

Vorlesung: GEO 404 «Angewandte Geoinformatik»  
Leitung: Dr. C. Fürst

Ableitung von Landnutzungsszenarien am Beispiel der  
Planungsregion Oberes Elbtal/ Osterzgebirge

-Hausarbeit-

vorgelegt von:  
Martin Schultze  
Studiengang: MSc Geoinformatik  
Semester: 4/4  
Matrikelnummer: 106170  
Wiesenstraße 18b  
07749 Jena

E-Mail: [martin.schultze@uni-jena.de](mailto:martin.schultze@uni-jena.de)

Abgabe: 15.05.2013

## **Inhalt**

|   |    |
|---|----|
| <b>Abbildungen und Tabellen</b> .....                 |    |
| <b>1 Einleitung</b> .....                             | 1  |
| <b>2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes</b> ..... | 2  |
| 2.1 Naturschutz und Klimawandel .....                 | 3  |
| <b>3 Methodik und Modellhintergrund</b> .....         | 4  |
| 3.1 Ökosystemdienstleistungen.....                    | 4  |
| 3.1.1 Menschliches Wohlergehen.....                   | 6  |
| 3.1.2 Ästhetik .....                                  | 6  |
| 3.1.3 Ökologische Integrität.....                     | 7  |
| 3.1.4 Bereitstellung von Bioressourcen .....          | 7  |
| 3.1.5 Klimawandelfolgenminderung.....                 | 8  |
| 3.1.6 Regionale Ökonomie .....                        | 8  |
| 3.2 Landschaftsstrukturmaße .....                     | 9  |
| <b>4 Planungsalternativen und Ergebnisse</b> .....    | 9  |
| 4.1 Ist-Situation .....                               | 11 |
| 4.2 Waldmehrung .....                                 | 12 |
| 4.3 Ökonomie.....                                     | 13 |
| 4.4 Kurzumtriebsplantagen & Biotopverbund.....        | 14 |
| 4.5 Integriertes Szenario .....                       | 15 |
| <b>5 Diskussion</b> .....                             | 16 |
| <b>6 Zusammenfassung</b> .....                        | 17 |
| <b>Literatur</b> .....                                | 18 |
| Selbstständigkeitserklärung                           |    |

## Abbildungen

|   |    |
|---|----|
| Abb.1: Untersuchungsgebiet – Kachel 4/7.....                                      | 2  |
| Abb.2: Bewertungsschema.....  | 4  |
| Abb.3: Konzeptioneller Rahmen für die Analyse von Ökosystemdienstleistungen ..... | 5  |
| Abb.4: Ausgangssituation.....   | 11 |
| Abb.5: Waldmehrung.....   | 12 |
| Abb.6: Ökonomie Szenario.....   | 13 |
| Abb.7: Kurzumtriebsplantagen & Biotopverbund Szenario .....                       | 14 |
| Abb.8: Integriertes Szenario .....  | 16 |

## Tabellen

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Tab.1: Landschaftsstrukturmaße ..... | 9  |
| Tab.2: Bewertungsmatrix.....         | 10 |

## 1 Einleitung

Die wachsenden Nutzungsansprüche sowie die Beförderung gleicher Lebensverhältnisse aller Teilräume erfordern eine zunehmende Integration unterschiedlicher Landnutzungstypen für eine nachhaltige Entwicklung. Diesbezüglich koordiniert und definiert der Bund die Leitvorstellungen der Raumordnung und bildet entsprechend den politischen Handlungsrahmen der einzelnen Bundesländer (SMI 2004:6).

Von zentraler Bedeutung für den Freistaat Sachsen ist die Aufstellung und Fortschreibung von fachübergreifenden, überörtlichen und zusammenfassenden Entwicklungsplänen insgesamt (Landesentwicklungsplan) sowie für dessen Teilräume (Regionalplan) (SMI 2012:5). Mit dem ersten Entwurf und der rechtskräftigen Umsetzung des Landesentwicklungsplans von 1994 wurden Gebiete mit besonderen Entwicklungs- und Sanierungsaufgaben ausgewiesen. Neben den Bergbaufolgelandschaften waren explizit Waldschadensgebiete benannt, sodass eine Aufforstung von 30% der Landesfläche festgeschrieben wurde, derzeit aber bei 28,4% liegt (SMUL 2013:5). Angesichts des schleppenden Zuwachses besteht die Vermutung, dass die Waldmehrung dem der Erhaltung des vorhandenen Waldes gewichen ist. Wesentliche Aspekte sind zum einen die Flächenverfügbarkeit sowie die unterschiedlichen Interessen der einzelnen Akteure. Infolge der Erstaufforstung auf landwirtschaftlichen Standorten resultieren verstärkt Nutzungskonflikte zwischen den Planungsinstitutionen. Denn die forstliche Nutzung bietet gegenüber der Landwirtschaft nur geringfügige wirtschaftliche Vorteile, da letztere mit massiven Subventionen unterstützt wird (FÜRST 2011:40). Darüber hinaus bestehen große Mängel in der politischen Organisation zwischen der Landes- und Regionalplanung bis hin zu konkreten Flächenmaßnahmen. Zusätzlich verschärfen planungsdynamische Maßnahmen, die in kurzer Zeit einen Wechsel der Flächennutzungsart der Kulturlandschaften zur Folge haben, das gesetzte Aufforstungsziel zu erreichen. Ebenfalls kritisch zu betrachten ist der visierte Anbau nachwachsender Rohstoffe durch die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Kosten einer dauerhaften Bewaldung.

Im Rahmen der vorliegenden Belegarbeit werden unterschiedliche Landnutzungsformen unter Beachtung des Klimawandels und deren Folgen in mehreren Szenarien erarbeitet sowie miteinander verglichen. Auf Grundlage des Landschaftspotenzials wurde eine Bewertungsmatrix erstellt und in Abhängigkeit des Landnutzungstyps hinsichtlich der integrierten Ökosystemdienstleistungen bewertet. Mit Hilfe der webbasierten Software GISCAME können alternative Nutzungsarten einer Landschaft analysiert werden, um Handlungsempfehlungen für zukünftige Planungsvorhaben zu formulieren. Hierbei bietet das Werkzeug die Möglichkeit, Änderungen der Landnutzung anhand verschiedener Simulationen sowie die sich hieraus ergebenden Trends zu visualisieren und gegeneinander abzuwägen. Da die ökosystemaren Dienstleistungen oftmals durch die Ausdehnung, Form und Anlage der Landschaftselemente beeinflusst sind, beinhaltet die Software darüber hinaus zahlreiche Landschaftsstrukturmaße für deren Einschätzung.

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Nordöstlich der Landeshauptstadt Dresden erstreckt sich die Modellregion entlang der Verbreitzungszone der Lössbedeckung und ist größtenteils dem Westlausitzer Hügel- und Bergland zuzuschreiben (Abb.1). Geographisch grenzt der Naturraum an die Dresdener Elbtalweitung, dem Oberlausitzer Bergland sowie der Sächsischen Schweiz und der Großenhainer Pflege. Zugleich stellt das Westlausitzer Hügel- und Bergland den westlichsten Ausläufer des Sudetengebirgszuges da. Um das heterogene Landschaftsbild besser in seiner Einheitlichkeit zu charakterisieren gliedern MANNSFELD & RICHTER (1995:33) den Naturraum in fünf Teilregionen, wobei das Nordwest- sowie das Südwestlausitzer Hügelland von Bedeutung ist.

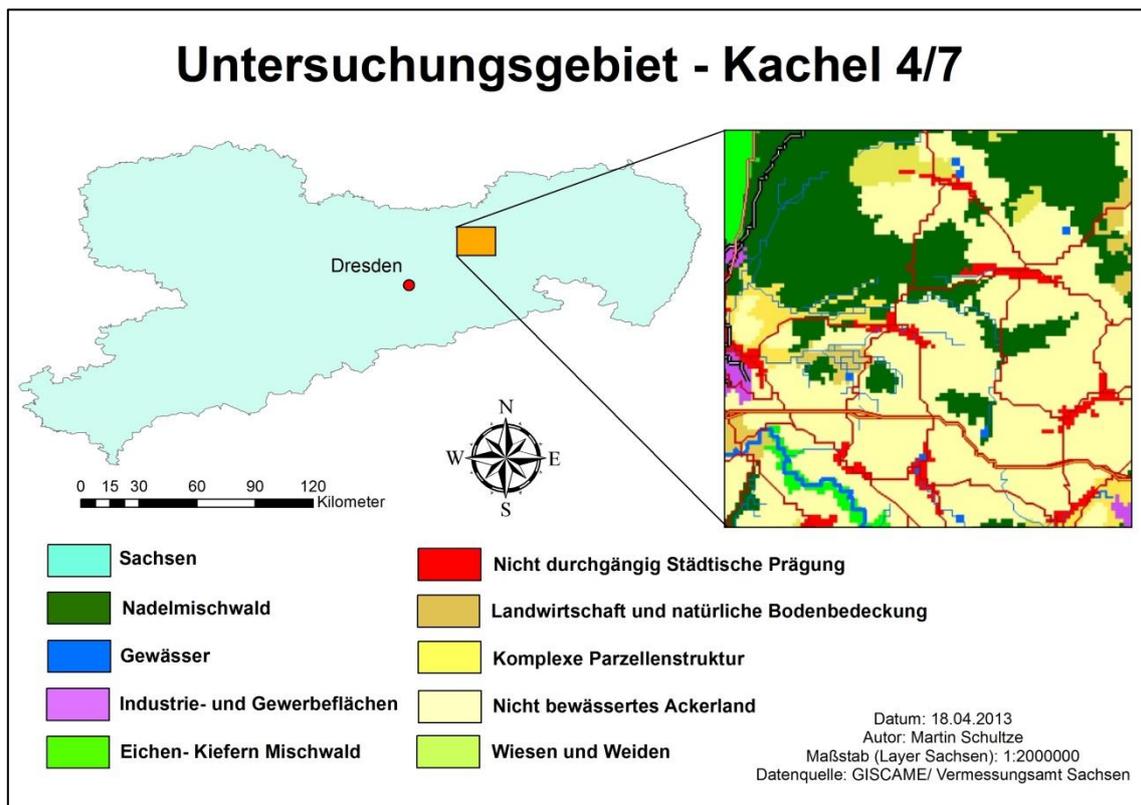


Abb.1: Untersuchungsgebiet – Kachel 4/7 (eigene Darstellung)

Hinsichtlich der Geologie durchragen Grundgebirgszüge stellenweise das Untersuchungsgebiet, sodass die Oberflächencharakteristik durch Hügel- und Kuppengebiete mit Höhen zwischen 250 bis 300m geprägt ist. Nur an den südlichen Randbereichen begrenzen Bergrücken als herausragende Landmarken mit bis zu 383m (Triebenberg) das Gebiet (MANNSFELD & SYRBE 2008:166). Des Weiteren prägen Granodiorite als auch Grauwacken den Gesteinsuntergrund. Die unterschiedliche Landschafts-genese steht im engen Zusammenhang mit den Erosionsvorgängen aus der Schmelzwasserbildung, sodass die flachwelligen Löss- und Schmelzwasserplatten durch steilhängige Kuppen aufgelöst werden (ebd.). Besonders die wechselnden Decksstrate aus Löss und/ oder Treibsande werden anhand des Wasserhaushalts sowie der bodenbildenden Prozesse sichtbar.

Morphologisch bestimmen weichselkaltzeitliche Transportbahnen die Sedimentbildung des Nordwestlausitzer Hügellands. In diesem Zusammenhang dominieren Braunerden und

Podsol – Braunerden die Bodenbildung. Ebenfalls sind aufgrund der pleistozänen Überformung Schmelzwasserkiese und Sande im Untersuchungsgebiet verbreitet. Gleichzeitig setzt in südlicher Richtung mit scharfer Grenze der Lösslehm ein, der bis zum Vorfeld der Sächsischen Schweiz eine Mächtigkeit von 5 bis 10m ausbildet (MANNSFELD & SYRBE 2008:167). Entsprechend sind im Südwestlausitzer Hügelland Parabraunerden als auch in den Muldenlagen Pseudogleye vorzufinden.

An diesem Grundmuster spiegelt sich die naturräumliche Nutzung wieder. So dominieren in lössbedeckten Gebieten sowie auf nicht von Staunässe betroffenen Standorten Waldungen. Großflächig treten in diesen Bereichen Fichten- und Kiefernforst als auch Bestände mit überwiegender Unterwuchs hervor (MANNSFELD & SYRBE 2008:165ff). Im Hinblick auf die Modellregion sind vorwiegend Nadelmischwälder und Eichen- Kiefern Mischwälder anzutreffen (Abb.1). Neben der forstlichen Nutzung dominiert das nicht bewässerte Ackerland. Dem gegenüber nehmen die restlichen Landnutzungstypen einen eher geringen Flächenanteil ein. Augenfällig ist nach MANNSFELD & SYRBE (2008:162f) das die Siedlungsstruktur im ländlichen Raum der Anlage von Reihendörfern folgte wie es an Großnaundorf, Höckendorf und Lomnitz sichtbar ist.

Das Klima im Untersuchungsgebiet ist maßgeblich durch die von Nordwest nach Südost verlaufenden Bergrücken geprägt. Entsprechend werden die Luftmassen aufgestaut und führen zu einem Richtung Osten stetigen Anstieg der Niederschlagssummen von 750mm auf bis zu 900mm. Andererseits sinkt die Jahresmitteltemperatur von 8,6° bis 9°C auf unter 7,5°C im Osten des Naturraums ab (MANNSFELD & SYRBE 2008:162).

## 2.1 Naturschutz und Klimawandel

In den letzten Dekaden hat sich gezeigt, dass der Natur- und Klimaschutz eng miteinander verbunden ist. Infolge des rasanten Klimawandels treten sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen in der Artenvielfalt auf. Den Vorhersagen nach werden sich die bestehenden Ökosysteme und Habitate gleich wie der darin vorkommenden Arten in höhere Gebirgslagen oder entlang von Feuchtegradienten verschieben (LEUSCHNER & SCHIPKA 2004:12ff). Gründe sind zum einen die Zunahme von extremen Witterungsbedingungen (Starkniederschläge) oder eine sinkende klimatische Wasserbilanz in den Sommerhalbjahren. Direkte Auswirkungen in der Lösshügellandschaft des Untersuchungsgebietes können zu verstärkten Erosions- und Stoffeinträgen führen (REGKLAM 2012:105). Hierbei sind die sich ändernden standörtlich klimatischen Bedingungen wie die Phänologie der Pflanzen oder die Hydrologie in der Modellregion kaum bzw. nur schwer absehbar.

Daneben beeinflussen die indirekten Folgen weitere Umweltbereiche und benötigen ebenfalls Schutzmaßnahmen als auch eine auf die Planungsregion abgestimmte Anpassungsstrategie. In diesen Zusammenhang sind sowohl das Niedrig- und Hochwassermanagement als auch der Energiepflanzenanbau zu nennen. Allerdings sind mit dem Klimawandel auch positive Veränderungen verbunden, sodass beispielsweise wärme- und trockenheitsresistente Arten im Hinblick auf den Erosionsschutz durch die Landwirtschaft gegeben sind. Um die Ökosysteme in ihrer Anpassungsfähigkeit zu stärken, ist eine Verbesserung der Landschaftsdurchlässigkeit zur Unterstützung klimawandelbedingter Ausweichbewegungen der betroffenen Pflanzen- und Tierarten erforderlich, dass in ein übergeordnetes Gesamtkonzept eingeordnet werden sollte.

### 3 Methodik und Modellhintergrund

Um die vielschichtigen Interaktionen und Prozesse auf der Landschaftsebene zu erfassen, wurde den ökosystemaren Modellen in der Vergangenheit eine immer größere Rolle zugeschrieben (MATTHIEUS 207:123). Aus der Tatsache stellt sich die Software GISGAME das Ziel, dem Bearbeiter ein Entscheidungswerkzeug bereitzustellen um verschiedene Bewirtschaftungsalternativen gegeneinander zu bewerten (FÜRST et al. 2011:114). Vor diesem Hintergrund verfolgt das Modell einen multikriteriellen Ansatz in Kombination eines Zellulären Automaten Moduls sowie eines GIS Moduls. Der Zelluläre Automat dient einer flexiblen Analyse zukünftiger Flächenentwicklungen unter Änderung des Landnutzungstyps sowie deren Eigenschaften (FRANK et al. 2012:31). Entsprechend ist die Bildung verschiedener Szenarien möglich die mit Hilfe Geographischer Informationssysteme einen räumlich diskreten Zellenbezug haben und diesen mit den Multi-Kriterien Ansatz verknüpft.

Für die Einschätzung einer Landschaft liegt GISGAME ein hierarchischer Bewertungsansatz zugrunde, der den Einfluss von Nutzungsänderungen eines Landschaftsmusters auf die Ökosystemdienstleistungen beschreibt (Abb.2). In Abhängigkeit des Gebietsausschnitts gilt es geeignete Indikatoren zu identifizieren, die eine relative Wertung für jeden Landnutzungstypen auf einer Skala von 0 (Minimum) bis 100 (Maximum) darstellen. Hintergrund dieser Vorgehensweise ist es sowohl regionalspezifische Aspekte in Zusammenarbeit mit lokalen Interessengruppen zu eruieren als auch unterschiedliche Handlungsstrategien einer Landnutzungs-kategorie auf eine Ökosystemdienstleistung vergleichbar zu machen (FÜRST et al. 2011:117). Die eigentliche Bewertung erfolgt dann auf Zellenbasis unter Berücksichtigung verfügbarer Attributinformationen sowie Nachbarschaftsbeziehungen. Allerdings vernachlässigt der Rasterzellenansatz landschaftsstrukturelle Eigenschaften, sodass die Gesamtbewertung um Strukturmaße wie den Diversitätsindex, Formindex naturnaher Landnutzungstypen oder den Kernflächenindex ergänzt wurde (FÜRST et al. 2010:964).

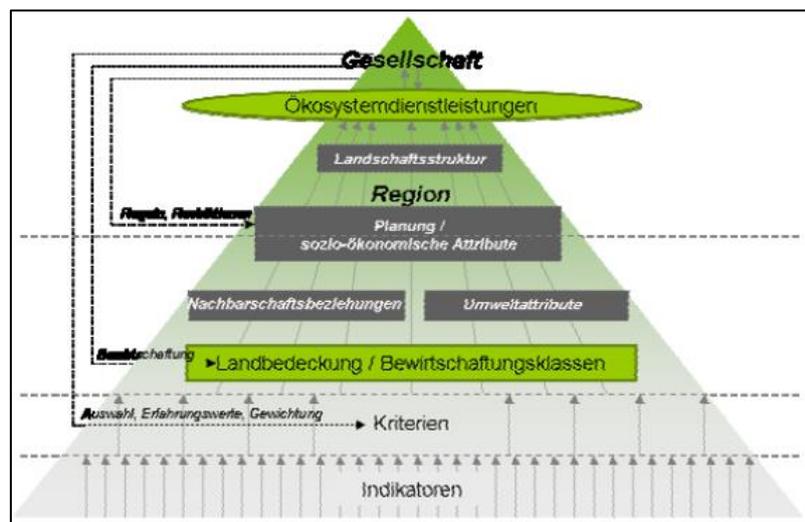


Abb.2: Bewertungsschema (FÜRST et al. 2011:117)

#### 3.1 Ökosystemdienstleistungen

In den 1990er Jahren hielt das Konzept der Ökosystemdienstleistung Einzug in die internationale Umweltdebatte wie die jeweiligen Strukturen und Prozesse einer Landschaft zu bewerten sind. Infolge dessen stellte sich zwangsläufig die Frage nach einer geeigneten

Methodik, sodass GRUNEWALD & BASTIAN (2013:38) das EPPS (*ecosystem properties, potentials and services*) Rahmenmodell konzipierten. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, werden die Funktionen im Verständnis der Ökosystemintegrität der linken Seite des Schemas zugeordnet während die gesellschaftlichen Funktionen sich erst in den Ökosystemdienstleistungen ergeben. Demnach bilden die Eigenschaften einer Landschaft unter Berücksichtigung verschiedener Fähigkeiten (Potenziale, Kapazitäten) die Existenzgrundlage des Menschen (HUNZIKER 2010:34ff). Über das Bindeglied Ökosystemdienstleistung, das einen Nutzwert einer Landschaft für den Menschen beschreibt, gibt der rechte Teil des Schemas die Wechselwirkung zwischen Ökosystem und Nutzer aus einer stark anthropogenen Perspektive wieder.

Angesichts der Vielfalt und Komplexität der Naturräume haben raum-zeitliche Aspekte einen erheblichen Einfluss bei der Charakterisierung eines Ökosystems. Bezüglich der räumlichen Analyse muss sowohl die Maßstabebene als auch die Dimension beachtet werden. So sind auf verschiedenen Maßstäben unterschiedliche Indikatoren sowie deren Zusammenhang entscheidend. Neben der räumlichen Position unterliegen Ökosysteme Schwankungen und Trends die episodisch, periodisch oder permanent auftreten können (GRUNEWALD & BASTIAN 2013:59). Diesbezüglich integriert GISCAMÉ sechs ökosystemare Dienstleistungsgruppen, die einzelne Leistungen des MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005) umfassen. So wurde das Ökosystem-Service Konzept modifiziert und erweitert um regionale Interessengemeinschaften zu berücksichtigen (KOSCHKE et al. 2012:56). Im Ergebnis stehen dem Anwender die Funktionen menschliches Wohlergehen, Bioressourcen, Regionalökonomie, Klimawandelfolgenminderung, Ästhetik sowie ökologische Intaktheit zur Verfügung, wobei für die drei letztgenannten Gruppen eine Berichterung mit Hilfe von Landschaftsstrukturmaßen erfolgt (FRANK et al. 2010:49).

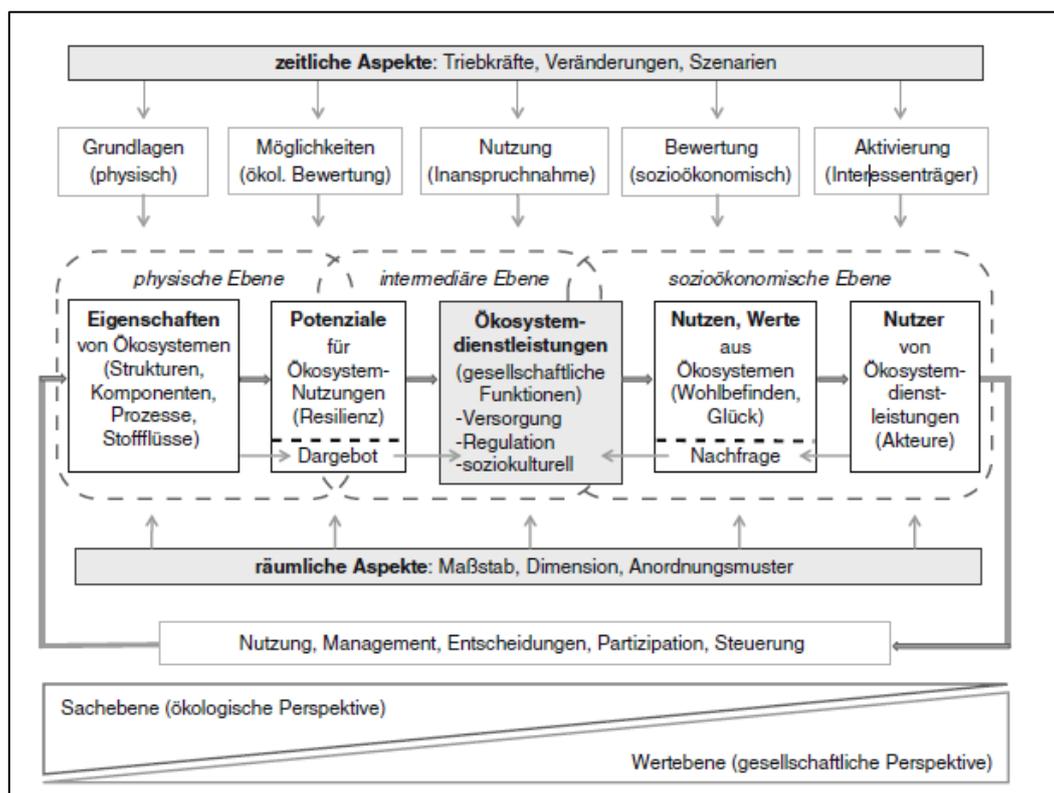


Abb.3: Konzeptioneller Rahmen für die Analyse von Ökosystemdienstleistungen (GRUNEWALD & BASTIAN 2013:38)

### 3.1.1 Menschliches Wohlbefinden

Die Bewertung *menschliches Wohlergehen* zeichnet sich nach KOSCHKE (2011:138) durch die Regulation der Luft- und Wasserqualität, Schutz vor Lärmemissionen sowie des Ermöglichen von Freizeitaktivitäten und des Erholungspotenzials aus. Von besonderer Bedeutung ist die mit Beginn der Industrialisierung zunehmende Gefährdung der menschlichen Gesundheit (Entzündung der Atemwege) durch die Luftverschmutzung. Potenziell wirken die Luftschadstoffe (Ammonium, Ozon, Schwefeldioxid) auf das gesamte Ökosystem und können negative Folgen wie eine Eutrophierung der Gewässern, die Versauerung der Waldböden oder Ernteauffälle auslösen (PERSSONS et al. 2010:7). Ebenfalls betont KEELER et al. (2012:18619) die zentrale Bedeutung der Wasserqualität für das menschliche Wohlbefinden. Maßgeblich hat die landwirtschaftliche Nutzung und die damit verbundenen Erosionsvorgängen und Felddrainage Einfluss auf die Qualität der Gewässer. Im Ergebnis leisten die naturnahen Laub- und Nadelwäldern einen größeren Beitrag zu menschlichen Wohlergehen als es durch Stadt-, Siedungs- oder Industrieflächen der Fall ist. Hingegen wurden Acker- und Weideflächen als mittelmäßig bewertet.

### 3.1.2 Ästhetik

Für eine umweltgerechte Landschaftsentwicklung gehört die gleichrangige Beachtung der *Ästhetik*. Voraussetzung einer Analyse ist das Konzept der Naturraumpotenziale. In diesem Zusammenhang beschreibt die Leistungsfähigkeit einer Landschaft die Eignung zur Erfüllung bestimmter Funktionen (AUGSTEIN 2002:18). Diesbezüglich ergibt sich die Informations- und Erholungsfunktion einer Landschaft aus dem landschaftsästhetischen Potential. Folgt man den Zielen der Naturschutzgesetzgebung (§ 1 Abs.1), dann geht es im Bereich der Ästhetik um die subjektiv erlebbare Schönheit sowie Vielfalt und Eigenart einer Landschaft (BNATSCHG 2009:3). Im Landschaftsbildkontext beschreibt die Vielfalt die sinnlichen als auch reizvollen Eindrücke, die sich dem Menschen innerhalb eines Raumausschnitts bieten. Dem gegenüber ist die Schönheit und Eigenart einer Landschaft von jeher Lebensgrundlage um neben der steigenden Belastung im Alltag Entspannung und Erholung zu finden.

Die Bewertung einer Landschaft lässt sich von zwei Seiten angehen. Zum einem kann das zu betrachtende Objekt (Landschaft) selbst von Bedeutung sein oder man befragt den Menschen in welchen Landschaften er sich gern aufhält (AUGSTEIN 2002:33). Im Hinblick auf die unterschiedlichen Methoden war vor allem der objektbezogene Verfahrensansatz von Bedeutung. Neben den physiognomischen Ansatz, der die Ausstattung einer Landschaft an vorhandenen Landschaftselementen als wertbestimmend ansieht, akzentuieren die Vertreter der ökologischen Methodik den Eigenwert der Natur als Hauptkriterium für die ästhetische Qualität. Viele umweltpsychologische Untersuchungen weisen darauf hin, dass das Grünland in aller Regel ästhetisch attraktiver als Ackerflächen erlebt wird. Diese Tendenz wird ebenfalls durch LINDENAU (2002:183f) am Beispiel unterschiedlicher Agrarlandschaften in Südbayern bestätigt. Die ästhetische Dominanz für das Untersuchungsgebiet ist vor allem den Wäldern zuzuschreiben, wohingegen versiegelte Flächen die geringste Zustimmung erhielten. Des Weiteren lag das ästhetische Empfinden von Wiesen und Weiden immer über den der Ackerflächen. Indikatoren zur Bewertung waren sowohl eine möglichst naturnahe Landnutzung als auch die dadurch bedingten Landschaftsbilder.

### 3.1.3 Ökologische Integrität

Aufgrund der verstärkten anthropogenen Eingriffe in die Natur, ist deren Leistungsfähigkeit gefährdet. In diesem Fall ist vor allem die mögliche Beeinträchtigung biogeochemischer Regulationsfunktionen der Ökosysteme zu nennen (KUTSCH 2001:o.S.). Eng mit den grundlegenden Eigenschaften von Ökosystemen verbunden ist der Begriff der Integrität. Die zu Grunde gelegte Interpretation basieren auf dem Konzept der Nachhaltigkeit und wurde von WOODLEY et al. (1993) sowie CRABBÉ et al. (2000) weiterentwickelt. Im Ergebnis zielt die *Ökologische Integrität* darauf ab, die ökosystemaren Prozesse und Strukturen zu schützen um die Selbstorganisationsfähigkeit der Ökosysteme langfristig zu erhalten. Hierbei haben die intensiven Formen unterschiedlicher Landnutzungen einen negativen Einfluss auf die Selbstorganisation der Ökosysteme.

Vor diesem Hintergrund wurden zur Bewertung die Kriterien Intaktheit der Stoffkreisläufe sowie die Fähigkeit zur Biologischen Selbstregulation herangezogen (FÜRST et al. 2012:4). Potenzielle Schlüsselvariablen hierbei können sowohl die Respiration/ Transpiration der Biomasse als auch die Nitratauswaschung sowie organisch gebundener Kohlenstoff im Boden sein. Der Bewertungsprozess ergab, dass sowohl Waldflächen als auch Ackerflächen erheblich zur Ökologischen Integrität gegenüber versiegelten Flächen beitragen.

### 3.1.4 Bereitstellung von Bioressourcen

Um den Anforderungen nach Produktivität und Schutz der Bioressourcen nachzukommen, bedarf es einer nachhaltigen Landnutzungsstrategie der Böden, Gewässer, Wälder und Biodiversität. Hierbei beschreibt die Ökosystemdienstleistung *Bereitstellung von Bioressourcen* die potenzielle Ertragsleistung einzelner Landnutzungsformen. Grundlage der Bewertung bilden die Kriterien tierische und pflanzliche Nahrungsmittel, Holzproduktion, Rohstoffe für Veredlungszwecke sowie für die energetische Nutzung (KOSCHKE 2011:139). Gerade vor dem Hintergrund der intensiven ackerbaulichen Bewirtschaftung dominiert die Getreide- und Futtermittelproduktion gegenüber der Holzproduktion. In diesem Zusammenhang spiegelt sich trotz des Waldmehrungsvorhabens die geringe Bereitschaft gegenüber anderen Landnutzungen wieder (FÜRST 2011:40).

Neben dem zentralen Aufforstungsziel wird den Kurzumtriebsplantagen im Rahmen eines zukünftigen, erneuerbaren Energiemix vermehrt Aufmerksamkeit gewidmet. Die Bewirtschaftung von Gehölzern in kurzen Umtrieben ist ebenfalls den Agrarflächen zuzuschreiben und besitzt eine Ertragsleistung zwischen 10 bis 12 Tonnen pro Hektar im Jahr (GRUNERT 2011:o.S.). Da die Anlage von Kurzumtriebsplantagen oftmals entlang von Feldstreifen erfolgt, werden die Standorte durch ein weiteres Strukturelement ergänzt. Dabei wird zum einen der Offenland-Charakter beeinträchtigt das wiederum negative Folgen auf das Pflanzenwachstum haben kann (BUNDPOSITION 2010:7). Andererseits können ausgeräumte Flurstücke kleinräumig strukturiert werden. Grundlegend fehlt es in diesem Zusammenhang an rechtlichen Rahmenbedingungen, um das Risiko von beispielsweise willkürlichen Flächenumwandlungen auszuschließen (FÜRST 2011:40).

Um die unterschiedlichen Erträge aus Land- und Forstwirtschaft miteinander zu vergleichen wurde die Trockenbiomasse pro Hektar pro Jahr als einheitliche Bewertungsgrundlage gewählt. Im Ergebnis wurde das Ackerland sowie die Kurzumtriebsplantagen eine höhere Wertigkeit gegenüber den forstwirtschaftlichen Flächen gegeben. Dem gegenüber erhielten Versiegelungsflächen die schlechteste Bewertung mit Ausnahme dicht gebauter Besiedlung.

### 3.1.5 Klimawandelfolgenminderung

Der Einfluss des Menschen auf das Klimasystem ist ein wissenschaftlicher Fakt das im vierten Sachstandsbericht des Weltklimarats IPCC verdeutlicht wird. In vielfältiger Weise wirken die klimatischen Veränderungen auf den Naturhaushalt und sind bereits heute auf Grundlage von Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes nachweisbar. Vom Klimawandel direkt oder indirekt betroffen sind unzählige Bereiche wie die Umwelt, Wirtschaft oder Gesellschaft. Um den fortwährenden Entwicklungen entgegenzuwirken soll mit Hilfe der Ökosystemdienstleistung *Klimawandelfolgenminderung* der Schutz vor Boden-erosion und Hochwasser sowie die Sicherstellung der Wasserversorgung gewährleistet werden (FÜRST et al. 2012:4). Dem gegenüber führt KOSCHKE (2011:138f) kritisch an, dass das Bewusstsein einen Beitrag zur Klima-regulation als weniger bedeutsam erschien.

Die Änderungen der Niederschlagsmengen und deren Jahresverteilung wirken sich sowohl auf die Nutzbarkeit der Ressource Wasser als auch auf die ober- und unterirdischen Wasservorräte aus (REGKLAM 2012:39). Neben den klimatischen Bedingungen sind zunehmende Extremereignisse wie auch längere und häufigere Trockenperioden erkennbar. Der sichtbare Trend hat weitreichende Folgen auf die Verdunstungs- und Versickerungsraten im Landschaftswasserhaushalt. Eng damit verknüpft, beeinflusst die intensive landwirtschaftliche Nutzung, die Flächenversiegelung und der technische Gewässerbau den Oberflächenabfluss sowie das Bodengefüge. Zusätzlich verstärken Erosionsprozesse eine Nährstoffverarmung der Böden oder bedrohen deren Ertragsleistung. Des Weiteren ist die Trinkwasserversorgung von essentieller Bedeutung für den Menschen. So sind Wassermenge und Qualität in Abhängigkeit der klimatischen Randbedingungen zu bewerten. Wie für die Talsperren selbst, bestehen auch Anpassungsmaßnahmen für die Einzugsgebiete der Talsperren. Für eine Anpassung an den Klimawandel als wichtig erachtet wurden die Waldbestände, sodass diese entsprechend hoch in der Bewertungsmatrix eingehen. Als mittelmäßig bewertet wurden sowohl die Ackerflächen als auch das Grünland. Den geringsten Beitrag zur Klimawandelfolgenminderung liefern die versiegelten Flächen.

### 3.1.6 Regionalökonomie

Ebenfalls hat der Klimawandel schwerwiegende Auswirkungen auf die *Regionale Ökonomie*. Denn die zunehmenden Tage mit extremen Temperaturen wirken sich zum einen auf die Produktionsleistung als auch auf die physische Belastbarkeit des Menschen aus. Für eine klimagerechte Wirtschaftsentwicklung empfiehlt KOSCHKE (2011:139) zur Einschätzung die Kriterien Erträge aus der landbasierten Produktion, Bereitstellung von Arbeitsplätzen und die Nachhaltigkeit des Wirtschaftens. Tendenziell wird für die Landwirtschaft unter den zu erwartenden Klimaänderungen davon ausgegangen, dass die Ertragsvariabilität aufgrund anhaltender Trockenperioden oder Starkniederschlägen als auch durch Sturmereignisse abnimmt. Der mit den Klimawandel einhergehende Wassermangel begünstigt ebenfalls eine Ertragsdepression, sodass eine Ausweitung der Vegetationsperioden angestrebt wird.

In der Bewertungsmatrix nehmen die Industrieflächen die höchste Wertigkeit ein und gehen teilweise Hand in Hand mit den städtischen Ökonomiebereichen. Dem gegenüber haben forst- und landwirtschaftliche Produkte eine eher geringere Bedeutung für die Ökosystemdienstleistung.

### 3.2 Landschaftsstrukturmaße

Jede Landschaft setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen, die in einer gewissen Anordnung und Form zueinander stehen. Um das charakteristische Gefüge der Landschaftselemente zu analysieren, integriert GISGAME zahlreiche Landschaftsstrukturmaße. Ziel ist es, den Planer ein Werkzeug bereitzustellen mit deren Hilfe eine genauere Einschätzung der Landschaft möglich ist. Der Bewertungsalgorithmus trifft insbesondere auf die Ökosystemdienstleistungen Ästhetik und Ökologische Integrität zu (FRANK et al. 2010:49). So werden naturnahe Landnutzungstypen positiv beurteilt wohingegen eine zu starke Gebietszerschneidung zu eine Abwertung führt. In diesem Zusammenhang sollten hinsichtlich der Biodiversität die Kernfläche eine gewisse Größe aufweisen und untereinander verknüpft sein um die heimischen Tier- und Pflanzenarten als auch deren genetischen Austausch zu sichern. Einen Überblick der zur Verfügung stehenden Landschaftsstrukturmaße ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tab.1: Landschaftsstrukturmaße (GISGAME 2013:o.S.)

| Kriterium                                   | Landschaftsstrukturmaße | Ökosystemdienstleistung            |
|---|-------------------------|------------------------------------|
| Landschaftszerschneidung                    | Effektive Maschenweite  | Ökologische Intaktheit             |
| Habitat Eignung                             | Kernflächenindex        | Ökologische Intaktheit             |
| Biotopverbund                               | Kosten-Distanz-Analyse  | Ökologische Intaktheit             |
| Landschaftsdiversität                       | Shannonindex            | Ökologische Intaktheit<br>Ästhetik |
| Kompaktheit naturnaher<br>Landnutzungstypen | Shapeindex              | Ökologische Intaktheit<br>Ästhetik |

Zur Bewertung der Landschaftszerschneidung bietet sich die Effektive Maschenweite an und wurde erstmals von JAEGER (2000) in der Praxis getestet (ESSWEIN et al. 2006:84). Das Strukturmaß ist in vielen Umweltplanungen angewandt als auch auf seine Validität geprüft worden, sodass es bundesweit zur Bewertung der Landschaftsfragmentierung dient. Gleichfalls von Bedeutung für die Ökologische Intaktheit ist die Kernflächengröße. Denn je größer eine Fläche mit entsprechender Nutzung ist, desto höher ist die Erosionsanfälligkeit der Böden sowie deren Abtrag. Weiterhin geben die Formmaße Shannon-Index und Shape-Index dem Anwender die Möglichkeit, Strukturreichtum zu quantifizieren und damit die Bewertung des Landschaftsbildes sowie die Erholungseignung zu erfassen.

### 4 Planungsalternativen und Ergebnisse

Als Ausgangsdatenbasis nutzt GISGAME die Landnutzungsdaten der Corine Landcover Klassifikation aus dem Jahre 2000/ 2006 sowie die Euromaps Landcover Klassifikation und das freiverfügbare Straßen und Gewässernetz aus OpenStreetMap (FÜRST et al. 2011:116). Darüber hinaus könne zusätzliche Landnutzungstypen integriert werden, die eine detailliertere Fachplanung in Abhängigkeit der Fragestellung ermöglichen. Hierzu zählen punktförmige Infrastrukturelemente, Gewässer oder Klimadaten. Entsprechend sind die neubewerteten Ökosystemdienstleistungen in Tabelle 2 aufgeführt, die die Grundlage der Szenarien bilden.

Tab.2: Bewertungsmatrix (GISCAM 2013:o.S.)

|                  | <b>Klima-<br/>wandel-<br/>folgen.</b> | <b>Bereitst.<br/>v. Biores.</b> | <b>Öko.<br/>Integrität</b> | <b>Regional-<br/>ökonomie</b> | <b>Ästhetik</b> | <b>Menschl.<br/>Wohl.</b> |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Stadt (dg.)      | 0                                     | 40                              | 0                          | 75                            | 40              | 0                         |
| Stadt            | 0                                     | 0                               | 0                          | 40                            | 50              | 0                         |
| Industrie        | 0                                     | 0                               | 0                          | 100                           | 0               | 0                         |
| Str. und Bahn    | 0                                     | 0                               | 0                          | 0                             | 0               | 0                         |
| Hafen            | 0                                     | 0                               | 0                          | 70                            | 20              | 0                         |
| Flughafen        | 0                                     | 0                               | 0                          | 85                            | 0               | 0                         |
| Abbaufäche       | 0                                     | 0                               | 0                          | 45                            | 0               | 0                         |
| Deponie          | 0                                     | 0                               | 0                          | 70                            | 0               | 0                         |
| Baustelle        | 0                                     | 0                               | 0                          | 0                             | 0               | 0                         |
| Grünflächen      | 20                                    | 0                               | 10                         | 0                             | 40              | 15                        |
| Sportstätte      | 20                                    | 0                               | 30                         | 0                             | 20              | 30                        |
| Ackerland        | 30                                    | 100                             | 50                         | 80                            | 40              | 40                        |
| Weinbau          | 50                                    | 15                              | 70                         | 45                            | 50              | 40                        |
| Obstbau          | 60                                    | 5                               | 80                         | 20                            | 60              | 40                        |
| Wiese            | 50                                    | 30                              | 80                         | 30                            | 70              | 30                        |
| Parzellenstrukt. | 60                                    | 5                               | 90                         | 5                             | 70              | 45                        |
| Landwirtschaft   | 50                                    | 60                              | 50                         | 75                            | 40              | 70                        |
| Grünland         | 50                                    | 5                               | 80                         | 10                            | 50              | 70                        |
| Kurzumtriebspl.  | 100                                   | 100                             | 50                         | 35                            | 50              | 70                        |
| Wald-Strauch     | 60                                    | 0                               | 90                         | 0                             | 70              | 0                         |
| Fels             | 0                                     | 0                               | 0                          | 0                             | 0               | 0                         |
| Ödland           | 0                                     | 0                               | 0                          | 0                             | 0               | 0                         |
| Sumpf            | 0                                     | 0                               | 0                          | 0                             | 0               | 0                         |
| Torfmoor         | 0                                     | 0                               | 0                          | 0                             | 0               | 0                         |
| Kiefern-Birkenw. | 70                                    | 10                              | 90                         | 5                             | 80              | 85                        |
| Kiefern-Eichenw. | 80                                    | 20                              | 100                        | 15                            | 90              | 90                        |
| Höhenkiefern-M.  | 80                                    | 20                              | 100                        | 20                            | 100             | 90                        |
| Eichen-Kiefernw. | 70                                    | 20                              | 100                        | 10                            | 100             | 95                        |
| Eichen-Buchenw.  | 95                                    | 25                              | 100                        | 20                            | 100             | 100                       |
| hydromorpher     | 90                                    | 25                              | 100                        | 20                            | 100             | 100                       |
| Eichen-Edellau.  | 100                                   | 20                              | 100                        | 15                            | 100             | 100                       |
| Buchen-Eichenw.  | 95                                    | 30                              | 100                        | 40                            | 100             | 100                       |
| Buchen-Tannen.   | 100                                   | 35                              | 100                        | 35                            | 100             | 100                       |
| Buchen-Fichten.  | 85                                    | 40                              | 100                        | 55                            | 100             | 95                        |
| Buchen-Edellau.  | 100                                   | 35                              | 100                        | 45                            | 100             | 100                       |
| Fichten-Bergwa.  | 70                                    | 40                              | 90                         | 65                            | 80              | 80                        |
| Fichten-Tannen.  | 95                                    | 40                              | 100                        | 75                            | 100             | 100                       |
| Fichten-Buchen.  | 85                                    | 40                              | 100                        | 60                            | 100             | 80                        |
| extensiver       | 80                                    | 10                              | 100                        | 10                            | 90              | 85                        |
| Moorwald         | 100                                   | 10                              | 100                        | 5                             | 100             | 100                       |
| Bachtälchen      | 100                                   | 30                              | 100                        | 20                            | 100             | 100                       |
| Auwald           | 100                                   | 20                              | 100                        | 15                            | 100             | 100                       |
| Roteichen-M.     | 95                                    | 25                              | 80                         | 30                            | 60              | 95                        |
| Douglasien-M.    | 95                                    | 35                              | 80                         | 60                            | 70              | 90                        |

#### 4.1 Ist-Situation

Das Untersuchungsgebiet der 10 x 10 km großen Kachel wird unterschiedlich stark von den in Abbildung 4 dargestellten Landnutzungstypen geprägt. Hierbei zeigt sich eine deutliche Dominanz des nicht bewässerten Ackerlandes mit einer Fläche von mehr als 53%. Den gegenüber weisen die Waldbestände einen Anteil von 32% an der gesamten Landnutzung auf und sind vereinzelt in kleinen Laub- und Nadelwaldinsel im Süden des Gebietsausschnitts verstreut. Die in direkter Nachbarschaft gelegenen Wiesen und Weiden sowie das Ackerland nehmen jeweils eine Fläche von circa 3%. Mit einer relativ geringen Größe von insgesamt 2% sind Versiegelungsflächen vertreten.

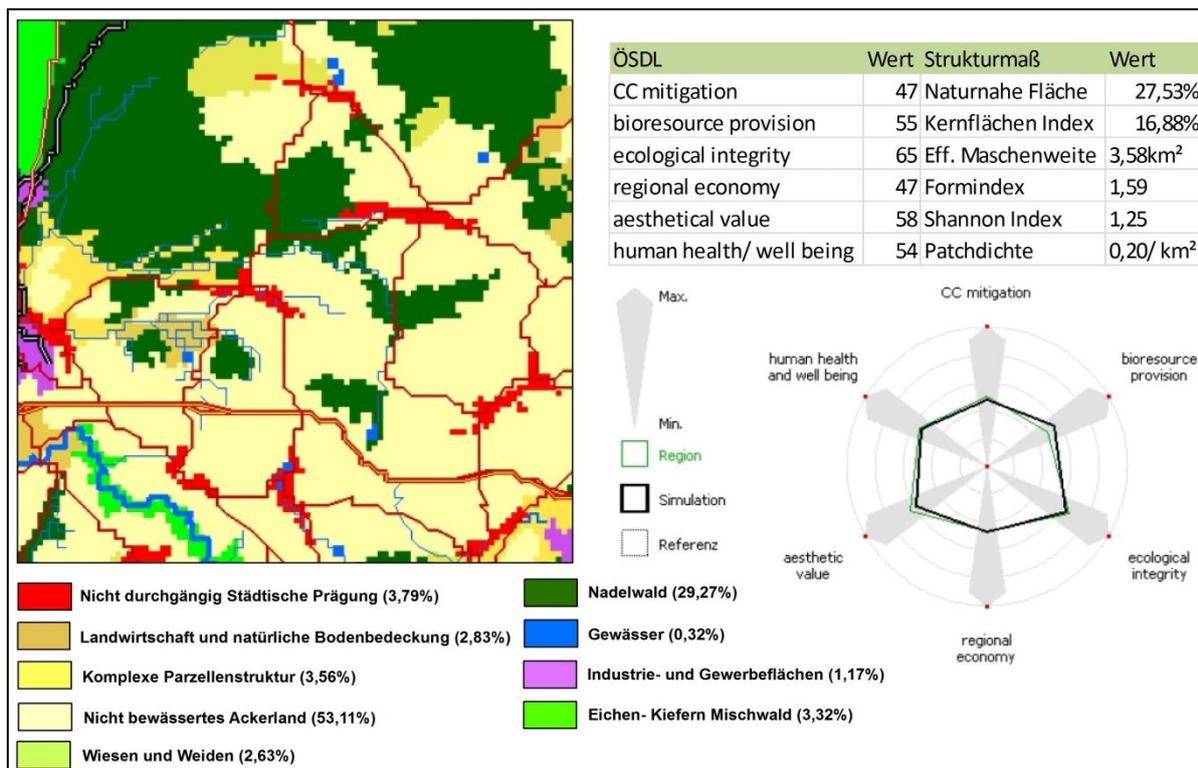


Abb.4: Ausgangssituation (eigene Darstellung)

Da die verschiedenen Landnutzungsausprägungen sich auch in der Beurteilung der Ökosystemdienstleistung widerspiegeln, ergeben sich hieraus abweichende Bewertungen zwischen der Region und den Raumausschnitt. Überblickend kann der Norden des Untersuchungsgebietes als ästhetischer und damit einhergehend erholsamer betrachtet werden als es entlang von Industriestandorten der Fall ist. Neben der Erholungsfunktion der Wald- und Ackerflächen ist der ökonomische Aspekt ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Denn einen Großteil der wirtschaftlichen Prosperität bildet der Futter- und Nutzpflanzenanbau. Andererseits haben einige der genannten Kriterien negative Folgen für die Ökologische Integrität, sodass mit Hilfe der verschiedenen Landschaftsstrukturmaße eine Aufwertung selbiger angestrebt wurde. Der Flächenanteil am Biotopverbund für die Kachel liegt bei 27% und kann eine Aufwertung von 65 auf 75 der maximal möglichen 100 bewirken. Für den Kernflächenindex ergab sich dem gegenüber ein Areal von 16,88%. Bezüglich der Landschaftszerschneidung liegt der Wert bei 3.58km<sup>2</sup>. Für die Ästhetik zeichnete sich jedoch eine Herabstufung von 58 auf 53 ab wenn das Landschaftsstrukturmodul eingeschaltet ist.

## 4.2 Waldmehrung

In den regionalplanerischen Instrumenten werden oftmals Vorrang- sowie Vorbehaltsgebiete ausgewiesen. In diesem Zusammenhang beschreiben Vorranggebiete bestimmte raumbedeutsame Funktionen, die bedingt durch ihre raumstrukturellen Anforderungen nicht mit anderen Nutzungsarten verträglich sind. Hingegen haben Vorbehaltsgebiete das Ziel, unter besonderen Belangen differierende Nutzungsansprüche im jeweiligen Untersuchungsgebiet gegeneinander abzuwägen (SMUL 2001:19).

Im Hinblick auf die raumbedeutsamen Nutzfunktionen im Testareal wurden die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete mit den Waldbeständen über das AddOn Automatic Attribute Management System (AAMS) verknüpft. Durch die Verschneidung der räumlichen Daten konnten die durch den REGIONALEN PLANUNGSVERBAND OBERES ELBTAL/ OSTERZGEBIRGE (2009) ausgewiesenen Vorranggebiete Wald und Waldmehrung den jeweiligen Waldnutzungstyp zugeordnet werden. Aufgrund der Maßnahme erhöhte sich der Eichen-Kiefern Mischwaldanteil von 3,32% auf 3,46% der ursprünglichen Flächen. In Abbildung 5 präsentieren sich die Vorranggebiete für Waldmehrung gleichwie für mögliche Waldstandort im unteren Bereich.

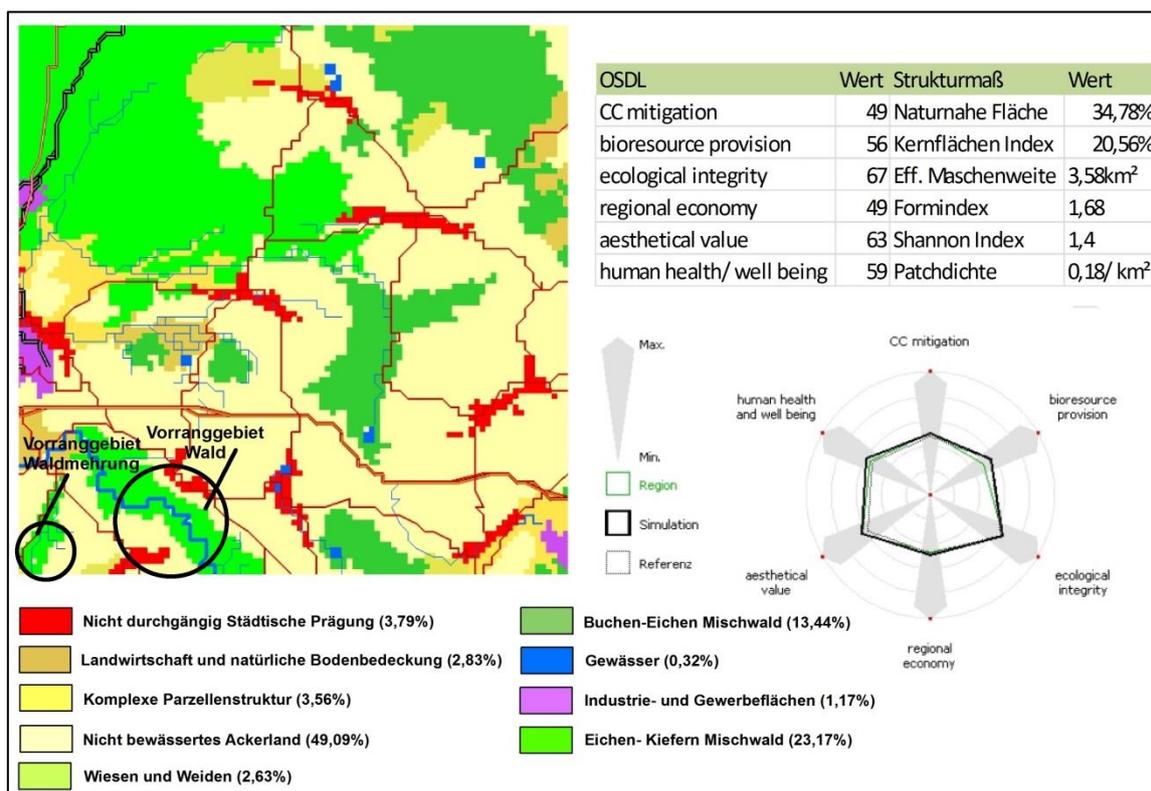


Abb.5: Waldmehrung (eigene Darstellung)

Des Weiteren erfordern die standörtlichen Bodeneigenschaften und klimatischen Bedingungen einen Umbau der bestehenden Nadelwälder zu Mischwäldern da Laubbäume eine erhöhte Grundwasserneubildung bewirken (GRÜNE LIGA 2008:o.S.). So setzt sich der Waldbestand zum einen aus Eiche-Kiefer sowie Buche-Eiche zusammen (Abb.5). Vorteil des erstgenannten Mischbestandes ist ein verbesserter Erosionsschutz für die Waldböden und gleichzeitig wird das Landschaftsbild durch den Menschen ästhetischer empfunden (FÜRST et al. 2011:117). Ebenfalls bietet sich den Menschen eine Erholungsfunktion, dass sich in der

Aufwertung der Ökosystemdienstleistung menschliches Wohlergehen widerspiegelt. Insgesamt nehmen die Eiche-Kiefer Bestände circa 13% der Gesamtfläche ein. Negativ wirkt sich jedoch die rückläufige Biomasseproduktion auf die regionale Ökonomie aus, sodass Buche-Eiche Mischbestände (23,17%) teilweise diese Verluste kompensieren können (ebd.). Zusätzlich bewirkte die Aufforstung eine Verbesserung der Ökologischen Integrität um 2 Punkte von 55 auf 57.

#### 4.3 Ökonomie

Ziel dieses Szenarios war es die regionale Forstwirtschaft unter den Bedingungen des Klimawandels mittels ertragsreicher Bestandsarten zu stärken. Vor dem Hintergrund erfreut sich aus ökonomisch-waldbaulichen Gegebenheiten die Douglasie einer steigenden Beliebtheit. Mit Blick auf die zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsänderungen (zunehmende Sommertrockenheit oder steigende Zahl an Tagen mit Extremwetterereignissen) lässt die Douglasie größere Wuchsleistungen und Stabilität erwarten. Der Vorteil der Baumart liegt in dem Anpassungspotenzial an die sommerlichen Trockenperioden und weist darüber hinaus eine relativ stabile Durchwurzelung auf. Jedoch merken HÖLTERMANN et al. (2008:74) an, dass die ökologischen Schäden für Flora und Fauna nur schwer zu beurteilen sind da es sich um eine fremdländische Art handelt.

Die Bearbeitungskette begann mit der Verschneidung und Bestockung der Vorranggebiete für Wald und Waldmehrung. Anschließend wurden der gesamte Nadel- und Laubbestand zu einem Douglasien Mischwald umgebaut (Abb.6). Ebenfalls sind die Wiesen und Weidelandchaften durch die Baumart ersetzt worden um eine maximale Ertragsleistung zu erzielen. Neben den Waldumbaumaßnahmen wurden die Bereiche entlang des Flussverlaufes als auch im zentralen Raumausschnitt aufgeforstet.

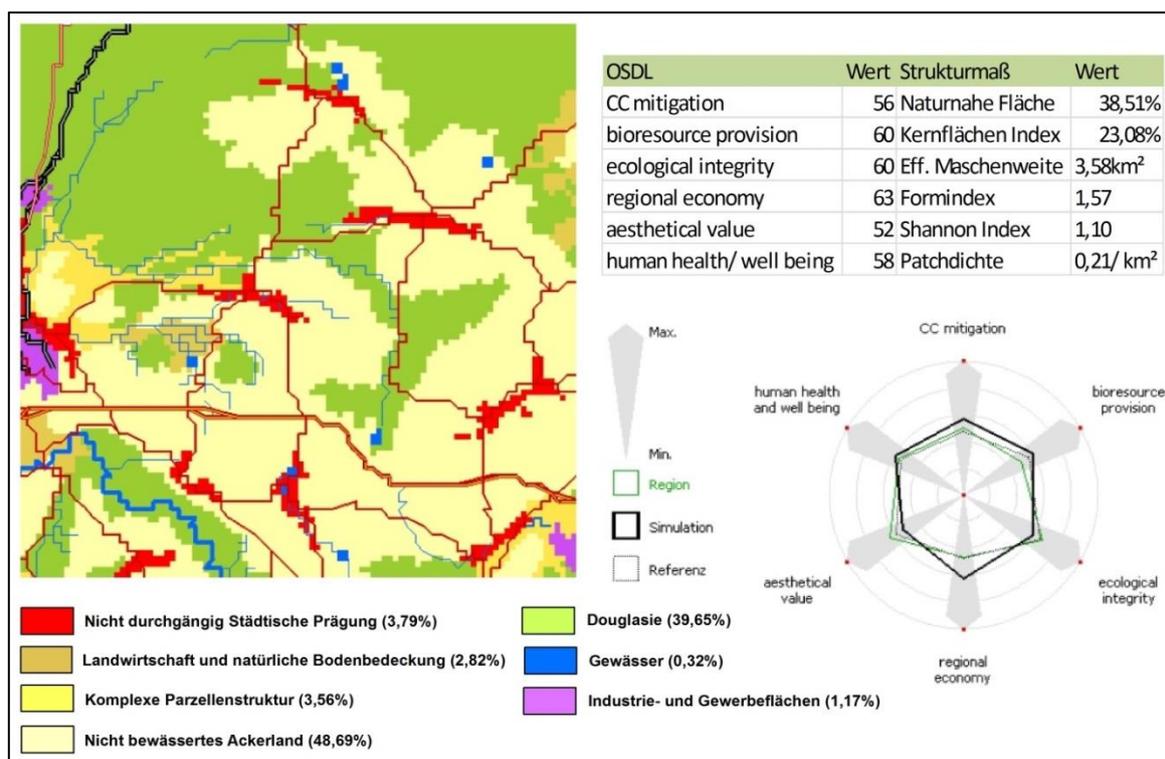


Abb.6: Ökonomie Szenario (eigene Darstellung)

Aus diesen Gründen nimmt der Douglasien Mischwald im Untersuchungsgebiet einen Flächenanteil von über 39% ein, wohingegen das nicht bewässerte Ackerland auf circa 48% der Landnutzung zurückging. Die Industrie- sowie Städtebebauung als auch die Landwirtschaftsflächen und die komplexen Parzellenstrukturen blieben von den Waldumbaumaßnahmen unberührt (Abb.6).

Hinsichtlich der Ökosystemdienstleistungen ist ein deutlicher Anstieg der Klimawandelfolgenminderung von 47 auf 56 sowie im Bereich der Regionalen Ökonomie von 47 auf 63 zu verzeichnen. Ebenfalls konnte die Biomasseproduktion aufgrund der erhöhten Wachstumsleistung merklich zulegen. Weiterhin wird die Douglasie als eine Bereicherung für das menschliche Wohlergehen empfunden, sodass eine Wertsteigerung um 6 Punkte erreicht wurde. Dem gegenüber wird jedoch die Anlage von Douglasien im Kontext mitteleuropäischer Kulturlandschaften eher als störend empfunden (Abwertung um 6 Punkte).

#### 4.4 Kurzumtriebsplantagen & Biotopverbund

Angesichts wachsender Preise für fossile Brennstoffe sowie der Atomausstieg haben in den letzten Jahren zu einer steigenden Nachfrage nach Holz für energetische Zwecke geführt. So schätzt die Bundesregierung den inländischen Energieholzanbau für das Jahr 2020 auf circa 42 Mio. Festmeter, während Experten einen Bedarf von bis zu 70 Mio. Festmeter prognostizieren (NABU 2012:2). Die bevorstehende Holzlücke könnte beispielsweise durch die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen geschlossen werden. Denn die Biomasseproduktion in Kurzumtrieben erbringen hohe Ertragsleistungen bei gleichzeitig geringen Kosten und Treibhausgasemissionen.

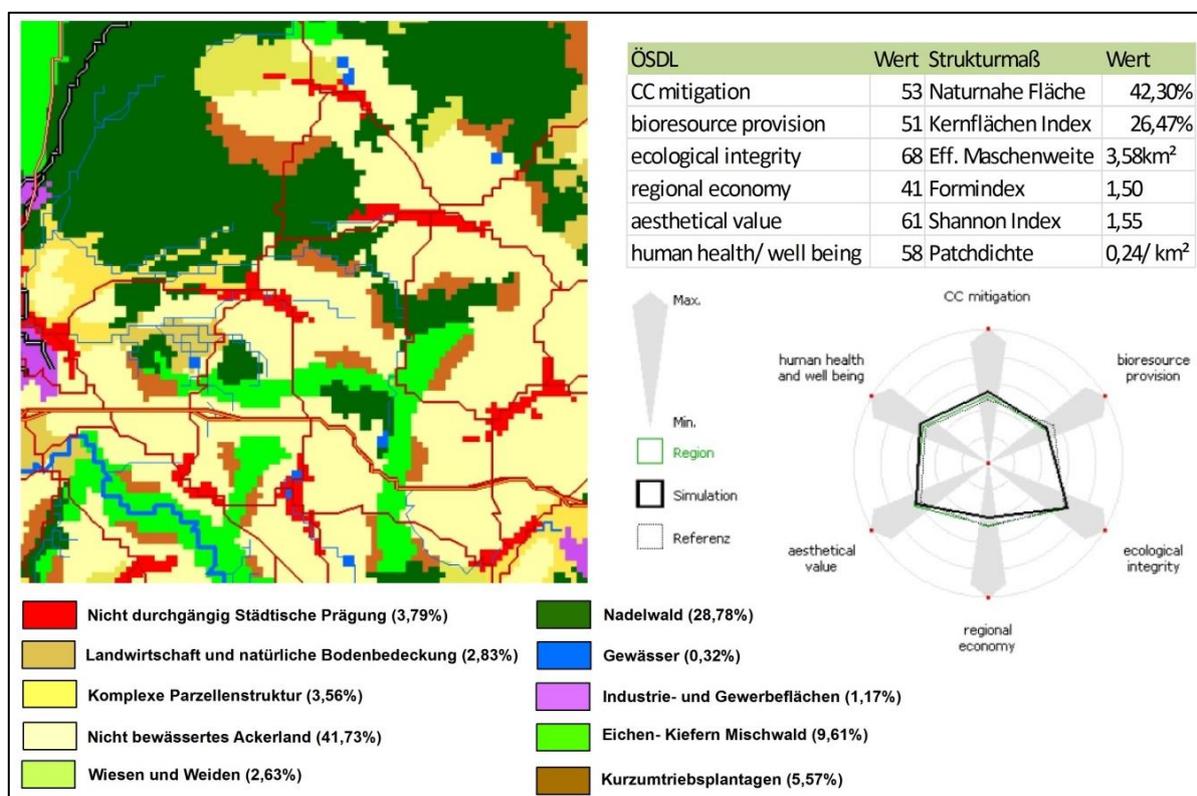


Abb.7: Kurzumtriebsplantagen und Biotopverbund Szenario (eigene Darstellung)

Entsprechend soll mit diesen Szenario aufgezeigt werden, das Kurzumtriebsplantagen einerseits hohe Erträge bei geringem Flächenverbrauch erzielen und andererseits einen positiven Effekt für den Naturschutz bedeuten können. Unter dieser Annahme erfolgte die Anlage entlang von Feld- sowie Forststreifen und sollte darüber hinaus als ein strukturvermehrendes Element in der Landschaft wahrgenommen werden. So wurden mehr als 5% der Fläche durch Kurzumtriebsplantagen ersetzt bei einem gleichzeitigen Rückgang des nicht bewässerten Ackerlandes auf 41% (Abb.7). Zugleich sollte die Bestockung mit naturnahen Eiche-Kiefer Mischbeständen längs der Vorranggebiete für Naturschutz aber auch seitwärts davon einen positiven Erfolg für den Artenschutz erzielen. Diesbezüglich erhöhte sich die Eiche-Kiefer Waldfläche auf knapp 10% (Abb.7).

In Punkto Ökosystemdienstleistung stechen sowohl die Klimawandelfolgenminderung mit einer Aufwertung von 6 Punkten als auch menschliches Wohlergehen mit plus 4 Punkten hervor. Hingegen verschlechterte sich die Bereitstellung von Bioressourcen um 4 Punkte und die Regionale Ökonomie um gar 6 Punkte. Hieraus zeigt sich, das die erhofften Synergieeffekte zwischen Naturschutz und der Produktion von Energieholz für das Untersuchungsgebiet nicht bestätigt werden konnte.

Mit Blick auf die Landschaftsstrukturmaße präsentiert sich eine deutliche Verbesserung im Bereich des Biotopverbundes, der von 27% auf 42% anstieg. Dies wird ebenfalls durch die Ökosystemdienstleistung Ökologische Integrität bestätigt.

#### **4.5 Integriertes Szenario**

Das letzte Szenario stellt sich die Forderung eine optimale Landnutzung auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse zu erstellen. Der Maßnahmenkatalog soll die besonders wertvollen Landnutzungstypen der einzelnen Szenarien umfassen. Im Ergebnis wird eine Verbesserung aller ökosystemaren Dienstleistungen angestrebt.

Wie schon in den zuvor beschriebenen Szenarien erfolgte eine Bestockung auf den ausgewiesenen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Wald, Waldmehrung und Naturschutz durch die naturnahen Eiche-Kiefer Mischbestände (Abb.8). Gleichzeitig sollen die aufgeforsteten Bereiche einen Puffer vor allzu großen Stoffeinträgen durch die Landwirtschaft in den Flusslauf dienen. Weitere Aufforstungsvorhaben wurden mit den eher Trockenresistenten Douglasien Mischbeständen anvisiert, um die Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe zu sichern. Zusätzlich wurden die Kurzumtriebe nicht nur entlang von Flurstücken zur Strukturmehrung angelegt, sondern sollten direkt einen Beitrag zur Energieholzproduktion leisten (Abb.8). Überall wo Landwirtschaft, komplexe Parzellenstrukturen angelegt waren, sind diese beibehalten worden. Der Norden des Untersuchungsgebietes ist vorwiegend durch Buchen-Eiche sowie Eichen-Kiefern Mischwald dominiert. In der Summe stellen die Eiche-Kiefer Waldbestände den größten Forstanteil mit 23% und der Buche-Eiche sowie Douglasien Mischwald haben jeweils 7% Flächenanteil an der Landnutzung. Das nicht bewässerte Ackerland ging von 53% seiner Fläche auf 45% zurück. Die Anlage der Kurzumtriebsplantagen folgte den geforderten deutschen Bundesdurchschnitt von 3%.

Im Bereich der Ökosystemdienstleistungen wurde bei allen 6 Kriterien eine Verbesserung erzielt. Die größte Aufwertung erzielte menschliches Wohlergehen von 52 auf 60 Punkte. Hingegen konnte die Bereitstellung von Bioressourcen, die Regionale Ökonomie und Ökologische Intaktheit nur um 1 Punkt gesteigert werden. Ebenfalls bestätigt die Biodiversität des Landschaftsstrukturmoduls die Schönheit und Eigenart des Landschaftsbildes.

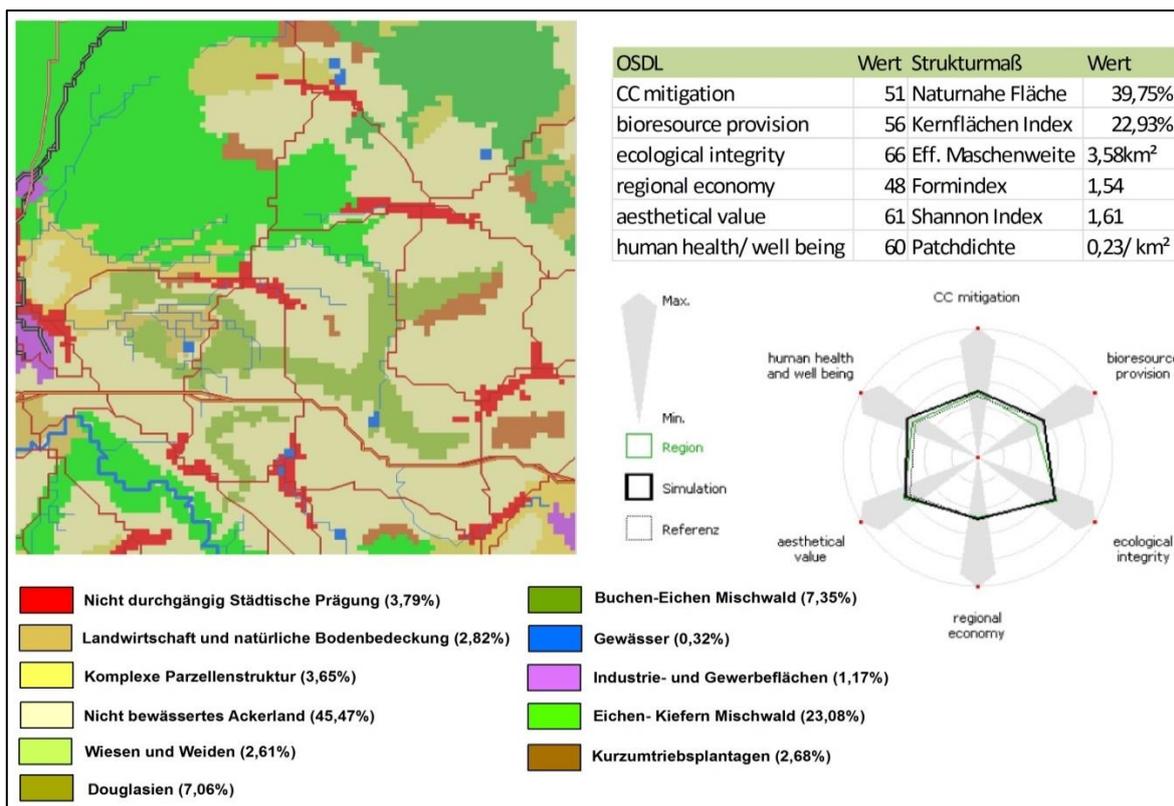


Abb.8: Integriertes Szenario (eigene Darstellung)

## 5 Diskussion

Abschließend stellt sich die Frage, welches der vorgestellten Szenarien für eine Umsetzung im Untersuchungsgebiet zu priorisieren ist. Denn einerseits spiegelt die Bewertungsmatrix subjektive Empfindungen des Akteurs wieder aber andererseits kann niemand das gesamte Ausmaß des Klimawandels vorhersagen.

Entsprechend lassen sich je nach Szenario unterschiedlich starke Ausprägungen aufzeigen. So hatten im Waldumbauszenario die Eiche-Kiefer Mischbestände die größte lokale Wirkung auf das Landschaftsbild, sodass das Untersuchungsgebiet dem Menschen Entspannung und Erholung bietet. Diesbezüglich liegt die Vermutung nahe, Empfehlungen im Bereich von Hotel und Gastgewerbe zu formulieren um gleichzeitig die Regionale Ökonomie weiter zu stärken. Allerdings ist dies wieder wenig förderlich, da eine Zunahme an Versiegelungsfläche das Landschaftsgefüge zerschneidet. Ebenfalls ungeklärt sind die rechtlichen Auflagen sowie die langfristigen Folgen für Flora und Fauna durch die Anlage von Kurzumtriebsplantagen. Wie alle großräumig angelegten Monokulturen neigen auch solche Bestockungsflächen zur Homogenisierung und haben eine Abwertung der Landschaft zur Folge (NABU.2012:2). Nicht anders bestehen offene Fragen bezüglich des Naturschutzes. Denn in der Vergangenheit gelangten mit den Samen der fremdländischen Baumart Douglasie Schädlinge aus Nordamerika nach Deutschland die die heimischen Bestände schädigten (HÖLTERMANN et al. 2008:79). Im Zusammenhang mit den zukünftigen Klimaentwicklungen wird dieses Problem noch zusätzlich verstärkt. Vor allem die Verschiebung der ökosystemaren Grenzen in immer höhere Gebirgslagen stellt den Menschen zunehmend vor neuen Herausforderungen.

Alles in allem empfiehlt sich das Szenario, welches letzten Endes alle Beiträge der Ökosystemdienstleistungen berücksichtigt und die zuvor gewonnenen Erkenntnisse integriert. Im Vergleich beinhaltet das Integrierte Szenario eine Verbesserung aller Dienstleistungen ohne die Zielstellung einer angepassten Land- und Forststrategie außeracht zu lassen. Außerdem konnte der Naturschutz weiterhin gestärkt werden, was sich an den naturnahen Flächen als auch Kernflächen darstellt.

## **6 Zusammenfassung**

Die spürbaren Klimaveränderungen erfordern einen zunehmenden Handlungsbedarf, sodass mit Hilfe der Belegarbeit alternative Planungen des Landnutzungsmusters in der Region Oberes Elbtal/ Osterzgebirge aufgezeigt werden sollten. Anhand des webbasierten Werkzeugs GISCAME sollten verschiedene Landnutzungsszenarien erarbeitet und untereinander bewertet werden. Grundlage bildete eine Bewertungsmatrix die neben zahlreichen Ökosystemdienstleistungen die Bedürfnisse der lokalen Akteure in den Planungsprozess miteinbezieht. Entsprechend war es das Ziel gewesen, eine optimierte Landnutzung im Rahmen des Klimawandels zu erarbeiten. Denn neben steigende Stoffeinträge in die Gewässer oder Bodenabtrag bedrohen die klimatischen Folgen sowohl das Ökosystem, die Wirtschaft oder die Gesellschaft. Mit der Umwälzung von Ackerland zu Forst oder mit der Aufforstung auf Vorrang- und Vorbehaltsgebiete sollte hiermit ein Beitrag geleistet werden. Gleichzeitig war damit auch immer ein struktureller Eingriff in den Landschaftshaushalt verbunden.

## Literatur

- AUGSTEIN, I. (2002): Die Ästhetik der Landschaft. Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge. Berliner Beiträge zur Ökologie. Band 3. Weißensee Verlag: Berlin.
- BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNatSchG) (2009): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. <[http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf)> (Stand: 2009) (Zugriff: 2013-03-30).
- Bundposition (2010): Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung -Chancen und Risiken-. <[http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/20100714\\_landwirtschaft\\_bund\\_position\\_55\\_KUP.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/20100714_landwirtschaft_bund_position_55_KUP.pdf)> (Stand: 2010) (Zugriff: 2013-03-30).
- CRABBÉ, P., A. HOLLAND, L. RYSZKOWSKI & L. WESTRA (2000): Implementing ecological integrity. Restoring Regional and Global Environmental and Human Health. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- ESSWEIN, H. & H.-G. SCHWARZ V. RAUMER (2006): Landschaftszerschneidung – bundesweiter Umweltindikator und Weiterentwicklung der Methodik. In: WALZ, U. & B. KLEINSCHMIDT (Hrsg.): Landschaftsstrukturmaße in der Umweltplanung: Beiträge zum Workshop der IALE-AG Landschaftsstruktur. Band S19. Schriftenreihe der Fakultät Architektur Umwelt Gesellschaft: Berlin.
- FRANK, S. & C. FÜRST, L. KOSCHKE, K. PIETZSCH & F. MAKESCHIN (2010): Landschaftsbewertung zur Unterstützung regionaler Planung: Landschaftsstrukturmaße als Indikatoren ökologischer Intaktheit (2010). In: Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland VII – Ergebnisse und Dokumentation des 7. Workshops. BfN – Skripten 282 <[http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript\\_282.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript_282.pdf)> (Stand: 2011) (Zugriff: 2013-03-30).
- FRANK, S., C. FÜRST, L. KOSCHKE & F. MAKESCHIN (2012): A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators* 21, 30 – 38.
- FÜRST, C. (2011): Parlamentarische Exkursion der Plattform Forst und Holz in Sachsen. *AFZ – Der Wald*, 22, 40-41.
- FÜRST, C., S. FRANK, L. KOSCHKE, A. WITT & F. MAKESCHIN (2011): Fit für den Klimawandel? – Unterstützung von planerischen Abwägungen mit PYL. In: KLIMAFIT (2011): Das Projekt KLIMAFIT in der Planungsregion Oberes Elbtal/ Osterzgebirge. Ausführliche empirische Berichte und Materialien. <[http://www.rpvelbtalosterz.de/fileadmin/templates/PDF/Produkt\\_1.pdf](http://www.rpvelbtalosterz.de/fileadmin/templates/PDF/Produkt_1.pdf)> (Stand: 2011) (Zugriff: 2013-03-30).
- FÜRST, C., S. FRANK, A. WITT, L. KOSCHKE & F. MAKESCHIN (2012): Assessment of the effects of forest land use strategies on the provision of ecosystem services at regional scale. *Journal of Environmental Management* 1 – 21.
- FÜRST, C., M. VOLK, K. PIETZSCH & F. MAKESCHIN (2010): Pimp Your Landscape: A Tool for Qualitative Estimation of the Effects of Regional Planning Measures on Ecosystem Services. *Environmental Management*, 46, 953 – 968.
- GRUNERT, M. (2011): Kurzumtriebsplantagen – Anbauverfahren und gesetzliche Rahmenbedingungen. <[http://www.bio-energie.de/fileadmin/bioenergie-beratung/sachsen/dateien/Vortraege/enertec2011/Grunert\\_2011\\_01\\_26.pdf](http://www.bio-energie.de/fileadmin/bioenergie-beratung/sachsen/dateien/Vortraege/enertec2011/Grunert_2011_01_26.pdf)> (Stand: 2011) (Zugriff: 2013-03-30).

- GRÜNE LIGA (2008): Ressourcen schaffen – Trinkwasser pflanzen. Waldumbau, Grundwasserneubildung, Trinkwasserqualität. <[http://www.wrrl-info.de/docs/wrrl\\_steckbrief\\_waldumbau.pdf](http://www.wrrl-info.de/docs/wrrl_steckbrief_waldumbau.pdf)> (Stand: 2011) (Zugriff: 2013-03-30).
- GRUNEWALD, K. & O. BASTIAN (2013): Ökosystemdienstleistungen. Konzepte, Methoden und Fallbeispiele. Springer Verlag: Berlin Heidelberg.
- HÖLTERMANN, A., F. KLINGENSTEIN & A. SSYMANK (2008): Naturschutzfachliche Bewertung der Douglasie aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). <[http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landwirtschaft/lwf\\_wissen\\_59\\_13.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landwirtschaft/lwf_wissen_59_13.pdf)> (Stand:2008) (Zugriff: 2013-03-30).
- HUNZIKER, M. (2010): Die Bedeutung der Landschaft für den Menschen: objektive Eigenschaft der Landschaft oder individuelle Wahrnehmung des Menschen? Forum für Wissen, 33 – 41.
- JAEGER, J.-A.-G. (2000): Landscape division, splitting index and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. –Landscape ecology 15, Nr. 2, 115 – 130.
- KEELER, B.-L., S. POLASKY, K.-A. BRAUMAN, K.-A. JOHNSON, J.-C. FINLAY, A.-O’NEILL, K. KOVACS & B. DALZELL (2012): Linking water quality and well-being for improved assessment and valuation of ecosystem services. PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America) Vol. 109, Nr. 45, 18619-18624.
- KOSCHKE, L. (2011): Exkurs 1 Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen in den ILE-Regionen Dresdener Heidebogen und Silbernes Erzgebirge – Ergebnisse der Akteursbefragung zur Kriteriengewichtung. In: KLIMAFIT (2011): Das Projekt KLIMAFIT in der Planungsregion Oberes Elbtal/ Osterzgebirge. Ausführliche empirische Berichte und Materialien. <[http://www.rpvelbtalosterz.de/fileadmin/tem\\_plates/PDF/Produkt\\_1.pdf](http://www.rpvelbtalosterz.de/fileadmin/tem_plates/PDF/Produkt_1.pdf)> (Stand: 2011) (Zugriff: 2013-03-30).
- KOSCHKE, L., C. FÜRST, S. FRANK & F. MAKESCHIN (2012a): A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. Ecological Indicators 21, 54 – 66.
- KUTSCH, W. (2001): Ansätze eines integrierten Beobachtungs- und Bewertungsinstrumentariums am Beispiel des Kieler Indikatorenmodells. <[http://www.dfld.de/Presse/PMitt/2001/RDF\\_011213-06.pdf](http://www.dfld.de/Presse/PMitt/2001/RDF_011213-06.pdf)> (Stand: 2001) (Zugriff: 2013-04-21).
- LEUSCHNER, C. & F. SCHIPKA (2004): Vorstudie Klimawandel und Naturschutz in Deutschland. BfN-Skripten 115. BMU-Druckerei: Bonn.
- Lindau, G. (2002): Die Entwicklung der Agrarlandschaften in Südbayern und ihre Beurteilung durch die Bevölkerung. Franziska Land Verlag: Berlin.
- MANNSELD, K. & H. RICHTER (Hrsg.) (1995): Naturräume in Sachsen. Forschung zur deutschen Landeskunde. Band 238. Zentralausschuss für deutsche Landeskunde: Trier.
- MANNSELD, K. & R.-U. SYRBE (Hrsg.) (2008): Naturräume in Sachsen. Forschung zur deutschen Landeskunde. Band 257. Selbstverlag Leipzig.
- MATTHIES, M., C. GUIPPONI & B. OSTENDORF (2007): Environmental decision support systems: Current issues, methods and tools. Environmental Modelling and Software 22, Nr.2 123 – 127.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): Ecosystems and Human Well-being – Synthesis.
- NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND (NABU) (2012): Naturschutzfachliche Anforderungen für Kurzumtriebsplantagen. Praktische Umsetzung von Maßnahmen bei der Neuanlage und Bewirtschaftung von Energieholzflächen (Voruntersuchung). <<http://www.bfn.de/>

- fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/Publikationen\_EuE/kupanforderungen.pdf> (Stand: 2012) (Zugriff: 2013-03-30).
- PERSSON, L., A. ARVIDSON, M. LANNERSTAD, H. LINDSKOG, T. MORRISSEY, L. NILSSON, S. NOEL & J. SENYAGWA (2010): Impacts of Pollution on Ecosystem Services for the Millennium Development Goals. <<http://bee-life.eu/medias/temp/sei-2010-impacts-pollution-ecosystem-services-mdg.pdf>> (Stand: 2010) (Zugriff: 2013-03-31).
- REGIONALES KLIMAANPASSUNGSPROGRAMM MODELLREGION DRESDEN (REGKLAM) (2012): Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm (IRKAP) für die Modellregion Dresden. <[http://www.regklam.de/fileadmin/Daten\\_Redaktion/Publikationen/Regionales-Klimaanpassungsprogramm\\_Lang\\_121101.pdf](http://www.regklam.de/fileadmin/Daten_Redaktion/Publikationen/Regionales-Klimaanpassungsprogramm_Lang_121101.pdf)> (Stand: 2012) (Zugriff: 2013-04-30).
- Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/ Osterzgebirge (2009): Regionalplan Oberes Elbtal/ Osterzgebirge. <[http://www.rpv-elbtalosterz.de/fileadmin/templates/PDF/Teil1\\_RPL.pdf](http://www.rpv-elbtalosterz.de/fileadmin/templates/PDF/Teil1_RPL.pdf)> (Stand: 2009) (Zugriff: 2013-05-10).
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNEREN (SMI) (2004): Raumordnung und Landesentwicklung in Sachsen <[http://www.landesentwicklung.sachsen.de/download/Landesentwicklung/LE\\_broschuere\\_2004.pdf](http://www.landesentwicklung.sachsen.de/download/Landesentwicklung/LE_broschuere_2004.pdf)> (Stand: 2004) (Zugriff: 2013-03-30).
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNEREN (SMI) (2012): Landesentwicklungsplan 2012. Geänderter Entwurf für das Beteiligungsverfahren gemäß §§9 und 10 ROG in Verbindung mit § 6 Abs. 2 SächsLPIG (Kabinettsbeschluss vom 25. September 2012) <[http://www.landesentwicklung.sachsen.de/download/Landesentwicklung/Geaenderter\\_LEP\\_25\\_09\\_2012.pdf](http://www.landesentwicklung.sachsen.de/download/Landesentwicklung/Geaenderter_LEP_25_09_2012.pdf)> (Stand: 2012) (Zugriff: 2013-03-30).
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL) (2001): Windleitfaden. Leitfaden zur Genehmigung von Windkraftanlagen im Freistaat Sachsen <[http://www.iwr.de/wind/raum/ro\\_prog/sachs2001.pdf](http://www.iwr.de/wind/raum/ro_prog/sachs2001.pdf)> (Stand: 2013) (Zugriff: 2013-04-10).
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL) (2013): Waldstrategie 2050 für den Freistaat Sachsen <[http://www.forsten.sachsen.de/wald/download/Kabinettsvorlage\\_Waldstrategie2050\\_fuer\\_KPK.pdf](http://www.forsten.sachsen.de/wald/download/Kabinettsvorlage_Waldstrategie2050_fuer_KPK.pdf)> (Stand: 2013) (Zugriff: 2013-03-30).
- WOODLEY, S., J.-J. KAY & G. FRANCIS (1993): Ecological integrity and the management of ecosystems. St. Lucie Pr.: Ottawa.

## **Selbstständigkeitserklärung**

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und nur angegebene Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich kenntlich gemacht.

Jena, den 15.05.2013 Martin Schultze