden. Neben vielfältigen anderen Interessen und Themenbereichen in Forschung und Lehre beschäftigt sich Stefan Zerbe bereits seit seiner Doktorarbeit über die Vegetation von Fichtenmonokulturen und deren Umwandlung zu Laubmischwäldern mithilfe natürlicher ökologischer Prozesse mit der Renaturierung von Ökosystemen. Hierbei bilden Grundlagenforschung und praktische Aspekte der Ökosystemrenaturierung einen Fokus. Das vorliegende Fachbuch ist deshalb sowohl eine Synthese des aktuellen Wissensstands in interdisziplinärer Perspektive als auch eine Reflexion der eigenen Forschungsarbeiten im Hinblick auf eine nachhaltige Landnutzung und Ressourceneffizienz.

Allgemeine Grundlagen

Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 1** Einführung in die Renaturierungsökologie – 3
- Kapitel 2** Welcher Lebensraum soll wiederhergestellt werden? Referenzökosysteme für die Renaturierung – 33
- Kapitel 3** Maßnahmen der Ökosystemrenaturierung – 43
- Kapitel 4** Wiedereinführung von Pflanzen- und Tierarten – 59
- Kapitel 5** Zum Umgang mit nichteinheimischen Arten in der Ökosystemrenaturierung – 77
- Kapitel 6** Monitoring und Erfolgskontrolle – 89



Einführung in die Renaturierungsökologie

- 1.1 **Ökosystemrenaturierung und Renaturierungsökologie in historischer Perspektive – 8**
- 1.2 **Ökologische Grundbegriffe und Schlüsselkonzepte als Basis für die Ökosystemrenaturierung – 11**
- 1.3 **Ökosystemleistungen – 23**
- 1.4 **Degradation von Ökosystemen – 25**
- 1.5 **Was bedeutet Ökosystemrenaturierung? Vorschlag einer Definition – 25**
- 1.6 **Skalenebenen der Ökosystemrenaturierung – 30**
- 1.7 **Gemeinsamkeiten und Abgrenzung der Ökosystemrenaturierung in Bezug auf die Praxis anderer Fachrichtungen – 31**

Die Renaturierung von Ökosystemen wurde in den vergangenen Jahrzehnten weltweit zunehmend zu einer Herausforderung – mit dem Ziel, dem Verlust an Ökosystem (dienst)leistungen entgegenzuwirken sowie die natürlichen Ressourcen bzw. das Naturkapital (natural capital) auf lokaler, regionaler und globaler Ebene wiederherzustellen (Aronson et al. 2007; Jackson und Hobbs 2009; Zerbe et al. 2009). Hierzu liegen umfassende

wissenschaftliche Grundlagen und viele Jahrzehnte Praxis der Ökosystemrenaturierung vor. Die Renaturierungsökologie, als Teildisziplin der Ökologie bzw. Landschaftsökologie, hat hierzu einen erheblichen Beitrag geleistet (vgl. Übersicht über Lehr- und Fachbücher in ■ Tab. 1.1). Es besteht heute allerdings auch Konsens darüber, dass ein Ökosystem bzw. Nutzungstyp mit dessen spezifischen Ökosystemleistungen nur dann

■ Tab. 1.1 Auswahl an thematisch und geografisch übergreifenden Lehr- und Fachbüchern der Renaturierungsökologie bzw. Ökosystemrenaturierung seit 1980, chronologisch nach Erscheinungsjahr geordnet

Autoren	Jahr	Buchtitel
Bradshaw und Chadwick	1980	<i>The Restoration of Land: The Ecology and Reclamation of Derelict and Degraded Land</i>
Jordan III et al.	1987	<i>Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research</i>
Berger	1990	<i>Environmental Restoration: Science and Strategies for Restoring the Earth</i>
Baldwin et al.	1994	<i>Beyond Preservation: Restoring and Inventing Landscapes</i>
Harris et al.	1996	<i>Land Restoration and Reclamation, Principles and Practice</i>
Elliot	1997	<i>Faking Nature: Ethics of Environmental Restoration</i>
Rana	1998	<i>Damaged Ecosystems and Restoration</i>
Harker et al.	1999	<i>Landscape Restoration Handbook</i>
Bradshaw	2000	<i>Methods in Ecological Restoration</i>
Gobster und Hull	2000	<i>Restoring nature: Perspectives from the Social Sciences and Humanities</i>
Throop	2000	<i>Environmental Restoration: Ethics, Theory, and Practice</i>
Urbanska et al.	2000	<i>Restoration Ecology and Sustainable Development</i>
Perrow und Davy	2002	<i>Handbook of Ecological Restoration: Restoration in Practice</i>
Mitsch und Jørgensen	2003	<i>Ecological Engineering and Ecosystem Restoration</i>
Higgs	2003	<i>Nature by Design: People, Natural Process, and Ecological Restoration</i>
Wong und Bradshaw	2003	<i>The Restoration and Management of Derelict Land: Modern Approaches</i>
Temperton et al.	2004	<i>Assembly Rules and Restoration Ecology: Bridging the Gap Between Theory and Practice</i>
Egan und Howell	2005	<i>The Historical Ecology Handbook: A Restorationist's Guide to Reference Ecosystems</i>

(Fortsetzung)

■ Tab. 1.1 (Fortsetzung)

Autoren	Jahr	Buchtitel
Falk et al.	2006	<i>Foundations of Restoration Ecology</i>
Friederici	2006	<i>Nature's Restoration: People and Places on the Front Lines of Conservation</i>
Aronson et al.	2007	<i>Restoring Natural Capital: Science, Business, and Practice</i>
Boyce et al.	2007	<i>Reclaiming Nature: Environmental Justice and Ecological Restoration</i>
Naveh	2007	<i>Transdisciplinary Challenges in Landscape Ecology and Restoration Ecology – An Anthology</i>
Walker et al.	2007	<i>Linking Restoration and Ecological Succession</i>
Hobbs und Suding	2008	<i>New Models for Ecosystem Dynamics and Restoration</i>
Lennartz	2008	<i>Renaturierung: Programmatik und Effektivitätsmessung</i>
Perrow und Davy	2008	<i>Handbook of Ecological Restoration: Principles of Restoration</i>
Morrison	2009	<i>Restoring Wildlife: Ecological Concepts and Practice of Applications</i>
Pardue und Olvera	2009	<i>Ecological Restoration</i>
Zerbe und Wiegleb	2009	<i>Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa</i>
Brown et al.	2010	<i>Sustainable Land Development and Restoration: Decision Consequence Analysis</i>
Comín	2010	<i>Ecological Restoration: A Global Challenge</i>
Tongway und Ludwig	2010	<i>Restoring Disturbed Landscapes: Putting Principles into Practice</i>
Egan et al.	2011	<i>Human Dimensions of Ecological Restoration: Integrating Science, Nature, and Culture</i>
Greipsson	2011	<i>Restoration Ecology</i>
Jordan III und Lubick	2011	<i>Making Nature Whole: A History of Ecological Restoration</i>
Allison	2012	<i>Ecological Restoration and Environmental Change: Renewing Damaged Ecosystems</i>
Andel und Aronson	2012	<i>Restoration Ecology: The New Frontier</i>
Galatowitsch	2012	<i>Ecological Restoration</i>
Howell et al.	2012	<i>Introduction to Restoration Ecology</i>
Prasad	2012	<i>Restoration and Conservation Ecology</i>
Carmen Santa-Regina und Santa-Regina	2013	<i>Restoration and Ecosystem Consequences of Changing Biodiversity</i>
Clewell und Aronson	2013	<i>Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession</i>
Van Wieren	2013	<i>Restored to Earth: Christianity, Environmental Ethics, and Ecological Restoration</i>
Rieger et al.	2014	<i>Project Planning and Management for Ecological Restoration</i>

(Fortsetzung)

Tab. 1.1 (Fortsetzung)

Autoren	Jahr	Buchtitel
Simonis et al.	2014	<i>Re-Naturierung: Gesellschaft im Einklang mit der Natur</i>
Chabay et al.	2015	<i>Land Restoration: Reclaiming Landscapes for a Sustainable Future</i>
Pereira und Navarro	2015	<i>Rewilding European Landscapes</i>
Palmer et al.	2016	<i>Foundations of Restoration Ecology</i>
Squires	2016	<i>Ecological Restoration: Global Challenges, Social Aspects and Environmental Benefits</i>
Telesetsky et al.	2016	<i>Ecological Restoration in International Environmental Law</i>
Allison und Murphy	2017	<i>Routledge Handbook of Ecological and Environmental Restoration</i>

erfolgreich renaturiert werden kann, wenn nicht nur ökologischen Grundlagen und Prinzipien gefolgt wird, sondern die Ökosystemrenaturierung auch in einen sozioökonomischen Kontext eingebettet ist (Cairns und Heckman 1996; Higgs 1997; Gobster und Hull 2000; Throop 2000; Diggelen et al. 2001; Aronson et al. 2007; Egan et al. 2011; Squires 2016). Die Praxis der Ökosystemrenaturierung liegt damit im Spannungsfeld

von zahlreichen anderen wissenschaftlichen Disziplinen und deren Implikationen für die Praxis (Abb. 1.1). So benötigt eine Wiederherstellung von funktionsfähigen Ökosystemen mit deren Leistungen auf einem ehemaligen Industriestandort im Stadtgebiet, insbesondere bei Einsatz aufwendiger Maßnahmen, eine Kostenkalkulation ebenso wie die Integration von betroffenen Akteuren und Entscheidungsträgern. Die Renaturierungsökologie wird

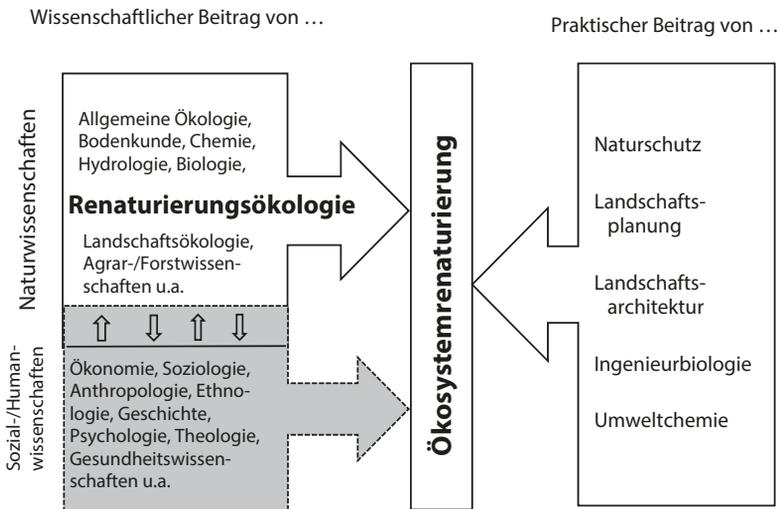


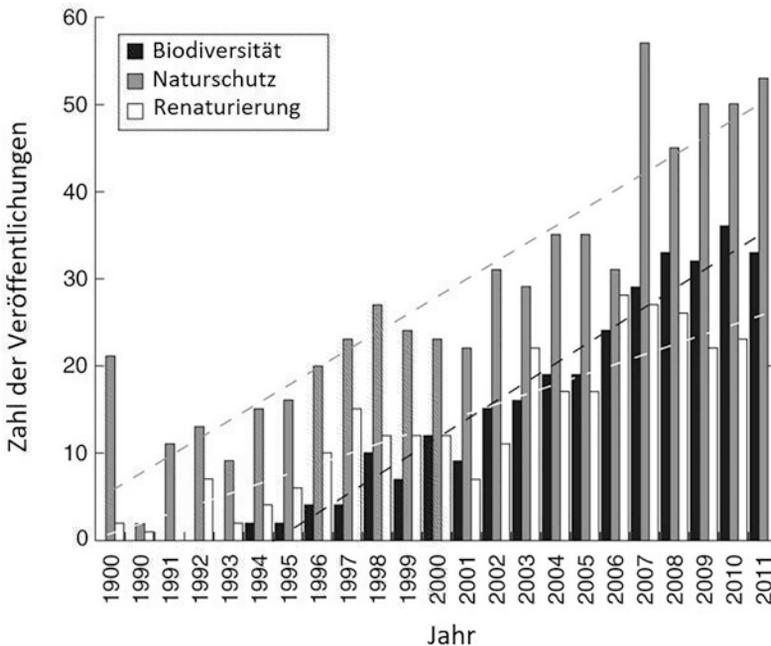
Abb. 1.1 Die Praxis der Ökosystemrenaturierung im interdisziplinären Kontext, wissenschaftlich begleitet durch die Natur- und Sozial-/Humanwissenschaften sowie praktische Beiträge aus der angewandten Forschung verschiedener Disziplinen. Das dargestellte Übergreifen der Naturwissenschaften in die Sozial- bzw. Humanwissenschaften soll den transdisziplinären Charakter insbesondere der Renaturierungsökologie hervorheben

transdisziplinär, wenn sie sich zur Lösung komplexer Umweltprobleme beispielsweise der Konzepte, Denkweisen und Methoden aus den Human- bzw. Sozialwissenschaften bedient (vgl. Mittelstrass 2011; Bernstein 2015; zu Mode 1 der Transdisziplinarität vgl. Scholz 2011; Scholz und Steiner 2015a; ► Abschn. 22.4) bzw. „über traditionelle Systemgrenzen hinausgeht“ (Rentz 2004, S. 150).

Als eine der wichtigsten Triebfedern bzw. Rechtfertigungen für eine Renaturierung von Ökosystemen gelten der Verlust und die Wiederherstellung der **biologischen Vielfalt** auf der Ebene der Arten (einschließlich der genetischen Vielfalt), der Lebensräume sowie der Landschaften. Dies wird in Übersichtsstudien immer wieder herausgestellt, so z. B. für Heiden (■ Abb. 1.2) und für Moore (Bonnett et al. 2009). Zweifelsohne ist der Verlust der Biodiversität ein globales Problem, auf das von wissenschaftlicher und naturschutzfachlicher Seite seit Jahrzehnten eindringlich hingewiesen wird (z. B. Ehrlich 1994; Tilman et al.

1994; Pimm et al. 1995; Sala et al. 2000; Barthlott et al. 2009; Cardinale et al. 2012; Hooper et al. 2012) und in vielen Ländern der Erde, spätestens seit der Umweltkonferenz von Rio de Janeiro im Jahr 1992, in umweltpolitische Strategien und Handlungen umgesetzt wird. Dennoch greift die Schwerpunktsetzung der Ökosystemrenaturierung auf den Erhalt und die Wiederherstellung der Biodiversität zu kurz, wenn nicht umfassend die gesamten **Ökosystemleistungen** (► Abschn. 1.3) qualitativ und quantitativ miteinbezogen und vor dem Hintergrund der **Nachhaltigkeit** (► Kap. 24) bewertet werden.

Zunächst werden in diesem Kapitel wichtige Grundlagen der Renaturierungsökologie dargestellt, die für das Verständnis dieses Fachbuches unabdingbar sind. Es wird ein kurzer historischer Abriss der Ökosystemrenaturierung und Renaturierungsökologie gegeben. Ökologische Grundbegriffe bzw. Schlüsselkonzepte werden erläutert, die für die Praxis der Ökosystemrenaturierung die



■ Abb. 1.2 Wissenschaftliche Publikationen im Zeitraum 1900–2011 über Heiden mit einem Fokus auf Biodiversität, Naturschutz und Renaturierung. (Nach Fagúndez 2013)

wissenschaftlichen Grundlagen liefern. Hierbei wird insbesondere auch auf das Konzept der Ökosystemleistungen (z. T. auch als Ökosystemdienstleistungen bezeichnet) eingegangen und der Begriff „Degradation“ erörtert. Aus dem gegenwärtigen Stand des Wissens wird eine neue Definition der Ökosystemrenaturierung abgeleitet. Abschließend werden in diesem Kapitel die unterschiedlichen Skalenebenen der Ökosystemrenaturierung umrissen.

In Teil I dieses Fachbuches liegt der Fokus auf ökologischen bzw. naturwissenschaftlichen Befunden, und in Teil II wird ein Brückenschlag zu den human- bzw. sozialwissenschaftlichen Disziplinen mit deren Implikationen für die Ökosystemrenaturierung vorgenommen.

1.1 Ökosystemrenaturierung und Renaturierungsökologie in historischer Perspektive

Die Renaturierung von Ökosystemen ist so alt und gebräuchlich wie der landwirtschaftlich tätige Mensch, reicht also prinzipiell bis ins Neolithikum zurück, denn nichts anderes als eine Art der Renaturierung ist die **Brache** auf landwirtschaftlichen Kulturlflächen, auf denen sich die abiotischen Ressourcen regenerieren. Wie der kurze historische Abriss der Geschichte des Ackerbaus in ► Kap. 17 zeigt, fand die Brache in der traditionellen Dreifelderwirtschaft erst dann ein Ende, als mineralischer Dünger eingeführt wurde und dieser höhere landwirtschaftliche Erträge durch eine kontinuierliche Nährstoffzufuhr möglich machte.

Eines der großflächigsten und umfassendsten Renaturierungsprojekte in Mitteleuropa überhaupt waren vor ca. 200 Jahren die **Aufforstungen** des durch Übernutzung entstandenen Offenlandes mit Nadelgehölzen. Beweidung, Rodung, Streunutzung und andere die natürlichen abiotischen und biotischen Ressourcen auszehrende Nutzungen hatten

zu einem großflächigen Verlust der Wälder und damit der Ressource Holz geführt. Wälder waren in vielen Regionen weitestgehend abgeholzt, und Heiden und mageres Grünland bedeckten große Teile Mitteleuropas. Die Aufforstungen v. a. mit Kiefer im Tiefland und Fichte im Mittelgebirge, insbesondere seit Ende des 18. Jahrhunderts, stellten auch den Beginn einer geregelten Forstwirtschaft (► Kap. 7) und des Nachhaltigkeitsgedankens dar (► Kap. 24).

Noch ohne die theoretischen Grundlagen der modernen Renaturierungsökologie, wurden bereits seit Anfang des vergangenen Jahrhunderts gezielt genutzte und degradierte Standorte renaturiert. So entstand beispielsweise der im Stil des Neobarock errichtete **Körnerpark** in Neukölln (Berlin) in den Jahren 1912 bis 1916 als eine Maßnahme der Rekultivierung auf dem Gelände einer ehemaligen Kiesgrube. Welch hohe Bedeutung diese Parkanlage heute mit Blick auf die Ökosystemleistungen in einem der am dichtesten besiedelten Bezirke Berlins hat (Statistischer Bericht 2016 für Neukölln: 14.295 Einwohner pro km²), erschließt sich dem Besucher leicht durch das Miteinander von Mensch und Natur an einem Sommertag (► Abb. 1.3).

Mehrere Jahrzehnte Erfahrungen der Renaturierung liegen insbesondere für Flüsse, Moore, Seen und die großflächigen Braunkohletagebau-Folgelandschaften vor. Aus all den unterschiedlichen Erfahrungen in den verschiedenen Ökosystemen bzw. Landnutzungstypen heraus hat sich die Renaturierungsökologie konzeptionell und methodisch entwickelt. Als international richtungweisend für die Entwicklung der Renaturierungsökologie werden die Aktivitäten zur Wiederherstellung der charakteristischen Prärien in Nordamerika seit den 1930er Jahren angesehen. Als eine der ersten Initiativen wird hierbei die Renaturierung der **Curtis Prairie** des Arboretums der University of Wisconsin–Madison genannt (Sperry 1983; Cottam 1987; Wegener et al. 2008), auch wenn dies kein wissenschaftlich



■ **Abb. 1.3** Der Körnerpark in Berlin-Neukölln, Anfang des 20. Jahrhunderts aus der Rekultivierung einer ehemaligen Kiesgrube hervorgegangen. (S. Zerbe, August 2017)

dokumentiertes, renaturierungsökologisches Experiment war (Anderson 2009) und mittlerweile eher den Charakter eines Gründungsmythos der Renaturierungsökologie hat (Jordan III und Lubick 2011, S. 75). Mit Blick auf Mitteleuropa beginnen in diesem Zeitraum auch hier erste gezielte Renaturierungsversuche auf wissenschaftlicher Grundlage. Sieht man von ersten Initiativen vor 1920 ab, so begannen ausgedehntere Rekultivierungsmaßnahmen mit Aufforstungen im **Rheinischen Braunkohlerevier** in den Jahren 1920 bis 1945 (Schölmerich 2013). Heute sind diese, z. T. sehr naturnahen Wälder, die interessante Experimentalflächen der Waldrenaturierung darstellen, bereits über 80 Jahre alt (► Kap. 7). Hinzu kommen ökologische Untersuchungen auf Abraumhalden des Bergbaus. In den 1960er Jahren wurden beispielsweise von Bornkamm (1985) vegetationsökologische Dauerbeobachtungsflächen auf Aufschüttungsmaterial des Braunkohletagebaus angelegt, um die natürliche Besiedlung im Verlauf einer passiven Renaturierung zu untersuchen.

Konzeptionell bereits gut in den Naturwissenschaften (z. B. Biologie, Ökologie, Hydrologie) verankert, wurden z. B. in Schweden

(Björk 2014) seit den 1960er Jahren Projekte der **Seenrenaturierung** durchgeführt. Auch die Renaturierung von **Mooren** und **Fließgewässern** kann auf eine langjährige Praxiserfahrung zurückblicken (z. B. Brülisauer und Klötzli 1998; Succow und Joosten 2001; Jürging 2006). Seit den 1990er Jahren bringt die Forstwirtschaft in vielen deutschen Bundesländern mit naturschutzfachlich und ökologisch begründeten Waldbauprogrammen den **Waldumbau** und damit die Renaturierung von Wäldern voran. Abgesehen von diesen naturnahen Ökosystemen liegt heute ein Fokus einerseits auf traditionellen Nutzungssystemen der Kulturlandschaft, wie z. B. Wiesen, Weiden, Trockenrasen und Heiden, und andererseits auf stark gestörten Landschaften wie Abbaustellen (z. B. Braunkohle), Truppenübungsplätzen und urban-industriellen Standorten. Neben einer Vielzahl von lokalen und kleinflächigen, häufig leider nur unzureichend wissenschaftlich dokumentierten Renaturierungsprojekten haben insbesondere auch groß angelegte Renaturierungsvorhaben Impulse für die Entwicklung der Renaturierungsökologie gegeben. Viele der vom Bund geförderten Naturschutzgroßprojekte mit einer Gesamtfläche aller bisher geförderten Projekte von ca. 3700 km²



■ **Abb. 1.4** Abgeschlossene und laufende Naturschutzgroßprojekte in Deutschland (Stand: 1. Juli 2016); viele dieser Projekte haben auch eine Wiederherstellung von Lebensräumen zum Ziel. (Aus Doerpinghaus und Bruker 2016)

(■ **Abb. 1.4**) sehen beispielsweise eine Renaturierung von Lebensräumen vor (Doerpinghaus und Bruker 2016).

Ähnlich wie dies Jordan III und Lubick (2011) mit einem Fokus auf Nordamerika vornehmen, wäre es sicherlich ebenfalls lohnend, die Geschichte der Renaturierungsökologie und der Ökosystemrenaturierung in Mitteleuropa umfassend aufzubereiten, auch mit Blick auf die Wechselwirkungen der Natur- und Humanwissenschaften sowie die interdisziplinären

Impulse, die sich aus diesem Zusammenspiel der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen ergeben.

Für die Entwicklung der Renaturierungsökologie als Teildisziplin der Ökologie muss als internationaler Meilenstein die Gründung der **Society for Ecological Restoration (SER)** im Jahr 1987 gelten. Die Gesellschaft umfasst Vertreter aus Wissenschaft und Praxis und bietet mit regelmäßigen internationalen Konferenzen eine Plattform des Informationsaustauschs.