

LANDSCAPE ONLINE 33:1-21 (2014), DOI 10.3097/LO.201433 (deutsche Version)

Szenario-Methodik zur Modellierung zukünftiger Landschaftsentwicklungen als Grundlage für die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen

Matthias Rosenberg¹, Ralf-Uwe Syrbe^{1*}, Juliane Vowinckel¹, Ulrich Walz¹

¹ Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung, Weberplatz 1, 01217 Dresden

Zusammenfassung

Die Ökosysteme der intensiv genutzten Landschaften Europas erbringen eine Vielzahl an Gütern und Leistungen, die die Lebensgrundlage des Menschen bilden. Da diese Ökosysteme derzeit einem starken Wandel unterliegen, ist es von gesellschaftlichem Interesse, Kenntnisse über mögliche zukünftige Entwicklungen und deren ökologischen Auswirkungen zu erlangen.

Um diese Veränderungen zu beschreiben und zu analysieren, können Szenarien entwickelt werden, auf deren Basis eine Bewertung der ökologischen Veränderungen möglich ist. Im Projekt „Landschaft Sachsen 2050“ wurde eine Methodik zur Erstellung explorativer Szenarien erarbeitet, die es ermöglicht, die treibenden Kräfte (soziokulturelle, ökonomische und ökologische Einflussgrößen) der Landschaftsentwicklung zu identifizieren. Damit können mögliche Zukunftspfade aufgezeigt werden, die zu einer Veränderung von Strukturen und Prozessen in der Landschaft führen und somit die Leistungsfähigkeit von Ökosystemen beeinflussen können. Wesentlich ist zum einen, dass in die entwickelte Szenario-Methodik ein Ansatz zur Bewertung der Auswirkungen der Landschaftsveränderungen auf Ökosystemdienstleistungen integriert wurde. Zum anderen ist die Methodik partizipativ angelegt, d.h. Akteure werden aktiv eingebunden. Die hier vorgestellte Methodik besteht aus 7-Phasen, die die Option der Integration des Mitwirkens für die am Landschaftswandel beteiligten Akteure auf allen Stufen der Szenariobildung bietet. Erprobt wurde die Methodik im ca. 2.100 km² großen Landkreis Görlitz. Diese Region ist geprägt durch einen starken demographischen wie wirtschaftlichen Wandel. Am Beispiel des Kernthemas der biologischen Vielfalt wurden ein Trendszenario und zwei Alternativszenarien unter Mitwirkung verschiedener Akteure im Landkreis entwickelt. Diese Veränderungen der Landschaftsstruktur werden in Storylines, Karten sowie Tabellen dargestellt.

Auf Grundlage von Triebkräften der Bereiche „kulturelle / gesellschaftliche Werte“ und „politische Steuerung“ wurden bis zu den Zeithorizonten 2030 und 2050 drei Szenarien entwickelt. Diese stehen unter den Themen „Trend“, „Tradition und Ökologie“ sowie „Technik und Energie“. Diese Szenarien unterscheiden sich vor allem im Ausmaß des künftigen Braunkohleabbaus, in der Nutzung erneuerbarer Energien und in der Umweltverträglichkeit der landwirtschaftlichen Produktion.

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass die Integration des Ökosystemdienstleistungs-Ansatzes der Szenario-Technik neue Aspekte geliefert hat, allerdings das Verfahren dadurch auch in seiner Komplexität erhöht wurde. Für die Entwicklung der Szenarien erwies sich eine präzise Definition der Triebkräfte als essentiell. Die Erfahrungen des Projektes zeigen darüber hinaus, dass letztlich nur zwei oder höchstens drei Schlüssel-Triebkräfte (STK) wirklich sinnvoll unterschieden bzw. in ihren Wechselwirkungen betrachtet werden können. Gezeigt werden konnte aber auch, dass sich aus diesen Ergebnissen konkrete Maßnahmen ableiten lassen, die gewollte Entwicklungen befördern bzw. unerwünschten Effekten entgegenwirken. Durch Einbindung von Akteuren in verschiedenen Arbeitsschritten können die Szenarien zur Sensibilisierung und besseren Wahrnehmung zukünftiger Probleme und Chancen einer Region beitragen.

Keywords:

Akteure, Landschaftswandel, Partizipation, Zukunftsforschung, Szenarien, Triebkraft, Ökosystemdienstleistungen

Submitted: 06 July 2012 / Accepted in revised form: 27 September 2013 / Published: 26 April 2014

*Corresponding author. Email: r.syrbe@ioer.de

© Rosenberg et al., 2014, Landscape Online, IALE-D. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Ökosysteme erbringen eine Vielzahl von Leistungen zum Wohle des Menschen (Costanza & Daly 1992, De Groot et al. 2002, Liu et al. 2009). Solche „Ökosystemdienstleistungen“ (ÖSD) sichern die Grundlagen des Lebens und gewährleisten dessen Qualität, indem sie beispielsweise der Ernährung dienen, eine Basis für Tourismus und Kultur bieten oder Böden vor Erosion schützen (MA 2005). Doch unsere Landschaften wandeln sich immer schneller (Antrop 2005, Haase et al. 2007). Die Gründe dafür liegen unter anderem in einer verstärkten Nutzung regenerativer Energien, einer weiteren Intensivierung der Landwirtschaft, im demographischen Wandel sowie dem nach wie vor ungebremsen Ausbau von Siedlungs- und Verkehrsflächen. Anhand von Szenarien kann geklärt werden, was diese Entwicklungen für bestimmte Ökosystemdienstleistungen bedeuten und wie der Mensch steuernd eingreifen kann.

Die Erstellung von Szenarien ist eine von mehreren möglichen Herangehensweisen zur Untersuchung zukünftiger Entwicklungen; weitere Methoden der Zukunftsforschung sind z. B. Delphi-Studien (Dörr 2005), Prognosen (Jessel 2000), Trendfortschreibungen (Bork & Müller 2002), Rollenspiele (Armstrong 2002), Neuronale Netze (Pijanowski et al. 2002), die Analyse von verbindlichen Planungsdokumenten und politischen Zielaussagen sowie Landschaftsexperimente (Oppermann 2008). Die Szenario-Technik kann als Brückenkonzept für interdisziplinäres Arbeiten in der Mensch-Umwelt-Forschung fungieren (Santelmann et al. 2004).

Die Szenario-Technik gilt als Herangehensweise zur Auseinandersetzung mit Fragen der Nachhaltigkeit (Walz et al. 2007), da die Beurteilung der intergenerationellen Gerechtigkeit einen plausiblen Blick in die Zukunft verlangt und mitunter langfristige Entwicklungen untersucht werden.

Szenarien sind definiert als: „plausible und oft vereinfachte Beschreibungen wie die Zukunft sich entwickeln kann, basierend auf einem kohärenten

und in sich plausiblen Satz von Annahmen über Schlüssel-Triebkräfte (STK) und Beziehungen“ (MA 2005). Alcamo (2008) erklärt: „Ein Szenario ist eine Beschreibung wie die Zukunft aussehen kann auf der Basis von Wenn-Dann-Aussagen und basiert typischerweise auf einer Darstellung der initialen Situation und einer Beschreibung der Schlüssel-Triebkräfte und Veränderungen, welche zu einem bestimmten zukünftigen Zustand hinführen.“ Einfacher kann man sagen: „Szenarien sind hypothetische Folgen von Ereignissen, welche konstruiert wurden, um die Aufmerksamkeit auf Folgewirkungen bestimmter Entscheidungen zu richten“ (Rotmans et al. 2000).

Es gibt zwei Grundformen der methodischen Herangehensweise an die Szenariogestaltung: Einerseits kann man Szenarien im Sinne einer narrativen Storyline entwickeln, ein Weg der hier vorrangig gewählt wurde. Andererseits gibt es quantitative Ansätze, wobei oft modellgestützte Simulationen zum Einsatz kommen. Häufig nutzt man bei der räumlichen Modellierung von Landschaftsveränderungen Geoinformationssysteme (GIS) (Steinitz 2003, Zebisch 2004). Eine weitere Unterscheidung gliedert in normative Szenarien, welche erwünschte Zukünfte abbilden, gegenüber projektiven Szenarien, die von Triebkräften (TK) verursachte kausale Verläufe beschreiben (Nassauer & Corry 2004) (s.a. Abbildung 1).

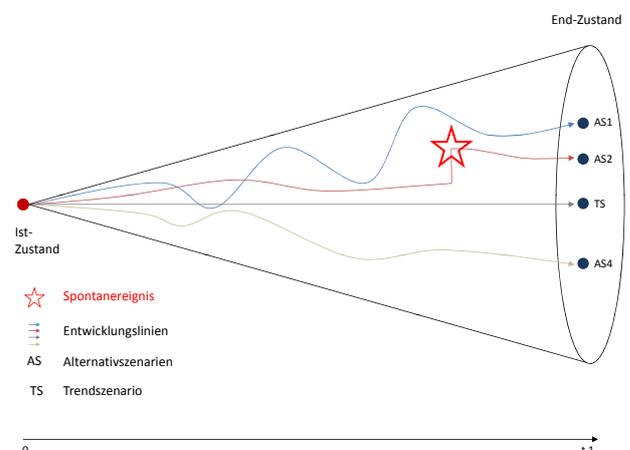


Abbildung 1: Darstellung eines Szenariotrichters
Eigener Entwurf

Man differenziert aber auch in partizipative versus Experten-Szenarien, wobei letztere meist quantitativ und die partizipativen Ansätze eher qualitativ aufgebaut sind (Rotmans et al. 2000).

Der Trend geht hin zu kombinierten Szenario-Methoden (Walz et al. 2007), welche sowohl qualitative Partizipations-Elemente enthalten, als auch durch quantitative Modelle unterlegt sind. Die Schwierigkeit besteht in der Kombination dieser beiden Techniken, weil die Ergebnisse von Partizipationsprozessen nicht direkt in quantitative Modelle integriert werden können und mathematisch abstrakte Modellierungsergebnisse mitunter von Akteuren nicht verstanden werden.

Die heute bekannte Szenario-Technik wurde im Rahmen der Zukunftsforschung und als Methode zur Wirkungsprognose von nichtlinearen Verläufen ausgearbeitet (Kahn & Wiener 1984). Große Öffentlichkeitswirksamkeit erfuhr die Szenario-Technik durch die Studie „Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome (Meadows et al. 1972). Eine Szenario-Technik für die o. g. Anforderungen muss methodische Elemente aus der Umweltforschung und aus der Unternehmensplanung vereinigen; diese aber auch an die besonderen Anforderungen der Landschaftsentwicklung anpassen. Als Basis liegen unserer Methodik besonders die Arbeiten von Reibnitz (1991), Gausemeier et al. (1996, 2009) aus der Unternehmenswissenschaft sowie von Alcamo (2008) aus dem Bereich der Umweltwissenschaften zugrunde.

Die anschauliche Aufbereitung und kompakte, adressatengerechte Vermittlung der meist unüberschaubar vielfältigen Szenario-Ergebnisse erweist sich bisher als die größte Herausforderung für die Weiterentwicklung der Szenario-Methodik. Als Leitparadigma gilt das methodische Grundschema des Integrated Assessment (IA), welches u. a. im VISIONS Projekt angewandt wurde (Rotmans et al. 2000). Beispiele einer integrierten Mensch-Umwelt-Forschung mit Hilfe von Szenarien sind die Millennium Ecosystem Assessments (MA 2005) und die Global Environment Outlooks der UNEP, von denen die vierte Generation vorliegt (UNEP 2007) und die fünfte sich gerade in der Diskussion befindet (UNEP 2011).

Eine wachsende Zahl von Veröffentlichungen beschäftigt sich gleichzeitig mit Umweltszenarien und deren Bewertung durch Landschaftsfunktionen oder durch das Konzept der Ökosystemdienstleistungen. Hierzu zählen: Fidalgo & Pinto (2005), Nassauer et al. (2002), Dunlop et al. (2002), Seppelt & Holzkämper (2007). Mit dem vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vorgelegten Fourth Assessment Report (Pachauri & Reisinger 2008) existiert eine aktuelle Untersuchung, die auf globaler Ebene die Auswirkungen des klimatischen und des sozioökonomischen Wandels behandelt und sich dabei mit einer großen Breite von Ansätzen zu Ökosystemdienstleistungen befasst. Auf nationaler Ebene befasst sich das Projekt Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2013) mit den sich verändernden Ökosystemleistungen sowie der Entwicklung möglicher Handlungsoptionen.

1.2 Ziele der Studie

Das dieser Studie zugrunde liegende Projekt „Landschaft Sachsen 2050“ bezieht sich auf ein Untersuchungsgebiet im mittleren Maßstab. Neben der praktischen Erprobung mit insgesamt drei verschiedenen Szenario-Durchläufen ging es vor allem um die Entwicklung einer konsistenten und gut anwendbaren Methodik mit besonderer Berücksichtigung der Partizipation einer breiten Öffentlichkeit und von Entscheidungsträgern. Deshalb ist diese Methodik in Kap. 2 in Form einer handbuchartigen Arbeitsanleitung dargestellt und sind die Ergebnisse in Kap. 3 nur angerissen. Die Methodik dient in der dargestellten Form zur Erstellung explorativer Szenarien. Damit soll es möglich sein, die Auswirkung von künftigen Landschaftsveränderungen anhand des Ökosystemdienstleistungsansatzes zu bewerten.

Die Ansätze der Bewertung von Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) und der kombinierten Landschaftsszenarien sollten soweit integriert werden, dass möglichst wenig Mehraufwand entsteht und die Methodik insgesamt handhabbar sowie für die Teilnehmer verständlich bleibt. Bereits in den ersten Arbeitsschritten der Szenario-Entwicklung sollte der ÖSD-Ansatz genutzt werden, um die interessantesten Themen herauszufiltern, relevante Treiber zu identifizieren und um die

Ausgangssituation der Szenarien zu beschreiben. Im Verlauf der Szenario-Entwicklung erfolgt auch die Verräumlichung der Zukunftsaussagen in einem GIS als Kartengrundlage für eine spätere Bewertung bezogen auf die ÖSD.

Durch den schrittweisen Aufbau der Szenarien soll der Prozess der Szenario-Entwicklung als Interaktionsform zwischen den relevanten Interessengruppen gestaltet werden. Diese Interaktionen bieten die Möglichkeit, den Blick für regionalspezifische zukunftsrelevante Aufgaben und Fragestellungen zu schärfen.

Das Untersuchungsgebiet, der ca. 2.100 km² große Landkreis Görlitz, ist geprägt durch einen starken Bevölkerungsrückgang und unsichere wirtschaftliche Aussichten. Er steht vor großen Herausforderungen, besitzt aber mit seinen kulturellen Besonderheiten und Naturschätzen (Rohstoffe, Schutzgebiete, große unzerschnittene Räume, historische Parkanlagen und touristischen Kleinodien) viele Potenziale. Daraus ergeben sich Entwicklungsmöglichkeiten, die in Storylines, Karten und Tabellen darzustellen waren.

Daran sollten Maßnahmen diskutiert und abgewogen werden, um gewollte Entwicklungen zu befördern bzw. unerwünschten Effekten entgegenzuwirken.

2 Methode

In der hier vorgestellten Szenario-Technik findet der explorative Forecast-Ansatz Verwendung (Alcamo 2008). Dieser Ansatz ist relativ ergebnisoffen. Das heißt, im Gegensatz zur Formulierung normativer Szenarien nach konkreten Zielvorgaben ist die Spannweite zulässiger Entwicklungen nicht begrenzt. Möglich ist ein kombinierter Einsatz von quantitativen und qualitativen Verfahren.

Die von den Autoren entwickelte Methodik besteht aus sieben Arbeitsphasen, die aber je nach Anwendungsfall und Vorgaben nicht alle vollständig zu durchlaufen sind. Einen Überblick über den schrittweisen Aufbau des Verfahrens bietet Abbildung 2.

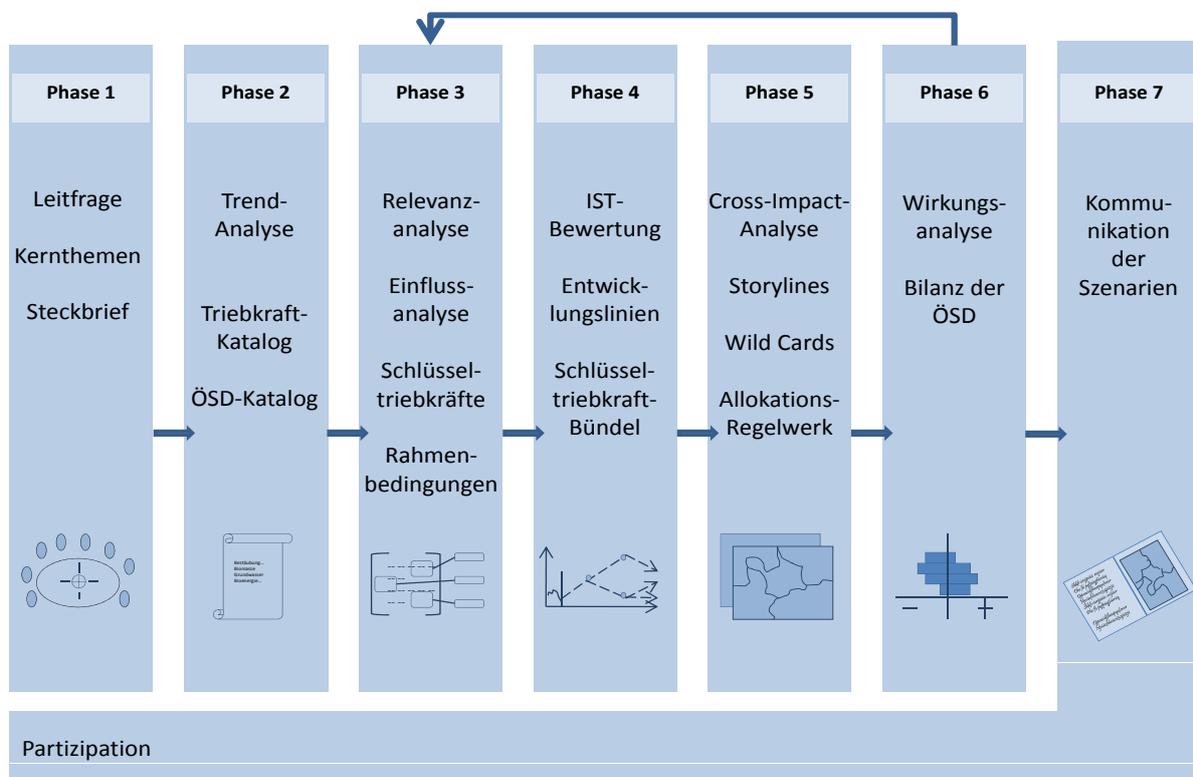


Abbildung 2: Arbeitsphasen der Szenario-Entwicklung; eigener Entwurf

Die Phasen 1 bis 6 werden nacheinander abgearbeitet, da die Ergebnisse vorangehender Phasen für die jeweils folgenden benötigt werden. Die Phase 7 umfasst erstens den hauptsächlich zum Schluss stattfindenden Transfer der Szenarien. Zweitens ist darin während der gesamten Szenarientwicklung (Phasen 1-7) der Einsatz verschiedener Partizipationsmethoden zur Beteiligung einer breiten Öffentlichkeit vorgesehen. Aufgrund der Bewertung und Diskussion der Ergebnisse in Phase 6, kann eine Überarbeitung bzw. Erstellung von weiteren Szenarien notwendig werden, was durch den Pfeil zurück angedeutet wurde (back loop).

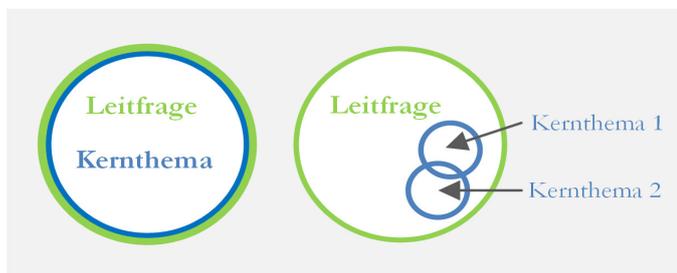


Abbildung 3: Phase 1 der Szenario-Entwicklung
Entwurf: Vowinckel 2010

2.1 Phase 1

In der ersten Phase wird der Szenario-Prozess organisatorisch vorbereitet und der Untersuchungsgegenstand durch Formulierung einer Leitfrage durch das Szenario-Team, welches die Szenario-Entwicklung steuert und aus Experten bzw. verschiedenen Akteuren bestehen kann, definiert sowie (falls nötig) durch speziellere Kernthemen weiter eingegrenzt. Die Leitfrage bestimmt die übergeordnete Zielstellung. Dazu gehören die wesentlichen Randbedingungen, wie der Zeithorizont der Szenarien und die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes. Stellt sich die Leitfrage als hinreichend präzise heraus, ist diese Phase damit beendet. Ist die definierte Thematik aber sehr umfangreich, so sollte der Untersuchungsgegenstand durch die Bestimmung von Kernthemen genauer eingegrenzt werden (s. Abbildung 3). Ein Kernthema fokussiert also auf einen Bereich innerhalb der in der Leitfrage formulierten Problematik. Es ist sinnvoll, alle wichtigen Erkenntnisse je Kernthema in einem eigenen Szenario-Steckbrief festzuhalten, der in den

folgenden Arbeitsphasen schrittweise ausgebaut wird. In dieser Phase werden auch die Möglichkeiten der Partizipation in den folgenden Phasen durch verschiedene Akteure bzw. die Öffentlichkeit organisiert und festgelegt.

2.2 Phase 2

Phase 2 umfasst die Festlegung derjenigen Einflussgrößen, die als treibende Kräfte der Landschaftsentwicklung in den Szenarien Berücksichtigung finden und die Auswahl der zu bearbeitenden ÖSD. Es ist also herauszufinden, welche Faktoren für die Klärung der Leitfrage und für das Kernthema bedeutsam sind und vor allem einen bedeutenden Einfluss auf die zu untersuchenden Dienstleistungen haben. Auch deren Auswahl muss in diesem Arbeitsstadium erfolgen, weil ÖSD und Triebkräfte einander bedingen. Für die ÖSD gibt es Kataloge wie z. B. TEEB (2009) oder Carpenter et al. (2006), welche die Auswahl erleichtern. Doch die exakte Definition und treffende Auswahl der Einflussfaktoren oder „Triebkräfte“ ist entscheidend für den Erfolg des gesamten Projektes. Bei genauer Analyse lassen sich über einhundert verschiedene Einflussfaktoren identifizieren, sodass schon die Zusammenstellung und Auswahl sehr aufwändig sein kann. Wichtig ist, dass am Ende des Arbeitsschrittes eine geringe Anzahl von Triebkräften (möglichst nicht mehr als 10, vgl. Syrbe et al. 2013) übrig bleibt und jede einzelne klar als messbarer Indikator mit Bezugs- und Maßeinheit, Quelle und aktuellen IST-Werten definiert wird. Für die Auswahl der Einflussfaktoren bietet die Literatur eine Vielzahl von methodischen Varianten an, zu denen neben Brainstorming, Fachdiskussion und Kriterien-geleitetem Ranking auch Einfluss- und Präferenzanalysen mit Hilfe von Matrizen gehören.

Die inhaltliche Grundlage bilden Zustands- oder Trendanalysen, deren Ergebnisse im Steckbrief fixiert werden. Übliche Methoden dazu sind u. a. räumliche Analysen der bisherigen Veränderungen, auf Grundlage von Landnutzungsdaten (CORINE, ATKIS, Biotopkartierungen, Fernerkundungsdaten, historische Karten, statistische Daten), die zu Transfermatrizen führen. Als qualitative Methoden kommen Literaturrecherchen, Umfragen und Experteninterviews zur Anwendung. Dies kann für

landschafts- und planungsrelevante Fragestellungen durch die Auswertung von Planungsdokumenten ergänzt werden. Das wesentliche Ergebnis ist ein auf das Kernthema bezogener spezifischer Triebkraftkatalog mit ersten Trendaussagen.

2.3 Phase 3

In Phase drei muss entschieden werden, welche der ermittelten Triebkräfte für alle Zukunftsentwürfe gleichartig und welche differenziert in das Szenario einfließen. Der Sinn einer Szenario-Entwicklung besteht darin, unterschiedliche (evtl. gegensätzliche) Entwicklungen zu untersuchen, indem man für eine oder mehrere dieser Triebkräfte unterschiedliche Verläufe annimmt. Diese Unterscheidung ist jedoch nur für sehr wenige Triebkräfte sinnvoll durchführbar. Für alle anderen Faktoren wird eine ganz bestimmte (einheitliche) Entwicklung angenommen, möglichst exakt (am besten auch quantitativ) charakterisiert und so für alle späteren Szenarien festgesetzt. Am besten ist es, wenn für diese Faktoren Prognosen vorliegen oder durch Trendfortschreibung eigene Projektionen berechnet werden. Wir nennen diese einheitlich festgesetzten Größen „fixe

Einflussfaktoren“ oder „Rahmenbedingungen“.

Durch die Setzung von Rahmenbedingungen wird der Spielraum für die Entwicklungsmöglichkeiten stark verringert und die weitere Szenario-Entwicklung erheblich erleichtert.

Die variablen Triebkräfte spannen demgegenüber den Möglichkeitsraum der unterschiedlichen Zukünfte auf und werden deswegen als „Schlüssel-Triebkräfte“ bezeichnet. Ihre Bestimmung ist einer der wichtigsten Meilensteine in der Szenario-Entwicklung und sollte dementsprechend gut mit allen Teilnehmern abgestimmt werden. Da die Auswahl aus einer großen Palette schwierig ist, sollte eher umgekehrt vorgegangen werden: eine wichtige Schlüssel-Triebkraft wird ausgehandelt und dann durch eine zweite und, wenn unbedingt nötig, durch eine dritte ergänzt. Bei der Auswahl sollten inhaltlich die „Steuerungsinstrumente“ im Mittelpunkt stehen, mit denen die Entwicklung tatsächlich aktiv beeinflusst werden könnte, um politisch aussagekräftige Schlussfolgerung ziehen zu können. Die ausgewählten Schlüssel-Triebkräfte werden eingehender beschrieben. Hierzu können weitere Recherchen nötig sein und externe Experten einbezogen werden.

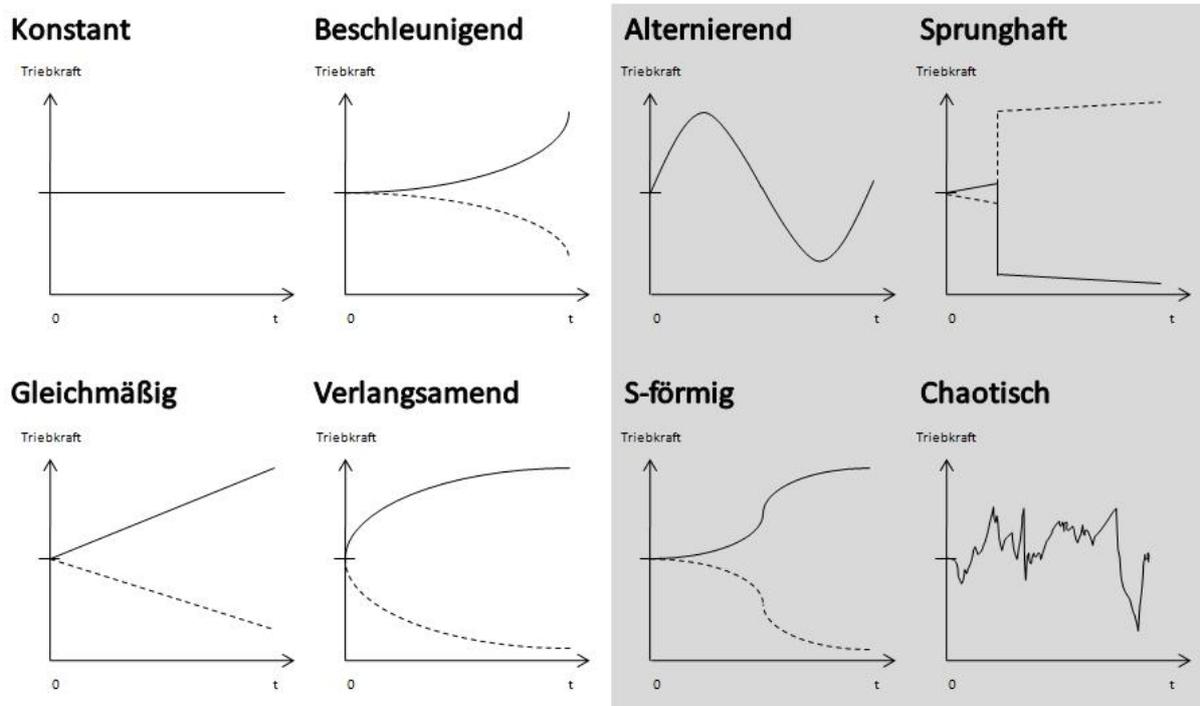


Abbildung 4: Verlaufs-Grundtypen (links) und mögliche Kombinationen für die Schlüsseltriebkräfte der Szenario-Entwicklung; Entwurf: Syrbe

2.4 Phase 4

In Phase 4 geht es zuerst darum, eine genaue Charakterisierung des Ausgangszustandes vorzunehmen. Alle ausgewählten ÖSD werden bewertet, wozu sich besonders das EPPS (ecosystem properties, potentials and services)-Konzept (Bastian et al. 2011) eignet, welches in die Methodik integriert wurde. Es geht vor allem darum aufzuzeigen, welches Leistungspotenzial die Landschaft hat, um bestimmte Dienstleistungen nachhaltig erbringen zu können. Auf dieser Grundlage werden Annahmen für die zukünftige Entwicklung der Schlüssel-Triebkräfte aufgesetzt und deren sogenannten „Verlaufstypen“ definiert. Für eine schematische Beschreibung eignet sich die in Abbildung 4 dargestellte Klassifikation.

Für diese Verlaufstypen ist zu entscheiden, ob für alle oder einige Triebkräfte auch die Fortschreibung des aktuellen Trends als eine von mehreren Entwicklungen angenommen wird; im Gegensatz zu den fixen Faktoren können aber auch nichtlineare Verläufe angenommen werden (d. h. ein Trend schwächt sich ab, kehrt sich um oder alterniert). Trägt man die Verlaufstypen der einzelnen Triebkräfte als Piktogramme (Abbildung 4) in Übersichtstabellen ein, kann man recht gut veranschaulichen, welche Veränderungen der verschiedenen Faktoren zu betrachten sind und wie sie kombiniert werden können. Nicht alle dieser Kombinationen kommen später als Szenarien zur Analyse, denn einige der Verlaufstypen könnten sich gegenseitig ausschließen, was man als Inkonsistenz bezeichnet. Nur dort wo sich zwischen bestimmten Verlaufstypen aller betrachteten Schlüssel-Triebkräfte keine logischen Konflikte ergeben, findet man konsistente „Bündel“. Aus diesen Bündeln müssen die Szenario-Bearbeiter nun auswählen, welche tatsächlich untersucht werden sollen. An der Konsistenz-Analyse erweist sich die Qualität der bisherigen Arbeiten: Sind die Triebkräfte nämlich zu zahlreich, zu unscharf oder schlecht gewählt, erhält man entweder gar keine, unermesslich viele oder eine unbefriedigende Auswahl. In solchen Fällen ist es notwendig, die Auswahl der Triebkräfte in Phase 2 zu verändern, einige ggf. durch andere zu ersetzen, als Rahmenbedingungen zu setzen oder aus der Auswahl zu entfernen.

Ist keines der Bündel konsistent, wählt man die Bündel mit der größtmöglichen Konsistenz aus und passt die Inkonsistenzen an, sodass widerspruchsfreie Bündel entstehen. Die Konsistenzanalyse ist also ein Hilfsmittel, um die Beziehungen zwischen den einzelnen Schlüsseltriebkräften zu durchdenken.

2.5 Phase 5

Phase 5 stellt den Kern der Szenario-Entwicklung dar. Auf der Grundlage der Triebkraft-Bündel werden die sogenannten „Trajektorien“ der Szenarien definiert. Das Bündel mit den Trend-Fortschreibungen wird ggf. als „Trendszenario“ oder „Business-As-Usual“ (BAU) bezeichnet. Alle anderen Trajektorien erhalten einfache Kurzbezeichnungen, die zwar nicht alle angenommenen Setzungen enthalten, aber wenigstens eine treffende Eigenschaft der Zukunft benennen (man nennt sie „Archetyp“).

Der entscheidende Schritt für die Umsetzung der STK-Bündel in Szenarien ist die Würdigung und (zumindest qualitative) Berücksichtigung aller wesentlichen Einflussgrößen auf die Landschaftsentwicklung, was aus Gründen der Arbeitspraxis paarweise erfolgt. Diese sogenannte Cross-Impact-Analyse (Kosow & Gaßner 2008) wird oft in Form von Matrizen abgearbeitet, wobei jede berücksichtigte Kombination von Einflussgrößen vermerkt werden kann. Modelle können komplexere Zusammenhänge abbilden. Als Ergebnis entsteht eine textliche Beschreibung, die sogenannte „Storyline“, in der auch Begründungen nicht fehlen sollten. Zur Vorbereitung und Übersicht eignen sich auch Tabellen oder Graphiken. Für die spätere kartografische Umsetzung wie für die Bewertung ist auch eine quantitative Abschätzung wesentlicher Indikatoren nützlich. Es ist darauf zu achten, ob sich durch bestimmte Entwicklungen Vor-Festlegungen für die weitere Zukunft ergeben könnten. Diese sogenannten „Pfadabhängigkeiten“ resultieren mitunter aus der Erschöpfung bestimmter (Entwicklungs-, Flächen-, Ressourcen-) Potenziale, welche eine weitere gleichartige Entwicklung später behindern können. Oft setzt sich unter konkurrierenden Technologie-Linien auch ein Typus durch und erhält (unter Aufgabe anderer) eine spätere Ausschließlichkeit.

Sehr interessant sind seltene, aber folgeträchtige Einzelereignisse, welche einen Zukunftsentwurf gründlich durcheinander bringen können. Diese sogenannten „Wildcards“ (z.B. internationale Zusammenbrüche von Banken), sollte man getrennt von der sonstigen Szenario-Entwicklung diskutieren, weil sie zwar zur Vorsorge wichtig sein können, aber aufgrund ihrer geringen Wahrscheinlichkeit von Teilnehmern oft abgelehnt werden. Das heißt, die Szenario-Entwicklung sollte erst einmal bis zum Schluss ohne Brüche durchlaufen und Wildcards ggf. nachträglich darauf angewandt werden. Die Wildcard wird hierfür an einer zeitlich definierten Stelle in der Szenario-Laufzeit „ausgespielt“. Ab diesem Zeitpunkt wird die Storyline auf diesem Ereignis basierend umgeschrieben oder die Modell-Parameter neu gesetzt (s.a. Abbildung 1). Der Einsatz der Wildcards forciert sehr deutlich das Denken in unterschiedlichen Alternativen.

Als Grundlage für die folgende ÖSD-Bewertung ist eine Verräumlichung der Szenarien unerlässlich. Dafür kommt die Potenzial-Kartierung der Phase 4 zum Einsatz. So entstehen kartographische Entwürfe zukünftiger Landschaftszustände, welche durch die räumliche Zusammenführung vieler Einzelaussagen einen wichtigen Prüfstein für die Qualität der Szenarien darstellen. Hierfür wurde eigens der Land Use Change Modeller (LUMO) entwickelt. Diese GIS-basierte Methode ermöglicht eine Verortung bestimmter Nutzungsänderungen oder Ausweisung von Vorzugsarealen für sekundäre Nutzungen und ÖSD anhand der Vorgaben in der Szenario-Storyline. In diesem Regelwerk wird zwischen der Ausweisung von a) Entwicklungsregionen, b) flächenhaften und c) linienhaften Veränderungen bzw. d) Bewirtschaftungsintensitäten unterschieden.

Im LUMO unterscheiden sich die Regeln zur Erstellung eines Trendszenarios von jenen zur Erstellung der Alternativszenarien durch unterschiedliche Datengrundlagen bzw. Informationen zur Landschaftsentwicklung, die u. a. in Form von Prognosen, Landschafts-, Regional-, oder Landesentwicklungsplänen vorliegen. Daraus können anhand von Trendfortschreibungen Aussagen zur Landschaftsentwicklung abgeleitet oder Geoinformationen entnommen werden.

Vereinzelt müssen allerdings bereits hier Regeln erstellt werden (wie es für die Alternativ-Szenarien der Fall ist), wenn der Szenariohorizont über die Zeithorizonte der Planungen bzw. Prognosen hinaus geht oder wenn Szenarioinhalte nicht abgedeckt sind. LUMO besteht aus den folgenden vier Modulen A-D, die jeweils einzeln, je nach Fragestellung, angewendet bzw. kombiniert werden können.

Modul A: betrachtet die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen

Modul B: betrachtet die Entwicklung im Agrarraum

Modul C: betrachtet die Entwicklung von Flächen des Offenlandes ohne landwirtschaftliche Nutzung (z. B. Magerrasen, Felsfluren, Zwergstrauchheiden, Ruderal- und Staudenfluren)

Modul D: betrachtet die Entwicklung von Regionen hinsichtlich ihrer touristischen und wirtschaftlichen Veränderungen

2.6 Phase 6

In Phase 6 findet die Bewertung der Storylines, Tabellen und Karten anhand von ÖSD statt. Je nachdem wie flächenkonkret die Szenarien dargestellt sind, kann diese Bewertung eher räumlich differenziert oder nicht-räumlich im Sinne von gutachterlichen Beschreibungen und Statistiken erfolgen. Dabei geht es nicht in erster Linie um Karten für einzelne Dienstleistungen. Vielmehr soll dieser Schritt auch die Wechselwirkungen der Leistungen, ihre sogenannten Trade-offs (Bastian et al. 2012) und Synergien offenlegen. Dazu werden u. a. Risiko- und Eignungsgebiete ausgewiesen. Hauptziel dieses Arbeitsschrittes ist es, Schlussfolgerungen aus den Szenarien zu ziehen. Nicht die Auswahl der besten Storyline steht im Mittelpunkt, sondern welche Bedingungen (d. h. Schlüssel-Triebkräfte und ihre Verläufe) zu den erwünschten Entwicklungen führen und mit welchen Maßnahmen diese erreicht werden können. Deshalb ist dieser Arbeitsschritt auch derjenige mit dem höchsten Potenzial zur partizipativen Arbeit. Wenn in der Diskussion geeignete Steuerungsinstrumente identifiziert worden sind, kann es erforderlich sein, die Szenarien damit noch einmal erneut zu durchdenken.

Aus der Gegenüberstellung der Szenarien mit dem Ist-Zustand folgt eine Bilanzierung des Landschaftswandels anhand der vom Szenario-Team gewählten Indikatoren (s. Tab. 3). Die Veränderungen können statistisch ausgewertet und anhand eines Landschaftsbarometers visualisiert werden (Holfeld et al. 2012). Ausgehend von den zugrunde liegenden Fragestellungen (Leitfrage und Kernthemen) sollen aus den Szenarien und ihren Bewertungen Handlungsempfehlungen hervorgehen. Dieser Schritt wird zielgruppenspezifisch differenziert, wie viele internationalen Studien eindrücklich zeigen, (z. B. TEEB 2009, MA 2005). Dies verlangt, dass genau definiert sein muss, an wen sich die Handlungsoptionen richten. Daraus können dann für die Angesprochenen Präventiv- und Reaktivmaßnahmen abgeleitet werden. Die Methodik für diesen Schritt ist ausführlich behandelt in Bastian et al. (2013).

2.7 Phase 7

Phase 7 fasst alle Maßnahmen zur Kommunikation und Partizipation der Szenarien mit den betroffenen Akteuren (oder den Auftraggebern) zusammen. Obwohl er die höchste Nummer trägt, setzt dieser Arbeitsschritt bereits ganz zu Beginn einer Szenario-Erarbeitung ein und durchzieht die gesamte Methodik wie ein roter Faden. Dabei kann es zwischen Experten-betonten Arbeitsschritten und solchen mit sehr starker öffentlicher Beteiligung mehrere Wechsel geben (sogenannte Loops, - vgl. Walz et al. 2007), um die Meinungen zu quantifizieren, Expertenwissen in allgemeinverständliche Form zu übersetzen und den Szenarien durch breite öffentliche Beteiligung ein hohes Maß an Geltung zu verschaffen. Für die bereits mit der Zielbestimmung einsetzende Zusammenarbeit von Experten und Partizipanten wurde eine Vielzahl von Arbeitsformen getestet. Die Empfehlungen sind in Syrbe et al. (2013) zusammengefasst.

Die möglichen Repräsentationsformen der Ergebnisse sind vielfältig. Sie können von verbalen über visuelle bis hin zu interaktiven Darstellungsformen reichen und hängen von der Zielgruppe und der Zielsetzung ab. Besonders eingängige Formen wären z. B. Bilder, Videos, Modelllandschaften, Zeitungsartikel und Sketche.

3 Ergebnisse

Dieser Artikel legt die Ergebnisse für die Phasen der Szenarientwicklung bis hin zur Gestaltung der Storyline und der kartografischen Darstellung für ein ausgewähltes Kernthema dar. Auf die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse der Phasen 6 und 7 wird nur verkürzt eingegangen, da diese Gegenstand der Beiträge zu Partizipations- und Kommunikationsmethoden von Syrbe et al. (2013) und den Betrachtungen zu Bewertungsmethoden der ÖSD von Holfeld & Rosenberg (2012) sind.

3.1 Phase 1: Leitfrage und Kernthemen

Nach der Festlegung der Leitfrage „Wie werden sich die Landschaften in Sachsen und deren Ökosystemdienstleistungen bis zum Jahr 2050 entwickeln?“ wurden innerhalb des Projektteams in einem Brainstorming, die Kernthemen „Biologische Vielfalt“ und „Erneuerbare Energien“ als besonders relevant für die zukünftige Entwicklung der Landschaften im Landkreis Görlitz identifiziert. Im Folgenden wird der Prozess der Szenarientwicklung beispielhaft anhand des Kernthemas „Biologische Vielfalt“ für diesen Landkreis dargestellt.

3.2 Phase 2: Einflussgrößen und ÖSD

Es wurden zwei Kataloge entwickelt, die als Basis für die Auswahl von Einflussgrößen und ÖSD zur Verfügung stehen. Der allgemeine Triebkraftkatalog gliedert sich in die 4 Kategorien sozial, politisch-rechtlich, ökonomisch und ökologisch. In diesem Katalog sind die für den Landschaftswandel relevanten Einflussgrößen erfasst und kurz charakterisiert, vor allem im Hinblick auf Indikatoren, Wirkmechanismen, Steuerungsmöglichkeiten sowie relevante Akteure. Der Katalog der ÖSD enthält die möglichen Indikatoren und Bewertungsmethoden. Beide Kataloge müssen jeweils entsprechend der Leitfrage und dem entsprechenden Kernthema modifiziert und erweitert werden. Einen allgemeinen, umfassenden Katalog, der immer aktuell alle Einflussgrößen und Prozesse von der globalen bis zur lokalen Ebene charakterisiert, kann es nicht geben.

Tabelle 1: Charakterisierung von Triebkräften im spezifizierten TK-Katalog (Auszug)

Themenbereich	TK	Kurzbeschreibung
Kulturelle und gesellschaftliche Werte	Lebensstile	Soziale Dominanz von Wertvorstellungen bzw. Verhaltensweisen mit Auswirkung auf Verbraucherverhalten, politisches Engagement und Landnutzung wie Verbrauchergemeinschaften, Bio-/slow-food-Ernährung, individuelle Mobilität (Carsharing, ÖPNV, Fahrrad/E-Bike), regionale/lokale Netzwerke
Politische Steuerung	Förderung erneuerbarer Energien	Gesetz zur Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen (EEG), Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG), Biomassestrom- und Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung
	Förderung von Landwirtschaft und Landschaftspflege	EU-Förderung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP): 1.Säule – Marktordnung, Direktzahlungen; 2. Säule: Entwicklung des ländlichen Raums inkl. Agrar-Umwelt-Maßnahmen, Förderprogramme zur Landschaftspflege, pfleglichen Nutzung, Restrukturierung und spezifische Maßnahmen des Artenschutzes
	Waldmehrungsprogramm	Bestreben, den Waldanteil zu erhöhen, unterstützt durch Förderung der Aufforstung bisher landwirtschaftlich genutzter Flächen.

Tabelle 2: Darstellung der Schlüssel-Triebkräfte und ihrer Themenbereiche

Themenbereich	Schlüssel-Triebkraft
1. Kulturelle und gesellschaftliche Werte	<ul style="list-style-type: none"> • Lebensstile
2. Politische Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung erneuerbarer Energien (z. Zt. durch das EEG) • Agrarförderung (GAP, v. a. ökologische Vorrangflächen) • Waldmehrungsprogramm

Aus dem allgemeinen Triebkraftkatalog wurden für das Kernthema „Biologische Vielfalt“ 12 Triebkräfte als relevant identifiziert und in einem spezifizierten Katalog näher mit Definitionen, Indikatoren und Trends untersetzt (Tabelle 1). Dafür analysierte das Projektteam die Entwicklung u. a. anhand statistischer Kennwerte wie z. B. Agrarstatistik- und Forststatistik (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2011), Förderung durch die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) (Europäische Kommission 2012) und nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2008) sowie die Waldmehrungsplanung (Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien 2010). Weiterhin wurde eine Veränderungsanalyse anhand der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) von 1992/93 und 2005 (SMUL 1992, SMUL 2005) durchgeführt. Der Vergleich der zwei

Landnutzungskartierungen zeigt Flächenzuwächse bei „Langzeitbrachen“ (+ 73 %), „Gehölze und Gebüsche“ (+ 60 %), „Wasserflächen“ (+ 40 %) und „Felsfluren und Zwergstrauchheiden“ (+ 33 %). Dem gegenüber stehen größere Flächenverluste beim „Bauerwartungsland“ (- 78 %), den „Ackerbrachen“ (- 61 %), bei den „Aufschüttungs-, Entsorgungs- und Abgrabungsflächen“ (- 43 %) sowie den „Verkehrs- und Infrastrukturflächen“ (- 27 %).

3.3 Phase 3: Schlüssel-Triebkräfte und Rahmenbedingungen

Die in Phase 2 ausgewählten Triebkräfte gingen in die Relevanzanalyse ein, in der diejenigen Schlüssel-Triebkräfte ermittelt wurden, die für das Kernthema zur Ausdifferenzierung der Szenarien führen sollten (Tabelle 2).

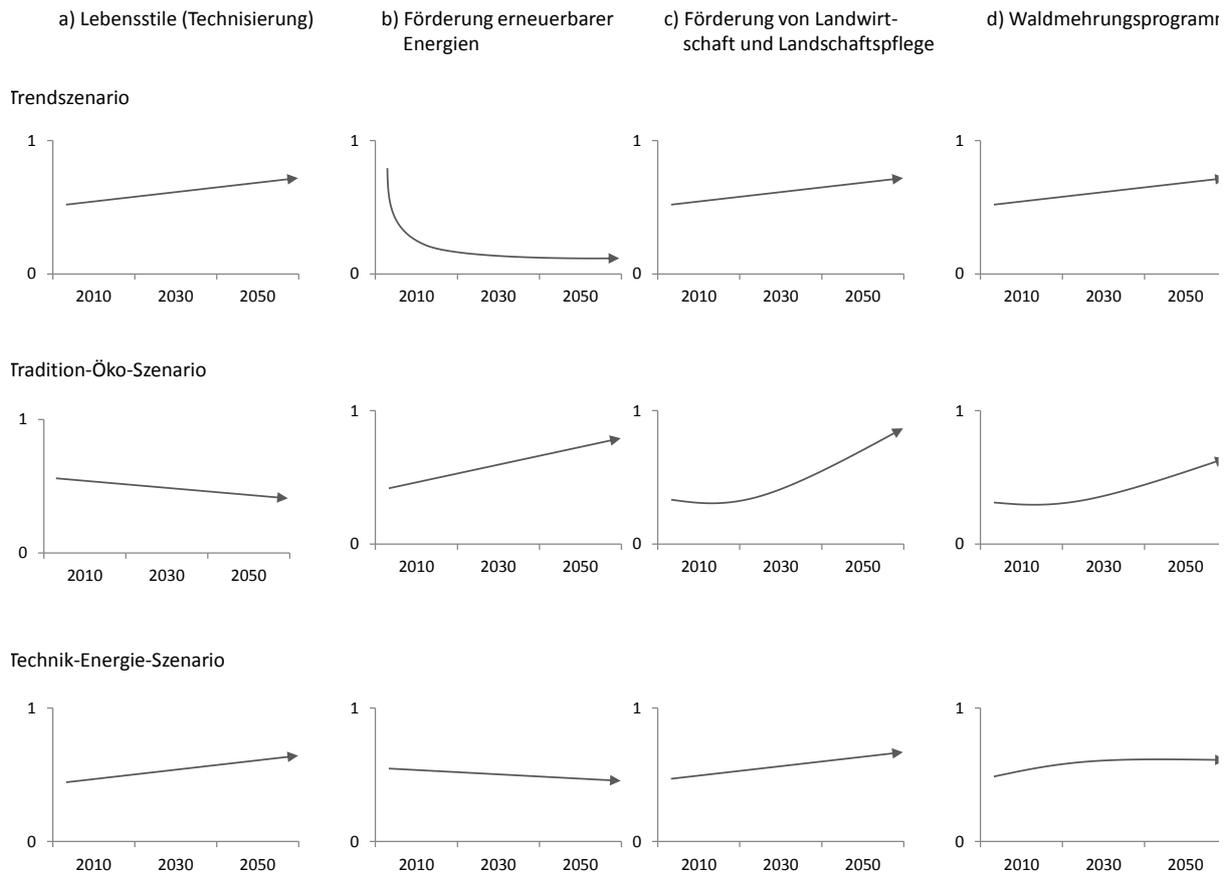


Abbildung 5: Darstellung der Verlaufstypen und STK für Trend- und Alternativszenarien

3.4 Phase 4: Beschreibungen der Schlüssel-Triebkräfte und ihrer Verlaufstypen

Für jede Schlüssel-Triebkraft (STK) wurden drei Entwicklungslinien entworfen und in einem Steckbrief näher charakterisiert. Die Ergebnisse flossen in die Analyse der Konsistenz der Verlaufstypen ein, um konsistente STK-Bündel zu ermitteln. Aus einem dieser Bündel wurde das Tradition-Öko-Szenario entworfen und dazu ein kontrastierendes Szenario, das wir als „Technik-Energie-Szenario“ bezeichneten (Abbildung 5).

3.5 Phase 5: Storyline des Trendszenarios

Als Beispiel für die Ausformulierung der Storyline und für die kartographische Lokalisierung des Nutzungswandels, werden hier die Ergebnisse des Trendszenarios dargestellt. Es wurde gemeinsam mit unterschiedlichen hauptberuflichen und ehrenamtlichen Akteuren aus dem Bereich Planung, Naturschutz und Bildung des Landkreises

Görlitz in einem Workshop entwickelt und durch weiterführende Recherchen (Trendanalyse) ergänzt.

Auszugsweise sollen hier zur ersten Schlüssel-Triebkraft – die Aussagen zu den Lebensstilen wiedergegeben werden. Quantifizierbare und in einer Karte lokalisierbare Entwicklungen werden anhand einiger wesentlicher Indikatoren der drei Szenarien in Tabelle 3 zusammenfassend beschrieben.

Kulturelle und Gesellschaftliche Werte: Lebensstile (Traditionen, Regionale Identität)

„Die demografische und wirtschaftliche Entwicklung führt hinsichtlich der Beschäftigungs-, Einkommens- sowie sozialer Verhältnisse zu einer weiteren Segregation der Bevölkerung. Es wandern auch weiterhin gut ausgebildete, überwiegend weibliche, junge Menschen aus dem Landkreis ab. Dies führt in allen Altersgruppen im Zeitraum bis 2050 zum Verlust von kompetenten und engagierten Einwohnern, die sich mit der Region identifizieren

und somit die regionale Entwicklung stärken könnten. Zunehmend leben ältere Menschen im Landkreis. Die Abhängigkeit von Technik sowie Energie nimmt dennoch zu, denn das Vertrauen, viele Dinge des Alltags mit Technik lösen zu können, setzt sich mit dem Generationswechsel generell durch. Dies geht einher mit einer globalen Verknappung bestimmter Rohstoffe, wie z. B. Kupfer und führt damit zu einer drastischen Erhöhung der Marktpreise.

Der Besitz von Handy und Computern wird für alle Generationen zur Normalität. Der Einfluss der Medien, die bewusste Filterung von Informationen aus der Flut täglicher Ereignisse, führt zu einer zunehmenden Manipulation unkritischer Bevölkerungsgruppen. Die Verbundenheit zur Natur und

die Kenntnisse verschiedener natürlicher Prozesse gehen zurück, da die Zusammenhänge weniger reflektiert werden. In den Landkreis, der durch seine Vielfalt an Naturräumen und kulturellen Besonderheiten stärker an Attraktivität gewinnt, reisen immer mehr Touristen. Gut gebildete Rentner ziehen in die Stadt Görlitz, da dort die Mieten günstig sind und altersgerechte Infrastrukturen entstehen. Diese Bewohner bringen sich in das soziale Leben ein und stärken dieses durch ihre ehrenamtlichen Tätigkeiten. Die Kommunen sind jedoch finanziell immer weniger in der Lage, kulturelle und soziale Infrastrukturen zu unterstützen.

Tabelle 3: Darstellung der Szenarien sowie die aus den STK abgeleiteten Indikatoren

SCHLÜSSELTRIEBKRAFT	TRENDSZENARIO		ALTERNATIVSZENARIEN			
			Tradition-Öko		Technik-Energie	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Lebensstile (Traditionen, Regionale Identität)						
Nachfrage BIO-Lebensmittel	↗	↗	↗	↗	→	→
Technisierung des Alltags	↗	↗	↘	↘	↑	↑
Landwirtschaft						
ökologische Landwirtschaft	6%	10%	50%	100%	5%	5%
ökologische Vorrangflächen	7%	10%	7%	10%	4%	4%
Anbau Biomasse	↗	↗	→	→	↑	↑
Forstwirtschaft						
Anteil Waldfläche	35,7%	36,5%	36,5%	38%	35,5%	35,5%
Bergbau						
Fördermenge Braunkohle	→	↘	↘	↘	↗	↑
Fördermenge Kupfer	↗	↘	0	0	↑	↑
Erneuerbare Energien						
Anteil EE an Strommix	58%	71%	65%	100%	40 %	50 %
Wirtschaftliche Entwicklung						
Ansiedlung KMU	↘	↘	→	→	↗	↗

EE - Erneuerbare Energien, KMU - kleine und mittlere Unternehmen

Vereinzelt ziehen auch junge Familien in den Landkreis und abgewanderte junge Menschen kommen wieder zurück, da Immobilien hier günstiger sind oder die Verbundenheit mit der alten Heimat den Ausschlag gibt. Dazu werden auch unsichere Einkommensverhältnisse in Kauf genommen, das Interesse am Leben in dieser Region überwiegt. Dies führt in einigen ländlichen Gegenden zum Erhalt der Nebenerwerbslandwirtschaft, die einen Beitrag zur Pflege und zum Erhalt der Kulturlandschaft leistet.

Die Verknappung natürlicher Ressourcen und zunehmende Umweltprobleme (Trockenheiten, Hochwässer, Bodendegradation, Epidemien) führen zu stärkeren politischen Reglementierungen, was die Art und Intensität einzelner Landnutzungen betrifft. Das Bewusstsein für ökologisch erzeugte Nahrungsmittel und die Forderung nach Transparenz in der Nahrungsgüterwirtschaft ist nach weiteren Lebensmittel-Skandalen gestiegen und führt zu einem Wandel in der landwirtschaftlichen Produktion. Eine stärkere Orientierung am Erhalt ökologischer Funktionen führt zu einer Verringerung

von Nährstoffeinträgen in die Gewässer und zur Verbesserung des Bodenschutzes.

Der weitere Abbau von Kohle und Kupfer wird in der Bevölkerung der Region trotz seiner Umweltauswirkungen zunächst akzeptiert, da sonst Beschäftigungsalternativen fehlen. Mit der Erweiterung des Tagebaus Nochten wird die Laufzeit des Kraftwerks Boxberg bis 2050 gesichert. Eine Erschließung weiterer Tagebaue wird nicht erfolgen, weil der Rückhalt in der Bevölkerung dafür nicht mehr gegeben ist.“

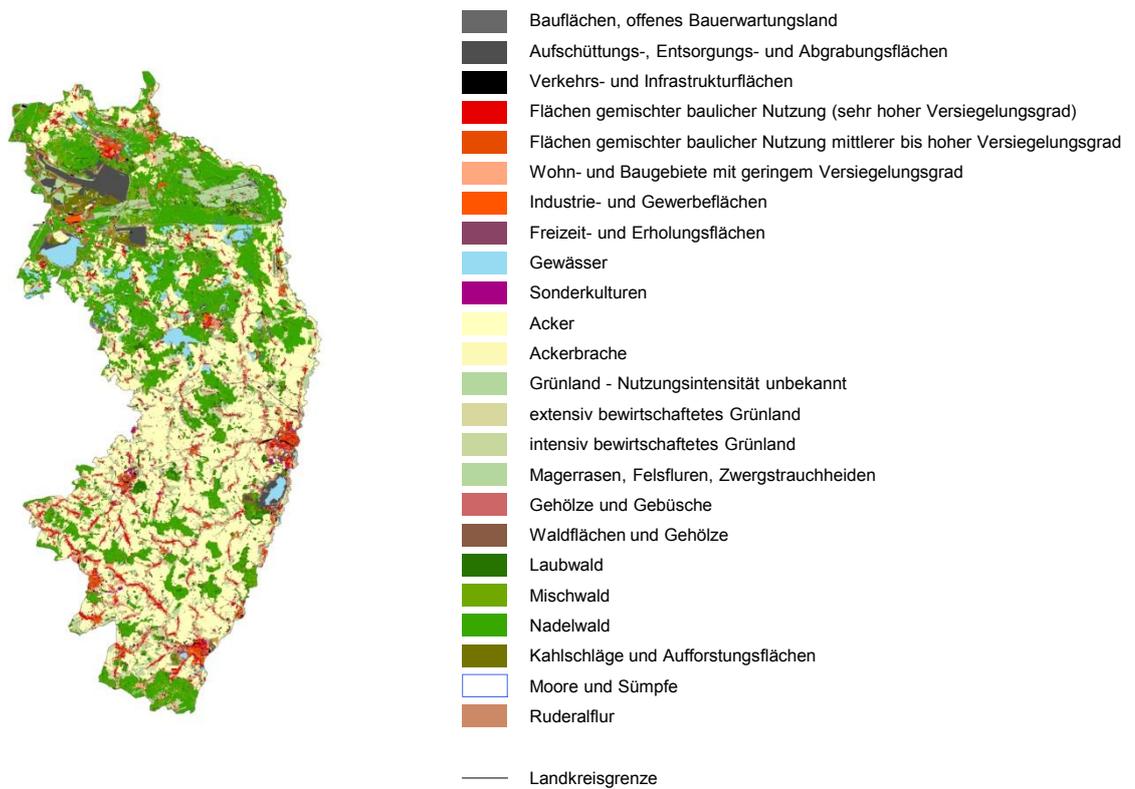
Mit Hilfe des LUMO und unter Verwendung der Ergebnisse der Cross-Impact-Analyse erfolgte die Ausweisung des Nutzungswandels auf konkreten Flächen bzw. in bestimmten Regionen. In Tabelle 4 sind jene Nutzungskategorien dargestellt, für die in den Szenarien Veränderungen erwartet werden. In Abbildung 6 ist das Ergebnis der Modellierung für das Trendszenario dargestellt. Eine Animation aller Szenarien wird in Abbildung 7 dargestellt.

Tabelle 4: Darstellung der flächenhaften, lokalisierbaren Nutzungsänderungen in den Szenarien

Umwandlung von (Zeile) in (Spalte)*	Acker	Grünland	Wald	ökologische Vorrangflächen	Wasser	Tagebau	Windkraftanlagen	Brachen
Acker		+	+	+	-	+	+	+
Grünland	-		+	+	+	+	+	-
Wald	-	-		-	-	+	-	-
ökologische Vorrangflächen	-	+	+		-	+	-	+
Wasser	-	-	-	+		-	-	-
Tagebau	+	+	+	+	+		+	+
Windkraftanlagen	+	-	-	-	-	-		+
Brachen	+	+	+	+	-	+		

*Erläuterung: Erwartet werden z. B. Umwandlungen von Acker in Grünland im Zusammenhang mit Greening-Maßnahmen nach der GAP 2014; die umgekehrte Dynamik, nämlich Grünland-Umbruch zu Acker ist jedoch nach EU- und Landesrecht untersagt.

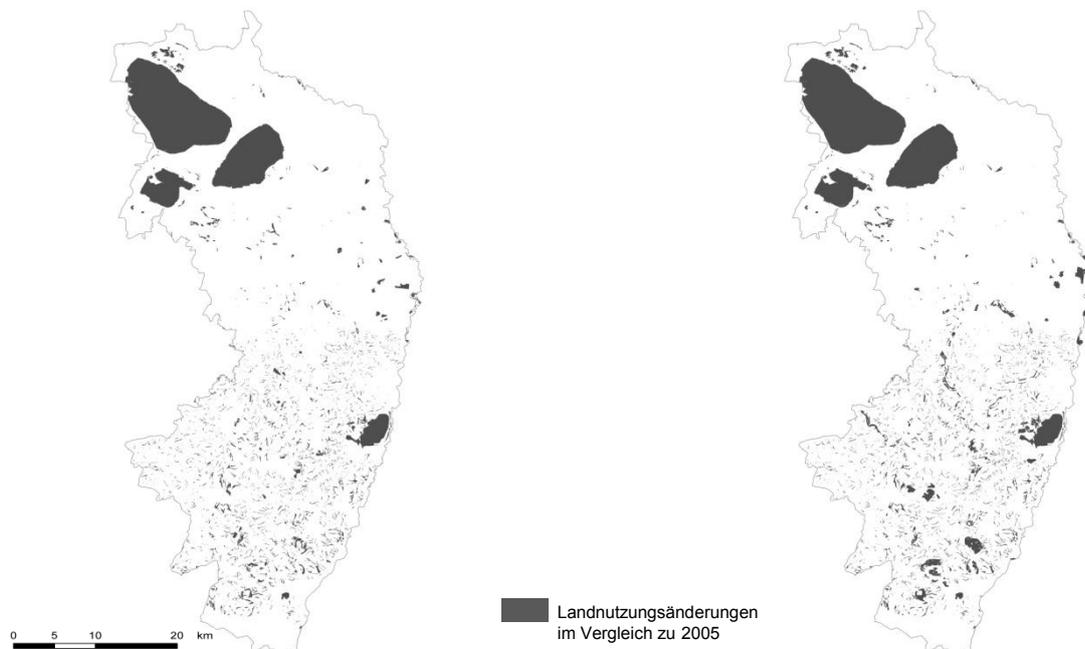
Landnutzung 2005



Trendszenario

2030

2050



Daten:

- ATKIS VG 250 (2008): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.
- Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Sachsen (2005): Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Karte: M. Rosenberg 2012.



Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

Abbildung 6: Ist-Zustand der Landnutzung 2005 und Trendszenario 2030 sowie 2050

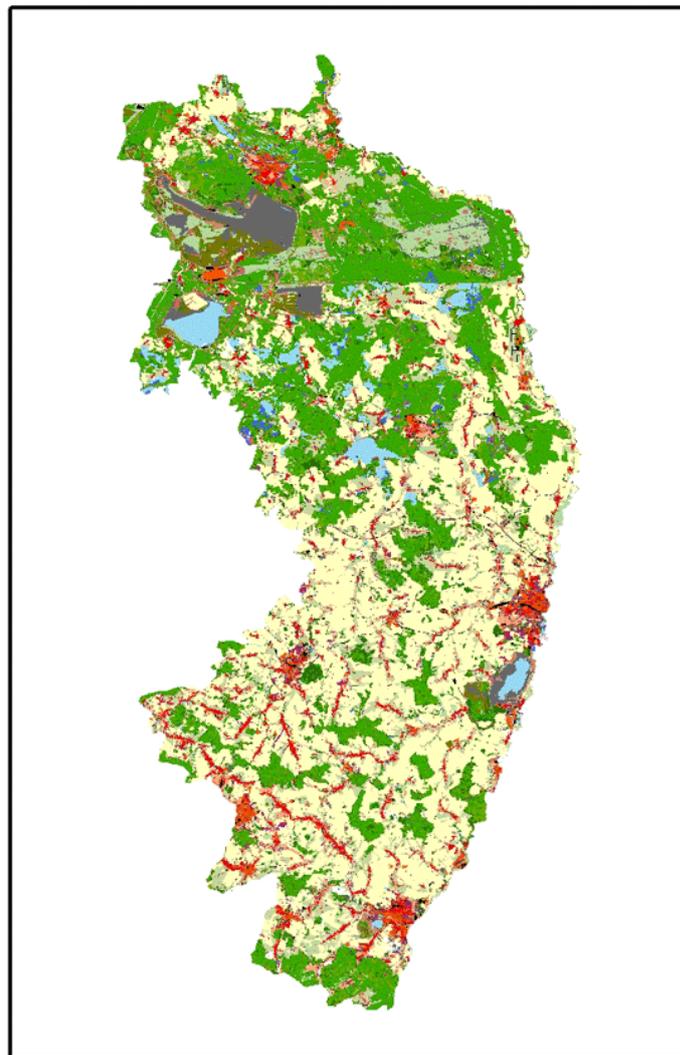
Zustand 2005

Szenariokarte

Landnutzung



25 Km



Quellen: LfULG (BTLNK); eigene Daten



Abbildung 7: Darstellung der Ist-Situation (2005) und der drei Szenarien; Datenquelle: Flächendeckende Biotoptypen- und Landnutzungskartierung von Sachsen (LfULG)
 Bearbeitung: M. Rosenberg

3.6 Phase 6: Bewertung der Szenarien

Anhand der in den Szenarien formulierten qualitativen und quantitativen Veränderungen im Landkreis Görlitz erfolgt eine Bewertung des Landschaftswandels nach den in Phase 2 ausgewählten ÖSD. Dies ermöglicht den Wertevergleich der Szenarien mit dem Ausgangszustand und untereinander (Holfeld et al. 2012). Im Folgenden werden nur die Veränderungen der Nutzungen am Beispiel des Trendszenarios dargestellt.

Auf den Bergbauflächen werden Rekultivierungsmaßnahmen durch die Fortführung des Tagebaubetriebes ausgeglichen. Eine Waldmehrung im Umfang von 2 % bis 2050 betrifft vor allem die stark erosionsgefährdeten Steillagen. Durch die Forderung der GAP, ab 2014 den Anteil ökologischer Vorrangflächen auf 7 % (2030) bzw. 10 % (2050) zu erhöhen, wird die Ackernutzung in den Tiefenlinien, Steillagen sowie in ausgewählten Kernflächen und Korridoren der Biotopverbundplanung Sachsens aufgegeben. Diese Flächen werden danach durch

Dauergrünland, die Anpflanzung von Hecken oder Gehölzen genutzt oder fallen brach.

Regenerative Energien tragen im Jahr 2030 bereits zu 58 % und bis 2050 zu 71 % zur Stromerzeugung bei (Prognos AG 2011). Dies wird vor allem durch den Ausbau von Windkraft- und Biogasanlagen ermöglicht. Insgesamt dürfte die Zahl der Windkraftanlagen im Landkreis Görlitz von 123 im Jahr 2010 (installierte Leistung: 180 MW) auf etwa 112 im Jahr 2030 (installierte Leistung: 260 MW) und auf ca. 80 im Jahr 2050 (installierte Leistung: 350 MW) zurück gehen, wobei die installierte Leistung aufgrund des Repowerings zunimmt. Im Jahr 2030 könnten somit ca. 550 GWh und 2050 etwa 720 GWh pro Jahr an Windstrom produziert werden. Auch die Anzahl der Biogasanlagen wird sich erhöhen, deren Zuwachs verlangsamt sich jedoch mit zunehmender Flächenkonkurrenz und mit den langsam ausgeschöpften Wirtschaftsdüngern und Abfällen. Hinzu kommen vor allem kleinere Anlagen bis 750 kW_{el} mit Kraft-Wärme-Kopplung. Bis 2030 wird angenommen, dass etwa 60 Biogasanlagen am Netz sind. Darüber hinaus können noch 3 bis 5 größere Biomethan-Einspeisungsanlagen auf Basis halmgutartiger Substrate mit Reststoffnutzung mit einer Leistung zwischen 2 und 5 MW errichtet werden.

Neben dem unvermeidlichen Verlust an Biodiversität durch den Abbau von Kohle und intensivierten Ackerbau kommt es insgesamt zur Verbesserung ökologischer Funktionen durch Maßnahmen der Strukturanreicherung und Flächenstilllegung.

3.7 Phase 7: Kommunikation und Partizipation

Unter Einbeziehung verschiedener Partizipationsmethoden (Syrbe et al. 2013) erarbeiteten wichtige Akteure des Landkreises in mehreren Workshops zusammen mit den Experten des Projektteams das Trendszenario. Bei der Auswahl der Teilnehmer wurde Wert auf einen breiten thematischen Hintergrund gelegt, der für das gewählte Kernthema der „Biologischen Vielfalt“ passend ist. Die Alternativszenarien und die GIS-technische Lokalisierung des Nutzungswandels wurden durch das Projektteam erarbeitet. Wie die Szenario-Übungen zeigten, ist die Methodik für die Entwicklung

von Landschaftsszenarien mit integrierter Bewertung von ÖSD unter Einbeziehung kleinerer Expertenrunden wie auch einer größeren Anzahl von Stakeholdern geeignet. Zudem bleibt sie offen für die Betrachtung unterschiedlicher Kernthemen, Triebkräfte der Landschaftsentwicklung und ÖSD-Bewertungen.

4 Diskussion

Für die Betrachtung des Landschaftswandels ist es wegen der Vielzahl von direkten und indirekten Einflussgrößen notwendig, sich mit einem multikausalen Netzwerken an Treibern auseinanderzusetzen, um jene Faktoren zu ermitteln, die für das gewählte Kernthema von größter Bedeutung sind Höchtl et al. (2006), Klijn (2004). Nassauer et al. (2002) begannen die Identifikation und Abstimmung der Triebkräfte sogar Internet-basiert vor Beginn der eigentlichen Workshops. Eine solche Vor-Abstimmung bewährte sich auch in der vorliegenden Studie, allerdings nicht mit Listservs, sondern durch die mit der Einladung versandten Fragebögen.

Im Anwendungsbeispiel zur Bewertung der Auswirkung von Landschaftsszenarien auf die biologische Vielfalt sind neben direkten Triebkräften, wie Klimawandel und Nutzungsintensität auch indirekte Treiber, wie der demographische Wandel sowie kulturelle, wirtschaftliche und sozialpolitische Faktoren berücksichtigt worden, die laut MA (2005) verantwortliche Größen im Hinblick auf den Wandel von Biodiversität und Ökosystemen sind (vgl. auch BMU 2007). Santelmann et al. (2004) leiten ihr Biodiversitätsszenario vor allem aus Landnutzung und Forstpolitik ab, während bei Nelson et al. (2009) die demographische Entwicklung hinzukommt. Die GEO-Szenarien (UNEP 2007) beziehen hierzu noch den gesellschaftlichen Wertewandel und wissenschaftlich-technische Innovationen ein. Gehen zu viele Faktoren als Schlüssel-Triebkräfte in die Entwicklung der Szenarien ein, erhöht sich nicht nur der Arbeitsaufwand beträchtlich, sondern es wird auch die Übersicht und Kommunizierbarkeit der Szenarien verhindert. Im vorgestellten

Anwendungsbeispiel beschränkten sich die Autoren daher auf die vier wichtigsten STK für das gewählte Kernthema.

Bei der Szenario-Entwicklung von Anfang an partizipativ vorzugehen wird u.a. von Albert (2009) gefordert. Das würde bedeuten, Stakeholder in alle Szenario-Schritte zu integrieren und dabei nach Akteursgruppen zu unterscheiden. Eine Folge wäre, dass man die Anzahl an Schlüssel-Triebkräften möglichst gering halten muss. Also bearbeiten die meisten partizipativen Ansätze eine geringere Zahl von Schlüssel-Triebkräften, nämlich meist 2 bis 3 (Rotmans et al. 2000). Dagegen sind in modellbasierten Expertenszenarien 5 bis 6 STK nicht unüblich. Man kann sich allerdings auch vom Konzept der Schlüssel-Triebkräfte entfernen, wenn man z. B. die Richtung der Szenarien durch die Auswahl der Akteure bestimmt, wie beispielsweise bei Hulse et al. (2004).

Die partizipative Entwicklung von Szenarien verschiedenen Stakeholder, mit deren unterschiedlichen fachlichen Hintergründen und Erfahrungen mit Szenarioübungen ist ein zeit- und arbeitsaufwendiger Prozess. Die Szenarioentwicklung gewinnt, wie auch andere Untersuchungen zeigen (Reed 2008), aber durch die besseren regionalen und lokalen Kenntnisse der Teilnehmer an Informationen. Die Teilnahme der Autoren an zwei weiteren Szenarioübungen (Demuth et al. 2010, Priess & Hauck 2011) außerhalb des Projektes haben gezeigt, wie schwierig es für die Teilnehmer oft ist, frei und unabhängig vom Trend, Szenarien zu entwickeln bzw. sich über Wildcards auszutauschen. Dies resultiert aus den einzelnen fachlichen Hintergründen der Teilnehmer sowie ihrer Diskussionsbreitschaft. Für die Entwicklung von Szenarien ist es daher notwendig, eine Schulung der Teilnehmer hinsichtlich der Entwicklung von Szenarien vorzunehmen. Da die Zeit für mehrtägige Workshops fehlte, wurde im Anwendungsbeispiel daher gemeinsam mit den Stakeholdern nur das Trendszenario entwickelt. Im Projektteam erfolgte die Entwicklung der Alternativszenarien.

Kaum explizit bearbeitet wurde bisher die Frage der räumlichen Konkretisierung von Szenarien. Verburg et al. (2010) wählten hierfür eine regionale Clusterung der Landkreise Europas, in partizipativen Projekten wurden auch die Stakeholder einbezogen (z.B. Hulse et al. 2004). Ein Regelwerk zur Verräumlichung nutzte Fritsch (2002). Das eigene Regelwerk zur Ableitung künftiger Landnutzungsstrukturen (LUMO) wurde zunächst auf das Trendszenario angewendet, später auch auf die Alternativszenarien. Hierbei zeigte sich, dass vor allem die Cross-Impact-Analyse von Bedeutung ist, da etliche Flächen häufig Potenziale für unterschiedliche Folgenutzungen aufweisen (z. B. Waldmehrung, ökologische Vorrangflächen). Dies hat wiederum Auswirkungen auf einzelne Ökosystemdienstleistungen, da Art und Struktur der Landnutzung die Entwicklung der Ökosysteme und deren Artenausstattung (Michel & Walz 2012) entscheidend beeinflussen (Spangenberg 2007). Dabei ist es wichtig, im Expertenteam die Prioritäten der Folgenutzung zu diskutieren und die Auswahlkriterien festzulegen. Oft werden einzelne Nutzungskategorien bzw. Sektoren, wie die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen, der Wald- oder Agrarflächen einzeln betrachtet und modelliert. Der hier vorgestellte Ansatz kombiniert jedoch die drei Sektoren unter Berücksichtigung der konkurrierenden Nutzungspotenziale, um einerseits alle flächenwirksamen Flächennutzungsänderungen sowie die Vielfalt der Nutzungsansprüche abzubilden.

Für die Bewertung von ÖSD ist es notwendig, quantifizierbare Indikatoren zu finden und dafür Daten in ausreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung bereitzustellen, die eine Basis für die Allokation des Nutzungswandels und die Modellierung verschiedener ÖSD bieten. Diese Daten können jedoch nicht immer in ausreichender Qualität bereitgestellt werden (Holfeld et al. 2012). Daher wurden im vorgestellten Anwendungsbeispiel nur solche ÖSD betrachtet bzw. Bewertungsmethoden wie InVest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) (Holfeld & Rosenberg 2012) gewählt, die sich auf Basis der vorliegenden Daten sicher parametrisieren ließen.

5 Schlussfolgerungen

Die vorgestellte Methodik wurde im Projekt „Landschaft Sachsen 2050“ entwickelt und erprobt und wird inzwischen in weiteren Projekten mit Szenario-Aufgaben angewendet. Nach einer intensiven einführenden Erläuterung der Szenario-Methodik, diskutierten die Teilnehmer auf den Workshops sehr zielorientiert, sodass auch schwierige Fragen wie etwa nach den räumlichen Auswirkungen gut bewältigt wurden. Im Beispielsgebiet brachten die Szenario-Veranstaltungen Akteure aus sehr unterschiedlichen Fachbereichen zusammen, dadurch konnten fachübergreifende Vorstellungen zur Landschaftsentwicklung und unkonventionelle Strategien ausgetauscht werden.

Für die Entwicklung der Szenarien erwies sich eine präzise Definition der Triebkräfte als essentiell. Durch die Betrachtung ganzer Themenbereiche hingegen, wie z. B. die Entwicklung der Sektoren Energiewirtschaft und Bergbau, wurde die weitere exakte Bearbeitung verbaut. Die Erfahrungen des Projektes zeigen, dass mehr als vier Schlüsseltriebkkräfte keinesfalls zu empfehlen sind und letztlich nur zwei oder höchstens drei wirklich sinnvoll unterschieden bzw. in ihren Wechselwirkungen betrachtet werden können. Generell reduziert sich der zeitliche Aufwand der Erstellung der Szenarien mit der Anzahl der TK, den einbezogenen Stakeholdern und dem inhaltlichen Umfang des Kernthemas.

Die Integration der ÖSD hat der Szenario-Technik neue Aspekte gebracht, allerdings das Verfahren auch in seiner Komplexität erhöht. An Vereinfachungsschritten muss also noch gearbeitet werden. Diese können sich aus Anwendungstests in anderen Regionen und zu alternativen Kernthemen ergeben. Momentan wird eine Visualisierungsmöglichkeit (Landschaftsbarometer) getestet, die geeignet sein soll, die Bewertungen der ÖSD der einzelnen Szenarien aufzuzeigen und einem breiten Publikum verständlich darzustellen. Eine Operationalisierung des Regelwerks zur Verräumlichung des Nutzungswandels ist in Form einer GIS-Erweiterung angedacht.

6 Danksagung

Wir danken dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst für die Förderung des Projektes „Landschaft Sachsen 2050“ und allen, die diese Publikation ermöglicht haben. Herzlicher Dank gebührt darüber hinaus den weiteren Mitarbeitern des Projektteams, die diese Publikation durch Hinweise und Ideen unterstützt haben.

Literatur

- Albert, C. 2009. Scenarios for Sustainable Landscape Development – A Comparative Analysis of Six Case Studies. In 7th International Science Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change.
- Alcamo, J. (ed.) 2008. Environmental Futures: The Practice of environmental scenario analysis., Elsevier, Amsterdam-Boston.
- Antrop, M. 2005. Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), 21–34.
- Armstrong, J.S. (ed.) 2002. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners. Springer, Netherlands.
- Bastian, O., Grunewald, K. & R.-U. Syrbe 2012. Space and time aspects of ecosystem services, using the example of the EU Water Framework Directive. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 8 (1-2), 5-16.
- Bastian, O., Haase, D. & K. Grunewald 2011. Ecosystem properties, potentials and services – The EPPS conceptual framework and an urban application example. *Ecological Indicators* 21, 7-16.

- Bastian, O., Syrbe, R.-U., Rosenberg, M., Rahe, D. & K. Grunewald 2013: The five pillar EPPS framework for quantifying, mapping and managing ecosystem services. *Ecosystem Services* 4, 15-24.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2007. Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Berlin.
- Bork, H.-R. & K. Müller 2002. Landschaftswandel von 500 bis 2500 n. Chr. In: *Offenhaltung der Landschaft. Hohenheimer Umwelttagung. Stuttgart, Günter Heimbach Verlag*, S. 11–26.
- Carpenter, S.R., Bennett, E.M. & G.D. Peterson, 2006. Editorial: Special Feature on Scenarios for Ecosystem Services. *Ecology and Society*, 11 (2) (32).
- Costanza, R. & H.E. Daly 1992. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology* 6 (1), 37-46.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A. & R.M.J. Boumans 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 (3), 393-408.
- Demuth, B., Heiland, S., Wojtkiewicz, W., Wiersbinski, N. & P. Finck 2010. Landschaften in Deutschland 2030- Der große Wandel, BfN-Skripte 284.
- Dörr, H. 2005. Die Zukunft der Landschaft in Mitteleuropa: Verantwortung für die Kulturlandschaft im 21. Jahrhundert; Delphi-Umfrage 2002, Arp-Planning. Consulting Research, Wien.
- Dunlop, M., Turner, G., Foran, B. & F. Poldy 2002. Decision points for land and water futures. - Resource Futures Program Working Document 2002/08. Canberra, Australia.
- EEG - Erneuerbare-Energien-Gesetz 2008. Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 69 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist.
- Europäische Kommission 2012. Die Gemeinsame Agrarpolitik nach 2013.
- Fidalgo, B. & L. Pinto 2005. Linking landscape functions and preferences in forest landscapes - A tool for scenario building and evaluation. In: Lange, E. & D. Miller (eds.): *Proceedings of Our Shared Landscape Integrating Ecological, Socio-Economic and Aesthetic Aspects in Landscape Planning and Management*. Ascona, Switzerland.
- Fritsch, U. 2002. Entwicklung von Landnutzungs-szenarien für landschaftsökologische Fragestellungen. Dissertation, Potsdam.
- Gausemeier, J., Fink, A. & O. Schlake 1996. Szenario-Management: Planen und Führen nach Szenarien. 2. bearb. Aufl., Carl Hanser Verlag, München, Wien.
- Gausemeier, J., Plass, C. & C. Wenzelmann 2009. Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Carl Hanser Verlag München.
- Haase, D., Walz, U., Neubert, M. & M. Rosenberg 2007. Changes to Central European landscapes - Analysing historical maps to approach current environmental issues, examples from Saxony, Central Germany. *Land Use Policy* 24, 248-263.
- Holfeld, M., Stein, C., Rosenberg, M., Syrbe, R.-U. & U. Walz 2012. Entwicklung eines Landschaftsbarometers zur Visualisierung von Ökosystemdienstleistungen. AGIT Tagungsband 2012.
- Holfeld, M. & M. Rosenberg 2012. Anwendung von Modulen des ÖSD-Modells InVEST. In: Grunewald, K. & O. Bastian (eds.) *Ökosystemdienstleistungen - Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Springer Akademie Verlag.

- Höchtl, F., Bieling, C. & W. Konold 2006. Waldzunahmen versus Offenhaltung der Landschaft - Raum-Zeit-Prozesse, ökologische Auswirkungen, politische Lösungsansätze. Zwischenbericht über das Jahr 2006.
- Hulse, D.W., Branscomb, A. & S.G. Payne 2004. Envisioning alternatives: Using citizen guidance to map future land and water use. *Ecological Applications*, 14(2), 325–341.
- Jessel, B. 2000. Von der „Vorhersage“ zum Erkenntnisgewinn. Aufgaben und Leistungsfähigkeit von Prognosen in der Umweltplanung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 32(7), 197–203.
- Kahn, H. & A.J. Wiener 1984. *Ihr werdet es erleben. Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahre 2000.*, Rowohlt TB-V.
- Klijn, J.A. 2004. Driving forces behind landscape transformation in Europe, from a conceptual approach to policy options. In *The New Dimensions of the European Landscapes*. S. 267.
- Kosow, H. & R. Gaßner 2008. *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien*, Werkstattbericht Nr. 103, Berlin: IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- Liu, J., Zhou, H., Qin, P., Zhou, J. & G. Wang 2009. Comparisons of ecosystem services among three conversion systems in Yancheng National Nature Reserve. *Ecological Engineering*, 35(5), 609–629.
- MA 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*.
- Meadows, D.L., Meadows, D.H. & E. Zahn 1972. *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, Deutsche Verlags-Anstalt.
- Michel, E. & U. Walz 2012. Landschaftsstruktur und Artenvielfalt - art- und lebensraumspezifische Untersuchungen am Fallbeispiel der Bodenbrüter. In: Strobl, J., Blaschke, T. & G. Griesebner (eds.): *Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann-Verlag 770-779.
- Nassauer, J.I. & R.C. Corry 2004. Using normative scenarios in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 19(4), 343–356.
- Nassauer, J.I., Corry, R.C. & R.M. Cruse 2002. The Landscape in 2025: Alternative future landscape scenarios: A means to consider agricultural policy. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(2), 44A–53A.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, R., Chan, K., Daily, G., Goldstein, J., Kareiva, P., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. & R. Shaw 2009. Modelling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 4–11.
- Oppermann, B. 2008. Zur Kunst der Landschaftsvorhersage. Gedanken anlässlich des FLL-Fachforums zum Thema Zukunftslandschaften. *Stadt+Grün*, (8), 35–38.
- Pachauri, R.K. & A. Reisinger 2008. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva.
- Pijanowski, B.C., Brown, D. G., Shellito, B. A. & G.A. Manik 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems* 26(6), 553–575.
- Priess, J. & J. Hauck 2011. *Szenarien für nachhaltige Landnutzung in Mitteldeutschland*. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig.

- Prognos AG 2011. Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland. Kurzfassung der Studie, Berlin.
- Reed, M.S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141(10), 2417–2431.
- von Reibnitz, U. 1991. Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Regionaler Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien 2010. Regionalplan Region Oberlausitz-Niederschlesien - Erste Gesamtfortschreibung gemäß § 6 Absatz 5 SächsLPlG, Bautzen.
- Rotmans, J., van Asselt, M., Anastasi, C., Greeuw, S., Mellors, J., Peters, S., Rothman, D. & N. Rijkens 2000. Visions for a Sustainable Europe. *Futures*, 32(9-10), 809–831.
- Santelmann, M.V., White, D., Freemark, K., Nassauer, J.I., Eilers, J.M., Vaché, K.B., Danielson, B.J., Corry, R.C., Clark, M.E., Polasky, S., Cruse, R.M., Sifneos, J., Rustigian, H., Coiner, C., Wu, J. & D. Debinski 2004. Assessing alternative futures for agriculture in Iowa, U.S.A.. *Landscape Ecology* 19(4), 357–374.
- Seppelt, R. & A. Holzkämper 2007. Multifunctional use of landscape services. Applications and results of optimization techniques of land use scenario development. In: *Proceedings 7. IALE World Congress*. Wageningen.
- SMUL - Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft 1992. Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 1992/1993.
- SMUL - Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft 2005. Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 2005.
- Spangenberg, J.H. 2007. Biodiversity pressure and the driving forces behind. *Ecological Economics*, 61(1), 146–158.
- Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2011. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung.
- Steinitz, C., Bassett, H., Flaxman M., Goode, T., Maddock, T. Mouat, D., Peiser, R. & A. Shearer. 2003. *Alternative Futures for Changing Landscapes*, Island Press.
- Syrbe R.-U., Rosenberg, M. & J. Vowinckel 2013. Szenarioentwicklung und partizipative Verfahren. In: Grunewald, K. & O. Bastian (eds.) *Ökosystemdienstleistungen - Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Springer Akademie Verlag, 110-119.
- TEEB 2009. TEEB For Policymakers. *The Economics of Ecosystems & Biodiversity*. TEEB DE (2013). http://www.teebweb.org/wp_content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/Synthesis_German.pdf
- UNEP 2007. GEO-4 - Global Environment Outlook, United Nations Environment Programme (UNEP).
- UNEP 2011. Keeping Track of Our Changing Environment: From Rio to Rio+20. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme (UNEP).
- Verburg, P., van Berkel, D., van Doorn, A., van Eupen, M. & H. van den Heiligenberg 2010. Trajectories of land use change in Europe: a model-based exploration of rural futures. *Landscape Ecology*, 25(2), 217–232.
- Walz, A., Lardelli, C., Behrendt, H., Grêt-Regamie, A., Lundström, C., Kytzia, S. & P. Bebi 2007. Participatory scenario analysis for integrated regional modelling. *Landscape and Urban Planning* 81(1-2), 114–131.
- Zebisch, M. 2004. Modellierung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf Landschaftsmuster und Biodiversität. Dissertation, TU-Berlin.