



FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA
Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät
Institut für Geographie
Lehrstuhl für Geoinformatik

Belegarbeit:

„Der Einsatz von GISCAMÉ für die Modellregion Mittelsachsen“

Modul GEO404: Angewandte Geoinformatik
Verantwortliche Dozentin: Dr. Christine Fürst
Wintersemester 2012/2013

Angefertigt von:

Dominik Pipjorke
Matrikelnummer: 139355
dominik.pipjorke@uni-jena.de

Jena, 26. April 2013

Abkürzungsverzeichnis

AAMS	Automatisches Attribut Managment System
DWD	Deutscher Wetterdienst
KUP	Kurzumtriebsplantagen
LSM	Landschaftsstrukturmaße
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
NN	Normalnull
ÖSDL	Ökosystemdienstleistungen
VBG	Vorbehaltsgebiet
VRG	Vorranggebiet
Regklam	Regionales Klimaanpassungsprogramm für Modellregion

Gliederung

1	Einleitung	4
2	Beschreibung der Modellregion	4
2.1	Untersuchungsgebiet Kachel 04:07	5
3	Ökosystemdienstleistungen und Bewertung	7
3.1	Klimawandelfolgenreduzierung	8
3.2	Bioressourcenbereitstellung	8
3.3	Ökologische Integrität	8
3.4	Regionalökonomie	8
3.5	Ästhetischer Wert	9
3.6	Menschliches Wohlergehen	9
3.7	Landschaftsstrukturmaße	9
3.8	Bewertungsmatrix	10
4	Strategie der Szenariobildung	11
5	Ergebnisse	13
5.1	Szenario „Waldmehrung in Vorrang- sowie Vorbehaltsgebieten für Wald und Natur“	13
5.2	Teilszenario „Waldumbau“	14
5.3	Teilszenario „Kurzumtriebsplanatagen statt Ackerflächen“	15
5.4	Integriertes Szenario „Klimamax“	16
5.5	Integriertes Szenario „Regiomax“	19
5.6	Ableitung eines empfehlenswerten Szenarios	21
6	Diskussion und Fazit	24
7	Literatur	26

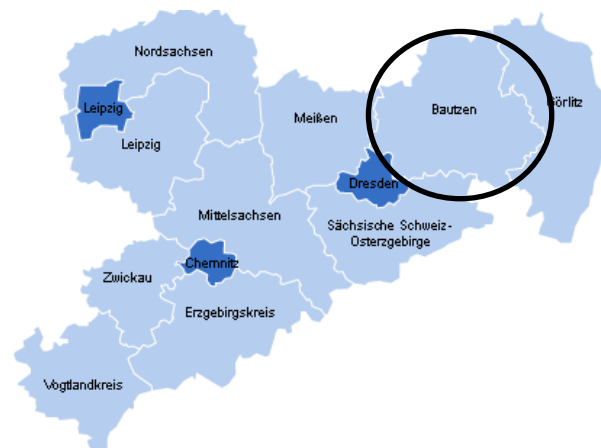
1 Einleitung:

Der potenzielle Klimawandel und der steigende ökonomische Wettbewerb zwischen Regionen machen eine Anpassung der Landschaft notwendig. Daneben gewinnt aber auch der ökologische und ästhetische Wert einer Landschaft zunehmend an Bedeutung. So muss diese gegenwärtig und zukünftig diverse Dienstleistungen für Menschen, aber auch für Flora und Fauna vereinen. Die Herstellung dieser Multifunktionalität einer Landschaft ist nicht selten mit Schwierigkeiten verbunden, da verschiedene politische, gesellschaftliche und naturräumliche Gegebenheiten eine optimale Landnutzung behindern können. Das Ziel dieser Belegarbeit ist die Erstellung eines Landnutzungsszenarios für eine vorgegebene Modellregion in Sachsen. Dies soll unter besonderer Berücksichtigung der genannten Schwierigkeiten geschehen. Als Instrument dazu dient das Softwaretool GISCAM, welches die Simulation, Visualisierung und Bewertung von Trends einer Landnutzungsänderung unterstützt. Im Laufe dieser Arbeit wird mit Hilfe dieses Tools ein Landnutzungsszenario entwickelt, welches eine möglichst ausgeglichene Multifunktionalität bietet und an zukünftige Anforderungen angepasst ist.

2 Beschreibung der Modellregion

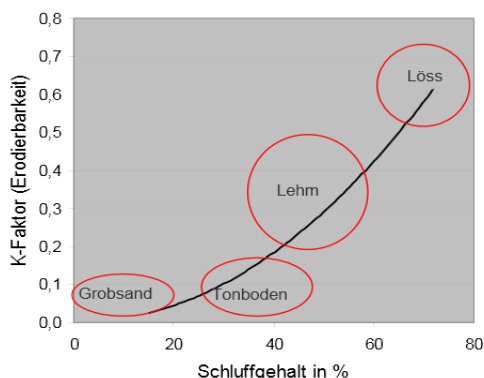
Das Untersuchungsgebiet befindet sich im vom Löss geprägten sächsischen Landkreis Bautzen (Abbildung 1). Diese Region erstreckt sich über eine Fläche von 239.062 Hektar. Das Relief kann als abwechslungsreich beschrieben werden. Es werden Höhen zwischen 150 und 587 Metern erreicht. Das Vorhandensein von fruchtbaren Lössböden ermöglicht die Erschließung von Ackerflächen in großem Maße. Löss ist charakterisiert durch einen hohen Schluffgehalt, der ein großes Wasserspeichervermögen von 250 l/m³ aufweist und für Ackerpflanzen zur Verfügung steht. Die Korndurchmesser der

Abbildung 1: Verteilung der Landkreise in Sachsen



Quelle: SMS 2013 (bearbeitet)

Abbildung 2: Erodierbarkeit in Abhängigkeit des Schluffgehalts



Quelle: Bräunig 2011

Lössböden sind als überwiegend gering zu beschreiben. Schluff erreicht durchschnittliche Korngrößen von 0,02 mm, während Ton Korngrößen von gar nur 0,002 mm besitzt. Zudem sind die Böden steinfrei und durch Nährstoffadsorption gekennzeichnet, welches durch den Tongehalt von ca. 20% hervorgerufen wird. (Bräunig 2011: 4) Nichtsdestotrotz sind diese fruchtbaren Ackerböden durch Erosion gefährdet. Mit dem Ansteigen des Schluffgehalts im Boden steigt ebenfalls die Erodierbarkeit an (Abbildung 2). So ist bereits bei moderaten Hangneigungen eine Erosion möglich.

Ein Großteil der Modellregion ist von einer mittleren bis äußerst hohen Erosionsgefährdung betroffen. Aufgrund dieses Erosionsrisikos ist Ackerbau in der Modellregion trotz sehr hoher Fruchtbarkeit mit Ertragseinbußen verbunden. Die Berücksichtigung dieser Faktoren bei der Landschaftsplanung ist deshalb von Wichtigkeit.

Bezüglich seiner Waldfläche kann der Landkreis Bautzen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt als überdurchschnittlich beschrieben werden. Der Waldanteil im Landkreis liegt bei 34%, während dieser im bundesdeutschen Durchschnitt bei 30% liegt. Die Hauptbaumarten stellen dabei die Kiefer mit einem Anteil von 63% am Gesamtvorkommen sowie die Fichte und Birke mit einem Anteil von jeweils 13% dar. Erwähnenswert ist außerdem die vom bundesdeutschen sowie sächsischen Durchschnitt abweichende Verteilung der Waldeigentumsarten. Mit einem Anteil von 63% befindet sich ein Großteil des Waldes in Privatbesitz. Im sächsischen bzw. deutschen Durchschnitt sind knapp 45% als Privatwald gekennzeichnet (Forstbericht 2008). Demgegenüber sind nur 25% des Waldes in Besitz des Freistaates bzw. Bundes. Eine effiziente Waldbewirtschaftung ist in von Privatwäldern dominierten Regionen zumeist eingeschränkt, da diese in ihrer Größe begrenzt sind. So ist mehr als die Hälfte des Privatwaldes im Landkreis kleiner als 1 Hektar. Ein weiterer Anteil von 36% ist maximal 5 Hektar groß. Dies führt zu einer Gemengelage des privaten Waldbesitzes. Die Waldnutzung kann folglich nicht in erstrebenswertem Maße durchgeführt werden. (Kreisforstamt Bautzen 2011: 3).

Klimatisch gesehen befindet sich das Untersuchungsgebiet in der gemäßigten Zone. Die Durchschnittstemperatur im Zeitraum von 1961-1990 betrug in Dresden 8,9 Grad Celsius und kann als Orientierungswert für die Region gewertet werden. Die tatsächliche Temperatur ist letztendlich vor allem abhängig von der Höhe des Standortes. Darüber hinaus sind die Niederschlagssummen im Vergleich zu den meisten Regionen Deutschlands geringer. Im erwähnten Beobachtungszeitraum zwischen 1961-1990 fiel ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von 666 mm (DWD 2013).

Begründet durch den potenziellen Klimawandel ist zukünftig mit einem Ansteigen der Durchschnittstemperaturen sowie einer Verringerung der Niederschlagssummen zu rechnen, was bei der Wahl zukünftiger Landnutzungsformen berücksichtigt werden muss.

Hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung folgt der Landkreis dem Trend der meisten anderen sächsischen Landkreise, welche ein negatives Bevölkerungswachstum vorweisen. Hervorgerufen werden diese Trends vorwiegend durch niedrige Fertilität, aber auch Abwanderung. Zwischen 1990 und 2008 verlor der Landkreis 16,1% seiner Bevölkerung. Bevölkerungsprognosen gehen für das Jahr 2025 im Vergleich zum Referenzjahr 2011 von einer weiteren Abnahme der Einwohnerzahl zwischen 15,9% und 18,1% aus (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2011, 13).

2.1 Untersuchungsgebiet Kachel 04:07

Das Untersuchungsgebiet Kachel 04:07 befindet sich im äußersten Westen des Landkreises Bautzen. Innerhalb der Kachel liegen die Gemeinden Großnaundorf, Wachau, Lichtenberg sowie Teile von Ottendorf-Okrilla (Abbildung 3).

Die Landschaft ist geprägt durch einen hohen Anteil von nicht-bewässerten Ackerflächen, die sich vor allem auf den südlichen Teil des Untersuchungsgebiets konzentrieren. Insgesamt sind in der Ausgangssituation 53,11% der Fläche für Ackerbau reserviert. Weiterhin werden Teile der Fläche für Weideland, Parzellen und Agrarkultur genutzt. Diese benötigen in der

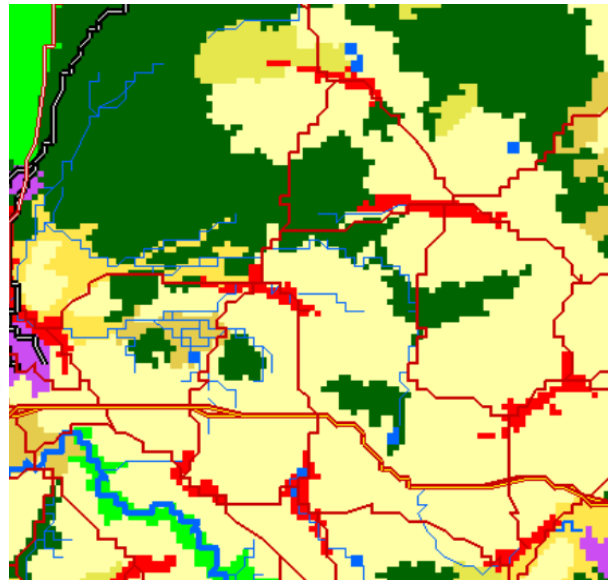
Summe knapp 10% der Fläche. Der nördliche Teil ist charakterisiert durch größere zusammenhängende Flächen von extensivem Nadelwald. Dieser nimmt einen Anteil von knapp 30% an der Gesamtfläche ein. Kleinere Bestände von Eiche-Kiefer-Mischwäldern befinden sich im äußersten Nordwesten des Untersuchungsgebiets sowie rund um das Fließgewässer Große Röder im Südwesten (Abbildung 4).

Abbildung 3: Lokalisierung des Untersuchungsgebiets im Landkreis Bautzen



Quelle: http://ftz-bischofswerda.de/km_ueberblick.php

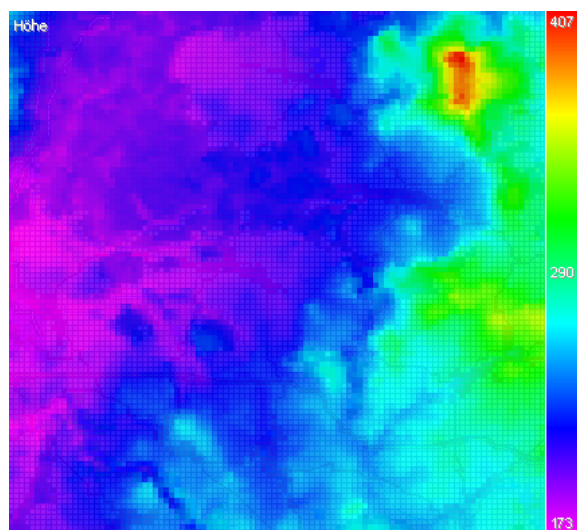
Abbildung 4: Landnutzungstypen im Untersuchungsgebiet



Quelle: GISCAM.com 2013

Siedlungen sind in der Region in geringem Ausmaße vorhanden. Nur 3,79% der Fläche sind mit Siedlungen besetzt. Vorwiegend handelt sich dabei um Straßendörfer, die sich rund um die Kreis- und Staatsstraßen entwickelt haben. Industrieflächen spielen ebenfalls eine untergeordnete Rolle und machen insgesamt nur knapp über 1% der Fläche aus. Auffallend ist eine ausgeprägte Zerschneidung der Landschaft durch Kreis- und Staatsstraßen sowie der Autobahn A4. Das Relief ist geprägt durch ein Ost-West-Gefälle. Im Osten werden Höhen von teilweise über 400 Meter über NN erreicht, während sich diese nach Westen auf unter 200 Meter über NN verringern (Abbildung 5). Darüber hinaus bewirkt der Höhengradient eine unterschiedliche Niederschlags- und Temperaturverteilung. In den östlichen Hochflächen fallen verbreitet zwischen 700 bis 800 mm Niederschlag pro Jahr, während sich diese im westlichen Teil bei ca. 650 mm Jahresniederschlag einpendeln. Im Gegenzug sind die Temperaturen im Osten etwa ein Grad Celsius niedriger als im Westen.

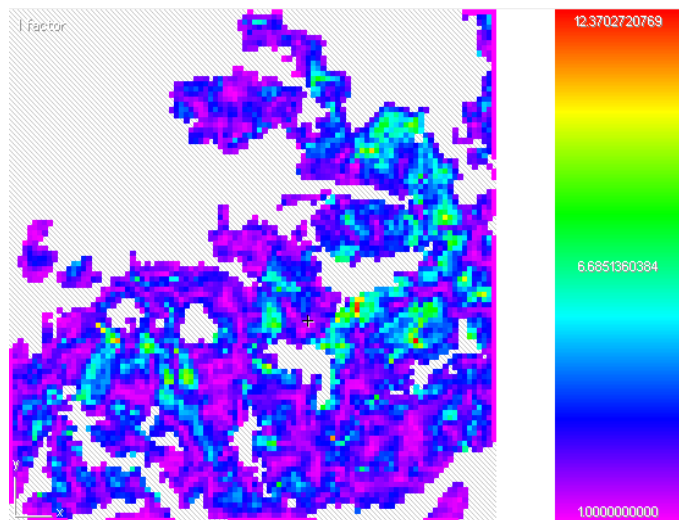
Abbildung 5: Darstellung des Reliefs



Quelle: GISCAM.com 2013

Die im vorigen Abschnitt erläuterte Erosionsgefahr des Bodens ist auch im Untersuchungsgebiet vorhanden. Diese Gefahr kann anhand des L-Faktors ermittelt werden. Der L-Faktor gibt an wie das Verhältnis des Bodenabtrags eines Hanges beliebiger Länge zu dem eines Standardhanges ist. Er beinhaltet neben der eigentlichen Hanglänge auch die Neigung eines Hanges (Wolf 2006: 20). Hohe L-Faktor-Werte sind vor allem in den Hangflächen im Osten anzufinden. Auf den nicht-bewässerten Ackerflächen werden verbreitet L-Faktoren zwischen 6 bis 12 erreicht (Abbildung 6). Dies bedeutet, dass der Bodenabtrag dort sechs bis zwölf Mal höher ist als an einem Standardhang.

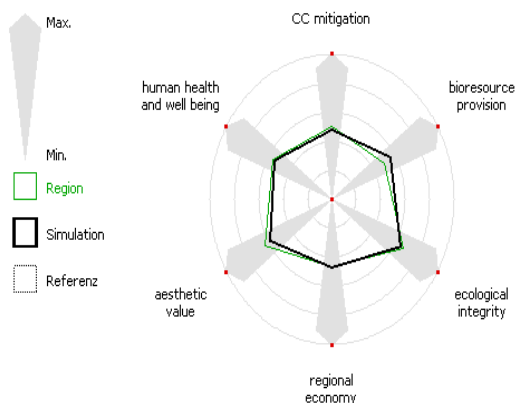
Abbildung 6: Darstellung des L-Faktors



Quelle: GISCAMÉ.com 2013

Hinsichtlich der Bewertung der Landnutzungen ist im Vergleich zur Region ein geringerer Beitrag zur Klimawandelminderung zu erkennen (Abbildung 7). Gleichzeitig ist jedoch durch den hohen Anteil von landwirtschaftlich genutzten Flächen eine relativ höhere Bioressourcenbereitstellung ausfindig zu machen. Die Bewertung der Ästhetik sowie des menschlichen Wohls erhalten wiederum Abzüge, während regionalökonomisch gesehen keine großen Unterschiede im Vergleich zur Region vorhanden sind.

Abbildung 7: Vergleich der Ökosystemdienstleistungen von Simulation und Region



Quelle: GISCAMÉ.com 2013

3 Ökosystemdienstleistungen und Bewertung

Es ist erwünscht, dass ein Ökosystem eine Vielzahl von Leistungen erbringt, von denen Menschen profitieren. Diese Leistungen wurden vom Millennium Ecosystem Assessment [MEA] im Jahr 2005 in vier Hauptgruppen eingeteilt, den unterstützenden Leistungen, Versorgungsleistungen, Regulationsleistungen sowie kulturell-sozialen Leistungen. Diese Ökosystemleistungen sind auch Grundlage für die integrierte Bewertungsmatrix in GISCAMÉ und demzufolge für eine spätere Szenariobildung unverzichtbar. Im Folgenden werden die zur Szenarioerstellung berücksichtigten Ökosystemdienstleistungen (ÖSDL) und Bewertungsgrundlagen erläutert:

3.1 *Klimawandel-minderung:*

Als Regulationsleistung findet die Klimawandel-minderung Verwendung in GISCAME. Diese Ökosystemdienstleistung soll darstellen, in welchem Maße der Landnutzungstyp einen Beitrag zur Reduzierung von Risiken des Klimawandels leistet. Dabei wird der regulierende Beitrag auf lokaler und globaler Ebene betrachtet. Darüber hinaus spielen die Regulierung des Wasserhaushaltes und der Schutz vor Bodenerosion eine Rolle bei der Bewertung dieser Ökosystemdienstleistung.

Als Indikator für die Bewertung wird vor allem auf die C-Sequestrierung zurückgegriffen. Dabei wird ermittelt in welchem Ausmaß eine Kohlenstoffspeicherung in Boden oder Biomasse einer bestimmten Landnutzungsform vorhanden ist. Eine ausgeprägte Kohlenstoffspeicherung bewirkt einen positiven Beitrag zum Klimaschutz, da die gefährlichen Kohlenstoffverbindungen im Boden gebunden werden und nicht in die Atmosphäre gelangen können (Hülsberger 2011: 1).

Für die Untersuchung der Erodierbarkeit eines Bodens wird der C-Faktor hinzugezogen. Dieser beschreibt das Verhältnis des Bodenabtrages bei Kultivierung bestimmter Fruchtarten zum Bodenabtrag unter Standardbedingungen.

3.2 *Bioressourcenbereitstellung*

Die Bioressourcenbereitstellung gibt an welchen Beitrag eine Landnutzung hinsichtlich der Produktion von Biomasse und Lebensmitteln hat. Dabei werden pflanzliche Nahrungs- und Futtermittel ebenso berücksichtigt wie Biomasse. Bewertet wird dabei der Lebensmittel- bzw. Biomasseertrag in Tonnen pro Hektar pro Jahr. Je ertragreicher eine Landnutzungsform ist, desto wertvoller ist diese letztlich hinsichtlich der Bioressourcenbereitstellung

3.3 *Ökologische Integrität*

Im Hinblick auf die ökologische Integrität eines Landnutzungstyps muss dessen Biodiversität ermittelt werden. Dabei wird berücksichtigt wie groß der Artenreichtum ist und ob Spezialisten, also besonders schützenswerte Flora und Fauna, vorhanden ist. Ebenso fließen als Kriterien die Grundwasseranreicherung sowie der Austrag von Phosphor und Nitrat aus dem Sickerwasser in die Bewertung ein. Phosphor und Nitrat entstehen vor allem dort, wo Landwirtschaft ansässig ist und mit Dünger gearbeitet wird. (Fürst 2013: 6,72)

3.4 *Regionalökonomie*

Unter dieser Ökosystemdienstleistung wird zusammengefasst, welche Güter und Erträge aus landbasierter Produktion sowie aus Dienstleistungen und Nachnutzungen hervorgehen. Neben diesen Geldeinnahmen, die durch den Verkauf von Produkten entstehen, werden das Pro-Kopf-Einkommen und der Beitrag zum regionalen Steueraufkommen berücksichtigt. Dabei wird das private und öffentliche Steueraufkommen berechnet. Darüber hinaus wird geprüft, wie viele Arbeitsplätze durch die entsprechende Landnutzung generiert werden. Die Summierung dieser Kriterien und Indikatoren macht eine regionalökonomische Bewertung erst möglich.

3.5 *Ästhetischer Wert*

Der ästhetische Wert einer Landschaft gewinnt seit Jahrzehnten kontinuierlich an Bedeutung. So sollte eine Landschaft nicht nur einen Beitrag zur Ökonomie und Bioressourcenbereitstellung ermöglichen, sondern im besten Falle auch noch Erholungswert und Schönheit. Dabei wird neben dem natürlich-ästhetischen Wert eines Landschaftsbildes auch auf den architektonischen Wert von Siedlungen und Industrieanlagen geachtet. Ist die Ausübung von Freizeitaktivitäten und Erholung durchführbar, so erhöht dies den ästhetischen Wert einer Landnutzung. Zur Bewertung werden die Besucherzahlen einer Landnutzung berücksichtigt. Insgesamt erfolgt die Bewertung aber vor allem auf qualitativer Art und Weise durch Expertenmeinungen. Ebenfalls ist die Präferenz von ästhetischen Werten regional verschieden und muss daher auch regional unterschiedlich bewertet werden.

3.6 *Menschliches Wohlergehen:*

In enger Verbindung zur Ästhetik einer Landschaft steht das menschliche Wohlergehen. Dieses steigt, wenn eine Landnutzung Freizeitaktivitäten und Erholungspotenzial ermöglicht. Daneben wird die Qualität von Wasser und Luft bewertet. Dies erfolgt wiederum durch die Ermittlung des Austrags von Nitrat mit dem Sickerwasser bzw. durch das Messen der Kaltluftproduktion.

3.7 *Landschaftsstrukturmaße*

GISCAMÉ bietet neben der Bewertung von Ökosystemdienstleistung auch eine Bewertung der Landschaftsstruktur. Die Landschaftsstruktur beschreibt dabei die Zusammensetzung und Anordnung von Elementen in einer Landschaft. In der europäischen Landschaftsplanung wird diese zumeist in die Komponenten der „Primären Landschaftsstruktur“ sowie der „Sekundären Landschaftsstruktur“ aufgeteilt (Walz 2004:21f). Dabei umschreibt die primäre Landschaftsstruktur den Naturraum ohne anthropogene Einflüsse, während die sekundäre Landschaftsstruktur die verschiedenen Nutzungen einer Landschaft berücksichtigt. So sind Straßen und Bahnlinien ein Störfaktor für die primäre Landschaftsstruktur, da Biotopverbünde zerschnitten werden und folglich die Biodiversität eingedämmt wird.

Landschaftsstrukturmaße sind Indizes, die die Zusammensetzung und räumliche Ordnung einer Landschaft beschreiben. Es spielen Größe, Form, Anzahl, Art und Anordnung der Landschaftselemente eine wichtige Rolle. (Fürst 2013: 6;92). Insgesamt ist dadurch eine „qualitative Einschätzung der Auswirkung der Landschaftsstruktur auf die ökologische Intaktheit [...] und Landschaftsästhetik“ möglich (GISCAMÉ.com)

GISCAMÉ nutzt zur Einschätzung der Landschaftszerschneidung die effektive Maschenweite. Dieser Indikator zeigt das Ausmaß dieser Zerschneidung an und erlaubt Aussagen über dadurch begründete Störungen für Wildtiere (IÖR 2013).

Die Kosten-Distanz-Analyse sagt aus wie aufwendig es für ein Wildtier ist, von einer naturnahen Fläche in die andere naturnahe Fläche zu gelangen. Kosten werden durch naturfernere Landnutzungen wie Straßen, Flughäfen und Siedlungen erhöht. Diese Nutzungen werden als Barriere gegen eine Bewegung gewertet und verhindern die Ausbildung eines Biotopverbundes (Frank 2010: 16).

Da es Arten gibt, die nicht in Randlagen von naturnahen Flächen leben können, wird der

Kernflächenindex in die Berechnung der LSM hinzugefügt. Dieser gibt an, wie viel Prozent der naturnahen Flächen als Kernfläche vorliegen und somit potenziell für diese Arten in Erwägung gezogen werden können.

Zur Ermittlung der Landschaftsdiversität wird der Shannon-Index berechnet. Dieser berücksichtigt neben der Artenvielfalt auch die Anzahl der jeweiligen Arten (GeoDZ 2010). Um darüber hinaus Aussagen über die Kompaktheit von naturnahen Landnutzungstypen machen zu können, wird der SHAPE-Index genutzt, dessen Wert steigt, je struktureicher die Landnutzungsform ist.

Die Berücksichtigung dieser Indizes ermöglicht eine umfassende Bewertung der ökologischen Integrität eines Beobachtungsgebiets.

3.8 Bewertungsmatrix:

Die Bewertungsmatrix resultiert aus den vorgenommenen Bewertungen der Landnutzungstypen hinsichtlich der Ökosystemdienstleistungen. Die Ergebnisse müssen normalisiert werden und können dann gewichtet in die Matrix eingetragen werden, um eine anschließende Szenarioerstellung zu ermöglichen. Typisch ist dabei eine unterschiedliche Bewertung der Landnutzungstypen im Hinblick auf die verschiedenen Dienstleistungen des Ökosystems. So wird Waldflächen im Vergleich zu versiegelten und landwirtschaftlich genutzten Flächen eine höhere ökologische Integrität, Ästhetik und Klimawandelminderung zugeschrieben, während Regionalökonomie und Bioressourcenbereitstellung vorwiegend geringer bewertet werden. Als Bewertungsgrundlage wurde das Landnutzungstypen-Set „REGKLAM mit Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Waldentwicklungstypen (WET)“ integriert (Abbildung 8). Das Ranking liegt im Bereich von 0 – 100 vor, wobei 100 die bestmögliche Bewertung beschreibt.

Abbildung 8: Bewertungsmatrix der Landnutzungstypen

Parameter Funktion	CC mitigation	bioresource provision	ecological integrity	regional economy	aesthetical value	human health and well being
Continuous urban fabric	0	40	0	75	40	0
Discontinuous urban fabric	0	0	0	40	50	0
Industrial or commercial units	0	0	0	100	0	0
Road and rail	0	0	0	0	0	0
Port areas	0	0	0	70	20	0
Airports	0	0	0	85	0	0
Abbaufäche	0	0	0	45	0	0
Dump sites	0	0	0	70	0	0
Construction sites	0	0	0	0	0	0
Green urban areas	20	0	10	0	40	15
	CC mitigation	bioresource provision	ecological integrity	regional economy	aesthetical value	human health and well being
Sport and leisure facilities	20	0	30	0	20	30
Non-irrigated arable land	30	100	50	80	40	40
Vineyards	50	15	70	45	50	40
Fruit trees and berry plantati	60	5	80	20	60	40
Pastures	50	30	80	30	70	30
Complex cultivation patters	60	5	90	5	70	45
Agriculture + natural vegetati	50	60	50	75	40	70
Natural grassland	50	5	80	10	50	70
Short rotation coppice	100	100	50	35	50	70
Transitional woodland-shrub	60	0	90	0	70	0
	CC mitigation	bioresource provision	ecological integrity	regional economy	aesthetical value	human health and well being
Bare rocks	0	0	0	0	0	0
Sparsely vegetated areas	0	0	0	0	0	0
Inland marshes	0	0	0	0	0	0
Peat bogs	0	0	0	0	0	0
Scots pine - birch mixed fores	70	10	90	5	80	85
Scots pine - oak mixed forests	80	20	100	15	90	90
Scots pine mixed forests	80	20	100	20	100	90
Oak - Scots pine mixed forests	70	20	100	10	100	95

Oak - European beech mixed for	95	25	100	20	100	100
Hydromorphe Oak - deciduous tr	90	25	100	20	100	100
	CC mitigation	bioresource provision	ecological integrity	regional economy	aesthetical value	human health and well being
Oak - noble hardwoods mixed fo	100	20	100	15	100	100
European beech - oak mixed for	95	30	100	40	100	100
European beech - Silver fir mi	100	35	100	35	100	100
European beech - Norway spruce	85	40	100	55	100	95
European beech - noble hardwoo	100	35	100	45	100	100
Norway spruce - mountain fores	70	40	90	65	80	80
Norway spruce - Silver fir mix	95	40	100	75	100	100
Norway spruce - European beech	85	40	100	60	100	80
Extensively managed conifero	80	10	100	10	90	85
Peat-bog forests	100	10	100	5	100	100
	CC mitigation	bioresource provision	ecological integrity	regional economy	aesthetical value	human health and well being
Creek valley forests	100	30	100	20	100	100
Floodplain forests	100	20	100	15	100	100
Red oak mixed forests	95	25	80	30	60	95
Douglas fir - oak mixed forest	95	35	80	60	70	90
Fluß Kategorie1	100	0	100	5	100	100
Fluß Kategorie2	100	0	100	5	100	100
Fluß Kategorie3	100	0	100	5	100	100
Fluß Kategorie4	100	0	100	5	100	100
Fluß Kategorie5	100	0	100	5	100	100
Straße/Bahn Kategorie1	0	0	0	0	0	0
	CC mitigation	bioresource provision	ecological integrity	regional economy	aesthetical value	human health and well being
Straße/Bahn Kategorie2	0	0	0	0	0	0
Straße/Bahn Kategorie3	0	0	0	0	0	0
Straße/Bahn Kategorie4	0	0	0	0	0	0
Straße/Bahn Kategorie5	0	0	0	0	0	0
Gewässer Kategorie1	100	0	100	5	100	100
Gewässer Kategorie2	100	0	100	5	100	100
Gewässer Kategorie3	100	0	100	5	100	100
Gewässer Kategorie4	100	0	100	5	100	100
Gewässer Kategorie5	100	0	100	5	100	100

Quelle: GISGAME.com 2013

Mit Hilfe dieser Bewertungsgrundlage kann nun mit der Szenarienerstellung für zukünftige Landnutzung im Untersuchungsgebiet begonnen werden. Im Folgenden wird die Strategie dieser Szenariobildung erläutert.

4 Strategie der Szenariobildung:

Zur Ableitung einer möglichst optimierten Landnutzung im Untersuchungsgebiet wird auf eine Strategie zurückgegriffen. In dieser Strategie werden anfangs Teilszenarien erstellt, die einen Fokus auf eine bestimmte Ökosystemdienstleistung haben (Abbildung 9). Dabei werden in einem ersten Teilszenario Vorranggebiete sowie Vorbehaltsgebiete für Natur und Wald umgebaut. In zwei weiteren Teilszenarien wird ein kompletter Umbau der Waldflächen bzw. aller landwirtschaftlich genutzten Flächen vorgenommen. Kommt es in der Folge zu einer Verbesserung der fokussierten Ökosystemdienstleistungen, werden die betroffenen Szenarien für die Bildung von integrierten Szenarien berücksichtigt. Eine nicht-signifikant positive bzw. eine überwiegend negative Veränderung führt zum Verwerfen des Teilszenarios. Ein erstes integriertes Szenario („Klimamax“) legt dabei vor allem Wert auf die Klimawandel-minderung. Darüber hinaus wird jedoch darauf geachtet, dass auch alle weiteren Ökosystemdienstleistungen eine positive Entwicklung aufweisen. In einem zweiten integrierten Szenario wird der Fokus auf die Verbesserung der Regionalökonomie gelegt. Auch hier wird auf eine möglichst positive Entwicklung der anderen nicht fokussierten Ökosystemdienstleistungen Wert gelegt.

Abbildung 9: Strategie der Szenarienerstellung



Aus diesen zwei integrierten Szenarien wird schließlich ein empfehlenswertes Szenario für das Untersuchungsgebiet abgeleitet. Dieses berücksichtigt neben der Verbesserung der Ökosystemdienstleistungen auch eine positive Veränderung der Landschaftsstrukturmaße.

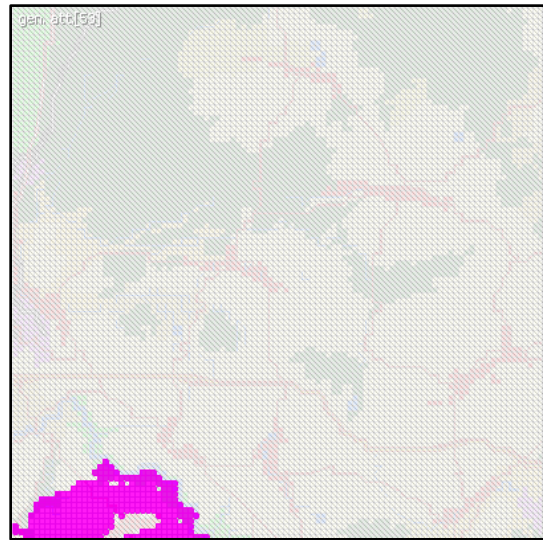
5 Ergebnisse:

5.1 Szenario „Waldmehrung in Vorrang- sowie Vorbehaltsgebieten für Wald und Natur“

Im ersten Teilszenario wird eine Waldmehrung auf Vorranggebieten sowie Vorbehaltsgebieten für Wald und Natur vorgenommen. Diese Gebiete befinden sich im äußersten Südwesten des Beobachtungsgebiets. Da VBG und VRG für Wald bzw. Natur nicht auf identischen Standorten registriert wurden, müssen diese Gebiete mit Hilfe des „Automatisierten Attribut Management Systems (AAMS)“ in GISCAMÉ verschnitten werden. Dieses Addon kann die vier Attribute zu einem einzelnen Attribut zusammenfassen. Die Verschneidung ergab die in Abbildung 10 zu erkennenden Gebiete, die potenziell für Waldmehrung herangezogen werden können. Die extrahierten Flächen wurden schließlich mit Eiche-Kiefer-Mischwäldern aufgestockt, da diese bereits rund um das Fließgewässer „Große Röder“ vorhanden und gut an die trockeneren Bedingungen angepasst sind.

Die Durchführung dieser Waldmehrung ergab kleinere Verbesserungen im Hinblick auf Klimawandelminderung, ökologischer Integrität, Ästhetik sowie menschlichem Wohlbefinden. Allerdings nahm gleichzeitig die Bewertung der regionalen Ökonomie sowie der Bioressourcenbereitstellung in geringem Maße ab, da diese Waldmehrung auf zuvor landwirtschaftlich genutzten und somit ökonomisch wertvolleren Flächen vorgenommen wurde (Tabelle 1).

Abbildung 10: VBG & VRG für Waldmehrung und Natur



Quelle: GISCAMÉ.com 2013

Tabelle 1: Veränderungen der Bewertungen der ÖSDL

	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
CC mitigation	47 50	0	100	48 50	↑
bioresource provision	55 49	0	100	53 49	↓
ecological integrity	65 67	0	100	66 67	↑
regional economy	47 46	0	100	46 46	↓
aesthetical value	58 63	0	100	59 63	↑
human health and well being	54 55	0	100	55 55	↑

Quelle: GISCAMÉ.com 2013

Hinsichtlich der Landschaftsstrukturmaße konnten keine signifikanten Veränderungen erfasst werden.

Die jeweils geringen Abweichungen können durch die überschaubare Größe der umgewandelten Flächen erklärt werden. So wurde nur ein kleiner Teil des 10x10 Kilometer großen Untersuchungsgebiets mit VBG und VRG markiert. Nichtsdestotrotz sollten die Gebiete in der Endbewertung berücksichtigt werden, da diese im Raumordnungsgesetz verankert sind.

5.2 Teilszenario „Waldumbau“

Wie bereits in der Beschreibung des Untersuchungsgebiets (siehe Seite 6) erwähnt, dominieren extensive Nadelwälder das Untersuchungsgebiet. Hinsichtlich der Ökosystemdienstleistungen haben diese Wälder schlechtere Bewertungen als viele andere Waldarten. Besonders die Bewertung der Bioressourcenbereitstellung und Regionalökonomie ist mit jeweils 10 von 100 möglichen Punkten in der Relation sehr niedrig. Daher ist ein umfassender Waldumbau empfehlenswert. Auf den ersten Blick empfiehlt sich der Ersatz der extensiven Nadelwälder durch Fichte-Tanne-Mischwälder. Diese Bestände leisten mit 75 von 100 Punkten einen sehr guten Beitrag zur Regionalökonomie und sind insgesamt in der Relation zu den anderen Waldarten am besten bewertet. Es muss jedoch erwähnt werden, dass ein kompletter Ersatz durch Fichte-Tanne-Mischwälder nicht sinnvoll wäre, da insbesondere die Fichte hohe Niederschlagssummen benötigt. Längere Trockenphasen schwächen diesen Baum zunehmend und können Schädlingsbefall beschleunigen. Aufgrund der geringen Niederschlagsmengen im Untersuchungsgebiet wird daher auf ein ausschließliches Fichte-Tanne-Szenario verzichtet.

Stattdessen wird auf den Wirtschaftsbaum Douglasie zurückgegriffen. Diese Baumart ist auch an Trockenphasen angepasst und nur selten von Schädlingen befallen. Aufgrund der leichten Pflege und der hohen ökonomischen Wertigkeit wird dieser Baum auch oft als Wirtschaftsbaum betitelt. Der Ersatz der extensiven Nadelwälder durch Douglasienbestände

Tabelle 2: Veränderungen der Landschaftsstrukturmaße

	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
CC mitigation	47 50	0	100	51 50	↑
bioresource provision	55 49	0	100	62 49	↑
ecological integrity	65 67	0	100	59 67	↓
regional economy	47 46	0	100	61 46	↑
aesthetical value	58 63	0	100	52 63	↓
human health and well being	54 55	0	100	55 55	↑

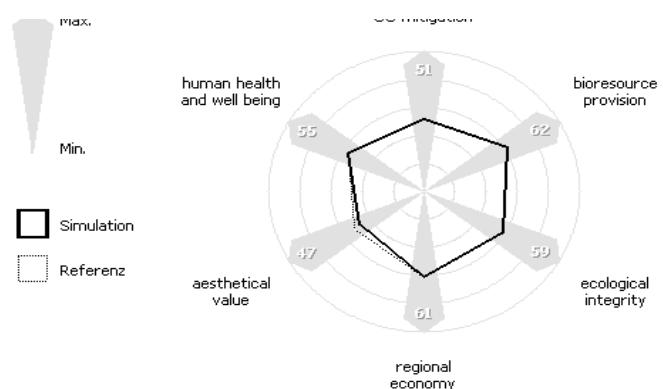
Quelle: GISCAME.com 2013

ergab die in Tabelle 2 dargestellten Entwicklungen. Zu erkennen ist eine erhebliche Verbesserung der Bioressourcenbereitstellung und Regionalökonomie. Letztere steigt um knapp 30%. Neben kleineren Verbesserungen hinsichtlich der Klimawandelminderung und dem menschlichen Wohlbefinden ist jedoch eine Verringerung der ästhetischen und ökologischen Wertigkeit erfolgt. Begründet ist dies durch eine geringere Biodiversität in den nicht-heimischen Douglasienwäldern. Diese Baumart kommt in Deutschland ursprünglich nicht vor, weshalb eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten nicht an diese Wälder angepasst sind.

Auch im Hinblick auf die Landschaftsstrukturmaße ist eine Verringerung aus ästhetischer und ökologischer Sicht wahrzunehmen (Abbildung 11). Diese negative Entwicklung ist vor allem durch den geringeren Grad der Natürlichkeit der Douglasie begründet. In GISCAME wird die Douglasie als mesohemerob (mäßig beeinflusst) klassifiziert, während der extensive Nadelwald als

ergab die in Tabelle 2 dargestellten Entwicklungen. Zu erkennen ist eine erhebliche Verbesserung der Bioressourcenbereitstellung und Regionalökonomie. Letztere steigt um knapp 30%. Neben kleineren Verbesserungen hinsichtlich der Klimawandelminderung und dem menschlichen Wohlbefinden ist jedoch eine Verringerung der ästhetischen und ökologischen Wertigkeit erfolgt. Begründet ist dies durch

Abbildung 11: Veränderungen der Landschaftsstrukturmaße



Quelle: GISCAME.com 2013

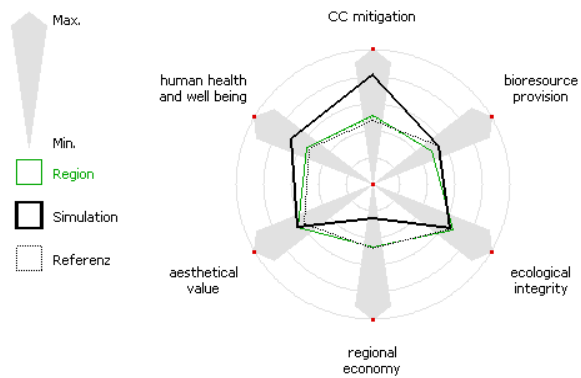
oligohemerob (gering beeinflusst) eingestuft wird. Diese naturfernere Hemerobiestufe der Baumart führt zu einer negativen Bewertungsveränderung der Landschaftsstrukturmaße.

Insgesamt kann die Betitelung der Douglasie als Wirtschaftsbaum bestätigt werden. Der Einfluss auf ein Wachstum der Regionalökonomie ist groß. Daher sollte in Szenarien, die auf Ökonomie fokussiert sind, die Douglasie einen hohen Anteil am Gesamtwaldbestand haben.

5.3 Teilszenario „Kurzumtriebsplantagen statt Ackerflächen“

In einem weiteren Teilszenario werden alle nicht-bewässerten Ackerflächen in Kurzumtriebsplantagen (KUP) umgewandelt. Es ist in diesem Fall nicht das Ziel ein möglichst realitätsnahes Szenario aufzubauen, denn der Ersatz der Gesamtfläche ist nicht realisierbar. Es sollen lediglich die Auswirkungen des Anbaus von KUP auf die ÖSDL und LSM dargestellt werden. Der Ersatz aller nicht-bewässerten Ackerflächen erbrachte vor allem im Hinblick auf die Klimawandelminderung eine um deutlich bessere Bewertung (+34) (Abbildung 12 und Tabelle 3).

Abbildung 12: Grafische Darstellung der Bewertungsveränderungen



Quelle: GISCAME.com 2013

Tabelle 3: Tabellarische Darstellung der Bewertungsveränderungen

	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
CC mitigation	47 50	0	100	81 51	⬆️
bioresource provision	55 49	0	100	55 49	➡️
ecological integrity	65 67	0	100	65 67	➡️
regional economy	47 46	0	100	25 46	⬇️
aesthetical value	58 63	0	100	63 63	⬆️
human health and well being	54 55	0	100	68 55	⬆️

Quelle: GISCAME.com 2013

Ebenfalls konnte das menschliche Wohlbefinden signifikant verbessert werden (+14). Neben einer positiveren Bewertung der Ästhetik (+5), kam es im Gegenzug aber vor allem regionalökonomisch zu einem erheblichen Bewertungsabzug (-22). Regionalökonomisch ist nicht-bewässertes Ackerland mit einer Bewertung von 80 deutlich ertragsreicher als KUP, die lediglich 35 Punkte erreichen.

Beim Betrachten der Landschaftsstrukturmaße ist im Vergleich zur Ausgangssituation eine Verschlechterung der ökologischen Integrität und Ästhetik von -10 Punkten wahrzunehmen (Abbildung 13).

Abbildung 13: Darstellung der naturnahen Flächen (grün) und Bewertungsveränderungen der Landschaftsstrukturmaße

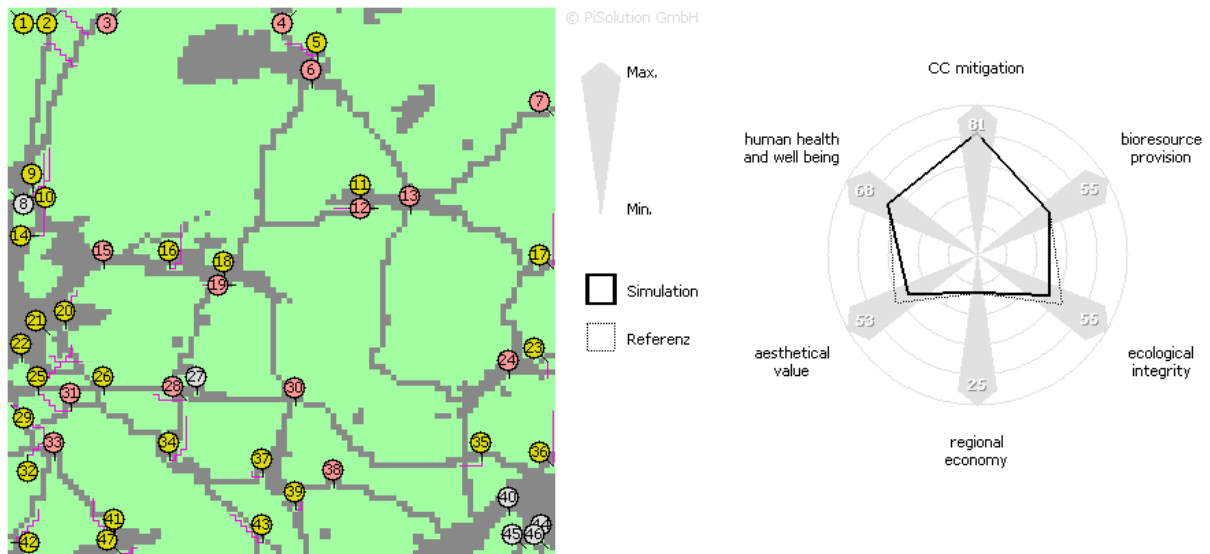


Tabelle 4: Landschaftsstrukturmaße

Verbundene naturnahe Fläche:	79.64%
Kernflächenindex naturnaher Flächen:	56.54%
Effektive Maschenweite unzerschnittener Freiräume:	3.58km ²
Formindex naturnaher Flächen:	1.47
Shannon's Diversitätsindex:	1.25
Patchdichte:	0.29/km ²

Quelle: GISCAM.com 2013

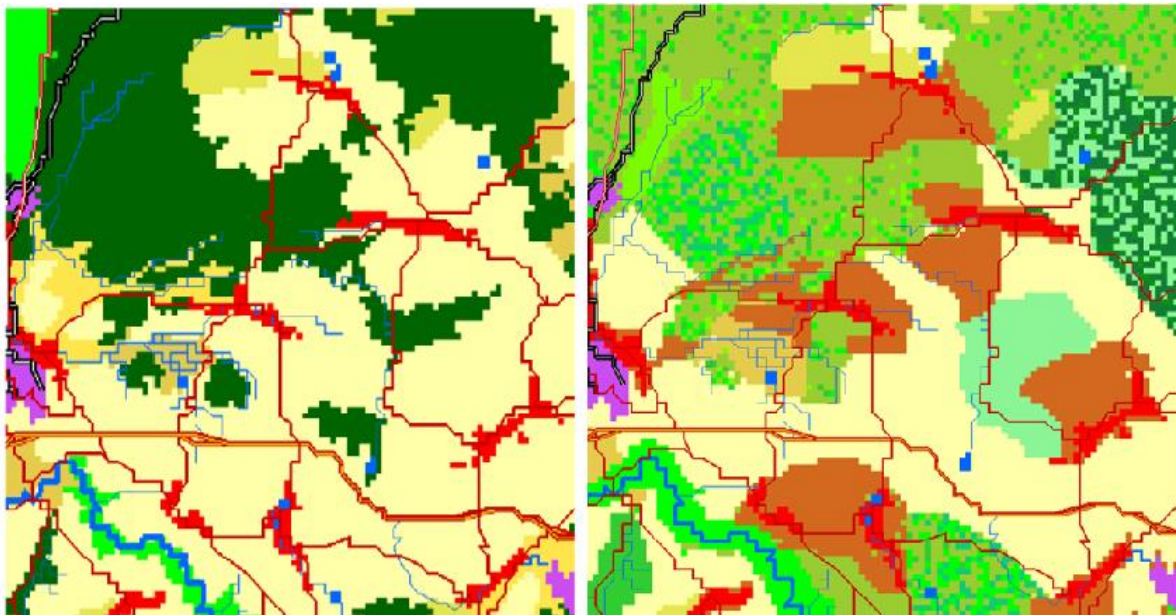
Diese Entwicklung ist überraschend, da der Kernflächenindex und auch die Patchdichte im Vergleich zu vorher erhöht werden konnten. (Tabelle 4). Lediglich der Formindex naturnaher Flächen (SHAPE-Index) weist einen abnehmenden Charakter auf und hat somit Einfluss auf die fallende Bewertung der ökologischen

Integrität. Insgesamt zeigt dieses Teilszenario, dass KUP weitaus klimafreundlicher bewertet werden als nicht-bewässertes Ackerland. Wird in der Planung auf klimafreundliche Landnutzung fokussiert, so ist ein teilweiser Ersatz bestehender landwirtschaftlicher Flächen durch KUP empfehlenswert. Um die Regionalökonomie nicht weitreichend zu schwächen, sollte dieser Anteil jedoch nicht zu groß sein.

5.4 Integriertes Szenario „Klimamax“

In diesem auf Klimawandelminderung fokussierten Szenario wird vor allem auf die im vorigen Abschnitt extrahierten klimafreundlichen Eigenschaften der KUP zurückgegriffen. Diese werden im integrierten Szenario einen Gesamtanteil von 15% der Landnutzung einnehmen. Abbildung 14 zeigt die weitreichenden Veränderungen der Landnutzungen im Untersuchungsgebiet.

Abbildung 14: Gegenwärtige Landnutzungen (links) und Landnutzungen nach der Simulation des Szenarios (rechts)



Quelle: GISCAME.com 2013

Die extensiven Nadelwälder wurden mit Hilfe des Zellulären Automaten in GISCAME großflächig in Douglasienwälder umgewandelt. Um Diversität zu erhalten wurden jedoch auch heimische Eichen- und Buchen-Mischwälder in kleineren Ausmaßen hinzugefügt. Weiterhin entstanden im höheren und niederschlagsreicheren

östlichen Teil des Untersuchungsgebiets kleinere zusammenhängende Waldflächen mit Fichte-Anteil. Insgesamt erhöhte sich der Anteil des Waldes an der Gesamtlandnutzung auf knapp 45% (Tabelle 5). Von hoher Wichtigkeit war dabei auch die Waldmehrung auf erosionsgefährdeten Gebieten im Osten. Ein Großteil der Waldmehrungen entstand auf zuvor nicht-bewässerten Ackerflächen sowie Parzellenstrukturen. Auf den gleichen Landnutzungstypen erfolgte auch der Anbau von KUP. Insgesamt nahm durch Waldmehrung und KUP-Umwandlung die nicht-bewässerte Ackerfläche um 44% ab. Komplexe Parzellenstrukturen wurden komplett ersetzt.

Die folgenden Veränderungen der Bewertung der Ökosystemdienstleistung sind in Abbildung 15 und Tabelle 6 visualisiert.

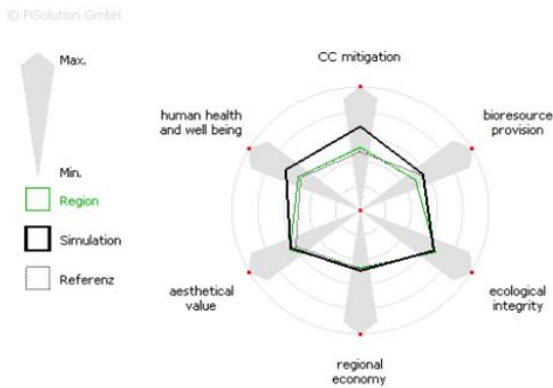
Tabelle 5: Veränderungen der prozentualen Anteile der Landnutzungstypen

© PISolution GmbH

	Aktuell (rel. Änderung)
Extensiv	0.00% (-100.0%)
Agriculture +	1.93% (-31.8%)
Complex cultivation	0.00% (-100.0%)
Discontinuous	3.79% (0.0%)
Douglas fir - oak	20.89% (100.0%)
European beech -	1.82% (100.0%)
European beech -	2.92% (100.0%)
Gewässer	0.32% (0.0%)
Industrial or	1.17% (0.0%)
Non-irrigated	29.73% (-44.0%)
Norway spruce -	3.19% (100.0%)
Norway spruce -	0.75% (100.0%)
Oak - noble	6.30% (100.0%)
Oak - Scots pine	7.63% (129.8%)
Pastures	2.35% (-10.6%)
Road and rail	0.01% (100.0%)
Scots pine - oak	1.90% (100.0%)
Short rotation	15.30% (100.0%)

Quelle: GISCAME.com 2013

Abbildung 15: Grafische Darstellung der Bewertungsveränderungen



Quelle: GISCAM.com 2013

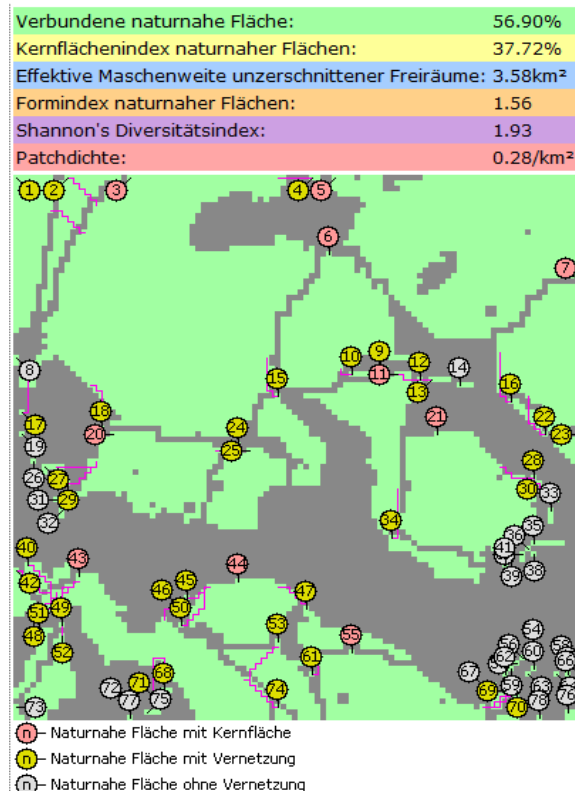
Tabelle 6: Tabellarische Darstellung der Bewertungsveränderungen

	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
CC mitigation	47	50	0	100	67 51 ↑
bioresource provision	55	49	0	100	56 49 ↑
ecological integrity	65	67	0	100	66 67 ↑
regional economy	47	46	0	100	49 46 ↑
aesthetical value	58	63	0	100	62 63 ↑
human health and well being	54	55	0	100	66 55 ↑

Die Bewertung der fokussierten Ökosystemdienstleistung konnte um 20 Punkte erhöht werden. Darüber hinaus stieg auch das menschliche Wohlbeyn an (+12). Daneben ist ebenfalls eine durchgehend positive Entwicklung aller anderen ÖSDL erreicht worden. Trotz der Konzentration des Szenarios auf Klimafreundlichkeit stieg die regionalökonomische Bewertung gering von 47 auf 49 Punkte. Insgesamt konnte eine summierte Gesamtbewertung von 366 Punkten erreicht werden.

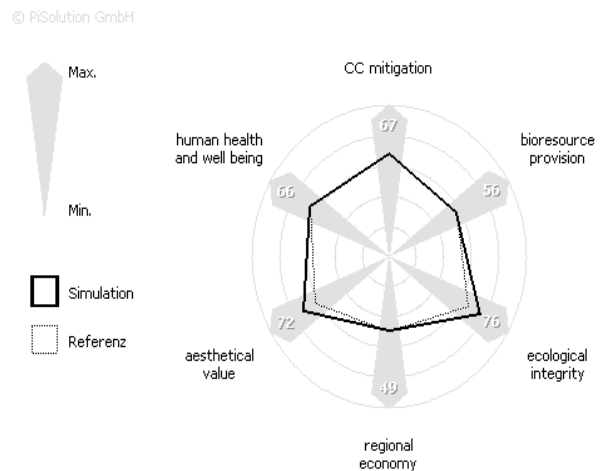
Die Landschaftsstrukturmaße profitierten ebenfalls durch die Neugestaltung des Raums (Abbildung 16 und 17).

Abbildung 16: Landschaftsstrukturmaße im „Klimamax“- Szenario



Quelle: GISCAM.com 2013

Abbildung 17: Veränderungen der Bewertungen der Landschaftsstrukturmaße



Quelle: GISCAM.org 2013

Der ästhetische Wert und die ökologische Integrität konnten im Vergleich zur Referenz signifikant erhöht werden. Ermöglicht wurde dies durch die Vernetzung von naturnahen Flächen. So ist durch die Vermehrung von Kernflächen der Kernflächenindex von 18,67% auf 37,72% gestiegen. Weiterhin gestaltet sich

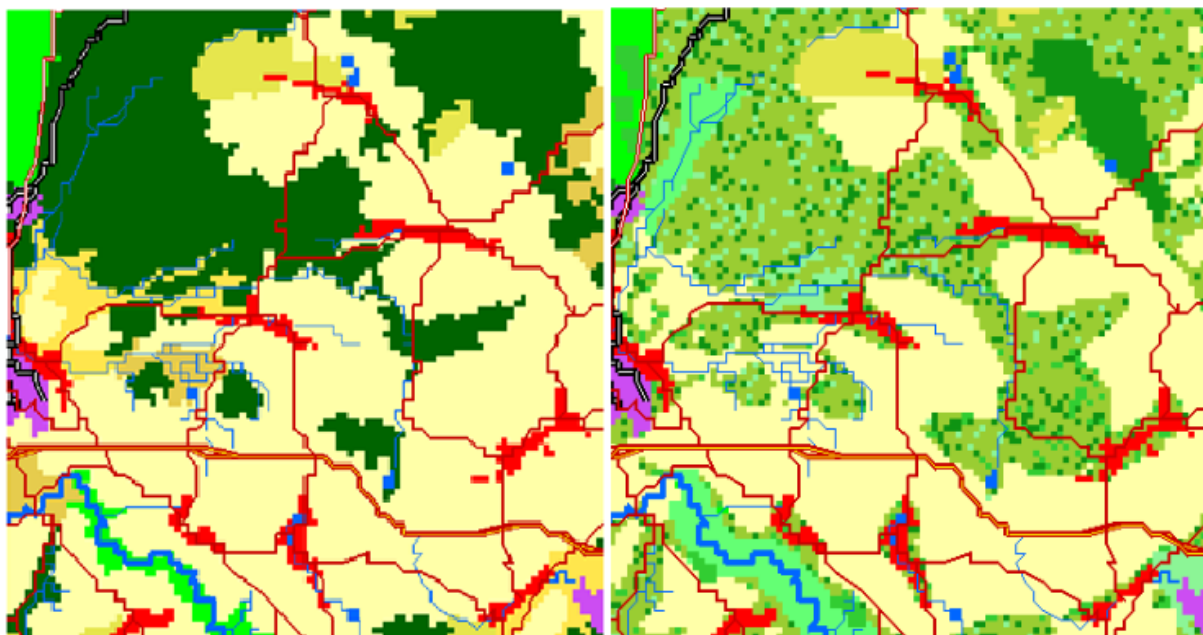
der Raum durch die Mehrung mit verschiedenen Waldmischbeständen diverser. Shannon's Diversitätsindex wuchs um über 40% von 1,35 auf 1,93 an. Das Untersuchungsgebiet ist nun als naturnah zu bezeichnen, denn insgesamt beinhaltet dieses eine verbundene naturnahe Fläche von 56,90%, womit ein großer zusammenhängender Biotopverbund entstanden ist.

Es ist somit ein Szenario entwickelt worden, welches hinsichtlich der Ökosystemdienstleistungen als auch der Landschaftsstrukturmaße den erwünschten Effekt mit sich bringt. Das Ziel einer klimafreundlichen Landnutzung konnte ohne Abzüge anderer ÖSDL erreicht werden. Der Raum ist für Menschen als auch für Tiere nun attraktiver gestaltet als zuvor.

5.5. Integriertes Szenario „Regiomax“

In diesem integrierten Szenario wird sich stärker auf ein Wachstum der regionalen Ökonomie konzentriert. Hierzu ist es nötig die regionalökonomischen Bewertungen der vorhandenen Landnutzungstypen im Untersuchungsgebiet in der Bewertungsmatrix zu analysieren, um gering effiziente Nutzungstypen zu enttarnen. Es stellte sich dabei heraus, dass die komplexen Parzellenstrukturen hinsichtlich der Regionalökonomie nur mit 5/100 Punkten bewertet werden und sich deshalb für einen Ersatz durch produktivere Nutzungstypen anbieten. Weiterhin sind extensive Nadelwälder ökonomisch gesehen eher ungünstig. Sie erreichen in der Matrix eine Bewertung von 10 Punkten. Nach dem Umbau ergaben sich die in Abbildung 17 dargestellten Landnutzungen.

Abbildung 17: Gegenwärtige Landnutzungen (links) und Landnutzungen nach der Simulierung des Szenarios (rechts)



Quelle: GISCAM.com 2013

Die zuvor im Westen, Nordosten und Südosten vorhandenen Parzellenstrukturen sowie Agrarkultur und natürliche Vegetation wurden durch Douglasienwälder oder nichtbewässerte-Ackerflächen ersetzt. Der extensive Nadelwald wurde ebenfalls größtenteils

durch Douglasie-Mischwälder ersetzt. Daneben sind jedoch auch in kleinerem Maße ökonomisch wertvolle Eiche-Edellaub- sowie Buche-Eiche-Mischwälder entstanden. Trotz erhöhtem Trockenstressrisiko wurden ebenfalls kleinere Bestände von Fichte-Tanne-Mischwäldern angelegt. Der Bau eines größeren zusammenhängenden Fichte-Tanne-Mischwaldes erfolgte erneut im regenreicheren Luv der östlichen Höhenlagen. Darüber hinaus wiederholte sich der Ersatz von erosionsgefährdeten Ackerflächen im Osten durch Wald, auch wenn dies ökonomisch gesehen zu einer Abwertung führt. Aufgrund dieser Waldmehrung auf potenziellen Erosionsflächen sank der Anteil von nicht-bewässerten Ackerflächen um 17,5% auf 43,82% (Tabelle 7).

Tabelle 7: Relative Änderungen der prozentualen Anteile der Landnutzungstypen

© PISolution GmbH

	Aktuell (rel. Änderung)
extensively	0,00% (-100,0%)
Agriculture +	0,00% (-100,0%)
Complex cultivation	0,00% (-100,0%)
discontinuous	3,79% (0,0%)
Douglas fir - oak	28,37% (100,0%)
European beech -	2,95% (100,0%)
Bewässer	0,32% (0,0%)
hydromorphe Oak	4,22% (100,0%)
Industrial or	1,17% (0,0%)
Non-irrigated	43,82% (-17,5%)
Norway spruce -	7,82% (100,0%)
Oak - noble	3,86% (100,0%)
Oak - Scots pine	1,26% (-62,0%)
Pastures	2,42% (-8,0%)

Quelle: GISCAM.com 2013

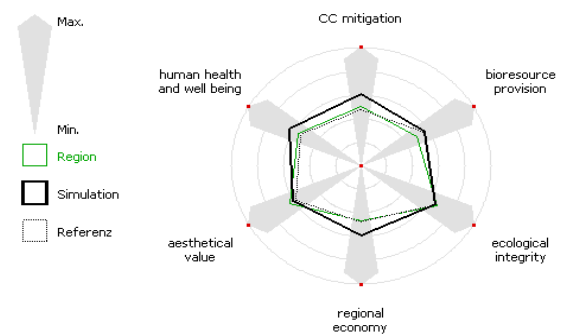
Insgesamt kam es durch die erläuterten Landnutzungsveränderungen zu einem positiven Anstieg der Regionalökonomie um 12 Punkte (Tabelle 8 und Abbildung 18) Daneben ist es erfreulich, dass trotz der Fokussierung auf ökonomisches Wachstum eine Verbesserung der Klimawandelminderung (+13) sowie des menschlichen Wohls (+9) erfolgte. Auch die restlichen Ökosystemdienstleistungen konnten mit Hilfe dieses integrierten Szenarios positiver bewertet werden, sodass summiert eine Gesamtbewertung von 364 Punkten erreicht wird. Abbildung 18 zeigt außerdem, dass das Untersuchungsgebiet im Vergleich zur Region nun wettbewerbsfähiger geworden ist und die Bewertungen dieser meist übertrifft.

Tabelle 8: Tabellarische Darstellung der Bewertungsveränderungen

	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
CC mitigation	47 50	0	100	60 50	↑
bioresource provision	55 49	0	100	56 49	↑
ecological integrity	65 67	0	100	66 67	↑
regional economy	47 46	0	100	59 46	↑
aesthetical value	58 63	0	100	60 63	↑
human health and well being	54 55	0	100	63 55	↑

Quelle: GISCAM.com 2013

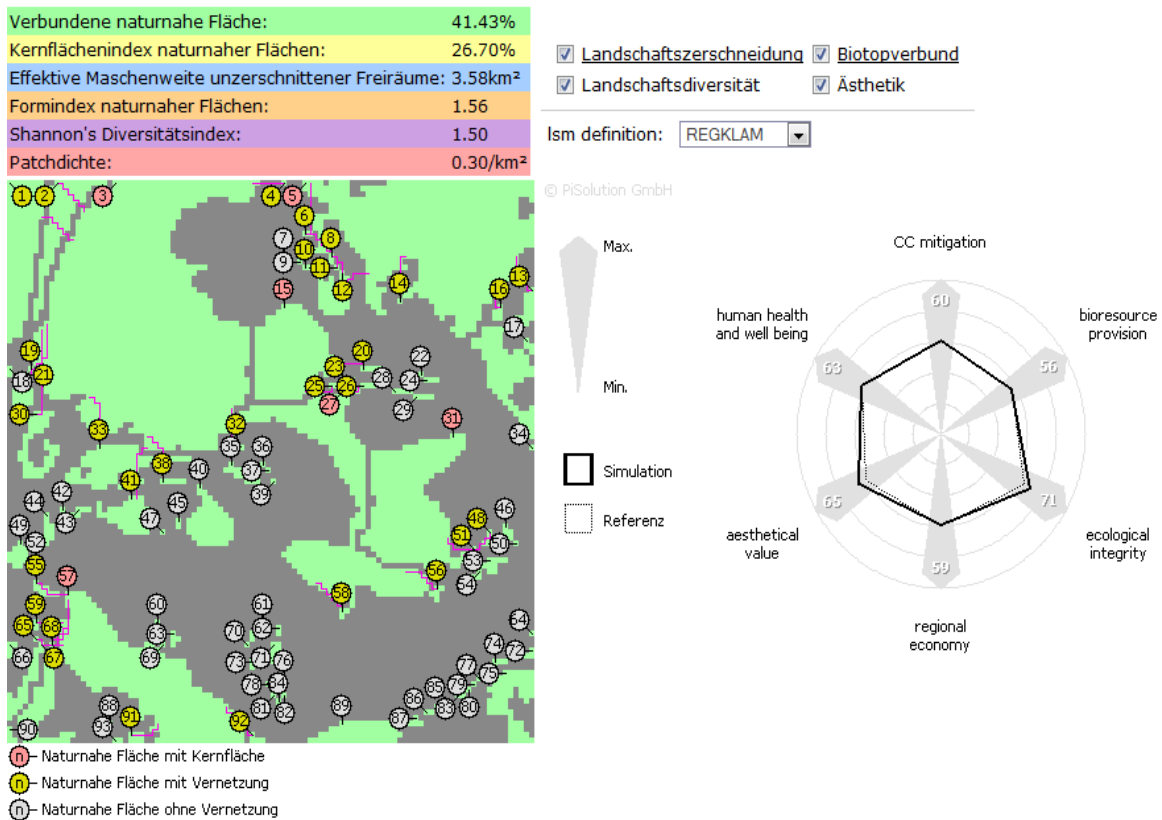
Abbildung 18: Grafische Darstellung der Bewertungsveränderungen



Quelle: GISCAM.com 2013

Die Veranschaulichung der Landschaftsstrukturmaße in Abbildung 19 macht deutlich, dass auch diese von den Landnutzungsänderungen profitierten. Ökologische Integrität und Ästhetik konnten um jeweils 5 Punkte erhöht werden. Dies wurde erneut durch das Vernetzen von naturnahen Flächen sowie der Gestaltung einer abwechslungsreichen Landnutzung erreicht. Trotz der ökonomischen Fokussierung sind so neue Kernflächen für randsensitive Tierarten entstanden.

Abbildung 19: Landschaftsstrukturmaße und Bewertung dieser im Vergleich zur Referenz



Quelle: GISCAM 2003

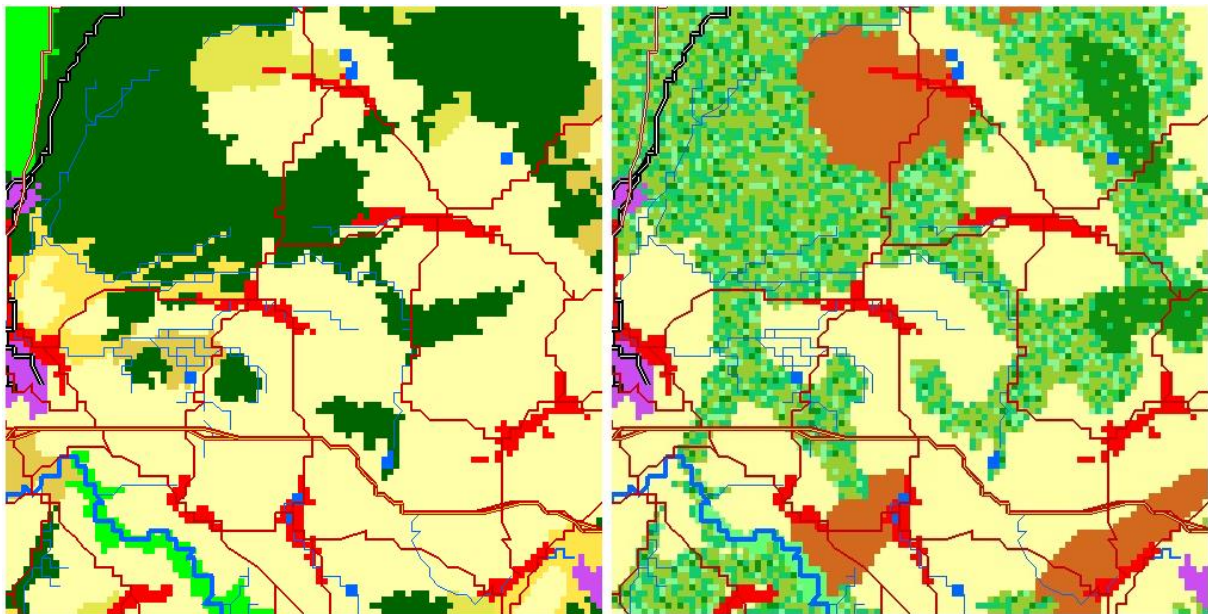
Dieses integrierte Szenario zeigt, dass die Optimierung der Regionalökonomie nicht mit einer Verschlechterung der ökologischen Integrität, Klimawandelminderung oder Ästhetik einhergeht. Durch das sinnvolle Verändern von gegebenen Landnutzungstypen können die ÖSDL als auch die LSM gleichzeitig positiv beeinflusst werden.

Im folgenden Abschnitt werden die zwei integrierten Szenarien zu einem empfehlenswerten Szenario verschnitten, sodass eine möglichst ausgeglichene Optimierung aller ÖSDL erfolgt.

5.7 Ableitung eines empfehlenswerten Szenarios

Anders als bei den vorigen integrierten Szenarien wird sich nun auf eine möglichst gute Optimierung aller Ökosystemdienstleistungen konzentriert. Die Erhöhung der Bewertungen von Klimawandelminderung und Regionalökonomie ist dabei aber von besonderer Wichtigkeit. Dies bedeutet, dass neben wirtschaftlich rentableren Mischwäldern auch klimafreundlichere landwirtschaftliche Nutzungen wie KUP berücksichtigt werden müssen. Abbildung 20 stellt die Veränderungen der Landnutzungen im Vergleich zur Referenz dar.

Abbildung 20: Gegenwärtige Landnutzungen (links) und Landnutzungen nach der Simulation des empfehlenswerten Szenarios (rechts)



Quelle: GISCAME.com 2013

Der extensive Nadelwald wurde ähnlich wie in vorigen Szenarien durch besser bewertete Mischwälder ersetzt. Auch hier ist die Hauptbaumart erneut die ökonomisch wertvolle Douglasie mit einem Anteil 18,62% an der Gesamtheit (Tabelle 9).

Insgesamt ist dieser Anteil aber geringer gewählt als zuvor. Stattdessen wurde vermehrt auf heimische Buche-Edellaub-, Buche-Eiche-, Eiche-Edellaub- sowie Fichte-Tanne-Mischwälder gesetzt. Diese machen summiert einen Anteil von knapp 26% aus. Buchen-Mischwälder besitzen neben guten ÖSDL-Bewertungen auch eine gute Trockenstressresistenz (Roloff & Grundmann 2008: 15). Hainbuche und Rotbuche werden in der KlimaArtenMatrix für Waldbaumarten hinsichtlich ihrer Eignung auf mäßig frischen bis mäßig trockenen Standorten als sehr geeignet oder geeignet bewertet (Roloff & Grundmann 2008:23). Ähnlich gut bzw. sehr gut geeignet sind auch Eichen. Darüber hinaus fiel die Wahl auf Edellaub als Nebenbaumart, da diese Bäume qualitativ hochwertig sind und somit hohe Erlöse bringen (Springmann et al 2011:1). Als Edellaub-Baumarten können vor allem Berg- bzw. Spitzahorn sowie Esche genannt werden, die auf mäßig trockenen bis mäßig feuchten Standorten ebenfalls gut bis sehr gut geeignet sind. Mit Berücksichtigung der höheren Niederschlagssummen im Osten des Untersuchungsgebiets wurden im Luv der Hügel erneut produktive Fichte-Tanne-Mischwälder eingesetzt. Weiterhin wurde der hohe Anteil der Privatwälder beachtet (siehe Seite 5). Da die Waldflächen im Besitz von verschiedenen Eigentümern sind, muss auch damit gerechnet werden, dass jedes Individuum eine andere Präferenz hinsichtlich der zu pflanzenden Baumarten hat. Je nach Fokussierung auf Klimafreundlichkeit oder Ertrag ist

Tabelle 9: Relative Änderungen der Anteile von Landnutzungstypen

© PiSolution GmbH

	Aktuell (rel. Änderung)
extensively	0,00% (-100,0%)
Agriculture +	0,00% (-100,0%)
Complex cultivation	0,00% (-100,0%)
discontinuous	3,79% (0,0%)
Douglas fir - oak	18,94% (100,0%)
European beech -	12,09% (100,0%)
European beech -	0,01% (100,0%)
European beech -	2,89% (100,0%)
Gewässer	0,32% (0,0%)
Hydromorphe Oak	0,90% (100,0%)
Industrial or	1,17% (0,0%)
Non-irrigated	38,92% (-26,7%)
Norway spruce -	6,10% (100,0%)
Oak - noble	5,48% (100,0%)
Oak - Scots pine	0,00% (-100,0%)
Pastures	0,00% (-100,0%)
Short rotation	9,39% (100,0%)

Quelle: GISCAME.com 2013

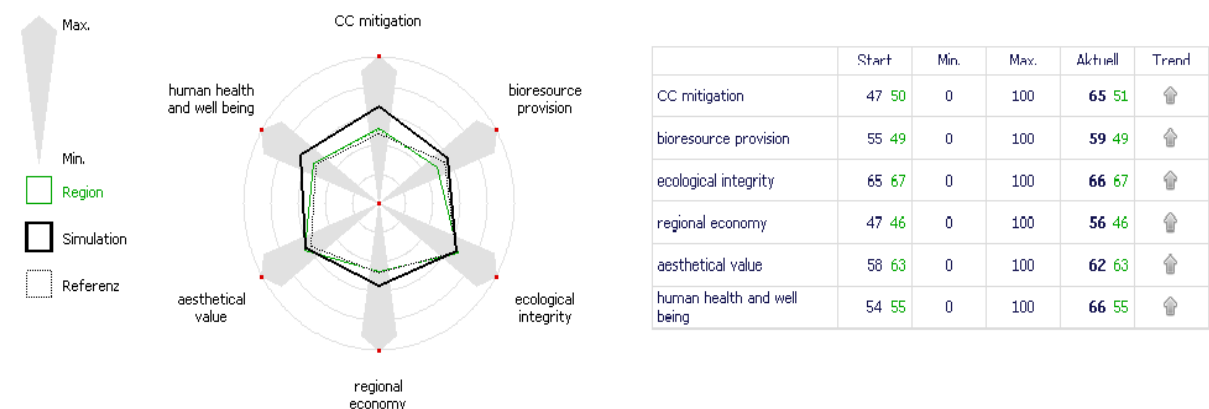
daher mit einer voneinander abweichenden Auswahl der Baumarten in den jeweiligen Privatwäldern zu rechnen. Da auch die Risikobereitschaft jedes Eigentümers verschieden ist, wurden auch in niederschlagsärmeren Gebieten Fichte-Tanne-Mischwälder in geringerem Ausmaß eingesetzt.

Neben dem Umbau der bereits bestehenden Wälder wurde eine Waldmehrung auf den zuvor verschnittenen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Wald und Natur im Südwesten vorgenommen. Ferner wurden erosionsgefährdete landwirtschaftlich genutzte Gebiete mit einem L-Faktor von über 6 mit Waldflächen besetzt, da Ackerbau hier mit größeren Ertragseinbußen verbunden ist.

Auf landwirtschaftlicher Ebene wurden Weiden, Parzellenstrukturen und Agrarkultur aufgrund relativ niedriger Bewertungen durch nicht-bewässertes Ackerland oder KUP ersetzt. Größere Ackerland-Flächen wurden wiederum in KUP umgewandelt, sodass der Anteil von nicht-bewässerten-Ackerland um 26,7% auf 38,92% sank. Im Hinblick auf eine mögliche Beihilfefähigkeit von KUP wurde darauf geachtet, dass die Flächen größer als 1 ha sind, um die gegebenen rechtlichen Vorgaben zu erfüllen. (Jäkel 2012:4).

Das Ersetzen von Landnutzungen durch ökonomisch wertvollere Mischwälder sowie klimafreundlichere KUP erbrachte folgendes Ergebnis (Abbildung 21).

Abbildung 21: Grafische und tabellarische Bewertungsveränderungen der ÖSDL im empfehlenswerten Szenario

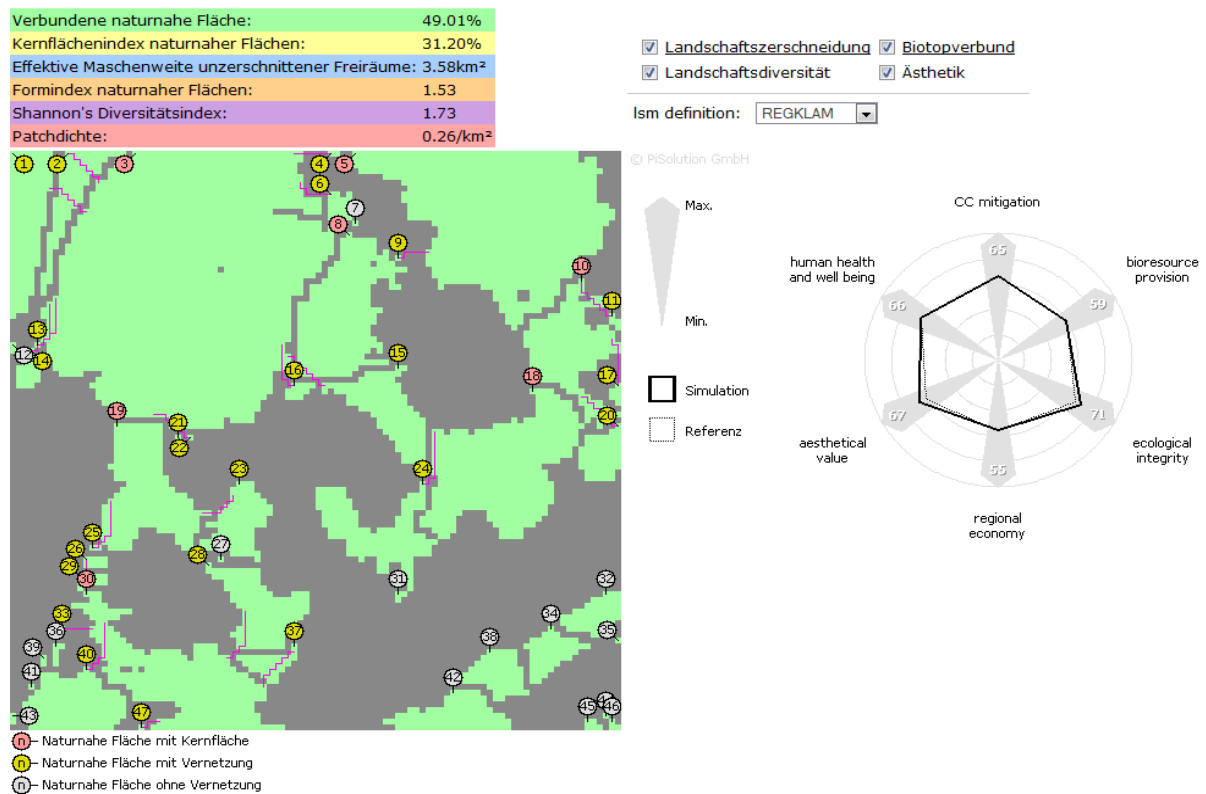


Quelle: GISCAM.com 2013

Im Hinblick auf die fokussierten ÖSDL Klimawandelminderung und Regionalökonomie konnte eine Verbesserung von 18 bzw. 9 Punkten erreicht werden. Daneben profitierten auch das menschliche Wohlbefinden (+12), die Bioressourcenbereitstellung (+4), die Ästhetik (+4) sowie die ökologische Integrität (+1) von diesen Landnutzungsveränderungen. Insgesamt wird eine Bewertung von 374 Punkten erreicht.

Das positive Resümee bestätigt sich bei einem Blick auf die Landschaftsstrukturmaße (Abbildung 22). Die diverse Gestaltung des Raumes sowie das Vernetzen der naturnahen Flächen zu Kernflächen führte zu einer Aufwertung der LSM durch das Vorhandensein von Biotopverbänden sowie hoher Landschaftsdiversität und Ästhetik. Einzig die nicht zu vermeidende Landschaftszerschneidung durch Straßen und Bahnlinien führte zu einer Abwertung. Insgesamt konnte der ästhetische Wert als auch die ökologische Integrität durch die Maßnahmen um jeweils 5 Punkte im Vergleich zur Referenz erhöht werden.

Abbildung 22: Landschaftsstrukturmaße und Bewertung dieser im Vergleich zur Referenz



Quelle: GISCAM.com 2013

Im zurückliegenden Abschnitt wurde ein Landnutzungsszenario erstellt, welches als Empfehlung für das Untersuchungsgebiet gesehen werden kann. Im nächsten Kapitel müssen die Realisierbarkeit dieses Szenarios sowie mögliche auftretende Schwierigkeiten und Probleme diskutiert werden.

6 Diskussion und Fazit

Vor dem Beginn der Diskussion muss bekräftigt werden, dass das ausgewählte Szenario nicht die ideale Landnutzungsplanung vorgibt, sondern nur eine Empfehlung. Ein ideales bzw. optimales Szenario ist, wenn überhaupt, wohl nur unter sehr großen Anstrengungen möglich, da klimatische Gegebenheiten und wirtschaftliche Interessen von Änderungen betroffen sind und somit auch Änderungen der Landnutzungen voraussetzen. Eine Landnutzungsplanung die heute optimal ist, könnte deshalb in 10 Jahren nicht mehr optimal sein.

Speziell im Untersuchungsgebiet stellt der ausgeprägte Anteil des Privatwaldes ein Hauptproblem dar. Landnutzungsänderungen können in diesem Fall nur unter teils großen Schwierigkeiten durchgeführt werden, denn es ist die Entscheidung des Privateigentümers, ob er einem Waldumbau innerhalb des Gebiets zustimmt oder diesen ablehnt. Ein umfassender Waldumbau wie es das Szenario vorgibt ist unter diesen Voraussetzungen kaum realisierbar ohne Landnutzungskonflikte zu verursachen. Es ist daher notwendig, dass sich Planer mit den Eigentümern zusammensetzen, um Vorteile eines Waldumbaus zu diskutieren und einen Konsens zu bilden. Sollte es zu einer Einigung kommen, kann neben dem Staatswald auch der Privatwald umgebaut werden.

Ein ähnliches kompliziertes Verfahren ist auch im Hinblick auf die Ansiedlung von KUP zu erwarten. Die Akzeptanz dieser Forstsysteme bei den Bauern ist als eher gering zu werten. Diese müssen erst von einer Umwandlung der Ackerflächen in KUP überzeugt werden. Aufgrund der geringeren finanziellen Erträge von KUP ist diese Maßnahme mit einer begrenzten Erfolgswahrscheinlichkeit verbunden. Sinnvoller ist es hier, KUP verstärkt auf erosionsgefährdeten Ackerflächen anzubauen, da die ökonomische Leistung hier bereits eingeschränkt ist. Der Anbau kann zu einer Verbesserung der Bodenbedingungen unter gleichzeitig akzeptablen finanziellen Erträgen führen.

Letztlich spielt es eine Rolle ob der Fokus auf eine klimafreundliche oder ökonomisch effizientere Landnutzung liegt. Dies mag von Region zu Region unterschiedlich sein, bewirkt aber immer eine Akteursproblematik, da gesellschaftliches und wirtschaftliches Interesse voneinander abweichen.

Insgesamt gewinnt die Landnutzungsplanung trotz dieser Probleme eine steigende Bedeutung in Deutschland. Der potenzielle Klimawandel und deren Auswirkungen auf die Systemkomponenten werden auch zukünftig zu einer weiteren Zunahme der Wichtigkeit von Landnutzungsplanung und somit auch der Erstellung von Landnutzungsszenarien führen.

7 Literatur:

BRÄUNIG, ARND (2011): Bodenschutz im hoch erosionsgefährdeten mittelsächsischen Lösshügelland. Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie. Freistaat Sachsen.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2013): Langjährige Mittelwerte 1961-1990. Erreichbar unter:

http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/download_mw_nieder,templateId=raw,property=publicationFile.zip/download_mw_nieder.zip - zuletzt aufgerufen am 14.03.2013.

GeoDZ.com (2010): Shannon-Index. Erreichbar unter:

<http://www.geodsz.com/deu/d/Shannon-Index>. Zuletzt aufgerufen am: 11.03.2013.

GISGAME.com – Module. Erreichbar unter:

http://www.giscame.com/giscame/giscame_module.html. Zuletzt aufgerufen am: 11.03.2013.

FRANK, Susanne (2010): Landschaftsbewertung zur Unterstützung regionaler Planung. Erreichbar unter: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ina/vortraege/2010-Vernetzung-Biod-Frank.pdf>. Zuletzt aufgerufen am 11.03.2013.

HÜLSBERGER, Kurt-Jürgen (2011): C-Sequestrierung in landwirtschaftlich genutzten Böden. In: H&K aktuell 01/2011. Seite 1-4.

JÄKEL, Kerstin (2012): Kurzumtriebsplanatagen – Stand in Sachsen und ihre Rahmenbedingungen. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Freistaat Sachsen. Abrufbar unter: http://www.eudyse.de/uploads/media/03_Jaekel.pdf Zuletzt aufgerufen am: 19.03.2013

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR): Landschaftszerschneidung in Sachsen. Erreichbar unter: http://www.ioer.de/langzeitmonitoring_uzf/index.html. Zuletzt aufgerufen am: 11.03.2013.

KREISFORSTAMT BAUTZEN (2011): Forstbericht des Landkreises Bautzen. Landkreis Bautzen.

ROLOFF, A. & GRUNDMANN, B. (2008): Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme. Forschungsbericht. Technische Universität Dresden, Institut für Forstbotanik und Forstzoologie. Tharandt.

SPRINGMANN, S., MORHART, C., SPIECKER, H. (2011): Leitfaden zur Astung von Edellaubbaumarten. Institut für Waldwachstum. Freiburg i.Br.

STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATED SACHSEN (2011): Statistik in

Sachsen. Ergebnisse der 5. Regionalisierten Bevölkerungsprognose für den Freistaat Sachsen in ausgewählten Altersgruppen nach Kreisfreien Städten und Landkreisen bis 2025. Kamenz.

WALZ, Ulrich (2004): Landschaftsstrukturmaße – Indizes, Begriffe und Methoden. In: WALZ, Ulrich et al.: Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen: IÖR-Schriften; 43, S. 15.27. Dresden.

WOLF, SEBASTIAN (2006): Bodenerosion als Funktion veränderter Landnutzungsstruktur – Modellierung der Entwicklung am Beispiel der Nationalparkregion Sächsische Schweiz. Dresden.