

RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft

Rainer Duttmann
Olaf Kühne
Florian Weber *Hrsg.*

Landschaft als Prozess



Springer VS

RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft

Reihe herausgegeben von

Olaf Kühne, Forschungsbereich Geographie, Eberhard Karls Universität Tübingen,
Tübingen, Deutschland

Sebastian Kinder, Forschungsbereich Geographie, Eberhard Karls Universität Tübingen,
Tübingen, Deutschland

Olaf Schnur, Stadt- und Quartiersforschung, Berlin, Deutschland

RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft | SpaceAffairs: City – Region – Landscape

Im Zuge des „spatial turns“ der Sozial- und Geisteswissenschaften hat sich die Zahl der wissenschaftlichen Forschungen in diesem Bereich deutlich erhöht. Mit der Reihe „RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft“ wird Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ein Forum angeboten, innovative Ansätze der Anthropogeographie und sozialwissenschaftlichen Raumforschung zu präsentieren. Die Reihe orientiert sich an grundsätzlichen Fragen des gesellschaftlichen Raumverständnisses. Dabei ist es das Ziel, unterschiedliche Theorieansätze der anthropogeographischen und sozialwissenschaftlichen Stadt- und Regionalforschung zu integrieren. Räumliche Bezüge sollen dabei insbesondere auf mikro- und mesoskaliger Ebene liegen. Die Reihe umfasst theoretische sowie theoriegeleitete empirische Arbeiten. Dazu gehören Monographien und Sammelbände, aber auch Einführungen in Teilaspekte der stadt- und regionalbezogenen geographischen und sozialwissenschaftlichen Forschung. Ergänzend werden auch Tagungsbände und Qualifikationsarbeiten (Dissertationen, Habilitationsschriften) publiziert.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Dr. Olaf Kühne, Universität Tübingen

Prof. Dr. Sebastian Kinder, Universität Tübingen

PD Dr. Olaf Schnur, Berlin

In the course of the “spatial turn” of the social sciences and humanities, the number of scientific researches in this field has increased significantly. With the series “RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft” scientists are offered a forum to present innovative approaches in anthropogeography and social space research. The series focuses on fundamental questions of the social understanding of space. The aim is to integrate different theoretical approaches of anthropogeographical and social-scientific urban and regional research. Spatial references should be on a micro- and mesoscale level in particular. The series comprises theoretical and theory-based empirical work. These include monographs and anthologies, but also introductions to some aspects of urban and regional geographical and social science research. In addition, conference proceedings and qualification papers (dissertations, postdoctoral theses) are also published.

Edited by

Prof. Dr. Dr. Olaf Kühne, Universität Tübingen

Prof. Dr. Sebastian Kinder, Universität Tübingen

PD Dr. Olaf Schnur, Berlin

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/10584>

Rainer Duttmann · Olaf Kühne · Florian Weber
(Hrsg.)

Landschaft als Prozess

Hrsg.

Prof. Dr. Rainer Duttmann
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel, Deutschland

Prof. Dr. Olaf Kühne
Eberhard Karls Universität Tübingen
Tübingen, Deutschland

Jun.-Prof. Dr. Florian Weber
Universität des Saarlandes
Saarbrücken, Deutschland

ISSN 2625-6991

ISSN 2625-7009 (electronic)

RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft

ISBN 978-3-658-30933-6

ISBN 978-3-658-30934-3 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-30934-3>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

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.

Planung/Lektorat: Cori Antonia Mackrodt

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Landschaft als Prozess – eine Einführung	3
---	---

Rainer Duttman, Olaf Kühne und Florian Weber

Theoretisch-konzeptionelle und praktische Überlegungen zur Prozesshaftigkeit von Landschaft

Naturwissenschaftliche Zugänge zur Prozesshaftigkeit von Landschaft – Ansätze der ökologischen Landschaftssystemforschung	17
--	----

Rainer Duttman

Sozialwissenschaftliche Zugänge zur Prozesshaftigkeit von Landschaft	69
---	----

Olaf Kühne und Florian Weber

Vom Wahren, Schönen und Guten	83
--	----

Karsten Berr

Kulturlandschaft als kultureller Prozess, illustriert am Orden der Zisterzienser und an den frühen Trägern der Rheinromantik	119
---	-----

Winfried Schenk und Jan-Erik Steinkrüger

Der Wandel landschaftsästhetischer Vorstellungen	135
---	-----

Simone Linke

Gesundheits- und Erholungsprozesse	155
---	-----

Daniel Münderlein

Die Prozesshaftigkeit von Planung	177
--	-----

Gottfried Hage

Expertenurteil und öffentliche Mitwirkung in der Landschaftsplanung und -forschung	199
---	-----

Boris Stemmer, Franziska Bernstein, Lucas Kaußen und Nicola Moczek

Darstellung von Landschaft und Landschaftsprozessen

Die kartographische Darstellung von Landschaftsprozessen 225

Frank Dickmann

Modellierung von Landschaftsprozessen 245

Wolfgang B. Hamer

Altindustrielle Klanglandschaften und moderne 3D-kartographische Ansätze ihrer Wiedergabe und Erhaltung 267

Dennis Edler

Literarische Landschaften 281

Julien Bobineau

Stories Grown Out of Landscapes 297

Markus Schleich

Landschaft im Wandel – Bedeutungszuschreibungen im Wandel

Salton Sea, Kalifornien: Hybride Landschaftsprozesse zwischen Euphorie und Endzeit. 311

Olaf Kühne

Das Neue Emschertal. Transformation von Freiräumen und Veränderung von Ökosystemleistungen während der letzten 200 Jahre 327

Harald Zepp

Wie finden umweltschonende Lebensstile in der Landschaft ein Zuhause? 361

Bettina Oppermann

„Über Tage“ – das Saarpolygon als Anker sich wandelnder Altindustrielandschaften im Saarland 377

Florian Weber

Empirical Approaches to Landscape Processes: On Symbolic Inscriptions of ‘Forest’—Historical Perspectives and Current Trends. 403

Corinna Jenal

Stadtlandhybride Landschaftsprozesse

Stadtlandhybride Prozesse in Baton Rouge: von der klassischen Downtown zur postmodernen Downtownsimulation. 431

Olaf Kühne und Corinna Jenal

Stadtlandhybridisierung als Prozess 455

Albert Roßmeier

Der Prozess der URFSURBANisierung in San Diego (Kalifornien) aus der Perspektive von Bewohner*innen und Besucher*innen des East Village	475
Olaf Kühne, Florian Weber und Lara Koegst	
Konflikthaftigkeiten um Landschaftsprozesshaftigkeiten	
Landschaft als Prozess – Prozess als Konflikt	493
Tanja Mölders und Sabine Hofmeister	
Prozessschutz: Geschichte und Typologie	513
Thomas Kirchhoff	
Invasive Pflanzenarten zwischen kontrastierenden Landschaftsverständnissen	537
Michael Wollrath	
Politische Entwicklungen als Treiber von Landschaftsprozessen	557
Lisa Ellmers	
Kann Landschaft zerstört werden?	573
Lara Koegst	
Die Gewinnung mineralischer Rohstoffe als konfliktärer Landschaftsprozess	585
Olaf Kühne, Karsten Berr und Corinna Jenal	
Von Konflikt und Dialog: Manifestationen der Energiewende in den Transformationsfeldern Netzausbau, Biogas und Windkraft	603
Jan-Hendrik Kamlage, Jan Warode, Julia Lena Reinermann, Nicole de Vries und Esther Trost	
Landschaftskonflikte im Zuge der Energiewende: Die Windenergieanlagen von Wadgassen (Saarland)	635
Anne Wolf	
Konflikte um Flächennutzung und Bodenfunktionen in Agrarlandschaften	657
Michael Kuhwald, Philipp Saggau und Katja Augustin	
The transformation of Ar-Riyadh's landscape from constructivism perspective	689
Mohammed Al-Khanbashi	

Einführung

Landschaft als Prozess – eine Einführung

Rainer Duttmann, Olaf Kühne und Florian Weber

Zusammenfassung

Landschaft ist alltagsweltlich, aber auch wissenschaftlich fest verankert und wird häufig (durchaus normativ aufgeladen) stabil gedacht – als ‚einfach gegeben‘. Landschaft ist aber stets im Wandel begriffen, häufig in einem Sonderfall des Wandels, dem Prozess. Im Vergleich zum ungerichteten, häufig zufälligen und passiven Wandel sind Prozesse (in diesem Falle von Landschaft) stärker gerichtet und damit auch kontextualisierter. Prozesse finden sich insbesondere zwischen den unterschiedlichen Ebenen von Landschaft, der materiellen, der individuellen und der gesellschaftlichen. Besondere Aktualität erhalten Landschaftsprozesse durch sich im physischen Raum manifestierende gesellschaftliche Prozesse, etwa im Kontext der Energiewende. Ausgehend von dieser Einführung wenden sich die Beiträge im vorliegenden Sammelband den unterschiedlichen Perspektiven der Prozesshaftigkeit von Landschaft zu und differenzieren diese aus. Auf diese Weise soll eine weitere Facette zur neueren deutschsprachigen Landschaftsforschung beigetragen werden.

R. Duttmann (✉)

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

E-Mail: duttmann@geographie.uni-kiel.de

O. Kühne

Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland

E-Mail: olaf.kuehne@uni-tuebingen.de

F. Weber

Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Deutschland

E-Mail: florian.weber@uni-saarland.de

Schlüsselwörter

Prozess · Wandel · Landschaft · Physischer Raum · Konstruktion · Individuum

1 Einleitende Bemerkungen zur Prozesshaftigkeit von Landschaft

„Landschaft“ gehört in Deutschland zu einem vielgenutzten und in unterschiedlichen Kontexten eingesetzten Begriff – sowohl alltagsweltlich als auch wissenschaftlich. Als „enger Landschaftsbegriff“ lässt er sich auf den physischen Raum und dessen Veränderungen beziehen, in „weiter“ Lesart sind auch Bindestrich-Wortschöpfungen wie Forschungs-Landschaften möglich und auf „Landschaft“ beziehbar. Es kommt nicht von ungefähr, dass Gerhard Hard (1969) von einem großen „semantischen Hof“ spricht. Im Zuge einer Renaissance der deutschsprachigen Landschaftsforschung seit den 2000er Jahren unter konstruktivistischen Einflüssen ist dem Konstruktionscharakter und der Wandelbarkeit wachsende Aufmerksamkeit zuteil geworden (u. a. dazu bspw. Kost und Schönwald 2015; Kühne et al. 2017, 2019a, Kühne 2018d; Weber 2018a, b [2020 erschienen]). Dass Landschaft als veränderlich zu begreifen ist, gilt allerdings bis heute in zahlreichen Bereichen von Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit, aber auch Wissenschaft durchaus noch nicht als selbstverständlich. So wird sie – mitunter unter Berücksichtigung natürlicherweise gegebener und mehr oder weniger regelhafter Zyklen – zumeist statisch gerahmt. Selbst die Tätigkeit des Menschen wird in die Statik dieser Zyklen hinein gedacht, wie Burckhardt (2006, S. 91) pointiert darstellt: „Die Höfe und Rieselfelder der Poebene, die Weingüter des Bordelais, die Büffelherden der römischen Campagna spiegeln uns die scheinbar zyklische Produktion und Reproduktion zeitloser Gesellschaften vor. ‚Die alten Kulturlandschaften‘, das klingt so wie ‚die Wiege der Menschheit‘“. Zyklische Stabilitätsannahmen treten auch in der (landschaftsbezogenen) Forschung in vielen Zusammenhängen auf: in der naturwissenschaftlich geprägten Landschaftsforschung beispielsweise in Form der Klimaxpflanzengesellschaften, wie auch der potenziell natürlichen Vegetation, in der Planung durch die Formulierung von Leitbildern und den Maßnahmen ihrer zeitlichen Umsetzung, in den Sozialwissenschaften in Form der Vorstellung, der Prozess der Sozialisation (hier von Landschaft) sei mit Eintritt in das Erwachsenenalter abgeschlossen. Dagegen führt Lucius Burckhardt aus: „Kultur ist Tätigkeit, ist Erfindung, Fortschritt“ (Burckhardt 2006, S. 92). Und nicht allein in der Sphäre des Menschen dominiert das Prozesshafte, sondern auch in der natürlichen Umwelt und insbesondere in dem Verhältnis zwischen dem Menschen und seiner (nicht nur natürlichen) Umwelt.

Die Veränderlichkeit von Landschaft wird häufig (auch von den Herausgebern dieses Bandes und den Autor*innen) als *Wandel* verstanden (Kühne 2018a, 2019a; Weber et al. 2017; Weber 2020; darüber hinaus z. B.: (Breuste 1995; Heiland 2006; Hokema 2013; Kost und Schönwald 2015)). Dieser Band fokussiert im Verhältnis

dazu etwas ausgeprägter auf die *Prozesshaftigkeit von Landschaft* als einem *Spezialfall von Wandel*. Dieser Spezialfall ist in von Menschen geprägten Landschaften *zielgerichteter und aktiver* als der passive und auch ungerichtete Wandel. Der Begriff des Prozesses fokussiert zudem stärker die Kontextabhängigkeit von Veränderungen (Mead 1909, 1910). Wie der allgemeinere Wandel vollziehen sich Landschaftsprozesse auf drei Ebenen (detailliert in Bezug auf Wandel siehe Berr et al. 2019; Kühne 2018b, c [2020 erschienen], 2019a): Die erste Ebene ist jene des *physischen Raumes*, die zweite die des *Individuums* und die dritte die der *Gesellschaft*. Auf der Ebene der Gesellschaft finden sich sozial geteilte Konstruktions-, Deutungs- und Bewertungsmuster von Landschaft. Auf der Ebene des Individuums sind individuelle Vorstellungen von und zu Landschaft, Präferenzen, ästhetische und emotionale Zugänge angelegt. Auf der Ebene des physischen Raumes finden sich materielle Objekte und Objektkonstellationen, die zu Landschaft synthetisiert werden: durch das Individuum auf Grundlage gesellschaftlicher Konstruktions-, Deutungs- und Bewertungsmuster. Alle diese Ebenen unterliegen Umbrüchen. Gesellschaftliche Vorstellungen von Landschaft verändern sich (exemplarisch Berr und Kühne 2020; Brückner 2009; Drexler 2009; Müller 1977; Schenk 2017; Weber 2018a, b), individuelle Zugänge zu Landschaft entwickeln sich im Zuge von individuellen Aneignungsprozessen und räumlichen Zugängen (Jenal 2019; Kühne 2006; Kühne und Schönwald 2015a, b) und auch physische Räume sind im steten Wandel begriffen, sei es auf Grundlage von vom Menschen weitgehend unabhängigen Einwirkungen oder durch Eingriffe des Menschen, worauf der lange verfolgte Fokus geographischer Landschaftsforschung lag (unter vielen Holzner 1996; Konold 1996; Lautensach 1952; Wöbse 1999).

Hier wird die Überleitung von Wandel zu Prozess deutlich: Gerade die Bezüge zwischen den Ebenen gestalten sich stark prozesshaft, denn sie sind einerseits gerichtet und aktiv, andererseits stets durch die Möglichkeiten und Restriktionen der beteiligten Ebenen kontextualisiert. So erfolgt der Eingriff des Menschen (bewusst im Singular, denn nur der einzelne Mensch verfügt über einen Körper, mit dem in den materiellen Raum eingegriffen werden kann) in den physischen Raum zumeist *prozessorientiert*, um physische Arrangements zu verändern (oder auch zu erhalten). Das Verhältnis von Individuum und Gesellschaft (hier im Kontext von Landschaft) ist ebenfalls stark prozessorientiert: Die Sozialisation von landschaftlichen Vorstellungen erfolgt in großen Teilen, um das Individuum in der Gesellschaft handlungsfähig zu machen (Geulen 2005; Geulen und Hurrelmann 1991; Kühne 2019d; Nissen 1998). Das Individuum äußert seine Vorstellungen von Landschaft, um alternative Deutungen und Bewertungen zu formulieren oder auch seine Konformität mit gesellschaftlichen Vorstellungen zum Ausdruck zu bringen (Dahrendorf 1979; Kühne et al. 2019a). Eine besondere Aktualität erhalten diese zwischen den landschaftlichen Ebenen ablaufenden Prozesse durch sich rasch vollziehende gesellschaftliche Veränderungen, die sich – vermittelt durch einzelne Menschen und zumeist unter Nutzung technischer Artefakte – im physischen Raum niederschlagen: Dies gilt für den Ausbau technischer Infrastrukturen, von Bahn- und Stromtrassen bis hin zu Anlagen zur Erzeugung regenerativen elektrischen Stroms

über Siedlungserweiterungen bis hin zu veränderten Nutzungen bestehender materieller Arrangements (wie etwa Altindustrie, Wälder oder landwirtschaftliche Flächen; hierzu beispielhaft: Demuth und Heiland 2014; Faller 2016; Gailing 2012; Kress 2018; Kühne und Weber 2018a, b [online first 2017]; Otto 2019; Weber 2018a, b). Aktualität erhalten Landschaftsprozesse auch durch neue technische Möglichkeiten, Landschaften virtuell zu erzeugen bzw. darzustellen und so neue Zugänge zu Landschaft zu entwickeln oder bekannte stereotype Deutungen zu perpetuieren (Edler et al. 2018, 2019a, b).

Die Erforschung der angerissenen unterschiedlichen Landschaftsprozesse ist schwerlich aus einer einzigen theoretischen Perspektive möglich, zu unterschiedlich sind die landschaftlichen Ebenen und Prozesse, die sich hier finden. So folgen Untersuchungen mit Fokus auf dem physischen Raum eher positivistischen Ansätzen, jene, die gesellschaftliche Deutungs- und Bewertungsprozesse fokussieren, eher konstruktivistischen Sichtweisen, was auch die interferenten Prozesse zwischen Individuum und Gesellschaft betrifft (siehe ausführlich zu den unterschiedlichen theoretischen Perspektiven der Landschaftsforschung aktuell Kühne 2019b; Kühne et al. 2019b). Diese Perspektivenvielfalt wird auch in dem vorliegenden Sammelband deutlich.

2 Aufbau und Gliederung des Sammelbandes

Aufbauend auf den skizzierten Reflexionen im Rahmen dieses Einleitungsbeitrages wenden sich die an diesem Sammelband beteiligten Kolleg*innen Landschaftsprozessen zu, die wir fünf größeren Themenblöcken zugeordnet haben.

Den Ausgangspunkt bilden *theoretisch-konzeptionelle sowie praktische Überlegungen zur Prozesshaftigkeit von Landschaft*. Den Auftakt macht eine Systematisierung naturwissenschaftlicher Zugänge durch Rainer Duttmann (2020), gefolgt von einer Ausdifferenzierung sozialwissenschaftlicher Perspektiven durch Olaf Kühne und Florian Weber (2020), womit bereits eindrücklich deutlich wird, welche Einflüsse theoretische Hintergründe auf die Analyse von ‚Landschaft‘ entfalten. Karsten Berr (2020) beleuchtet seinerseits philosophische Sichtweisen auf Landschaftsprozesse. Die beiden folgenden Beiträge von Winfried Schenk und Jan-Erik Steinkrüger (2020) sowie Simone Linke (2020) wenden sich Prozesshaftigkeiten von Kulturlandschaft und landschaftsästhetischen Vorstellungen zu, wobei die Zeitkomponente von Veränderungen zentrale Relevanz erlangt. Daniel Münsterlein (2020) setzt sich im Anschluss mit den wechselseitigen Beziehungen von Gesundheit, Erholung und Landschaft auseinander. Die beiden letzten Artikel dieses Teils von Gottfried Hage (2020) sowie Boris Stemmer et al. (2020) betrachten Herausforderungen in der Planung, wenn es um Landschaftsprozesse geht.

Der *Darstellung von Landschaft und Landschaftsprozessen* wenden sich fünf Beiträge zu, wobei eine innere Differenzierung in zwei Teilbereiche vorgenommen werden kann. Der kartographischen und modellierenden Dimension von Landschaftsprozessen widmen sich Frank Dickmann (2020), Wolfgang Hamer (2020) sowie Dennis Edler (2020) – dies multisensorisch. Landschaften in Literatur und Fernsehserien finden

wiederum in ihren prozessualen Komponenten bei Julien Bobineau (2020) und Markus Schleich (2020) Beachtung und Analyse – hier aus literaturwissenschaftlicher und filmwissenschaftlicher Perspektive.

Welche Wirkungen menschliche Einflüsse auf das, was wir *Landschaft* nennen und erleben, entfalten können, wird im Teil *Landschaft im Wandel – Bedeutungszuschreibungen im Wandel* deutlich. Mehr oder weniger intendiert vollziehen sich mitunter gravierende Veränderungen, die sich in der Ausrichtung dieses Sammelbandes als aktive Prozesshaftigkeit lesen lassen. Olaf Kühne (2020); Kühne und Jenal (2020; Kühne et al. 2020) arbeitet dies für den kalifornischen Salton Sea heraus, Harald Zepp (2020) sowie Bettina Oppermann (2020) für das Ruhrgebiet, Florian Weber (2020) für Altindustrie im Saarland und zuletzt Corinna Jenal (2020) für das Thema Wald.

Daran anschließend erhalten *stadtlandhybride Landschaftsprozesse* eine ausführlichere Würdigung. Mit der Hybridisierung fließender Übergänge zwischen Stadt und Land lassen sich auch eher urbane Kontexte unter ‚landschaftsbezogenem‘ Blickwinkel betrachten und analysieren. Den Auftakt hierzu machen Olaf Kühne und Corinna Jenal (2020) im Hinblick auf stadtlandhybride Prozesse in Baton Rouge in Louisiana, gefolgt von einer Typisierung rezenter (Re-)Urbanisierungsprozesse in Los Angeles durch Albert Roßmeier (2020). In eine ähnliche Stoßrichtung gehen Kühne et al. (2020), wenn sie URSURBANISierungsprozesse in San Diego differenzieren.

Im letzten Teil werden schließlich *Konflikthaftigkeiten um Landschaftsprozesse* beleuchtet. Zunächst werden Ambivalenzen und Herausforderungen im Naturschutz und Prozessschutz thematisiert, wie die Beiträge von Tanja Mölders und Sabine Hofmeister (2020) sowie Thomas Kirchhoff (2020) eindrücklich zeigen. Hieran fügen sich Problematiken um invasive Arten an (Wollrath 2020). In welcher Form politische Entwicklungen als Treiber von Landschaftsprozessen betrachtet werden können, analysiert im Anschluss Lisa Ellmers (2020). Die weiteren Beiträge machen ihrerseits sehr deutlich, wie umkämpft im 21. Jahrhundert Veränderungen von Landschaft ausfallen können. Auf theoretisch-konzeptioneller Ebene ordnet dies Lara Koegst (2020) in einer Gegenüberstellung essenzialistischer und sozialkonstruktivistischer Sichtweisen ein. In den sich anschließenden Artikeln werden dann die Kontexte um die Rohstoffgewinnung (Kühne et al. 2020), die Energiewende (Kamlage et al. 2020 sowie Wolf 2020) sowie agrarische Nutzungen (Kuhwald et al. 2020) ausgeleuchtet. Der Band schließt mit einem Beitrag zur Transformation von Riad (Saudi-Arabien) und dortigen konflikthaften Stadtlandhybridisierungsprozessen (Al-Khanbasi 2020).

In der Gesamtschau der Beiträge zeigt sich so, dass der Wandelbarkeit und konkret der Prozesshaftigkeit von Landschaft je nach Perspektive und Zielsetzung auf unterschiedliche Art und Weise nachgegangen werden kann. Es ist nicht die eine Grundkonzeption, die Erkenntnisgewinn verspricht, sondern mitunter je nach Zielsetzung eine spezifische Wahl oder eine neopragmatische Triangulation (dazu auch Chilla et al. 2015; Kühne 2018e, 2019c). Darüber hinaus ist, wie bereits angedeutet, nicht *ein* Verständnis von Landschaftsprozessen allen Beiträgen eigen. In unterschiedlicher Ausprägung werden sowohl ‚Landschaft‘ als auch ‚Prozess‘ einer Einordnung und Systematisierung

zugeführt – durchaus auch je nach disziplinärem Hintergrund. Darin liegt einerseits eine gewisse Herausforderung, andererseits aber auch eine Chance für eine Perspektivenvielfalt – als Grundlage für weitergehende Auseinandersetzungen mit dem Themenfeld ‚Landschaft als Prozess‘.

Literatur

- Al-Khanbashi, M. (2020). The transformation of Ar-Riyadh's landscape from constructivism perspective. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Berr, K. (2020). Vom Wahren, Schönen und Guten. Philosophische Zugänge zu Landschaftsprozessen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Berr, K., Jenal, C., Kühne, O. & Weber, F. (2019). *Landschaftsgovernance. Ein Überblick zu Theorie und Praxis*. Wiesbaden: Springer VS.
- Berr, K. & Kühne, O. (2020). „Und das ungeheure Bild der Landschaft ...“. The Genesis of Landscape Understanding in the German-speaking Regions. Wiesbaden: Springer VS.
- Bobineau, J. (2020). ‚Die Bretagne gibt es nicht! Es gibt viele Bretagen.‘ Literarische Landschaften und Prozesshaftigkeit in Jean-Luc Bannalecs Krimi-Reihe Kommissar Dupin. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Breuste, J. (1995). Stadtlandschaft – Wandel und Perspektiven einer Kulturlandschaft. In ANL (Hrsg.), *Vision Landschaft 2020 – Von der historischen Kulturlandschaft zur Landschaft von morgen* (S. 63–74). Laufen (Salzach): Selbstverlag.
- Brückner, D. (2009). Bemerkungen zum semantischen Wandel von ‚Landschaft‘ seit dem 18. Jahrhundert. In T. Kirchhoff & L. Trepl (Hrsg.), *Vieldeutige Natur. Landschaft, Wildnis und Ökosystem als kulturgeschichtliche Phänomene* (Sozialtheorie, S. 69–86). Bielefeld: transcript Verlag.
- Burckhardt, L. (2006). Landschaft ist transitorisch (1994). In M. Ritter & M. Schmitz (Hrsg.), *Warum ist Landschaft schön? Die Spaziergangswissenschaft* (S. 90–97). Kassel: Martin Schmitz Verlag.
- Chilla, T., Kühne, O., Weber, F. & Weber, F. (2015). „Neopragmatische“ Argumente zur Vereinbarkeit von konzeptioneller Diskussion und Praxis der Regionalentwicklung. In O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Bausteine der Regionalentwicklung* (S. 13–24). Wiesbaden: Springer VS.
- Dahrendorf, R. (1979). *Lebenschancen. Anläufe zur sozialen und politischen Theorie* (Suhrkamp-Taschenbuch, Bd. 559). Frankfurt (Main): Suhrkamp.
- Demuth, B. & Heiland, S. (2014). Die Energiewende als Treiber der Landschaftsentwicklung. In B. Demuth, S. Heiland, N. Wiersbink & C. Hildebrandt (Hrsg.), *Energielandschaften – Kulturlandschaften der Zukunft? Dokumentation ausgewählter Beiträge der Workshops II (18.–21.03.2013) + III (15.–18.10.2013) an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm (INA) des Bundesamtes für Naturschutz (BfN-Skripten, Bd. 364, S. 4–17)*. Bonn-Bad Godesberg. <https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript364.pdf>.
- Dickmann, F. (2020). Die kartographische Darstellung von Landschaftsprozessen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.

- Drexler, D. (2009). Landschaft und Landschaftswahrnehmung: Untersuchung des kulturhistorischen Bedeutungswandels von Landschaft anhand eines Vergleichs von England, Frankreich, Deutschland und Ungarn. Dissertation, Technische Universität München. München.
- Duttmann, R. (2020). Naturwissenschaftliche Zugänge zur Prozesshaftigkeit von Landschaft – Ansätze der ökologischen Landschaftssystemforschung. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Edler, D. (2020). Altindustrielle Klanglandschaften und moderne 3D-kartographische Ansätze ihrer Wiedergabe und Erhaltung. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Edler, D., Keil, J., WiedenlÜbbert, T., Sossna, M., Kühne, O. & Dickmann, F. (2019). Immersive VR Experience of Redeveloped Post-industrial Sites: The Example of “Zeche Holland” in Bochum-Wattenscheid. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information* 38 (3), 1–18. doi: [10.1007/s42489-019-00030-2](https://doi.org/10.1007/s42489-019-00030-2)
- Edler, D., Kühne, O., Jenal, C., Vetter, M. & Dickmann, F. (2018). Potenziale der Raumvisualisierung in Virtual Reality (VR) für die sozialkonstruktivistische Landschaftsforschung. *Kartographische Nachrichten* 68 (5), 245–254.
- Edler, D., Kühne, O., Keil, J. & Dickmann, F. (2019). Audiovisual Cartography: Established and New Multimedia Approaches to Represent Soundscapes. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*. <https://doi.org/10.1007/s42489-019-00004-4>.
- Ellmers, L. (2020). Politische Entwicklungen als Treiber von Landschaftsprozessen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Faller, F. (2016). Räumliche Praktiken der Energiewende am Beispiel der Biogaserzeugung in Rheinland-Pfalz. *Raumforschung und Raumordnung* 74 (3), 199–211. doi: [10.1007/s13147-016-0394-7](https://doi.org/10.1007/s13147-016-0394-7)
- Gailing, L. (2012). Suburbane Kulturlandschaften als Handlungsräume – Institutionenprobleme und Governance-Formen. In W. Schenk, M. Kühn, M. Leibenath & S. Tzschaschel (Hrsg.), *Suburbane Räume als Kulturlandschaften* (Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 236, S. 126–147). Hannover: Selbstverlag.
- Geulen, D. (2005). Subjektorientierte Sozialisationstheorie. Sozialisation als Epigenese des Subjekts in Interaktion mit der gesellschaftlichen Umwelt. Weinheim: Juventa Verlag.
- Geulen, D. & Hurrelmann, K. (1991). Zur Programmatik einer umfassenden Sozialisationstheorie. In K. Hurrelmann & D. Ulrich (Hrsg.), *Neues Handbuch der Sozialisationsforschung*. Weinheim: Beltz.
- Hage, G. (2020). Die Prozesshaftigkeit von Planung. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Hamer, W. B. (2020). Modellierung von Landschaftsprozessen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Hard, G. (1969). Das Wort Landschaft und sein semantischer Hof. Zu Methode und Ergebnis eines linguistischen Tests. *Wirkendes Wort* 19, 3–14.
- Heiland, S. (2006). Zwischen Wandel und Bewahrung, zwischen Sein und Sollen: Kulturlandschaft als Thema und Schutzgut in Naturschutz und Landschaftsplanung. In U. Matthiesen, R. Danielczyk, S. Heiland & S. Tzschaschel (Hrsg.), *Kulturlandschaften als Herausforderung für die Raumplanung. Verständnisse – Erfahrungen – Perspektiven* (Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 228, S. 43–70). Hannover: Selbstverlag.
- Hokema, D. (2013). Landschaft im Wandel? Zeitgenössische Landschaftsbegriffe in Wissenschaft, Planung und Alltag. Wiesbaden: Springer VS.
- Holzner, L. (1996). *Stadtland USA: Die Kulturlandschaft des American Way of Life*. Gotha: Justus Perthes Verlag.

- Jenal, C. (2019). „Das ist kein Wald, Ihr Pappnasen!“ – Zur sozialen Konstruktion von Wald. Perspektiven von Landschaftstheorie und Landschaftspraxis. Wiesbaden: Springer VS.
- Jenal, C. (2020). Empirical Approaches to Landscape Processes: On symbolic inscriptions of ‘forest’ – historical perspectives and current trends. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kamlage, J.-H., Warode, J., Reinermann, J., Vries, N. de & Trost, E. (2020). Von Konflikt und Dialog: Manifestationen der Energiewende in den Transformationsfeldern Netzausbau, Biogas und Windkraft. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kirchhoff, T. (2020). Prozessschutz: Geschichte und Typologie. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Koegst, L. (2020). Kann Landschaft zerstört werden? Ein Vergleich sozialkonstruktivistischer und essentialistischer Sichtweise. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Konold, W. (Hrsg.). (1996). *Naturlandschaft – Kulturlandschaft. Die Veränderung der Landschaften nach der Nutzbarmachung durch den Menschen*. Landsberg: Ecomed.
- Kost, S. & Schönwald, A. (Hrsg.). (2015). *Landschaftswandel – Wandel von Machtstrukturen*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kress, A. (2018). Wie die Energiewende den Wald neu entdeckt hat. In O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Bausteine der Energiewende* (S. 715–747). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2006). *Landschaft in der Postmoderne. Das Beispiel des Saarlandes*. Wiesbaden: DUV.
- Kühne, O. (2018a). *Landschaft und Wandel. Zur Veränderlichkeit von Wahrnehmungen*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2018b). Die Landschaften 1, 2 und 3 und ihr Wandel. Perspektiven für die Landschaftsforschung in der Geographie – 50 Jahre nach Kiel. *Berichte. Geographie und Landeskunde* (3-4), 217–231.
- Kühne, O. (2018c [2020 erschienen]). Die Landschaften 1, 2 und 3 und ihr Wandel. Perspektiven für die Landschaftsforschung in der Geographie – 50 Jahre nach Kiel. *Berichte. Geographie und Landeskunde* 92 (3–4), 217–231.
- Kühne, O. (2018d). *Landschaftstheorie und Landschaftspraxis. Eine Einführung aus sozialkonstruktivistischer Perspektive* (2., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2018e). Reboot „Regionale Geographie“ – Ansätze einer neopragmatischen Rekonfiguration „horizontaler Geographien“. *Berichte. Geographie und Landeskunde* 92 (2), 101–121.
- Kühne, O. (2019a). Der dreifache Landschaftswandel. *Forum Raumentwicklung* (1), 18–19.
- Kühne, O. (2019b). *Landscape Theories. A Brief Introduction*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2019c). Sich abzeichnende theoretische Perspektiven für die Landschaftsforschung: Neopragmatismus, Akteur-Netzwerk-Theorie und Assemblage-Theorie. In O. Kühne, F. Weber, K. Berr & C. Jenal (Hrsg.), *Handbuch Landschaft* (S. 153–162). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2019d). Die Sozialisation von Landschaft. In O. Kühne, F. Weber, K. Berr & C. Jenal (Hrsg.), *Handbuch Landschaft* (S. 301–312). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2020). Salton Sea, Kalifornien: Hybride Landschaftsprozesse zwischen Euphorie und Endzeit. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O., Berr, K. & Jenal, C. (2020). Die Gewinnung mineralischer Rohstoffe als konfliktärer Landschaftsprozess. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.

- Kühne, O. & Jenal, C. (2020). Stadtlandhybride Prozesse in Baton Rouge: von der klassischen Downtown zur postmodernen Downtownsimulation. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O., Megerle, H. & Weber, F. (Hrsg.). (2017). *Landschaftsästhetik und Landschaftswandel*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. & Schönwald, A. (2015a). Biographische Konstruktionen von Mobilität und Landschaft in der Grenzregion San Diego-Tijuana. In J. Scheiner & C. Holz-Rau (Hrsg.), *Räumliche Mobilität und Lebenslauf. Studien zu Mobilitätsbiografien und Mobilitätssozialisation* (S. 221–238). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. & Schönwald, A. (2015b). San Diego. Eigenlogiken, Widersprüche und Hybriditäten in und von ‚America's finest city‘. Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. & Weber, F. (2018 [online first 2017]). Conflicts and negotiation processes in the course of power grid extension in Germany. *Landscape Research* 43 (4), 529–541. doi:<https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1300639>
- Kühne, O. & Weber, F. (2020). Sozialwissenschaftliche Zugänge zur Prozesshaftigkeit von Landschaft. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O., Weber, F. & Berr, K. (2019a). The productive potential and limits of landscape conflicts in light of Ralf Dahrendorf's conflict theory. *Società Mutamento Politica* 10 (19), 77–90.
- Kühne, O., Weber, F., Berr, K. & Jenal, C. (Hrsg.). (2019b). *Handbuch Landschaft*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O., Weber, F. & Koegst, L. (2020). Der Prozess der URSURBANisierung in San Diego (Kalifornien) aus der Perspektive von Bewohner*innen und Besucher*innen des East Village. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kuhwald, M., Saggau, P. & Augustin, K. (2020). Konflikte um Flächennutzung und Bodenfunktionen in Agrarlandschaften. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Lautensach, H. (1952). *Der geographische Formenwandel. Studien zur Landschaftssystematik* (Colloquium geographicum, Bd. 3). Bonn: Dümmler.
- Linke, S. (2020). Der Wandel landschaftsästhetischer Vorstellungen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Mead, G. H. (1909). Social psychology as counterpart to physiological psychology. *Psychological Bulletin* (6), 401–408.
- Mead, G. H. (1910). Social consciousness and the consciousness of meaning. *Psychological Bulletin* (7), 397–405.
- Mölders, T. & Hofmeister, S. (2020). Landschaft als Prozess – Prozess als Konflikt. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Müller, G. (1977). Zur Geschichte des Wortes Landschaft. In A. Hartlieb von Wallthor & H. Quirin (Hrsg.), „Landschaft“ als interdisziplinäres Forschungsproblem. Vorträge und Diskussionen des Kolloquiums am 7./8. November 1975 in Münster (S. 3–13). Münster: Aschendorff.
- Münderlein, D. (2020). Gesundheits- und Erholungsprozesse. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Nissen, U. (1998). *Kindheit, Geschlecht und Raum. Sozialisierungstheoretische Zusammenhänge geschlechtsspezifischer Rauman eignung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Oppermann, B. (2020). Wie finden umweltschonende Lebensstile in der Landschaft ein Zuhause? In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.

- Otto, A. (2019). Landschaft und der Ausbau der Windenergie. In O. Kühne, F. Weber, K. Berr & C. Jenal (Hrsg.), *Handbuch Landschaft* (S. 859–869). Wiesbaden: Springer VS.
- Roßmeier, A. (2020). Stadtlandhybridisierung als Prozess. Eine Typisierung aktueller (Re-) Urbanisierungsprozesse und Entwicklungszüge in Innenstadtrandlagen von Los Angeles. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Schenk, W. (2017). Landschaft. In L. Kühnhardt & T. Mayer (Hrsg.), *Bonner Enzyklopädie der Globalität*. Band 1 und Band 2 (S. 671–684). Wiesbaden: Springer VS.
- Schenk, W. & Steinkrüger, J.-E. (2020). Kulturlandschaft als kultureller Prozess, illustriert am Orden der Zisterzienser und an den frühen Trägern der Rheinromantik. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Schleich, M. (2020). Stories Grown Out of Landscapes. Die Rolle von Landschaften in kontemporären Fernsehserien. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Stemmer, B., Bernstein, F., Kaußen, L. & Moczek, N. (2020). Expertenurteil und öffentliche Mitwirkung in der Landschaftsplanung und -forschung. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Weber, F. (2018a). Konflikte um die Energiewende. Vom Diskurs zur Praxis. Wiesbaden: Springer VS.
- Weber, F. (2018b [2020 erschienen]). Landschaftsforschung 50 Jahre nach Kiel – Bestandsaufnahme und Perspektiven. Editorial. *Berichte. Geographie und Landeskunde* 92 (3–4), 197–201.
- Weber, F. (2020). ‚Über Tage‘ – das Saarpolygon als Anker sich wandelnder Altindustrielandschaften im Saarland. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Weber, F., Roßmeier, A., Jenal, C. & Kühne, O. (2017). Landschaftswandel als Konflikt. Ein Vergleich von Argumentationsmustern beim Windkraft- und beim Stromnetzausbau aus diskurstheoretischer Perspektive. In O. Kühne, H. Megerle & F. Weber (Hrsg.), *Landschaftsästhetik und Landschaftswandel* (S. 215–244). Wiesbaden: Springer VS.
- Wöbse, H.-H. (1999). „Kulturlandschaft“ und „historische Kulturlandschaft“. *Informationen zur Raumentwicklung* (5), 269–278.
- Wolf, A. (2020). Landschaftskonflikte im Zuge der Energiewende: Die Windenergieanlagen von Wadgassen (Saarland). In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Wollrath, M. (2020). Invasive Pflanzenarten zwischen kontrastierenden Landschaftsverständnissen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Zepp, H. (2020). Das Neue Emschertal. Transformation von Freiräumen und Veränderung von Ökosystemleistungen während der letzten 200 Jahre. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.

Prof. Dr. Rainer Duttmann ist Leiter des Lehrstuhls für Physische Geographie – Landschaftsökologie und Geoinformation am geographischen Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Nach dem Studium der Geographie, Biologie und Pädagogik und anschließendem Referendariat promovierte er an der Universität Hannover zur Anwendung geographischer Informationssysteme in der Landschaftsökologie. Von 1993 bis 2001 war er zunächst als wissenschaftlicher Assistent,

später als Hochschulassistent in der Abteilung Physische Geographie und Landschaftsökologie am geographischen Institut der Universität Hannover tätig, wo er 1999 habilitierte. Seit dem Wintersemester 2001 forscht und lehrt er als Ordentlicher Professor am geographischen Institut der CAU Kiel. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der Modellierung von Landschafts- und Bodenprozessen, insbesondere der Bodenerosion durch Wasser und Wind, der Bodenregionalisierung und auf der Untersuchung der umweltbezogenen Wirkungen Erneuerbarer Energien.

Prof. Dr. Dr. Olaf Kühne studierte Geographie, Neuere Geschichte, Volkswirtschaftslehre und Geologie an der Universität des Saarlandes und promovierte in Geographie und Soziologie an der Universität des Saarlandes und der Fernuniversität Hagen und habilitierte im Fach Geographie an der Universität Mainz. Nach Tätigkeiten in verschiedenen saarländischen Landesbehörden und an der Universität des Saarlandes war er zwischen 2013 und 2016 Professor für Ländliche Entwicklung/Regionalmanagement an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und außerplanmäßiger Professor für Geographie an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken. Seit Oktober 2016 forscht und lehrt er als Professor für Stadt- und Regionalentwicklung an der Eberhard Karls Universität Tübingen. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen Landschafts- und Diskurstheorie, soziale Akzeptanz von Landschaftsveränderungen, Nachhaltige Entwicklung, Transformationsprozesse in Ostmittel- und Osteuropa, Regionalentwicklung sowie Stadt- und Landschaftsökologie.

Jun.-Prof. Dr. habil. Florian Weber studierte Geographie, Betriebswirtschaftslehre, Soziologie und Publizistik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. An der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg promovierte er zu einem Vergleich deutsch-französischer Stadtpolitiken. Von 2012 bis 2013 war Florian Weber als Projektmanager in der Regionalentwicklung in Würzburg beschäftigt. Anschließend arbeitete er an der TU Kaiserslautern in der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Rahmen der Universität der Großregion, als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektkoordinator an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und als Akademischer Rat an der Eberhard Karls Universität Tübingen, wo er 2018 habilitierte. Seit dem Sommersemester 2019 forscht und lehrt er als Juniorprofessor an der Universität des Saarlandes. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Diskurs- und Landschaftsforschung, Border Studies, erneuerbaren Energien sowie Stadtpolitiken und Stadtentwicklungsprozessen im internationalen Vergleich.

Theoretisch-konzeptionelle und praktische Überlegungen zur Prozesshaftigkeit von Landschaft

Naturwissenschaftliche Zugänge zur Prozesshaftigkeit von Landschaft – Ansätze der ökologischen Landschaftssystemforschung

Rainer Duttmann

Zusammenfassung

Der Überblicksbeitrag stellt ausgewählte Konzeptionen der naturwissenschaftlich ausgerichteten Landschaftsforschung dar. Neben bewährten konzeptionellen und methodischen Ansätzen der physiogeographisch-ökologischen Landschaftssystemforschung aus dem deutschsprachigen Raum diskutiert er aktuelle internationale Entwicklungsstränge integrativer, d. h. inter- und transdisziplinär angelegter Konzeptionen zur Erfassung, Analyse, Bewertung und Modellierung landschaftsbezogener Mensch-Umwelt-Interaktionen. Im Mittelpunkt dieses Beitrages stehen dabei solche Ansätze, denen ein komplex definierter Systemzusammenhang zugrunde liegt, der die Einflüsse des Menschen auf Landschaftsstruktur, -prozesse, -funktionen und -dienstleistungen immer mit erfasst und die räumlichen Konnektivitäten zwischen diesen skalenübergreifend abbildet. Vor diesem Hintergrund wirft der Beitrag einen Blick auf die in der Wissenschaft derzeit diskutierten „landscape approaches“ und auf Konzeptionen zur Etablierung einer inter- und transdisziplinären „landscape sustainability science“, als Brücke zwischen den naturwissenschaftlichen und ökologisch arbeitenden Disziplinen der Landschaftsforschung und den sozialwissenschaftlichen. Der Beitrag schließt mit einer Perspektive auf zukünftige Forschungsfelder der ökologischen Landschaftssystemforschung.

R. Duttmann (✉)
Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland
E-Mail: duttmann@geographie.uni-kiel.de

Schlüsselwörter

Prozessorientierte Landschaftssystemforschung · Landschaftsökologie ·
Landschaftskonzeptionen · Landschaftsdynamik · Landschaftsökologische
Komplexanalyse · Landschaftstypisierung · Landschaftsmodellierung ·
Landschaftswissenschaften

1 Landschaft – wovon sprechen wir eigentlich?

Die in der Umgangssprache und in Gesetzestexten (s. Box 1) selbstverständliche Verwendung des Begriffes „Landschaft“ lässt auf den ersten Blick nicht vermuten, wie schwierig und wie wenig einheitlich „Landschaft“ in ihrem ursprünglichen Sinne wissenschaftlich zu fassen ist (vgl. auch Duttmann et al. 2020 in diesem Band). So sind Wortschöpfungen wie „Hochschullandschaft“, „Medienlandschaft“, „Parteienlandschaft“ oder „politische Landschaft“ heute ebenso in der Alltagssprache verankert wie „Kulturlandschaft“, „Naturlandschaft“, „Agrarlandschaft“ oder „Energiewirtschaftslandschaft“, um nur einige Beispiele zu nennen. Ein Grund für die Beliebtheit und die Beliebigkeit seines sprachlichen Gebrauchs zugleich, liegt vermutlich in der Bildhaftigkeit der Begriffes Landschaft selbst. Mit ihm ist die Assoziation eines komplexen, aus zahlreichen Facetten und Einzelelementen bestehenden einheitlichen Ganzen verbunden. Bei näherer Betrachtung wird allerdings deutlich, dass ein und derselbe Begriff mit höchst unterschiedlichen individuellen, gesellschaftlichen und fachlichen Wahrnehmungen und Interpretationen einhergeht (Kühne 2019). Dies gilt für Bezeichnungen wie „die politische Landschaft“ oder „die Medienlandschaft“ in gleicher Weise wie für „die Kulturlandschaft“. Sie alle unterliegen je nach Perspektive, Einstellung und Wissen vielfältigsten (mental) Konstruktionen (s. Abb. 1, zudem auch Ellmers 2020, Schenk und Steinkrüger 2020 sowie Weber 2020 in diesem Band). „Die“ Landschaft per se gibt es dementsprechend nicht, wohl aber unterschiedliche individuelle, gesellschaftliche und fachwissenschaftliche Zugänge zum Gegenstand „Landschaft“. Genau das drückt H. Leser (in Leser und Löffler 2017, S. 13) aus, wenn er folgert, „*„Landschaft“ entsteht im Kopf. „Landschaft“ ist ein Konstrukt aus Gesehenem, Erlebtem, Angelesenem und facheigenen Modellen.*“

Box 1: Landschaft im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) § 1 (Quelle: BMJV 2019)

Das Gesetz legt in § 1 die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege fest. Der Schutzgegenstand „Landschaft“ wird im Gesetz aber nicht genauer definiert.

Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG)

„§ 1 Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege

1. Natur und **Landschaft** sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich nach Maßgabe der nachfolgenden Absätze so zu schützen, dass

1. die biologische Vielfalt,
 2. die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie
 3. die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und **Landschaft** auf Dauer gesichert sind; der Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und **Landschaft** (allgemeiner Grundsatz).
2. Zur dauerhaften Sicherung der biologischen Vielfalt sind entsprechend dem jeweiligen Gefährungsgrad insbesondere
1. lebensfähige Populationen wild lebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten zu erhalten und der Austausch zwischen den Populationen sowie Wanderungen und Wiederbesiedelungen zu ermöglichen,
 2. Gefährdungen von natürlich vorkommenden Ökosystemen, Biotopen und Arten entgegenzuwirken,
 3. Lebensgemeinschaften und Biotope mit ihren strukturellen und geografischen Eigenheiten in einer repräsentativen Verteilung zu erhalten; bestimmte **Landschaftsteile** sollen der natürlichen Dynamik überlassen bleiben.
3. Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind insbesondere
1. die räumlich abgrenzbaren Teile seines Wirkungsgefüges im Hinblick auf die prägenden biologischen Funktionen, Stoff- und Energieflüsse sowie **landschaftlichen** Strukturen zu schützen; Naturgüter, die sich nicht erneuern, sind sparsam und schonend zu nutzen; sich erneuernde Naturgüter dürfen nur so genutzt werden, dass sie auf Dauer zur Verfügung stehen,
 2. Böden so zu erhalten, dass sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können; nicht mehr genutzte versiegelte Flächen sind zu renaturieren, oder, soweit eine Entsiegelung nicht möglich oder nicht zumutbar ist, der natürlichen Entwicklung zu überlassen,
 3. Meeres- und Binnengewässer vor Beeinträchtigungen zu bewahren und ihre natürliche Selbstreinigungsfähigkeit und Dynamik zu erhalten; dies gilt insbesondere für natürliche und naturnahe Gewässer einschließlich ihrer Ufer, Auen und sonstigen Rückhalteflächen; Hochwasserschutz hat auch durch natürliche oder naturnahe Maßnahmen zu erfolgen; für den vorsorgenden Grundwasserschutz sowie für einen ausgeglichenen Niederschlags-Abflusshaushalt ist auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der **Landschaftspflege** Sorge zu tragen,
 4. Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der **Landschaftspflege** zu schützen; dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen; dem Aufbau einer

- nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien kommt eine besondere Bedeutung zu,
5. wild lebende Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften sowie ihre Biotope und Lebensstätten auch im Hinblick auf ihre jeweiligen Funktionen im Naturhaushalt zu erhalten,
 6. der Entwicklung sich selbst regulierender Ökosysteme auf hierfür geeigneten Flächen Raum und Zeit zu geben.
4. Zur dauerhaften Sicherung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswertes von Natur und **Landschaft** sind insbesondere
1. **Naturlandschaften** und historisch gewachsene **Kulturlandschaften**, auch mit ihren Kultur-, Bau- und Bodendenkmälern, vor Verunstaltung, Zersiedelung und sonstigen Beeinträchtigungen zu bewahren,
 2. zum Zweck der Erholung in der freien **Landschaft** nach ihrer Beschaffenheit und Lage geeignete Flächen vor allem im besiedelten und siedlungsnahen Bereich zu schützen und zugänglich zu machen.
5. Großflächige, weitgehend unzerschnittene **Landschaftsräume** sind vor weiterer Zerschneidung zu bewahren. Die erneute Inanspruchnahme bereits bebauter Flächen sowie die Bebauung unbebauter Flächen im beplanten und unbeplanten Innenbereich, soweit sie nicht für Grünflächen vorgesehen sind, hat Vorrang vor der Inanspruchnahme von Freiflächen im Außenbereich. Verkehrswege, Energieleitungen und ähnliche Vorhaben sollen **landschaftsgerecht** geführt, gestaltet und so gebündelt werden, dass die Zerschneidung und die Inanspruchnahme der **Landschaft** sowie Beeinträchtigungen des Naturhaushalts vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden. Beim Aufsuchen und bei der Gewinnung von Bodenschätzen, bei Abgrabungen und Aufschüttungen sind dauernde Schäden des Naturhaushalts und Zerstörungen wertvoller **Landschaftsteile** zu vermeiden; unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und **Landschaft** sind insbesondere durch Förderung natürlicher Sukzession, Renaturierung, naturnahe Gestaltung, Wiedernutzbarmachung oder Rekultivierung auszugleichen oder zu mindern.
6. Freiräume im besiedelten und siedlungsnahen Bereich einschließlich ihrer Bestandteile, wie Parkanlagen, großflächige Grünanlagen und Grünzüge, Wälder und Waldränder, Bäume und Gehölzstrukturen, Fluss- und Bachläufe mit ihren Uferzonen und Auenbereichen, stehende Gewässer, Naturerfahrungsräume sowie gartenbau- und landwirtschaftlich genutzte Flächen, sind zu erhalten und dort, wo sie nicht in ausreichendem Maße vorhanden sind, neu zu schaffen.“

Quelle: Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert. BMJV (Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, 2019): <https://gesetze-im-Internet.de> (=juris GmbH, Juristisches Informationssystem für die BRD, Saarbrücken)



Abb. 1 Eine Interpretation von „Landschaft“ ... – Schaufensterdekoration in Lissabon (2018).
(Foto: R. Duttmann)

Es ist also die Brille, durch die der Blick auf „Landschaft“ erfolgt. So erklären sich letztlich auch die zahlreichen Definitionen und konzeptionellen Zugänge und Ansätze zum Gegenstand „Landschaft“, beispielsweise vonseiten der Geographie, insbesondere der Physischen Geographie, der Landschaftsökologie, der biologisch begründeten Ökologie und der Biologie (s. ausführlich dazu: Bastian 2001; Bastian und Steinhardt 2002; Farina 2006; Forman und Godron 1986; Kirchhoff et al. 2012; Leser 1978, 1991, 1997; Leser und Löffler 2017; Steinhardt et al. 2005).

1.1 Naturwissenschaftliche Zugänge zu „Landschaft“ – Sichten und Interpretationen

Die jeweiligen fachwissenschaftlichen Betrachtungsperspektiven spiegeln sich in einer Vielzahl an Definitionen wieder, von denen hier nur eine sehr kleine und unvollständige Auswahl wiedergegeben werden kann. Carl Troll, der den Begriff „Landschaftsökologie“ in die wissenschaftliche Terminologie einführte (Troll 1939), definiert die geographische Landschaft als *„einen Teil der Erdoberfläche, der nach seinem äußeren Bild und dem Zusammenwirken seiner Erscheinungen (Landschaftselemente, Geofaktoren) sowie den inneren und äußeren Lagebeziehungen eine Raumeinheit von bestimmtem Charakter bildet und der an geographischen, natürlichen Grenzen in Landschaften von anderem Charakter übergeht“* (Troll 1968, S. 4). Die Objekte einer geographischen Landschaft werden dabei drei „Seinsbereichen“ zugeordnet, die sich hinsichtlich ihrer Gesetzmäßigkeiten, Kausalitäten und Funktionsweisen zwar grundlegend unterscheiden, miteinander aber interagieren: 1) der abiotischen, d. h. der rein physikalisch-chemischen Welt, 2) der belebten, vitalen Welt und 3) der geistbestimmten, sozio-kulturellen Welt des Menschen. Landschaft ist somit als ein räumliches Mosaik aus kleineren Raumeinheiten zu verstehen, deren kleinste Einheiten – gewissermaßen die Grundbausteine der Landschaft – als Ökotope bezeichnet werden. Der „Dreiklang“ oder besser das Zusammenspiel von Geosphäre, Biosphäre und Soziosphäre spiegelt sich auch in der Landschaftsdefinition von E. Neef (1981, S. 485) wider. Danach ist „Landschaft“ aufzufassen *„als eine besondere Organisationsform der Materie, gebunden an die Erdoberfläche und gekennzeichnet durch die Integration von Erscheinungen aus allen Kausalitätsbereichen, der Naturgesetzmäßigkeit der anorganischen Sphären, der Lebensgesetzmäßigkeit der Biosphäre und den Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Sphäre (Soziosphäre).“* Entscheidend für das Verständnis von Landschaft ist hierbei, dass sich diese nicht aus der Summe der in ihr vereinigten Geofaktoren (wie Relief, Boden, Klima, Wasserhaushalt, Pflanzen- und Tierwelt, dem Menschen und seinen Werken in der Landschaft) erklärt, sondern aus ihrer „Integration zu einem geographischen Komplex oder Geosystem“ (a. a. O., S. 485, vgl. Neef 1967). Beiden Definitionen liegt ein systemares Verständnis von Landschaft zugrunde, das, in der Folgezeit weiterentwickelt (s. Leser 1997; Leser und Löffler 2017), bis heute prägend für die physisch-geographische und geographisch-ökologische Landschaftsforschung im deutschsprachigen Raum ist. So ist nach H. Leser (1997, S. 187)

Landschaft als „Landschaftsökosystem“ zu begreifen, nämlich als ein „*hochkomplexes stoffliches und energetisches System naturbürtiger, anthropogen veränderter und anthropogener Faktoren, Regler und Prozesse [...]*“, welches in einem Ausschnitt der Biogeosphäre („Ökosphäre“) der Erde räumlich realisiert ist. Die räumlich-systemare Sicht auf „Landschaft“ schlägt sich auch in den Begriffsbestimmungen von Forman und Godron (1986) und von Zonnefeld (1989) nieder. Forman und Godron (1986, S. 11) betrachten „Landschaft“ aus der Perspektive einer stark biologisch ausgerichteten Landschaftsökologie als „*a heterogeneous land area composed of a cluster of interacting ecosystems that is repeated in similar forms throughout*“, wobei ihr drei elementare Charakteristika zugeschrieben werden: 1) Struktur, d. h. die räumlichen Eigenschaften und Beziehungen zwischen den einzelnen Ökosystemen, 2) Funktion, d. h. die prozessualen Interaktionen der einzelnen Systeme untereinander und 3) die zeitlichen Veränderungen von Struktur und Funktion.

Einen etwas weiteren Bogen spannt die Landschaftsdefinition von Zonnefeld (1989). In Anlehnung an A. von Humboldt, nach dem „Landschaft“ der „*Totaleindruck einer Gegend*“ ist (v. Humboldt 1808, S. 169), definiert Zonnefeld (1989, S. 68) Landschaft (landscape) „*...as a part of the space on the earth's surface, consisting of a complex of systems, formed by the activity of rock, water, air, plants, animals and man and that by its physiognomy forms a recognizable entity*“. Hiernach setzt sich „Landschaft“ aus einem Komplex unterschiedlicher Teilsysteme zusammen, die in ihrem räumlichen Arrangement das jeweils charakteristische Erscheinungsbild einer Landschaft als Ganzes erzeugen, wobei das Erscheinungsbild unterschiedlichen Wahrnehmungen und Konstruktionen unterliegt. So weist Haber (2004, S. 19) darauf hin, dass „Landschaft“ aus Sicht der terrestrischen Ökologie erstens „*as a piece of land composed of different ecosystems*“ und zweitens „*as a holistic entity of aesthetic perceptions [...]*“ interpretiert werden kann. Mit dem Bezug auf die ästhetische Perzeption von „Landschaft“ lenkt diese Definition den Blick in Richtung auf eine weitere Dimension von „Landschaft“, nämlich auf die in der naturwissenschaftlichen Landschaftsforschung nicht oder selten berücksichtigte „mentale Dimension“ (Tress und Tress 2001). Diese ist für ein ganzheitliches (holistisches) Verständnis von „Landschaft“ ebenso unverzichtbar, wie für die inter- und transdisziplinäre Auseinandersetzung mit dem „System Landschaft“. Hierzu bedarf es nach Tress und Tress (2001, S. 147) der Integration der folgenden Dimensionen von „Landschaft“: 1) der räumlichen D., 2) der mentalen D., 3) der zeitlichen D., 4) der aus dem Zusammenspiel von Natur und Kultur hervorgehenden D. und 5) der systemaren Dimension, einschließlich der entsprechenden Systemhierarchien. Vor diesem Hintergrund erscheint die im Europäischen Landschaftsübereinkommen (Europarat 2000) formulierte Definition von „Landschaft“ eher überschaubar, da sie der Komplexität des „Systems Landschaft“ nur bedingt Rechnung trägt, wenngleich die Ziele des Übereinkommens, „den Schutz, die Pflege und die Gestaltung der Landschaft zu fördern und die europäische Zusammenarbeit zu organisieren“, natürlich vollkommen außer Frage stehen. Nach diesem Übereinkommen ist „*„Landschaft“ ein vom Menschen als solches wahrgenommenes Gebiet, dessen Charakter das Ergebnis des Zusammenwirkens natürlicher und/oder anthropogener Faktoren ist*“ (Europarat 2000, ohne S.).

Die Vielzahl der im Bereich der naturwissenschaftlich ausgerichteten Landschaftsforschung gebräuchlichen Definitionen macht deutlich, wie schwierig es ist, die unterschiedlichen Attribuierungen von „Landschaft“ in einem verständlichen Satz unterzubringen. Wichtige Aspekte von „Landschaft“ sind deshalb in Box 2 zusammengefasst.

Box 2: Ausgewählte Konnotationen von „Landschaft“ (zusammengestellt aus verschiedenen Quellen, u. a. Forman und Godron 1986, Leser 1997, Bastian und Steinhardt 2002, Farina 2006, Grunewald und Bastian 2013, Gerold 2016)

Landschaft als...	... heterogene Raumeinheit, die geographisch-räumlich aus jeweils charakteristischen Untereinheiten zusammensetzt ist
	... ein durch das Zusammenwirken natürlicher/naturbürtiger und anthropogener Prozesse geprägter Raumausschnitt mit ähnlicher naturräumlicher Ausstattung und ähnlichen Nutzungsstrukturen
	... Muster/Mosaik (pattern) bestehend aus jeweils typischen, räumlich abgrenzbaren, aber miteinander interagierenden Prozesseinheiten (z. B. Ökotope, Ökosystemtypen, „ecological response units“), die in ihrer Konfiguration als zusammengehörig interpretiert und aufgrund ihres Gesamteindrucks als eine Landschaft spezifischen Typs perzipiert werden
	... räumliches Gesamtsystem, bestehend aus funktional miteinander verbundenen und sich gegenseitig beeinflussenden Ensemble an Einzelsystemen, die sich in ihrer vertikalen Struktur unterscheiden und horizontal über energetische, stoffliche und biotische Prozesse untereinander in Wechselwirkung stehen (können)
	... als hierarchisch strukturierbares System, das räumlich auf unterschiedlichen Dimensionsstufen (topische, chorische, regionische und geosphärische D.) abgegrenzt werden kann und dessen prozessuale Eigenschaften zeitlich in unterschiedlicher Skalierung erfasst und beschrieben werden können
	... offenes System, sowohl hinsichtlich der Inputs an Energie und Stoffen als auch in Bezug auf die beim Stoff- und Energieumsatz generierten Outputs
	... zeitlich und räumlich veränderliches, d. h. dynamisches System
	... „process-response“-System, das die Landschaftsprozesse und ihre Dynamiken in kausale und funktionale Beziehung mit ihren jeweiligen Triebkräften (driving forces) setzt
	... multifunktional in Bezug auf ihre natürlichen, sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Funktionen
	... „Provider“ von Landschaftsdienstleistungen (im Sinne des Konzeptes der Ökosystemdienstleistungen)
	... zielgerichtete Abstraktion des aufgrund seiner Komplexität nur in Grundzügen erfassbaren und modellierbaren Systems „Landschaft“
	... mentales Konstrukt, basierend auf (subjektiven) ästhetischen Empfindungen und Wahrnehmungen sowie auf fachimmanenten Zugängen zum Gegenstand „Landschaft“

1.2 Konzeptionen integrativer Landschaftssystemforschung – „landscape approaches“

War die systembezogene Betrachtung von „Landschaft“ nicht zuletzt aufgrund einer langen Wissenschaftshistorie in der (physio)-geographischen Landschaftsforschung und der landschaftsökologischen Forschung im europäischen Raum verortet, so ist sie als Rahmung inter- und transdisziplinär angelegter Landschaftsforschung mittlerweile weltweit etabliert. Diese heute international als „landscape approach(es)“ (s. Arts et al. 2017; Reed et al. 2014; Sayer et al. 2013) bezeichneten, vermeintlich neuen Ansätze verfolgen wie ihre Vorläufer (vgl. ausführliche Darstellungen in Bastian und Steinhardt 2002; Leser 1978, 1997; Leser und Löffler 2017) das Ziel einer (möglichst) ganzheitlichen, d. h. holistischen Betrachtung und Erfassung von „Landschaft“ (siehe auch Berr et al. 2019). Die wachsende Einsicht, dass sektorale Ansätze weder für ein umfassendes Verständnis der komplexen Mensch-Umwelt-Zusammenhänge in Landschaften noch für ein nachhaltiges Landschaftsmanagement geeignet sind, äußert sich angesichts zunehmender globaler Umweltgefährdungen in einer breiten Akzeptanz integrativer Landschaftskonzepte sowohl in der Wissenschaft als auch in der planerischen und umweltpolitischen Praxis (Erbaugh 2017; O’Farrell und Anderson 2010; Wu 2013). Nach Reed et al. (2014, S. 1) bilden integrative „*landscape approaches*“ [...] *a basic framework for balancing competing demands and integrating policies for multiple land uses within a given area. However, attempts to formalize and characterize what landscape approaches actually represent have resulted in a plethora of interlinked terminology and re-invention of ideas and practices under multiple guises*“. Letzteres deutet auf die mit der praktischen Umsetzung solch fachübergreifender Ansätze generell verbundenen konzeptuellen, methodologischen und methodischen Probleme hin, wie sie u. a. auch bei der Operationalisierung des Konzeptes der Ökosystemdienstleistungen (ÖSD, ecosystem services) (Costanza et al. 1997, 2017) diskutiert werden (s. Kühne und Duttmann 2019; Lautenbach et al. 2019; Seppelt et al. 2011; Schröter et al. 2014).

Die über die beiden letzten Jahrzehnte zu verzeichnende exponentielle Zunahme an international publizierten Arbeiten zum Thema „landscape approach“ macht den enormen Bedeutungszuwachs „landschaftssystemarer“ Ansätze in den verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen mit Landschaftsbezug deutlich. Abb. 2 stellt die Entwicklung des Aufkommens der im „Web of Science“ (<https://apps.webofknowledge.com>) verzeichneten englischsprachigen wissenschaftlichen Aufsatzliteratur zum Stichwort „landscape approach“ dar, getrennt nach seiner Erwähnung im Titel, in der Zusammenfassung oder als Schlüsselbegriff sowie im Titel allein. Die Abfrage berücksichtigt nur die Beiträge, die im Web of Science den Bereichen Ökologie, Umweltwissenschaften, Umweltstudien, Geowissenschaften oder Physische Geographie zugeordnet sind. Ein erheblicher Anteil an diesen Publikationen ist dabei auf die enorme Resonanz des von Daily (1997) und Costanza et al. (1997) in der wissenschaftlichen Diskussion verankerten Konzeptes der Ökosystemdienstleistungen zurückzuführen.

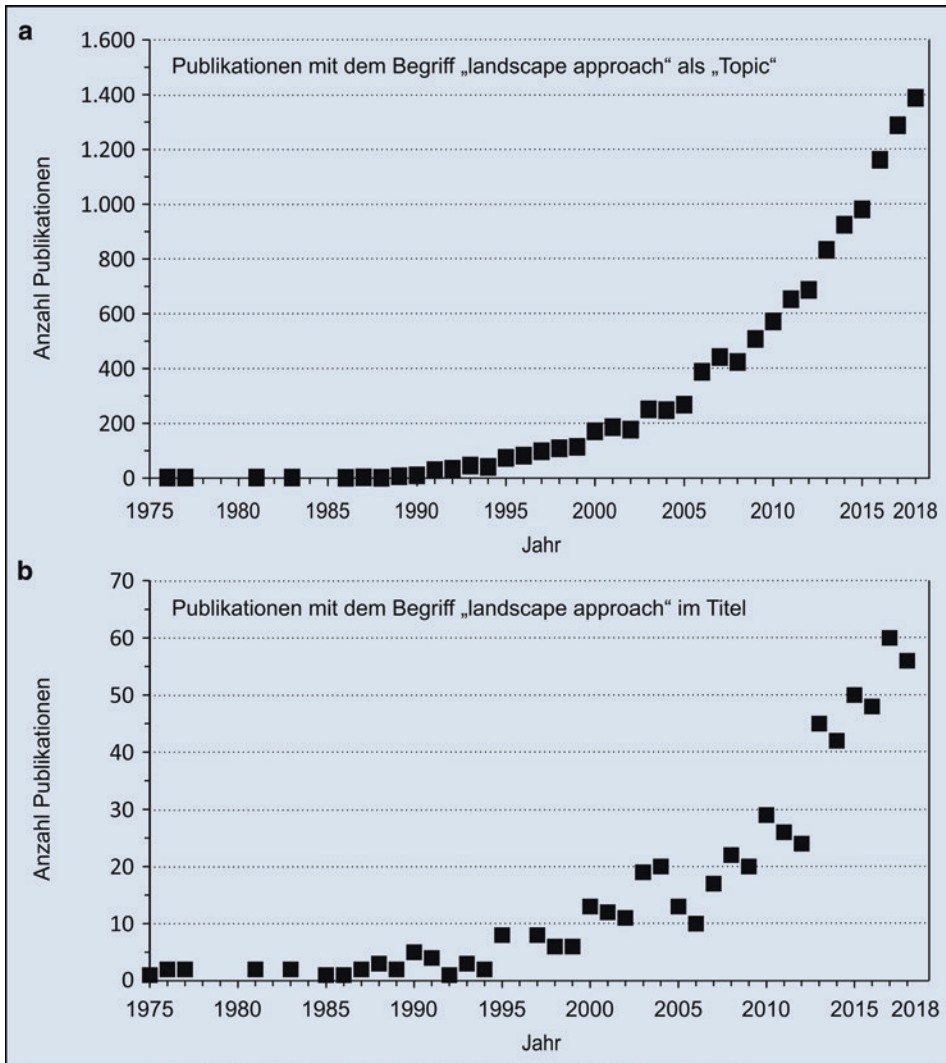


Abb. 2 Anzahl der im Web of Science verzeichneten englischsprachigen wissenschaftlichen Aufsatzpublikationen zum Begriff „landscape approach“ zwischen 1975 und 2018 (Datengrundlage: Web of Science, <https://apps.webofknowledge.com>)

- a) Publikationen mit dem Suchbegriff „landscape approach“ als „topic“ (n = 11.187)
Abfragesyntax: TS=(landscape approach) NOT TS=(geneti OR genom*) AND LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article). WEB OF SCIENCE CATEGORIES: (ECOLOGY OR ENVIRONMENTAL SCIENCES OR ENVIRONMENTAL STUDIES OR GEOSCIENCES MULTIDISCIPLINARY OR GEOGRAPHY PHYSICAL)*

b) Publikationen mit dem Suchbegriff „landscape approach“ als „topic“ (n = 639)

Abfragesyntax: TI=(landscape approach) NOT TI=(geneti OR genom*) AND LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article). WEB OF SCIENCE CATEGORIES: (ECOLOGY OR ENVIRONMENTAL SCIENCES OR ENVIRONMENTAL STUDIES OR GEOGRAPHY PHYSICAL OR GEOGRAPHY)*

Der Anspruch, das System Landschaft in seiner Ganzheit zu erfassen, zu beschreiben und letztlich in einem rechenbaren Modell abzubilden, beschränkt(e) sich in der naturwissenschaftlichen Forschungspraxis zumeist auf wichtige Teilaspekte von „Landschaft“, d. h. auf ausgewählte Landschaftsprozesse und Landschaftsfunktionen, ihre räumlichen und zeitlichen Dynamiken, und ihre „driver“. Dabei wird der Einfluss des Menschen auf die Strukturen und Funktionsweisen einer Landschaft als steuernde Größe zwar explizit in die systemorientierte Betrachtung von Landschaft integriert (s. Mosimann 2011, S. 609). Die sozialen, kulturellen oder wirtschaftlichen Hintergründe für sein Handeln werden dabei allerdings ebenso wenig berücksichtigt wie die unterschiedlichen gesellschaftlichen Perzeptionen des Gegenstandes „Landschaft“ (s. Tress und Tress 2001). Als Beispiel für ein auf eine gesamtheitliche(re) Rahmung der komplexen Mensch-Landschaftsinteraktionen abzielendes Konzept sei an dieser Stelle auf das von Tress und Tress (2001) entworfene transdisziplinäre Konzept zur Landschaftsforschung verwiesen. Diese systembezogene Konzeption kombiniert das physisch-materielle und das kognitive Teilsystem, d. h. das geosphärische, das biosphärische und das noosphärische (mentale) Teilsystem miteinander, von denen jedes üblicherweise Betrachtungsgegenstand einzelner natur-, sozial- oder geisteswissenschaftlicher Fachdisziplinen ist. Wenngleich in Gänze bisher weder experimentell noch methodisch und feldpraktisch realisierbar, so dienen derartige konzeptionelle Schemata als wichtiges Kommunikationsmittel für ein verbessertes Verständnis der unterschiedlichen fachlichen Zugänge und Sichten auf „das“ Landschaftssystem bzw. das Landschaftsökosystem sowie als „entry point“ für die inter- und transdisziplinäre Auseinandersetzung mit dem System Landschaft. Inter- und transdisziplinär formulierte Konzeptschemata finden heute zunehmend dort Anwendung, wo es darum geht, komplexe Mensch-Umwelt-Systeme, und ihre räumlichen Interaktionen, Dynamiken, Feedbacks usw. in vereinfachter Form strukturiert abzubilden und zu kommunizieren – und zwar nicht nur unter den mit Landschaftsforschung betrauten Wissenschaftsdisziplinen selbst, sondern zwischen diesen und den mit „Landschaft“ befassten Akteuren aus Politik, Planung, Wirtschaft und Gesellschaft. Beispiele für die Ausgestaltung transdisziplinär ausgelegter Konzeptmodelle (conceptual frameworks) stellen u. a. Potschin und Haines-Young (2011) und Potschin-Young et al. (2018) mit Blick auf die Operationalisierung und das „mainstreaming“ des ÖSD-Konzeptes (Costanza et al. 1997, 2017) dar.

Zwischen dem theoretischen Ideal einer ganzheitlichen systemischen Betrachtung von Landschaft und der forschungspraktischen Realität klaffen derzeit noch große Lücken (s. Diskussion in Leser und Löffler 2017, S. 62–95). Angesichts einer fortschreitenden – auch wissenschaftspolitisch bedingten -Spezialisierung wurde „Ganzheitlichkeit“ in der

Vergangenheit oftmals ins Gegenteilige verkehrt, nämlich in das möglichst ganzheitliche Erforschen einzelner oder weniger Detailprozesse ausgewählter Facetten des Systems Landschaft. Der Blick auf das Gesamtsystem geriet so vielfach aus den Augen. Eine weitere Ursache für diese Entwicklung ist vermutlich auch der Erkenntnis geschuldet, dass die Erforschung des Gesamtsystems und seiner vielfältigen Funktionsweisen nicht von einem einzelnen Fach oder Fachbereich traditionellen Zuschnittes allein geleistet werden kann.

Aktuell wird deshalb international die Etablierung einer „Landscape Sustainable Science“ diskutiert. Sie soll zu einem verbesserten inter- und transdisziplinär gegründeten Zugang zum Gesamtsystem Landschaft beitragen (Opdam et al. 2018; Wu 2013). „Landscape Sustainable Science“ versteht sich nach (Wu 2013, S. 999) als eine raumbezogene („place-based“) und anwendungsbezogene („use-inspired“) Wissenschaft. Sie zielt auf ein verbessertes Verständnis der dynamischen Beziehungen zwischen den ökosystemaren Funktionen und dem menschlichen Wohlbefinden in sich verändernden Landschaften ab (s. Box 3 und Abb. 3). Ihr räumlicher Schwerpunkt liegt auf der Landschafts- und Regionalskala, sodass die Wechselwirkungen und die hierarchischen Verknüpfungen zwischen diesen Skalen erfassbar sind.

Box 3: Definition der „Landscape Sustainability Science“ nach Wu (2013)

„Landscape sustainability science is a place-based, use-inspired science of understanding and improving the dynamic relationship between ecosystem services and human well-being in changing landscapes under uncertainties arising from internal feedbacks and external disturbances. While landscape sustainability science emphasizes place-based research on landscape and regional scales, significant between landscape interactions and hierarchical linkages to both finer and broader scales (or externalities) must not be ignored. To advance landscape sustainability science, spatially explicit methods are essential, especially experimental approaches that take advantage of designed landscapes and multi-scaled simulation models that couple the dynamics of landscape services (ecosystem services provided by multiple landscape elements in combination as emergent properties) and human well-being.“ Zitat: Wu (2013, S. 999) (Abb. 3).

Die Landschaft wird in diesem Schema als räumlich heterogenes, gekoppeltes Mensch-Umwelt-System aus stark nachhaltigkeitsbezogener Perspektive konzeptualisiert (s. Box 3). Der Fokus dieser Rahmung liegt nach Wu (2013) auf der Verknüpfung von Ökosystemdienstleistungen und dem menschlichen Wohlbefinden (a). Die Schlüsselkomponenten, Interaktionen und Triebkräfte des betrachteten Systems sind in der unteren Abbildung (b) dargestellt, die sich an das Millenium Ecosystem Assessment (MEA 2005) anlehnt. Nach Costanza et al. (2017) werden unter Ökosystemdienstleistungen diejenigen ökologischen Eigenschaften, Funktionen und Prozesse verstanden, die direkt oder indirekt zum menschlichen Wohlergehen beitragen. Dabei ist

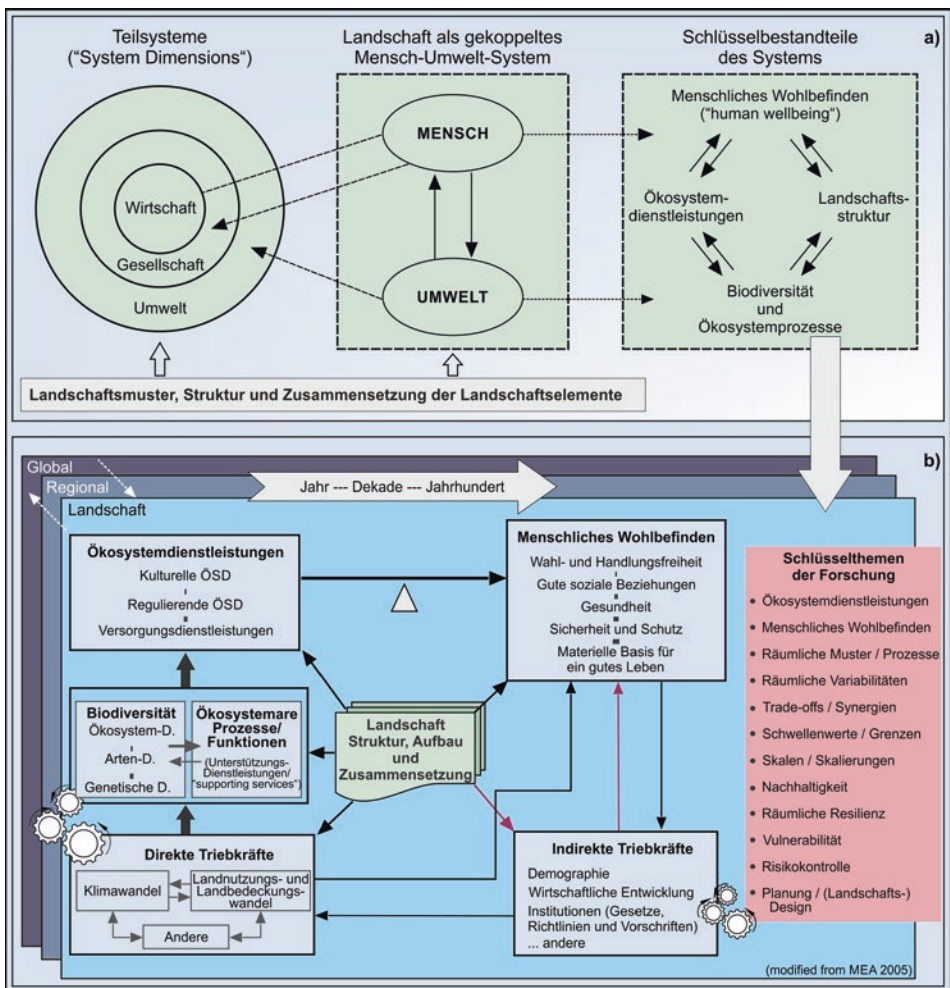


Abb. 3 Rahmenschema der „landscape sustainability science“ nach Wu (2013, S. 1013, aus dem Englischen übersetzt)

es unbedeutend, ob die beteiligten Prozesse und Funktionen bewusst oder unbewusst, direkt oder indirekt Einfluss auf das menschliche Wohlbefinden nehmen (Costanza et al. 2017). Von Ökosystemen erbrachte Leistungen, die keinen gesellschaftlichen oder wirtschaftlichen Nutzen haben, gelten nicht als Ökosystemdienstleistungen. Das Millenium Assessment unterscheidet zwischen Basisdienstleistungen („supporting services“; u. a. Bodenbildung/-entwicklung, Nährstoffkreislauf), Versorgungsdienstleistungen („provisioning services“, u. a. Bereitstellung von Nahrung, Trinkwasser, Rohstoffen, Holz und Fasern), Regulationsdienstleistungen („regulation services“; u. a. Schutz gegen Überschwemmung, Oberflächenabfluss und Bodenerosion) und kulturellen

Dienstleistungen („cultural services“; u. a. Leistungen für Erholung und Bildung sowie ästhetische und spirituelle Leistungen). Für eine vertiefende Auseinandersetzung mit dem ÖSD-Konzept, den unterschiedlichen konzeptionellen Rahmungen, methodischen Ansätzen und Beispielen für dessen praktische Umsetzung sei auf die Arbeiten von Grunewald und Bastian (2013), Bennett et al. (2015, 2016), Costanza et al. (2017), Pascual et al. (2017), Rieb et al. (2018) und Potschin-Young et al. (2018) verwiesen.

Opdam et al. (2018, S. 6) verstehen „*landscape sustainability science*“ als Schnittstelle „*between landscape ecology and social sciences*“ und sehen in der Weiterentwicklung dieser Schnittstelle die Möglichkeit „*to make landscape ecological research more effective in contributing transformations towards a more sustainable future*“. Wichtige konzeptuelle und methodische Beiträge, die die Landschaftsökologie hierzu einbringen kann, sind nach Opdam et al. (2018):

1. der räumlich explizite Ansatz, der die Heterogenität des Landschaftsmusters, das räumliche Zusammenwirken seiner Komponenten und die mit diesen Mustern verbundenen natürlichen und gesellschaftlichen Prozesse und Wahrnehmungen berücksichtigt,
2. der multiskalige Ansatz, der die ökologischen Wechselwirkungen skalenübergreifend mit gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozessen, Verhaltensweisen und Entscheidungen in Beziehung setzt,
3. der Systemansatz, der den Austausch von Wissen, Erfahrungen und Perzeptionen zwischen den verschiedenen „stakeholdern“ und den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen gestattet und
4. der Systemansatz, der die sozialwissenschaftlichen und ökologischen Sichten auf „Landschaft“ in einem lösungsorientierten, in realen Landschaften anwendbarem, interdisziplinärem Ansatz zusammenführt.

Unabhängig davon, ob nun Landschaftsdienstleistungen im Sinne von Wu (2013, s. Box 3) Gegenstand einer an den Prinzipien der Nachhaltigkeit orientierten Landschaftsforschung sind oder andere inter- und transdisziplinäre Rahmungen, die darauf abzielen, die natürliche Ausstattungsvielfalt und Multifunktionalität einer Landschaft zu erhalten oder zu fördern, bedarf es der Weiterentwicklung expliziter Methoden. Dies gilt nicht nur für die Entwicklung multiskaliger dynamischer Simulationsmodelle, sondern auch für experimentelle und feldbezogene Ansätze zur Beschreibung und Abbildung der miteinander gekoppelten sozialen und ökologischen Dynamiken und Triebkräfte.

2 **Landschaft als Gegenstand der Landschaftsökologie**

Die Heterogenität der fachlichen Zugänge, d. h. der konzeptionellen, methodologischen und methodischen Herangehensweisen zur Erforschung von „Landschaft“ allein in der naturwissenschaftlich ausgerichteten ökologischen Landschaftsforschung, macht eine

umfassende Abhandlung der einzelnen Ansätze im Rahmen dieses Beitrages unmöglich. Angesichts der zahlreichen Lehrbücher und Übersichtbeiträge zur Landschaftsökologie wird an dieser Stelle auf die Arbeiten von Leser (1976, 1997), Forman und Godron (1986), Naveh und Lieberman (1994), Turner et al. 2001, Bastian und Steinhardt (2002), Steinhardt et al. (2005), Farina 2006 und Leser und Löffler (2017) verwiesen.

Die Frage danach, was Landschaftsökologie ist, ist seit jeher Gegenstand fachlicher Diskussionen. Je nach disziplinärer Ausrichtung und „Schulzugehörigkeit“ wird sie dementsprechend unterschiedlich beantwortet. Eine kritische Auseinandersetzung mit ausgewählten konzeptionellen Ansätzen und dem Verständnis von Landschaftsökologie aus Sicht der Disziplinen, die Landschaftsökologie als Teil ihres Fachgebietes reklamieren (wie beispielsweise die Geographie, Biologie, Landschaftsarchitektur und Umweltplanung) findet sich bei Kirchhoff et al. (2012).

Trotz der unterschiedlichen fachwissenschaftlichen Sichten besteht nach Steinhardt et al. (2005, S. 68) innerhalb der International Association for Landscape Ecology (IALE) Konsens über den Gegenstand der Landschaftsökologie, nämlich die Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Veränderungen der Landschaft auf den verschiedensten Skalen, einschließlich der biophysikalischen und gesellschaftlichen Ursachen und der Wirkungen landschaftlicher Heterogenität. Ihr konzeptioneller Ansatz verknüpft die mit Landschaftsforschung befassten naturwissenschaftlichen mit den humanwissenschaftlichen Disziplinen. Dem Verständnis der komplexen sozio-ökologischen Wechselbeziehungen, d. h. der ko-evolutionären Zusammenhänge zwischen den sozio-kulturellen, ökonomischen und natürlichen Prozessen in Landschaften, liegt ein systemarerer Denkansatz zugrunde. Ein solcher ist nach Opdam et al. (2018, S. 4) *„important to provide a conceptual basis for both analytical and design approaches in landscape ecology“*.

Von einer ganzheitlichen Behandlung der Landschaft als *„total human ecosystem“* (Naveh und Lieberman 1994, S. 26) sind die einzelnen „Landschaftsökologien“ in der realen Forschungspraxis jedoch (noch) weit entfernt (s. Leser und Löffler 2017). So beschäftigen sich nach Mosimann (2011, S. 606) „nur theoretische und konzeptionelle Arbeiten mit landschaftlichen Ökosystemen im umfassenden Sinne“, während die experimentellen, d. h. quantifizierenden Arbeiten auf Teilsysteme (vor allem Boden und/oder Vegetation), Einzelprozesse (des Wasser-, Stoff- und Lufthaushaltes) und auf Einzelfunktionen der Landschaft fokussieren (vgl. Leser und Löffler 2017).

Für die Landschaftsökologie als Gegenstand geographisch-ökologischer Landschaftsforschung gelten nach Mosimann (2011, S. 606) die folgenden Grundsätze und Arbeitsprinzipien (vgl. Duttman und Mosimann 1996; Leser 1997; Gerold 2016):

1. L. betrachtet die komplexen, vom Menschen beeinflussten Prozesse in Natur und Landschaft immer in räumlicher Perspektive,
2. L. erklärt die grundlegenden Zusammenhänge der landschaftlichen Ökosysteme kompartiment-, system- und skalenübergreifend durch Integration der vertikalen und horizontalen Prozessrichtungen. Als Systemkompartimente gelten hierbei die vertikal

angeordneten Teilsysteme (u. a. Atmosphäre, Biosphäre, Pedosphäre und Lithosphäre) des Ökosystems, die untereinander in stofflichen, energetischen und informatorischen Wechselwirkungen stehen. Durch horizontale/laterale Prozesse stehen diese über die „Grenzen“ des jeweiligen Ökosystems hinweg (d. h. systemübergreifend) mit den Teilsystemen benachbarter oder entfernter gelegener Ökosysteme in Beziehung (Abb. 4). Ein Beispiel hierfür sind die off-site-Effekte von Abfluss- und Abtragsvorgängen, wie sie im Beitrag von Olaf Kühne (2020) in diesem Band für den kalifornischen Salton Sea beschrieben werden.

3. L. entwickelt Methoden zur Erfassung, Abschätzung und Bewertung von Zuständen, Dynamiken, Entwicklungen und Risiken unter Berücksichtigung der natürlichen und anthropogenen Triebkräfte (s. Methoden zur GIS-basierten Landschaftsanalyse in Blaschke 1997; Duttmann 1999a; Lang und Blaschke 2007; Duttmann et al. 2014, 2018)

Die Abbildung zeigt die räumliche Gliederung der Landschaft in Ökosystemkomplexe unterschiedlicher räumlicher Dimensionen (hier Meso-, Mikro-, Nanochore, s. Neef 1963) und ihre Elementareinheiten (Ökotope). Die Ökosystemkomplexe der Meso-, Mikro- und Nanochore setzen sich jeweils aus kleineren Raumeinheiten zusammen, die in Bezug auf ihre Strukturen und Prozesse jeweils als homogen definiert werden und so von anderen Raumeinheiten ein und derselben Dimensions- oder Hierarchieebene unterscheidbar und „abgrenzbar“ sind. Diese Einheiten werden beim Übergang auf die nächst höhere Dimensionsebene (d. h. auf einen kleineren Maßstab bzw. auf einen größeren Raumausschnitt) – ebenfalls unter Annahme einer für die jeweilige „höhere“ Betrachtungsebene festzulegenden „Homogenität“ – zu größeren Landschaftseinheiten aggregiert. Hierbei nimmt ihre „innere“ Homogenität ab, d. h. ihre strukturelle und prozessuale Heterogenität entsprechend zu. Infolge der Aggregation ergeben sich beim Wechsel der Betrachtungsskala jeweils unterschiedliche Muster (patterns) von Ökosystemkomplexen. Die kleinste und hinsichtlich ihrer Struktur und Funktion als homogen angenommene ökologische Raumeinheit einer Landschaft ist das Ökotoptop als räumlicher Repräsentant eines Ökosystems. Das Ökotoptop bildet somit die Elementareinheit im Gesamtsystem „Landschaft“. Die elementaren Ökosysteme und die Ökosystemkomplexe bzw. ihre räumlichen Repräsentanten, zeichnen sich nicht nur durch ihre systeminternen Prozesse aus, sondern sind durch vielfältige prozessuale Beziehungen mit benachbarten oder entfernten Systemen vernetzt. Ökosysteme und Ökosystemkomplexe sind „offene“ Systeme, sowohl hinsichtlich ihrer Inputs an Energie, Stoffen und Organismen von außen als auch hinsichtlich ihrer Outputs. Aus diesem Grunde gibt es fixe Grenzen, wie in der Abbildung dargestellt, in der Realität nicht. Sie bilden jedoch einen visuellen Ordnungsrahmen für die wissenschaftliche Klassifikation sowie für die kartographische Abbildung ökologischer Raumeinheiten verschiedener Dimensionsebenen. Zudem können sie als räumliche Bezugsrahmen für wissenschaftliche und planerische Arbeiten vor Ort dienen. Als methodische Ansätze für eine auf objektiven Kriterien beruhende Klassifikation und Abgrenzung ökologischer Raumeinheiten seien hier die Konzeption „Geoökologische

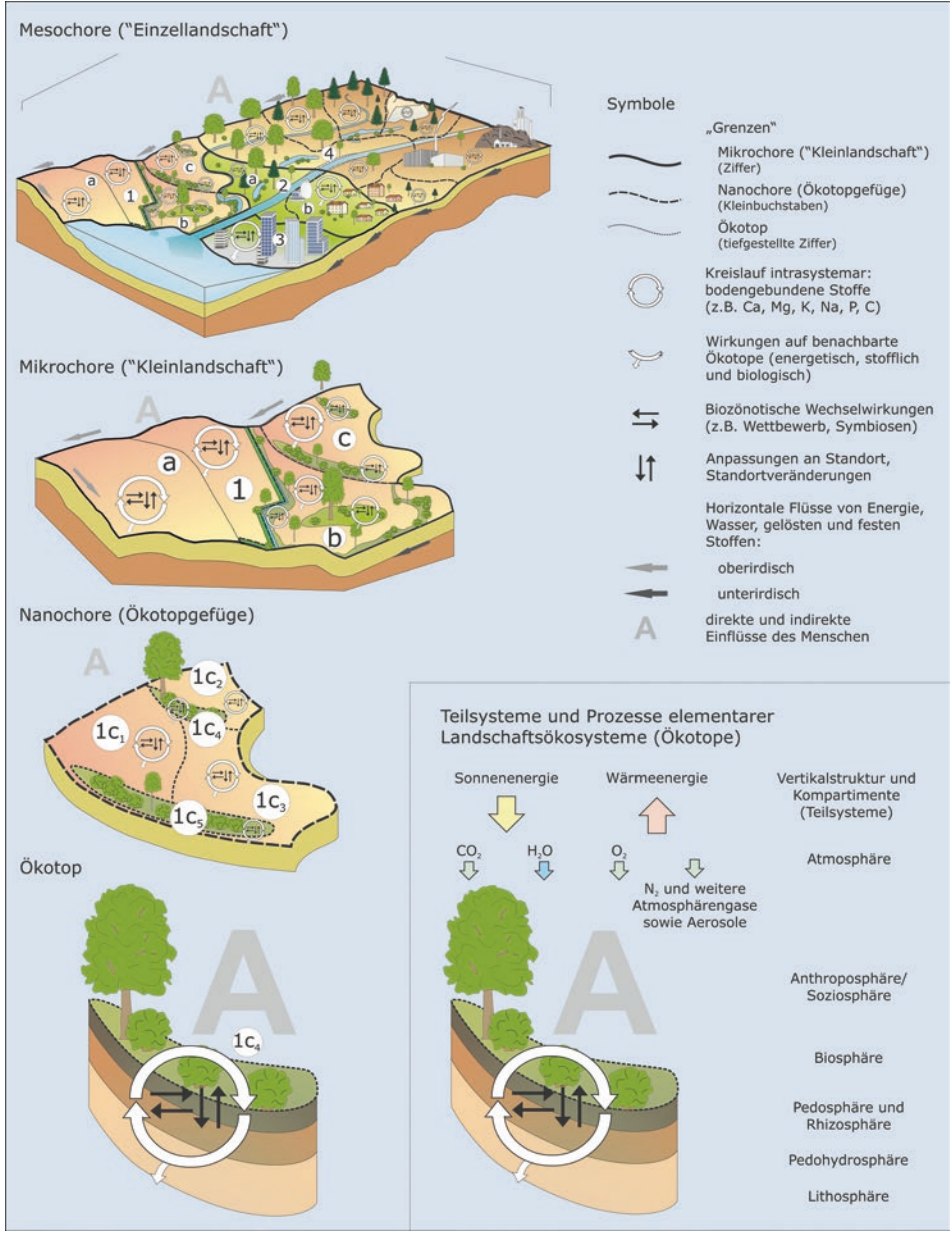


Abb. 4 Räumliche Dimensionen, Hierarchien und Prozesszusammenhänge im Landschaftskomplex (Abbildungssymbolik nach Haber 1993, S. 26/27, ergänzt)

Karte 1:25:000“ (Leser und Klink 1988) und die prozessorientierten Konzeptionen von Mosimann (1990) und Zepp (1991) genannt (vgl. Duttmann 1993; Duttmann und Mosimann 1994; Leser 1997; Leser und Löffler 2017).

4. L. beschäftigt sich mit der Planung und dem Management von Räumen unterschiedlicher räumlicher Größenordnungen (lokales Einzugsgebiet bis Region) und liefert Entscheidungsgrundlagen für die räumliche Planung (s. Bastian und Schreiber 1994; Mosimann et al. 2001; Steinhardt et al. 2005). Hierzu verbindet sie die Sach- und die Wertebene, und stellt „ihre naturwissenschaftlichen Befunde den Nutzungsansprüchen, Schutzziele und Entwicklungszielen der Gesellschaft und ihrer Akteure gegenüber“ (Mosimann 2011, S. 606).

Der Erforschung und der Modellierung landschaftlicher Ökosysteme und ihrer Prozessdynamiken liegt ein raumbezogener, integrativer und systemorientierter Ansatz zugrunde. Dieser begreift Landschaften und ihre elementaren Raumeinheiten (Ökotope) als 4-dimensionale Systeme. Deren räumliche und zeitliche Dynamiken werden durch interne und externe Einflussgrößen sowie durch energetische, stoffliche und biologische Nachbarschaftswirkungen gesteuert. Die Untersuchung der zeitlichen und räumlichen Dynamiken kann historische Landschaftsprozesse mit einbeziehen. Eine solche liefert nicht nur Aufschluss über die Genese des heutigen Landschaftsmosaiks und seiner strukturellen und funktionalen Eigenschaften. Sie kann auch dazu beitragen, die Reaktionen des Systems „Landschaft“ auf etwaige Störungen zu erfassen und die damit verbundenen Transformations-, Anpassungs- und Sukzessionsprozesse fundiert zu rekonstruieren (Bork et al. 1998; Lungershausen et al. 2017; s. Abb. 5 und 6).

Das Foto stellt einen Bodenaufschluss aus einer Binnendünenlandschaft der schleswig-holsteinischen Geest mit den Spuren eines frühmittelalterlichen Wendepfluges (kleines Bild) dar. Die oberhalb eines fossilen Eisen-Humus-Podsols seit der römischen Zeit abgelagerten Sedimente sind das Ergebnis von Deflationsprozessen, die auf menschliche Eingriffe in die Landschaft zurückgehen. Die Horizontierungen geben Aufschluss über die Stillstands- und Aktivitätsphasen der Dünenlandschaftsentwicklung. In Verbindung mit Datierungen, paläobotanischen, archäologischen und historischen Befunden kann die anthropogen gesteuerte Landschaftsentwicklung ganzheitlich interpretiert und zusammenhangsorientiert rekonstruiert werden (Abb. 6).

Die Abbildung stellt die methodische Vorgehensweise zur Rekonstruktion eines 2 ha großen Binnendünenareals in der schleswig-holsteinischen Geest für den Zeitraum der letzten 2.500 Jahre dar. Der integrativen Analyse der Mensch-Landschaft-Interaktionen liegt ein komplexes Set an geo- und biowissenschaftlichen sowie paläobotanischen und archäologischen Methoden zugrunde. Zur Rekonstruktion der Landschaftsentwicklung wurden die flächenbezogen an mehr als 150 Bohrprofilen sowie an mehreren Bodenprofilen und aufgeschlossenen Bodentranssekten (bis zu 50 m Länge und 2,6 m Tiefe) erfassten stratigraphisch-sedimentologischen und bodenkundlichen Analysedaten mit den ¹⁴C- und OSL-Datierungen aus den „indikativen“ Bodenhorizonten sowie die paläobotanischen Daten von Holzkohle-, Großrest- und Pollenanalysen zusammengeführt

Abb. 5 Boden als Archiv der Landschaftsentwicklung. (Quelle: Duttmann et al. (2011, S. 56), Foto U. Lungershausen)



(im Detail s. Lungershausen et al. 2017). Die Rekonstruktion der historischen Dünenoberflächen diskreter Zeitabschnitte (Römische Eisenzeit, Früh-, Hoch-, Spätmittelalter und Neuzeit) beruht auf einem präzisen Geländemodell (DGM), dem 2000 mittels Tachymetrie standörtlich vermessene Höhendaten (Höhengenauigkeit ~3 cm) zugrunde liegen. Das DGM bildet den Höhenbezug für die Konstruktion der ehemaligen Dünenoberflächen. Zur Berechnung der historischen Landoberflächen wurden die in den Bohrprofilen gemessenen Grenztiefen der „indikativen“ Horizonte interpoliert. Die mithilfe eines 3D-Volumenmodells für die einzelnen Zeitscheiben berechneten Sedimentmengen geben Aufschluss über die Intensität des Winderosionsgeschehens, und liefern Hinweise auf die hierfür ursächlichen menschlichen Landschaftseingriffe.

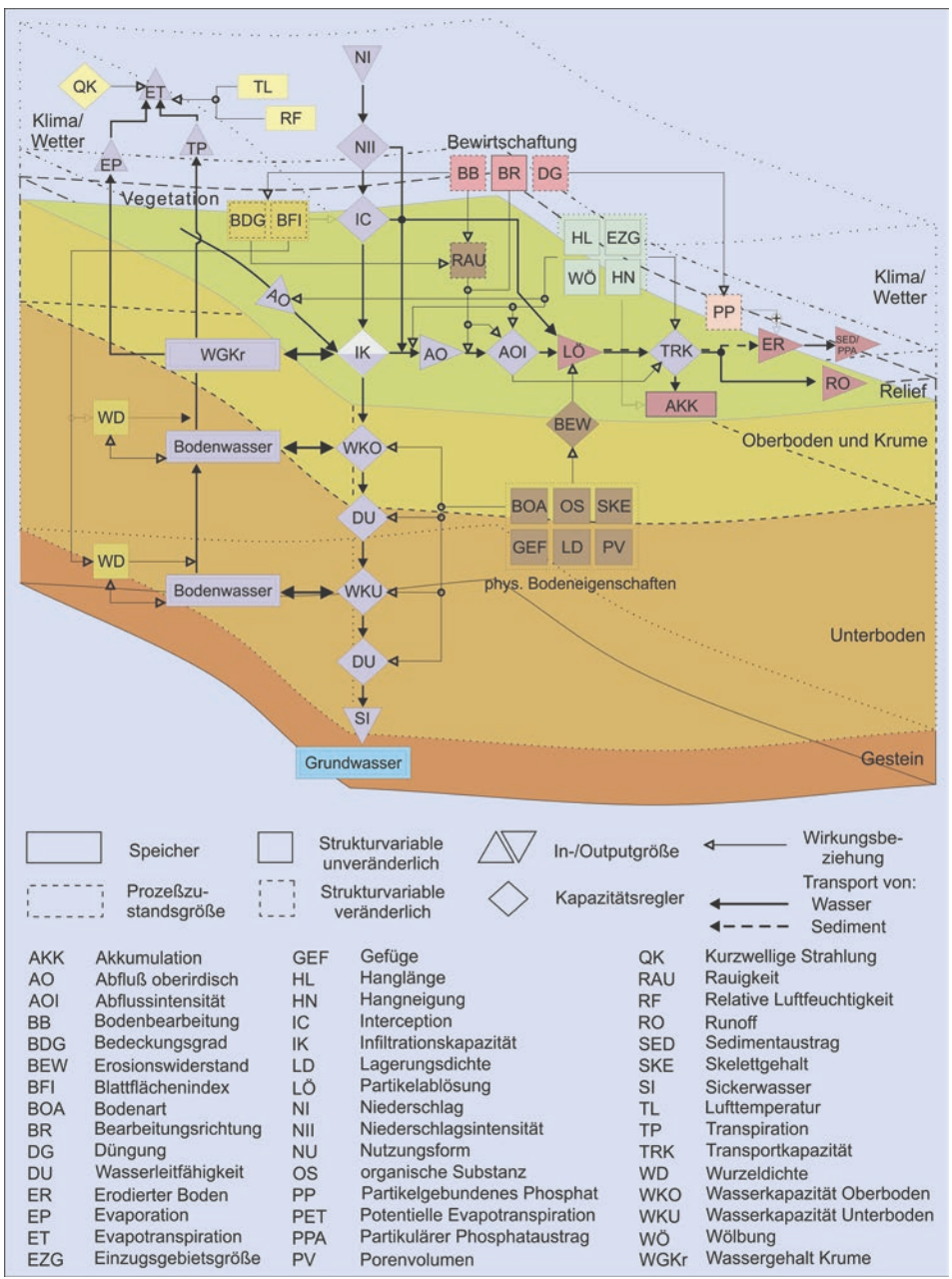
Die Chronostratigraphie des Dünenareals lässt fünf Phasen verstärkter äolischer Aktivität erkennen. Die erste Phase menschlich bedingter Sandverwehungen und Sedimentablagerungen geht auf die römische Eisenzeit zurück, in der ein zunehmender Bedarf an Brennholz aufgrund der Eisenerzeugung sowie der Überweidung zu lokalen Veränderungen in der Vegetationsbedeckung führte. Gegen Ende der Römerzeit verlangsamt sich die äolische Aktivität und verringerte sich zur Zeit der Völkerwanderung auf ein Minimum. So zeugen sowohl der Pollenbefund als auch die Ausbildung eines mächtigeren fossilen A-Horizontes von einer natürlichen Wiederbewaldung und einer damit verbundenen geomorphologischen Formungsruhe. Für das darauffolgende Mittelalter lassen sich aus den landschaftsarchäologischen Untersuchungen drei Hauptphasen

der Dünenentwicklung identifizieren. Eine stark wachsende Bevölkerung, intensivierte Landnutzung und nicht standortangepasste Bodenbearbeitung begünstigten auf den leicht erodierbaren Sandböden das Auftreten schwerer Sandstürme, die mit gravierenden morphologischen Veränderungen des Dünenfeldes verbunden waren. Die mittelalterliche Dünenentwicklung wurde durch zwei Stabilitätsphasen unterbrochen, was durch den Nachweis zweier humoser Bodenhorizonte angezeigt wird. Pollenanalysen zeigen dabei an, dass sich beide Horizonte unter Heidevegetation bildeten, die sich hier als Sekundärvegetation nach Auflassen ehemals bewirtschafteter Felder sowie bei Walddegradation oder -zerstörung typischerweise einstellt. Die oberste Sedimentlage der Düne ist neuzeitlichen Ursprungs, wobei die Sandeinwehungen bis in die 1950er Jahre stattgefunden haben. Danach wurde die Dünenoberfläche durch Aufforstung im Rahmen eines Windschutzprogramms (vorerst) fixiert.

3 Die systemische Betrachtung von Landschaft

Die komplexen Mensch-Umwelt-Interaktionen in Landschaften sind ebenso wie die naturgesetzlichen Zusammenhängen unterliegenden Landschaftsprozesse weder analytisch noch theoretisch in Gänze zu erfassen. Die landschaftliche Realität wird deshalb abstrahiert und als Modell abgebildet, das je nach Betrachtungszweck die als wesentlich identifizierten Strukturen und Prozessmechanismen enthält. Für all diese Modellkonstruktionen von Landschaft gilt trotz der notwendigen Vereinfachungen der „Blick auf’s Ganze“, oder anders ausgedrückt, eine ganzheitliche Perspektive, die die vielfältigen Interaktionen zwischen den sozio-ökonomischen und biophysikalischen Prozessen, ihre Dynamiken und ihre Rückkopplungen skalenübergreifend berücksichtigt (Arts et al. 2017; Bastian 2001; Opdam et al. 2018).

Der integrativen Betrachtung und Untersuchung der komplexen Prozesszusammenhänge in Landschaften dient die Systemanalyse. Sie lässt sich nach Hugget (1980; zitiert in Mulligan und Wainwright 2004, S. 15) vereinfacht als „*study of the composition and functioning of systems*“ umschreiben. Systeme stellen dabei Komplexe von Elementen dar, die miteinander in Beziehung stehen und sich gegenseitig beeinflussen können (vgl. Müller 1999). In der Praxis ist mit der Systemanalyse ein Herunterbrechen oder Modularisieren der unter Realbedingungen gegebenen Komplexität auf einfacher zu behandelnde Subsysteme und Elemente verbunden, die über den Fluss von Energie, Materie und Information untereinander in (Wechsel-)Beziehungen stehen (Mulligan und Wainwright 2004, S. 15). Die Systeme und ihre Subsysteme lassen sich aus den folgenden Elementen konstruieren: 1) Speicherelemente, die durch 2) entsprechende In- und Outputs gefüllt oder entleert werden, 3) einer Anzahl an Regelementen, die die Kapazität der jeweiligen Speicher (Kapazitätsregler) und die Geschwindigkeit ihrer Füllung und Entleerung steuern (Intensitätsregler) und 4) die Relationen und Fließbeziehungen zwischen den Systemelementen, Subsystemen und benachbarten Systemen (s. Abb. 7). Systeme, die als Funktionseinheiten aus unterschiedlichen



Komponenten, Elementen und den Beziehungen zwischen diesen bestehen, sind nach Müller (1999, S. 26) *„immer ganzheitliche Untersuchungseinheiten: sie können nicht strukturell verändert, geteilt oder verkleinert werden, ohne ihre Funktionsfähigkeit und Integrität zu verlieren“*. Sie sind dementsprechend nicht reduzierbar (Müller 1999).

Entsprechend der Systemtheorie (von Bertalanffy 1968) lässt sich auch die Landschaft als System auffassen und als System abbilden. Das Landschaftssystem ist dabei als „offenes“ System zu betrachten, „das Einträge von Energie, Stoffen und Information aus seiner Umgebung [erhält]“, die ihrerseits die „Ausgangsgrößen für interne Degradationen, Flüsse, Transformationen und Speicherungen“ sein können (Müller 1999, S. 26). Beispiele für in der Geographie und Landschaftsökologie verwendete konzeptionelle Systemmodelle finden sich u. a. bei Chorley und Kennedy (1971), Klug und Lang (1983) und Mosimann (1978, 1991) sowie in Olsson und Sjöstedt (2004).

Der Umfang der in solchen Systemmodellen enthaltenen Variablen, Parameter und funktionalen Beziehungen ist von der zu betrachtenden räumlichen und zeitlichen Skala sowie vom Untersuchungsziel abhängig. Nicht selten wird die Konstruktion eines Systemmodells durch die Verfügbarkeit und Qualität der für Modellierzwecke einsetzbaren Daten bestimmt, insbesondere dann, wenn dieses in praxi in ein Simulationsmodell überführt werden soll (Duttmann 1999a).

Für die Formulierung und Konstruktion konzeptioneller Landschaftssystemmodelle gelten nach Mosimann (1991) die folgenden Grundprinzipien (s. Duttmann und Mosimann 1996):

1. die zu untersuchenden Landschaftsprozesse werden in raumrelevanter Größenordnung betrachtet,
2. die abgebildeten Systemelemente, -relationen und -prozesse sind immer an eine Raumeinheit zu koppeln,
3. die abgebildeten Systemelemente, -relationen, -variablen und -parameter müssen flächenhaft erfassbar (oder mittels geeigneter Transfer- und Regionalisierungsmethoden) räumlich ableitbar sein,
4. die Systemabbildung soll alle Hauptkomponenten der Landschaft und deren energie-, wasser- und stoffhaushaltlichen Prozesse gleichzeitig berücksichtigen,
5. die Systemabbildung muss Nachbarschaftswirkungen (wie beispielsweise den lateralen Transport von Wasser und Stoffen) zwischen den landschaftlichen Ökosystemen und mögliche off-site-Wirkungen miterfassen.

Konzeptionelle Landschaftssystemmodelle beziehen die zeitlichen und räumlichen Dynamiken der prozesssteuernden Variablen ebenso explizit mit ein wie die damit verbundenen zeitlichen und räumlichen Veränderungen der betrachteten Landschaftsprozesse und ihrer räumlichen Muster.

Ein Beispiel für ein konzeptuelles Systemmodell ist in Abb. 7 dargestellt. Dieses bildet den Prozesszusammenhang zwischen der Landbewirtschaftung, dem Oberflächenabfluss und der Bodenerosion in einer Agrarlandschaft in Form eines

Prozess-Korrelationssystemen ab. Neben den betrieblichen Einflussgrößen wie Bodenbearbeitung, Bearbeitungsintensität und der angebauten Kulturart berücksichtigt sie u. a. die zeitlichen Veränderungen von Fruchtentwicklung, Evapotranspiration, Bodenfeuchtigkeit, Oberflächenrauigkeit und Infiltration. Die Systemabbildung enthält die Speicher-, Regler-, In- und Outputgrößen, die auch in den späteren Rechen- und Simulationsprozessen verwendet wurden. Zielgrößen waren hierbei neben den gebietsweiten (ereignis- und schlagbezogenen) Abfluss- und Bodenabtragsmengen auch off-site-Effekte wie der Eintrag von Sediment und Phosphat in benachbarte terrestrische und aquatische Ökosysteme (s. Duttmann 1999b).

Konzeptionelle Systemmodelle, wie das in Abb. 7 dargestellte, legen den Rahmen für den zu untersuchenden Systemausschnitt fest, kompartimentieren diesen und definieren die zu betrachtenden Elemente, die Wirkungs- und Prozessbeziehungen zwischen diesen. Sie übernehmen darüber hinaus wichtige weitere Funktionen. Hierzu zählen u. a. die Strukturierung des Untersuchungsdesigns für Feldforschungsarbeiten und die Strukturierung von Datenbanken und Fachinformationssystemen. Sie bilden zudem die Grundlage für die Entwicklung von Programmen zur Simulation von Landschaftsprozessen (Leser 1991, 1997; Mosimann 2011).

4 Zugänge zu Landschaft in der geländebezogenen Praxis

4.1 Messmethodische Zugänge

Das zentrale Arbeitsprinzip geographisch-landschaftsökologischer Untersuchungen ist die Landschaftsökologische Komplexanalyse (LKA) (Haase 1967; Mosimann 1984; s. Leser 1997, S. 322). Hierbei handelt es sich um ein Methodenpaket zur naturwissenschaftlichen Analyse der Strukturen und Funktionsmechanismen landschaftlicher Ökosysteme und zur Erfassung der in Raum und Zeit veränderlichen Dynamiken des Landschaftshaushaltes. Die LKA setzt auf den Grundprinzipien geo- bzw. landschaftsökologischer Untersuchungen auf und umfasst die Techniken und Methoden zur Kartierung, Messung und Analyse von Landschaftsökosystemen. Für ihre Anwendung gelten folgende Grundsätze (s. Duttmann und Mosimann 1996, S. 67; Leser 1991, 1997, S. 322–330; Mosimann 1984):

1. Landschaftsökologische Untersuchungen basieren auf einem explizit formulierten Systemzusammenhang (siehe vorherige Kapitel),
2. Umsatz und Bilanzuntersuchungen der energie-, wasser- und stoffhaushaltlichen Prozesse erfolgen auf der Ebene von Einzelstandorten, Topen, Catenen und Einzugsgebieten (s. Abb. 10),
3. Landschaftsökologische Untersuchungen integrieren horizontale und vertikale Funktionsbeziehungen und Prozessrichtungen, betrachten diese also drei- bzw. vierdimensional,

4. Landschaftsökologische Untersuchungen zielen immer auf flächenbezogene Aussagen ab, wobei die Dichte der zu erfassenden strukturellen Ausstattungs- und Prozessgrößen dem jeweiligen Arbeitsmaßstab anzupassen ist,
5. Landschaftsökologische Untersuchungen sind im Kern auf die Analyse systemkennzeichnender Größen mit Steuerungs-, Kennwert-, Bilanz-, Indikator- und Summencharakter ausgerichtet (Beispiele s. Gerold 2016, S. 31–33; Leser 1997, S. 327; Mosimann 1984, S. 93–106; Steinhardt et al. 2005, S. 159–160),
6. Bezugsgrundlage für die Extrapolation der an Einzelstandorten erfassten Messgrößen sind „Einheitsflächen“ (z. B. Ökotope, Geoökotope) mit jeweils gleichen oder ähnlichen strukturellen Ausstattungsmerkmalen und ökologischen Prozessbedingungen.

Die nach der LKA ausgewiesenen Einheitsflächen können in der Folge als räumliche Bezugsbasis für die struktur- und funktionsbezogene Bewertung der Landschaft, zum Beispiel im Sinne der „Landschaftsdiagnose“ (Bastian 2001; Bastian und Schreiber 1994, S. 32–37; Haase 1991, S. 194–372) dienen. Hierunter wird nach Bastian und Schreiber (1994, S. 33) die „Ermittlung von Leistungen der Landschaft gegenüber gesellschaftlichen Anforderungen“ unter Berücksichtigung der Grenz- und Schwellenwerte (Stabilitätsbedingungen) zur Erhaltung des Landschaftshaushaltes verstanden (Bastian und Schreiber 1994, S. 32–33). Die Landschaftsdiagnose umfasst Aspekte wie die Leistungsfähigkeit des Landschaftshaushaltes (Potenziale, natürliche Ressourcen, Naturrisiken), die Belastbarkeit und Tragfähigkeit (Belastungsgrad, Belastbarkeitsstufen, Sensitivität) und die Nutzungseignung (Eignungspräferenzen, Multifunktionalitäten). Sie zielt nach Bastian und Schreiber (1994, S. 34) ab auf:

- die Analyse der aktuellen gesellschaftlichen Funktionen der Landschaft und deren zukünftige Entwicklung,
- die Beurteilung der Eigenschaften der Landschaft hinsichtlich der gesellschaftlichen Anforderungen und Funktionen,
- die Untersuchung der Wirkungsbeziehungen in der Landschaft, unter Berücksichtigung von Neben- und Spätwirkungen sowie der erwarteten Folgen durch Nutzungsänderungen. Hierbei sind auch landschaftsgenetische Aspekte mit einzubeziehen (s. Abb. 6) und
- die gesellschaftliche, d. h. die ökonomische und nicht ökonomische Bewertung aktueller und geplanter Nutzungen sowie die Beurteilung konfliktierender Mehrfachnutzungen und
- beanspruchungen als Entscheidungshilfe für die Landschaftsplanung.

Beispiele für die Abschätzung und Bewertung landschaftlicher Funktionen, Belastungen und Risiken finden sich u. a. in der „Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes – BA LVL“ (Marks et al. Marks et al. 1989) und bei Bastian und Schreiber (1994). Die Grundsätze und Verfahren („Standards“) für die Erfassung

und Bearbeitung landschaftsökologisch relevanter Sachverhalte sind in den „Landschaftsökologischen Erfassungsstandards“ von Zepp und Müller (1999) beschrieben.

Die komplexe Landschaftsanalyse gilt in der von Mosimann (1984) beschriebenen Detailliertheit des Mess- und Analyseumfanges heute als kaum noch praktikabel. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Sie liegen u. a. in einer zunehmenden fachlichen und methodischen Spezialisierung auf Teilaspekte des landschaftlichen Prozessgeschehens (s. dazu Leser und Löffler 2017, S. 51–61), zu der vermutlich auch die Erkenntnis beigetragen hat, dass messtechnisch aufwendige „allumfassende“ Untersuchungen an wenigen – wie auch immer definierten Repräsentativstandorten – aufgrund des enormen Messumfanges (und limitierter Projektbudgets- und Projektlaufzeiten) sich als wenig sinnvoll erweisen, wenn die erforderliche umfassende Synthesearbeit aus finanziellen und personellen Gründen nicht mehr geleistet werden kann. Dementsprechend ist in der aktuellen landschaftsökologischen Feldforschung auch eine Abkehr vom Betrieb derart aufwendiger „Messgärten“ und eine Verringerung des Messumfanges der an repräsentativen Standorten („Tesserae“) projektspezifisch zu erfassenden Systemvariablen feststellbar (s. Abb. 8). Für die Auswahl der auch bei reduziertem Messumfang aufzunehmenden systemaren Schlüsselgrößen gilt neben ihrer Repräsentativität auch weiterhin ihre Konnektivität im abzubildenden Systemzusammenhang.

Die Instrumentierung des Messgartens ist auf die für die zeitlich hochaufgelöste Modellierung des Winderosionsgeschehens im Minimum zu erfassenden

Abb. 8 „Messgarten“ zur Erfassung der bodenphysikalischen und meteorologischen Schlüsselgrößen der Winderosion im Bereich einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche in Schleswig-Holstein. (Quelle: R. Duttmann et al. 2011, S. 98)



bodenphysikalischen und meteorologischen Variablen ausgelegt. Neben der Aufzeichnung der Windgeschwindigkeit dient der Messgarten der Erfassung von Windrichtung, Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit (in 3 Messhöhen) sowie von Niederschlagsmenge und -intensität. Das vegetationsfreie Messfeld (vorne rechts) ist mit Sensoren zur Messung von Bodenfeuchte und Bodentemperatur ausgestattet. Die Registrierung der Messdaten erfolgt elektronisch mit einem Datenlogger.

Auf den Gesamtprozess bezogene, zusammenhangsorientierte Messungen an repräsentativen Standorten „vor Ort“ sind und bleiben das zentrale Element landschaftsökologischer Forschung. Sie liefern das „Futter“ für ein verbessertes Verständnis der Dynamiken der jeweils untersuchten Landschaftsprozesse ebenso wie für die deren räumliche Modellierung und eine auf „harten“ Daten basierende Modellvalidierung. Im Vergleich zu den von Mosimann (1984) beschriebenen Methoden der Landschaftsökologischen Komplexanalyse, sind heute Messtechniken verfügbar, die das damalige „Methodenportfolio“ massiv ergänzen und so zu einer räumlich und zeitlich höher auflösenden Beschreibung und Abbildung von Landschaftsprozessen beitragen. Hierzu zählen unter anderem 1) der flächenhafte Einsatz von Sensornetzwerken (bspw. zur Messung pedologischer, pedohydrologischer, meteorologischer Prozessvariablen), 2) dGPS -gestützte mobile, minimal invasive und nicht invasive Sensoren zur Erfassung zentraler prozesssteuernder Bodeneigenschaften (z. B. Bodenstruktur, Bodenfeuchte und Bodenverdichtung) (s. Cassiani et al. 2012; Kuhwald et al. 2017) und 3) die von Flugdrohnen (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) und Satellitensystemen getragenen Sensoren zur Abbildung von Landschaftsstrukturen und -prozessen auf den verschiedenen räumlichen Skalen (s. Abb. 9 und 10; s. auch Csikós et al. 2019; Kuhwald et al. 2018; Saggau et al. 2019).

Trotz der Reduktion auf ausgewählte Messmethoden und Messgrößen haben die übergeordneten Prinzipien der von Mosimann (1984) und Leser (1997) dargestellten Komplexen Standortanalyse auch in der aktuellen physiogeographisch-ökologischen Landschaftsforschung nach wie vor Bestand. Dies gilt für die systemorientierte Untersuchung ausgewählter Landschaftsprozesse (z. B. Wasser- und Winderosion oder den Umsatz und die Retention von Wasser, Nähr- und Schadstoffen) und die Integration vertikaler und horizontaler Funktionsbeziehungen und Prozessrichtungen ebenso wie natürlich auch für die räumlich explizite Abbildung der untersuchten Landschaftsprozesse (s. Abb. 10). Hinzu kommt, dass Messdaten standortbezogener Felduntersuchungen, die auf einem systemaren Ansatz wie der Komplexen Standortanalyse beruhen, unverzichtbar sind für die Überprüfung modellierter Landschaftsprozesse und die Abschätzung von Modellfehlern (s. Duttmann 1999a; Müller 1999).

Angesichts des enormen Zuwachses an Geodaten unterschiedlicher räumlicher Auflösung (z. B. digitale Geländemodelle, digitale Orthofotos, Satellitenbilddaten, Bodendaten, Bodenbedeckungsdaten, meteorologische Daten) fungieren heute weniger die nach der Landschaftsökologischen Komplexanalyse abzugrenzenden Raumeinheiten (Physiotope, Geotope oder Ökotope, Mosimann 1984, S. 93) als räumliche Bezugsgrundlage für die modellbasierte Abbildung des landschaftlichen Prozessgeschehens.

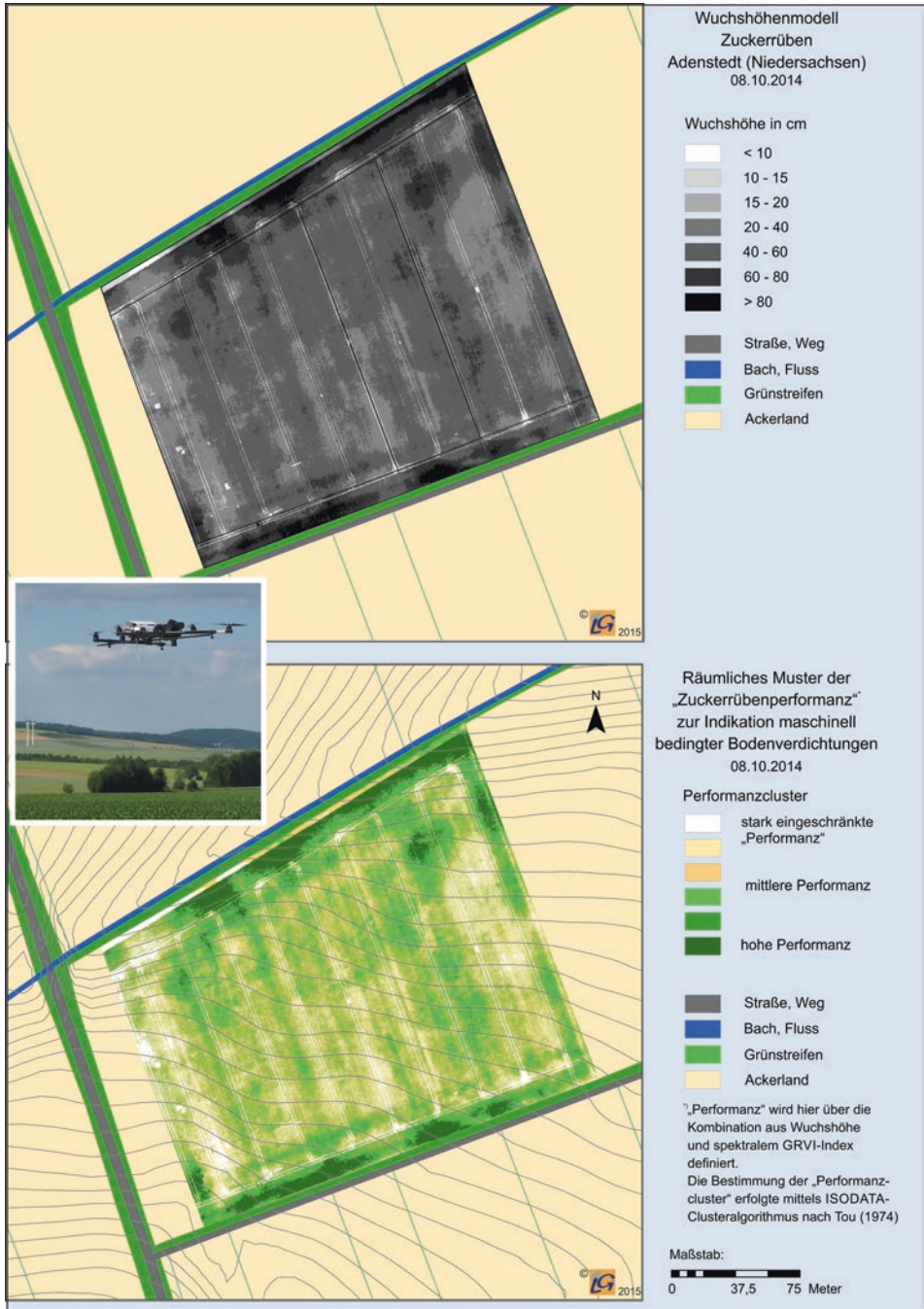


Abb. 9 Anwendung UAV-gestützter Sensorik zur Erfassung von Bestandseigenschaften und Bodenstrukturunterschieden (hier: Detektion von Bodenverdichtungen in Ackerflächen). (Quelle: eigener Entwurf [R. Duttmann])

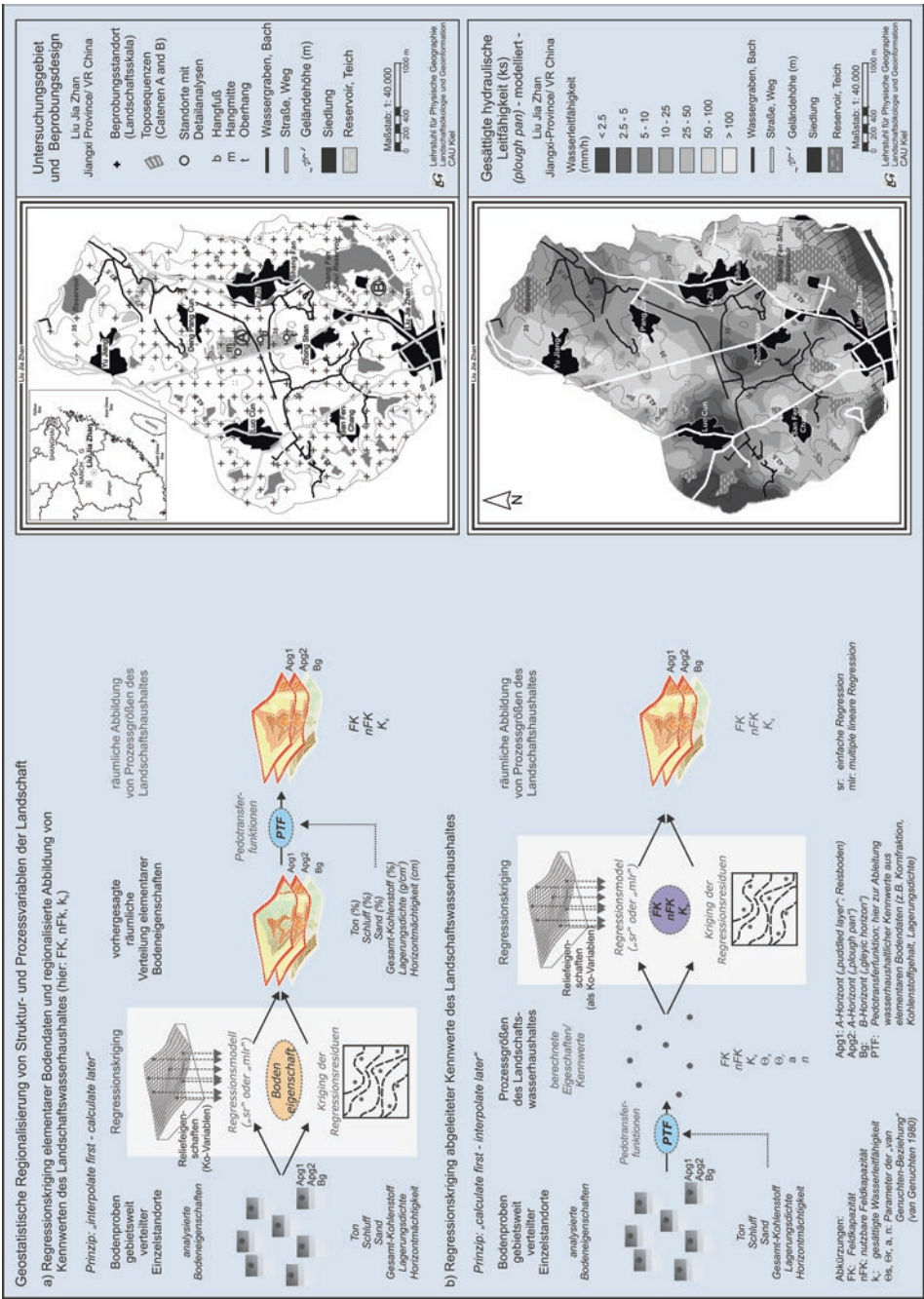


Abb. 10 Anwendung geostatistischer Regionalisierungsmodelle zur Abbildung kontinuierlicher Verteilungen von landschaftlichen Struktur- und Prozessgrößen am Beispiel einer Reisbaulandschaft im südöstlichen China. (Quelle: nach Duttman und Sumfleth 2007), Sumfleth und Duttmann 2008)

Vielmehr dienen in der Praxis die aus der Verknüpfung der in großer Zahl verfügbaren Geofachdaten hervorgehenden „kleinsten gemeinsamen Geometrien“, als in sich homogene „Funktionseinheiten“, als (geometrische) Grundlage für die räumlich differenzierte Modellierung von Landschaftsprozessen. Zudem haben die beachtlichen Entwicklungen im Bereich der statistisch und geostatistisch begründeten Regionalisierungsverfahren, einschließlich der Methoden maschinellen Lernens (vgl. Hamer et al. 2016, Hengl et al. 2004, Li et al. 2008, Li und Heap 2014, Steinhardt und Volk 1999) wesentlich dazu beigetragen, dass Landschaftsprozesse heute zunehmend als Kontinua darstellbar sind (Abb. 10; s. Ehlers et al. 2015, Meyer et al. 2015; Sumfleth und Duttmann 2008). Dies trägt der Konnektivität der betrachteten Strukturen und Prozesse in höherem Maße Rechnung als dies bei diskreten Raumeinheiten, seien es nun „Tope“, „Choren“ oder „Regionen“ der Fall wäre.

4.2 Die Typisierung und Gliederung von Landschaft – ein ungelöstes Problem

Die Frage nach der Abgrenzung von „Landschaft“ und der auf den unterschiedlichen Ebenen räumlicher Betrachtung konstituierenden Landschaftseinheiten ist auch bei Einsatz der neuen Werkzeuge prozessorientierter Landschafts(system)analysen nicht vom Tisch. Ganz im Gegenteil, sie stellt sich heute sogar mehr denn je, wie u. a. die aktuelle wissenschaftliche Diskussion über die Festlegung „geeigneter Referenzeinheiten“ zur Bewertung von Landschafts- und Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) belegt (Grunewald et al. 2013, S. 63, Kühne 2014; siehe auch Kühne und Duttmann 2019). Nach Grunewald et al. (2013, S. 57) werden „Anordnungsmuster, Maßstabsabhängigkeiten und weitere räumliche Beziehungen bei der Erfassung und Bewertung von ÖSD kaum beachtet ...“ (a. a. O., S. 57), sodass „die Leistungen der Natur auch nicht adäquat in politische Entscheidungsprozesse, insbesondere in Verteilungsoptionen, integriert werden“ können. Den erheblichen Bedarf an landschaftsbezogenen Klassifikationen, für forschungspraktische und planerische Anwendungen unterstreicht die aktuelle Studie von Simensen et al. (2017, S. 557), die derartigen räumlichen Typisierungen „*an increasing need for planning and management strategies that combine preservation of landscape diversity with sustainable use of land resources*“ zuschreibt.

Trotz zahlreicher bisheriger Ansätze für landschaftsökologische Raumgliederungen (s. ausführlich Leser 1997, S. 209; Leser und Löffler 2017, S. 75–95) gibt es einen allgemein akzeptierten Standard zur Klassifikation von Landschaftsökosystemen bis heute nicht – weder national noch international. Eine Übersicht über die enorme Vielfalt weltweit gebräuchlicher Ansätze der Landschaftscharakterisierung und Landschaftskartierung geben Simensen et al. (2017). Dabei sind einschlägige, im deutschsprachigen Raum entwickelte Ansätze der geo- und landschaftsökologischen Kartierung und Raumgliederung, wie die von Leser und Klink (1988) und die prozessorientierten Verfahren

von Mosimann (1990), Zepp (1991) und Duttmann (1993), allerdings ebenso wenig recherchiert worden, wie die von Burak (2005) und Schröder et al. (2005).

Aufgrund der unterschiedlichen fachlichen Sichten und Hintergründe unterscheiden sich die heute international eingesetzten Ansätze der Landschaftscharakterisierung und Landschaftskartierung sowohl konzeptionell als auch methodisch und methodologisch deutlich voneinander. Sie lassen sich nach Simensen et al. (2017, S. 557) klassifizieren in:

1. „holistisch“ ausgerichtete Ansätze der Landschaftscharakterisierung, bei denen die visuelle Wahrnehmung und sozio-kulturelle Aspekte der Landschaft im Vordergrund stehen,
2. Ansätze der Landschaftscharakterisierung, denen eine „a priori“ Auswahl geoökologischer und nutzungsbezogenen Eigenschaften der Landschaft zugrunde liegt und
3. Ansätze der „biophysikalischen“ Landschaftscharakterisierung auf der Grundlage statistischer Parameter.

Die von Leser (1991, 1997, S. 209–222) bereits früher festgestellten methodischen Probleme bei der Charakterisierung, Typisierung und räumlichen Abgrenzung von Landschafts(öko)systemen unterschiedlicher Dimensionsebenen bestehen allerdings weiterhin fort. Dabei sind die „Datenprobleme“ das Eine, das Fehlen geeigneter und übertragbarer Methoden das Andere. Über allem steht allerdings als Zentralproblem das Fehlen eines in der Breite akzeptierten Verfahrens zur systemorientierten Klassifikation der Landschaft und ihrer Ökosysteme. So kommen Simensen et al. (2017, S. 566) zu dem Schluss, dass *„although ‚landscape‘ is often regarded as a unifying and interdisciplinary concept, our review indicates that there are substantial differences between landscape characterization methods, and that no single method can address all dimensions of the landscape without important trade-offs.“*

Auch wenn Wahrnehmungsaspekte von Landschaft (s. Aufzählungspunkt 1) ebenso wie sozio-ökonomische Detailprozesse nach Auffassung des Verfassers nicht Gegenstand einer naturwissenschaftlich ausgerichteten Landschaftsökologie sind und dieses auch nicht sein können, so besteht nach wie vor erheblicher Forschungsbedarf in der Entwicklung eines auf objektivierbaren und quantifizierbaren Größen beruhenden Konzeptes einer systemorientierten Klassifikation von Landschaftsökosystemen. Ein solches Konzept sollte auf die zentralen naturgesetzlichen Prozesse und Funktionen des Landschaftshaushaltes (wie die Retentions-, Regulations-, Produktions- und Lebensraumfunktion) unter Berücksichtigung der menschlichen Nutzungen und der Schutzwürdigkeit entsprechender Landschaftsbestandteile fokussieren. Eine hierauf aufbauende Ausweisung (prozessorientierter) Raumeinheiten könnte nicht nur der Festlegung „geeigneter Referenzeinheiten“ zur Bewertung von Landschafts- und Ökosystemdienstleistungen (s. o.) dienen, sondern auch zu einem besseren Verständnis der landschaftlichen Multifunktionalität und zur Entwicklung multifunktionaler Landschaftsleitbilder für Planungsprozesse beitragen (Mosimann et al. 2001).

Die Abbildung stellt die Vorgehensweise bei der Regionalisierung elementarer Strukturgrößen des Bodens und daraus abgeleiteter Kenngrößen des Landschaftswasserhaushaltes (untere Karte) mit Techniken des Regressionskrigings dar. Die Anlage des raumskalenübergreifenden Messkonzeptes (obere Karte) und die Auswahl der detailliert untersuchten Standorte („Tesserae“) greift auf zentrale Prinzipien der Landschaftsökologischen Komplexanalyse (n. Mosimann 1984) zurück. Die Messdaten der „Tesserae“ dienen der zusammenhangsbezogenen Analyse zwischen den bodenphysikalischen Eigenschaften, der Nutzungshistorie und der aktuellen Bewirtschaftungspraxis auf der einen Seite und den davon abhängigen vertikalen und horizontalen Stoffausträgen sowie dem Reisertrag auf der anderen (im Detail s. Lennartz et al. 2009). Die Überprüfung der flächenhaft für die „catenare Skala“ und die „Landschaftsskala“ vorhergesagten Struktur- und Prozessgrößen und die Beurteilung der Modellperformanz erfolgte auf Grundlage der „Leave-One-Out-Cross Validation“ (LOOCV) (Isaaks und Srivastava 1989).

5 Landschaft im Computermodell – Modellierung von Landschaftsprozessen

5.1 Modellansätze

Die Anwendung von Modellen als Abstraktion komplexer Gegenstände und Situationen in den raumbezogenen Wissenschaften ist nicht neu. So sind beispielsweise Karten nichts anderes als ein Modell, d. h. eine vereinfachte, abstrahierte Darstellung der strukturellen Gegebenheiten eines Erdraumes oder eines Ausschnittes daraus (vgl. auch Hamer 2020 in diesem Band). Auch diese werden heute nach definierten Regeln computerbasiert erzeugt. Wenn im Folgenden von Modellierung gesprochen wird, meint dieses die computergestützte, auf einer mathematischen Beschreibung beruhende Abstraktion räumlich und zeitlich variabler Prozesse, die sich – wenngleich nicht zwangsläufig – der direkten Beobachtung entziehen und von einer Vielzahl feiner aufgelöster Teilprozesse, Teilkomponenten und Elemente abhängig sind. Solche Modelle sind in der Landschaftsökologie, wie in der integrativ angelegten räumlichen Umwelt-systemforschung generell, seit langem im Einsatz (Leser 1997; Wenkel 1999; Duttmann 1999a; Volk und Steinhardt 2002; Wainwright und Mulligan 2004; Kelly et al. 2013; Elsayah et al. 2017). Entsprechend groß ist die Anzahl der zur Simulation naturbezogener (d. h. ökologischer, bio-physikalischer) Dynamiken und in zunehmendem Maße auch der zur Simulation sozio-ökologischer Prozessdynamiken einsetzbaren Modelle (Elsawah et al. 2017). Als zentrale Forschungswerkzeuge tragen Modelle nicht nur zu einem verbesserten Verständnis des Prozessverhaltens und zur Formulierung und Überprüfung von Hypothesen bei. Durch die Integration unterschiedlicher disziplinärer Teil-komponenten leisten sie einen wichtigen Beitrag zur fachübergreifenden Zusammenarbeit in der Landschafts- und Umweltforschung (s. Duttmann und Mosimann

1996; Duttmann 1999a; Wainwright und Mulligan 2004; Kelly et al. 2013). Im Rahmen prozessorientierter Landschaftsanalysen dienen Modelle dazu,

- Landschaftsprozesse und Prozesszustände in räumlicher und zeitlicher Differenzierung flächenhaft abzubilden (Abb. 11),
- zentrale Prozessgrößen des Landschaftshaushaltes, deren flächenhafte Untersuchung aufgrund eines hohen Mess- und Erfassungsaufwandes nicht praktikabel ist, zu quantifizieren,
- das Verhalten von Landschaftsökosystemen zu simulieren,
- Auswirkungen menschlicher Eingriffe und/oder natürlicher Ereignisse auf das Verhalten von Landschaftssystemen und Landschaftsfunktionen vorherzusagen,
- die Multifunktionalität von Landschaften räumlich differenziert abzubilden und mögliche „trade-offs“ zwischen den natürlichen Landschaftsfunktionen und ihren diversen Nutzungen zu bewerten und
- Entscheidungsgrundlagen für ein nachhaltiges Landmanagement und für Landschaftsplanung bereitzustellen (vgl. Gerold 2016, S. 95–108; Leser 1997, S. 77–117; Volk und Steinhardt 2002, S. 295–306).

Die Komplexität des landschaftlichen Prozessgeschehens erklärt, warum Simulationsmodelle, die das System „Landschaft“ und seine diversen Teilprozesse als Ganzes abbilden, trotz aller Fortschritte im Bereich der Landschaftsmodellierung nicht existieren. Neben ihrer hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität, verbunden mit ihrer drei-, oder genauer, vierdimensionalen Struktur, zeichnen sich Landschaftsprozesse in der Regel durch ein nicht-lineares Prozessverhalten aus. Sie weisen darüber hinaus vielzählige stochastische Komponenten auf und sind durch multiple Wechselwirkungen (z. B. „feed back loops“) skalenübergreifend miteinander vernetzt. All diese Eigenschaften sind kaum in ein Gesamtmodell zu integrieren. In der Forschungspraxis werden deshalb üblicherweise Subsystem- oder Teilsystemmodelle miteinander gekoppelt, wodurch auch das mit einer zunehmenden Modellkomplexität wachsende Problem einer „Überparametrisierung“ vermieden wird. Ein Beispiel für ein interdisziplinäres und auf eine Gesamtbetrachtung des landschaftlichen Prozessgeschehens.

Die Abbildung stellt die mit dem physikalisch begründeten Bodenerosionsmodell 3D (von Werner und Schmidt 1996) ereignisbezogen berechneten Bodenabtrags- und Depositionsmengen für die Landschafts- und Feldskala dar. Der Modellierung des Bodenerosionsgeschehens liegt eine Kopplung („*loose coupling*“) mit berechneten Bodenfeuchtwerten zugrunde. Diese wurden mit dem physikalischen Bodenwassertransportmodell AMWAS (Braden 1992) standörtlich ermittelt und anschließend regionalisiert. Als konzeptionelle Grundlage für die systemische Betrachtung und Modellierung des Abtragungsgeschehens diente das in Abb. 7 dargestellte Prozess-Korrelations-Modell.

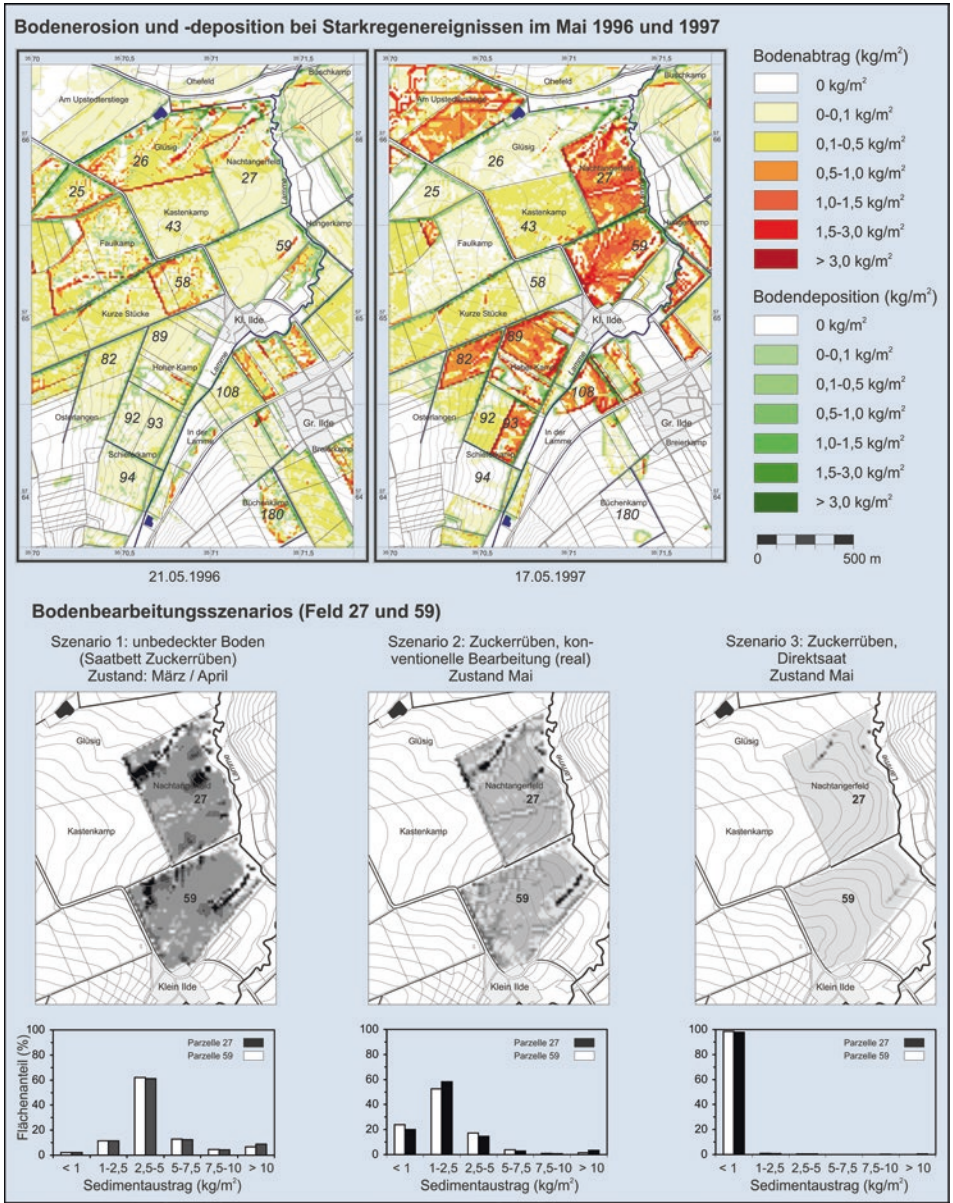


Abb. 11 Modellerte räumliche und zeitliche Dynamik von Landschaftsprozessen am Beispiel von Bodenerosionsprozessen. (Quelle: Duttmann 1999b, S. 148 und 186)

Die untere Abbildungshälfte zeigt Beispiele für die Anwendung der o. g. Modelle zur Simulation von Erosionsszenarien für unterschiedliche Bodenbearbeitungs- und Bodenbedeckungsvarianten. Mit diesen Szenarien lassen sich die Einflüsse unterschiedlicher Bewirtschaftungspraktiken auf das Bodenabtragsgeschehen quantifizieren. Derartige Simulationen können zur Entscheidungsunterstützung im betrieblichen und behördlichen Bodenschutz beitragen.

Ausgerichtetes Modell ist das von Wenkel et al. (1994) entwickelte dynamische Landschaftsmodell MLM („Müncheberger dynamisches Landschaftsmodell“; Wenkel 1999). In diesem „Metamodell“ sind unterschiedliche Module oder „Komponentenmodelle“ (bestehend aus einem sozioökonomischen Regionalmodell, Gebietswasser-, Stoff- und Energiemodellen, Vegetations- und Anbaumodellen sowie Populations-, Habitat- und Sukzessionsmodellen, a. a. O., Seite 119) miteinander gekoppelt. Auch jüngere Modelle, wie das „Land, Climate and Resources-Decision-Support System“ (LandCaRe-DSS) (Wenkel et al. 2011) zur anwendungsorientierten integrativen Bewertung von Ökosystemdienstleistungen entwickelte Softwaresystem InVest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs, s. Daily et al. 2009; Nelson et al. 2009; Sharp et al. 2018) sind modular aufgebaut. Sie bilden dabei zentrale Prozesse der Landschaft integrativ ab, nicht aber das Gesamtsystem.

5.2 Typisierung von Modellen

Die in der ökologischen Landschaftsforschung eingesetzten Simulations- und Vorhersagemodelle lassen sich in vielfältiger Weise klassifizieren (s. Duttmann 1999a, b, Kelly et al. 2013, Steinhardt et al. 2005, S. 211–225, Volk und Steinhardt 2002). Nach Mulligan und Wainwright (2004, S. 15) gibt es dabei *„no universally accepted typologies of models and, given the diversity of approaches apparent in even a single model code in the multi-process models, which are increasingly common, there is little point in specifying one“*. Häufige Typisierungsmerkmale von Modellen sind:

- der „Abstraktionsgrad“ des beschriebenen Prozesses: I) black box M., II) grey box M., III) white box M. (s. Steinhardt et al. 2005, Seite 217),
- die Art der mathematischen Prozessbeschreibung: I) empirische M., II) konzeptuelle M. und III) physikalisch begründete M. (s. Mulligan und Wainwright 2004, S. 15),
- der betrachtete Skalenbereich: I) mikroskalige M., II) mesoskalige M. und III) makroskalige M.,
- die räumliche Prozessabbildung und der räumliche Bezug: I) nicht räumliche M., II) räumlich aggregierende/aggregierte Modelle („*lumped models*“), III) regional-gegliederte Modelle („*region-based compartmental spatial models*“, IV)

rasterzellenbezogene M. oder auf Vektordaten bezogene M. („*grid, cell or element-based spatial models*“) und V) kontinuierliche räumliche Modelle („*continuous space models*“) (Kelly et al. 2013, S. 162),

- die zeitliche Auflösung: I) nicht zeitlich auflösende, statische M. („*non temporal, static/steady state models*“), II) zeitlich aggregierende/aggregierte Modelle für diskrete Zeitabschnitte (z. B. Mittelwerte oder Summengrößen als Modell-Output, „*lumped, discrete temporal/transient models*“), III) dynamische, quasi-kontinuierliche M. zur Simulation der kontinuierlichen Veränderungen der Systemvariablen/Systemzustände über definierte Zeiträume hinweg (z. B. Einzelereignis, Tag, Monat, Jahr) („*dynamic, quasi-continuous models*“) und IV) kontinuierliche M. („*continuous models*“) zur Simulation von Prozessen mit infinitesimal kleinen Zeitschritten (Kelly et al. 2013, S. 162)
- die Behandlung von Interaktionen und Verhaltensmustern räumlich verteilter Objekte oder Strukturen (z. B. agentenbasierte Modelle (ABM): Einzel- oder Multiagentenmodelle (Kelly et al. 2013, S. 162; Lenfers et al. 2017, 2018),
- die Behandlung von Unsicherheiten, die beispielsweise aus einem unvollständigen Systemverständnis resultieren oder auf Unsicherheiten in der Dateninterpretation, der Datenqualität, der Parametrisierung der Eingangsgrößen und anderer Systemvariablen zurückzuführen sind. Beispiele für mögliche Modelle dieser Kategorie sind Fuzzy Logic-Modelle (s. Dal Corso et al. 2019; Knitter et al. 2019) und Bayes-Netzwerke (Chen et al. 2012).

Mit Blick auf die ganzheitliche Simulation sozio-ökologischer Landschaftsdynamiken gewinnen Ansätze der „*System Dynamics*“ (SD, Forrester 1961) zunehmend an Bedeutung (Kelly et al. 2013; Mazzoleni et al. 2004; Muetzelfeldt und Massheder 2003). Diese bieten gegenüber anderen Modellieransätzen den Vorteil, dass systemare Rückkoppelungen, Verzögerungseffekte („*delays*“) und Nicht-Linearitäten in der Prozesssimulation mit berücksichtigt werden können (s. Beins-Franke et al. 2019; Duttmann und Mosimann 1995). Aufgrund der Transparenz in der Prozessabbildung können SD-Modelle zu einem verbesserten Verständnis komplexer Systeme beitragen (Kelly et al. 2013; Seppelt und Richter 2005; Sterman 2000). SD-Modelle lassen sich mit Modelliersoftware wie „Powersim Studio“ (www.powersim.com), „Stella Architect“ (www.iseesystems.com), „Vensim“ (www.vensim.com) oder „Simile“ (www.simulistics.com) über graphische Bedienoberflächen in unterschiedlichster Komplexität konstruieren. Als systembeschreibende Elemente und Objekte fungieren u. a. Input- und Outputgrößen, Speichereinheiten, Fließbeziehungen, Subsysteme und Systemgrenzen, d. h. all diejenigen Elemente, funktionalen und prozessualen Beziehungen, die auch den (konzeptionellen) Prozess-Korrelations- oder Prozess-Response-Systemen zugrunde liegen (s. Abb. 7; vgl. Beins-Franke et al. 1995; Duttmann und Mosimann 1996).

In der Praxis der Landschaftsprozessmodellierung werden einzelne oder mehrere der oben genannten Modellansätze miteinander kombiniert und orchestriert. Eine scharfe

Trennung zwischen ihnen ist deshalb nicht möglich (und in der Regel auch nicht sinnvoll). So enthalten beispielsweise auch physikalisch begründete Modelle in vielen Fällen empirische Komponenten und „*some level of empirical generalization in order to allow them to operate at an appropriate environmental scale, or to fill gaps where the physics is not known*“ (Mulligan und Wainwright 2004, S. 14). Zudem bestehen zahlreiche Modellpattformen, wie die im Integrated Environmental Modelling (IEM) eingesetzten (s. Laniak et al. 2013), in der Regel aus miteinander gekoppelten Komponentenmodellen („*coupled component models*“, CCMs) unterschiedlicher Provenienz und unterschiedlicher konzeptueller Grundlegung. CCMs gelten im Bereich der integrierten Modellierung räumlicher Mensch-Umwelt-Systeme und -Prozesse als die am häufigsten verwendeten Modelltypen. Ihre Anwendung variiert nach Kelly et al. 2013, S. 172) allerdings „*greatly in terms of spatial and temporal scales, the system components considered, the types of problems being addressed and the approach required*“ (Akbar et al. 2013; Bergez et al. 2013; Mohr et al. 2013).“.

Die einzelnen in der Landschaftsökologie eingesetzten Modelle unterscheiden sich nicht nur durch die Komplexität der von ihnen erfassten Systeme, Teilsysteme und Elemente, die Art der Prozessbeschreibung (z. B. deterministische M., stochastische M.), die zeitliche und räumliche Diskretisierung und die abbildbaren Interaktionsmechanismen, sondern auch durch die mit ihrer Anwendung verbundenen „*uncertainties*“ (Elsawah 2017). Entscheidend für die Auswahl eines entsprechenden Modells oder Modellansatzes in der Forschungspraxis ist sein Einsatzzweck. Sie ist darüber hinaus wesentlich von der Datenqualität und -verfügbarkeit, der Komplexität der zu berücksichtigenden Prozessinteraktionen, den avisierten Zielgrößen und der mit dem Modell erreichbaren Aussagequalität abhängig (Jakeman et al. 2003, 2006; Chen et al. 2008). Ein von Kelly et al. (2013, S. 175) vorgeschlagenes Vorgehen bei der Auswahl eines für integrierte Umweltbewertungen und für das Umweltmanagement geeigneten Modellansatzes zeigt Abb. 12.

Die Auswahl der Modellieransätze ist auf fünf Ansätze beschränkt, die im Bereich der integrativen Umweltbewertung und in umweltbezogenen Entscheidungsprozessen häufig zur Anwendung kommen: Wissensbasierte (expertenbasierten) Modelle, gekoppelte Komponentenmodelle (CCM), Agentenbasierte Modelle, Bayes'sche-Netzwerke und System Dynamics Modelle. Im Unterschied zur Vorhersage¹⁾ („*forecasting*“) wird unter Prädiktion²⁾ („*prediction*“) die Schätzung eines (qualitativen oder quantitativen) Variablenwertes für definierte Zeiträume verstanden, für die andere mit der Zielgröße korrelierte Systemvariablen bekannt sind (Kelly et al. 2013, S. 161). Dagegen meint „Vorhersage“ die Prognose des Verhaltens einer Systemvariable für zukünftige Zeiträume definierter Länge, bei unbekanntem Verhalten der sie beeinflussenden Systemgrößen (z. B. in Kurz-, Mittel- und Langfristvorhersagen).

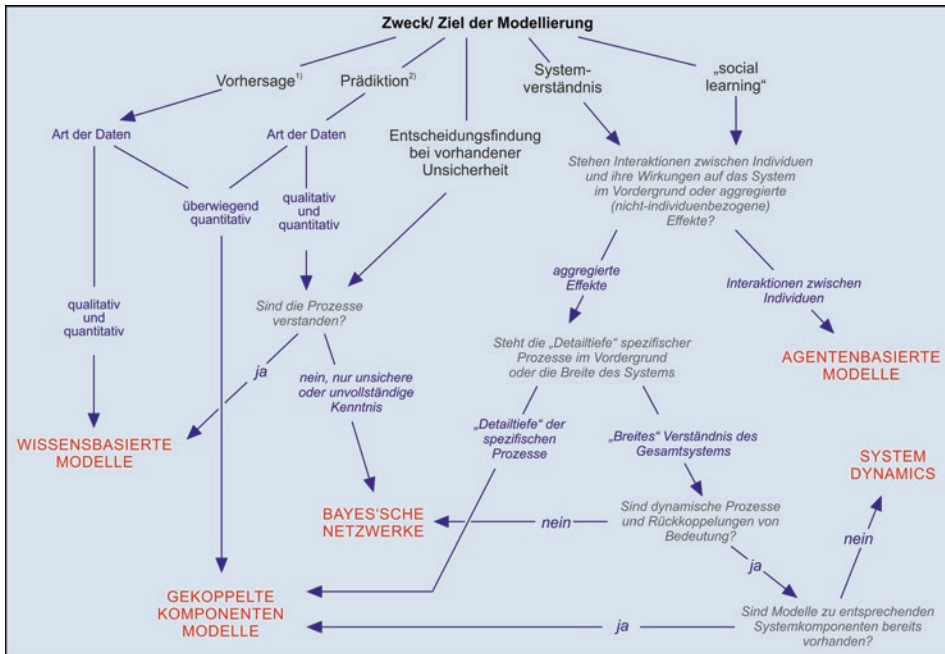


Abb. 12 Entscheidungsbaum zur Auswahl des am meisten geeigneten Ansatzes für die integrierte Modellierung sozio-ökologischer Prozesse nach Kelly et al. (2013, S. 175, aus dem Englischen übersetzt)

6 Zukünftige Herausforderungen für die Landschaftsökologie und die ökologische Landschaftsforschung

Angesichts der vielfältigen menschlichen Beanspruchungen der Landschaft und den damit oftmals verbundenen negativen Wirkungen auf die natürlichen Landschaftsfunktionen, die landschaftliche Vielfalt und die Biodiversität, besteht ein erheblicher Bedarf an einer soliden theoretischen Fundierung einer integrativ angelegten Landschaftssystemforschung (Fry 2001; Moss 2000). Zudem besteht Bedarf an wissenschaftlich abgesicherten und validen praxistauglichen Bewertungs-, Planungs- und Managementwerkzeugen, die der Multifunktionalität der Landschaft mit Blick auf eine nachhaltige Nutzung und Sicherung ihrer Schutzgüter und Funktionen (z. B. Bastian 2000; Mosimann 1999, S. 19; Mosimann et al. 2001) Rechnung tragen. Nach Wu and Hobbs (2002, S. 362) sollte eine im Sinne von Ganzheitlichkeit verstandene, umfassende Definition von „landscape sustainability“ die physischen, ökologischen, sozioökonomischen, kulturellen und politischen Komponenten der Landschaft „with explicit expression of scale in time and space“ einbeziehen. Mit Blick auf das zunehmend in

den Mittelpunkt der inter- und transdisziplinären Landschaftsforschung rückende normative Konzept der Ökosystemdienstleistungen (Braat und de Groot 2012; Costanza et al. 1997, 2017; Potschin und Haines-Young 2011; Potschin-Young et al. 2018) lässt sich „landscape sustainability“ als die Fähigkeit einer Landschaft beschreiben, die zur Sicherung und/oder Verbesserung des menschlichen Wohlbefindens essenziellen landschaftsspezifischen Ökosystemdienstleistungen trotz der sich verändernden ökologischen und ökonomischen Bedingungen zu erbringen und zwar unter Berücksichtigung ihres regionalen Kontextes (Wu 2013, S. 1011). Musacchio (2009, 2010) begreift „nachhaltige Landschaft“ als *„a dynamic state of the system with multiple trajectories and outcomes and embodies multifunctionality, provides ecosystem services, and is resilient and adaptive“*. Diese umfasst nach Musacchio „sechs Dimensionen“: Umwelt („environment“), Wirtschaft, Verteilungsgerechtigkeit, Ästhetik, Erfahrung und Ethik, d. h. die Dimensionen, die auch von Tress & Tress (2001) als unverzichtbar für eine holistische Betrachtung von Landschaft angesehen werden. Womit wir wieder bei der Frage nach der praktischen Operationalisierbarkeit umfassend formulierter Landschaftskonzepte angelangt wären (s. o.).

Eine Übersicht über die Vielzahl definitorischer und konzeptioneller Ansätze zur Fassung dessen, was nach heutigem wissenschaftlichen Verständnis im Mittelpunkt einer modernen Landschaftsforschung stehen muss, nämlich ihr fachlicher Beitrag zum Erhalt, zur Schaffung und zur Sicherung multifunktionaler, „nachhaltiger Landschaften“, findet sich bei Wu (2013) und Opdam et al. (2018). Dass dieses Ziel letztlich nur durch inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit auf der Grundlage eines komplexen systembasierten Ansatzes erreicht werden kann ist dabei ebenso so klar wie die Notwendigkeit zur Kommunikation der Ergebnisse derartiger integrativer Forschungsarbeit mit den jeweiligen „stakeholdern“ und den Entscheidungsorganen (vgl. Opdam et al. 2016; Raquez und Lambin 2006). Ebenso klar ist auch, dass die naturwissenschaftlich ausgerichtete Landschaftsökologie nicht alle Facetten des komplexen sozio-ökologischen Systems „Landschaft“ und seiner ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Dynamiken erfassen kann.

Aufgrund ihres systemorientierten Ansatzes und ihres (Raum- und Zeit-)Skalen übergreifenden Prozessverständnisses kann sie jedoch eine wertvolle Rahmung für das von Wu und Hobbs (2002), Musacchio et al. (2009), Wu (2012, 2013) und Turner et al. (2013) diskutierte Konzept einer „Landscape Sustainability Science“ liefern, welche sich als Schnittstelle zwischen der Landschaftsökologie und den Sozialwissenschaften versteht (Opdam et al. 2018). So bietet Landschaftsökologie nach Opdam et al. (2018, S. 4) *„a tangible system concept, the landscape, that can be seen, perceived, enjoyed, and measured. Because of its tangibility, landscape can be a common platform, for different disciplines and sectors to work together to find common sustainable solutions“* (Nassauer 2012).

Vor dem Hintergrund der noch bestehenden konzeptuellen und methodologischen Defizite in der naturwissenschaftlich arbeitenden Landschaftsökologie und noch mehr in der disziplinenübergreifenden – integrativen – Landschaftsforschung identifizieren

Wu und Hobbs (2002, S. 355) zehn vorrangig anzugehende Herausforderungen. Hierzu zählen

1. die ökosystemaren Flüsse im Landschaftsgefüge („landscape mosaics“),
2. die Ursachen, Prozesse und Wirkungen des Landschafts- und Landnutzungswandels („land use and land cover change“),
3. die nicht-linearen Dynamiken unter Berücksichtigung landschaftlicher Komplexität,
4. Skalierungsansätze,
5. Methodenentwicklungen zur Erfassung der o. g. Strukturen, Prozesse und Dynamiken,
6. Verknüpfung von metrischen Landschaftsstruktureigenschaften („landscape metrics“) und dem ökologischen Prozessgeschehen,
7. die Integration menschlicher Aktivitäten in die landschaftsökologische Forschung,
8. die Optimierung des Landnutzungsmusters,
9. Konzeptionen zur Gestaltung „nachhaltiger“ Landschaften und
10. Datenerfassung und Fehlerschätzung.

Weitere aus Sicht der stärker biologisch ausgerichteten Landschaftsökologie nord-amerikanischer Prägung bestehende Forschungsnotwendigkeiten umreißt Turner (2005, S. 335–336) wie folgt:

„Interaction is a key theme related to several current research areas: interactions among multiple drivers that generate spatial patterns, particularly biophysical and socioeconomic factors, interactions among different kinds and scales of disturbances, and interactions among trophic levels in landscape mosaics. Landscape ecology should lead the next generation of studies taking a more comprehensive look at ecological dynamics in heterogeneous landscapes. A compelling need for expanding the temporal horizon of landscape studies also exists. Paleoecological studies provide critical context for understanding landscape dynamics, and historical dynamics shape current landscapes and may constrain future responses. Contemporary land-use patterns are creating future legacies, yet these potential legacies remain poorly understood.“

Zahlreiche der oben beschriebenen Entwicklungsperspektiven wurden bereits zuvor u. a. von Mosimann (1999, S. 18) thematisiert. Dieser sieht darüber hinaus in der Kommunikation, d. h. im Transfer der Ergebnisse angewandter landschaftsökologischer Arbeiten in die Praxis (u. a. Publikationen in praxisgängigen Zeitschriften und behördlichen Broschüren, die Entwicklung praxistauglicher Leitfäden und Richtlinien sowie Mitarbeit an Regelwerken), eine weitere zentrale Aufgabe der Landschaftsökologie als Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung.

Die vielfältigen Aufgaben landschaftsökologischer Forschung und Praxis lassen sich ohne einen klar definierten räumlichen Bezug nicht lösen. So unterstreichen Simensen et al. (2017, S. 557) die zentrale Bedeutung einer Systematik zur Typisierung von Landschaften *„that consists of systematised knowledge about the variation at the range of spatial scales that define the landscape level, i.e. a typology of landscapes“*. Eine solche

Typologie könnte, zumindest auf nationaler Ebene angewendet, einen nach wie vor benötigten konsistenten Bezugsrahmen für die Landschaftsforschung und das Landschaftsmonitoring sowie für die Landschaftsplanung und das Landschaftsmanagement bilden (u. a. Bastian 2000; Brabyn 2009; Mücher et al. 2010; Erikstad et al. 2015).

Die Lösung der oben dargestellten Forschungsaufgaben ist auch für die Überwindung der derzeitigen Hemmnisse bei der praktischen Realisierung des Konzeptes der Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) essenziell (s. zusammenfassende Übersicht in Kühne und Duttmann et al. 2019, vgl. Grunewald und Bastian (2013), Lautenbach et al. 2019, Lavorel et al. 2017, Schröter et al. 2014). Zu diesen Erfordernissen zählt auch der stärkere Einbezug der anthropogenen und natürlichen „driver“ einschließlich ihrer räumlichen und zeitlichen Dynamiken und Wirkungen in die Modellierung von Landschaftsprozessen. Rieb et al. (2017) machen diesbezüglich folgende Forschungserfordernisse aus: 1) die räumlich-zeitlichen Dynamiken der einzelnen ÖSD und die damit verbundenen Wechselwirkungen zwischen den ÖSDs, 2) die Zusammenhänge zwischen den für die Erzeugung/Bereitstellung der ÖSDs relevanten natürlichen Prozessen und dem menschlichen Wohlbefinden und 3) die Rolle der natürlichen und nicht-natürlichen Landschaftsgüter sowohl für die Bereitstellung der ÖSDs als auch für die Substitution einzelner ÖSDs. Die Lösung dieses Problems ist Voraussetzung für die bisher nur unzureichende Quantifizierung des menschlichen Anteils an der ÖSD-Produktion und die Berücksichtigung der sog. Koproduktion von ÖSDs in entsprechenden Bewertungsmodellen (vgl. Bennett et al. 2015). So birgt die Nicht-Berücksichtigung der menschlichen Einflüsse auf die einzelnen Ökosysteme nach Lautenbach et al. (2019) das Risiko von Fehlbewertungen. Dies gilt besonders für Agrarökosysteme, in denen die Produktion pflanzlicher Biomasse und Nahrungsmittel von der Bodenbewirtschaftung abhängt und in denen Versorgungs- und Regulationsleistungen durch entsprechendes nachhaltiges Bodenmanagement gefördert werden. Einen interessanten anwendungsbezogenen, integrativen sozio-ökologischen Ansatz für ein „dienstleistungsorientiertes“ Management von Agrarökosystemen beschreiben Lescourret et al. (2015). Dieser Ansatz bildet die Interaktionen zwischen einzelnen ÖSDs sowie die Effekte unterschiedlicher Bodenmanagement-Maßnahmen auf die ÖSD -Produktion ab. Derartige Kombinationseffekte (Synergismen und trade-offs) sind in zukünftige quantitative Modelle zur Bewertung von Managementeinflüssen auf die ÖSD-Produktion mit einzubeziehen.

Die Probleme bei der Modellierung von ÖSDs und anderer landschaftsökologischer Prozesse sind hinlänglich bekannt und beschrieben. Neben der Optimierung bisheriger und der Entwicklung neuer Modelle ist zukünftig verstärktes Augenmerk auf die Qualität und Reliabilität der Modellaussage zu lenken. Die Zuverlässigkeit der Modellierungsergebnisse hängt bekanntermaßen von der Validität der verwendeten Daten und Modelle ab. So betonen Lautenbach et al. (2019) die Notwendigkeit zur Entwicklung belastbarer Ansätze zu Modellvalidierung und Fehlerbewertung, um auf diese Weise Modellunsicherheiten zu identifizieren, zu quantifizieren und zu kommunizieren. Nur wenn es gelingt, die Modellergebnisse und den Modellfehler gleichermaßen zu kommunizieren und transparent darzulegen, lässt sich die Akzeptanz modellbasierter Bewertungen in

breit angelegten Aushandlungsprozessen zur Nutzung und zum Schutz von Landschaften und zur Wiederherstellung der landschaftlichen Multifunktionalität auf überzeugende Weise erhöhen.

Literatur

- Akbar, M., Aliabadi, S., Patel, R. & Watts, M. (2013). A fully automated and integrated multi-scale forecasting scheme for emergency preparedness. *Environmental Modelling and Software* 39, 24–38.
- Arts, B., Buizer, M., Horlings, L., Ingram, V., van Oosten, C. & Opdam, P. (2017). *Annual Reviews of Environment and Resources* 42, S. 439–463. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060932>.
- Bastian, O. (2000). Landscape classification in Saxony (Germany) – a tool for holistic regional planning. *Landscape and Urban Planning* 50, 145–155.
- Bastian, O. (2001). Landscape Ecology – towards a unified discipline? *Landscape Ecology* 16, 757–766.
- Bastian, O. & K.-F. Schreiber (Hrsg.) (1994). *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft*. Reihe Umweltforschung. Jena, Stuttgart: Gustav Fischer.
- Bastian, O. & Steinhardt, U. (Hrsg.) (2002). *Development and Perspectives of Landscape Ecology*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Beins-Franke, A., Duttmann, R. & Wickenkamp, V. (1995). Anbindung objektbezogener Modellier- und Analysewerkzeuge an Geographische Informationssysteme – Beispiele für die Modellierung ökologischer Prozesse. In G. Buziek (Hrsg.), *GIS in Forschung und Praxis* (S. 209–221). Stuttgart: Wittwer.
- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., Mooney, H.A., Nel, J.L., Pascual, U., Payet, K., Pérez-Harguindeguy, N., Peterson, G.D., Prieur-Richard, A.H., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, M., Tschakert, P., Tschamtker, T., Turner II, B.L., Verburg, P.H., Viglizzo, E.F., White, P. CL. & Woodward G. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being. Three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.007>.
- Bennett, E.M., Chaplin-Kramer, R. (2016). Science for the sustainable use of ecosystem services. F1000Research 5 (art. 2622), zitiert in Rieb, J.T., Chaplin-Kramer, R., Daily, G.C., Armsworth, P.R., Böhning-Gaese, K., Bonn, A., Cumming, G.S., Eigenbrod, F., Grimm, V., Jackson, B.M., Marques, A., Pattanayak, S.K., Pereira, H.M., Peterson, G.D., Ricketts, T.H., Robinson, B.E., Schröter, M., Schulte, L.A., Seppelt, R., Turner, M.G., Bennett, E.M. (2017). When, Where, and How Nature Matters for Ecosystem Services: Challenges for the Next Generation of Ecosystem Service Models. *BioScience* 67 (9), 820–833. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix075>.
- Bergez, J.-E., Chabrier, P., Gary, C., Jeuffroy, M.H., Makowski, D., Quesnel, G., Ramat, E., Raynal, H., Rousse, N., Wallach, D., Debaeke, P., Durand, P., Duru, M., Dury, J., Faverdin, P., Gascuel-Oudoux, C. & Garcia, F., 2013. An open platform to build, evaluate and simulate integrated models of farming and agro-ecosystems. *Environmental Modelling and Software* 39, 39–49.
- Berr K., Jenal C., Kühne O., Weber F. (2019). *Landschaftsgovernance*. RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft. Wiesbaden: Springer VS.

- Bertalanffy, L. von (1968). *General systems theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- Blaschke, T. (1997). *Landschaftsanalyse und Bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen*. Forschungen zur Deutschen Landeskunde 243. Trier: Deutsche Akademie für Landeskunde (Selbstverlag).
- BMJV (Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (2019). Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) (S. 4/65–5/65). <https://www.gesetze-im-internet.de> (= juris GmbH, Juristisches Informationssystem für die BRD, Saarbrücken). Zugegriffen: 01. August 2019).
- Bork, H.-R., Dalchow, C., Piorr, H.P., Schatz, T. & Faust, B. (1998). *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa: Wirkungen des Menschen auf Landschaften*. Gotha: Klett-Perthes.
- Braat, L. C. & de Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda. Bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1, 1, 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>.
- Brabyn, L. (2009). Classifying landscape character. *Landscape Research* 34 (3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/01426390802371202>.
- Braden, H. (1992). Das agrarmeteorologische Bodenwassermodell AMWAS—ein universell einsetzbares Modell zur Berechnung der Bodenwasserströme und -gehalte unter Berücksichtigung bodenwassergehaltsabhängiger Evapotranspirations- und Transpirationsreduktionen. *Beiträge zur Agrarmeteorologie* 2/92 (= DWD Intern Nr. 47). Offenbach/M.: Deutscher Wetterdienst (Selbstverlag).
- Burak, A. (2005). *Eine prozessorientierte Gliederung Deutschlands*. Forschungen zur Deutschen Landeskunde 254, Flensburg: Deutsche Akademie für Landeskunde (Selbstverlag).
- Cassiani, G., Ursino, N., Deiana, R., Vignoli, G., Boaga, L., Rossi, M., Perri, M.T., Blaschek, M., Duttman, R., Meyer, S., Ludwig, R., Soddu, A., Dietrich, P. & Werban, U. (2012). Non-invasive monitoring of soil static characteristics and dynamic states: a case study highlighting vegetation effects on agricultural land. *Vadose Zone Journal* 11 (3). <https://doi.org/10.2136/vzj2011.0195>.
- Chen, S.H., Jakeman, A.J., Norton, J.P. (2008). Artificial intelligence techniques: an introduction to their use for modelling environmental systems. *Mathematics and Computers in Simulation* 78, 379–400.
- Chen, S.H., Pollino, C.A. (2012). Good practice in Bayesian network modelling. *Environmental Modelling and Software* 37, 134–145.
- Chorley, R.J. & Kennedy, B.A. (1971). *Physical Geography. A systems approach*. London: Prentice-Hall International.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 (6630), 253–260.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services. How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* 28, Part A, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- Csikós, N., Schwanebeck, M., Kuhwald, M., Szilassi, P. & Duttman, R. (2019). Density of biogas power plants as an indicator of bioenergy generated transformation of agricultural landscapes. *Sustainability* 11, 2500. <https://doi.org/10.3390/su11092500>.
- Daily, G.C. (Hrsg.) (1997). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington D.C.: Island Press.
- Daily, G.C., Polasky, S., Goldstein, J. Kareiva, P.M., Mooney, H.A., Pejchar, L., Ricketts, T.H., Salzman, J. & Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (1), 21–28. <https://doi.org/10.1890/080025>.

- Dal Corso, M., Hamer, W., Hofmann, R., Ohlrau, R., Shatilo, L., Knitter, D., Dreibrodt, S., Saggau, P., Duttmann, R., Feeser, I., Knapp, H., Benecke, N., Müller, J. & Kirleis, W. (2019). Modelling landscape transformation at the Chalcolithic Tripolye mega-site of Maidanetske (Ukraine): Wood demand and availability. *The Holocene*. <https://doi.org/10.1177/0959683619857229>.
- Duttmann, R. (1993). *Prozessorientierte Landschaftsökologie mit einem geoökologischen Informationssystem. Experimentelle Untersuchungen und Aufbau des Geoökologischen Informationssystems GOEKIS im Repräsentativgebiet Hagen (Nienburger Geest)*. Geosynthesis 4. Hannover: Veröffentlichungen der Abteilung Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geographischen Institut der Universität Hannover (Selbstverlag).
- Duttmann, R. (1999 a). Geographische Informationssysteme (GIS) und raumbezogene Prozessmodellierung in der Angewandten Landschaftsökologie. In R. Schneider-Sliwa, D. Schaub & G. Gerold (Hrsg.), *Angewandte Landschaftsökologie. Grundlagen und Methoden* (S. 181–199). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Duttmann, R. (1999b). *Partikuläre Stoffverlagerungen in Landschaften. Ansätze zur flächenhaften Vorhersage von Transportpfaden und Stoffumlagerungen auf verschiedenen Maßstabsebenen unter besonderer Berücksichtigung räumlich-zeitlicher Veränderungen der Bodenfeuchte*. Geosynthesis 10. Hannover: Veröffentlichungen der Abteilung Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geographischen Institut der Universität Hannover (Selbstverlag).
- Duttmann, R., Gabler-Mieck, R. & Lungershausen, U. (2012). Landscape visualisation – Approaches and Applications. In A. Farsang, L. Mucsi & I. Keveiné Bárány (Hrsg.), *Táj – Érték, Lépték, Vátozás* (S. 85–96). Szeged (Ungarn): GEOLitera.
- Duttmann, R., Hassenpflug, W., Bach, M., Lungershausen, U. & Frank, J.-H. (2011). *Winderosion in Schleswig-Holstein. Kenntnisse und Erfahrungen über Bodenverwehungen und Windschutz*. Schriftenreihe Geologie und Boden 15. Flintbek: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (Selbstverlag).
- Duttmann, R., Kühne, O. & Weber, F. (2020). Landschaft als Prozess – eine Einführung. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Duttmann, R. & Mosimann, T. (1994). Die ökologische Bewertung und dynamische Modellierung von Teilfunktionen und Prozessen des Landschaftshaushaltes – Anwendung und Perspektiven eines geoökologischen Informationssystems in der Praxis. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 138, 3–17.
- Duttmann, R. & Mosimann, T. (1995). Der Einsatz Geographischer Informationssysteme in der Landschaftsökologie–Konzeption und Anwendung eines geoökologischen Informationssystems. In G. Buziek (Hrsg.), *GIS in Forschung und Praxis* (S. 43–59). Stuttgart: Wittwer.
- Duttmann, R. & Mosimann, T. (1996). Methodische Vorgehensweise bei der flächenhaften Modellierung landschaftsökologischer Prozesse. In O. Margraf (Hrsg.), *Theorie und Quantitative Methodik in der Geographie* (=Beiträge zur Regionalen Geographie 42) (S. 66–75). Leipzig: Institut für Länderkunde (Selbstverlag).
- Duttmann, R., Schwanebeck, M., Nolde, M. & Horn, R. (2014). Predicting soil compaction risks related to field traffic during silage maize harvest. *Soil Science Society of America Journal* 78 (2), 408–421. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.05.0198>.
- Duttmann, R. & Sumfleth, K. (2007). Predictive mapping of soil characteristics in paddy rice landscapes of the central eastern Jiangxi Province/China. *Geoöko* 28 (1–2), 72–102.
- Duttmann, R., Schwanebeck, M. & Csikós, N. (2018). Landschafts- und Umweltwirksamkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein. *Berichte. Geographie und Landeskunde* 92 (1), 65–92.

- Ehlers, L., Herrmann, F., Blaschek, M., Duttmann, R. & Wendland, F. (2015). Sensitivity of mGROWA-simulated groundwater recharge to changes in soil and land use parameters in a Mediterranean environment and conclusions in view of ensemble-based climate impact simulations. *Science of the Total Environment* 543, 937–951. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.122>.
- Ellmers, L. (2020). Politische Entwicklungen als Treiber von Landschaftsprozessen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Elsawah, S., Pierce, S.A., Hamilton, S.H., van Delden, H., Haase, D., Elmahdi, A. & Jakeman, A.J. (2017). An overview of the system dynamics process for integrated modelling of socio-ecological systems: lessons on good modelling practice from five case studies. *Environmental Modelling and Software* 93, 127–145. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.001>.
- Erbaugh, J. (2017). Clarifying the landscape approach: A Letter to the Editor on „Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics“. *Global Change Biology* 23, 4453–4454. <https://doi.org/10.1111/gcb.13788>.
- Erikstad, L., Uttakleiv, L.A. & Halvorsen, R. (2015). Characterisation and mapping of landscape types, a case study from Norway. *Belgian Journal of Geography* 3. doi: [10.4000/belgeo.17412](https://doi.org/10.4000/belgeo.17412).
- Europarat (2000). European Landscape Convention (Europäisches Landschaftsübereinkommen), ETS No. 176, Florence 20.X.2000. <https://rm.coe.int/1680080621>. Zugriffen: 31.Juli 2019.
- Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology. Towards a Science of Landscape*. Dordrecht: Springer (Landscape Series).
- Forman, R.T.T & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York, Chichester, Brisbane: Wiley and Sons.
- Forrester, J.W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge/Massachusetts: The MIT Press.
- Fry, G.L.A. (2001). Multifunctional landscapes – towards transdisciplinary research. *Landscape and Urban Planning* 57, 159–168.
- Gerold, G. (2016). *Landschaftsökologie*. Geowissenschaften kompakt. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Grunewald, K. & Bastian, O. (2013). *Ökosystemdienstleistungen. Konzepte, Methoden, Fallbeispiele*. Berlin: Springer Nature.
- Haase, G. (1967). Zur Methodik großmaßstäbiger landschaftsökologischer naturräumlicher Erkundung. *Wissenschaftliche Abhandlungen Geographische Gesellschaft der DDR* 5, 35–128.
- Haase, G. (Hrsg.) (1991). Naturraumerkundung und Landnutzung. Geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen. *Beiträge zur Geographie* 34/1. Leipzig: Akademieverlag.
- Haber, W. (1993). Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes. In K. Buchwald & W. Engelhardt (Hrsg.): *Umweltschutz–Grundlagen und Praxis, Band 1*. Bonn: Economica.
- Haber, W. (2004). Landscape Ecology as a bridge from ecosystems to human ecology. *Ecological Research* 19, 99–106.
- Hamer, W. B. (2020). Modellierung von Landschaftsprozessen. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Hamer, W.B., Verreet, J.A. & Duttmann, R. (2016). Spatial prediction of the infestation risks of winter wheat by the pathogen *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (powdery mildew) in Schleswig-Holstein using semi-empirical and machine learning techniques. *GIS.Science* 29 (4), 140–148.
- Hengl, T., Heuvelink, G.B.M. & Stein, A. (2004). A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression kriging. *Geoderma* 120, 75–93.
- Huggett, R.J. (1980). *Systems Analysis in Geography*. Oxford: Clarendon Press.
- Humboldt, A. von (1808). *Ansichten der Natur*. (Kapitel 12, S. 169–173). Stuttgart: Philipp Reclam (1999).

- Isaaks, E.H. & Srivastava, R.M. (1989). *Applied Geostatistics*. New York: Oxford University Press.
- Jakeman, A.J. & Letcher, R.A., 2003. Integrated assessment and modelling: features, principles and examples for catchment management. *Environmental Modelling and Software* 18 (6), 491–501.
- Jakeman, A.J., Letcher, R.A. & Norton, J.P. (2006). Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models. *Environmental Modelling and Software* 21 (5), 602–614.
- Kelly (Letcher), R.A., Jakeman, A.J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., Elsawah, S., Hamilton, S.H., Henriksen, H.J., Kuikka, S., Maier, H.R., Rizzoli, A.E., van Delden, H. & Voinov, A.A. (2013). Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. *Environmental Modelling and Software* 47 (2013), 159–181. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.05.005>.
- Kirchhoff, T., Trepl, L. & Vicenzotti (2012). What is landscape ecology? An analysis and evaluation of six different conceptions. *Landscape Research* (2012), 1–19. <https://doi.org/10.1080/01426397.2011.640751>.
- Klug, H. & Lang, R. (1983). *Einführung in die Geosystemlehre*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Knitter, D., Brozio, J. P., Dörfler, W., Duttmann, R., Feeser, I., Hamer, W., Kirleis, W., Müller, J. & Nakoinz, O. (2019). Transforming landscapes: Modeling land-use patterns of environmental borderlands. *The Holocene*. <https://doi.org/10.1177/0959683619857233>.
- Kühne, O. (2014). Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen als Ausdruck ökologischer Kommunikation. Betrachtungen aus der Perspektive Luhmannscher Systemtheorie. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 46(1), 17–22.
- Kühne, O. (2019). *Landscape Theories: A Brief Introduction*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. (2020). Salton Sea, Kalifornien: Hybride Landschaftsprozesse zwischen Euphorie und Endzeit. In R. Duttmann, O. Kühne & F. Weber (Hrsg.), *Landschaft als Prozess* (in diesem Band). Wiesbaden: Springer VS.
- Kühne, O. & Duttmann, R. (2019). Recent challenges of the ecosystems services approach from interdisciplinary point of view. *Raumforschung und Raumordnung/ Spatial Research and Planning* 77 (6) 1–14. <https://doi.org/10.2478/rara-2019-0055>.
- Kuhwald, M., Blaschek, M., Brunotte, J. & Duttmann, R. (2017). Comparing soil physical properties from continuously conventional tillage with long-term reduced tillage affected by one-time inversion tillage. *Soil Use and Management* 22 (4) 611–619. <https://doi.org/10.1111/sum.12372>.
- Kuhwald, M., Dörnhöfer, K., Oppelt, N. & Duttmann, R. (2018). Spatially explicit soil compaction risk assessment of Arable Soils at Regional Scale: The SaSciA-Model. *Sustainability* 10 (5), 1618. doi: [10.3390/su10051618](https://doi.org/10.3390/su10051618).
- Laniak, G.F., Olchin, G., Goodall, J., Voinov, A., Hill, M., Glynn, P., Whelan, G., Geller, G., Quinn, N., Blind, M., Peckham, S., Reaney, S., Gaber, N., Kennedy, R. & Hughes, A. (2013). Integrated environmental modeling: a vision and roadmap for the future. *Environmental Modelling and Software* 39, 3–23.
- Lang, S. & Blaschke, T. (2007). *Landschaftsanalyse mit GIS*. UTB 8347. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Lautenbach, S., Mupepele, A.-C., Dormann, C.F., Lee, H., Schmidt, S., Scholte, S.S.K., Seppelt, R., van Teeffelen, A.J.A., Verhagen, W. & Volk, M. (2019). Blind spots in ecosystem services research and challenges for implementation. *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1457-9>.
- Lavorel, S., Bayer, A., Bondeau, A., Lautenbach, S., Ruiz-Frau, A., Schulp, N., Seppelt, R., Verburg, P., van Teeffelen, A., Vannier, C., Arneth, A., Cramer, W. & Marba, N. (2017). Pathways to bridge the biophysical realism gap in ecosystem services mapping approaches. *Ecological Indicators* 74, 241–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.015>.

- Lenfers, U.A., Weyl, J. & Clemen, T. (2018). Firewood collection in South Africa: Adaptive behaviour in Social-Ecological Models. *Land* 7 (3). <https://doi.org/10.3390/land7030097>.
- Lenfers, U.A., Brüggemann, R. & Clemen, T. (2017). Exploring survival strategies of African savanna trees by partial ordering techniques. *Ecological Informatics* 42, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.08.008>.
- Lennartz, B., Horn, R., Duttmann, R., Gerke, H., Tippkötter, R., Eickhorst, T., Janssen, I., Janssen, M., Rütth, B., Sander, T., Shi, X., Sumfleth, K., Taubner, H. & Zhang, B. (2009). Ecological safe management of terraced rice paddy landscapes. *Soil and Tillage Research* 102 (2), 179–192.
- Lescourret, F., Magda, D., Richard, G., Adam-Bondon, A.-F., Bardy, M., Baudry, J., Doussan, I., Dumont, B., Lefèvre, F., Litrico, I., Martin-Clouaire, R., Montuelle, B., Pellerin, S., Plantegenest, M., Tancoigne, E., Thomas, A., Guyomard, H. & Soussana, J.-F. (2015). A social-ecological approach to managing multiple agro-ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.04.001>.
- Li, J. & Heap, A. (2008). A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. Geoscience Australia 2008/23. Canberra: Geoscience Australia. https://d28rz98at9flks.cloudfront.net/68229/Rec2008_023.pdf. Zugriffen: 01.Juli 2019.
- Li, J., Heap A.D. (2014). Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A Review. *Environmental Modelling and Software* 53, 173–189.
- Leser, H. (1978). *Landschaftsökologie*. UTB 521, 2. Aufl., Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Leser, H. (1991). *Landschaftsökologie*. UTB 521, 3. Aufl., Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Leser, H. (1997). *Landschaftsökologie*. UTB 521, 4. Aufl., Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Leser, H. & Löffler, J. (2017). *Landschaftsökologie*. UTB 8718, Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Leser, H. & Klink, H.-J. (Hrsg.) (1988). *Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1: 25.000 (KA GÖK 25)*. Forschungen zur Deutschen Landeskunde 228. Trier: Zentrallausschuss für Deutsche Landeskunde (Selbstverlag).
- Lungershausen, U., Heinrich, C., Duttmann, R. & Gabler-Mieck, R. (2013). Turning human-nature interaction into 3D landscape scenes: An approach to communicate geoarchaeological research – Vom Dünenprofil zum 3D-Landschaftsszenario: Ein Modell zur Visualisierung geoarchäologischer Daten. *Kartographische Nachrichten* 63 (5), S. 269–275.
- Lungershausen, U., Larsen, A., Bork, H.-R. & Duttmann, R. (2017). Anthropogenic influence on rates of aeolian dune activity within the northern European Sand Belt and socio-economic feedbacks over the last ~2500 years. *The Holocene* 2018 28 (1), 84–103. <https://doi.org/10.1177/0959683617715693>.
- Marks, R., Müller, M.J., Leser, H. & Klink, H.-J. (Hrsg.) (1989). *Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL)*. Forschungen zur Deutschen Landeskunde 229. Trier: Zentrallausschuss für Deutsche Landeskunde (Selbstverlag).
- Mazzoleni, S., Rego, F., Giannino, F. & Legg, C. (2004). Ecosystem Modelling: Vegetation and Disturbance. In Wainwright, J. & M. Mulligan (Hrsg.), *Environmental Modelling. Finding Simplicity in Complexity* (S. 171–186). London: John Wiley and Sons.
- MEA – Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington D.C.: Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Zugriffen: 01.Juli 2019.
- Meyer, S., Blaschek, M., Duttmann, R. & Ludwig, R. (2015). Improved hydrological model parametrization for climate change impact assessment under data scarcity – The potential of field monitoring techniques and geostatistics. *Science of the Total Environment* 543, 906–923. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.116>.

- Mohr, K.I., Tao, W.-K., Chern, J.-D., Kumar, S.V. & Peters-Lidard, C.D. (2013). The NASA Goddard multi-scale modeling framework-land information system: global land/atmosphere interaction with resolved convection. *Environmental Modelling and Software* 39, 103–115.
- Mosimann, T. (1978). Der Standort im landschaftlichen Ökosystem. Ein Regelkreis für den Strahlungs-, Wasser- und Nährstoffhaushalt als Forschungsansatz für die komplexe Standortanalyse in der topologischen Dimension. *Catena* 5, 351–364.
- Mosimann, T. (1984). *Landschaftsökologische Komplexanalyse*. Stuttgart: Steiner.
- Mosimann, T. (1990). *Ökotope als elementare Prozesseinheiten der Landschaft. Konzept zur prozessorientierten Klassifikation von Geosystemen*. Geosynthesis 1. Hannover: Veröffentlichungen der Abteilung Physische Geographie und Landschaftsökologie am Geographischen Institut der Universität Hannover (Selbstverlag).
- Mosimann, T. (1991 [1997]). Prozess-Korrelations-System des elementaren Geoökosystems. In H. Leser, *Landschaftsökologie – Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung* (S. 262–270). Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Mosimann, T. (1999). Angewandte Landschaftsökologie – Inhalte, Stellung und Perspektiven. In R. Schneider-Sliwa, D. Schaub & G. Gerold (Hrsg.), *Angewandte Landschaftsökologie. Grundlagen und Methoden* (S. 5–23). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Mosimann, T. (2011). Einführung in die Landschaftsökologie: der ökologische Blick auf die Landschaft. In H. Gebhardt, R. Glaser, U. Radtke & P. Reuber (Hrsg.), *Geographie. Physische Geographie und Humangeographie*, 2. Aufl. (S. 608–615). Heidelberg: Spektrum.
- Mosimann, T., Köhler, I. & Poppe, I. (2001). Entwicklung prozessual begründeter landschaftsökologischer Leitbilder für funktional vielfältige Landschaften. *Berichte zur deutschen Landeskunde* 75 (1), 33–66.
- Moss, M.R. (2000). Interdisciplinary, landscape ecology and the transformation of agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 15, 303–315.
- Mücher, C.A., Klijn, J.A., Wascher, D.M. & Schaminée, J.H.J. (2010). A new European Landscape classification (LANMAP): a transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. *Ecological Indicators* 10 (1), 87–103. doi: [10.1016/j.ecolind.2009.03.018](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.03.018).
- Müller, F. (1999). Ökosystemare Modellvorstellungen und Ökosystemmodelle in der Angewandten Landschaftsökologie. In R. Schneider-Sliwa, D. Schaub & G. Gerold (Hrsg.), *Angewandte Landschaftsökologie. Grundlagen und Methoden* (S. 25–46). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Muetzelfeldt, R. & Massheder, J. (2003). The Simile visual modelling environment. *European Journal of Agronomy* 18, 345–358.
- Mulligan, M. & Wainwright, J. (2004). Modelling and model building. In J. Wainwright & M. Mulligan (Hrsg.), *Environmental Modelling. Finding Simplicity in Complexity* (S. 7–73). London: John Wiley and Sons.
- Musacchio, L.R. (2009). The scientific basis for the design of landscape sustainability: a conceptual framework for translational landscape research and practice of designed landscapes and the six E's of landscape sustainability. *Landscape Ecology* 24 (8), 993–1013.
- Musacchio, L.R. (2010). The grand challenge to operationalize landscape sustainability and the design-in-science paradigm. *Landscape Ecology* 26 (1), 1–5.
- Nassauer, J.I. (2012). Landscape as medium and method for synthesis in urban ecological design. *Landscape and Urban Planning* 106, 221–229.
- Naveh, Z. und Lieberman, A. (1994). *Landscape Ecology – Theory and Application*. New York, Berlin, Heidelberg: Springer.
- Neef, E. (1963). Dimensionen geographischer Betrachtungen. *Forschungen und Fortschritte* 37, 361–363.
- Neef, E. (1967). *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre*. Gotha, Leipzig: H. Haack.

- Neef, E. (Hrsg.) (1981). *Das Gesicht der Erde. Nachschlagewerk der physischen Geographie*. Thun und Frankfurt/M.: Harry Deutsch.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D.R., Chan, K.M.A., Daily, G.C., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T.H. & Shaw M.R. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7, 1, 4–11. <https://doi.org/10.1890/080023>.
- O'Farrell, P.J. & Anderson, P.M.L. (2010). Sustainable multifunctional landscapes: a review to implementation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2010 (2), 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.02.005>.
- Olsson, M.-O. & Sjöstedt, G. (Hrsg.) (2004). *System approaches and their application. Examples from Sweden*. New York, Boston, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Opdam, P., Coninx, I., Dewulf, A., Steingrover, E., Vos, C. & van der Wal, M. (2016). Does information on landscape benefits influence collective action in landscape governance? *Current Opinion of Environmental Sustainability* 18, 107–114.
- Opdam, P., Luque, S., Nassauer, J., Verburg P.H. & Wu, J. (2018). How can landscape ecology contribute to sustainability science? *Landscape Ecology* 33, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0610-7>.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., Watson, R.T., Dessane, E.B., Islar, M., Kelemen, E., Maris, V., Quaas, M., Subramanian, S.M., Wittmer, H., Adlan, A., Ahn, S.E., Al-Hafedh, Y.S., Amankwah, E., Asah, S.T. Berry, P., Bilgin, A., Breslow, S.J., Bullock, C., Cáceres, D., Daly-Hassen, H., Figueroa, E., Golden, C.D., Gómez-Baggethun, E., González-Jiménez, D., Houdet, J., Keune, H., Kumar, R., Ma, K., May, P.H., Mead, A., O'Farrell, P., Pandit, R., Pengue, W., Pichis-Madruga, R., Popa, F., Preston, S., Pacheco-Balanza, D., Saarikoski, H., Strassburg, B.B., van den Belt, M., Verma, M., Wickson, F. & Yagi, N. (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26–27, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>.
- Potschin, M. & Haines-Young, R.H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography* 35 (5), 575–594. <https://doi.org/10.1177/0309133311423172>.
- Potschin-Young, M., Haines-Young, R., Görg, C., Heink, U., Jax, K. & Schleyer, C. (2018). Understanding the role of conceptual frameworks. Reading the ecosystem service cascade. *Ecosystem Services* 29, 428–44. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.015>.
- Raquez P. & Lambin E.F. (2006). Conditions for sustainable land use: case study evidence. *Journal of Land Use Science* 1, 109–1250.
- Reed, J., Deakin, L. & Sunderland, T. (2014). What are „Integrated Landscape Approaches“ and how effectively have they been implemented in tropics: a systematic map protocol. *Environmental Evidence* 4 (2). <https://doi.org/10.1186/2047-2382-4-2>.
- Rieb, J.T., Chaplin-Kramer, R., Daily, G.C., Armsworth, P.R., Böhning-Gaese, K., Bonn, A., Cumming, G.S., Eigenbrod, F., Grimm, V., Jackson, B.M., Marques, A., Pattanayak, S.K., Pereira, H.M., Peterson, G.D., Ricketts, T.H., Robinson, B.E., Schröter, M., Schulte, L.A., Seppelt, R., Turner, M.G. & Bennett, E.M. (2017). When, Where, and How Nature Matters for Ecosystem Services: Challenges for the Next Generation of Ecosystem Service Models. *BioScience* 67 (9), 820–833. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix075>.
- Saggau, P., Kuhwald, M. & Duttman, R. (2019). Integrating soil compaction impacts of tramlines into soil erosion modelling: a field-scale approach. *Soil Systems* 3, 51. <https://doi.org/10.3390/soilsystems3030051>.
- Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J.-L., Sheil, D., Meijaard, E., Venter, M., Boedihartono, A.K., Day, M., Garcia, C., van Oosten, C. & Buck, L.E. (2013). Ten principles